

廃止措置計画用設計地震動に対して  
耐震性を確保すべき設備

(ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟)

## 廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備 （ガラス固化技術開発施設（TF） ガラス固化技術開発棟）

ガラス固化技術開発施設（TF）ガラス固化技術開発棟では高放射性廃液を取り扱うことから、別添4-1-2-1「再処理施設の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方」に基づき、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）に対する耐震性を確保するとして高放射性廃液の高温熱除去機能及び閉じ込め機能を担う設備及び系統について、別紙図1～6に示すように系統的に整理した上で、別紙表1～3にまとめた。なお、これらの設備及び系統には、それらの機能の維持に必要な電気・計装制御設備を含むものとする。また、設備の荷重を直接受ける直接支持構造物と直接支持構造物が取り付く床版（間接支持構造物）についても耐震性確保の対象とする。



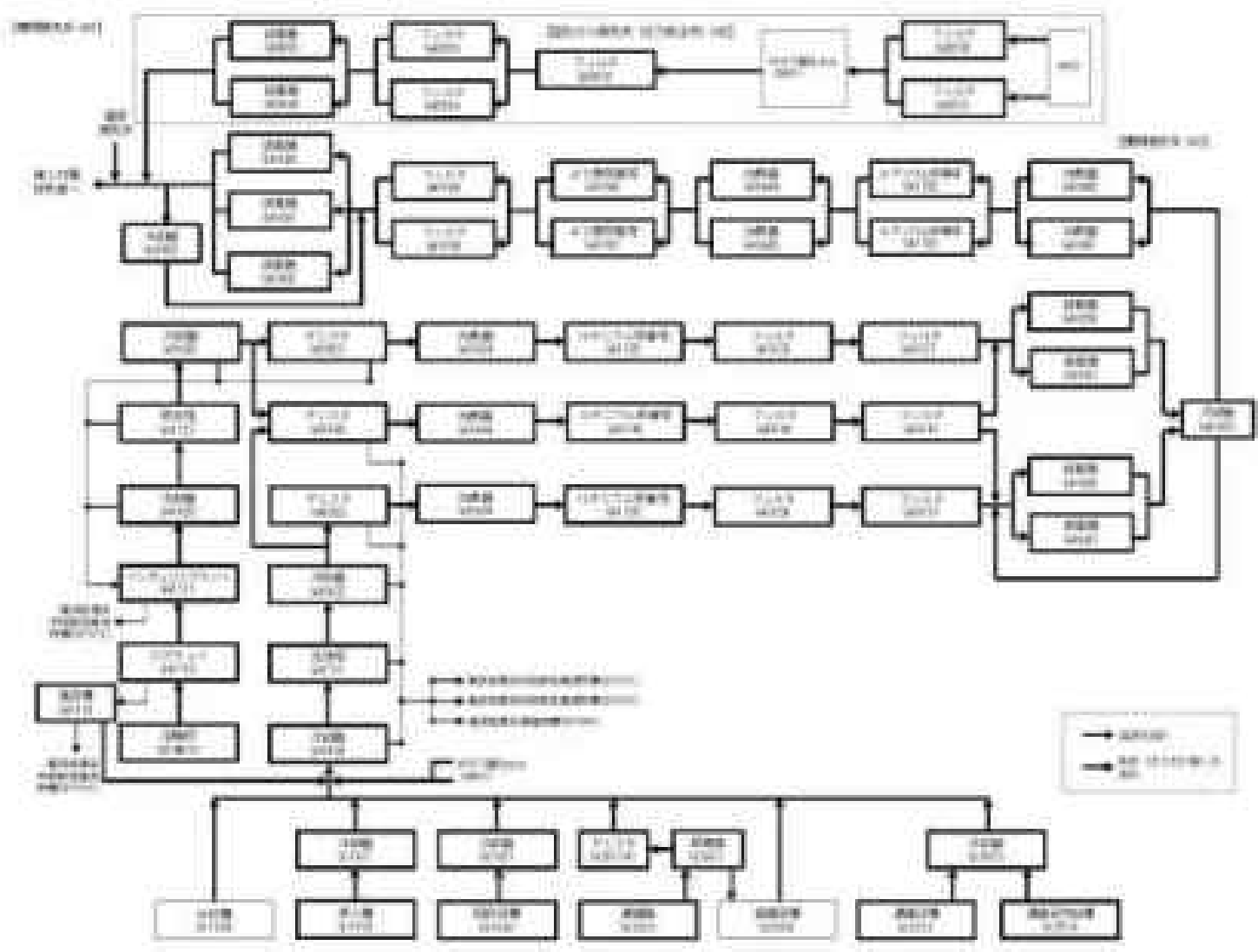








図2 マクスウェル線形加速器 (TLF) 高放射線線源の閉回路を推す装置の概略系図 (放射線物質の取出経路の維持のための装置)



放射線源

図1 放射線照射装置 (TYF) 高放射線線源の閉じ込めを担う設備の概略系統図 (放射線物質の放出経路の維持のための設備)

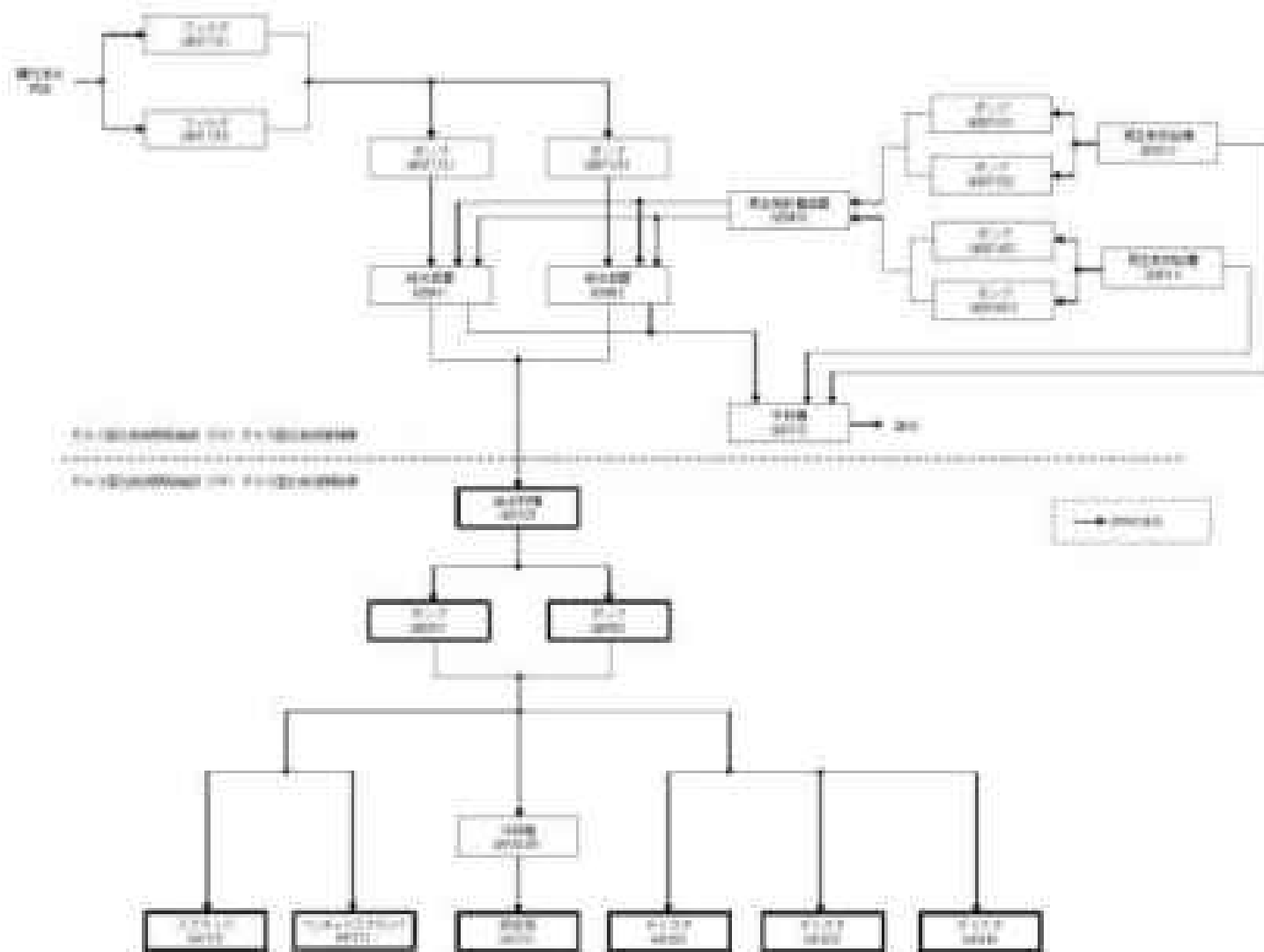


図4-1-4 マチン酸化技術開発施設 (TYF) 高放射線線束の閉じ込めを担う設備の概略系統図 (放射線物質の取出経路の確保のための設備)

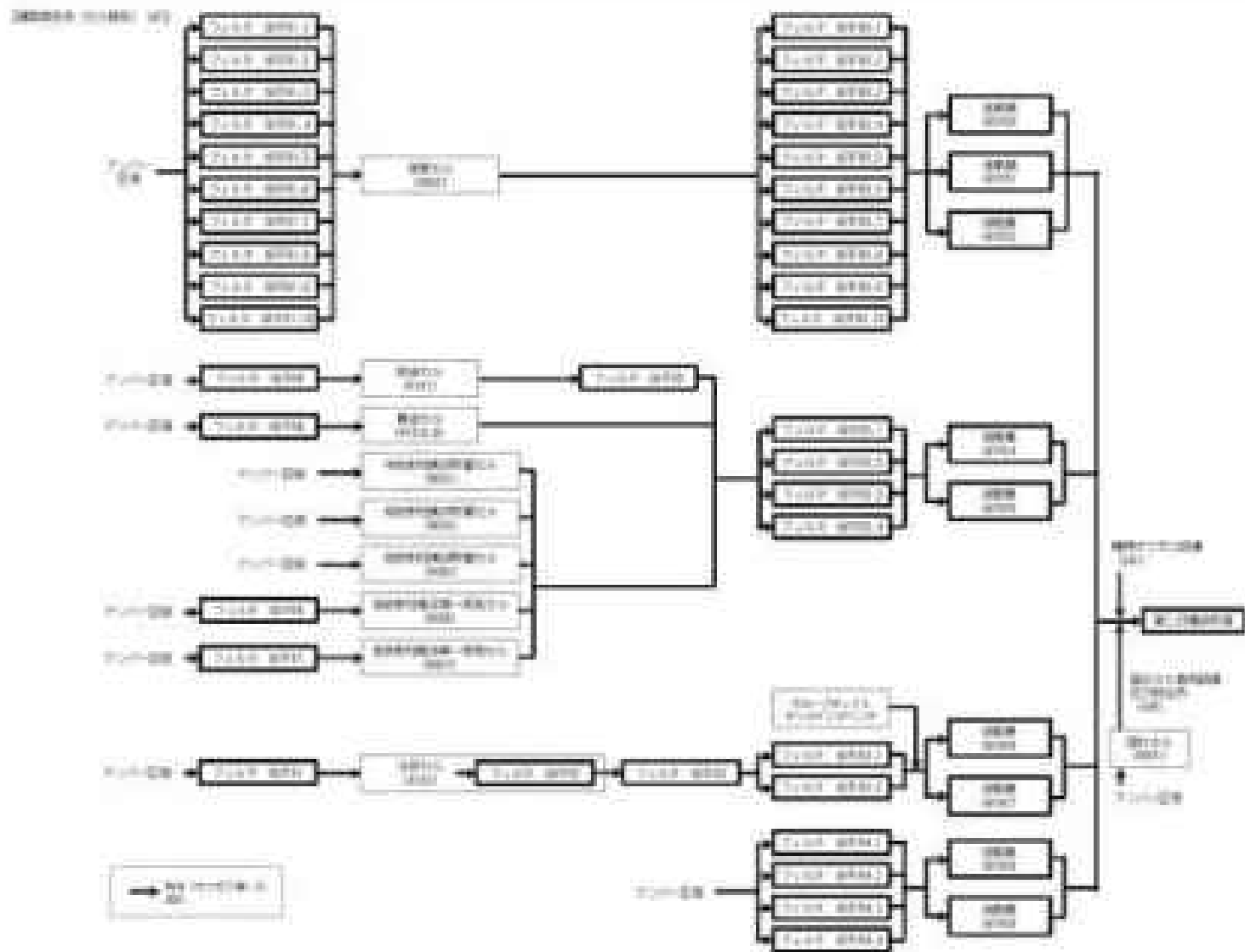
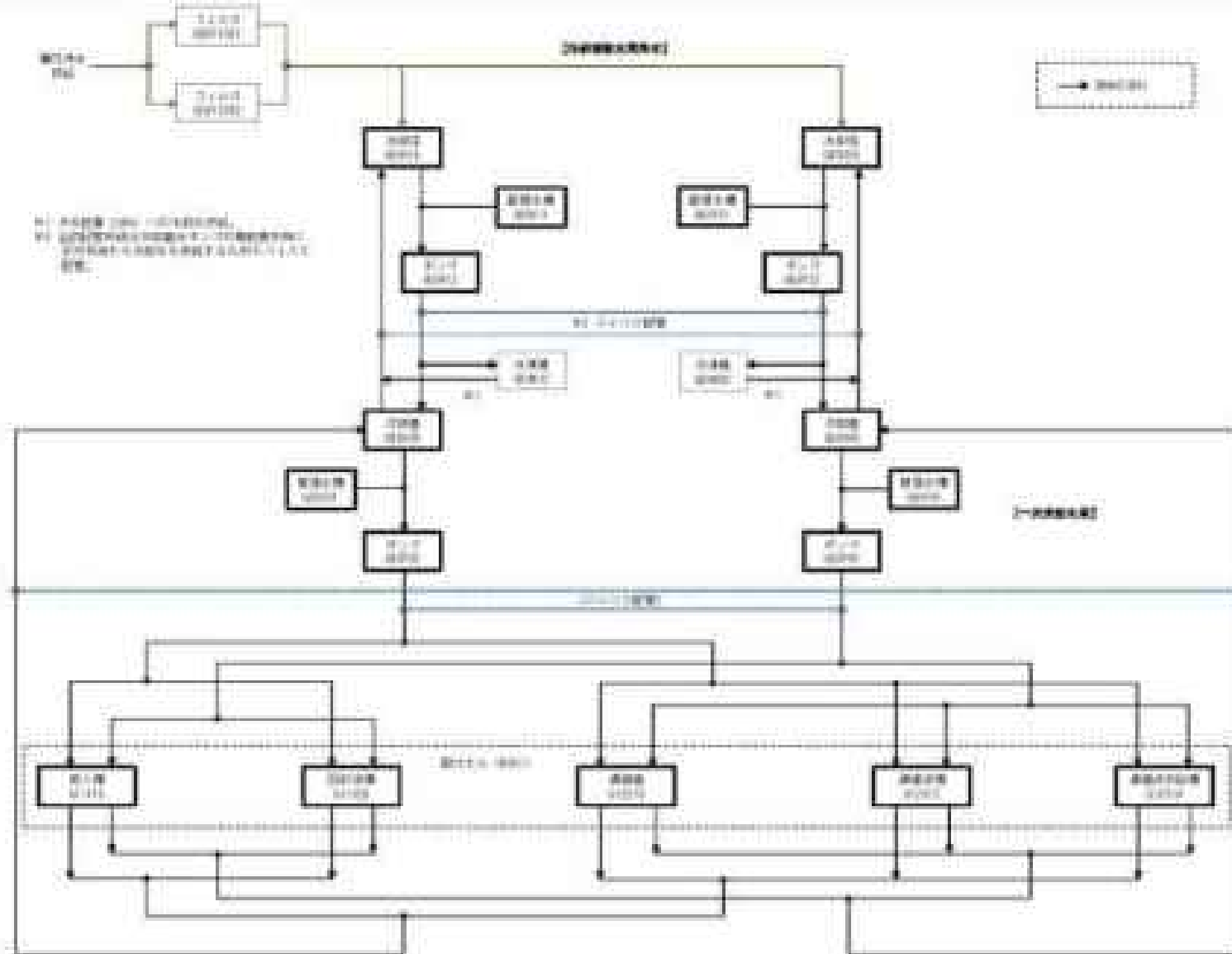




図 6 ガラス固化技術開発施設 (TF) 高放射線照射の崩壊熱除去を担う設備の概略系図 (冷却水系)













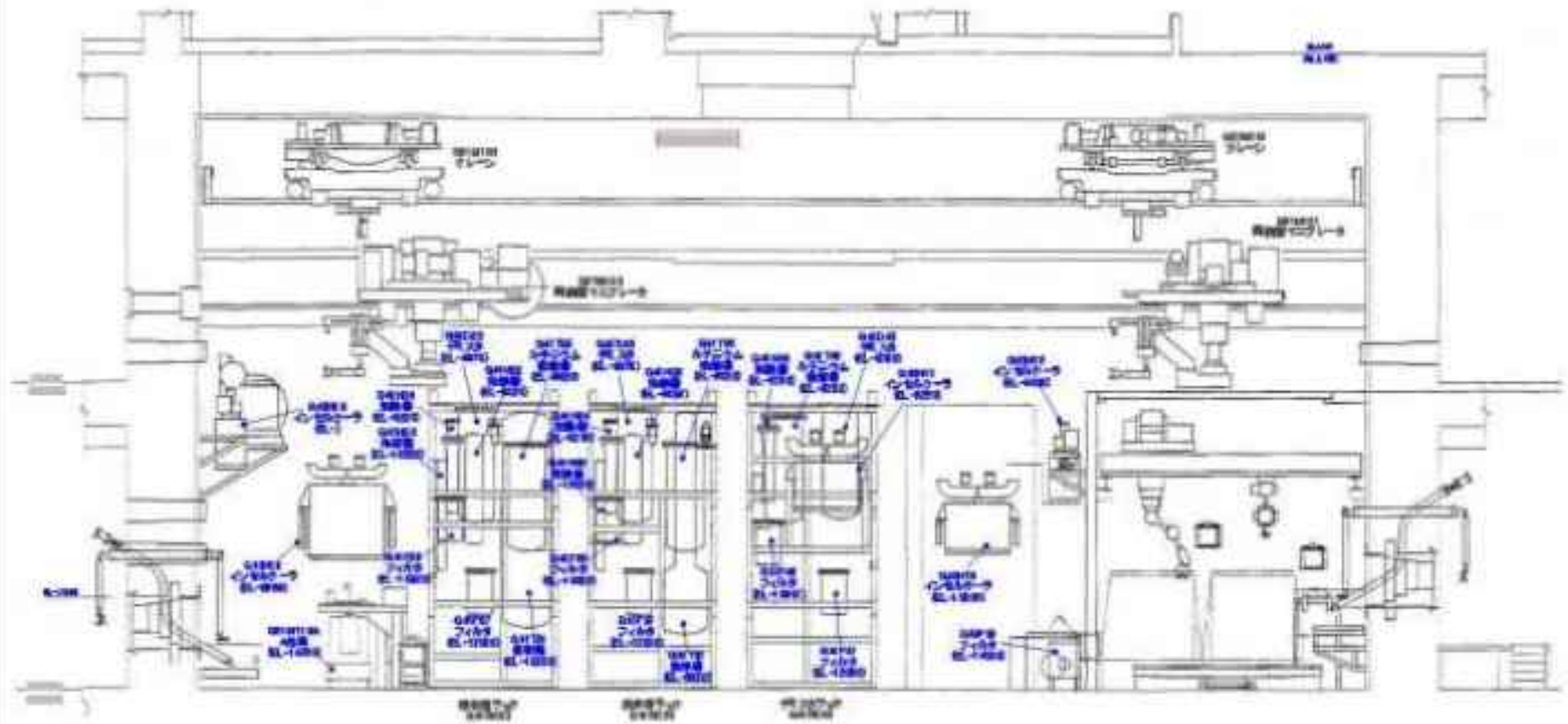








別紙図 15 ガラス固化技術開発施設 (IVF) 機器配置図 固化セル断面図 (Y-Y)



※ 図面は7/15(木)版 最新設計図書にてP.5.1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.101.102.103.104.105.106.107.108.109.110.111.112.113.114.115.116.117.118.119.120.121.122.123.124.125.126.127.128.129.130.131.132.133.134.135.136.137.138.139.140.141.142.143.144.145.146.147.148.149.150.151.152.153.154.155.156.157.158.159.160.161.162.163.164.165.166.167.168.169.170.171.172.173.174.175.176.177.178.179.180.181.182.183.184.185.186.187.188.189.190.191.192.193.194.195.196.197.198.199.200.201.202.203.204.205.206.207.208.209.210.211.212.213.214.215.216.217.218.219.220.221.222.223.224.225.226.227.228.229.230.231.232.233.234.235.236.237.238.239.240.241.242.243.244.245.246.247.248.249.250.251.252.253.254.255.256.257.258.259.260.261.262.263.264.265.266.267.268.269.270.271.272.273.274.275.276.277.278.279.280.281.282.283.284.285.286.287.288.289.290.291.292.293.294.295.296.297.298.299.300.301.302.303.304.305.306.307.308.309.310.311.312.313.314.315.316.317.318.319.320.321.322.323.324.325.326.327.328.329.330.331.332.333.334.335.336.337.338.339.340.341.342.343.344.345.346.347.348.349.350.351.352.353.354.355.356.357.358.359.360.361.362.363.364.365.366.367.368.369.370.371.372.373.374.375.376.377.378.379.380.381.382.383.384.385.386.387.388.389.390.391.392.393.394.395.396.397.398.399.400.401.402.403.404.405.406.407.408.409.410.411.412.413.414.415.416.417.418.419.420.421.422.423.424.425.426.427.428.429.430.431.432.433.434.435.436.437.438.439.440.441.442.443.444.445.446.447.448.449.450.451.452.453.454.455.456.457.458.459.460.461.462.463.464.465.466.467.468.469.470.471.472.473.474.475.476.477.478.479.480.481.482.483.484.485.486.487.488.489.490.491.492.493.494.495.496.497.498.499.500.501.502.503.504.505.506.507.508.509.510.511.512.513.514.515.516.517.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528.529.530.531.532.533.534.535.536.537.538.539.540.541.542.543.544.545.546.547.548.549.550.551.552.553.554.555.556.557.558.559.560.561.562.563.564.565.566.567.568.569.570.571.572.573.574.575.576.577.578.579.580.581.582.583.584.585.586.587.588.589.590.591.592.593.594.595.596.597.598.599.600.601.602.603.604.605.606.607.608.609.610.611.612.613.614.615.616.617.618.619.620.621.622.623.624.625.626.627.628.629.630.631.632.633.634.635.636.637.638.639.640.641.642.643.644.645.646.647.648.649.650.651.652.653.654.655.656.657.658.659.660.661.662.663.664.665.666.667.668.669.670.671.672.673.674.675.676.677.678.679.680.681.682.683.684.685.686.687.688.689.690.691.692.693.694.695.696.697.698.699.700.701.702.703.704.705.706.707.708.709.710.711.712.713.714.715.716.717.718.719.720.721.722.723.724.725.726.727.728.729.730.731.732.733.734.735.736.737.738.739.740.741.742.743.744.745.746.747.748.749.750.751.752.753.754.755.756.757.758.759.760.761.762.763.764.765.766.767.768.769.770.771.772.773.774.775.776.777.778.779.780.781.782.783.784.785.786.787.788.789.790.791.792.793.794.795.796.797.798.799.800.801.802.803.804.805.806.807.808.809.810.811.812.813.814.815.816.817.818.819.820.821.822.823.824.825.826.827.828.829.830.831.832.833.834.835.836.837.838.839.840.841.842.843.844.845.846.847.848.849.850.851.852.853.854.855.856.857.858.859.860.861.862.863.864.865.866.867.868.869.870.871.872.873.874.875.876.877.878.879.880.881.882.883.884.885.886.887.888.889.890.891.892.893.894.895.896.897.898.899.900.901.902.903.904.905.906.907.908.909.910.911.912.913.914.915.916.917.918.919.920.921.922.923.924.925.926.927.928.929.930.931.932.933.934.935.936.937.938.939.940.941.942.943.944.945.946.947.948.949.950.951.952.953.954.955.956.957.958.959.960.961.962.963.964.965.966.967.968.969.970.971.972.973.974.975.976.977.978.979.980.981.982.983.984.985.986.987.988.989.990.991.992.993.994.995.996.997.998.999.1000.1001.1002.1003.1004.1005.1006.1007.1008.1009.1010.1011.1012.1013.1014.1015.1016.1017.1018.1019.1020.1021.1022.1023.1024.1025.1026.1027.1028.1029.1030.1031.1032.1033.1034.1035.1036.1037.1038.1039.1040.1041.1042.1043.1044.1045.1046.1047.1048.1049.1050.1051.1052.1053.1054.1055.1056.1057.1058.1059.1060.1061.1062.1063.1064.1065.1066.1067.1068.1069.1070.1071.1072.1073.1074.1075.1076.1077.1078.1079.1080.1081.1082.1083.1084.1085.1086.1087.1088.1089.1090.1091.1092.1093.1094.1095.1096.1097.1098.1099.1100.1101.1102.1103.1104.1105.1106.1107.1108.1109.1110.1111.1112.1113.1114.1115.1116.1117.1118.1119.1120.1121.1122.1123.1124.1125.1126.1127.1128.1129.1130.1131.1132.1133.1134.1135.1136.1137.1138.1139.1140.1141.1142.1143.1144.1145.1146.1147.1148.1149.1150.1151.1152.1153.1154.1155.1156.1157.1158.1159.1160.1161.1162.1163.1164.1165.1166.1167.1168.1169.1170.1171.1172.1173.1174.1175.1176.1177.1178.1179.1180.1181.1182.1183.1184.1185.1186.1187.1188.1189.1190.1191.1192.1193.1194.1195.1196.1197.1198.1199.1200.1201.1202.1203.1204.1205.1206.1207.1208.1209.1210.1211.1212.1213.1214.1215.1216.1217.1218.1219.1220.1221.1222.1223.1224.1225.1226.1227.1228.1229.1230.1231.1232.1233.1234.1235.1236.1237.1238.1239.1240.1241.1242.1243.1244.1245.1246.1247.1248.1249.1250.1251.1252.1253.1254.1255.1256.1257.1258.1259.1260.1261.1262.1263.1264.1265.1266.1267.1268.1269.1270.1271.1272.1273.1274.1275.1276.1277.1278.1279.1280.1281.1282.1283.1284.1285.1286.1287.1288.1289.1290.1291.1292.1293.1294.1295.1296.1297.1298.1299.1300.1301.1302.1303.1304.1305.1306.1307.1308.1309.1310.1311.1312.1313.1314.1315.1316.1317.1318.1319.1320.1321.1322.1323.1324.1325.1326.1327.1328.1329.1330.1331.1332.1333.1334.1335.1336.1337.1338.1339.1340.1341.1342.1343.1344.1345.1346.1347.1348.1349.1350.1351.1352.1353.1354.1355.1356.1357.1358.1359.1360.1361.1362.1363.1364.1365.1366.1367.1368.1369.1370.1371.1372.1373.1374.1375.1376.1377.1378.1379.1380.1381.1382.1383.1384.1385.1386.1387.1388.1389.1390.1391.1392.1393.1394.1395.1396.1397.1398.1399.1400.1401.1402.1403.1404.1405.1406.1407.1408.1409.1410.1411.1412.1413.1414.1415.1416.1417.1418.1419.1420.1421.1422.1423.1424.1425.1426.1427.1428.1429.1430.1431.1432.1433.1434.1435.1436.1437.1438.1439.1440.1441.1442.1443.1444.1445.1446.1447.1448.1449.1450.1451.1452.1453.1454.1455.1456.1457.1458.1459.1460.1461.1462.1463.1464.1465.1466.1467.1468.1469.1470.1471.1472.1473.1474.1475.1476.1477.1478.1479.1480.1481.1482.1483.1484.1485.1486.1487.1488.1489.1490.1491.1492.1493.1494.1495.1496.1497.1498.1499.1500.1501.1502.1503.1504.1505.1506.1507.1508.1509.1510.1511.1512.1513.1514.1515.1516.1517.1518.1519.1520.1521.1522.1523.1524.1525.1526.1527.1528.1529.1530.1531.1532.1533.1534.1535.1536.1537.1538.1539.1540.1541.1542.1543.1544.1545.1546.1547.1548.1549.1550.1551.1552.1553.1554.1555.1556.1557.1558.1559.1560.1561.1562.1563.1564.1565.1566.1567.1568.1569.1570.1571.1572.1573.1574.1575.1576.1577.1578.1579.1580.1581.1582.1583.1584.1585.1586.1587.1588.1589.1590.1591.1592.1593.1594.1595.1596.1597.1598.1599.1600.1601.1602.1603.1604.1605.1606.1607.1608.1609.1610.1611.1612.1613.1614.1615.1616.1617.1618.1619.1620.1621.1622.1623.1624.1625.1626.1627.1628.1629.1630.1631.1632.1633.1634.1635.1636.1637.1638.1639.1640.1641.1642.1643.1644.1645.1646.1647.1648.1649.1650.1651.1652.1653.1654.1655.1656.1657.1658.1659.1660.1661.1662.1663.1664.1665.1666.1667.1668.1669.1670.1671.1672.1673.1674.1675.1676.1677.1678.1679.1680.1681.1682.1683.1684.1685.1686.1687.1688.1689.1690.1691.1692.1693.1694.1695.1696.1697.1698.1699.1700.1701.1702.1703.1704.1705.1706.1707.1708.1709.1710.1711.1712.1713.1714.1715.1716.1717.1718.1719.1720.1721.1722.1723.1724.1725.1726.1727.1728.1729.1730.1731.1732.1733.1734.1735.1736.1737.1738.1739.1740.1741.1742.1743.1744.1745.1746.1747.1748.1749.1750.1751.1752.1753.1754.1755.1756.1757.1758.1759.1760.1761.1762.1763.1764.1765.1766.1767.1768.1769.1770.1771.1772.1773.1774.1775.1776.1777.1778.1779.1780.1781.1782.1783.1784.1785.1786.1787.1788.1789.1790.1791.1792.1793.1794.1795.1796.1797.1798.1799.1800.1801.1802.1803.1804.1805.1806.1807.1808.1809.1810.1811.1812.1813.1814.1815.1816.1817.1818.1819.1820.1821.1822.1823.1824.1825.1826.1827.1828.1829.1830.1831.1832.1833.1834.1835.1836.1837.1838.1839.1840.1841.1842.1843.1844.1845.1846.1847.1848.1849.1850.1851.1852.1853.1854.1855.1856.1857.1858.1859.1860.1861.1862.1863.1864.1865.1866.1867.1868.1869.1870.1871.1872.1873.1874.1875.1876.1877.1878.1879.1880.1881.1882.1883.1884.1885.1886.1887.1888.1889.1890.1891.1892.1893.1894.1895.1896.1897.1898.1899.1900.1901.1902.1903.1904.1905.1906.1907.1908.1909.1910.1911.1912.1913.1914.1915.1916.1917.1918.1919.1920.1921.1922.1923.1924.1925.1926.1927.1928.1929.1930.1931.1932.1933.1934.1935.1936.1937.1938.1939.1940.1941.1942.1943.1944.1945.1946.1947.1948.1949.1950.1951.1952.1953.1954.1955.1956.1957.1958.1959.1960.1961.1962.1963.1964.1965.1966.1967.1968.1969.1970.1971.1972.1973.1974.1975.1976.1977.1978.1979.1980.1981.1982.1983.1984.1985.1986.1987.1988.1989.1990.1991.1992.1993.1994.1995.1996.1997.1998.1999.2000.2001.2002.2003.2004.2005.2006.2007.2008.2009.2010.2011.2012.2013.2014.2015.2016.2017.2018.2019.2020.2021.2022.2023.2024.2025.2026.2027.2028.2029.2030.2031.2032.2033.2034.2035.2036.2037.2038.2039.2040.2041.2042.2043.2044.2045.2046.2047.2048.2049.2050.2051.2052.2053.2054.2055.2056.2057.2058.2059.2060.2061.2062.2063.2064.2065.2066.2067.2068.2069.2070.2071.2072.2073.2074.2075.2076.2077.2078.2079.2080.2081.2082.2083.2084.2085.2086.2087.2088.2089.2090.2091.2092.2093.2094.2095.2096.2097.2098.2099.2100.2101.2102.2103.2104.2105.2106.2107.2108.2109.2110.2111.2112.2113.2114.2115.2116.2117.2118.2119.2120.2121.2122.2123.2124.2125.2126.2127.2128.2129.2130.2131.2132.2133.2134.2135.2136.2137.2138.2139.2140.2141.2142.2143.2144.2145.2146.2147.2148.2149.2150.2151.2152.2153.2154.2155.2156.2157.2158.2159.2160.2161.2162.2163.2164.2165.2166.2167.2168.2169.2170.2171.2172.2173.2174.2175.2176.2177.2178.2179.2180.2181.2182.2183.2184.2185.2186.2187.2188.2189.2190.2191.2192.2193.2194.2195.2196.2197.2198.2199.2200.2201.2202.2203.2204.2205.2206.2207.2208.2209.2210.2211.2212.2213.2214.2215.2216.2217.2218.2219.2220.2221.2222.2223.2224.2225.2226.2227.2228.2229.2230.2231.2232.2233.2234.2235.2236.2237.2238.2239.2240.2241.2242.2243.2244.2245.2246.2247.2248.2249.2250.2251.2252.2253.2254.2255.2256.2257.2258.2259.2260.2261.2262.2263.2264.2265.2266.2267.2268.2269.2270.2271.2272.2273.2274.2275.2276.2277.2278.2279.2280.2281.2282.2283.2284.2285.2286.2287.2288.2289.2290.2291.2292.2293.2294.2295.2296.2297.2298.2299.2300.2301.2302.2303.2304.2305.2306.2307.2308.2309.2310.2311.2312.2313.2314.2315.2316.2317.2318.2319.2320.2321.2322.2323.2324.2325.2326.2327.2328.2329.2330.2331.2332.2333.2334.2335.2336.2337.2338.2339.2340.2341.2342.2343.2344.2345.2346.2347.2348.2349.2350.2351.2352.2353.2354.2355.2356.2357.2358.2359.2360.2361.2362.2363.2364.2365.2366.2367.2368.2369.2370.2371.2372.2373.2374.2375.2376.2377.2378.2379.2380.2381.2382.2383.2384.2385.2386.2387.2388.2389.2390.2391.2392.2393.2394.2395.2396.2397.2398.2399.2400.2401.2402.2403.2404.2405.2406.2407.2408.2409.2410.2411.2412.2413.2414.2415.2416.2417.2418.2419.2420.2421.2422.2423.2424.2425.2426.2427.2428.2429.2430.2431.2432.2433.2434.2435.2436.2437.2438.2439.2440.2441.2442.2443.2444.2445.2446.2447.2448.2449.2450.2451.2452.2453.2454.2455.2456.2457.2458.2459.2460.2461.2462.2463.2464.2465.2466.2467.2468.2469.2470.2471.2472.2473.2474.2475.2476.2477.2478.2479.2480.2481.2482.2483.2484.2485.2486.2487.2488.2489.2490.2491.2492.2493.2494.2495.2496.2497.2498.2499.2500.2501.2502.2503.2504.2505.2506.2507.2508.2509.2510.2511.2512.2513.2514.2515.2516.2517.2518.2519.2520.2521.25



【参考】 ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発施設において耐震性を確保すべき設備

## 1. 高放射線廃液を閉じ込める機能を担う設備

### 1.1 高放射線廃液を内蔵する設備 (別紙図1)

再処理施設の運転によって生じた高放射線廃液は高放射線廃液貯蔵場 (R3) の中間貯槽 (G11V19, V18) から配管トレンチ (T21) を経由してガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発施設の受入槽 (G11V19, H19) に受け入れる (受入時にオーバーフローする場合は想定し、受入槽と回収液槽 (G11V20, H19) はオーバーフロー配管で連絡されている)。受入槽に受け入れた高放射線廃液は濃縮器 (G12V19, L19) にて、ガラス固化を行うのに適した濃度まで濃縮する。濃縮後の高放射線廃液は濃縮液受槽 (G12V12, L19) で貯留した後、濃縮液供給槽 (G12V14, R19) から溶融炉 (G12H10) へガラス原料 (ガラスファイバーコートリッジ) とともに供給し、溶融炉内の溶融ガラスと混合する。溶融ガラスは一定時間ごとに溶融炉からステンレス鋼製の容器 (ガラス固化体容器) へ流下し、流下後に冷却してから蓋を密閉し、ガラス固化体 (ガラス容量10 L/本) とする。これらの高放射線廃液を内蔵する設備はガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発施設の固化セル (R601) 内に設置される。

受入槽 (G11V19) 及び回収液槽 (G11V20) からはポンプ (G11P19C1) を用いて、配管トレンチ (T21) 経由で高放射線廃液貯蔵場 (R3) の分配器 (H12, H13) へ濃液を払い出すことができる。トレンチ内の配管は受け入れ用が2本、払い出し用が2本あり、それらを上本の外管内に収納した二重管構造となっている。

これらの高放射線廃液を扱う貯槽 (G11V19, G11V20, G11V30, G12V12, G12V14)、濃縮器 (G12V19)、溶融炉 (G12H10)、気液分離器 (G12H14)、ポンプ (G11P19C1) 及びそれらの主要な流れを構成する配管系統は高放射線廃液を直接扱う (内蔵する) 設備であることから、設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備とする。主要な流れを構成する配管系統には配管トレンチ (T21) 内の配管を含むとする。

また、高放射線廃液ではないが、固化後の溶融ガラスの閉じ込めを担う設備として、溶融炉からガラス固化体容器へ溶融ガラスの流下を防止するための設備 (ガラス固化体容器位置を制御する台車、ガラス固化体容器の定位置及び流下量を確認するための計装制御機構及びガラス固化体容器へのガラスの流下質量を監視して流下操作を停止するための回路) も耐震性を確保すべき設備を含むものとする。

### 1.2 高放射線廃液の漏えいに対応するための設備

別紙図1に示すように、受入槽、回収液槽、濃縮器、濃縮液供給槽、気液分離器及び溶融炉を設置する固化セルの床面にはステンレス鋼製のドリップトレイ (G04R001) が設置されており、万一、貯槽等から高放射線廃液が漏えいしても、セル外へ漏出しないように受

けられるとともに、漏えい回収収用のスチームジェット (G4J0011, G4J0012, G4J0013, G4J0014) により受入槽又は貯蔵槽に回収することができる。

これらのドリフトトレイ及び固化セルは高放射線環境を内蔵する貯槽等からの漏えい時に高放射線環境の閉じ込めの機能を担うことから、設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備とする。

また、スチームジェット (G4J0011, G4J0012, G4J0013, G4J0014) と受入槽及び貯蔵槽の間の流れを構成する配管系統、漏えいを検知するためのセル内ドリフトトレイ液面上部警備 (G4LA001a, G4LA001b) は高放射線環境の閉じ込め機能に対する多重防護となるものであることから、設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備とする。

### 1.3 放射性物質の放出経路の維持のための設備 (図紙図 2~7)

高放射線環境を内蔵する貯槽及び留置槽からのオフガスの処理系統 (槽加熱気系統) を図紙図 2 に示す。高放射線環境を内蔵する貯槽からのオフガスは吸収塔 (G4IT3) 及びデミスタ (G4ID02) でオフガス中の塵分を除去する。続いてルテニウム吸着塔 (G4IT26) でオフガス中のルテニウムを除去した後、2 段のフィルタ (G4IF26, G4IF27) にてオフガス中の放射性物質をろ過する。その後、脱色する留置槽からのオフガスと合流して、さらに 1 段のルテニウム吸着塔 (G4IT82, G4IT83 (常用 1 基, 予備 1 基))、よう茶吸着塔 (G4IT86, G4IT87 (常用 1 基, 予備 1 基)) 及びフィルタ (G4IF86, G4IF87 (常用 1 基, 予備 1 基)) で処理した後、排気機 (G4IE94, G4IE91, G4IE92 (常用 2 基, 予備 1 基)) で排気して第二付属排気筒から大気中へ放出する。

留置槽 (G4DE10) からのオフガスは高湿度気、 $\text{NO}_x$  ガス及び揮発性の放射性物質を含むため、スタック (G4IT10) 及びベンチュリスタック (G4IT11) にて水洗した後、吸収塔 (G4IT21) で  $\text{NO}_x$  成分を除去する。続いて、上述した貯槽からオフガス処理と同様にルテニウム吸着塔 (G4IT25) でオフガス中のルテニウムを除去した後、2 段のフィルタ (G4IF26, G4IF27) にてオフガス中の放射性物質をろ過する。その後は貯槽からのオフガスと合流して処理する。

ルテニウム吸着塔と 2 段のフィルタには予備ライン (G4IT46, G4IF46, G4IF47) が設けられており、留置槽からのオフガス又は各貯槽からのオフガスの切換を切り替えて処理できる。

なお、上記の槽加熱気系の機器のうち、スタック (G4IT10)、ベンチュリスタック (G4IT11)、吸収塔 (G4IT21) 及びデミスタ (G4ID02, G4ID03, G4ID04) では水洗用の純水が必要となることから、これを供給する設備 (図紙図 2) として純水設備 (G45) を設けている。

セルの自然換気及び換気のための系統 (セル換気系統) を図紙図 4 に示す。固化セル (G401) 以外のセルは排気機によりセル内の空気を直接吸引して第二付属排気筒から排出する。給

気はアンバー区域からのインリークで行う。固化セル (0001) は低風量換気システムを採用しており、セル換気はセル内に設置された射流等の増加換気手への吸い込みにより行う (別紙図2)。このシステムでは換風量が少なく換気のみでセル内部の換熱ができないことから、別紙図5に示すセル内に設置された冷却器 (インセルクーラ、G40010～G40019) による除熱を行う。除熱のためにインセルクーラに供給する冷水は独立した工系統の冷水設備 (G84) により供給する。それぞれの系統は冷却器 (G84000、G84004) により一次系と二次系に分離されており、インセルクーラにより除熱した熱は最終的に冷凍機 (G84010、G84020) により熱交換し、冷却水設備 (G83) へ排熱される。固化セル (0001) は低風量換気システムとしていることから気密性の高い全道ステンレスライニング (内張り) となっている。万一、セル内部換気の圧力が上昇した場合には、ライニングの気密部の損傷を防止するため、別紙図2の圧力放出系によりセル内空気を直接排気する。

これらの増加換気系統及びセル換気系統を構成する機器及びそれらの主要な流れを構成する配管系統は放射性物質の放出経路を維持する機能を有することから、設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備とする。

## 2. 高放射性廃液の崩壊熱除去を行う設備

### 2.1 冷却水系統 (進水系) (別紙図6)

高放射性廃液を搬り受入槽 (G11V10)、回収液槽 (G11V20)、濃縮器 (G12E10)、濃縮液槽 (G12V12) 及び濃縮液供給槽 (G12V14) の5つの貯槽に冷却水を供給する設備の概略系統を別紙図6に示す。これらの貯槽に冷却水を供給する冷却水設備 (G83) は各槽に対し共通となっているが、独立した3つの系統から構成されている。またそれぞれの系統は冷却器 (G83000、G83040) により一次系と二次系に分離されている。

5つの貯槽に接続されている一次系の単一系統には、二次系との熱交換を行う冷却器 (G83000、G83040)、一次系冷却水を循環させるためのポンプ (G83P12、G83P21) 及び系統の駆動抑制のための循環水槽 (G83V11、G83V11) が設けられている。また独立した工系統間で、片側のポンプあるいは冷却器が故障した場合に、相互に冷却水を供給できるようにするバイパス配管が設けられている。

一次系で除熱した熱を大気へ放熱するための二次系の単一系統には、大気への放熱を行う冷却塔 (G83010、G83020)、二次系冷却水を循環させるためのポンプ (G83P12、G83P22) 及び系統の駆動抑制のための循環水槽 (G83V11、G83V21) が設けられている。冷却塔では廃処理施設の一般浄水供給系統により供給される工業用水の敷水により放熱の効率を高めている。また独立した工系統間で、片側のポンプ又は冷却塔が故障した場合に、相互に冷却水を供給できるようにするバイパス配管が設けられている。

これら冷却水系統のポンプ (G83P12、G83P21、G83P22、G83P42)、冷却塔 (G83010、G83020)、

冷媒器 (G830D0, G830H0), 調整水櫃 (G83F11, G83F21, G83F31, G83F41) 及びそれらの主要な配管を構成する配管系統は高放射線環境の腐蝕防除設備を備う設備であることから、設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備とする。

## エ その他設備

### エ.1 津波及び建築物に対する防護を備う設備

緊急措置計画用設計津波に対して、ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟棟屋室内部が浸水しないように設けられる防護設備 (津波物防設備等) についても、設計地震動に対して耐震性を確保する。

ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟において津波に対する防護を備う設備は、棟屋外壁及び浸水想定高さを超えられた浸水防止壁が該当する。また、今後、津波に対する基本的考え方に基ついて新たに設計・整備するものを含めて具体化する。

### エ.2 事故対応設備

設計地震動、緊急措置計画用設計津波等によって外部電源やローディリアの供給が喪失した場合においても、ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟に貯蔵されている高放射線廃液の蒸発乾固を防止し、その影響を緩和するために設けられる常設の事故対応設備についても、設計地震動に対して耐震性を確保する。

ガラス固化技術開発施設 (TF) ガラス固化技術開発棟における事故対応設備としては、緊急時において固化セルの内圧が上昇した際にセルのパッケージが内圧により損傷しないように、第二付属排気筒へ圧力を放出する系統 (副系統2の圧力放出系) が該当する。また、冷却水系統 (重要系) に外部からポンプ車や可搬型エンジン付きボンプを用いて冷却水を供給するために設けられる接続ノズル、電源車を接続するための緊急用受電盤等が該当する。これらの事故対応設備は、緊急安全対策関連の設備等を事故対応設備として位置付け、これらを用いて必要な安全機能を維持する方針であり、今後、それらの有効性の確保に必要な対策を行う際に具体化していく。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟  
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の  
据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の受入槽及び回収液槽の据付ボルトについて、廃止措置計画用設計地震動が作用した際のせん断荷重の評価結果 (最大 50 kN/本 (ボルト有効断面積に対するせん断応力は 205 MPa), 45°C 条件) は、実機を模擬して実施した荷重試験の結果から算定された許容荷重 (供用状態  $D_s$ : 71 kN/本, 45°C 条件) を満足する結果が得られている (付表)。

しかしながら荷重試験に基づく許容荷重は実機の実力値に近くその裕度は大きくない。そこで、リスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点からさらなる耐震裕度を確保する方策として、貯槽の液量を管理した場合に地震時に据付ボルトに作用する荷重がどの程度低減可能かについての評価を行った。受入槽の機器設計では工程後段にある濃縮器で濃縮した高放射性廃液 (設計上想定する密度  $1.6 \text{ g/cm}^3$ ) を貯槽の荷重条件としているが、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から受け入れる高放射性廃液の密度は  $1.28 \text{ g/cm}^3$  以下であることから、この 2 つの条件に基づき評価を実施した (付図)。

実際の運転 (直近の 16-1, 17-1, 19-1 キャンペーン) における高放射性廃液の受入時濃度は最大で  $1.23 \text{ g/cm}^3$  程度、濃縮器 (G12E10) での濃縮処理後の高放射性廃液の密度は最大でも  $1.315 \text{ g/cm}^3$  程度である。また、通常運転では濃縮後の高放射性廃液を受入槽・回収液槽で扱うことはない。濃縮後の高放射性廃液を受入槽・回収液槽で扱う場合というのは、機器故障等で固化処理運転を中断せざるを得なくなった際に、工程内に残留した濃縮後の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送するために一時的に受け入れるときである。

したがって、現実的には受入槽 (G11V10) で通常運転時に扱う高放射性廃液の条件として、密度  $1.6 \text{ g/cm}^3$  の高放射性廃液を仮定する必要性はなく、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から受け入れる高放射性廃液の設計上の密度である  $1.28 \text{ g/cm}^3$  に基づいて耐震裕度確保の検討を行うことは十分妥当である。その上で管理する液量を設定するにおいて以下の特徴を考慮する。

- ・通常運転状態で受入槽の液量が最大となるのは、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から高放射性廃液を受け入れた直後である (参考 1 参照)。
- ・受入後に分析の結果が出るまで、約 1 日程度は上記液量を保持する。その後に濃縮器に 1 バッチ/日当たり  $0.46 \text{ m}^3$  を払い出す操作を開始するので、最大液量を保持する期間は約 1 日程度と短い。受入頻度は 1 回/7 日で、ガラス固化運転は年間最大 160 日を予定していることから、最大液量を保持する期間は 23 日/年程度である (参考 1 参照)。
- ・受入槽の最大容量は  $11 \text{ m}^3$  で、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (最大容

量 120 m<sup>3</sup>) と比べると 1/10 であることから、高放射性廃液を保持することのリスクは相対的に小さい。

- ・ガラス固化処理運転の中断等の非定常時の運用においては濃縮後の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) に返送する場合もあり、そのために一時的にこれらの密度の高い高放射性廃液を受入槽・回収液槽に受け入れる必要がある。ただし、返送する溶液全てを一度に受け入れる必要はなく、複数回に分けて返送することができる (参考 3 参照)。

このようなガラス固化処理の運転状態及び運用の特徴に基づき、通常運転時 (G12E10 での濃縮済み高放射性廃液を受入槽では扱わない状態) においては、受入槽・回収液槽で扱う高放射性廃液の密度を 1.28 g/cm<sup>3</sup>以下で管理することとし、耐震裕度を確保するために管理する液量の検討を以下のように進めた。

据付ボルトの荷重試験を実施して得られた許容荷重 (71 kN/本) より、設計地震動に対する据付ボルトの強度は確認済みである。しかしながら、より高い耐震裕度を確保するためには、地震時に発生する荷重を、材料規格及び設計規格に基づく明確な弾性範囲に収めることが望ましい。設計規格の SSB-3121 においては 3 つの評価式から最小値を採用する規定となっており、このうち、ひずみ硬化性の高いオーステナイトステンレス鋼を 40°C 超で用いる場合に対応する式は  $F = 1.35 S_y$  となっている (F 値に基づく許容荷重の考え方については参考 4 に示す)。これに基づけば許容荷重は 38 kN/本となり、これを満足する液量は付図より約 7 m<sup>3</sup>であると読み取れる。一方、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽における耐震裕度確保の考え方に倣い、より厳密な意味で規格の許容荷重に収めようとする場合には、SSB-3121 の 3 つの評価式の比較から得られる最小値に基づき 34 kN/本となり、これを満足する液量は付図より 5.5 m<sup>3</sup>となる。

上記では液量管理の目安となる値として 2 つの値 (約 7 m<sup>3</sup>と 5.5 m<sup>3</sup>) を示したが、より保守的な値は当然ながら 5.5 m<sup>3</sup>である。一方で、ガラス固化処理を計画どおりに速やかに進めることも本質的なリスク低減につながる安全上の重要な課題であって、耐震裕度の確保とガラス固化処理はいずれも重要な使命であると認識している。したがって、その使命を両立すべく、液量管理の下で計画しているガラス固化処理運転をいかに行うかについて検討を行った (参考 1)。その結果、受入槽の管理上必要となる最低液位については、水封の扱いを工夫することにより最大液量を 5.5 m<sup>3</sup>に管理してもノミナルの運転計画 (受入槽での最大液量 5.42 m<sup>3</sup>) は満足する見通しが得られた。

したがって、耐震裕度の確保のために厳格な規格基準を満足し得る液量である 5.5 m<sup>3</sup>を管理値と考えることとする。

なお、運転計画上の最大液量に対する余裕が少ない (0.08 m<sup>3</sup>) ことから、送液精度や配管

内液戻り等による変動によって5.5 m<sup>3</sup>を若干量上回る事態が稀に生じることが想定される。この場合においても、上述したようにオーステナイトステンレス鋼の許容荷重の1.35 Syに対しては十分な余裕があるため直ちに耐震上の影響を与える事態ではないこと、通常運転時の最大液量の保持時間は分析に要する1日程度に限られることから、速やかに液量を5.5 m<sup>3</sup>以下にすることを条件として一時的な超過を認める運転管理を考慮する。

一方、非定常時には濃縮済み高放射性廃液（1.28 g/cm<sup>3</sup>を超える密度）を受入槽・回収液槽に受け入れる可能性がある。その具体的な場合とは、機器トラブル等によりガラス固化処理運転途中で工程を停止し、工程内の高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ戻す場合である。このような事象は非定常で頻度も少なく、受入槽での液保持期間も一時的なものである。そのため、その際の液量目安としては、上述した通常運転時の考え方と合わせて材料規格値に基づく許容荷重（密度1.6 g/cm<sup>3</sup>）から管理値を4 m<sup>3</sup>とする。ただし、より緊急性の高い状況（高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能の喪失やセルへの溶液の漏えい等が生じた場合）においては速やかに高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ移送することを優先し、1週間程度の短期間の溶液貯留を条件として液量管理は適用しないこととする。

以上をまとめると受入槽・回収液槽の運用条件は付表-1のようになる。

付表-1 耐震裕度確保のための受入槽・回収液槽の運用条件

	通常運転時	非定常時	緊急時
密度条件	1.28 g/cm <sup>3</sup> 以下	1.6 g/cm <sup>3</sup> 以下	1.6 g/cm <sup>3</sup> 以下
液量管理値	5.5 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>	—
許容超過期間	※	※	一週間以内

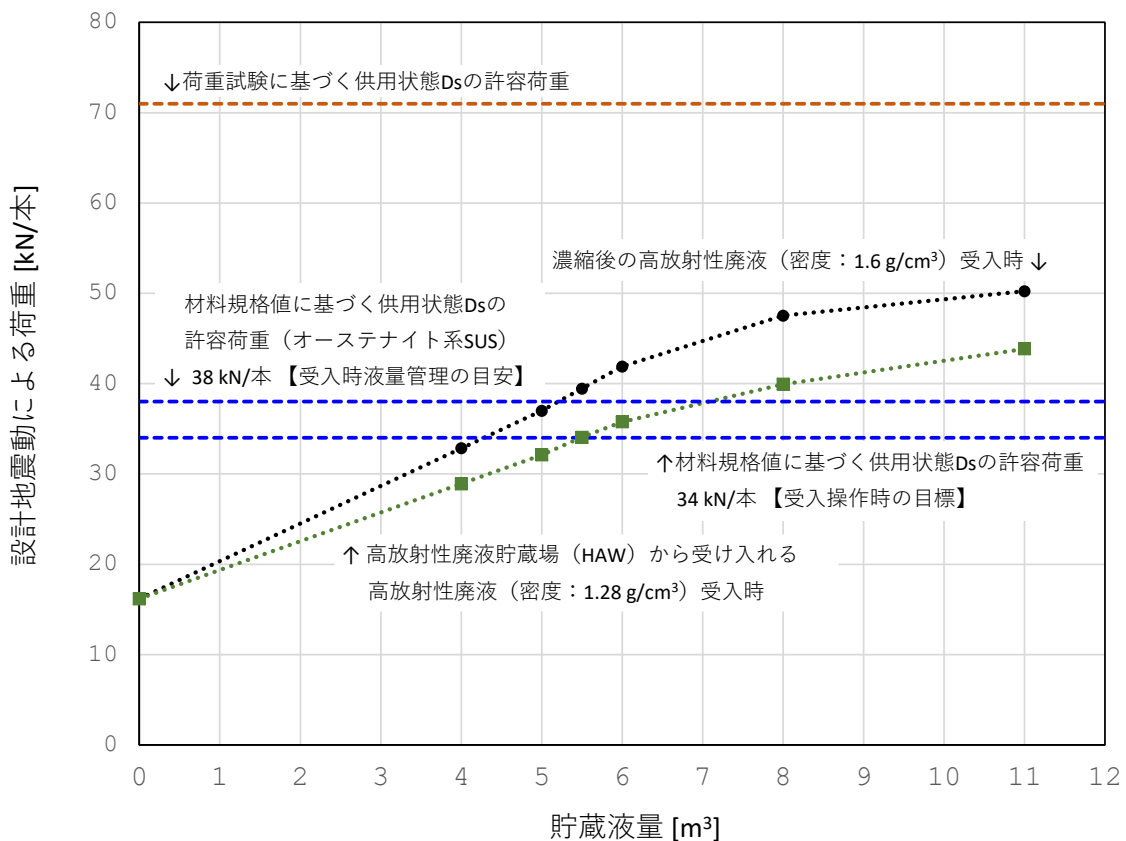
※ 通常運転時及び非定常時の許容超過期間については数日以内を目安として詳細に検討後、保安規定にて明記する。

以上より、受入槽・回収液槽においては高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、液量管理による耐震裕度向上に向けた運用を当面の間行うことについて検討を進める。検討の結果、上記運用について保安規定を変更して明確にするとともに、その際に管理値を超過する状態として許容する期間（許容超過期間）や手続等についても示すこととする。

付表-2 廃止措置計画用設計地震動に対する受入槽・回収液槽据付ボルトの発生荷重と各許容荷重

高放射性廃液密度	設計地震動において据付ボルトに加わる最大せん断荷重		荷重試験に基づく許容せん断荷重 (供用状態Ds)	材料規格値に基づく許容せん断荷重 (供用状態Ds)
	液量満水 (11 m <sup>3</sup> ) 時	液量低減 (5.5 m <sup>3</sup> ) 時		
1.6 g/cm <sup>3</sup>	50 kN/本	39 kN/本	71 kN/本	34 kN/本 (38 kN/本 ※)
1.28 g/cm <sup>3</sup>	44 kN/本	34 kN/本		

※ 材料規格において、ひずみ硬化の大きいオーステナイトステンレス鋼を40℃超で用いる場合の許容せん断荷重から求まる値 (F値=1.35Sy)。当該据付ボルトはオーステナイトステンレス鋼であるSUS316製であることから、この許容せん断荷重の方が本来の材料特性を反映した許容値と見なすことができる。したがって、34 kN/本は荷重に関して10%程度の裕度を持ったものと考えられる。



付図 受入槽・回収液槽の貯蔵液量と地震時の据付ボルトに発生するせん断応力の関係



(参考1) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟におけるガラス固化処理  
運転の基本フローと液量管理時の運転対応案

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟において、高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から受け入れて、溶融炉へ供給するまでの設備構成を参考1-図1に示す。また、これまでの運転におけるタイムチャート (運転に伴う各貯槽・設備における液量の時間変動を示したもの) を参考1-図2に示す (直近の運転に基づく液位を抑えたパターン)。

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) からの高放射性廃液の受入れは、一定期間ごとにバッチ操作で受け入れる (通常時は  $3.22 \text{ m}^3$  の高放射性廃液を7日に1回の頻度で受け入れる)。受入後には次の濃縮操作及びガラス固化処理のためにサンプリングと分析を行うとともに、IAEAによる査察 (ランダム査察) を受ける。その後、濃縮器による濃縮操作 (バッチ操作で1回当たり  $0.46 \text{ m}^3$  を受け入れて約1.3倍程度に濃縮する。) のために、1日に1回程度の供給 (受入槽→濃縮器) を行い、7日程度で受け入れた液量に相当する高放射性廃液の濃縮操作を終える。溶融炉への濃縮済み高放射性廃液の供給は常時連続して行う必要があり、そのために濃縮液槽には一定量以上の濃縮済み高放射性廃液が入っている必要がある。

受入槽の運用上の条件である液位と液量の関係を参考1-図4に示す。配管でつながっている高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽との間の水封のために、負圧分を考慮して接続配管が液浸する液位 (液位計読み取り値で  $700 \text{ mm}$ , 液量にして約  $3.0 \text{ m}^3$  分) を最低液位として確保している。水封は高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽側でも行えるため、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 側での水封を確実にすることで受入槽の最低液位を下げることが可能であるが、パルセータ作動の最低条件である液位 (液位計読み取り値で  $570 \text{ mm}$ , 液量にして約  $2.2 \text{ m}^3$  分, パルセータの機能を参考1-図5に示す。) 以下にすることは運転管理の点から難しい。

耐震裕度確保の目安として、保持している溶液の重量を考慮した上で設計地震動作用時における据付ボルト発生せん断荷重を、材料規格から求められる許容荷重以下に抑制しようとする場合、付図より約  $5.5 \text{ m}^3$  程度と見なせる。上述した通常運転での受入槽の最大液量は  $6.22 \text{ m}^3$  であるため、約  $5.5 \text{ m}^3$  では収まらない。そこで、ガラス固化処理 (溶融炉の運転) を阻害せずに、高放射性廃液の受入を液量管理の下で行うための検討の対応案として以下を検討している。

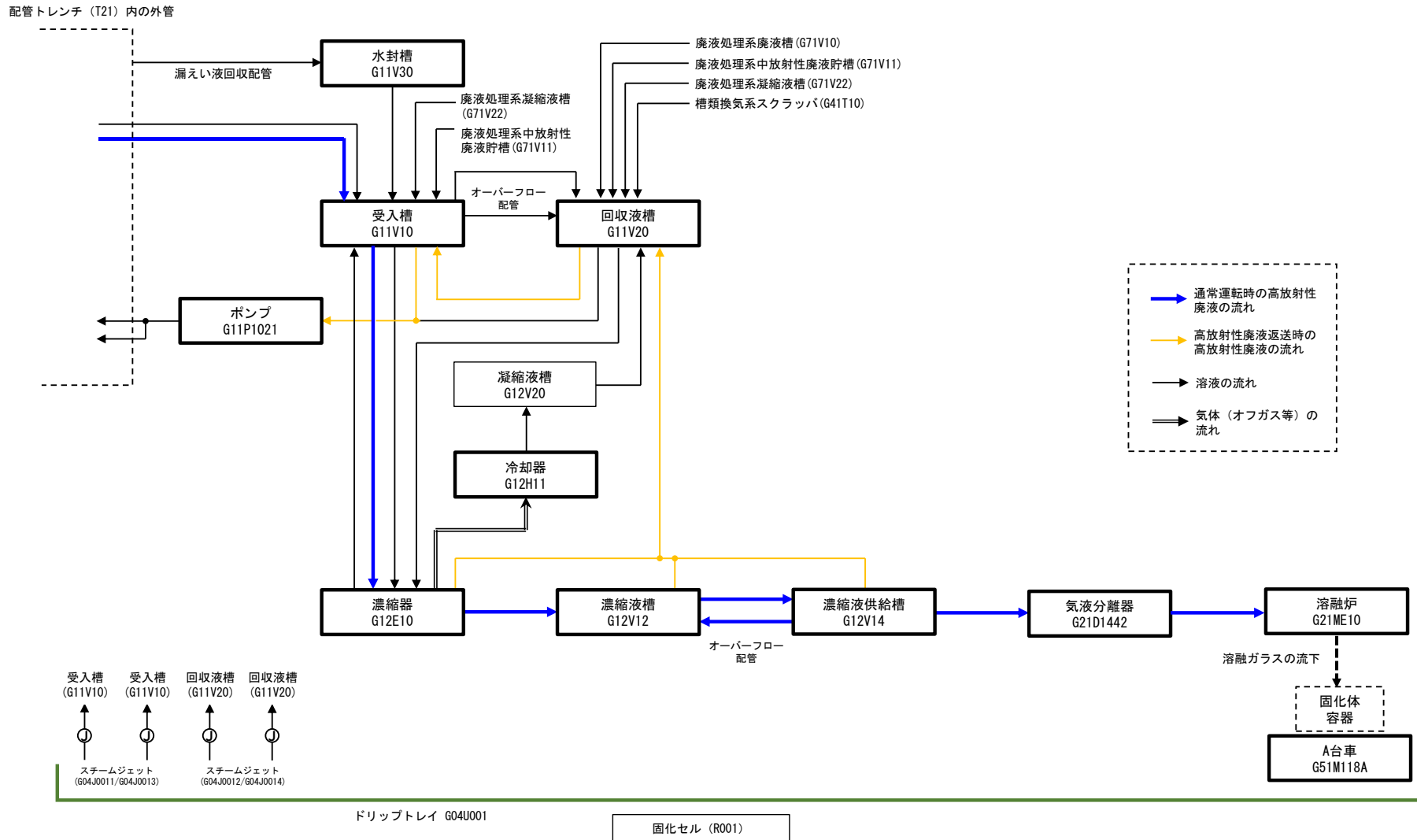
[1] 受入れ頻度を増やし、受入れ量を減らす (約  $3.2 \text{ m}^3/7 \text{ 日}$  → 約  $2.5 \text{ m}^3/5 \text{ 日}$ ) ことにより、受入槽の最大液位を抑える (参考1-図2)。

[2] 水封管理は高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 側で担保し、受入槽の最低管理液位をパルセータ作動管理液位 (約  $2.2 \text{ m}^3$ ) まで下げる (参考1-図3)。

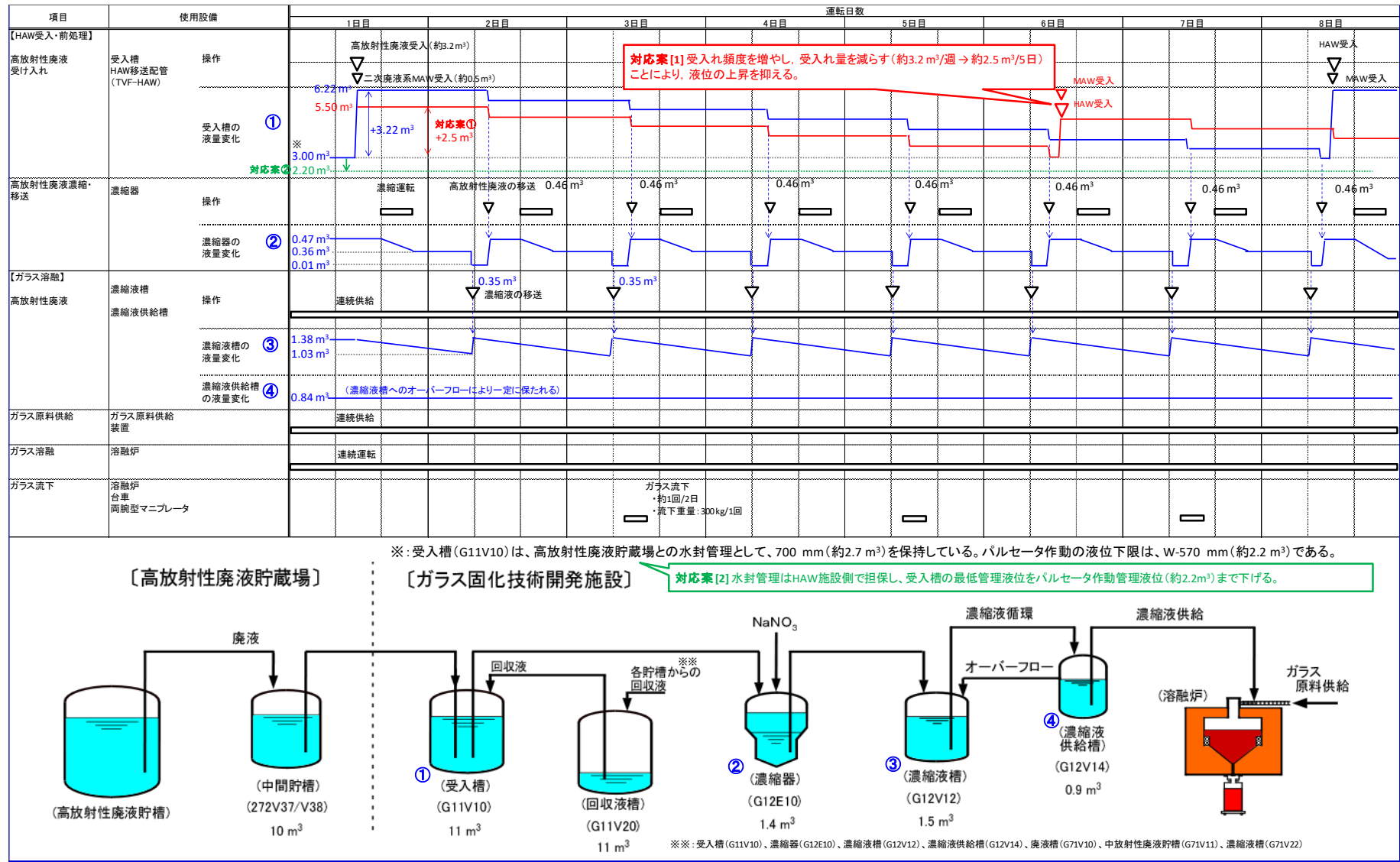
対応[1]では受入操作頻度が7日間から5日間に短くなることから、受入時の分析作業やIAEAの査察対応への影響が大きく、計画的なガラス固化処理運転に支障をきたすおそれがある。一方、対応[2]では液封管理を行う場所を変えるだけで、ガラス固化処理運転

への影響は少ないものの、最大液量時の余裕は少ない。したがって、液量管理下における運転計画の立案においては[1]と[2]の方法を組み合わせる適正化を図っていく。

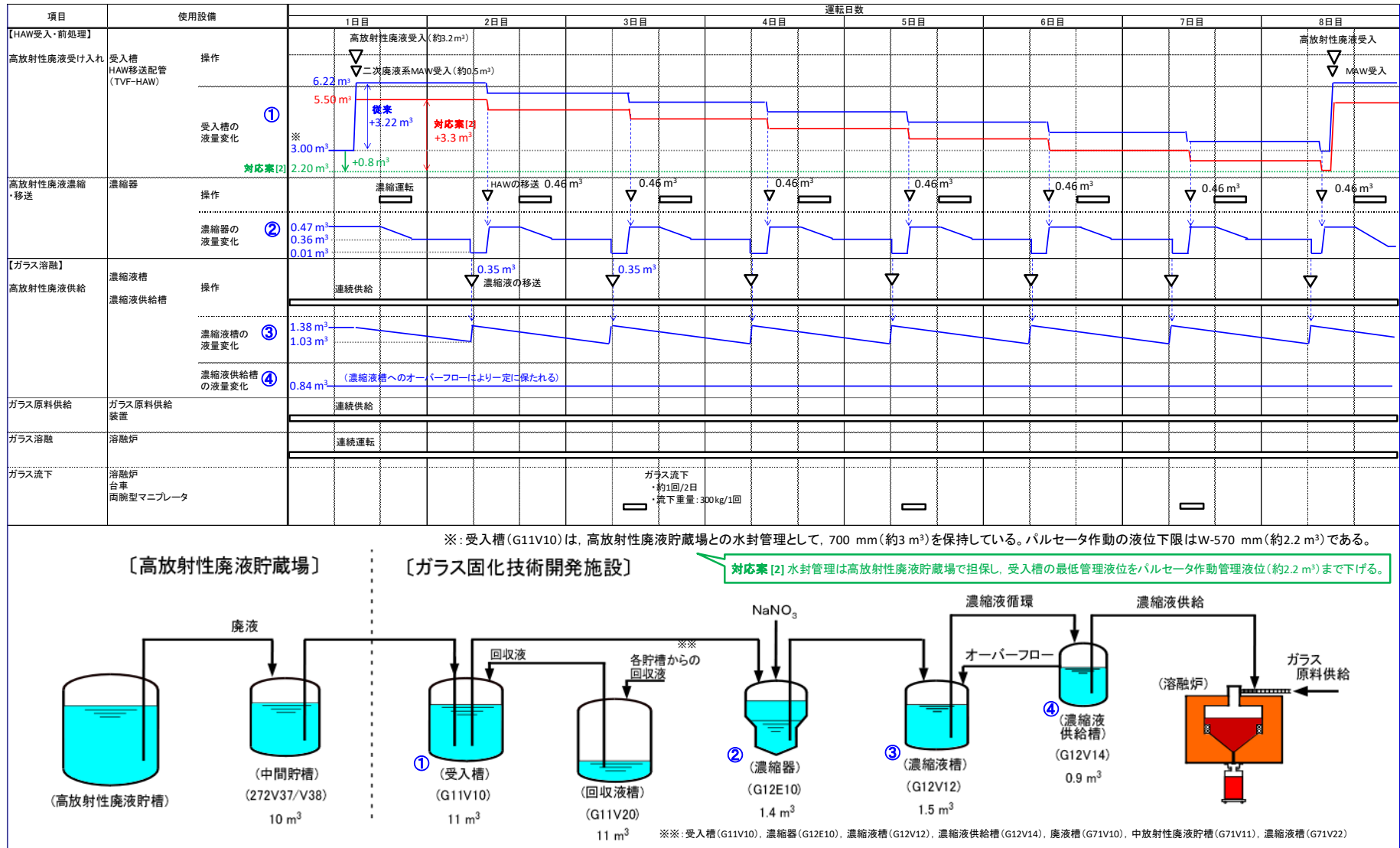
6-1-2-4-1-7



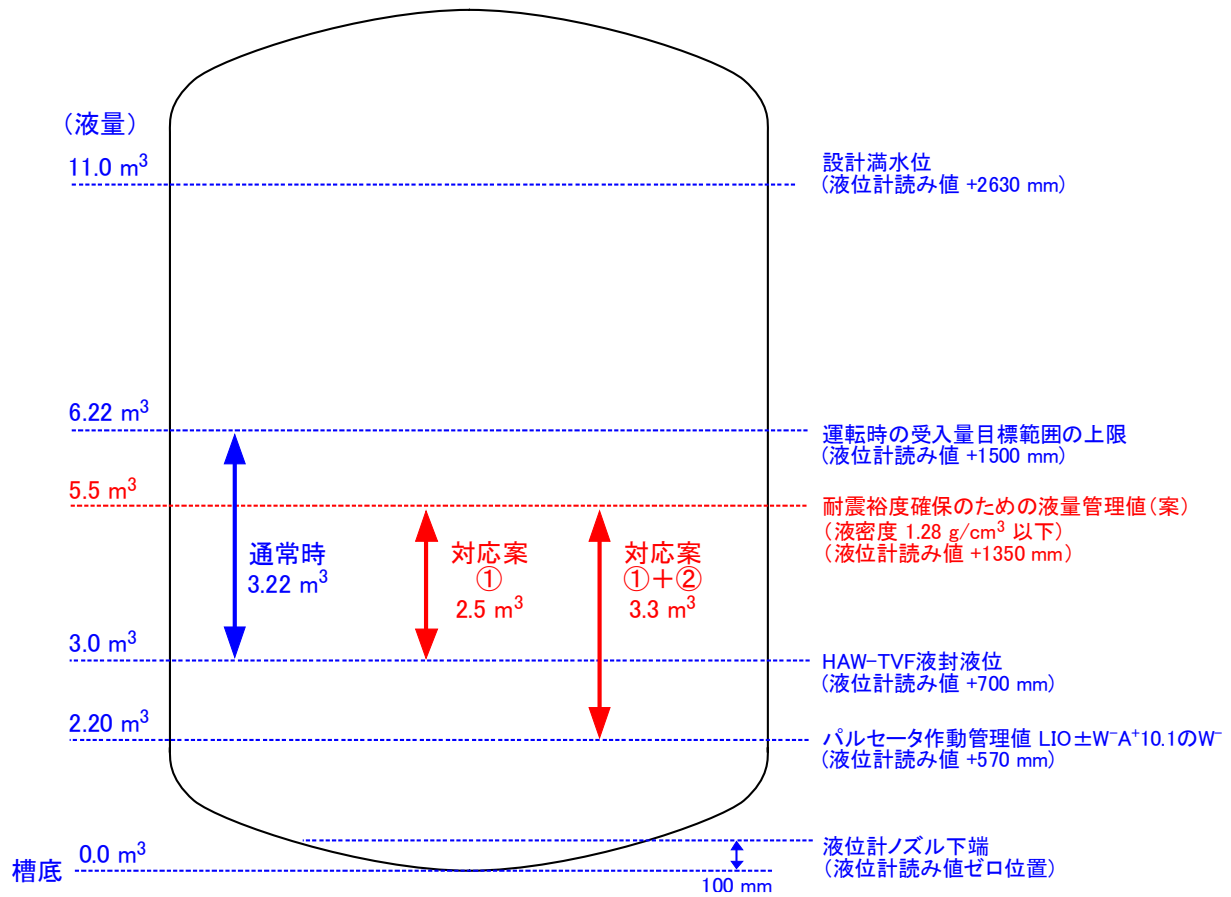
参考 1-図 1 ガラス固化処理における高放射性廃液の取り扱いフロー図



参考 1-図 2 ガラス固化処理運転の基本的なタイムチャート概要と受入槽液量管理に係る対応案 [1]

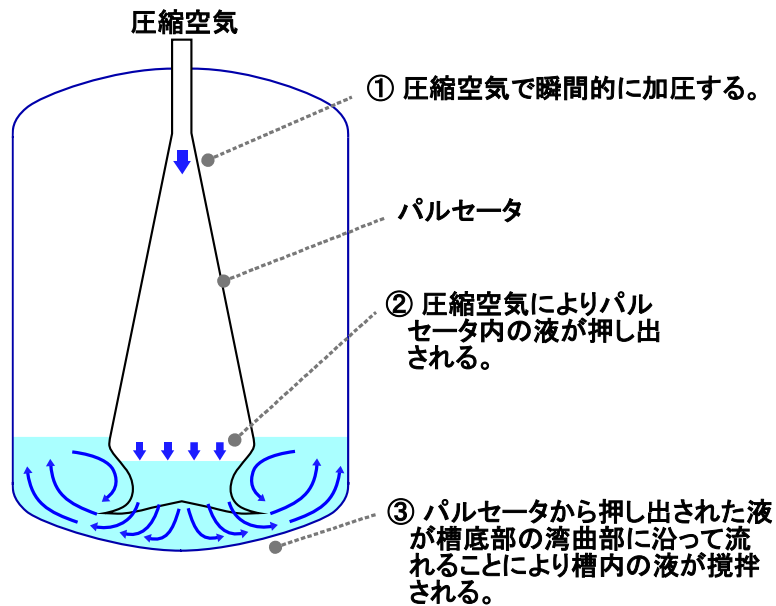


参考 1-図 3 ガラス固化処理運転の基本的なタイムチャート概要と受入槽液量管理に係る対応案 [2]

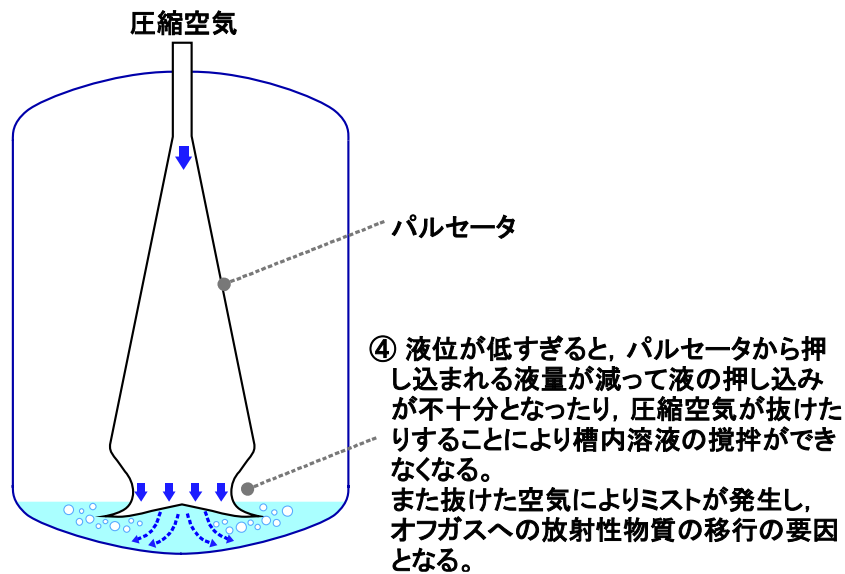


参考 1-図 4 受入槽 液位 (液位計読み取り値) と液量の関係

【液位がパルセータ作動管理値以上の時】



【液位がパルセータ作動管理値未満の時】



※ パルセータは溶液の攪拌のための機構であり、比較的大きな円筒槽の攪拌に適したものである。すり鉢状の槽底部に向けて押し出した水流を当てることのできるため、底部に堆積しやすい不溶解残渣の攪拌にも有効である。電動モータや攪拌翼のような機械的構造を持たず、圧縮空気のみで動作させることができるため、保守が困難なセル内に設置する貯槽に利用される。

参考 1-図 5 パルセータの機能について

(参考2) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) と高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽 (272V37, V38) の間の水封について

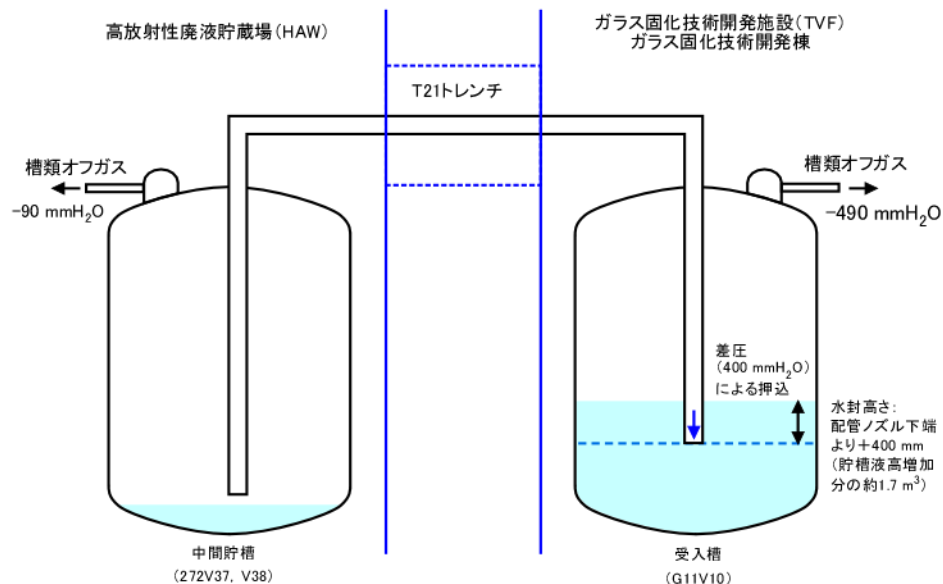
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) と高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽 (272V37, V38) は両建家間を結ぶ T21 トレンチを通じて配管により接続されている。それぞれの建家に設置されている貯槽類は、各々の槽類換気設備によって負圧に維持されているものの、その圧力 (負圧圧力) は異なっている。したがって、負圧圧力の異なる建家間の槽を配管で直接接続した場合、負圧圧力の低い側へ空気が流れることになる。このような状態となったとしても、流入した空気は適切な換気システムにより処理されることから安全上の問題は生じないが、個々の建家で独立している換気システムの運転において圧力や流量の変動の要因ともなり得ることから、建家間で換気システムの運転の独立性を確保するために、このような配管を通じた空気の流れが通常は生じないように負圧圧力の差に応じて配管を水封することとしている。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の受入槽の負圧は $-490 \text{ mmH}_2\text{O}$ 、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽の負圧は $-90 \text{ mmH}_2\text{O}$  であることから、水封に必要な液柱高さは  $400 \text{ mmH}_2\text{O}$  となる。なお、水封が必要な配管は、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) からガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟へ高放射性廃液をスチームジェットにより送液するための配管で、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟から高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ高放射性廃液を返送するための配管は、ポンプ移送で閉止バルブがついていることから水封は不要である。

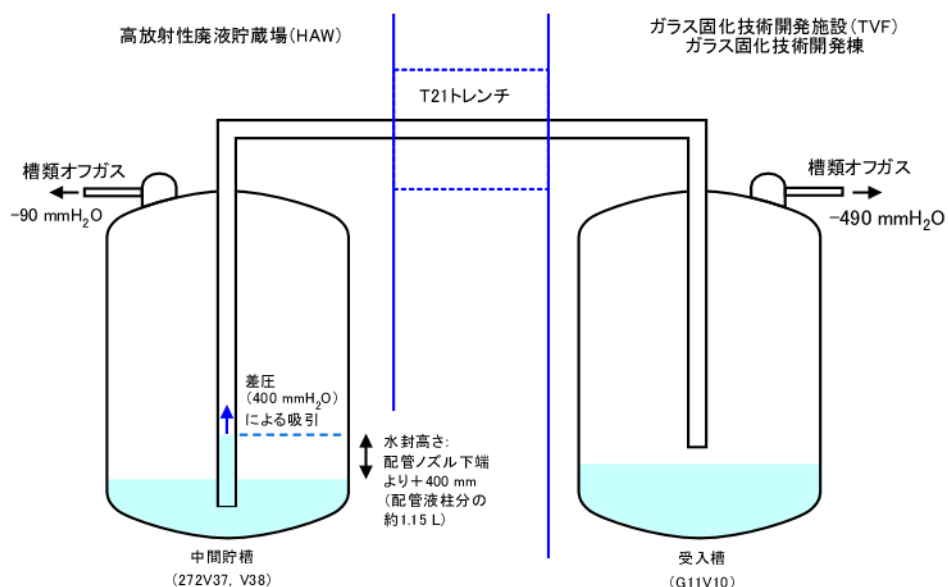
これまでの運転においては、参考2-図1の上段に示すとおり受入槽側で水封を確保するように各槽の最低液位を管理している (運転管理上の要求はないが、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽側でも水封液位を維持している。)。参考1で示した対応案[2]では参考2-図1の下段の状態となる。水封に必要な液量の観点からは、吸引される側である高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 中間貯槽側で水封を行った方が少ない液量で水封可能である。なお、運転していない状態 (インターキャンペーン期間) においては、水封のために貯槽内に貯留している溶液は洗浄液 (硝酸水溶液) 等の低放射性の溶液である。



【ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟側で水封をとる場合(これまでの運用)】



【高放射性廃液貯蔵場(HAW)側で水封をとる場合】



参考 2-図 1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) と  
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟間における水封の概念図

(参考3) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟におけるガラス固化処理  
運転中断時の高放射性廃液の払い出しの基本手順について

1. 高放射性廃液の返送手順

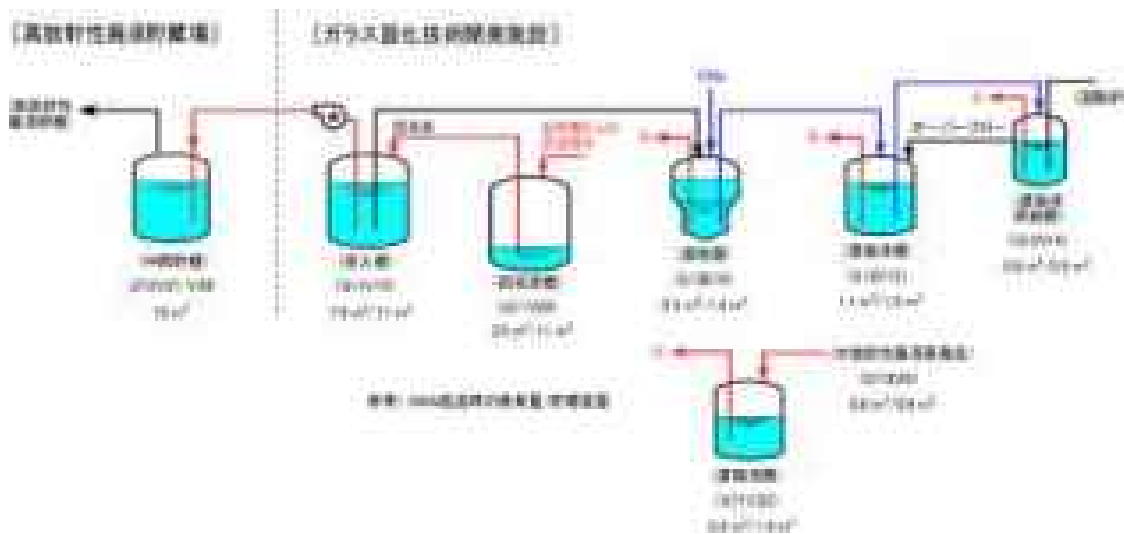
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟のガラス固化処理運転において、機器故障等によって運転を中断する場合（短期に復旧可能な軽微な停止を除く。）、工程内に残留している高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送する。その際の基本的手順は以下のとおりである。

- ① 受入槽 (G11V10) の残液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送し、受入槽の容量を空ける。
- ② 濃縮器 (G12E10)、濃縮液槽 (G12V12) 及び濃縮液供給槽 (G12V14) の残液と濃縮液槽 (G71V22) にある中放射性廃液の濃縮液（高放射性廃液相当として扱う濃縮液）を回収液槽 (G11V20) へ送液する。中放射性廃液蒸発缶 (G71E20) の廃液は、直接回収液槽へ送液できないため、空にした濃縮液槽 (G71V22) に一旦払い出してから、回収液槽へ送液する。
- ③ 回収液槽に受け入れた高放射性廃液を受入槽へ送液する。
- ④ 受入槽に回収した高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送する。
- ⑤ 空にした各槽の洗浄を行う。洗浄手順は、始めに濃縮器に純水を満たした後、その溶液を濃縮液槽 (G12V12)、濃縮液供給槽 (G12V14)、回収液槽 (G11V20) の順に送液して、最後に受入槽を経由して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ送液する。

直近において上記のような高放射性廃液の返送を行った実績（令和2年2月）においては、受入槽から高放射性廃液貯蔵場 (HAW) への送液は4回に分けて以下のように実施した。

- ・1回目（令和2年2月13日）：送液量 7.4 m<sup>3</sup>（上記①の操作）
- ・2回目（令和2年2月18日）：送液量 7.0 m<sup>3</sup>（上記②～③の操作）
- ・3回目（令和2年2月21日）：送液量 2.4 m<sup>3</sup>（上記⑤の操作の1バッチ目）
- ・4回目（令和2年2月27日）：送液量 2.2 m<sup>3</sup>（上記⑤の操作の2バッチ目）

いずれの返送操作も一回当たり一週間以内に実施できている。



参考 3-図 1 令和 2 年 2 月の高放射性廃液の返送時の各槽の状態

## 2. 高放射性廃液の返送時の最大液量の試算

非定常状態において工程中に残留し返送が必要となる高放射性廃液の最大量は、回収液槽 (G11V20)、濃縮器 (G12E10)、濃縮液槽 (G71V22) 及び濃縮液供給槽 (G12V14) の液量及び中放射性廃液蒸発缶 (G71E20) の濃縮液の合計として求められる。

運転管理上では、各槽の最大液量 (液位計 液位上限操作 (LO+) 時の液量) の総計となり、その場合は以下の表のとおり  $8.57 \text{ m}^3$  となる。回収液槽のみ、通常運転時は  $2.5 \text{ m}^3$  の液量しか保持しないため、この液量で計算している。また、受入槽の残液は前述した返送手順①のとおり、先に全量を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) へ返送するため加算していない。

ただし実際に返送できるのは各槽の最低液量を差し引いた量 (A-B) となり、約  $7.7 \text{ m}^3$  である。

この場合、受入槽の最低液量が  $3 \text{ m}^3$  であることを考慮すると、一括して受入槽にまとめた時の液量 ( $10.7 \text{ m}^3$ ) は受入槽の最大液量を超えないため、一度で受け入れて返送することが可能である。

運転管理上の工程内最大液量 (液位計の LO+ の液位基準)						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計 (A)
$1.10 \text{ m}^3$	$1.46 \text{ m}^3$	$0.84 \text{ m}^3$	$2.50 \text{ m}^3$	$1.80 \text{ m}^3$	$0.87 \text{ m}^3$	$8.57 \text{ m}^3$

各貯槽の最低液量						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計 (B)
0.02 m <sup>3</sup>	0.02 m <sup>3</sup>	0.02 m <sup>3</sup>	0.30 m <sup>3</sup>	0.47 m <sup>3</sup>	0.02 m <sup>3</sup>	0.85 m <sup>3</sup>

一方、参考 1 に示した基本タイムチャートに基づけば、濃縮器 (G12E10) 以降の工程  
中の高放射性廃液が最大液量となるのは受入槽から濃縮器へ高放射性廃液の供給が終わ  
った時点となり、約 7.9 m<sup>3</sup>となる。この場合も上記と同様に実際に返送できるのは各槽  
の最低液量を差し引いた量 (A' - B) となり、約 7.1 m<sup>3</sup>である。

したがって、一括して受入槽にまとめても液量 (10.1 m<sup>3</sup>) は受入槽の最大液量を超え  
ないため、一度で受け入れて返送することが可能である。

基本タイムチャートに基づく工程内最大液量						
濃縮器 G12E10	濃縮液槽 G12V12	濃縮液供給槽 G12V14	回収液槽 G11V20	濃縮液槽 G71V22	中放射性 廃液蒸発缶 G71E20	合計 (A')
0.47 m <sup>3</sup>	1.38 m <sup>3</sup>	0.84 m <sup>3</sup>	2.50 m <sup>3</sup>	1.80 m <sup>3</sup>	0.87 m <sup>3</sup>	7.86 m <sup>3</sup>

上記の工程中の残留液量を液量管理の管理値 (4 m<sup>3</sup>) の下で高放射性廃液貯蔵場 (HAW)  
へ返送することを考慮すると、2 回に分割して返送する必要がある。

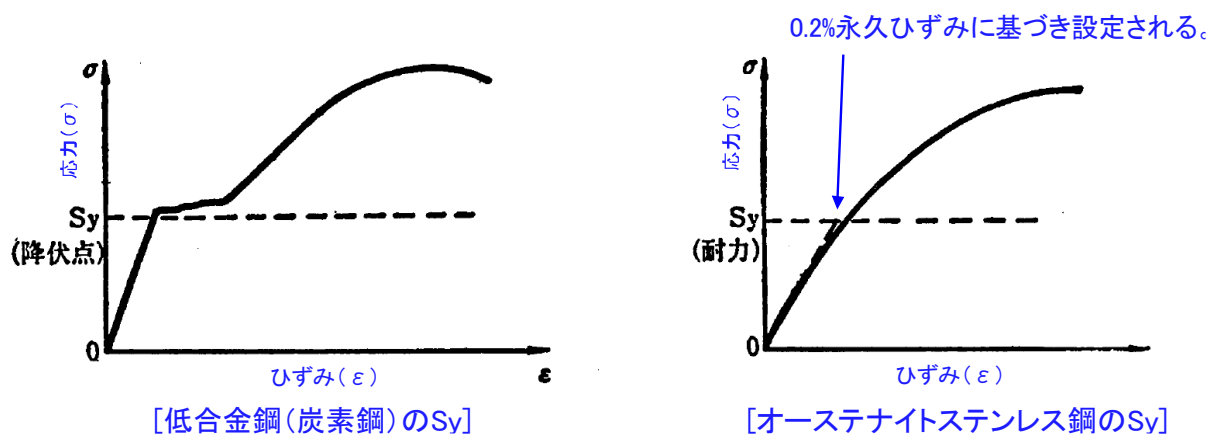
(参考4) ボルトの許容荷重について

設計規格<sup>[1]</sup>SSB-3121 に定められる許容荷重は、供用状態 A, B に対しては鋼構造設計規準の長期許容応力、供用状態 C 及び D に対しては鋼構造設計規準<sup>[2]</sup>の短期許容応力に該当し、共に弾性範囲となる許容荷重である。したがって、本文で示した 38 kN/本と 34 kN/本の違いは特定の材料（ここではオーステナイトステンレス鋼）の特性に基づくものか否かである。

なお、 $F = 1.35 S_y$  の割り増し係数である 1.35 の考え方は、ASME SecIIIにおいて設計応力強さ ( $S_m$ ) の規定が、炭素鋼に対して  $S_m = 2/3 S_y$ 、オーステナイトステンレス鋼の常温以外において  $S_m = 0.9 S_y$  となっている（炭素鋼に対してオーステナイトステンレス鋼はひずみ硬化による強度が期待できることに基づく。）ことに倣ったものである<sup>[3]の第88条解説の3</sup>。すなわち、同じ  $S_m$  の定義においてオーステナイトステンレス鋼の方が炭素鋼に比べて  $0.9 \div 2/3 = 1.35$  倍割り増した強度としてよいとされていることに基づく。したがって、支持構造物に対する許容荷重である F 値について、炭素鋼が  $F = S_y$  であるならば、オーステナイトステンレス鋼は  $F = 1.35 S_y$  となる。また、いずれも F 値であることから、弾性範囲の許容荷重である。

なお、上記はオーステナイトステンレス鋼が明確な降伏点を示さない材料であることから 0.2 %永久ひずみ点でもって降伏点と見なすという考え方で設定された  $S_y$  が、明確な降伏点を示す炭素鋼の  $S_y$  よりも保守的な定義となっていることに起因している<sup>[3]の第13条解説の7</sup>。

※ 設計規格 SSB-3121 については、別紙 6-1-2-2-1-1「高放射性廃液貯槽の貯蔵液量制限による耐震裕度確保について」において定量的な比較を加えて示している。



(※ 資料[2]の図 13.4, 図 13.5 に加筆 (加筆部分は青字で示す))

参考文献

1. “日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2012 年版) 〈第 I 編 軽水炉規格〉”, JSME S NC1-2012, 日本機械学会 (2012)

2. “鋼構造設計基準 ー許容応力度設計法ー 2005 年版”, 日本建築学会 (2005)
3. “解説 原子力設備の技術基準 1994”, 通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部 原子力発電安全管理課, 電力新報社 (1995)

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟  
濃縮器 (G12E10) の据付ボルトの耐震裕度の向上に関する検討

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の濃縮器 (G12E10) の据付ボルトについて、廃止措置計画用設計地震動が作用した際のせん断荷重の評価結果 (最大 32 kN/本 (ボルト有効断面積に対するせん断応力は 132 MPa), 45°C 条件) は、材料規格の強度に基づく許容荷重 (供用状態 Ds : 34.8 kN/本, 45°C 条件) を満足する結果が得られている (付表)。しかしながら許容荷重に対する発生荷重の比 (応力比) は 0.9 を若干上回る結果であり、その裕度は大きくない。

そこで、リスクの大きい高放射性廃液を取り扱うという観点からさらなる耐震裕度を確保する方策として、濃縮器の液量を低減した場合に地震時に据付ボルトに作用する荷重がどの程度低減可能かについての評価を行った。評価では 30% 程度の液量を減らしたケースとして満水時液量 1.4 m<sup>3</sup> を 1.0 m<sup>3</sup> に低減した場合を考慮した。その結果、応力比が 0.8 を下回り、十分な耐震裕度の確保が可能である。

通常ガラス固化運転においては添付資料 6-1-2-4-1 「ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の据付ボルトのせん断強度と安全裕度の向上に関する検討について」の参考 1 のタイムチャートに示したとおり、濃縮器の最大液量は 0.47 m<sup>3</sup> である。したがって、耐震裕度の確保を確認した液量 1.0 m<sup>3</sup> 以下の範囲内で運転が可能である。

以上より、濃縮器の運転においても高放射性廃液を取り扱うという観点を重要視し、液量管理による耐震裕度向上に向けた運用を当面の間行う。

付表 廃止措置計画用設計地震動に対する濃縮器据付ボルトの発生荷重と許容荷重

[A] 設計地震動において据付ボルトに加わる最大せん断荷重		[B] 材料規格値に基づく許容せん断荷重 (供用状態 Ds)
満水 (1.4 m <sup>3</sup> )	1.0 m <sup>3</sup>	
32.3 kN/本 (132 MPa) ※	26.7 kN/本 (109 MPa) ※	34.8 kN/本 (142 MPa) ※
応力比 (A/B) = 0.93	応力比 (A/B) = 0.77	

※ 据付ボルト (M20) の有効断面積 245 mm<sup>2</sup> で除して得たせん断応力

建物・構築物及び機器・配管系の構造(耐震性)  
に関する説明書

(ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の  
地震応答解析 (廃止措置計画用設計地震動))



## 耐震設計基本方針

## 1. 概要

本資料は、「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「再処理技術基準規則」という。）の第6条第1項及び第2項に照らして、廃止措置段階にある再処理施設 ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の耐震設計について、地震による損傷の防止のために求められる性能を維持できることを説明するための方針を示すものである。

本資料では従来までの再処理維持基準規則を再処理技術基準規則で読み替える。

## 2. 耐震設計の基本方針

### 2.1 基本方針

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中している。特に高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場 (HAW) と、長期間ではないものの分離精製工場 (MP) 等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟については、廃止措置計画における安全対策の検討に用いるために策定された廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して、その耐震安全性を確認し、建家及び機器・配管系の健全性を維持できるよう廃止措置段階に応じた措置を行う。

- (1) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟において高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に係わる設備については、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。その対象となる設備については別添 6-1-2-4「廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保すべき施設(ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建家)」に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建家については、構造物全体として変形能力に対して十分な余裕を有するように設計する。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の閉じ込めを担う第二付属排気筒については、構造物全体として変形能力に対して十分な余裕を有するように設計する。また、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建家と第二付属排気筒を結ぶダクトの間接支持構造物であるダクト接続架構については、地震時の損傷等によりダクト及び第二付属排気筒への波及的影響を及ぼさないようにする。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できるように設計

する。

- (2) ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟において高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に係わる設備に対して、その他の設備の地震による損傷等により波及的影響が生じないように設計する。

### 3. 設計用地震力

#### 3.1 地震力の算定法

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟における高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に係わる施設の耐震設計に用いる地震力 (表 3-1) の算定は以下のとおりとする。

- (1) 廃止措置計画用設計地震動による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する (考え方の詳細を参考 1 に示す。)
- (2) 廃止措置計画用設計地震動による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、十分な調査に基づく適切な解析条件を設定する。
- (3) 地震力の算定過程において建物・構築物の設置位置等で評価される入力地震動については、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。

表 3-1 高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に係る施設の設計に用いる地震力

項目	動的地震力	
	水平	鉛直
建物・構築物	$K_h (Ss)^{(1)}$	$K_v (Ss)^{(2)}$
機器・配管系	$K_h (Ss)^{(1)}$	$K_v (Ss)^{(2)}$

(1)  $K_h (Ss)$  は、水平方向の廃止措置計画用設計地震動に基づく水平地震力。

(2)  $K_v (Ss)$  は、鉛直方向の廃止措置計画用設計地震動に基づく鉛直地震力。

### 4. 機能維持の基本方針

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟における高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に係わる設備の安全機能維持は、廃止措置計画用設計地震動に対して、施設の構造強度の確保を基本とする。

#### 4.1 構造強度

廃止措置計画用設計地震動に伴う地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せを適切に考慮した上で、構造強度を確保する設計とする。また、変位及び変形に対し、設計上考慮する。

##### (1) 荷重の種類

###### a. 建物、構築物

(a) 建物、構築物のおかれている状態に係わらず常時作用している荷重（自重や地下水による浮力等）

(b) 地震力

###### b. 機器・配管系

(a) 運転時の状態で設備に作用する荷重（自重や動的機器の通常の運転時に生じる反力等）

(b) 地震力

(c) 温度条件、圧力条件については、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（以下「JEAG4601」という。）のクラス3機器の供用状態 Ds (IV<sub>A</sub>S) に準じて、設計最高温度・設計最高圧力を基本とする。

##### (2) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは以下による。

###### a. 建物・構築物

常時作用している荷重と地震力を組み合わせる。

###### b. 機器・配管系

運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力を組み合わせる。

###### c. 荷重の組合せ上の留意事項

(a) 地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ、影響検討を行うものとする。

(b) ある荷重の組合せ状態での評価が、その他の荷重の組合せ状態での評価より明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わない。

(c) 高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に関わる設備を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確保する場合においては、設計用地震力と、常時作用している荷重、運転時に施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

### (3) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、JEAG4601、発電用設備規格 JSME 等の安全上適切と認められる規格及び規準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

#### a. 建物・構築物

##### (a) 廃止措置計画用設計地震動による地震力との組合せに対する許容限界

建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、終局耐力に対して、妥当な安全余裕をもたせることとする。また、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式に基づき適切に定めるものとする。

当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が損なわれないことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

#### b. 機器・配管系

##### (a) 廃止措置計画用設計地震動による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないような応力、荷重等とすること。

#### c. 基礎地盤の支持性能

##### (a) 廃止措置計画用設計地震動による地震力との組合せに対する許容限界

接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準による地盤の極限支持力度に対して十分な余裕を有していること。

## 4.2 評価を個別に行わない設備について

別添 6-1-2-4「廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保すべき施設(ガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発棟建家)」に示した設備のうち、以下のものについては個別の評価ではなく他の設備の付属物として評価を行う。

### (1) スチームジェット, ポット等の小型の配管付属物

スチームジェット, 小容量のポットについては小型で剛性が高いため、それらが取り付く配管の荷重として扱い、その配管の耐震性を確保することで当該機器の耐震性が確保されるとする。

### (2) セル

セルは建家躯体の一部であることから、建家躯体がその許容限界を満たすこ

とをもって、セルの耐震性が確保されるとする。

### (3) ドリップトレイ

ドリップトレイは地震時には設置される建家躯体と一体となって振動する。またドリップトレイは金属材料で製作され、建家躯体のコンクリートよりも延性が高い材料であることから建家躯体がその許容限界を満たすことをもって、ドリップトレイの耐震性が確保されるとする。

## 5. 耐震計算の基本方針

前述の耐震設計方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うに当たり、既安全評価で実績があり、かつ、最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を用いることを基本とする。一方、最新の知見を適用する場合は、その妥当性と適用可能性を確認した上で適用する。

耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せについては、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せで実施した上で、その計算結果に基づき水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せが耐震性に及ぼす影響を評価する（考え方の詳細を参考1に示す。）。

### 5.1 建物・構築物

建物・構築物の評価は、「4. 機能維持の基本方針」で示す荷重条件に対して構築物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）が「4. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）により行う。

評価手法は建物・構築物に用いられる構造材（鉄筋コンクリート）の非線形特性を扱うことのできる時刻歴応答解析法を用いることとし、JEAG4601に基づき実施することを基本とする。また、評価に当たっては材料物性の不確かさを適切に考慮する。

### 5.2 機器・配管系

機器・配管系の評価は、「3. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせすべき他の荷重による応力との組合せ応力が「4. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること（公式又は解析による設計）により行う。許容限界は廃止措置計画用設計地震動により荷重を受ける構造の一部が降伏し、塑性変形する場合においても、過大な変形、き裂、破損等が生じてその設備の機能に影響を及ぼすことがなく、かつ変形後に想定される繰り返し応力範囲に対して塑性変形が進展しないもの（シェイクダウン範囲）として設定する。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とし、

その他の手法を用いる場合については適用性を確認した上で使用することとする（考え方の詳細を別紙 6-1-2-3-1-1「再処理施設の廃止措置計画における耐震性評価での解析評価での解析手法の選定と保守性の確保の考え方」に示す。）。剛性の高い（剛な）機器・配管については規準等に示される定式化された評価式又は FEM モデルによる静的解析を基本とする。ここで剛性が高いとは、機器・配管の一次固有振動数が 20 Hz 以上のものをいう。この時、剛性の高い機器・配管の静的解析に用いる震度は設置床面の最大応答加速度（ZPA）を 1.2 倍した値を用いる。

剛でない機器・配管については、地震動との共振といった振動特性を評価できる FEM モデルによる動的解析法（時刻歴応答解析法又は応答スペクトルモーダル解析法）を用いることとし、その場合には寸法や材料物性の不確かさを適切に考慮してモデル化を行う。水平地震動と鉛直地震動による荷重の組み合わせは、入力段階で組み合わせる場合と、個別の評価で得られた応答結果を組み合わせる場合があるが、組み合わせの方法については適切な保守性を考慮する。

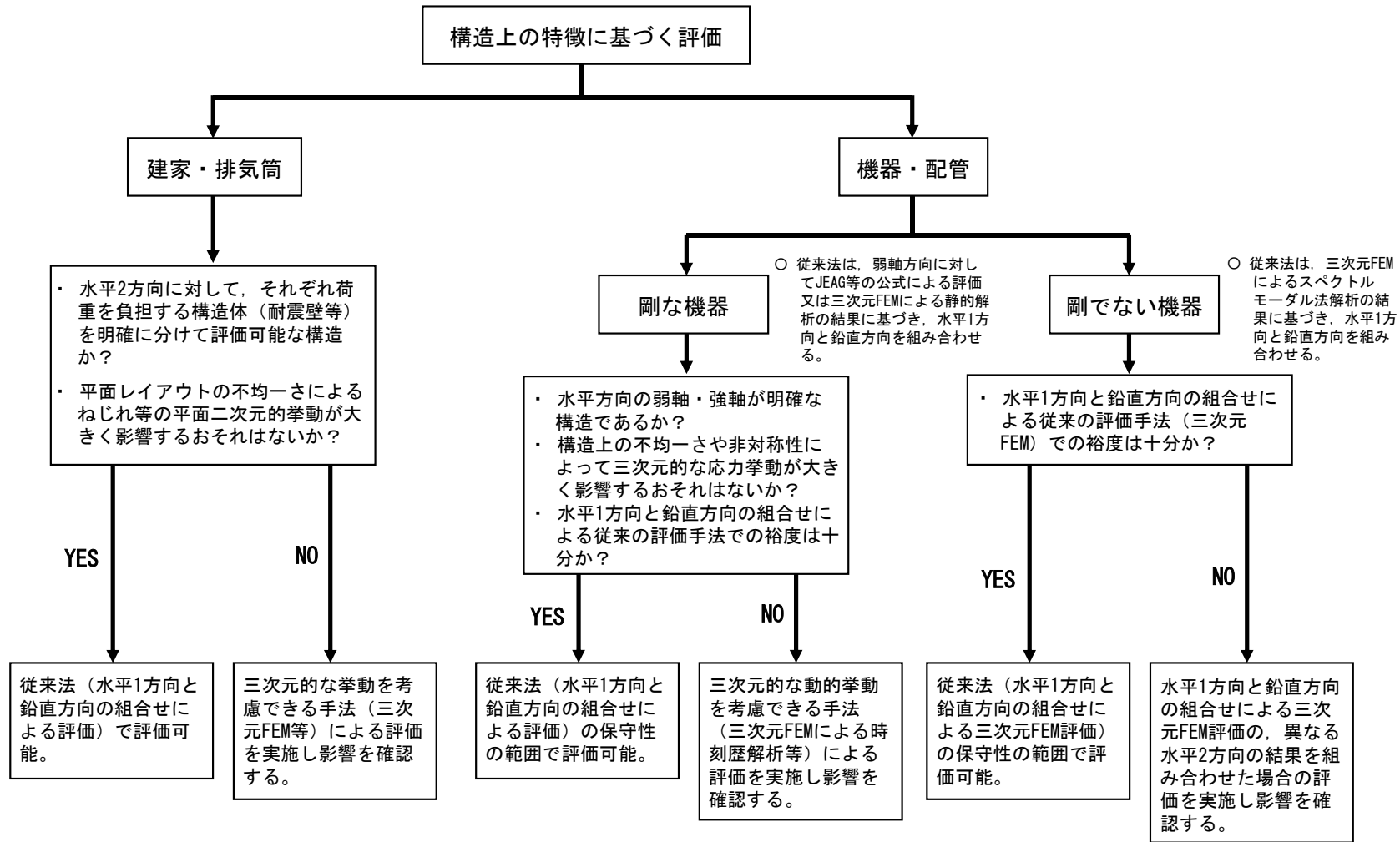
(参考 1) 耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せの考え方について

建物・構築物，機器・配管系の評価における個別の扱いは，それぞれで用いる評価手法，モデルのもつ保守性，対象の構造的特徴及び許容値に対する評価値の裕度の観点から，最終的な評価内容が保守的なものとなるように扱っている（参考 1-表 1 及び参考 1-図 1）。この考え方に従い，従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価を基本とし，水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響を評価した上で保守的となる結果を用いることとしている。



参考 1-表 1 耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せの適切性

<p>建家・排気筒</p>	<p>○従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価の保守性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・質点系モデルでは、水平方向のせん断に抵抗する耐震壁について加振方向に直交している耐震壁は無視するという様に、保守性を考慮してモデル化されている。</li> </ul> <p>○水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水平 2 方向の組合せを詳細に評価する場合は建家を 3 次元でモデル化することから、全ての耐震壁が地震に対する抵抗力として評価される。</li> <li>・建家の平面レイアウトは方形で、耐震壁も直交方向に均等に配置された構成となっているという特徴から、水平 2 方向入力時には各方向の地震力を負担する部位が異なることとなるため、水平 2 方向の地震力の組合せの影響は軽微である。</li> <li>・上記のように対称性のある平面レイアウトで床荷重分布も分散しているため、水平 2 方向入力時にねじれ等の平面 2 次元的挙動が生じる恐れはない。</li> </ul> <p>○以上より、建家の耐震評価では、水平 2 方向の組合せによる影響を考慮した上で、従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価の方が保守的な結果が得られるため適切であると判断している。</p> <p>なお、従来法のモデル（質点系モデル）の妥当性については、過去の地震観測波を用いた検証計算により妥当性を確認している。</p> <p>○第二付属排気筒については断面が円形で対称性を持つことから、水平 2 方向入力時の各方向での最大応力発生位置が異なるため、水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響は軽微である。</p>
<p>機器・配管系</p>	<p>○従来法である水平 1 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる評価の保守性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・剛な機器の評価（JEAG 式や FEM の静的解析で評価する機器、定ピッチスパン法に基づいて設計された配管）に用いる水平方向の入力加速度は、3 波の 2 方向の床応答の中の最大加速度を 1.2 倍した加速度を用いている。</li> <li>・剛でない機器の評価（スペクトルモーダル法で評価する機器）に用いる水平方向の入力加速度は、3 波の 2 方向の床応答スペクトルをすべて重ね合わせた後、周期方向に±10%拡幅したものをを用いており、単独方向の床応答スペクトルや時刻歴波に対して高い保守性を持つ。</li> </ul> <p>○水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の構造上の特徴として、剛な構造で明確な弱軸方向がある機器及び定ピッチスパン法に基づいて設計された配管については、水平 2 方向の組合せを考慮した場合に加わる強軸方向の影響は軽微である。</li> <li>・機器の構造上の特徴として、円筒容器胴のような対称性のあるものについては、水平 2 方向入力時の各方向での最大応力発生位置が異なるため、水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響は軽微である。</li> <li>・3 次元 FEM モデルを用いてスペクトルモーダル法で解析するもの（剛でない機器）については、従来法の評価で裕度が少なくなる場合に、<math>S_s</math>-D 波の 2 方向の床応答スペクトルを用いて水平 2 方向の組合せを考慮した場合の影響を評価し、保守的な結果となる方を評価に用いている。</li> <li>・3 次元 FEM モデルを用いて時刻歴解析を行うもの（剛であっても 3 次元的な変形挙動に基づき応力発生を評価すべきと判断したもの）については、水平 2 方向の組合せを評価している。解析においては、2 方向の床応答加速度の時刻歴波を直接用いている。</li> </ul> <p>○以上より、機器及び配管系の耐震評価では、水平 2 方向の組合せによる影響を適切に評価した上で、保守的な結果を用いることとしているため適切であると判断している。</p>



参考 1-図 1 水平方向及び鉛直方向の組合せに係る検討フロー

※ 波及的影響を評価する機器については本図の考えとは別に個別の機器の構造的特徴に基づき考慮する（参考 2 参照）。

(参考2) 耐震計算における波及的影響を及ぼす機器の評価の考え方について

高放射性廃液の崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能に関わる設備に対して、その他の設備の地震による損傷等により波及的影響が生じないように設計している。

波及的影響の可能性のある設備は、図面調査及びプラントウォークダウンに基づき、設計地震動に対して耐震性を確保するとして設備の近傍に配置され、設計地震動時に転倒、倒壊及び落下のおそれがあると考えられた設備を選定している。

これらの波及的影響の可能性のある設備は、設計地震動による地震力が作用した際には、その設備の機能の喪失は許容するものの、転倒、倒壊及び落下を生じないことが求められることから、それら設備の評価においては、設備の支持・固定部位について評価することとしている。また、それら設備の支持・固定部位が弾性範囲を超えて変形したとしても破断に至らなければ転倒、倒壊及び落下を生じないと考えられる。そこで、対象機器の構造上の特徴を踏まえた評価を実施しており、据付ボルト等による単純な支持構造をもつ設備に対しては、保守的な評価基準として弾性範囲に収めることとし、剛でない機器であっても JEAG 式等の公式に基づき支持部位の評価を行っている。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟

建家の地震応答計算書

## 1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動に対して、ガラス固化技術開発施設 (TV) ガラス固化技術開発棟が耐震余裕を有することを説明するものである。

廃止措置計画用設計地震動は、令和 2 年 2 月 10 日付け原環規発第 2002103 号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において算定した敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。算定した廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図 1-1 から図 1-3 に、時刻歴史形を図 1-4 から図 1-6 に示す。解放基盤表面は、S 波速度が  $0.7 \text{ km/s}$  以上である  $1.0 \times 10^3 \text{ m}$  とする。

※T.P. : 東京湾平均海面

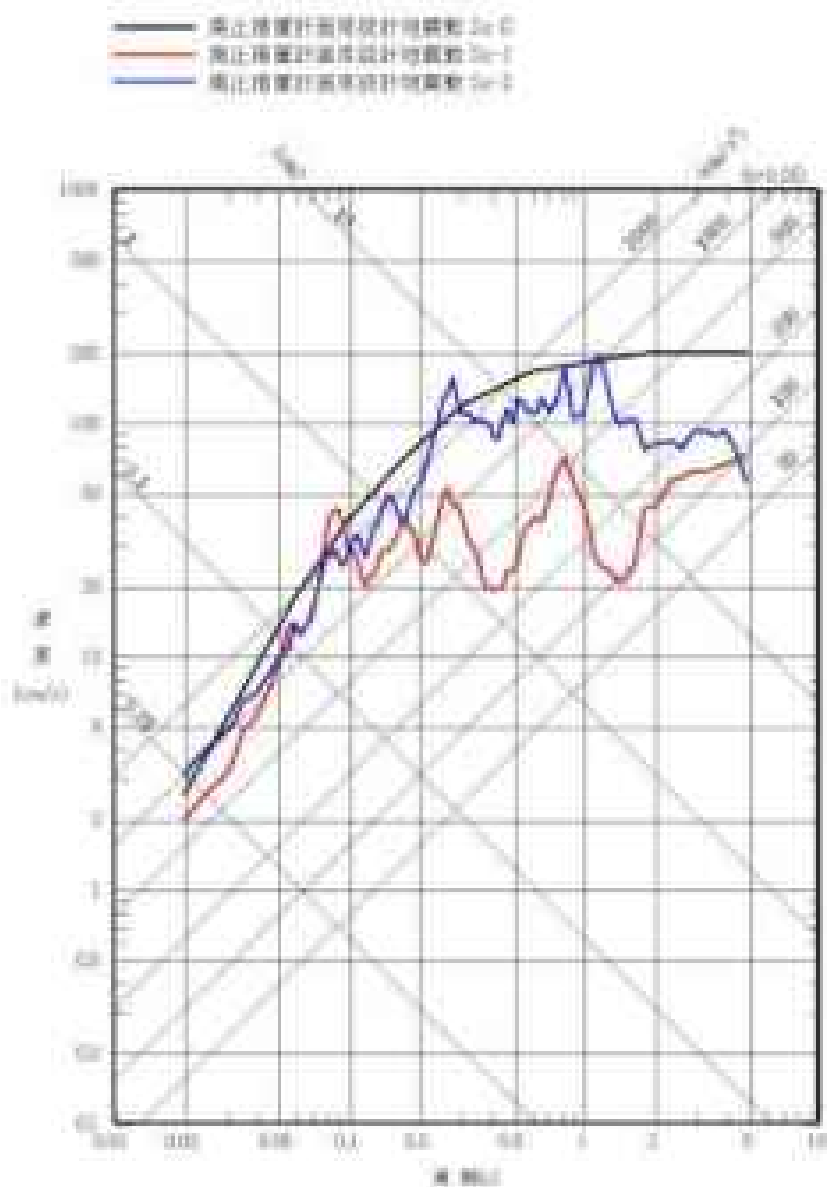


図 1-1 震止措置計画用設計地震動の応答スペクトル (RS 成分)

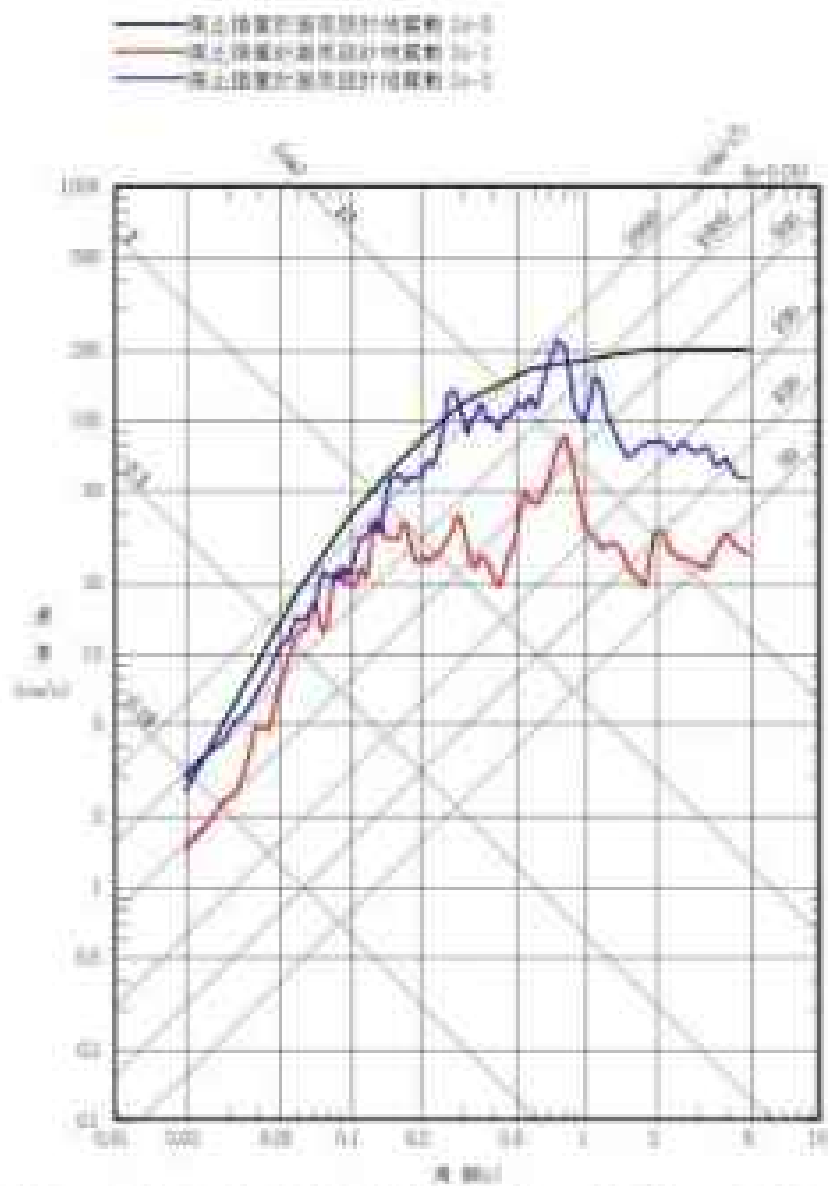


図 1-2 震上計画計画用設計地震動の応答スペクトル (E-W 成分)

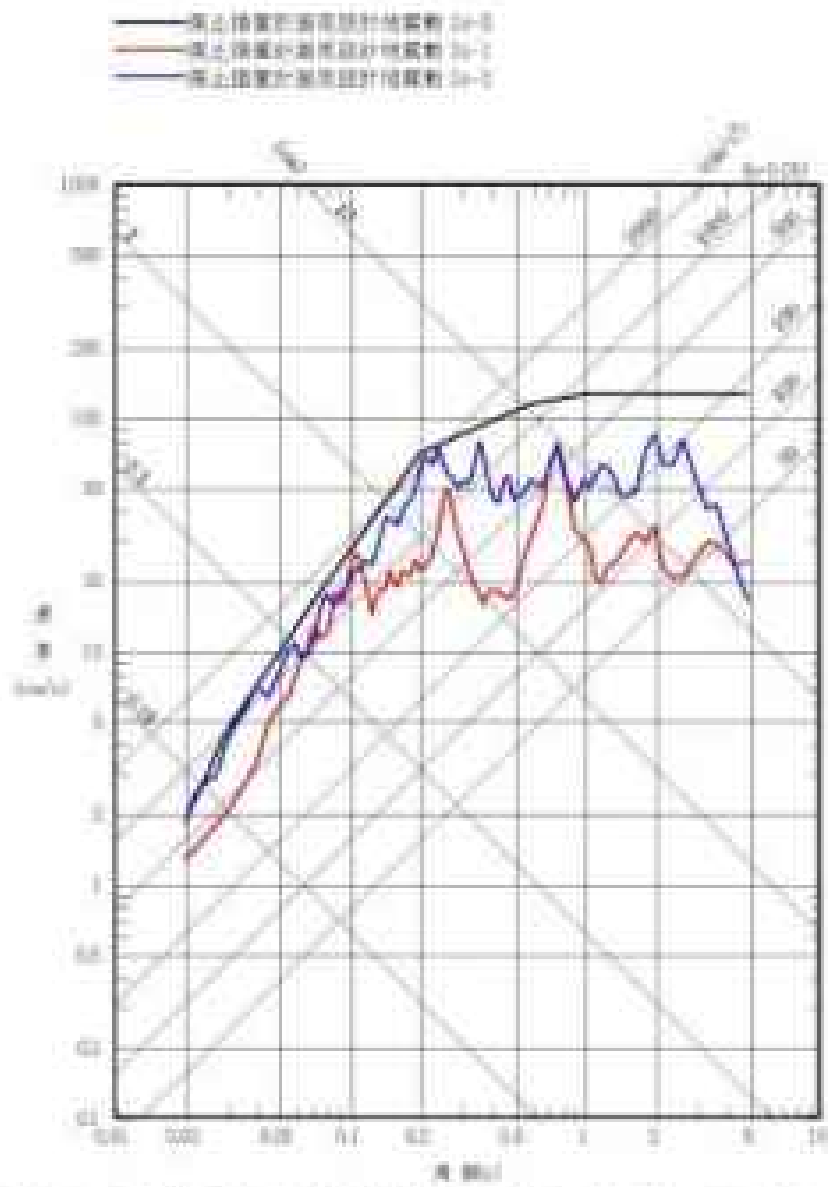


図 1-3 固定橋面計画用設計地震動の応答スペクトル (D 成分)



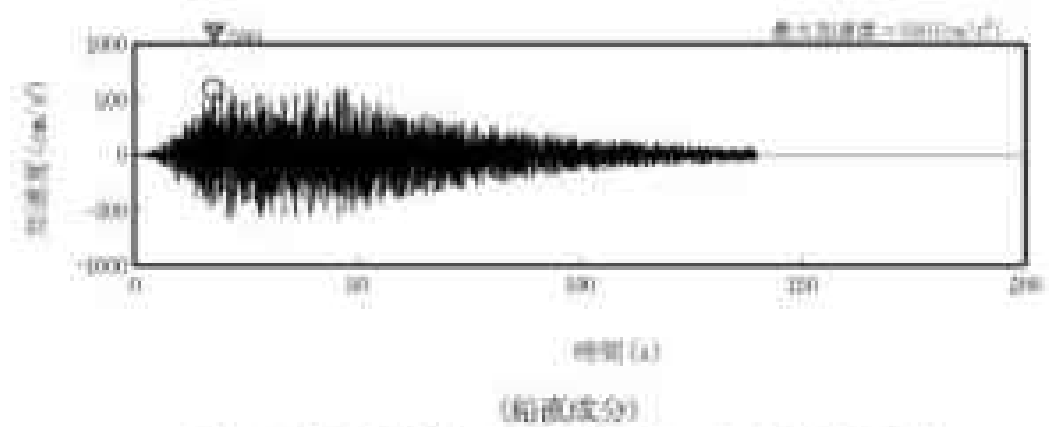
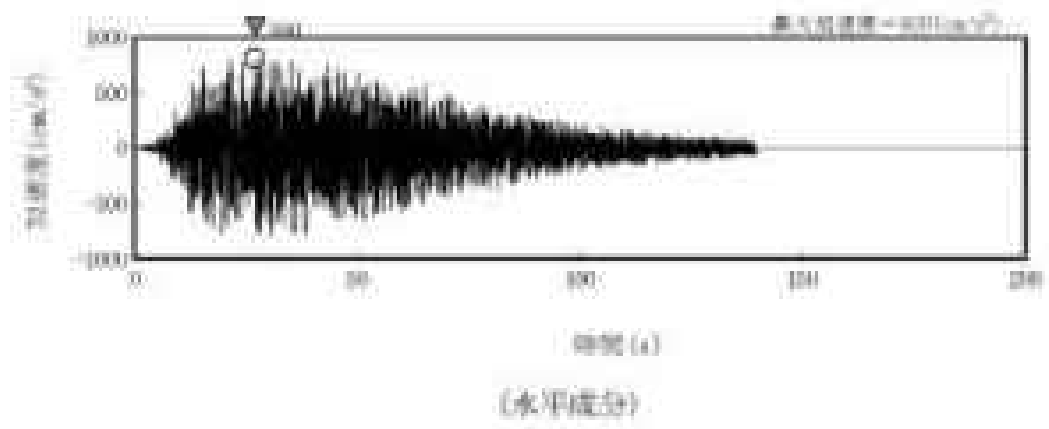


図1-4 固定積置計画用設計地震動(S=0)の時刻歴波形

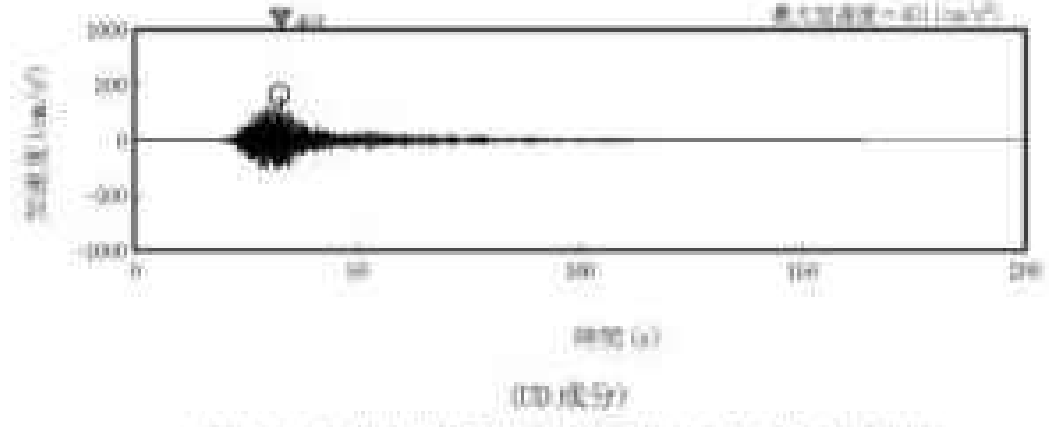
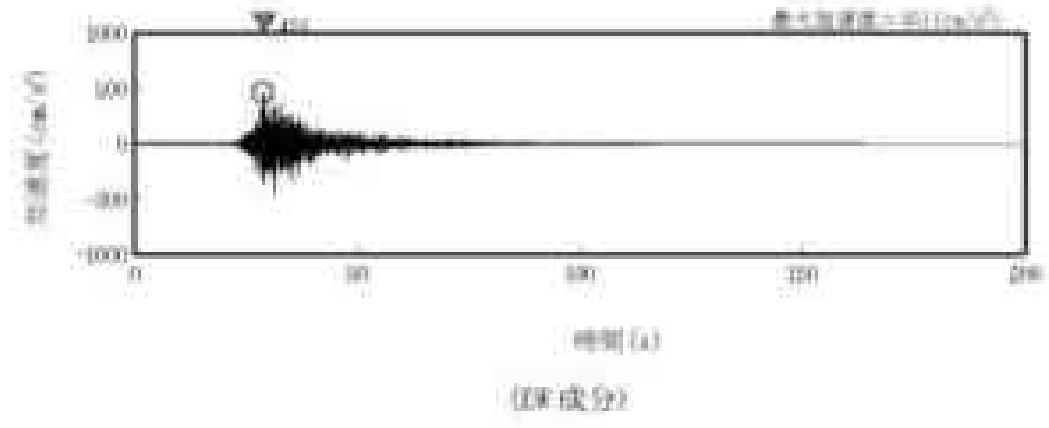
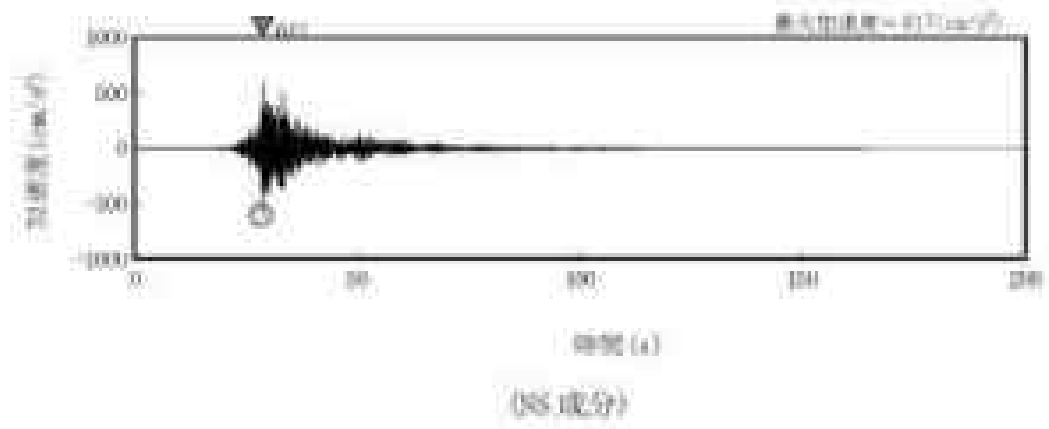


図 1-6 橋止措置計画用設計地震動 (5=1) の時刻歴波形

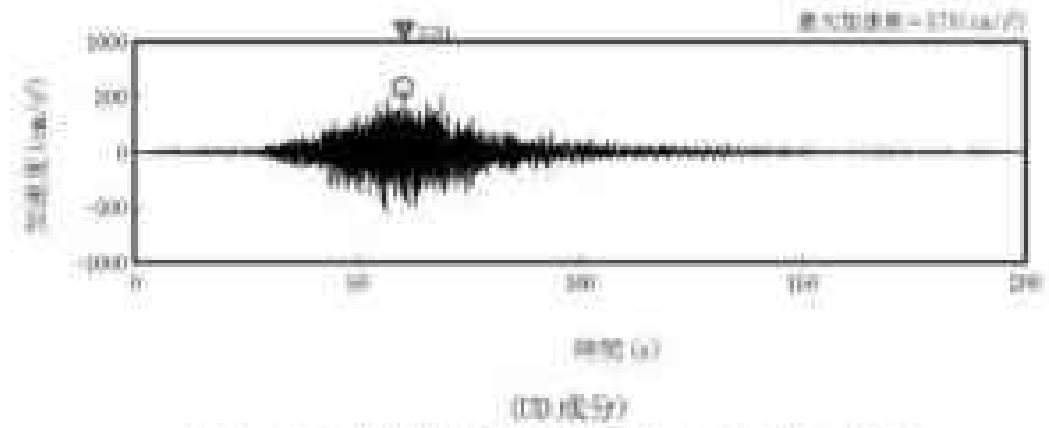
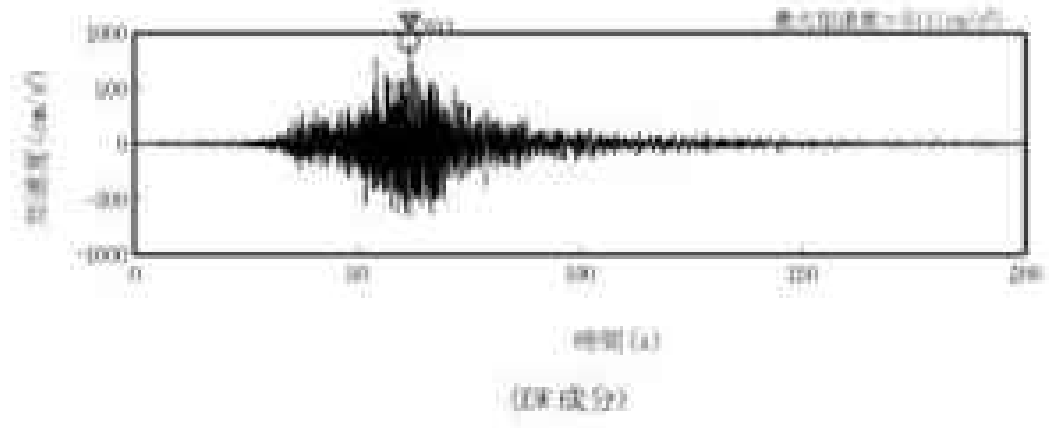
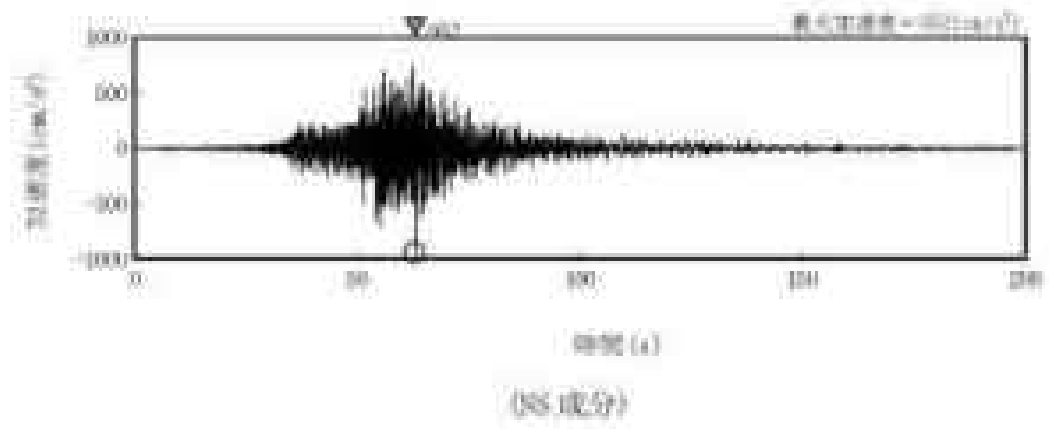


図 1-6 橋止振設計用設計地震動 (Se-2) の時刻歴波形

## 2. 一般事項

### 2.1 位置

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の位置を図 2-1 に示す。プラン  
トノースと磁北方向の角度差は、 $38.7^\circ$  である。

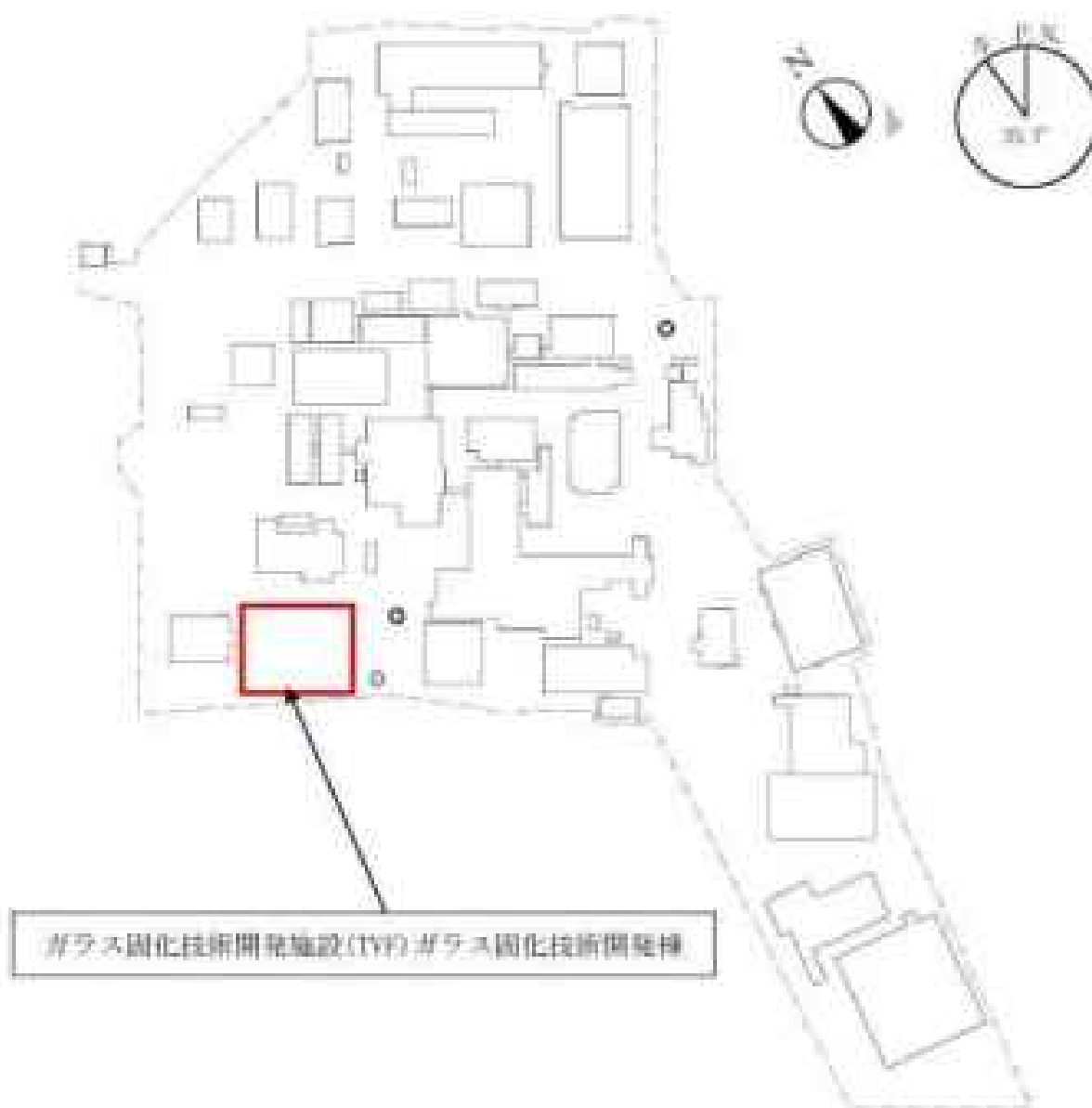


図 2-1 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の位置

## 2.2 構造概要

ガラス固化技術開発施設 (V1) ガラス固化技術開発棟は

の鉄骨鉄筋コンクリート造の建築である。基礎は、べた基礎とし、基礎地盤である丸太層(砂質泥岩)に設置されている。

建築の代表的な平面図及び断面図を図 2-2 から図 2-5 に、基礎地盤(丸太層)の等高線図及び断面図を図 2-6 から図 2-8 に示す。



図 2-2 ガラス固化技術開発施設 (TFE) ガラス固化技術開発棟平面図 (地下 2 階)



図 2-3 ガラス固化技術開発施設 (TFE) ガラス固化技術開発棟平面図 (3 階)



図 2-4 ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟断面図 (NS 断面)



図 2-5 ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟断面図 (EW 断面)

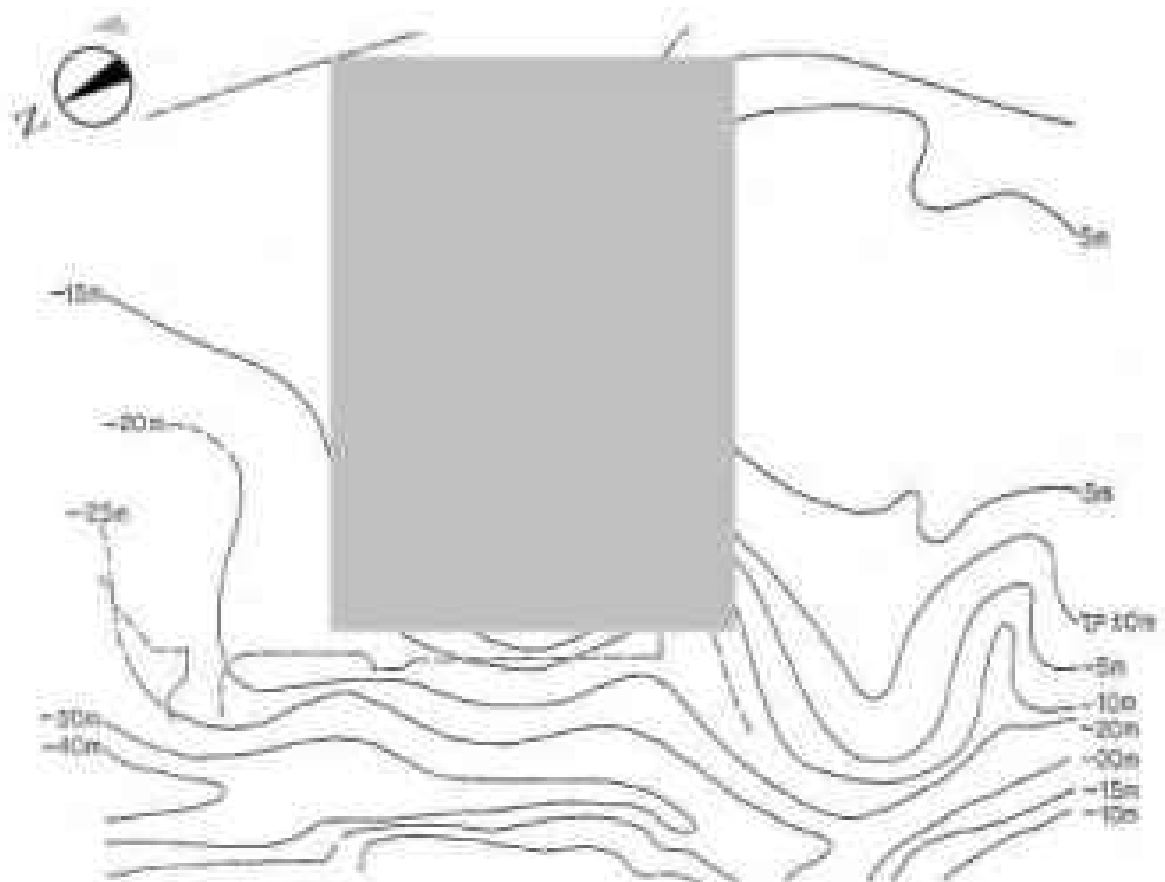


図2-16 関東地盤(丸米層)の等高線図



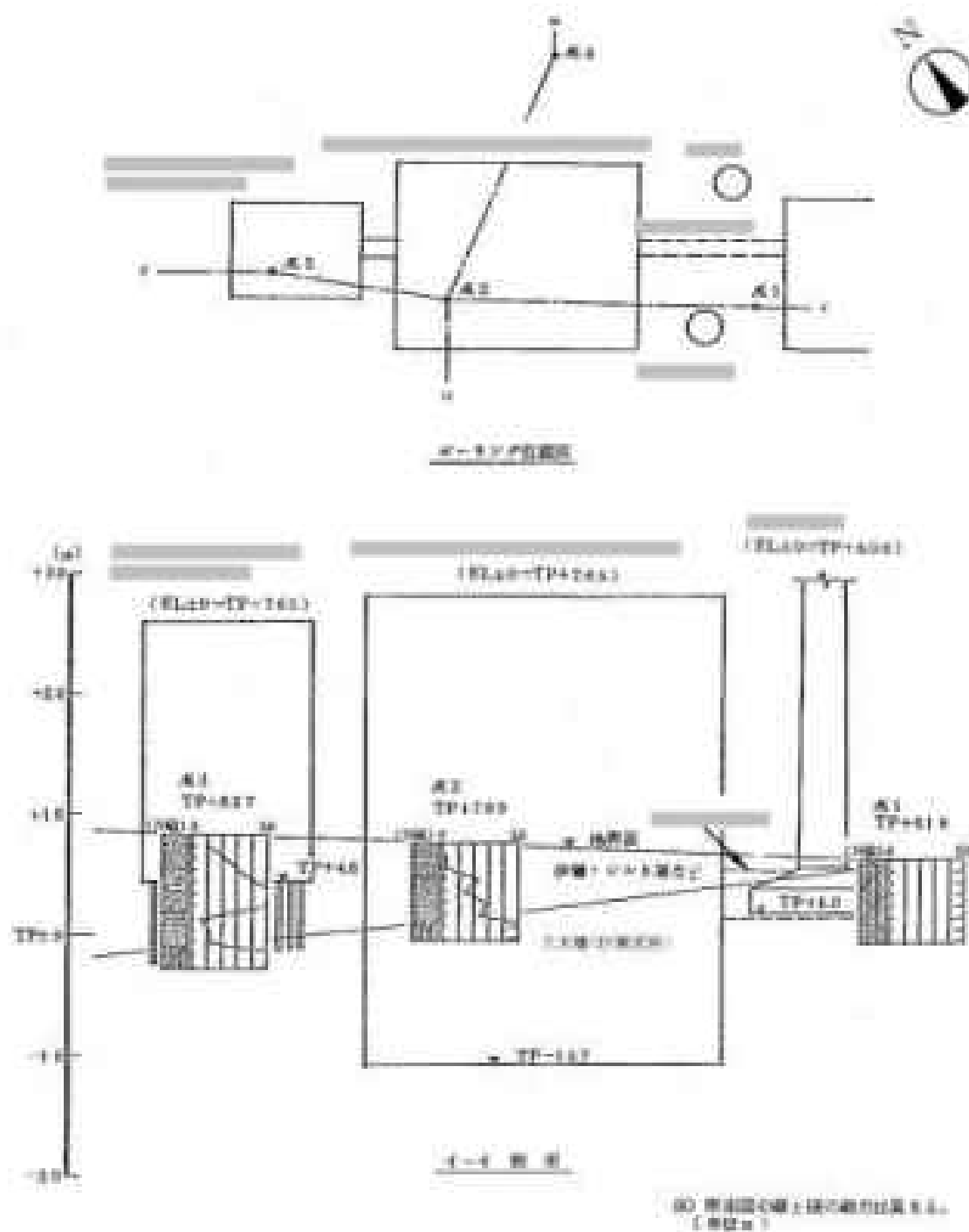


図 2-7 基礎地盤(久米湖)の断面図(その 1)

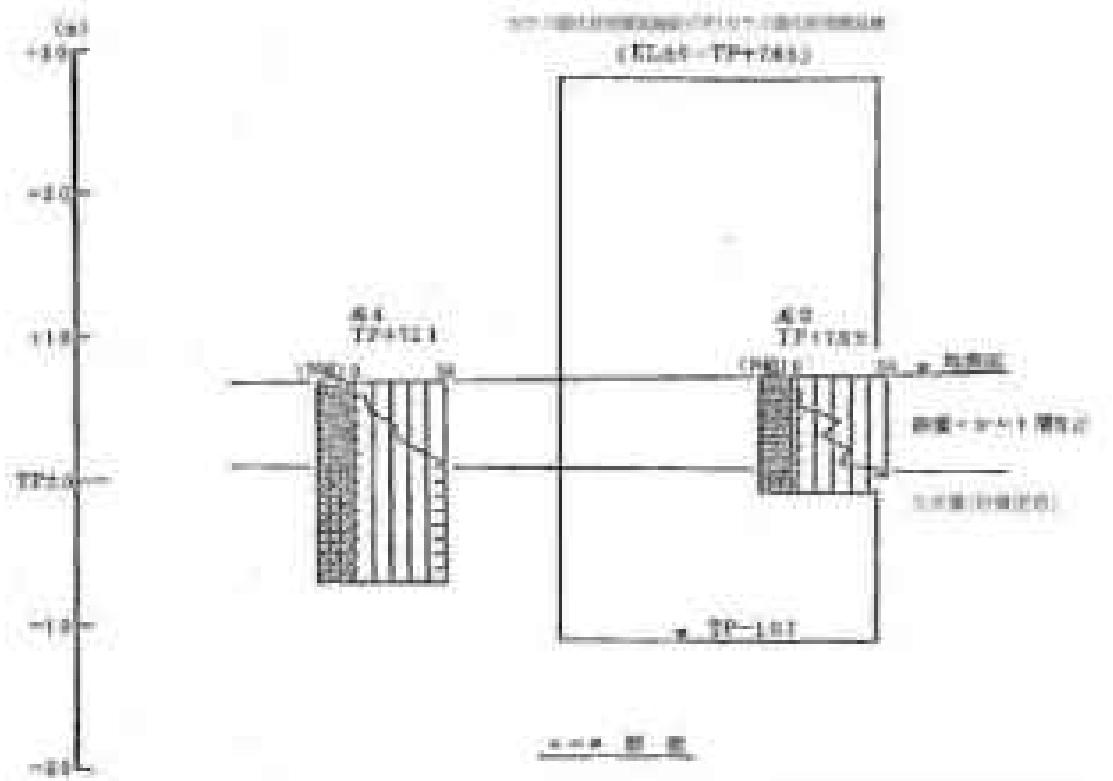


図 2-8 基礎地盤 (久米組) の断面図 (その 2)

### 2.3 評価方針

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の評価は、廃止措置計画用設計地震動による地震応答解析の結果に基づき実施する。

地震応答解析は、建物・構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の解析モデルを水平(NS、EW)方向及び鉛直(D)方向ごとに設定し実施する。

評価は、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧を算出し、評価基準値を超えないことを確認する。

なお、接地率を算出し、基礎浮き上がりの評価法の適用範囲内であることを確認する。

地震応答解析による応答値は、建物・構築物及び機器・配管系の耐震評価における入力地震動又は入力地震力として用いる。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の評価フローを図2-9に示す。

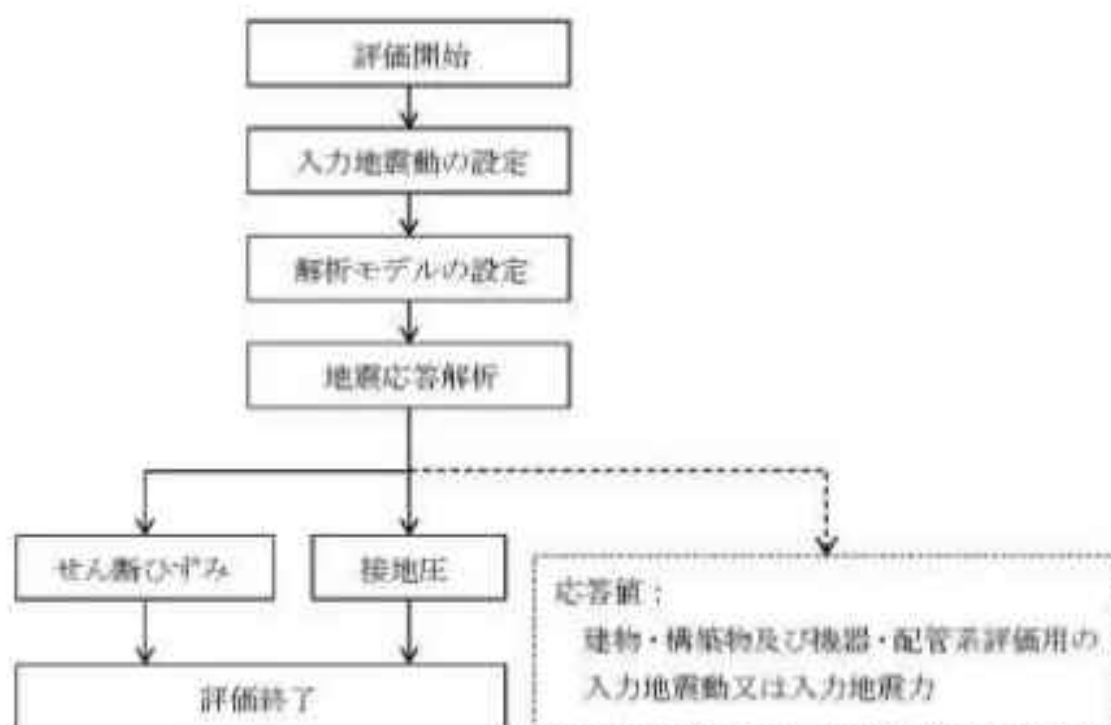


図2-9 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の評価フロー

## 2.4 準拠規格・基準

ガラス固化技術開発施設(7F)ガラス固化技術開発棟の地震応答解析において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEA04001(日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 JEA04001(日本電気協会)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会)
- ・ 建築基礎構造設計指針(日本建築学会)

## 2.5 使用材料

地震応答解析に用いるコンクリートの材料定数は、既往の設計及び工事の方法の認可(再地産施設に関する設計及び工事の方法(ガラス固化技術開発施設))において定めている設計基準強度を用いて鉄筋コンクリート構造計算規準に基づき設定する。コンクリートの材料定数を表2-1に示す。

表2-1 コンクリートの材料定数

対象	設計基準強度 $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
建築	22.4	$2.20 \times 10^4$	0.2

## 2. 入力地震動

### 2.1 水平方向の入力地震動

水平方向の入力地震動は、構止措置計画用設計地震動を解放基礎表面に入力して一次元波動論により算定した建物の基礎表面及び棟面地盤ばね位置での応答波とする。

構止措置計画用設計地震動のうち、NS 及び EW 方向で個別の地震動が定義されている  $\text{Site-1}$  及び  $\text{Site-2}$  については、解放基礎表面への入力前に建屋座標系に方位変換する。

算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価層形化法により地盤の非線形性を考慮する。

水平方向の入力地震動算定の概要を図 3-1 に、地盤の物性値を表 3-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-2 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「Natake (株式会社ニューブジェクト)」である。

構止措置計画用設計地震動による地盤の地震応答解析結果を図 3-3 から図 3-7 に、建物の基礎表面位置における水平方向の入力地震動の加速度時履歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-8 から図 3-10 に示す。

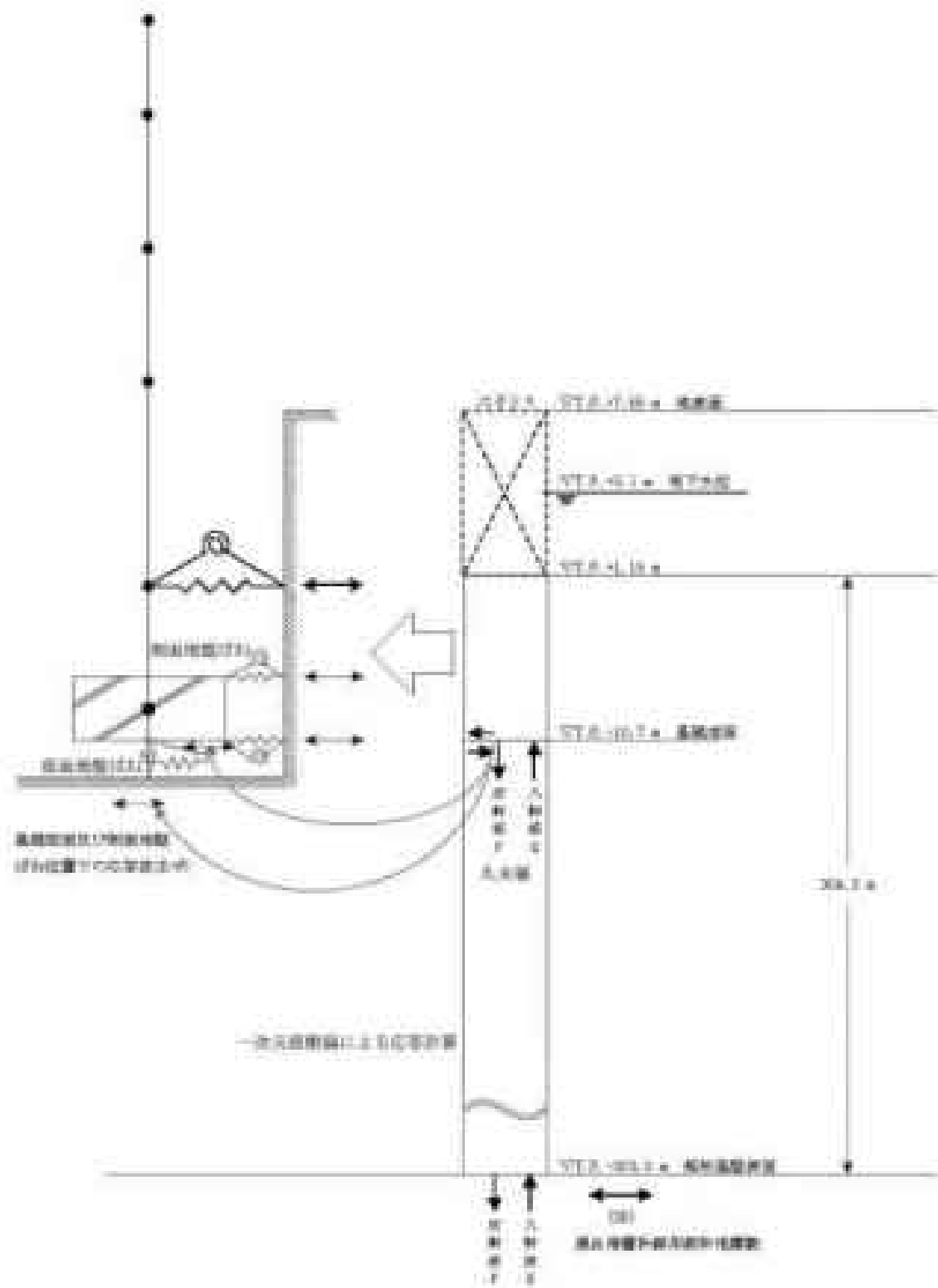
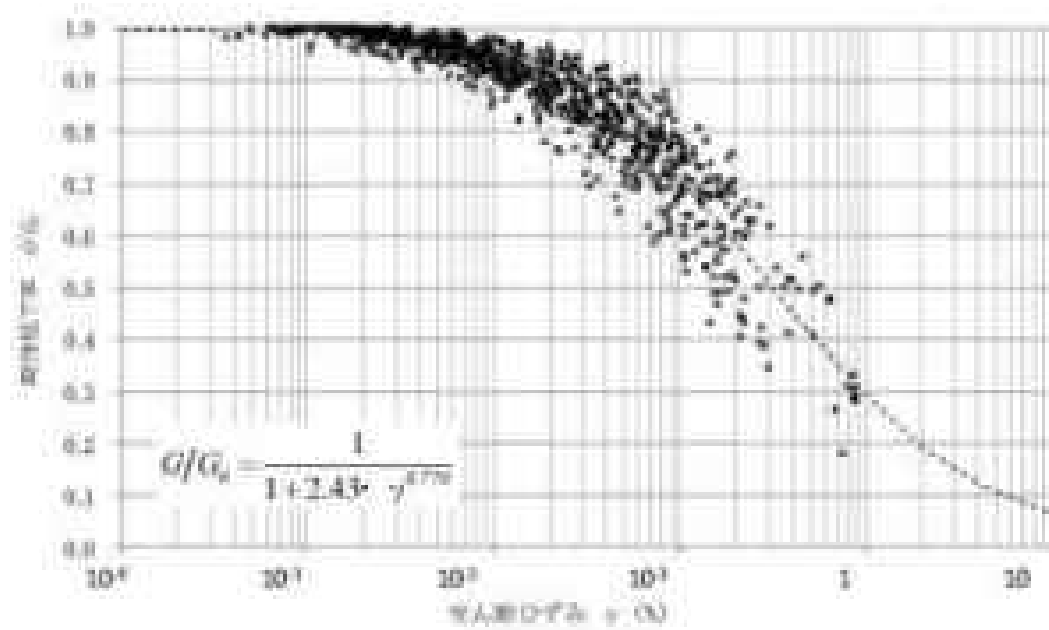


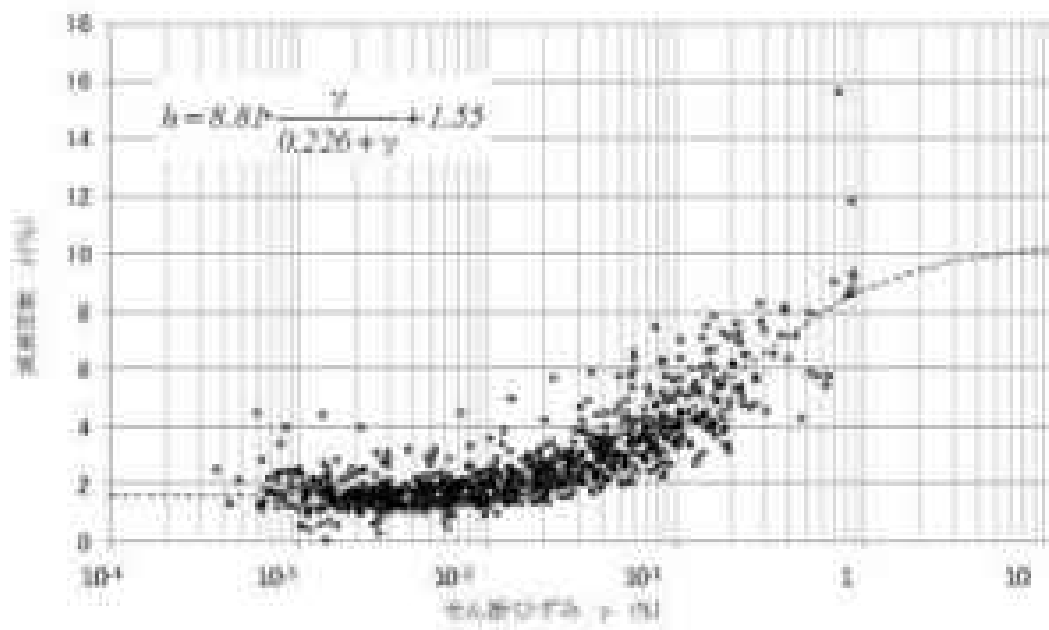
図 2-1 入力地震動算定の概要(水平方向)

表 3-1 地盤の物性値

標高 T.P. (m)	地層名	地層 分類	透水性定 数 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	飽和ア ンサン 比 $w_s$	飽和含水 率 (%) $w_s$				
1.15	八洲層		1.77	0.405	422				
-10.0						Eu1	0.471	466	
-42.0						Eu2	0.447	510	
-92.0						Eu3	0.444	540	
-118.0						Eu4	0.440	556	
-140.0						Eu5	0.436	615	
-201.0						Eu6	0.434	711	
-303.0						Eu7	0.426	766	
						平均値	1.77	0.417	597



(a) 動せん断弾性係数



(b) 減衰定数

図3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性(久米層)



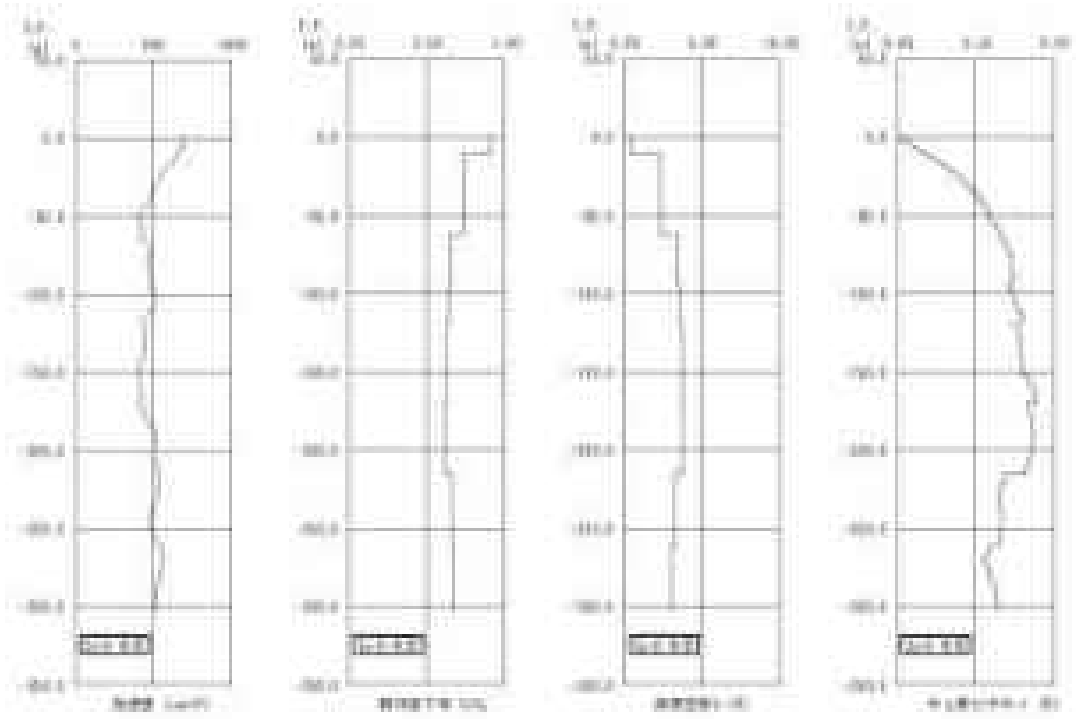


図 5-5 地盤の地震応答解析結果(水平方向、S<sub>g</sub>-D)

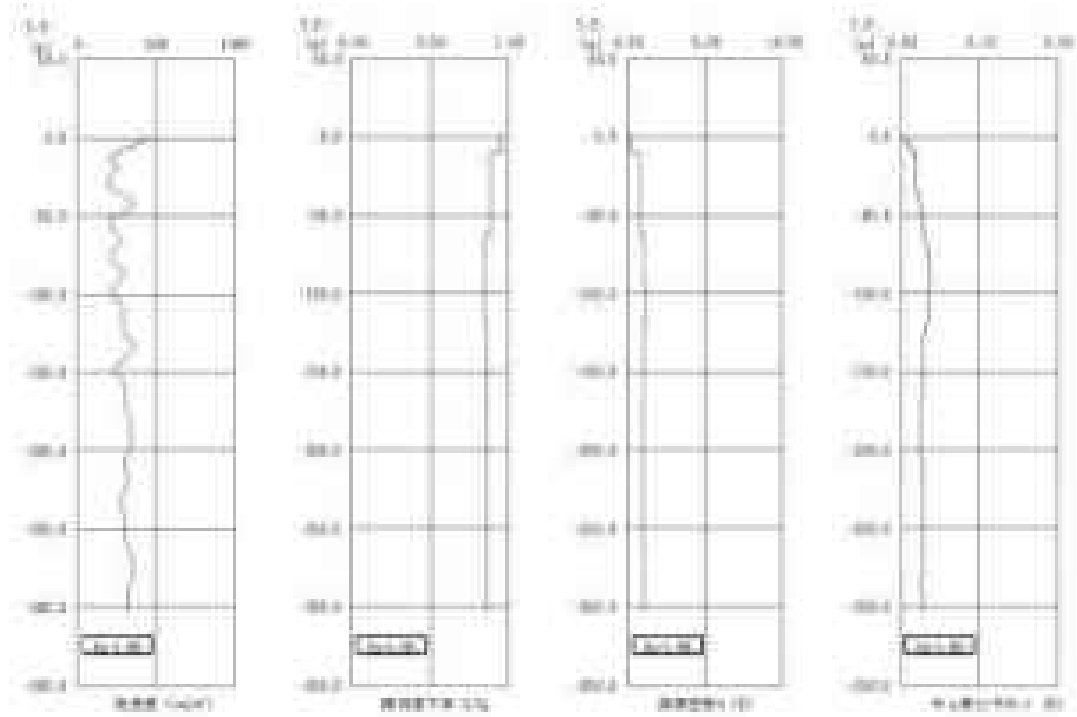


図 2-4 地盤の地震応答解析結果 (NS 方向, 5a-1)

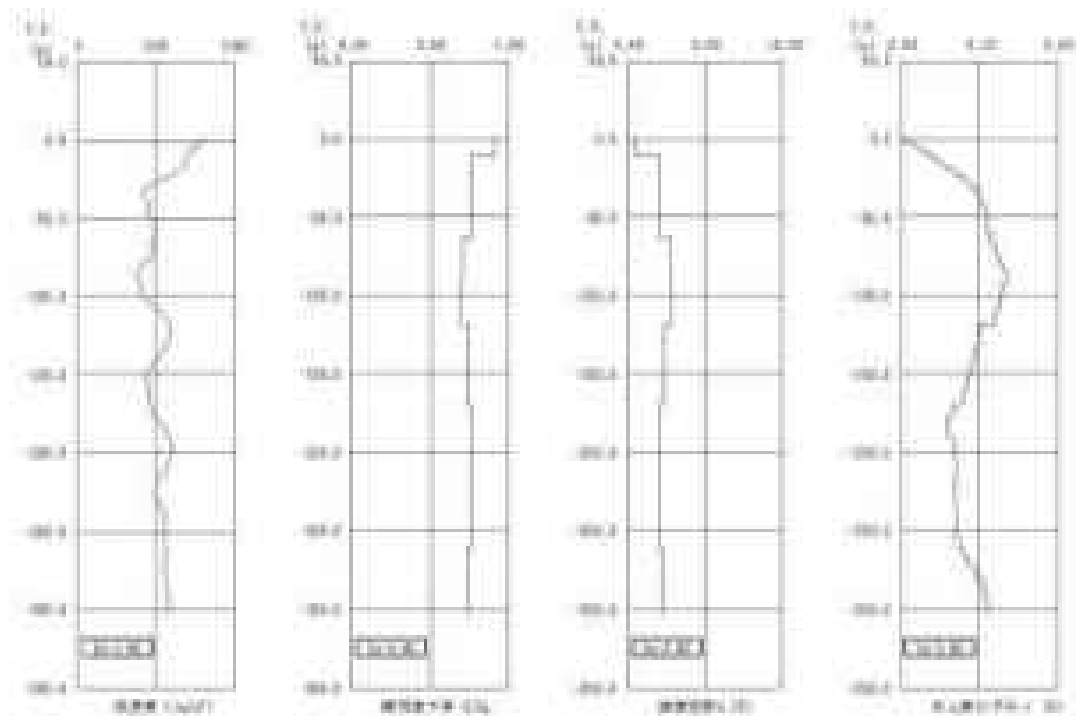


図 2-5 地盤の地震応答解析結果 (NS 方向, 5a-2)

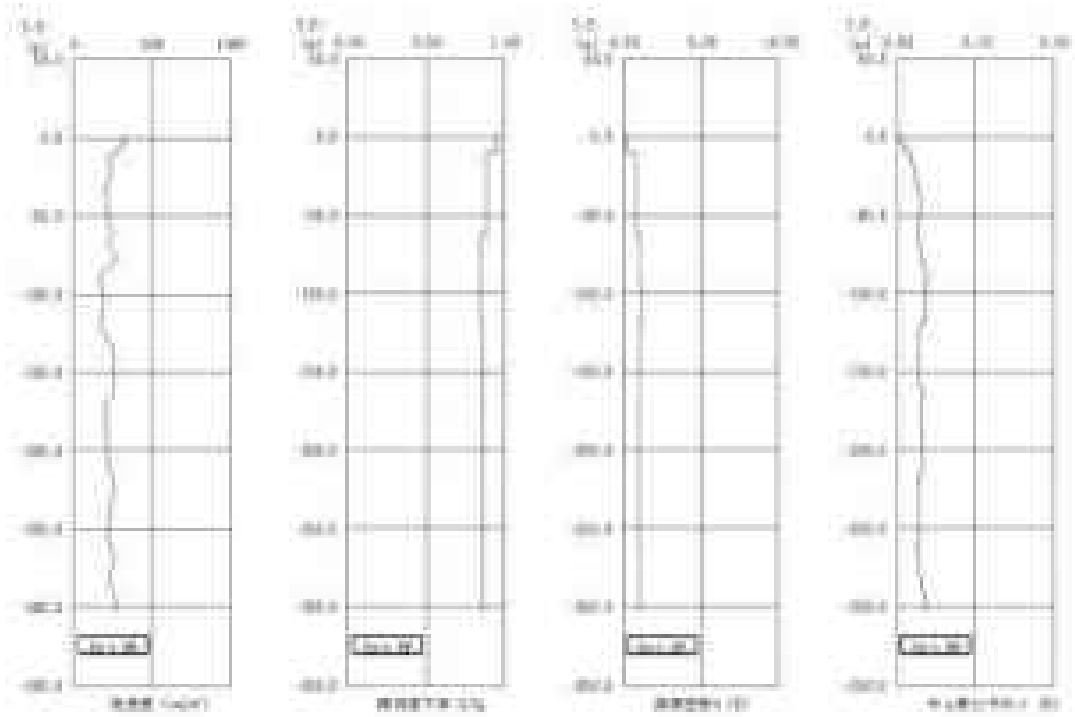


図2-6 地盤の地震応答解析結果(Ⅹ方向) (Se-1)

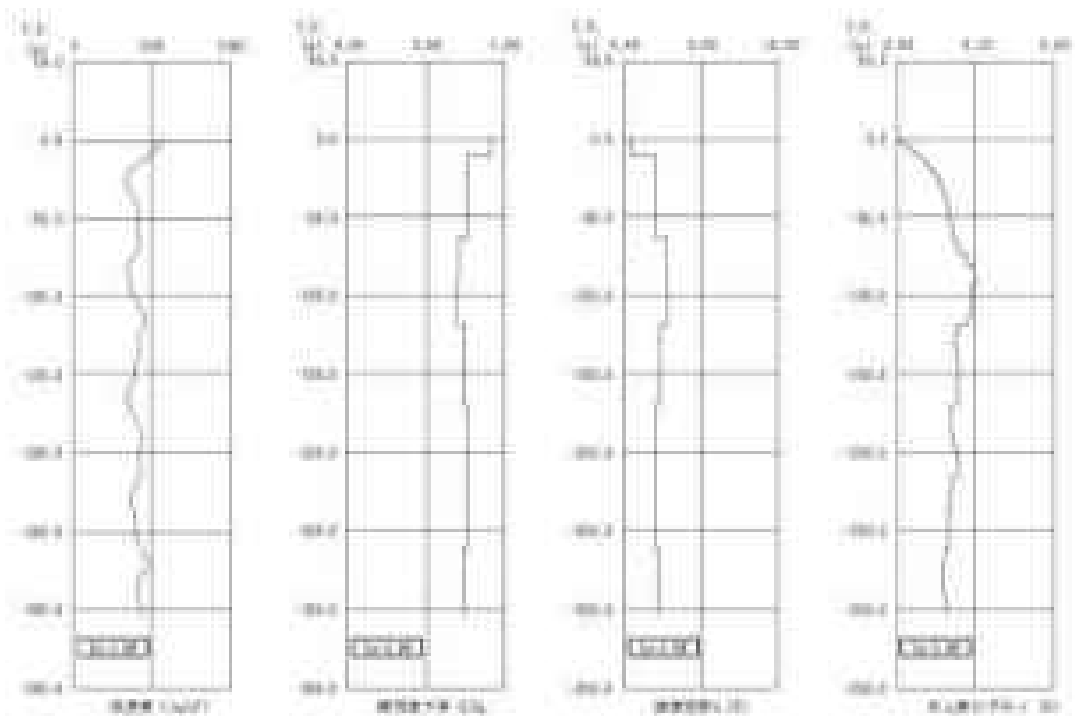


図2-7 地盤の地震応答解析結果(Ⅱ方向) (Se-2)

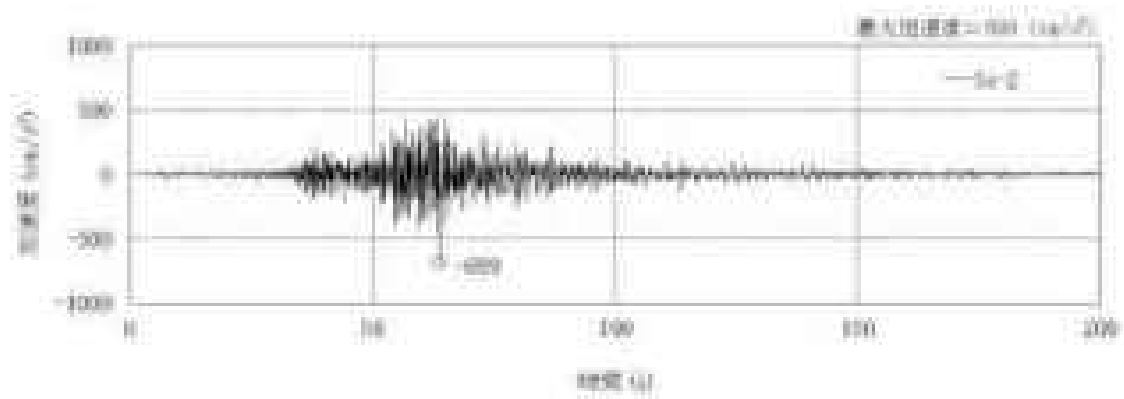
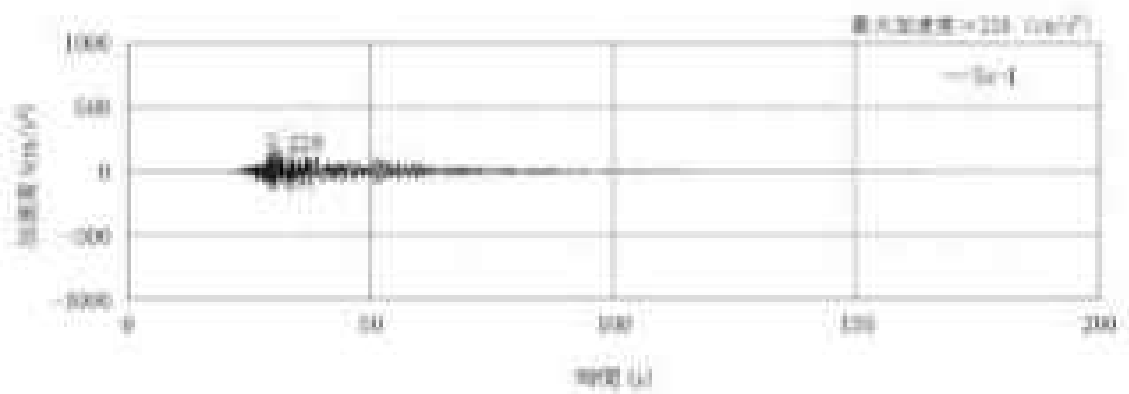
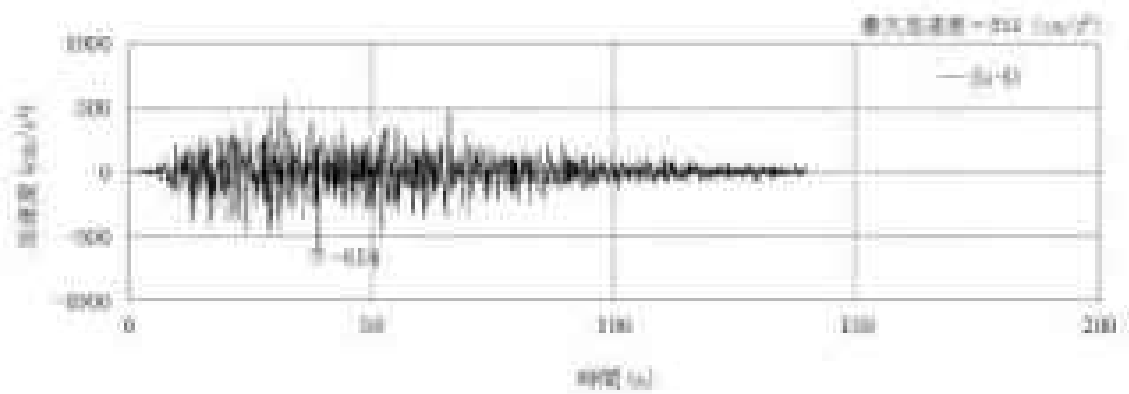


図 3-8、入力地震動の加速度時間歴波形 (NS 方向、 $S_1$ 、基礎底面位置)

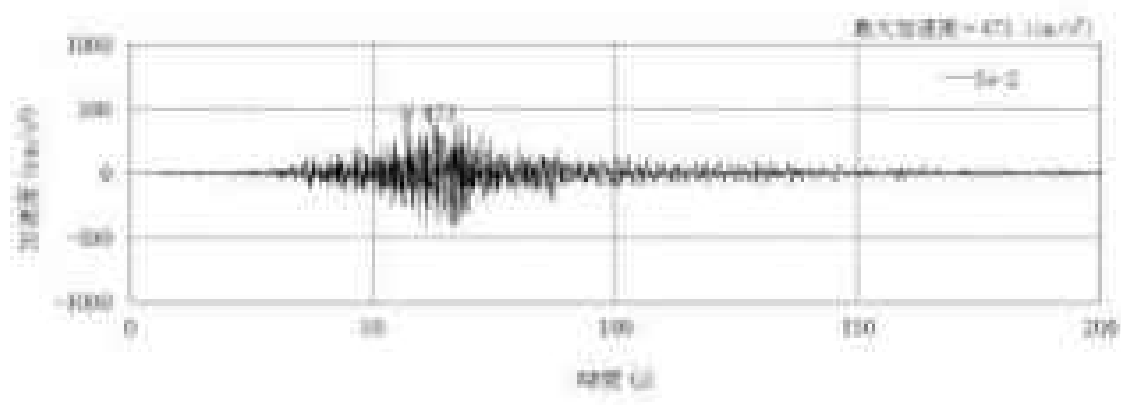
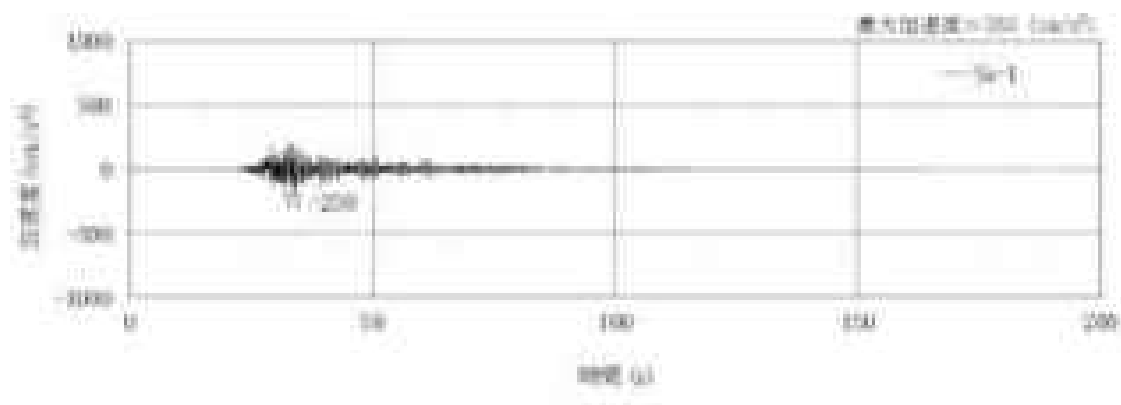
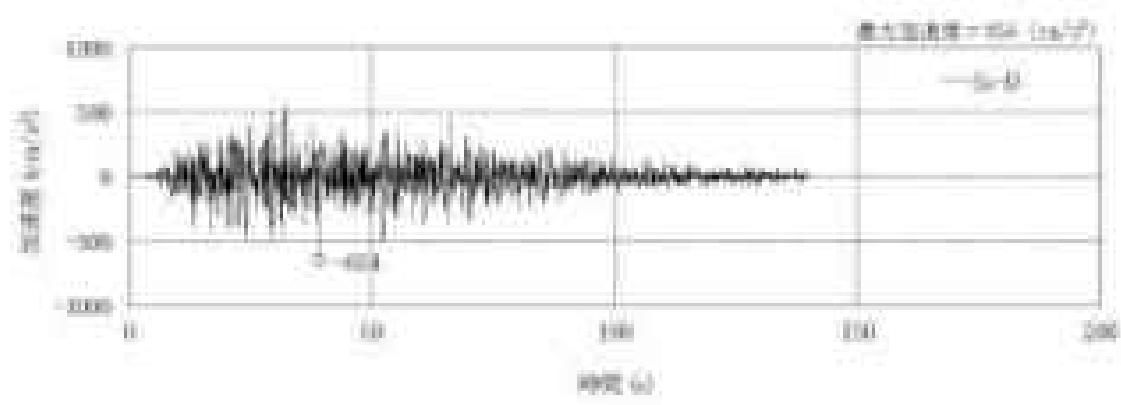


図3-9 入力地震動の加速度時間歴表示 (N方向、S<sub>0</sub>、基礎底面位置)

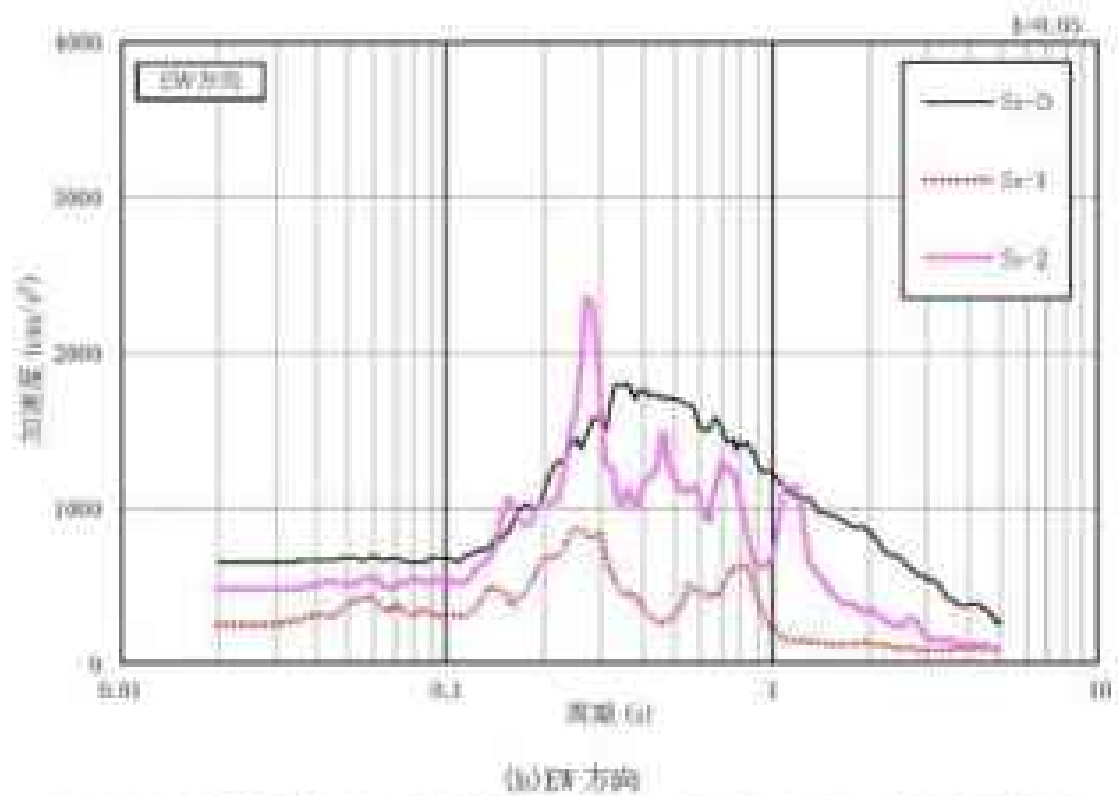
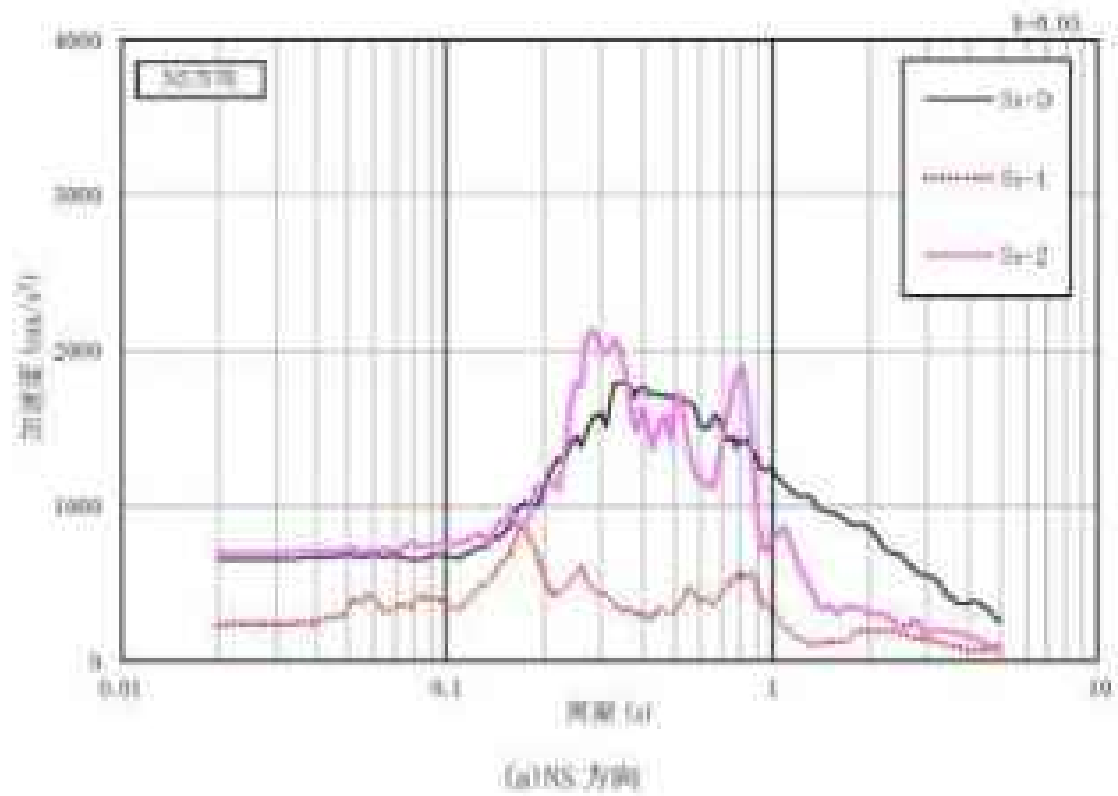


図3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル(水平方向、S1、基礎底面位置)

### 3.2 鉛直方向の入力地震動

鉛直方向の入力地震動は、規正措置計画用設計地震動を解放基礎表面に入力して一次元振動論により算定した建家の基礎底面位置での応答値とする。

算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

鉛直方向の入力地震動算定の概要を図3-11に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「Nshake(株式会社ニュージェッタ)」である。

規正措置計画用設計地震動による地盤の地震応答解析結果を図3-12に、建家の基礎底面位置における鉛直方向の入力地震動の加速度時系列波形及び加速度応答スペクトルを図3-13及び図3-14に示す。

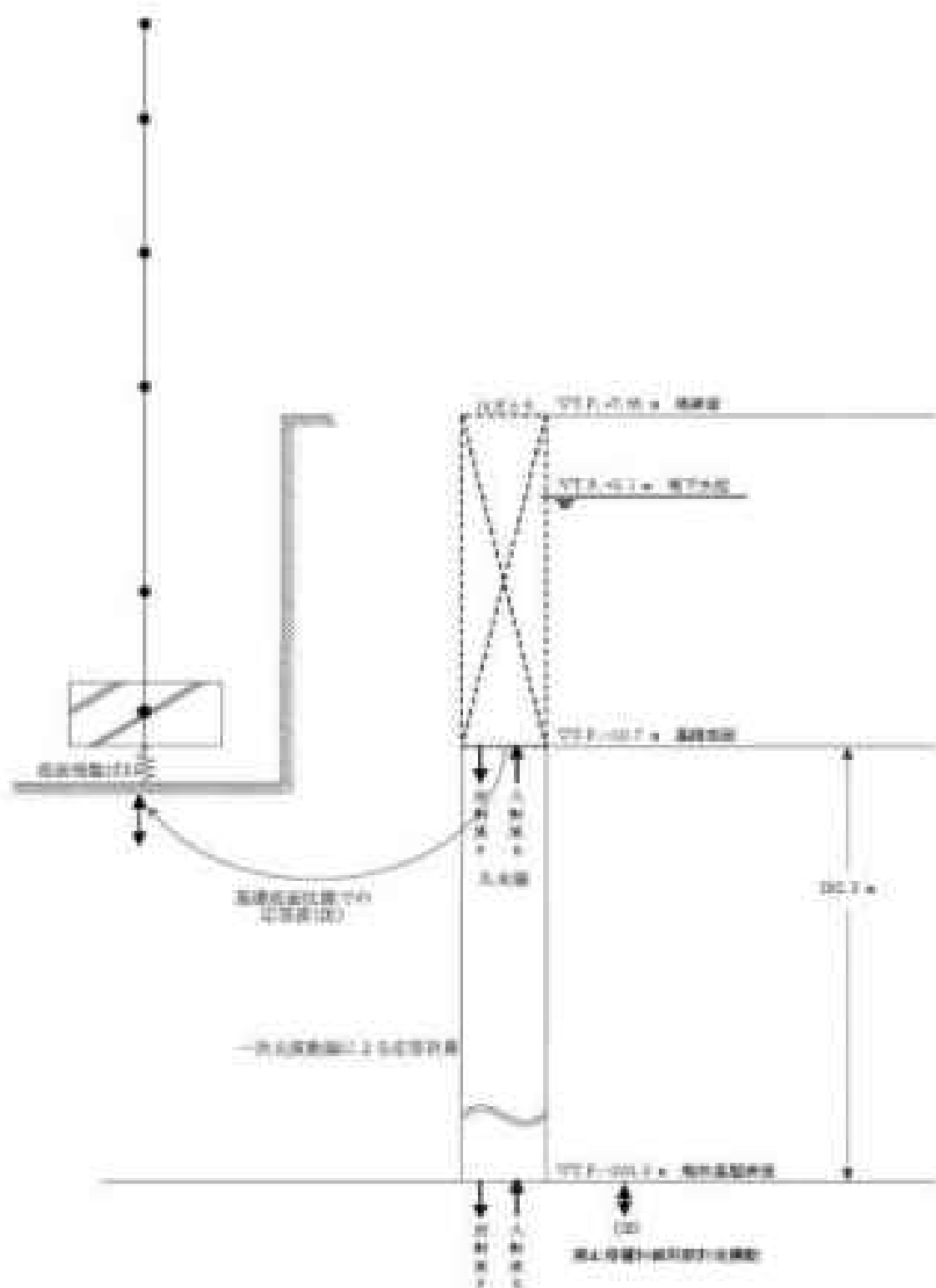


図3-11 入力地震動算定の概要(鉛直方向)



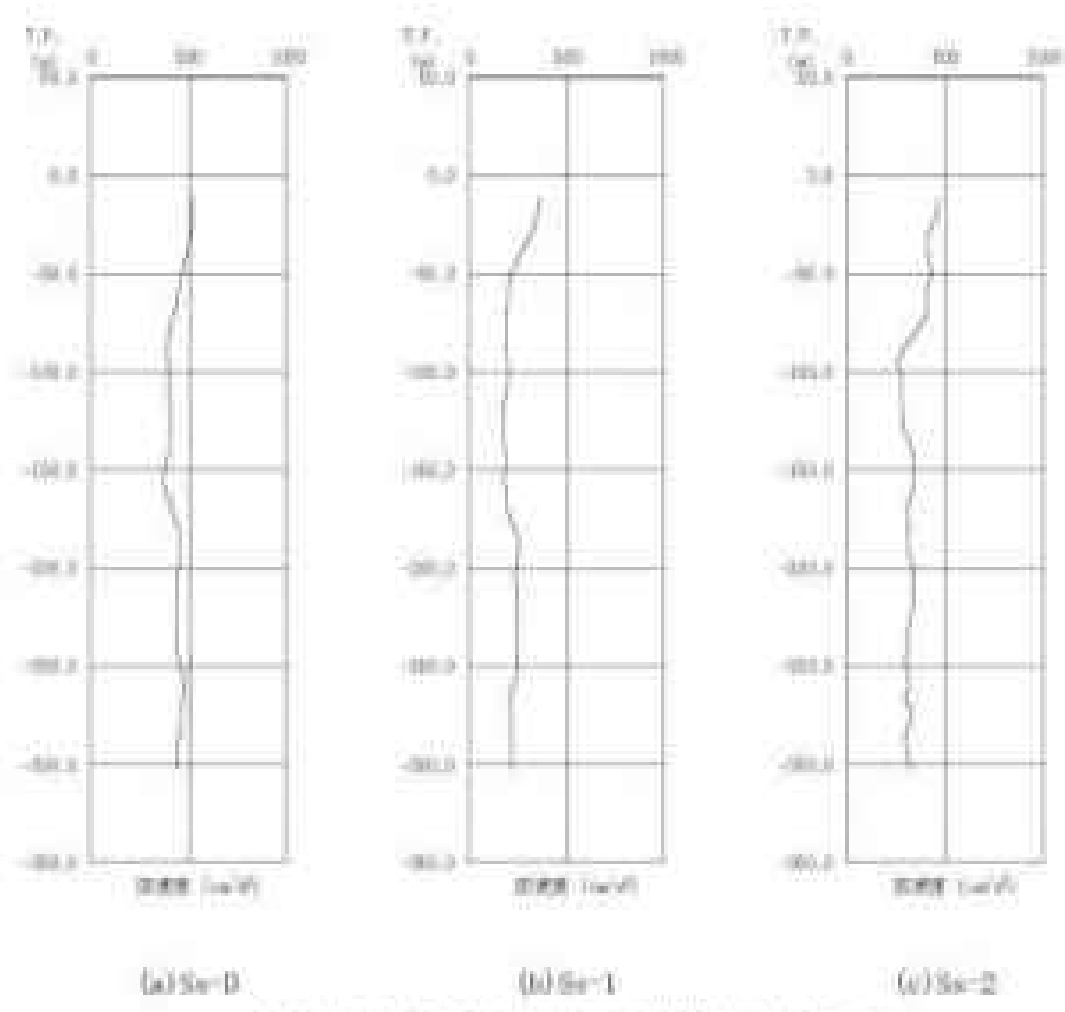


図 3-12 地盤の地質記号解析結果(鉛直方向, Se)

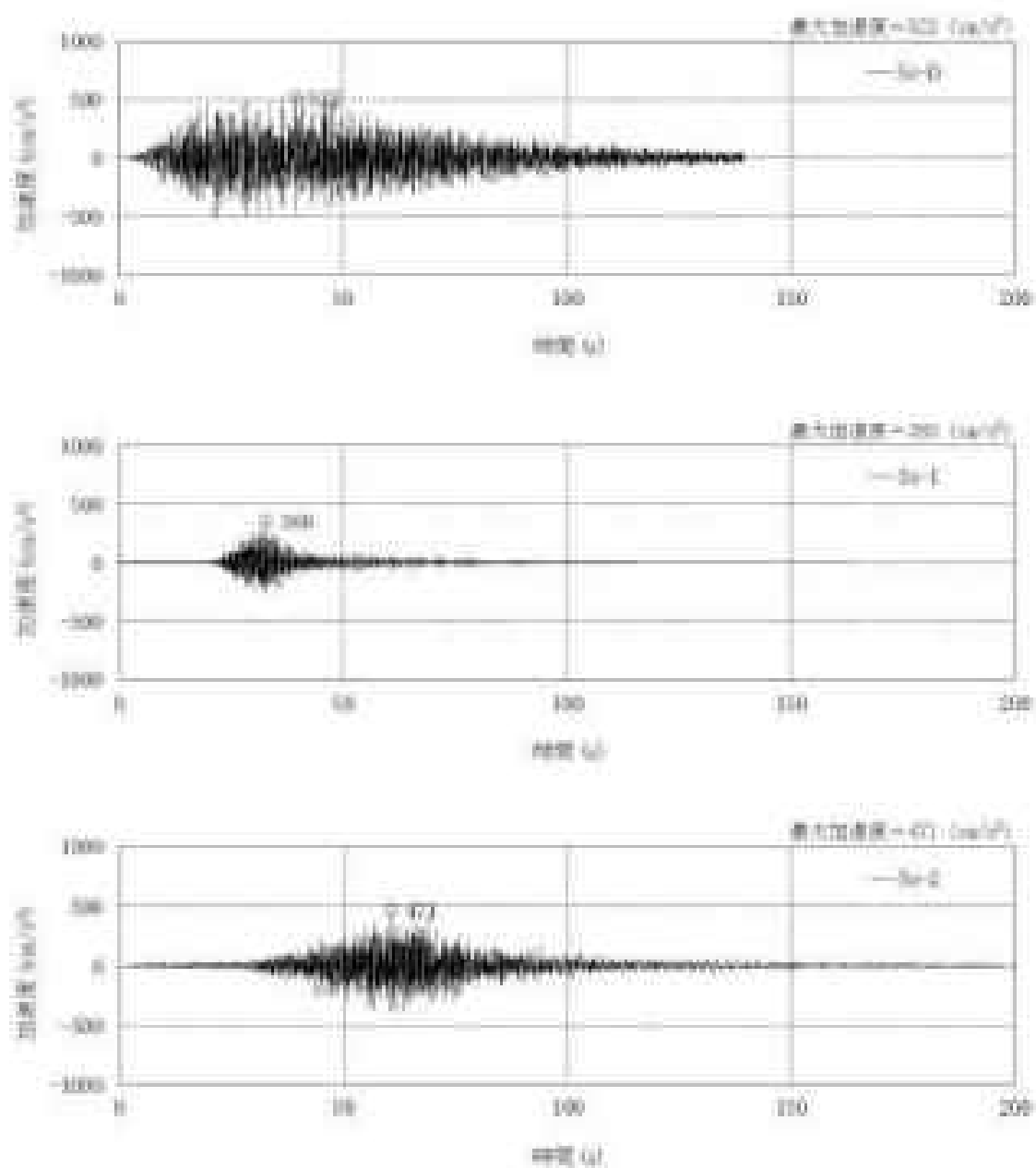


図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形(鉛直方向、S<sub>0</sub>、基礎底面位置)

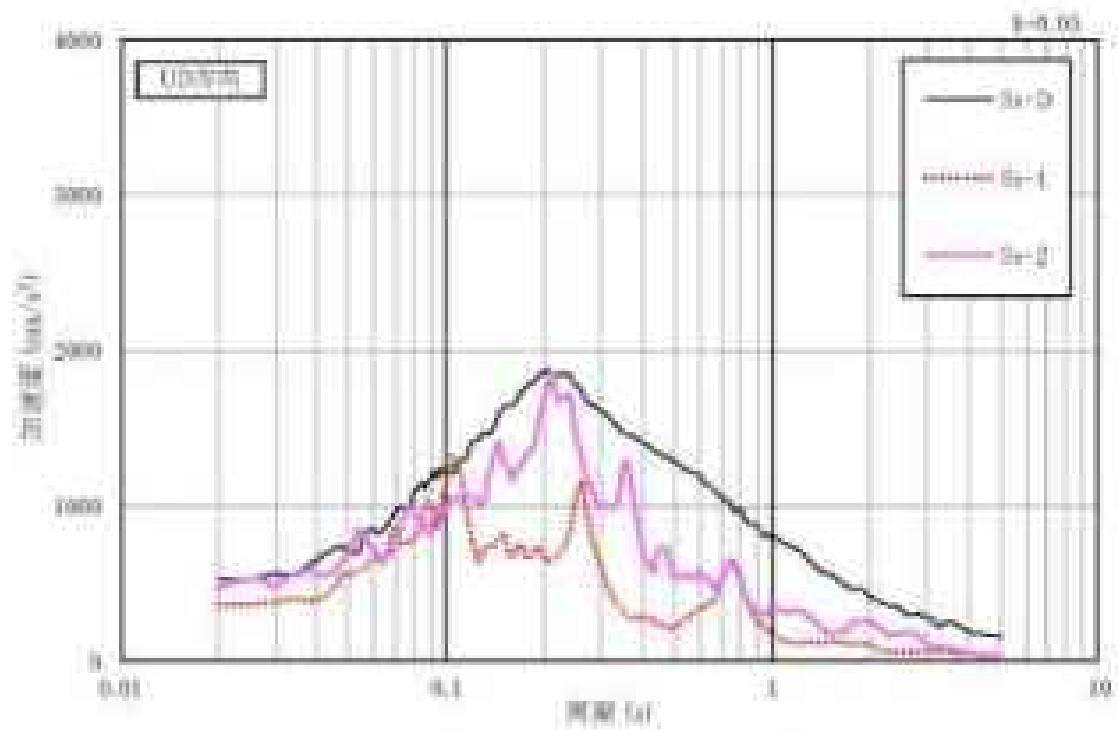


図 3-14 入力地震動の加速度応答スペクトル(鉛直方向, Ss, 基礎底面位置)

## 1. 解析モデル

### 4) 水平方向の解析モデル

水平方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した曲げせん断型の多質点系モデルとする。

水平方向の解析モデルを図 4-1) に、解析モデルの諸元を表 4-1) 及び表 4-2) に示す。

解析モデルの諸元は、既述の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(ガラス固化技術開発施設)」の構造図に基づき設定する。

耐震壁のせん断の復元力特性は、図 4-2) に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性は最大点指向型とする。曲げの復元力特性は、図 4-3) に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性はディグレイディングトリリニア型とする。せん断及び曲げのスケルトンカーブを表 4-3) から表 4-6) に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、原子力発電所耐震設計技術指針 (JAG4001-1991) 道補版(以下「JAG4001-1991 道補版」という。)に基づき、振動アミッタンス理論により振動数依存の複素ばねを算定し、地盤ばね定数は $\beta H_0$ での実部(静的ばね値)により、減衰係数は地盤-建家連成系 1 次固有円振動数での虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾きにより、それぞれ設定する。樫め込み部分の側面地盤ばねは、Novak の方法により振動数依存の複素ばねを算定し、地盤ばね定数は実部の最大値により、減衰係数は底面地盤ばねと同様に、それぞれ設定する。底面地盤回転ばねは、基礎の浮き上がりを考慮する非線形ばねとし、浮き上がり非線形地盤応答解析(地中に応じて浮き上下動を考慮)とする。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Naga1(株式会社ニュージェック)」である。また、樫め込み部分の側面地盤ばねは、Novak の方法により算定する。側面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Novak1(株式会社ニュージェック)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-1) 及び表 4-6) に、地盤ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要を図 4-4) に、底面地盤回転ばねの非線形特性(転倒モーメント-回転角関係)を図 4-5) に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。建家の減衰定数は 3% (鉄筋コンクリート部分)とする。

建家の地震応答解析に使用する解析コードは「TDAP Ⅱ(株式会社アーク情報システム)」である。

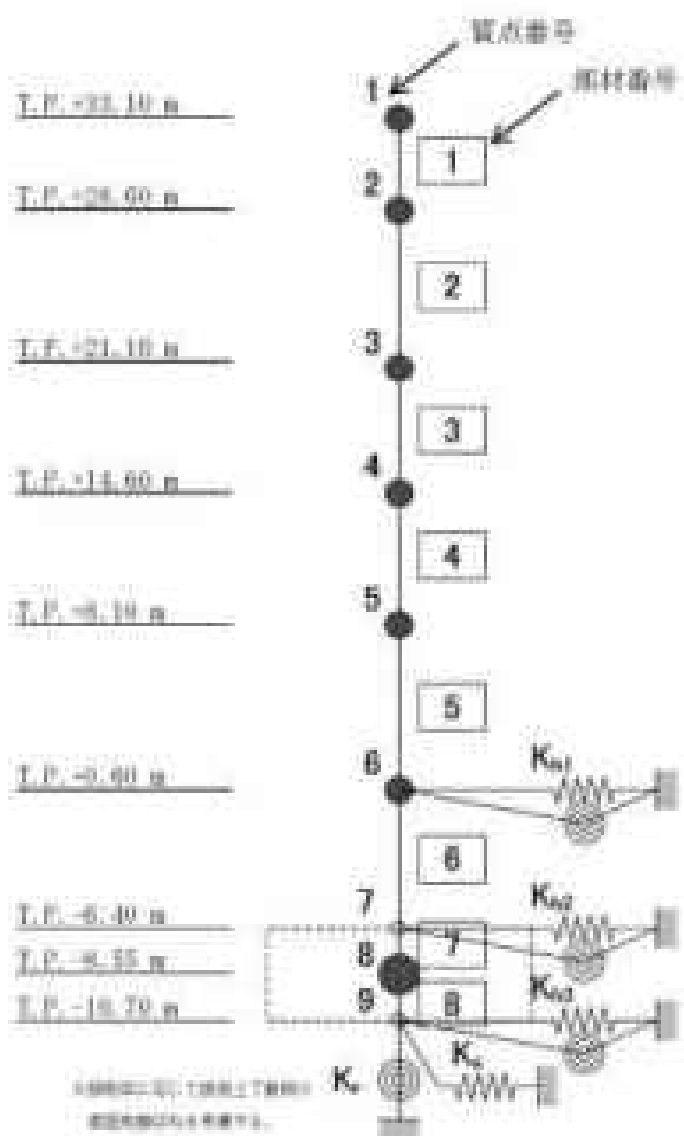


図 4-1 解析モデル(水平方向)

表 4-1 解析モデルの諸元(SNS 方向)

梁の 番号	長さ (T.F.60)	断面 番号	初期損傷 位置 (X 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> )	梁材 番号	せん断 断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (cm <sup>4</sup> )
1	25.50	6110	742	-	-	-
2	25.50	6290	99047	1	13.7	311
3	21.70	60042	159909	2	61.2	18990
4	19.00	117328	196133	3	123.0	28336
5	8.10	162379	316999	4	213.0	42019
6	6.00	170996	372999	5	172.3	94036
7	-6.40	-	-	6	363.3	94639
8	-6.20	200996	601148	7	-	-
9	-10.70	-	-	8	-	-
				-	-	-

表 4-2 解析モデルの諸元(BR 方向)

梁の 番号	長さ (T.F.60)	断面 番号	初期損傷 位置 (X 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> )	梁材 番号	せん断 断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (cm <sup>4</sup> )
1	25.50	6110	4982	-	-	-
2	25.50	6290	153244	1	51.4	275
3	21.70	60042	364981	2	47.3	29826
4	19.00	117328	396169	3	79.0	62019
5	8.10	162379	556937	4	179.2	91090
6	6.00	170996	693291	5	228.2	164940
7	-6.40	-	-	6	373.0	171394
8	-6.20	200996	1000923	7	-	-
9	-10.70	-	-	8	-	-
				-	-	-

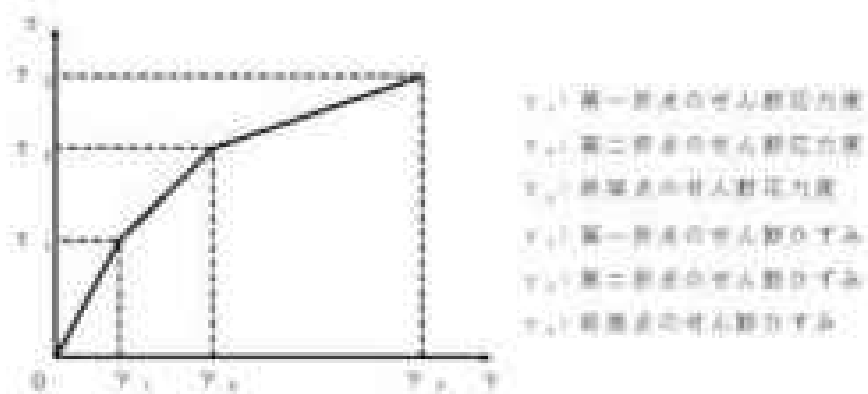


図4-2 せん断のステルトンカーブ(c-h関係)

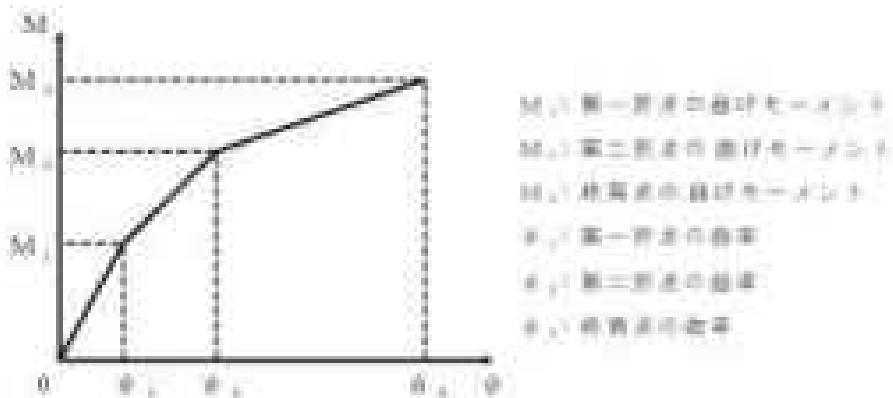


図4-3 曲げのステルトンカーブ(M-h関係)

表 4-3 せん断のスケルトンカーブ(ε<sub>y</sub>-関係、NS 方向)

試験 番号	ε <sub>1</sub> (%)	σ <sub>1</sub> (MPa)	ε <sub>2</sub> (%)	σ <sub>2</sub> (MPa)	ε <sub>3</sub> (%)	σ <sub>3</sub> (MPa)
1	1.07	0.173	2.12	0.213	4.07	0.00
2	1.73	0.188	2.29	0.240	4.06	0.00
3	1.73	0.210	2.47	0.240	3.89	0.00
4	1.87	0.204	2.81	0.412	4.35	0.00
5	1.86	0.217	2.37	0.421	4.50	0.00
6	2.07	0.223	2.79	0.670	4.84	0.00

表 4-4 曲げのスケルトンカーブ(M<sub>x</sub>-θ 関係、NS 方向)

試験 番号	M <sub>x</sub> (×10 <sup>3</sup> N・m)	θ <sub>x</sub> (×10 <sup>-2</sup> rad)	M <sub>y</sub> (×10 <sup>3</sup> N・m)	θ <sub>y</sub> (×10 <sup>-2</sup> rad)	M <sub>z</sub> (×10 <sup>3</sup> N・m)	θ <sub>z</sub> (×10 <sup>-2</sup> rad)
1	0.000	1.11	0.00	17.3	0.21	37.0
2	10.0	0.038	20.0	0.10	37.2	192
3	10.8	0.102	60.0	0.22	36.1	60.3
4	18.4	0.214	132	0.44	196	96.7
5	182	0.248	267	0.43	373	86.4
6	320	0.618	370	0.26	428	162



表 4-5 せん断のスケルトンカーブ( $\tau$ - $\gamma$ 関係、EP方向)

試験番号	$\tau_1$ (MPa)	$\gamma_1$ (%)	$\tau_2$ (MPa)	$\gamma_2$ (%)	$\tau_3$ (MPa)	$\gamma_3$ (%)
1	1.07	0.175	2.12	0.313	4.09	4.09
2	1.64	0.175	2.17	0.328	4.09	4.09
3	1.76	0.182	2.28	0.378	4.41	4.38
4	1.79	0.185	2.43	0.366	4.41	4.38
5	1.83	0.209	2.47	0.399	4.41	4.38
6	1.95	0.214	2.67	0.441	5.28	4.91

表 4-6 曲げのスケルトンカーブ( $M$ - $\theta$ 関係、EP方向)

試験番号	$M_1$ ( $\times 10^3$ kgm)	$\theta_1$ ( $\times 10^{-2}$ rad)	$M_2$ ( $\times 10^3$ kgm)	$\theta_2$ ( $\times 10^{-2}$ rad)	$M_3$ ( $\times 10^3$ kgm)	$\theta_3$ ( $\times 10^{-2}$ rad)
1	0.750	1.29	3.97	14.2	3.45	30.0
2	29.0	6.305	33.9	3.79	67.1	72.2
3	47.7	6.345	64.9	3.76	67.8	76.8
4	73.2	6.364	147	3.87	102	77.2
5	136	6.375	229	3.95	149	79.9
6	189	6.424	400	4.29	161	79.2

表 4-7 地盤ばね定数及び減衰係数(S 方向、S<sub>0</sub>)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN-m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN-s/m) (回転 : kN-m-s/rad)
	位置	成分	記号		
S <sub>0</sub> -0	側面	水平	kh1	$6.966 \times 10^7$	$1.173 \times 10^9$
			kh2	$9.762 \times 10^7$	$1.439 \times 10^9$
			kh3	$3.620 \times 10^8$	$6.149 \times 10^9$
		回転	kr1	$4.269 \times 10^9$	$2.390 \times 10^9$
			kr2	$5.955 \times 10^9$	$3.153 \times 10^9$
			kr3	$2.213 \times 10^{10}$	$1.189 \times 10^9$
	底面	水平	Ks	$5.929 \times 10^7$	$2.170 \times 10^9$
		回転	Kr	$3.725 \times 10^{10}$	$3.457 \times 10^9$
S <sub>0</sub> -1	側面	水平	kh1	$7.184 \times 10^7$	$1.192 \times 10^9$
			kh2	$1.002 \times 10^8$	$1.054 \times 10^9$
			kh3	$3.854 \times 10^8$	$6.344 \times 10^9$
		回転	kr1	$4.380 \times 10^9$	$2.307 \times 10^9$
			kr2	$6.115 \times 10^9$	$3.219 \times 10^9$
			kr3	$2.353 \times 10^{10}$	$1.230 \times 10^9$
	底面	水平	Ks	$6.883 \times 10^7$	$2.442 \times 10^9$
		回転	Kr	$4.318 \times 10^{10}$	$4.054 \times 10^9$
S <sub>0</sub> -2	側面	水平	kh1	$7.048 \times 10^7$	$1.177 \times 10^9$
			kh2	$9.791 \times 10^7$	$1.642 \times 10^9$
			kh3	$3.670 \times 10^8$	$6.185 \times 10^9$
		回転	kr1	$4.282 \times 10^9$	$2.369 \times 10^9$
			kr2	$5.973 \times 10^9$	$3.165 \times 10^9$
			kr3	$2.210 \times 10^{10}$	$1.195 \times 10^9$
	底面	水平	Ks	$6.174 \times 10^7$	$2.315 \times 10^9$
		回転	Kr	$3.668 \times 10^{10}$	$3.903 \times 10^9$

表 4-8 地盤ばね定数及び減衰係数(3D 方向、 $S_{e1}$ )

地盤動	地盤ばね			ばね定数 $k$ (水平 : $kN/m$ ) (回転 : $kN\cdot m/rad$ )	減衰係数 $C$ (水平 : $kN\cdot s/m$ ) (回転 : $kN\cdot m\cdot s/rad$ )
	位置	成分	記号		
$S_{e0}$	側面	水平	$kh1$	$6.966 \times 10^7$	$1.177 \times 10^7$
			$kh2$	$9.762 \times 10^7$	$1.441 \times 10^7$
			$kh3$	$1.620 \times 10^8$	$6.157 \times 10^7$
		回転	$k\theta 1$	$4.269 \times 10^7$	$2.273 \times 10^7$
			$k\theta 2$	$5.955 \times 10^7$	$3.174 \times 10^7$
			$k\theta 3$	$2.213 \times 10^8$	$1.197 \times 10^8$
	底面	水平	$k_s$	$5.712 \times 10^7$	$2.096 \times 10^7$
		回転	$k_r$	$5.786 \times 10^{10}$	$8.143 \times 10^9$
$S_{e1}$	側面	水平	$kh1$	$7.184 \times 10^7$	$1.194 \times 10^7$
			$kh2$	$1.002 \times 10^8$	$1.495 \times 10^7$
			$kh3$	$1.854 \times 10^8$	$6.354 \times 10^7$
		回転	$k\theta 1$	$4.380 \times 10^7$	$2.323 \times 10^7$
			$k\theta 2$	$6.115 \times 10^7$	$3.141 \times 10^7$
			$k\theta 3$	$2.353 \times 10^8$	$1.120 \times 10^8$
	底面	水平	$k_s$	$6.632 \times 10^7$	$2.194 \times 10^7$
		回転	$k_r$	$6.766 \times 10^{10}$	$8.196 \times 10^9$
$S_{e2}$	側面	水平	$kh1$	$7.048 \times 10^7$	$1.179 \times 10^7$
			$kh2$	$9.791 \times 10^7$	$1.445 \times 10^7$
			$kh3$	$1.670 \times 10^8$	$6.197 \times 10^7$
		回転	$k\theta 1$	$4.282 \times 10^7$	$2.284 \times 10^7$
			$k\theta 2$	$5.973 \times 10^7$	$3.160 \times 10^7$
			$k\theta 3$	$2.240 \times 10^8$	$1.190 \times 10^8$
	底面	水平	$k_s$	$5.948 \times 10^7$	$2.140 \times 10^7$
		回転	$k_r$	$6.067 \times 10^{10}$	$8.258 \times 10^9$

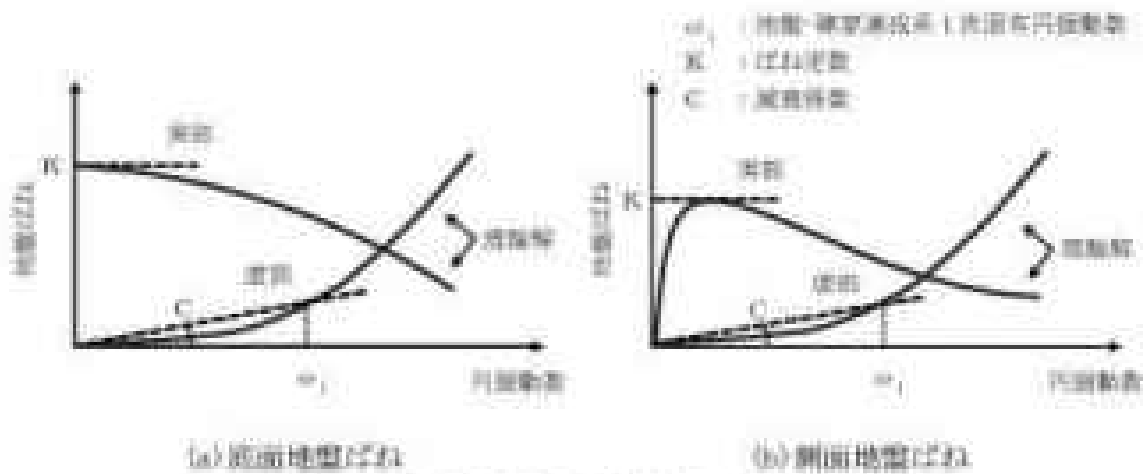


図 4-4 土質ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要

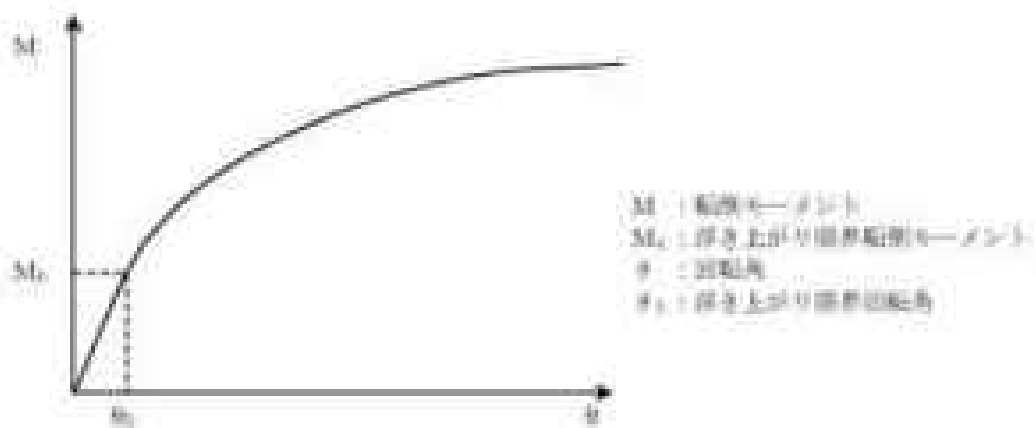


図 4-5 底面土質ばねの非線形特性(相当モーメント-回転角関係)

## 4.2 鉛直方向の解析モデル

鉛直方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した多質点系モデルとする。建家部分は質点を鉛直方向のばねで連結しモデル化する。なお、建家の埋め込み部分は考慮しないモデルとする。

鉛直方向の解析モデルを図4-15に、解析モデルの諸元を表4-10に示す。

解析モデルの諸元は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(ダラス固化技術開発協会)」の構造図に基づき設定する。

基礎下の応答地盤ばねは、JIS A 901-1991 規補則に基づき、圧縮アドミッタンス理論により算定する。応答地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Nipgat(株式会社ニュージェニア)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表4-10に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算出する。建家の減衰定数は3%(共振コンクリート部分)とする。

建家の地盤応答解析に使用する解析コードは「GMAP Ⅱ(株式会社アーテックシステム)」である。



表 4-9 解析モデルの諸元(鉛直方向)

質点 番号	高さ T.F. (m)	重 量 (kN)	加付 番号	剛性面積 ( $\text{cm}^2$ )
1	33.10	6135	-	-
2	28.40	5299	1	26.2
3	21.10	8082	2	130.0
4	14.50	11738	3	297.2
5	8.10	16239	4	501.2
6	0.00	17589	5	600.9
7	-0.40	-	6	922.2
8	-0.55	26808	7	-
9	-10.70	-	8	-

表 4-10 地盤ばね定数及び減衰係数(鉛直方向, Se)

地層名	地盤ばね			ばね定数 $k$ (kN/m)	減衰係数 $c$ (kN・s/m)
	位置	成分	記号		
Se-0	地面	鉛直	$k_v$	$8.692 \times 10^7$	$1.798 \times 10^7$
Se-1	底面	鉛直	$k_v$	$1.023 \times 10^8$	$5.203 \times 10^7$
Se-2	底面	鉛直	$k_v$	$9.156 \times 10^7$	$1.923 \times 10^7$

## 5. 解析結果

### 5.1 固有値解析結果

解析モデルの固有値解析結果を図 5-1 から図 5-3 に示す。制振器数を  $S=0$  の結果を代表として、図 5-1 から図 5-6 に示す。



表 5-1 固有値解析結果 (Se-0)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	剛性係数	備考
NS	1	0.284	3.52	1.582	全体1次
	2	0.139	7.20	-0.661	
	3	0.096	10.45	0.020	
	4	0.073	13.70	0.073	
	5	0.049	20.43	0.000	
	6	0.038	27.87	-0.036	
	7	0.029	33.96	0.023	
EW	1	0.278	3.63	1.524	全体1次
	2	0.145	6.91	-0.507	
	3	0.091	11.40	-0.112	
	4	0.071	14.07	0.154	
	5	0.043	23.30	-0.008	
	6	0.040	24.78	-0.089	
	7	0.027	37.26	0.030	
ED	1	0.219	4.57	1.070	全体1次
	2	0.040	24.78	-0.090	
	3	0.023	42.69	0.026	
	4	0.017	58.13	-0.016	
	5	0.012	74.83	0.011	
	6	0.010	99.69	-0.006	
	7	0.011	90.14	-0.002	

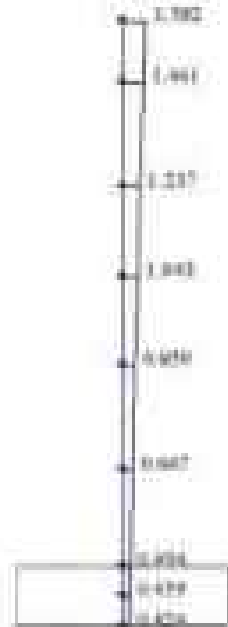
表 5-2 固有値解析結果 (So-1)

方向	次数	固有周波数 ( $\omega$ )	振動数 ( $f$ )	振動係数	備考
S3	1	0.271	3.69	1.598	全体1次
	2	0.121	7.05	-0.696	
	3	0.066	15.21	0.053	
	4	0.053	18.75	0.083	
	5	0.046	25.00	-0.093	
	6	0.038	27.92	-0.064	
	7	0.029	33.96	0.039	
E9	1	0.283	3.81	1.545	全体1次
	2	0.127	7.39	-0.540	
	3	0.066	12.51	-0.113	
	4	0.053	18.12	0.176	
	5	0.043	23.44	-0.012	
	6	0.040	24.82	-0.190	
	7	0.032	27.28	0.035	
E10	1	0.194	5.15	1.082	全体1次
	2	0.046	24.94	-0.111	
	3	0.023	42.72	0.042	
	4	0.017	59.14	-0.019	
	5	0.013	74.94	0.012	
	6	0.012	79.69	-0.006	
	7	0.011	90.17	-0.002	

表 5-3 固有値解析結果 (So-2)

方向	次数	固有周期 (s)	変位係 (%)	質量係	備考
S	1	0.250	3.37	1.066	全体1次
	2	0.266	4.09	1.073	1D方向1次
	3	0.136	7.36	-0.679	
	4	0.066	15.08	0.043	
	5	0.033	18.71	0.075	
	6	0.040	24.80	-0.100	
	7	0.040	24.90	-0.001	
E	1	0.272	5.67	1.529	全体1次
	2	0.143	7.01	-0.515	
	3	0.080	12.43	-0.112	
	4	0.055	18.08	0.158	
	5	0.043	23.58	-0.009	
	6	0.040	24.79	-0.002	
	7	0.037	27.20	0.032	
U	1	0.265	4.89	1.073	全体1次
	2	0.040	24.80	-0.100	
	3	0.023	42.70	0.000	
	4	0.017	59.13	-0.017	
	5	0.013	74.83	0.012	
	6	0.013	79.09	-0.007	
	7	0.011	99.17	-0.002	

Mode- 1  
 T(%) = 0.286  
 C(%) = 3.528  
 P(%) = 1.982



(1 次)

Mode- 2  
 T(%) = 0.538  
 C(%) = 7.255  
 P(%) = -0.663



(2 次)

Mode- 3  
 T(%) = 0.666  
 C(%) = 11.666  
 P(%) = 0.666



(3 次)

Mode- 4  
 T(%) = 0.873  
 C(%) = 16.666  
 P(%) = 0.873



(4 次)

図 5-1 横揺動モード方向、50-位、1~4次

Mode- 3  
 $T(0) = 0.000$   
 $F(0) = 24.915$   
 $P(0) = 0.000$



(6 次)

Mode- 4  
 $T(0) = 0.000$   
 $F(0) = 27.979$   
 $P(0) = -0.000$



(6 次)

Mode- 7  
 $T(0) = 0.000$   
 $F(0) = 31.943$   
 $P(0) = 0.000$



(7 次)

図 5-2 側梁剛性 (X 方向, 5~7 次)

Mode- 1  
 $T_{10} = 0.276$   
 $C_{10} = 3.029$   
 $\beta_1 = 1.024$



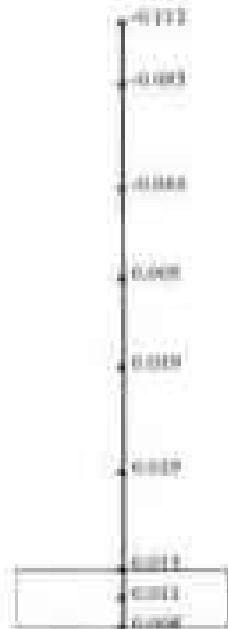
(a) 次

Mode- 2  
 $T_{20} = 0.145$   
 $C_{20} = 6.808$   
 $\beta_2 = 0.997$



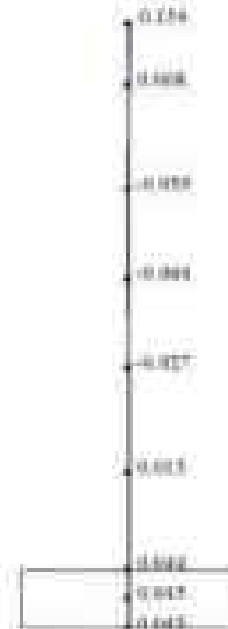
(b) 次

Mode- 3  
 $T_{30} = 0.081$   
 $C_{30} = 12.884$   
 $\beta_3 = 0.912$



(c) 次

Mode- 4  
 $T_{40} = 0.055$   
 $C_{40} = 18.069$   
 $\beta_4 = 0.854$



(d) 次

図 5-3 側面剛性 (29 方向, 50-0), 1~4 次

Mode- 3  
 T (s) = 0.000  
 C (Hz) = 21.555  
 P (s) = 0.000



(6 次)

Mode- 4  
 T (s) = 0.000  
 C (Hz) = 24.794  
 P (s) = 0.000



(6 次)

Mode- 7  
 T (s) = 0.000  
 C (Hz) = 27.207  
 P (s) = 0.000



(7 次)

図 5-4 轉動剛性 (Z 方向) S=0, S=7 次

Mode- 1  
 $T_{10} = 0.226$   
 $\sigma_{10} = 4.76$   
 $Z_{10} = 1.876$



(a) 次

Mode- 2  
 $T_{20} = 0.040$   
 $\sigma_{20} = 24.776$   
 $Z_{20} = -0.694$



(b) 次

Mode- 3  
 $T_{30} = 0.029$   
 $\sigma_{30} = 42.489$   
 $Z_{30} = 0.536$



(c) 次

Mode- 4  
 $T_{40} = 0.027$   
 $\sigma_{40} = 56.127$   
 $Z_{40} = -0.616$



(d) 次

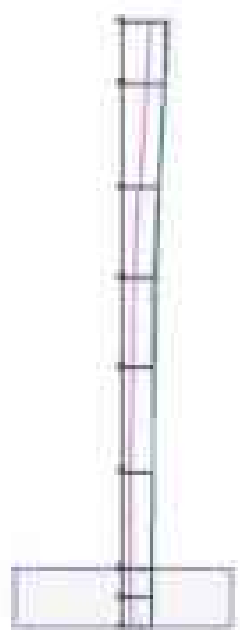
図 3-5 棟間固接 0.0 方向, 50-11, 1~4 次





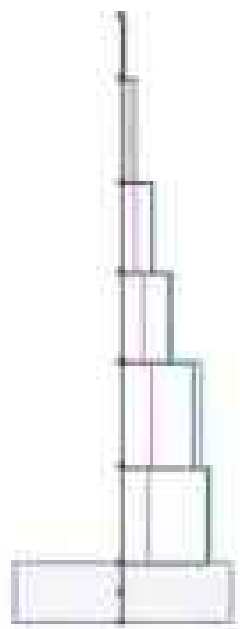
### 3.2 地震応答解析結果

廃止措置計画用設計地震動による水平方向の最大応答加速度、最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図 5-7 から図 5-12 に、鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図 5-13 及び図 5-14 に示す。また、耐震壁のせん断のステルトンカーブ上の最大応答値を図 5-15 及び図 5-16 を示す。せん断ひずみは最大で  $6.18 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値  $10 \times 10^{-3}$  を超えないことを確認した。



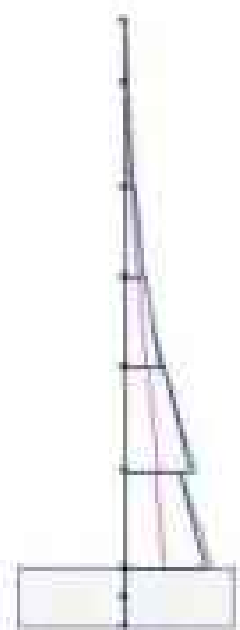
階高	0.2	0.1	0.0
1	1033.3	499.6	1103.3
2	866.6	392.3	1043.3
3	641.3	407.1	907.3
4	346.3	294.3	636.3
5	228.6	207.9	766.3
6	771.1	212.3	728.3
7	692.3	218.5	697.1
8	685.4	224.1	698.1
9	686.3	224.3	697.5

図 5-7 最大応答加速度 (a<sub>n</sub>, NS 方向)



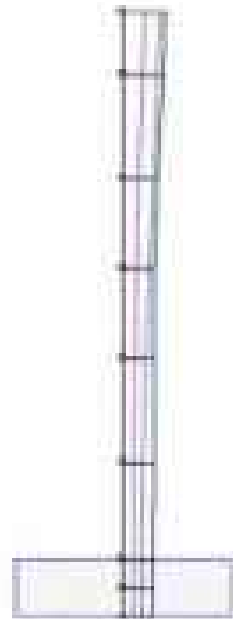
階高	0.2	0.1	0.0
1	4.3	4.3	7.8
2	45.1	47.6	46.6
3	244.0	76.4	344.1
4	223.8	70.4	202.7
5	345.7	100.1	493.2
6	494.0	127.3	424.5
7	-	-	-
8	-	-	-

図 5-8 最大応答柱間剪力 (V<sub>n</sub>, NS 方向)



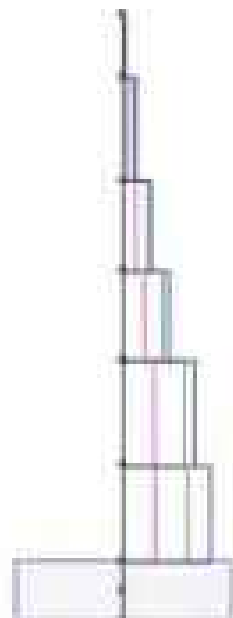
層別	0.0	0.1	0.2
	1.2	1.2	1.0
1	30.4 140.2	20.3 130.8	31.8 135.7
2	362.7 722.4	472.8 644.8	387.4 710.1
3	1277.8 1691.9	1040.8 1200.8	1623.4 1794.7
4	2133.8 3377.4	1888.2 2666.9	3273.8 3412.7
5	2871.5 4843.2	2417.2 2789.7	4841.4 4844.4
6	3123.4	5488.1	7876.4
合計	7470.7	7470.7	7470.7
平均	1245.1	1245.1	1245.1

図59 最大応答曲げモーメント(kN・m, NS方向)



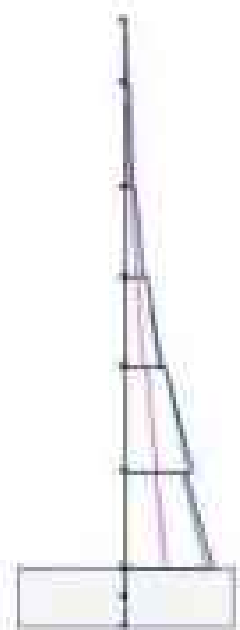
層別	層1	層2	層3
1	476.2	511.3	480.6
2	424.9	444.3	431.5
3	429.6	367.6	334.9
4	345.4	334.0	344.5
5	327.6	283.6	264.2
6	310.6	261.1	279.2
7	283.5	237.4	247.1
8	281.7	239.3	246.4
9	289.2	243.6	249.2

圖 5-10 最大応答加速度 ( $S_a$ , 水平方向)



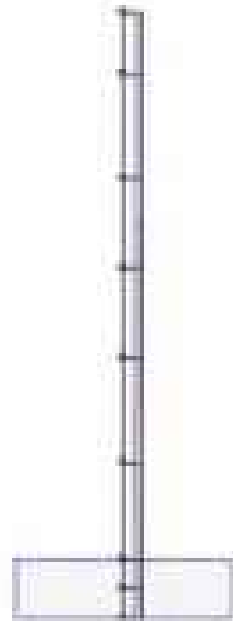
層別	層1	層2	層3
1	6.2	3.2	3.5
2	8.2	17.4	36.6
3	23.6	61.1	114.6
4	26.7	88.3	130.1
5	33.3	106.3	139.2
6	31.3	117.8	140.7
7	-	-	-
8	-	-	-

圖 5-11 最大応答せん断力 ( $S_v$ , 水平方向)



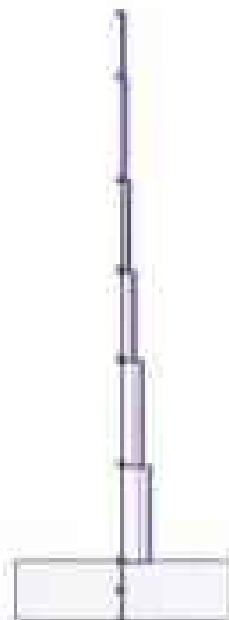
階	200	100	50
1	5.2	5.4	5.9
2	21.3	20.3	20.4
	213.9	143.8	214.3
3	280.8	161.1	233.3
	493.8	320.1	383.8
4	1075.5	655.1	1267.8
	1843.3	1005.2	1843.1
5	2238.1	1428.2	1898.5
	3476.4	1876.2	3462.8
6	3673.6	2046.3	1891.8
	5346.7	2771.4	5782.4
7	4738.8	1721.4	2381.8
8	5738.8	1721.4	2381.8
9	5738.8	1721.4	2381.8
10	5738.8	1721.4	2381.8

図 5-12 最大応答曲げモーメント (Sv, kN・m)



層別	Sa=0	Sa=1	Sa=2
1	447.4	422.4	427.4
2	443.4	420.2	424.4
3	442.4	417.5	423.2
4	440.4	397.4	398.4
5	437.2	386.0	391.0
6	421.4	370.5	378.2
7	424.4	353.4	353.4
8	424.4	353.4	353.4
9	424.4	353.4	353.4

図 5-13 最大応答加速度(Sa、ID方向)



層別	Sa=0	Sa=1	Sa=2
1	4.1	2.7	4.0
2	46.1	27.4	46.0
3	46.1	42.2	45.7
4	112.4	108.8	120.4
5	240.7	188.4	240.4
6	400.4	248.2	372.1
7	4	4	4
8	4	4	4

図 5-14 最大応答軸力(Sx、ID方向)

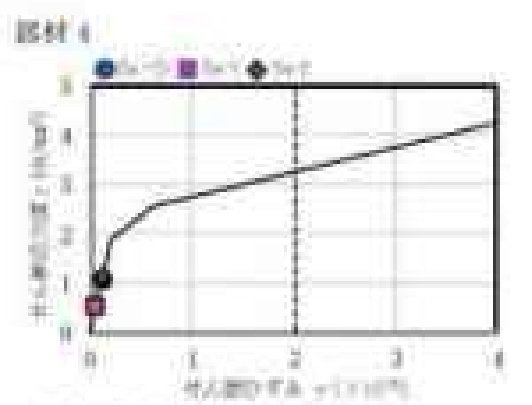
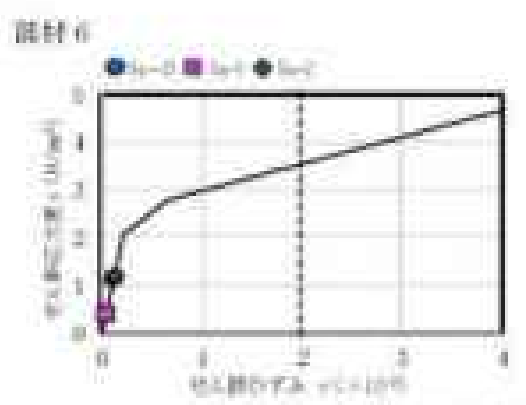
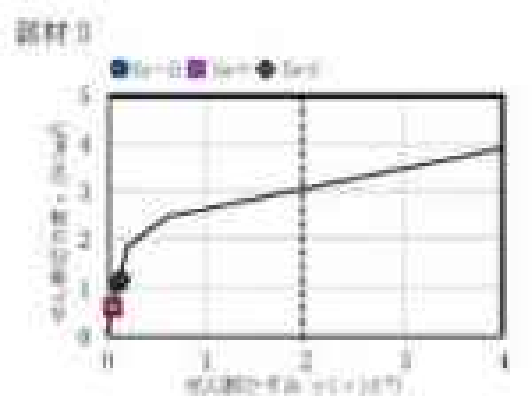
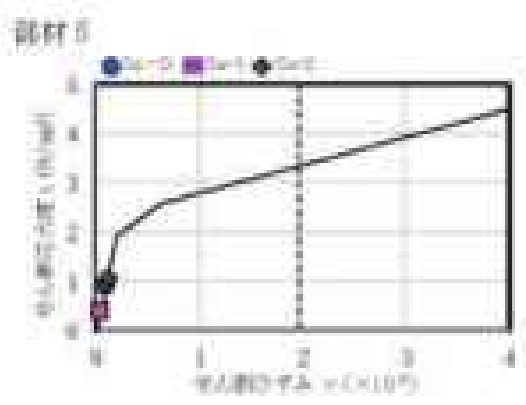
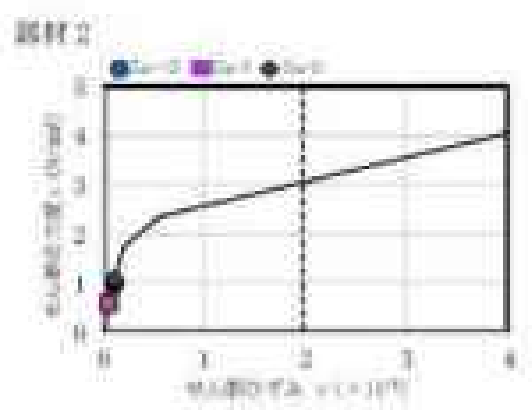
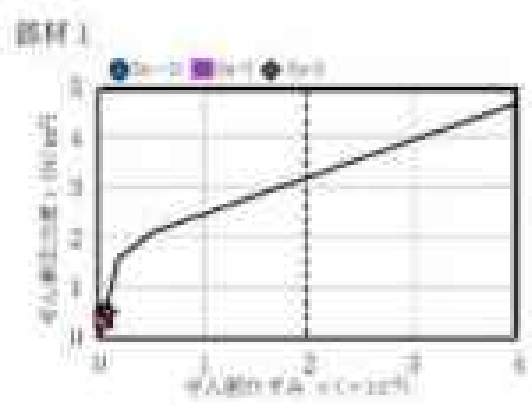
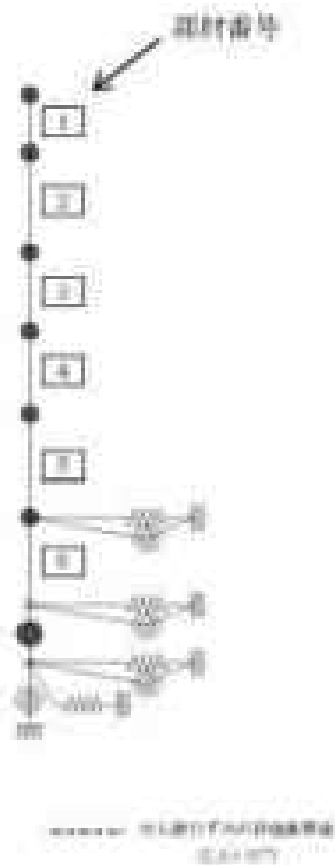


図 8-15 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(0. 方向, 5s)



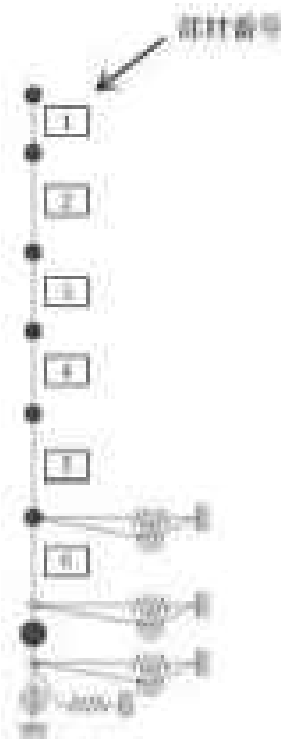


図 6-1-2-5-2-1 せん断力による破壊モード

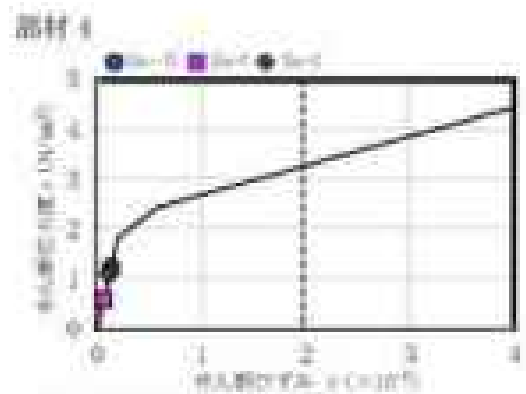
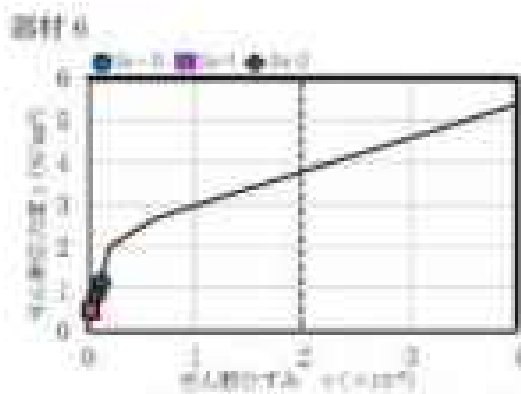
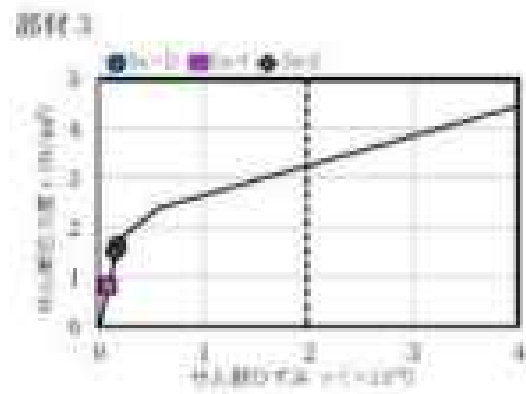
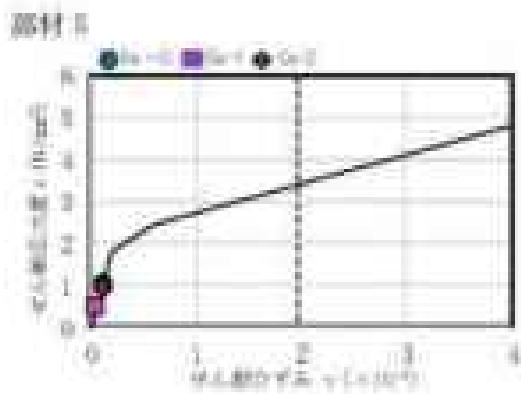
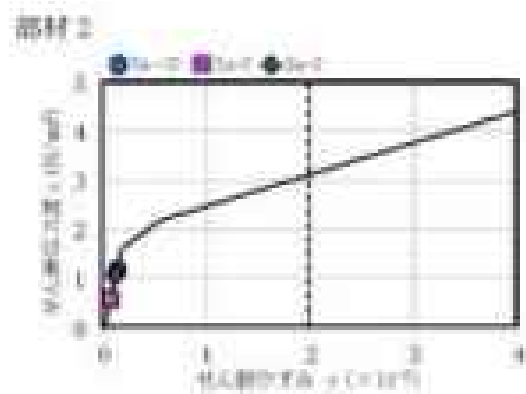
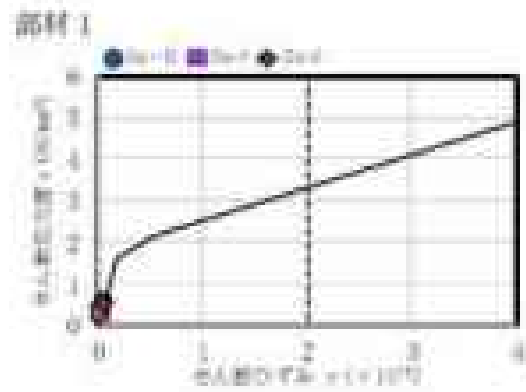


図 6-1-2-5-2-6 せん断力による破壊モード

#### 6. 基礎浮き上がりの検討

既設措置計画用設計地震動による地盤応答解析の結果に基づき最小接地率の一覧表を表6-1に示す。地震時の最大接地率は、地震力分布を三角形分布と仮定し、鉛直方向の地震力を組合せ係数法(組合せ係数 0.4)により考慮して算定する。最大接地率の一覧表を表6-2に示す。

接地率は、誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる基準値(50%以上)を満足していることを確認した。

接地率は、基礎地盤における平載載荷試験の結果から設定した制限支持力 $2350 \text{ kN/m}^2$ を超えないことを確認した。

表 6-1 最小接地率

(a) NS 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ( $\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ( $\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-0	4.08	6.73	67.4
Ss-1		3.00	100.0
Ss-2		7.33	61.1

(b) EW 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ( $\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ( $\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-0	5.50	4.96	76.8
Ss-1		3.76	100.0
Ss-2		7.28	84.0

表 6-2 最大接地圧

地震動	方向	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Ss-0	NS	657
	EW	561
Ss-1	NS	379
	EW	367
Ss-2	NS	764
	EW	515

## 7. 評価結果

ガラス固化技術開発施設 (IV) ガラス固化技術開発棟の耐震性評価として廃止措置計画用設計地震動による地震応答解析を行い、按地率が誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる基準値を満足していること及び耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。以上により、ガラス固化技術開発施設 (IV) ガラス固化技術開発棟は廃止措置計画用設計地震動に対して耐震余裕を有していることを確認した。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の  
機器・配管系の耐震性計算書

別紙 6-1-2-5-3-1	受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-2	水封槽 (G11V30) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-3	濃縮器 (G12E10) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-4	濃縮液槽 (G12V12) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-5	濃縮液供給槽 (G12V14) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-6	気液分離器 (G12D1442) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-7	溶融炉 (G21ME10) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-8	ポンプ (G11P1021) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-9	A 台車 (G51M118A) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-10	トランスミッタラック (TR21) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-11	トランスミッタラック (TRTR11. 1, TR11. 2, TR12. 1, TR12. 2, TR12. 3, TR12. 4) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-12	トランスミッタラック (TR43. 2) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-13	工程制御盤 (DC) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-14	工程監視盤 (1) ~ (3) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-15	変換器盤 (TX1, TX2) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-16	計装設備分電盤 (DP6) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-17	計装設備分電盤 (DP8) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-18	重要系動力分電盤 (VFP1) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-19	一般系動力分電盤 (VFP2) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-20	一般系動力分電盤 (VFP3) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-21	電磁弁分電盤 (SP2) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-22	高圧受電盤の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-23	低圧動力配電盤の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-24	無停電電源装置の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-25	低圧照明配電盤の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-26	直流電源装置の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-27	ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22. 1) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-28	重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-29	冷却器 (G11H11, H21) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-30	冷却器 (G12H13) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-31	冷却器 (G41H20) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-32	冷却器 (G41H22) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-33	冷却器 (G41H30) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-34	冷却器 (G41H32) の耐震性についての計算書

別紙 6-1-2-5-3-35	冷却器 (G41H70) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-36	冷却器 (G41H93) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-37	凝縮器 (G12H11) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-38	デミスタ (G12D1141) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-39	デミスタ (G41D23) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-40	デミスタ (G41D33) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-41	デミスタ (G41D43) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-42	スクラッパ (G41T10) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-43	ベンチュリスクラッパ (G41T11) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-44	吸収塔 (G41T21) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-45	洗浄塔 (G41T31) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-46	加熱器 (G41H24) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-47	加熱器 (G41H34) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-48	加熱器 (G41H44) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-49	加熱器 (G41H80, H81) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-50	加熱器 (G41H84, H85) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-51	ルテニウム吸着塔 (G41T25) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-52	ルテニウム吸着塔 (G41T35) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-53	ルテニウム吸着塔 (G41T45) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-54	ルテニウム吸着塔 (G41T82, T83) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-55	ヨウ素吸着塔 (G41T86, T87) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-56	フィルタ (G41F26) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-57	フィルタ (G41F36) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-58	フィルタ (G41F46) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-59	フィルタ (G41F27) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-60	フィルタ (G41F37) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-61	フィルタ (G41F47) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-62	フィルタ (G41F88, F89) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-63	排風機 (G41K50, K51) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-64	排風機 (G41K60, K61) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-65	排風機 (G41K90, K91, K92) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-66	フィルタ (G07F80. 1～F80. 10) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-67	フィルタ (G07F81. 1～F81. 10) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-68	フィルタ (G07F82. 1～F82. 4) の耐震性についての計算書
別紙 6-1-2-5-3-69	フィルタ (G07F83. 1, F83. 2) の耐震性についての計算書

- 別紙 6-1-2-5-3-70 フィルタ (G07F84. 1～F84. 4) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-71 フィルタ (G07F86, F87) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-72 フィルタ (G07F88, F89, F90, F91) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-73 フィルタ (G07F93) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-74 フィルタ (G07F92) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-75 排風機 (G07K50, K51, K52, K54, K55, K56, K57, K58, K59) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-76 インセルクーラ (G43H10, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-77 インセルクーラ (G43H11, H19) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-78 冷凍機 (G84H10, H20) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-79 冷却器 (G84H30, H40) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-80 ポンプ (G84P32, P42) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-81 膨張水槽 (G83V31, V41, G84V31, V41) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-82 換気系動力分電盤 (VFV1) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-83 純水貯槽 (G85V20) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-84 ポンプ (G85P21, P22) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-85 冷却器 (G83H30, H40) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-86 ポンプ (G83P12, P22) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-87 ポンプ (G83P32, P42) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-88 冷却塔 (G83H10, H20) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-89 膨張水槽 (G83V11, V21) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-90 排風機 (G43K35, K36) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-91 フィルタ (G43F30, F31) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-92 フィルタ (G43F32) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-93 フィルタ (G43F33, F34) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-94 濃縮器ラック (G12RK10) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-95 濃縮液槽ラック (G12RK12) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-96 デミスタラック (G41RK43) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-97 スクラッバラック (G41RK10) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-98 吸収塔ラック (G41RK20) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-99 洗浄塔ラック (G41RK30) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-100 蒸発缶ラック (G71RK20) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-101 配管の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-102 定ピッチスパン法で設計された配管の耐震性についての計算書



- 別紙 6-1-2-5-3-103 配管トレンチ (T21) 内配管 (内管) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-104 配管トレンチ (T21) 内配管 (外管) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-105 固化セルクレーン (G51M100, M101) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-106 両腕型マニプレータ (G51M120, M121) の耐震性についての計算書
- 別紙 6-1-2-5-3-107 廃気処理室クレーン (G51M901) の耐震性についての計算書

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)  
の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の構造強度の評価は、有限要素法(FEM)解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

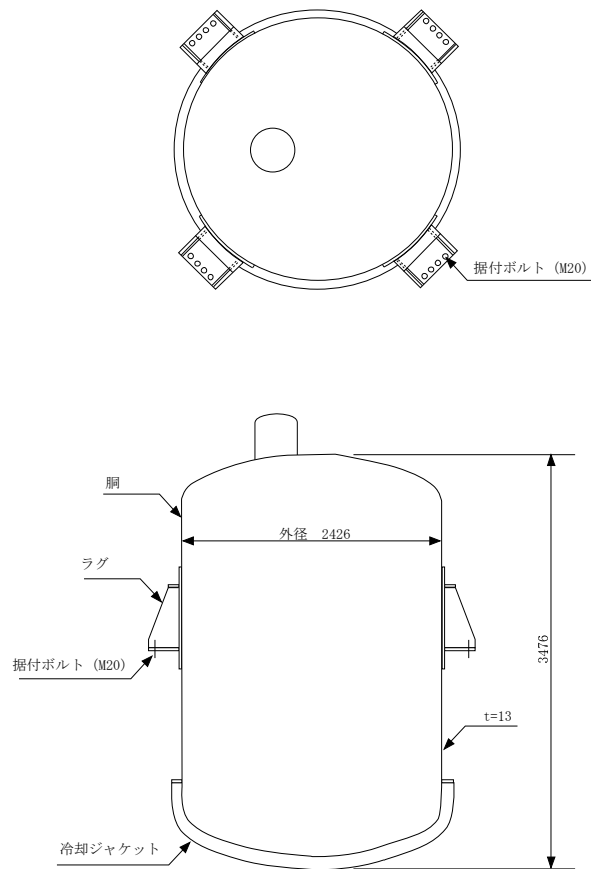
- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_L$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める許容荷重	N
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$S_u$	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
$S_{yd}$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める最高使用温度における材料の設計降伏点	MPa
$S_{yt}$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める試験温度における材料の設計降伏点	MPa
$T_L$	JSME S NC1-2012 SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重	N

## 3. 評価部位

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴、ラグ及び据付ボルトとする。受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の概要図を図3-1に示す。



(単位;mm)

図 3-1 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠又は実験値等で妥当性が確認されているものを用いた。評価に当たっては供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については液量を満

杯とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

据付ボルトのせん断応力の許容応力について、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012 SSB-3200」では、当該支持構造物と同一の材質及び形状を有する支持構造物がある場合は、その支持構造物で求めた値を使用することができるとしていることから、当該規格に基づき、せん断試験を実施し、その試験から得られた値を用いた。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
ラグ	一次応力	F
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	$A_L$ (許容荷重)=0.6 $T_L S_{yd}/S_{yt}$

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。使用した減衰定数を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)	1.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に基づき，廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに，各階の床応答スペクトル（S<sub>s</sub>-D，S<sub>s</sub>-1 及び S<sub>s</sub>-2 の 3 波包絡。周期軸方向に±10%拡幅したもの。）を作成し，これを評価に用いた。

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の解析用の床応答スペクトルは，機器据付階（地下1階）のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-3，図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-3 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
受入槽(G11V10)及び 回収液槽(G11V20)	解析用の床応答スペクトル (地下1階，減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (地下1階，減衰定数 1.0%)

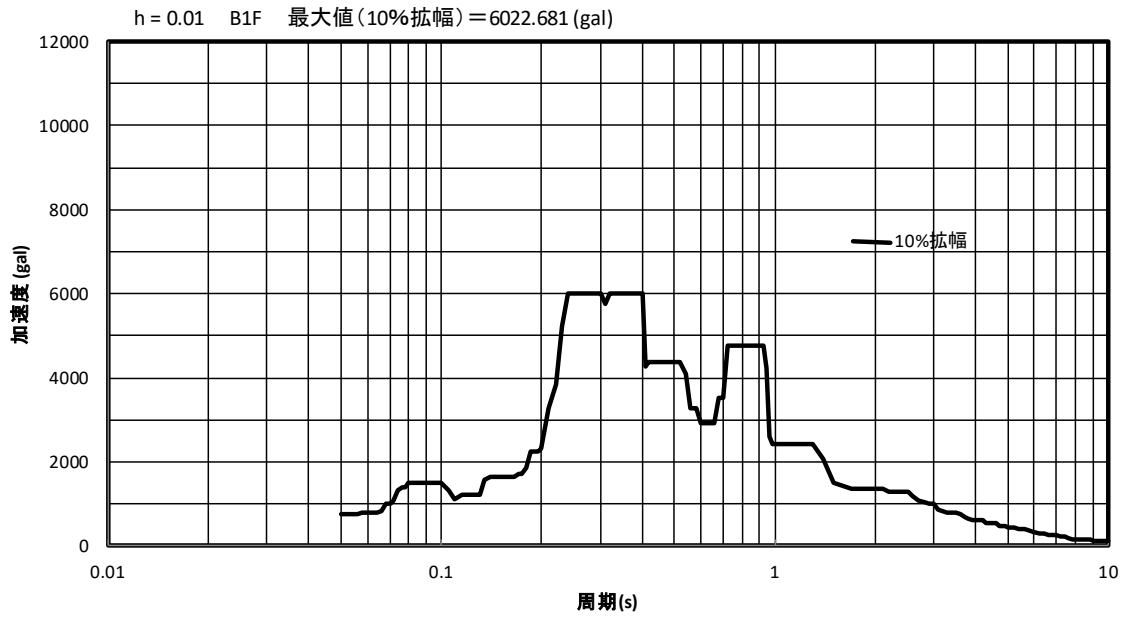


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

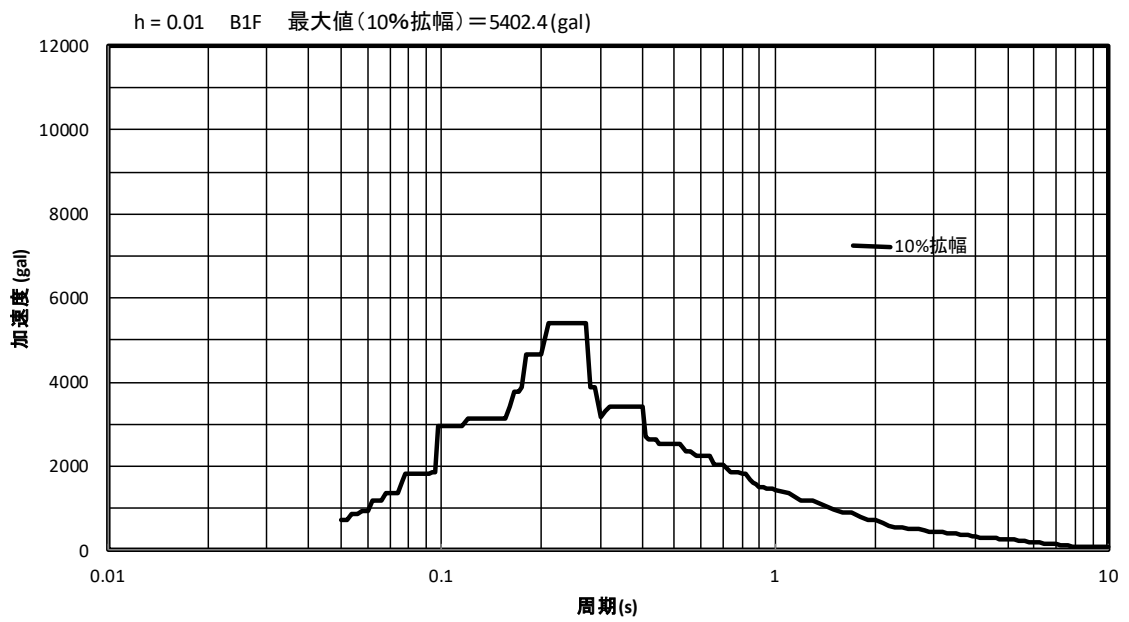


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

#### 4.5 計算方法

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の発生応力の計算方法はFEM解析(スペクトルモーダル法)を用いた。解析コードはFINAS<sup>※1</sup>を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0” .

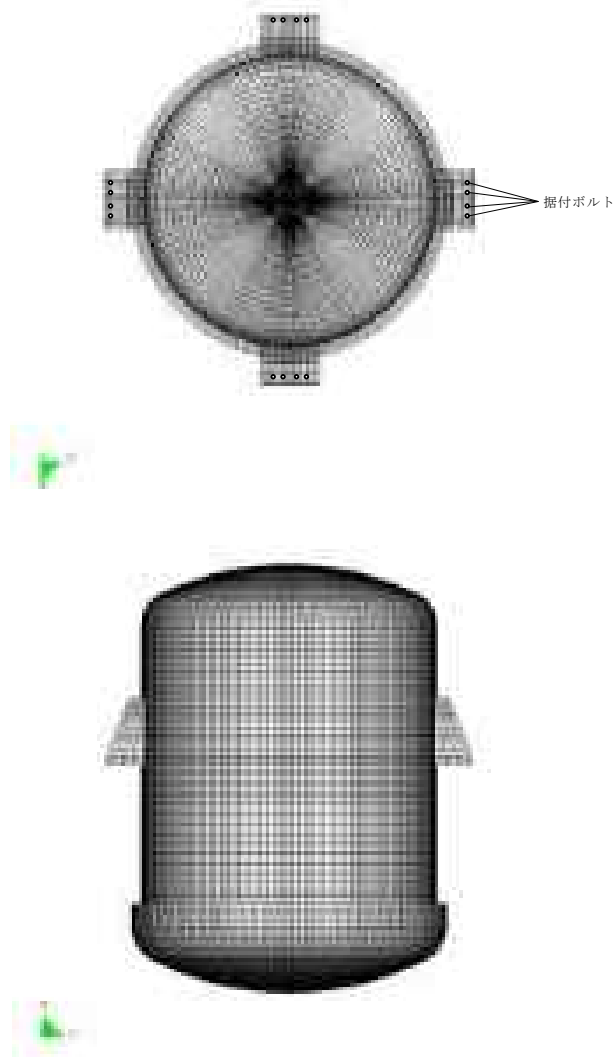
#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の解析モデルを図4-3に示す。FEM解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

モデル化に当たって、空質量には槽内構造物等の質量が含まれているが、それらの質量は胴板全体に付加した。また、高放射性廃液の質量については、接液部分の胴板に付加した。胴板への質量の付加においては、解析モデルの総質量が約27.07 tとなるように液位より下部の胴板の密度に付加した。





拘束条件 ○：固定，－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト	○	○	○	－	－	－

図 4-3 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析モデル

#### 4.6.2 諸元

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の主要寸法・仕様を表 4-4 に示す。空質量には、貯槽本体胴（ジャケットを含む。）、ラグ、内部配管及び内部配管の支持部材を含む。

表 4-4 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
受入槽(G11V10)及び 回収液槽(G11V20)	安全上の機能	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	クラス 3
	圧力（設計圧力）	0.049 (MPa)
	胴外径	2426 (mm)
	胴板厚さ	13 (mm)
	胴高さ（外側）	3476 (mm)
	胴材質	R-SUS304ULC
	胴温度（設計温度）	95 (°C)
	据付ボルト呼び径	M20
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	245 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SUS316
	据付ボルト温度	45 (°C)
	液量（満杯）	11 (m <sup>3</sup> )
	液密度	1.6 (g/cm <sup>3</sup> )
	空質量	約 9.47 (t)
総質量（設計質量）	約 27.07 (t)	

※ JIS B 0205 に基づく。

#### 4.7 固有周期

受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の固有周期及び固有モードを図 4-4 に示す。

1次モード図 固有周期：0.062（秒）

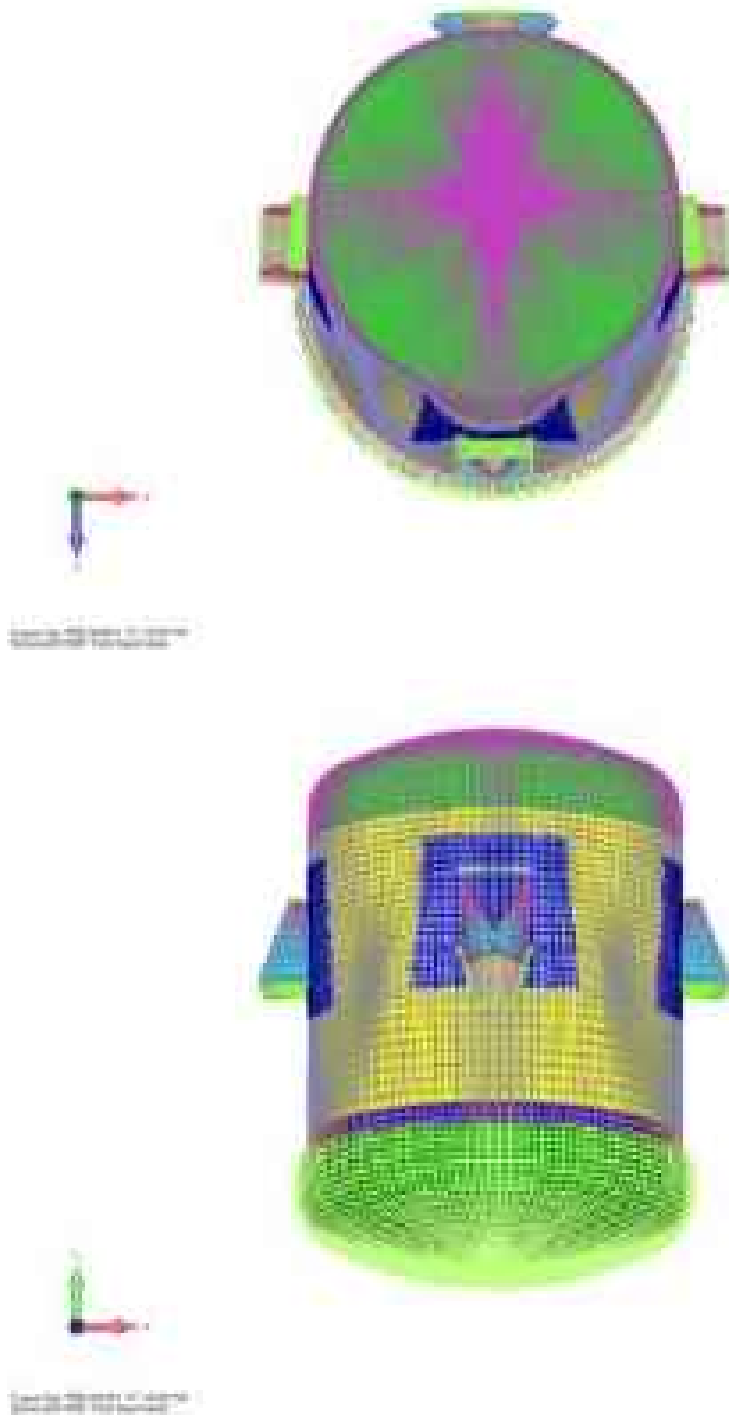


図 4-4 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.062（秒）

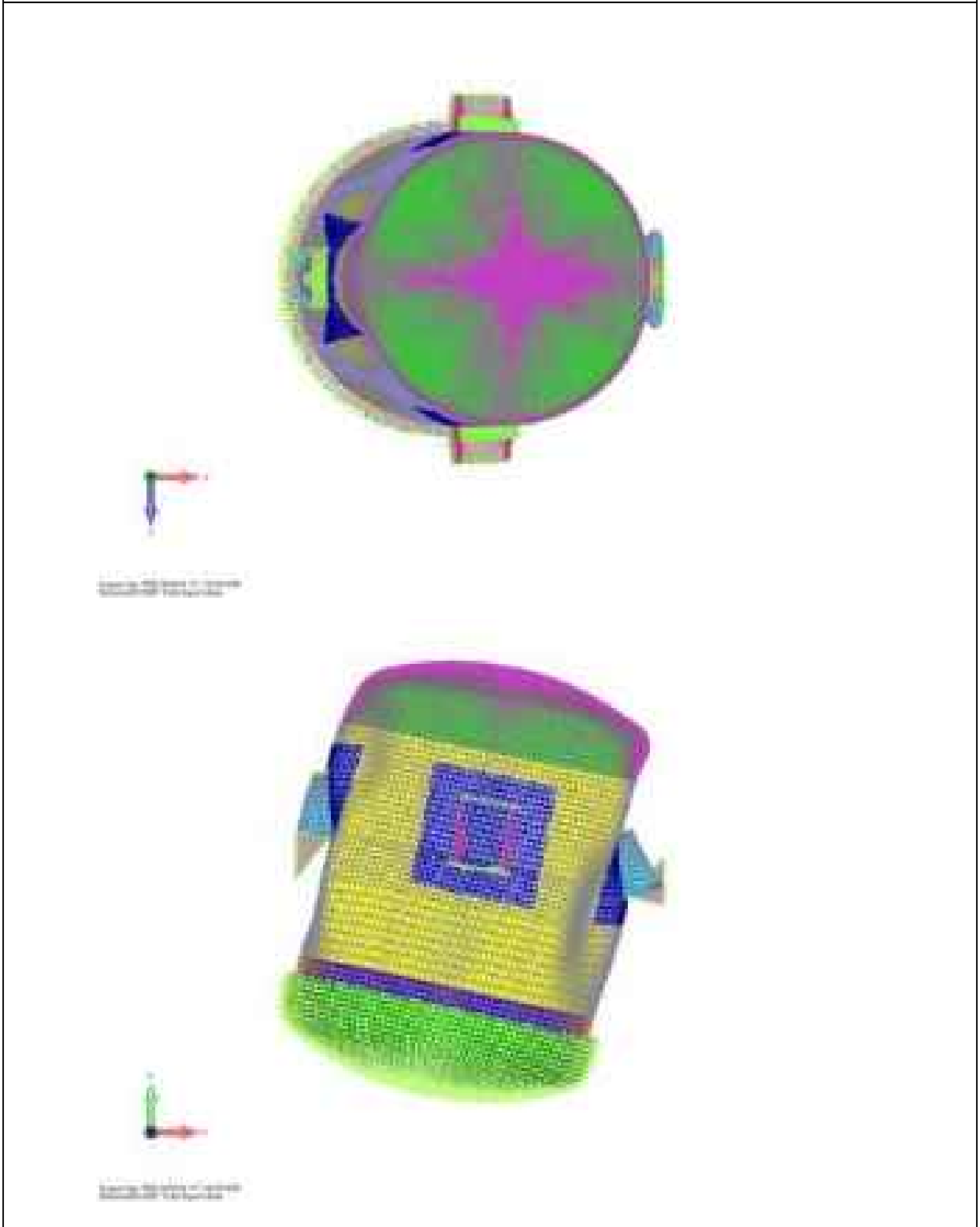


図 4-4 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.042（秒）

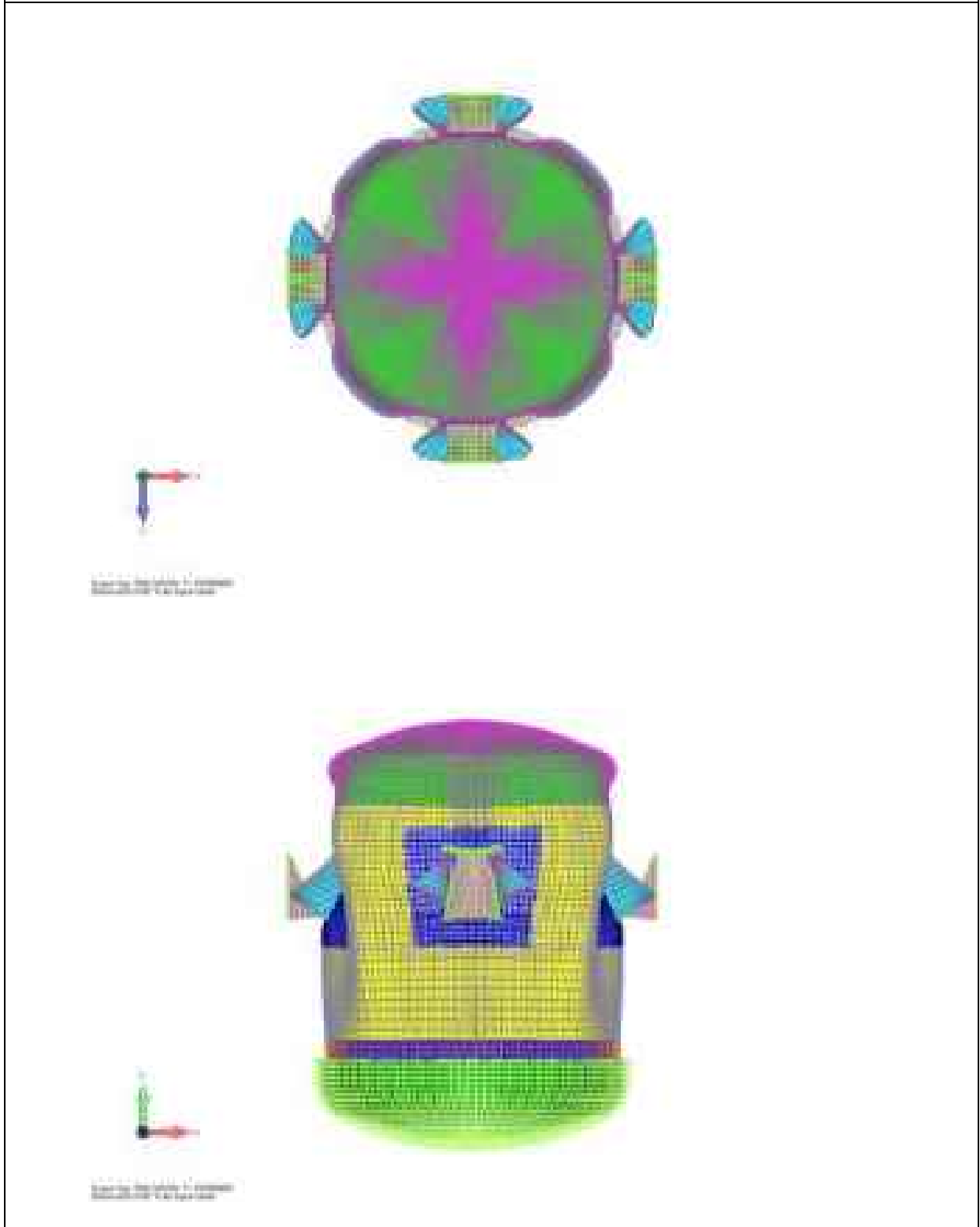


図 4-4 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。胴部の最大応力発生点（応力強さ）を図 5-1，図 5-2 に，ラグ部の最大応力発生点を図 5-3 に，ボルトの最大せん断応力発生点を図 5-4 に示す。ボルトの発生応力は，計算から得られるボルト 1 本当たりの最大せん断荷重をボルトの有効断面積で除して算出した。

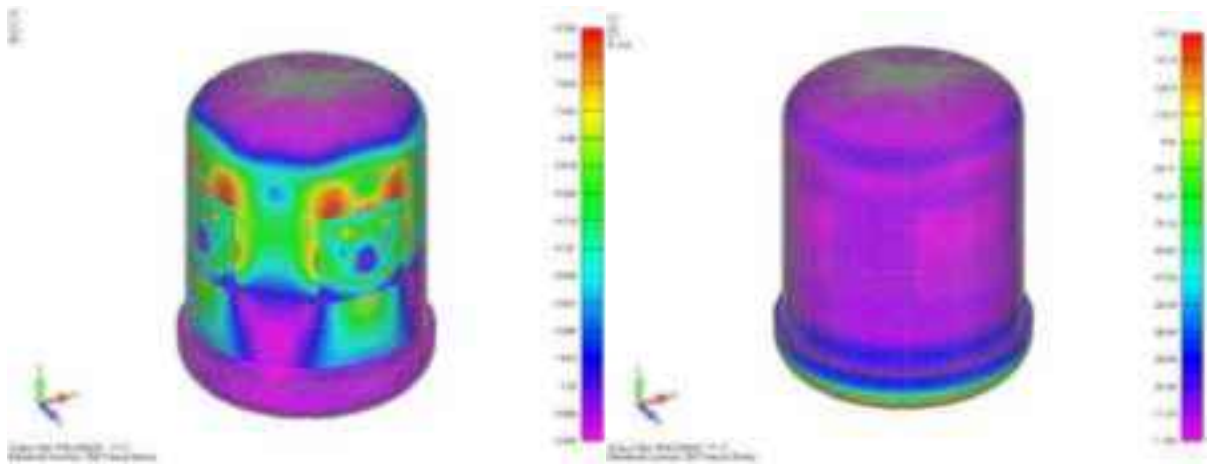
ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各評価部位の発生応力は，いずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)	胴 (冷却ジャケットを含む。)	一次一般膜	103	247	0.42
		一次	152	371	0.41
	ラグ	一次	176	246	0.72
	据付ボルト	引張	139	246	0.57
		せん断	205	226 <sup>※2</sup>	0.91

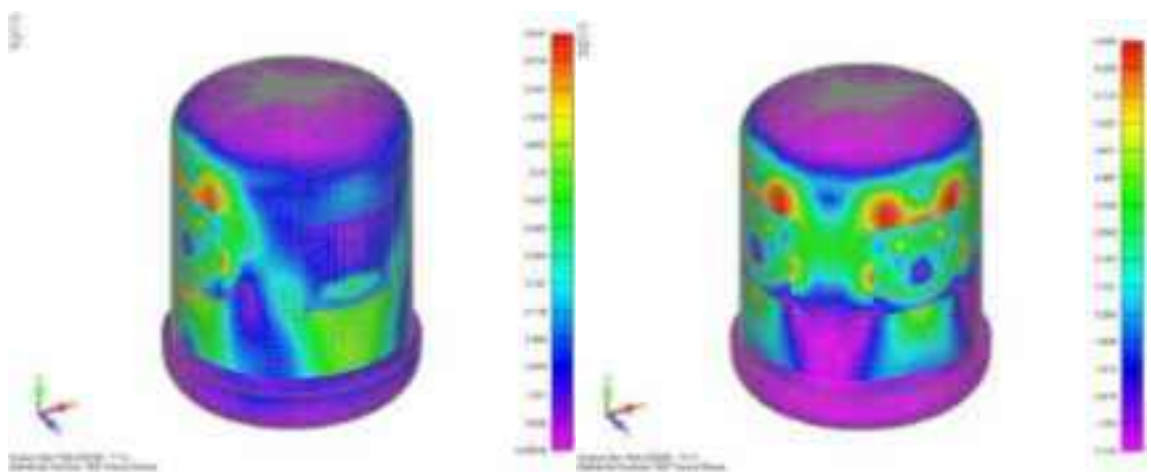
※1 応力比は，発生応力／許容応力を示す。

※2 JSME S NC1-2012 SSB-3200 に基づき実施したせん断試験から得られた  $A_L$  をボルトの断面積で除して算出した許容応力（詳細は別紙 6-1-2-5-2-1 参考 1 に示す。）。



(1) 自重による応力

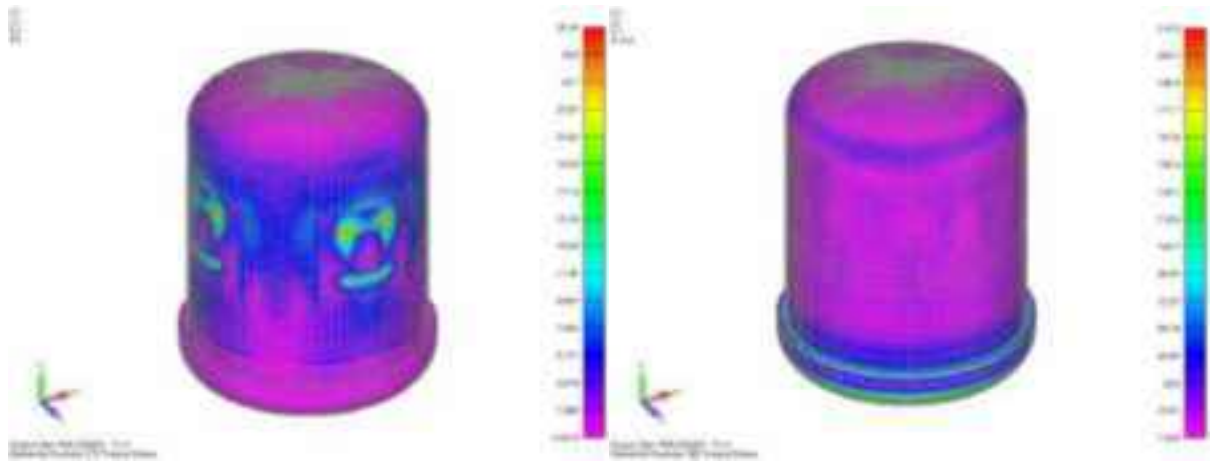
(2) 圧力による応力



(3) 水平 X 方向地震力による応力

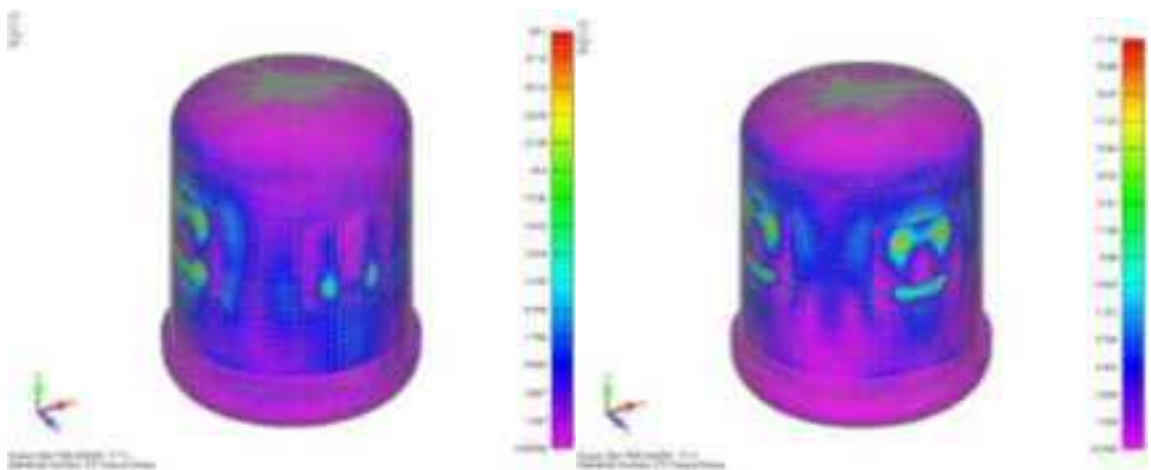
(4) 鉛直方向地震力による応力

図 5-1 胴部の構造強度評価結果（一次一般膜応力）



(1) 自重による応力

(2) 圧力による応力

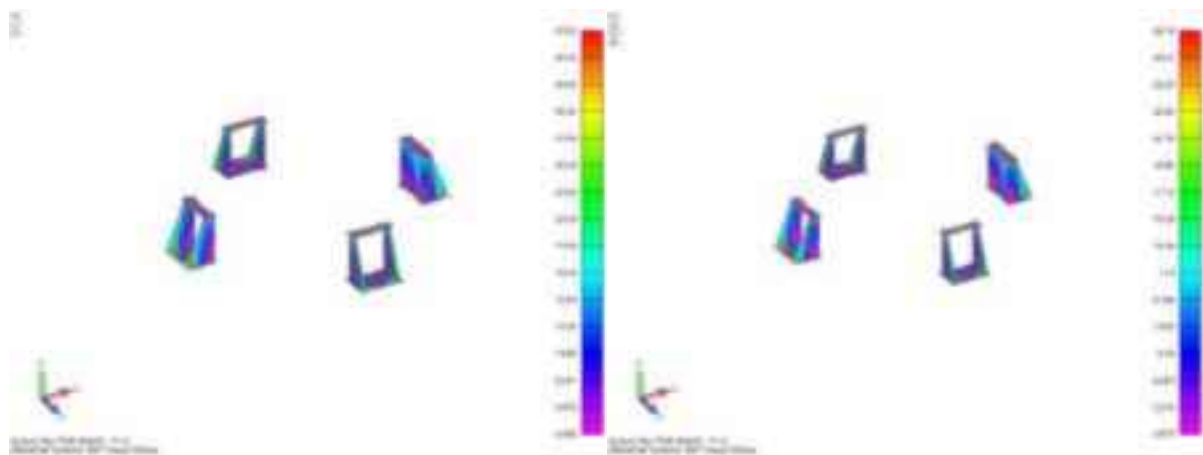


(3) 水平 X 方向地震力による応力

(4) 鉛直方向地震力による応力

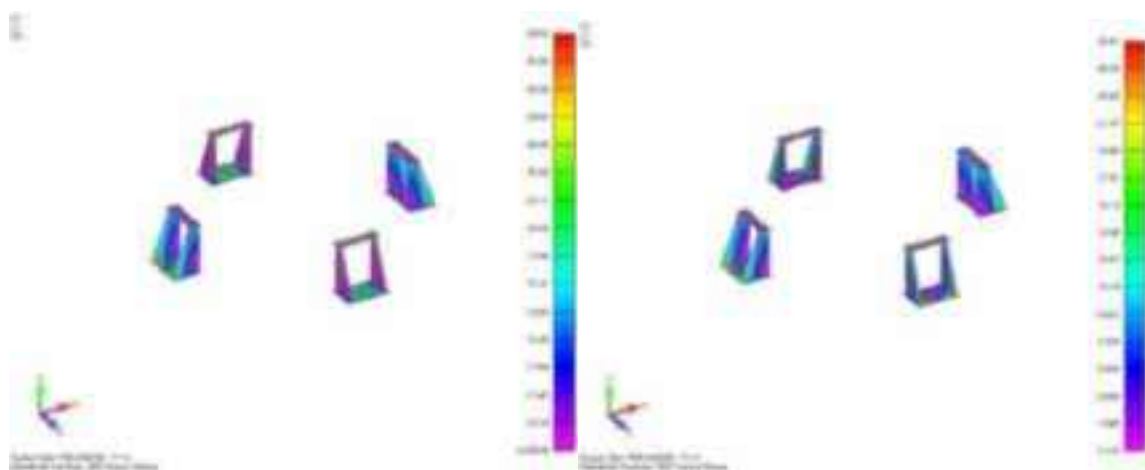
図 5-2 胴部の構造強度評価結果（一次応力）





(1) 自重による応力

(2) 圧力による応力



(3) 水平 X 方向地震力による応力

(4) 鉛直方向地震力による応力

図 5-3 ラグ部の構造強度評価結果（一次応力）

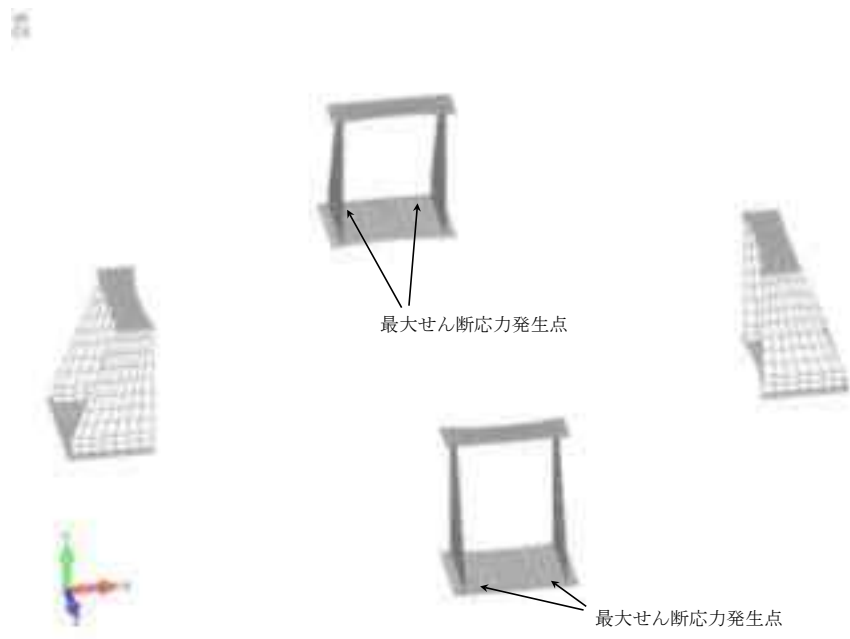


図 5-4 据付ボルトの最大せん断応力発生点（荷重条件：水平 X 方向地震力）

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟  
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)  
据付ボルトのせん断強度試験について

1. 試験の概略

高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から受け入れる受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) (以下「受入槽等」という。) は槽の 4 方向側面に取り付けられたラグと据付ボルトを介して架台に固定し、支持する構造となっている。

地震力が作用する場合において、これらのボルトは主として受入槽等の水平方向の慣性力を受け止めて支持する役割を担う。その際、ボルトにはせん断応力が生じることとなる。したがって、地震時に受入槽等の支持構造の健全性を保つには、地震力によって生じるせん断応力に対してボルトの許容応力が十分余裕を持つことが必要である。

以上から、当該ボルトのせん断強度を現物に即して把握することは受入槽等の耐震性を判断する上で重要であるため、実物を模擬した荷重試験を実施しデータを取得した。

荷重試験は“日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2008 年版) 〈第 I 編 軽水炉規格〉” (設計規格) <sup>[1]</sup> の“SSB-3000 クラス 1 支持構造物の設計”における“SSB-3210 許容荷重”に定める内容に準拠したものとした (表 1)。

表 1 荷重試験の条件と実機の荷重状態の同一性

SSB-3210 要求項目		実機の支持構造	荷重試験条件
同一の材質	同一規格材	JIS G 4303 ステンレス鋼棒材の SUS316	JIS G 4303 ステンレス鋼棒材の SUS316
	同一製造法	1050℃での固溶化処理	1080℃での固溶化処理
同一の品質管理基準		JIS に定める化学成分、機械的特性を材料検査証明書で確認	JIS に定める化学成分、機械的特性を材料検査証明書で確認
同一の形状		—	実機設計図に基づき製作し、実機の使用前検査と同じ検査項目を確認。当該支持構造物が地震時に受ける荷重状態 (せん断) に合致するような形状で試験を実施
供試体の個数 (3 個)		—	3 個
許容荷重の計算に用いる値 (得られた値のうち最小の値)		—	得られた値のうち最小の値

荷重試験の結果と、その結果を用いて“SSB-3240 供用状態 D での許容荷重”に規定されている方法を用いて算出した許容荷重を表 2 に示す。“日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 材料規格 (2012 年版)” (材料規格) <sup>[2]</sup> に記載されている JIS G 4303 ステンレス鋼棒 SUS316 の設計降伏点・設計引張強さから設計規格<sup>[1]</sup> の“SSB-3133 供用状態 D での許容応力”に規定さ

れている方法を用いて算出した許容せん断応力は 142 MPa (45℃) であることから、実機の支持構造を模擬した荷重試験から得られた許容応力には十分な裕度があることが確認できた。

表 2 荷重試験から得た値に基づき計算した許容荷重及び許容応力

観測値 最小値 $T_L$	120.4 kN/本
試験温度	室温
最高使用温度	45 °C
$S_{yt}$ (JIS G 4303 SUS316)	205 MPa (室温) ※ 材料規格 Part 3 第 1 章 表 6 の常温最小降伏点。
$S_{yd}$ (JIS G 4303 SUS316)	201.8 MPa (45℃) ※ 材料規格 Part 3 第 1 章 表 6 の 65℃ の値 (189 MPa) と 40℃ の値 (205 MPa) を線形補間して求めた 45℃ の値。
許容荷重 $A_L = \frac{0.6T_L S_{yd}}{S_{yt}}$	71 kN/本 (45℃)
供試体断面積 $C$	314 mm <sup>2</sup> ※ M20 ボルト呼び径 (20mm) より $\phi 14 \times \phi 14 \times 314$
許容応力 $f_s = \frac{A_L}{C}$	226 MPa (45℃)

## 2. 受入槽等の支持構造

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の受入槽（G11V10、容量 11 m<sup>3</sup>）及び回収液槽（G11V20、容量 11 m<sup>3</sup>）は同形状の堅型円筒槽であり、固化セル（地下 2 階）の床面、北側壁及び東側壁に固定された共通の架台上に設置されている（図 1）。

架台は断面寸法が 200 mm×200 mm（肉厚 12 mm）及び 150 mm×150 mm（肉厚 9 mm）の角型鋼管（SUS304 材）を溶接して組み上げた頑強な架構構造物で、脚部の床面 7 か所、北側壁面 4 か所、東側壁面 6 か所で建家躯体に埋め込まれている支持金物に溶接で取り付けられている。

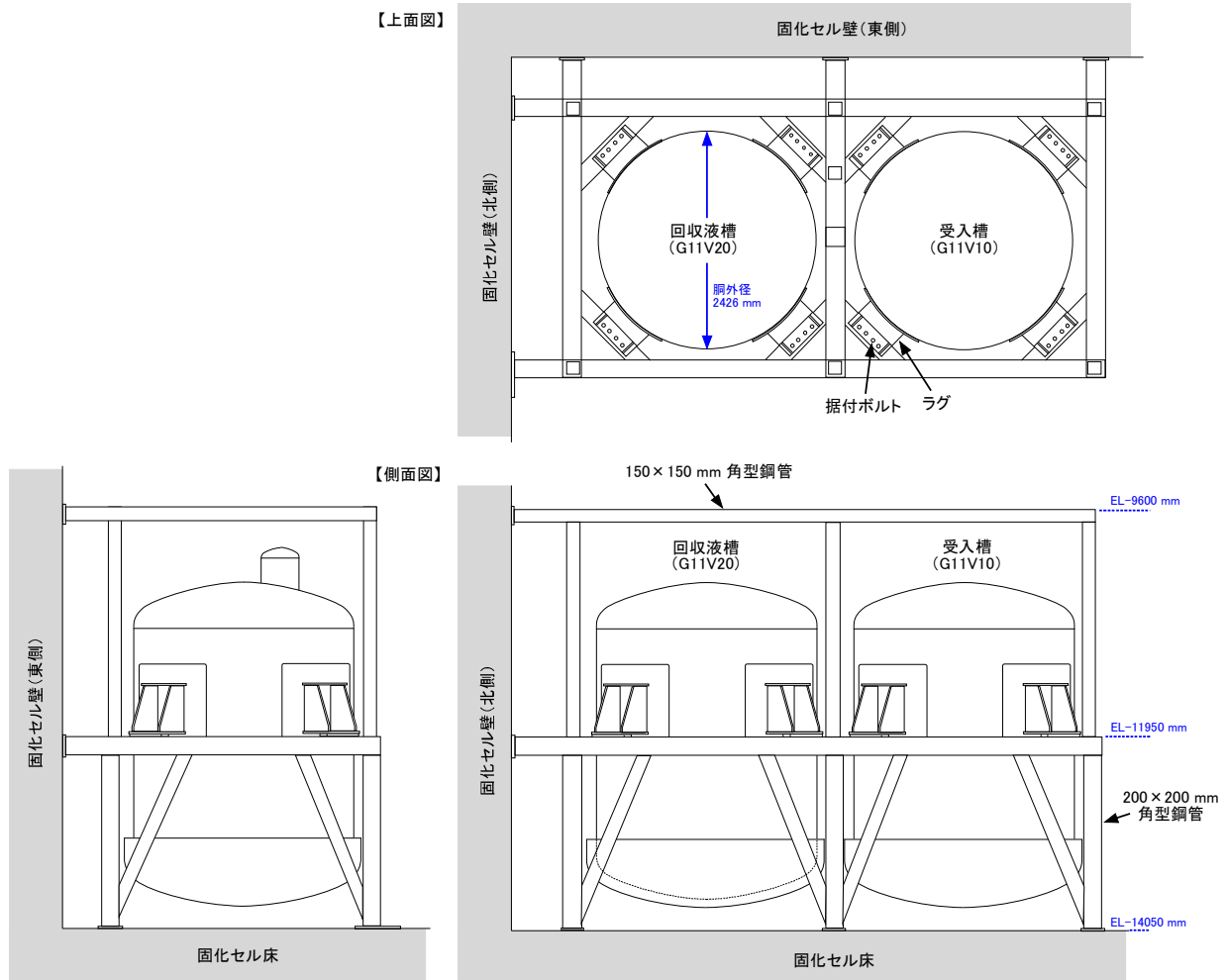


図 1 受入槽・回収液槽

受入槽等には側面 4 方向 1 か所ずつにラグが設けられている。ラグを架台の 200 mm×200 mm（肉厚 12 mm）角型鋼管上に溶接したライナー（厚さ 30 mm の SUS304 材の板）にねじ込まれた 4 本の据付ボルト（M20 サイズ）に差し込み、二重ナットを用いて締結している（図 2、図 3）。全体として、貯槽は 16 本の据付ボルトを用いて固定されている。

地震力が作用した場合、これらのボルトには主として水平方向の加振力が働くことでせん断応力が生じる。まず、建家が地震力によって水平動を生じ、建家からの水平力は床面及び 2 方向の壁面から架台に伝達し、架台上の据付ボルトを通して受入槽等を水平方向に押す力として働く。その際には、ラグと架台に溶接されたライナーの境界位置の据付ボルト断面にせん断力

が作用する。

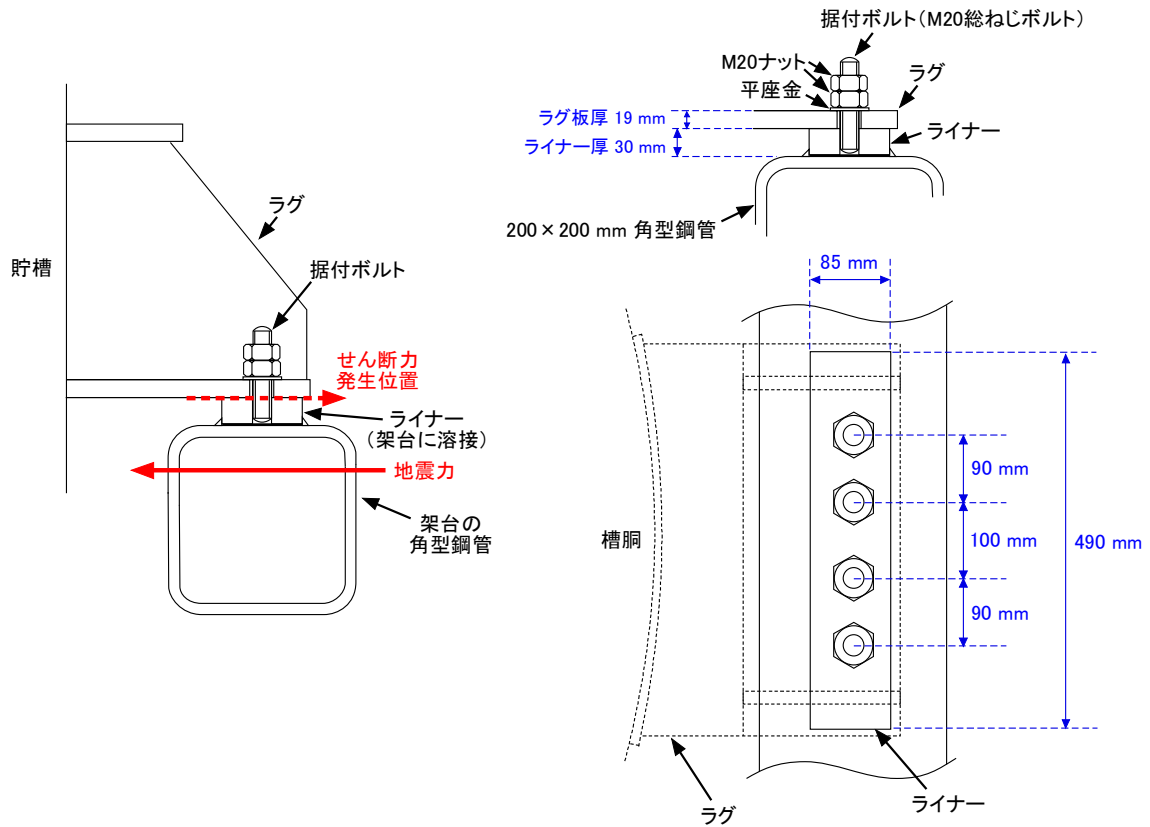


図2 受入槽・回収液槽の直接支持構造

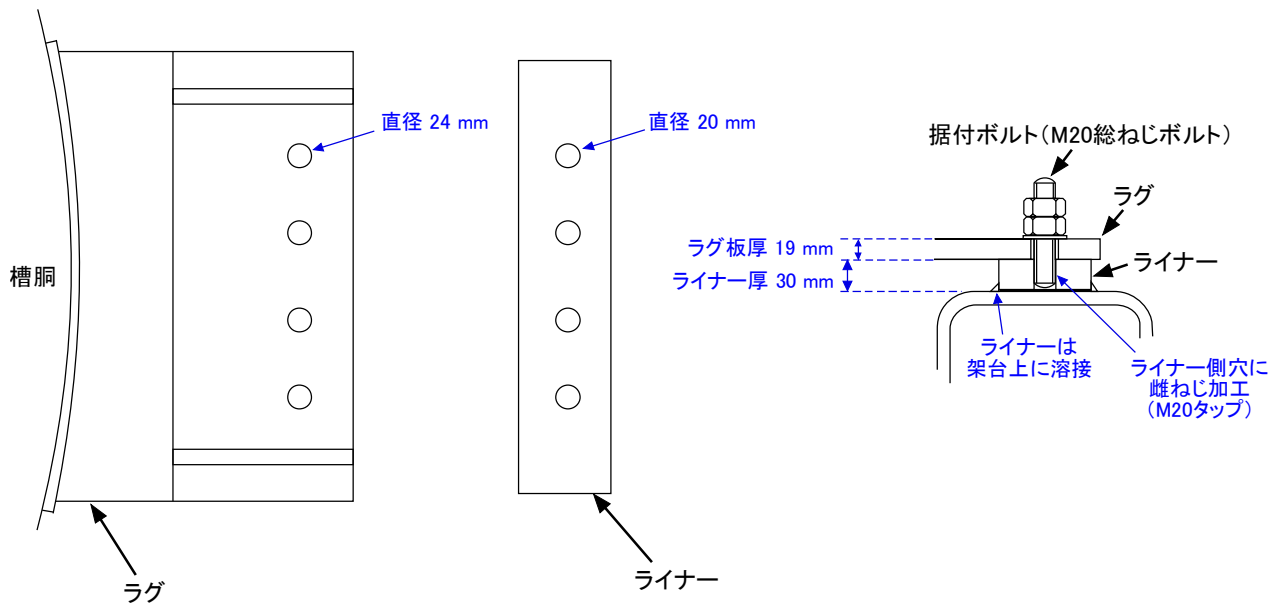


図3 受入槽・回収槽のラグの固定状態

### 3. せん断強度試験

#### 3.1. 試験の対象

実機で使用された材料及び支持構造に基づき、受入槽等を支持している据付ボルトが実際の設置状態で耐え得る最大のせん断力（据付ボルトが破断するおそれのある荷重）を取得する。また、取得した荷重データから許容荷重及び許容応力を評価する。

#### 3.2. 準拠する規格

前項の目的に適した試験を実施するために、設計規格<sup>[1]</sup>における“SSB-3210 許容荷重”に定める内容に準拠した荷重試験を実施する。その要件は以下のとおりである。

##### SSB-3210 許容荷重

材料の許容荷重に関する次の SSB-3220 から SSB-3240 を満足する場合は、SSB-3100 の材料の許容応力の規定に変えることができる。SSB-3210 から SSB-3240 において、計算に用いる材料の設計降伏点は、当該支持構造物に使用する材料のうち最高使用温度における材料規格 Part3 第 1 章 表 6 に定める値と試験温度における材料規格 Part3 第 1 章 表 6 に定める値との比が最小となる材料の値としなければならない。

荷重試験における供試体の個数は、同一の材質および形状を有する支持構造物ごとに 3 個とし、供試体によって得られた値のうち最小の値を用いて許容荷重を計算する。ただし、計算で求めた許容荷重の 0.9 倍の値を許容荷重とする場合は、同一の材質及び形状を有する支持構造物ごとに 1 個の供試体により得られた値を用いることができる。

##### 解説 SSB-3210 許容荷重

SSB-3200 は、荷重試験によって支持構造物の許容荷重をあらかじめ求めておき、実際の荷重がその許容荷重以内であることを確認することにより支持構造物の強度上の評価を行う場合について定めたものである。荷重試験の具体例を次に示す。

##### (1) 荷重試験の具体例

支持構造物の荷重試験は、それが使用される荷重状態（引張またはせん断等）に合致させた方法で行わなければならない。例えば、配管のハンガロッドに対して荷重試験によって許容荷重を求める場合は、引張試験を行えばよい。この時に得られる $T_L$ は解説図 SSB-3210-1 のようになる。



解説図 SSB-3210-1 荷重－変位曲線

したがって、供用状態 A および B における許容荷重  $A_L$  は、最高使用温度が室温の場合において  $A_L = \frac{T_L}{3}$  となる。

SSB-3210 で規定した許容荷重と SSB-3110 の許容応力との関係は、次に掲げるとおりである。

供用状態 A および B における許容荷重は、

$$A_L = \frac{1}{3} \times T_L \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}} \quad (\text{解説 SSB-32})$$

$T_L$  は、試験時に最も弱い部分が  $S_u$  に達した時の値と考えられるため、引張応力で考えれば、

$$\sigma_L = \frac{1}{3} \times S_u \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}} \quad (\text{解説 SSB-33})$$

となる。

SSB-3121 の許容応力では、引張に対して、

$$f_t = \text{MIN} \left[ \frac{0.7}{1.5} S_u, \frac{1}{1.5} S_y \right] \quad (\text{解説 SSB-34})$$

としており、 $\frac{S_{yd}}{S_{yt}}$  は許容荷重の温度補正を表すため、最高使用温度における  $S_u$  ベースで考えると、

$$\frac{A_L}{f_t} = \frac{\frac{1}{3} S_u}{\frac{0.7}{1.5} S_u} = \frac{2.14}{3} = 0.713 \quad (\text{解説 SSB-35})$$

$S_y$  ベースで考えると、通常材料では、 $S_y \geq \frac{1}{2} S_u$  であるため  $S_y = \frac{1}{2} S_u$  と仮定して計算すると、

$$\frac{A_L}{f_t} = \frac{\frac{2}{3} S_y}{\frac{1}{1.5} S_y} = 1 \quad (\text{解説 SSB-36})$$

となり、許容応力に対して等価または安全側となる。

またステンレス鋼材 (SUS304 または SUS316) のように  $S_y$  が  $\frac{1}{2} S_u$  を下回る材料においては、 $f_t = \frac{1.35}{1.5} S_y$  としているため、上記の考え方を採っても  $S_y \geq \frac{1}{2.7} S_u$  の範囲の材料までカバーされることとなる。

なお、供用状態 A および B に対する割増し係数は、許容応力における  $S_y$  ベースの係数と等価である。

- (2) 本規定の「同一の材質および形状を有する支持構造物」とは、同一寸法で同一規格材を使用し、同一の製造法で製造され、同一の品質管理規準に合格したものであること。供試体の個数が 1 個の場合、 $T_L$  の 90% を用いることにしたのは、ASME B&PV Code Section III NF-3281 (2001) による。3 個の場合、最低の  $T_L$  を用いるのは平均値より安全側であるためである。

### 3.3. 使用材料と規格への適合性

受入槽等に実際に使用されている据付ボルトは JIS G 4303 で規格化されている SUS316 材で製作された M20 ボルト (並目ねじ) である。JIS の規格値と実際に使用されている据付ボルト、今回の荷重試験で用いた供試体の材料特性を表 3 に示す (なお、これらのエビデンスとなる材料試験成績書を添付-1 及び 2 に示す。)。成分においては Si, S 及び Mn でやや差違が目立つが、いずれも JIS 規格の定める範囲内のバラツキである。

これより、本試験で用いる供試体は SSB-3210 の要求するところの <同一の材質>、すなわち「同一規格材 (ここでは JIS G 4303 に基づく SUS316 ステンレス鋼棒材) を使用し、同一の製造法 (ここでは同一熱処理温度で固溶化処理を実施) で製造され、同一の品質管理規準 (ここでは当該 JIS に定められた項目について材料検査証明による確認) に合格したものに適合していると考えられる。



表 3 受入槽等の据付ボルトと供試体の材料特性

対象 (SUS316)	寸法 (mm)	化学成分							
		C (%×100)	Si (%×100)	Mn (%×100)	P (%×1000)	S (%×100)	Ni (%×100)	Cr (%×100)	Mo (%×100)
規格範囲 <sup>※1</sup>	—	max 8	max 100	max 200	max 45	max 30	1000 ~ 1400	1600 ~1800	200 ~300
実物		6	50	117	31	22	1001	1611	206
供試体		5	33	132	38	30	1000	1689	201

対象 (SUS316)	機械的特性							熱処理温度 (°C)
	試験温度 (°C)	試験片	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)	硬さ試験 (HBW)	
規格範囲 <sup>※1</sup>	—	—	min 205	min 520	min 40	min 60	max 187	1010~1150 急冷
実物	20	4号試験片 <sup>※2</sup>	274 (28 kgf/mm <sup>2</sup> )	598 (61 kgf/mm <sup>2</sup> )	64	75	134	1050
供試体	RT	10号試験片 <sup>※3</sup>	265	600	61	72	156	1080

※1 JIS G 4303 SUS316

※2 JIS Z 2201 に定める径 14.0×焦点距離 50 mm の試験片サイズ。

※3 JIS Z 2201 に定める径 12.5×焦点距離 50 mm の試験片サイズ。

### 3.4 試験方法と規格への適合性

荷重試験の方法は実物の支持構造を模擬できるように検討を行った。実機の支持構造は「2. 受入槽等の支持構造」で述べたとおり、ラグの底板に設けられたボルト孔に据付ボルトを差し込み、二重ナットで締結したものである。据付ボルトはラグの底板と据付ボルトが埋め込まれたライナー（架台上に溶接で固定されている。）によって拘束されるため地震動による水平力によってせん断力を負担する。

このような実機の固定状態における地震時せん断力を模擬するための試験治具を製作した。試験治具の概念を図 4 に示す。先に示した SUS316 の棒材を実機の設計図及び施工記録に基づきメートル並目ねじの規格（JIS B 0205）で加工した供試体（図 5 に示す M20 ボルト相当品）の一端を試験治具のライナー模擬体にはめ込んでラグ模擬体を挟み二重ナットで結合した。その際のナットの締め付けトルクは実機据付工事の時と同じ（98.07 N・m（1000 kg・cm））とした。ラグ模擬体及びライナー模擬体は実機ラグと同じ SUS304 で製作したものである（図 6，図 7）。なお、試験治具への取り付けを考慮したためライナー模擬体の厚さ（50 mm）は実機ライナーの厚さ（30 mm）と異なっているが、据付ボルトのねじ込み深さ（30 mm，図 3 及び図 4 参照）は同じとすることで支持構造を同等としている。

荷重試験はラグ模擬体を油圧式一軸試験装置（引張・圧縮能力 1000 kN，図 8）のクロスヘッドに固定し、固定架台を設置した油圧式一軸試験装置のテーブルを上方へ一定の荷重速度で移動させていくことで、ラグ模擬体と固定架台（ライナー模擬体）に押さえられたボルト供試体に発生するせん断力を漸増させていき、その時の荷重と変位を測定する。荷重の増加はボルトが破断するまで継続した。これらの試験は株式会社 神戸工業試験場 茨城事業所（ISO17025 認証試験所）にて実施した。

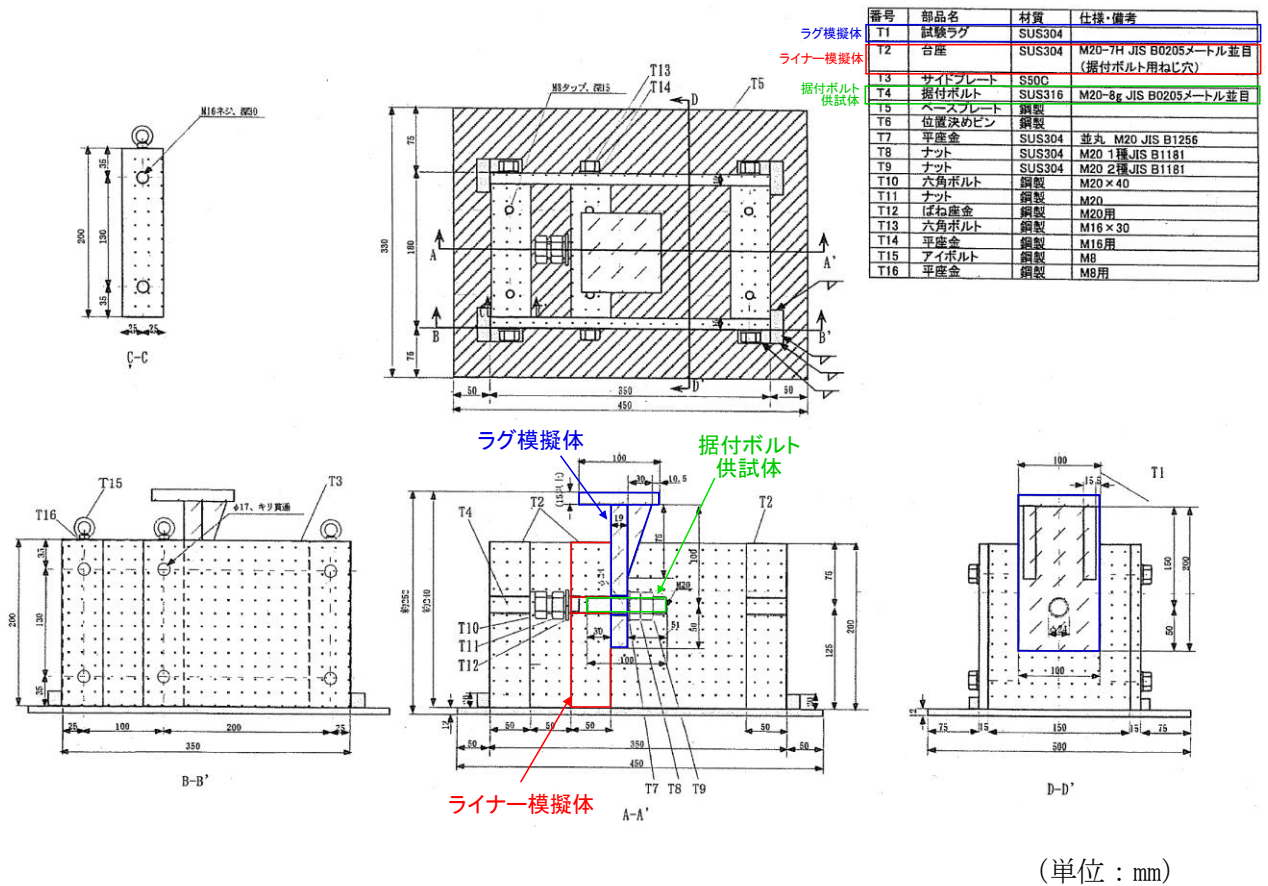


図4 せん断荷重試験の試験治具

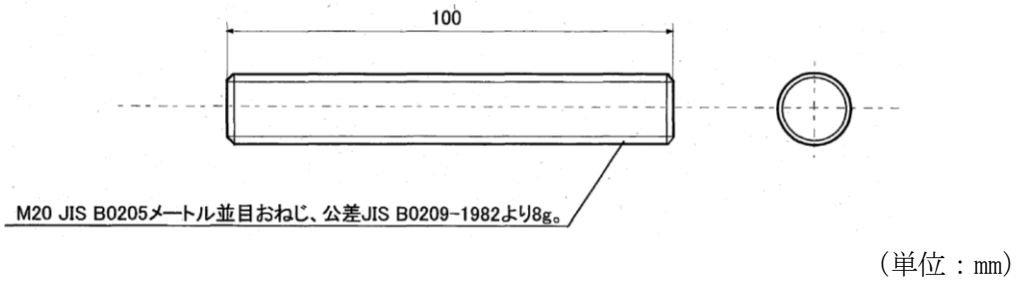
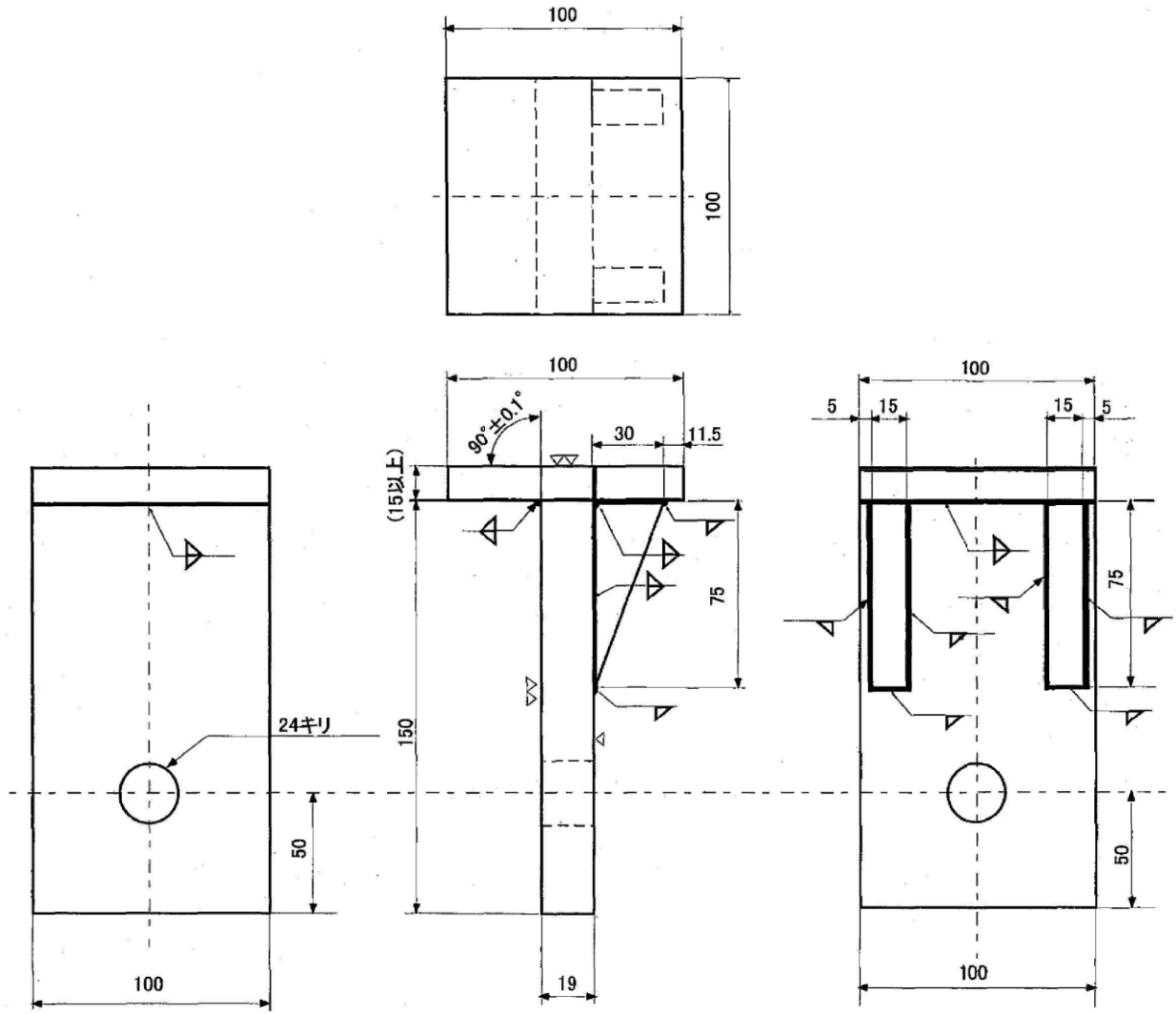


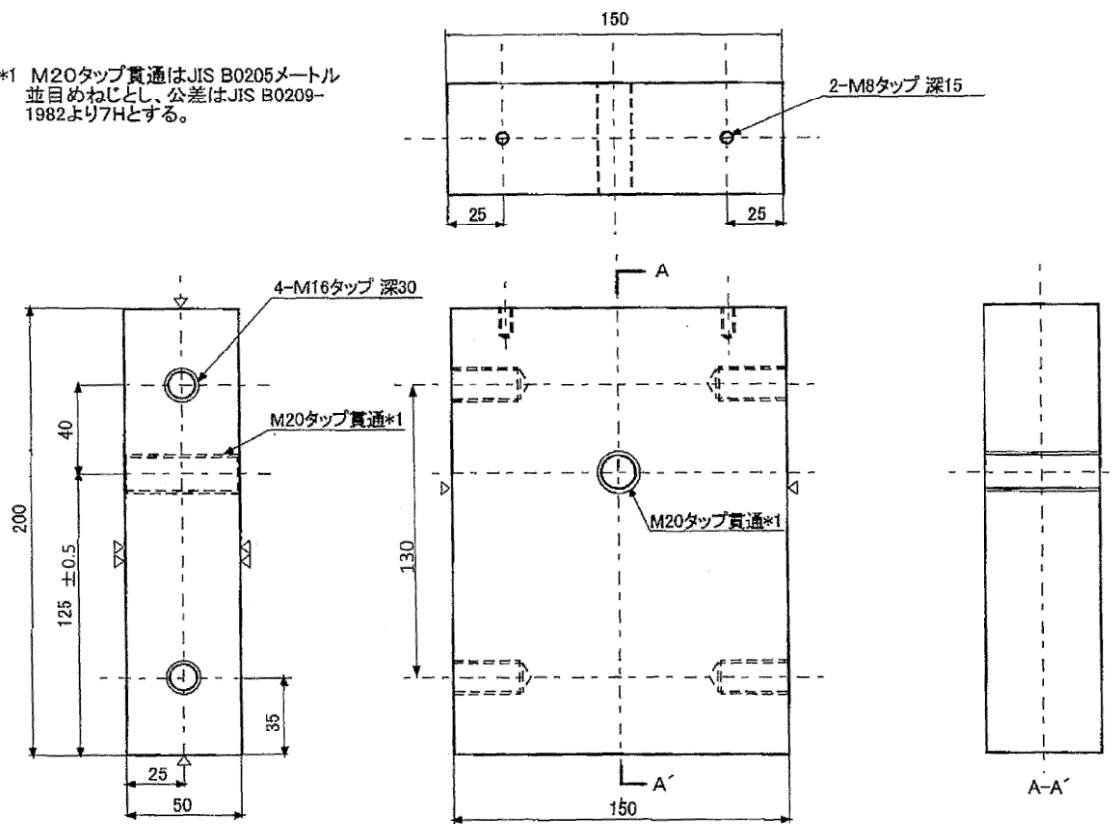
図5 据付ボルト供試体



(単位：mm)

図6 ラグ模擬体

\*1 M20タップ貫通はJIS B0205メートル並目めねじとし、公差はJIS B0209-1982より7Hとする。



(単位：mm)

図7 ライナー模擬体

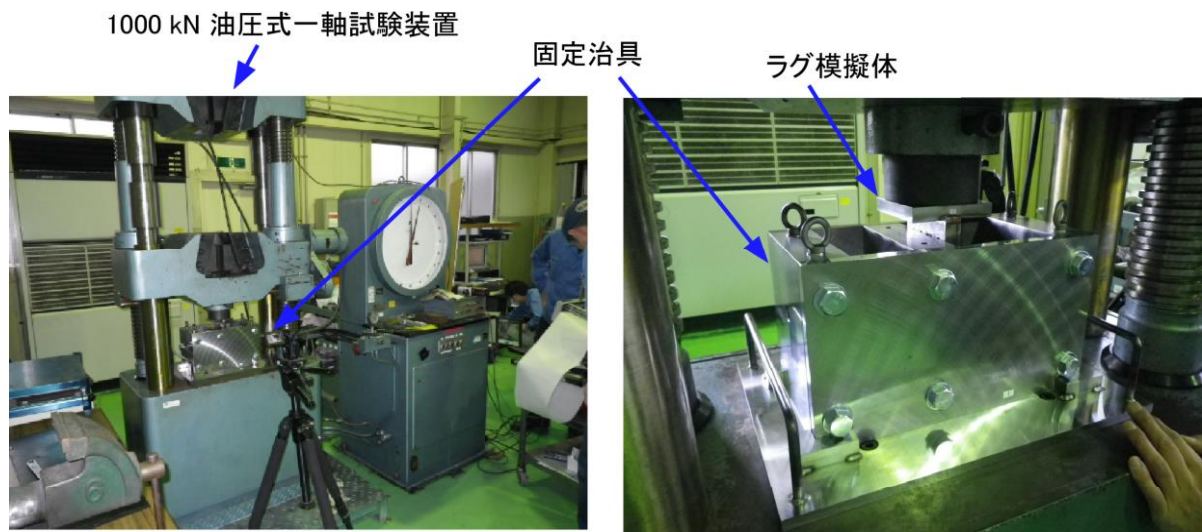


図8 荷重試験装置外観

変位の測定は油圧式一軸試験装置に取り付けたデジタルハイトゲージにより測定した。また、荷重は試験機に内蔵された荷重計により測定した。試験回数はSSB-3210の規定に基づき3回実施した。

以上より、本試験内容はSSB-3210の要求するところの<同一の材質及び形状を有する支持構造物ごとに3個>に適合したものとなっている。

また、実機における使用前検査項目・自主検査項目である材料確認検査、ボルト締付力確認、ボルト据付位置確認を行うことにより、同一の品質管理基準を満足するものとした。

#### 4. 試験結果

荷重試験から得られた変位と荷重の関係を図9に示す。得られた最大荷重は120.4～123.4 kNの範囲になり、最大荷重に至るまでの変位－荷重関係も概ね再現性のある結果となっている。

試験後の供試体の状態を図10に示す。せん断破壊はボルトを固定しているライナー模擬体とラグ模擬体の境界面で生じている。ラグ模擬体のボルト穴直径が24 mmであることから、ボルトに若干の傾きが見受けられるものの、曲げ変形が影響するほどの傾きではないと考えられる。

1回目		2回目		3回目	
変位量 [mm]	荷重 [kN]	変位量 [mm]	荷重 [kN]	変位量 [mm]	荷重 [kN]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	5.6	0.5	6.0	0.5	6.6
1.0	25.0	1.0	25.8	1.0	29.2
1.5	43.8	1.5	43.0	1.5	44.6
2.0	54.0	2.0	52.4	2.0	54.1
2.5	62.1	2.5	59.7	2.5	62.2
3.0	69.1	3.0	68.0	3.0	70.4
3.5	76.1	3.5	75.5	3.5	77.6
4.0	82.3	4.0	81.7	4.0	84.1
4.5	88.2	4.5	87.6	4.5	89.8
5.0	94.2	5.0	93.0	5.0	95.1
5.5	100.2	5.5	98.2	5.5	100.4
6.0	105.7	6.0	103.0	6.0	105.2
6.5	110.5	6.5	107.5	6.5	109.8
7.0	114.8	7.0	110.9	7.0	113.8
7.5	118.4	7.5	114.1	7.5	117.0
8.0	120.5	8.0	116.7	8.0	120.0
8.5	119.1	8.5	119.0	8.5	122.2
9.0	110.3	9.0	120.1	9.0	123.3
9.5	97.0	9.5	120.4	9.5	123.4
10.0	74.9	10.0	117.6	10.0	121.2
10.5	37.5	10.5	111.0	10.5	100.6
11.0	10.0	11.0	99.7	11.0	36.4
11.5	4.1	11.5	46.8	11.3	0.0
12.0	1.4	11.9	16.4		
12.5	1.5				
13.0	1.5				
13.5	2.2				
14.0	1.7				
14.5	1.4				
15.0	1.2				
15.8	0.0				

最大値	8.0	120.5	9.5	120.4	9.5	123.4
-----	-----	-------	-----	-------	-----	-------

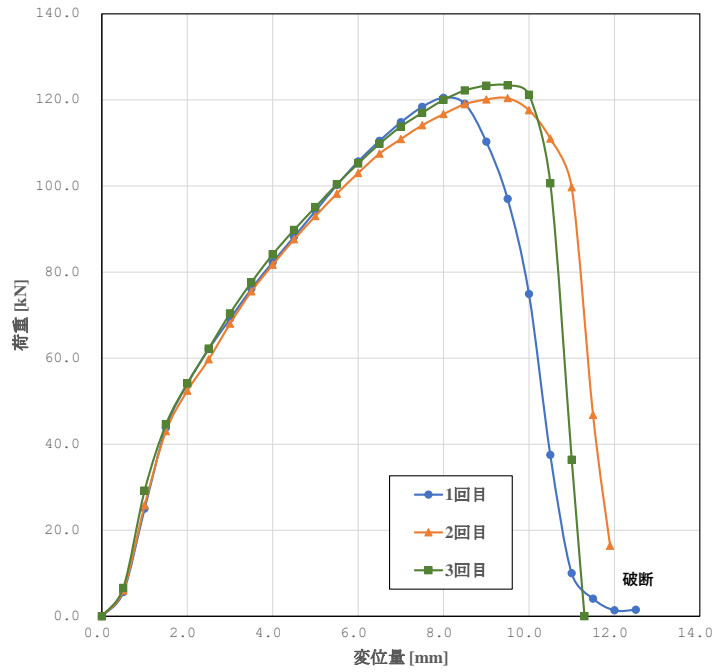


図9 荷重試験結果

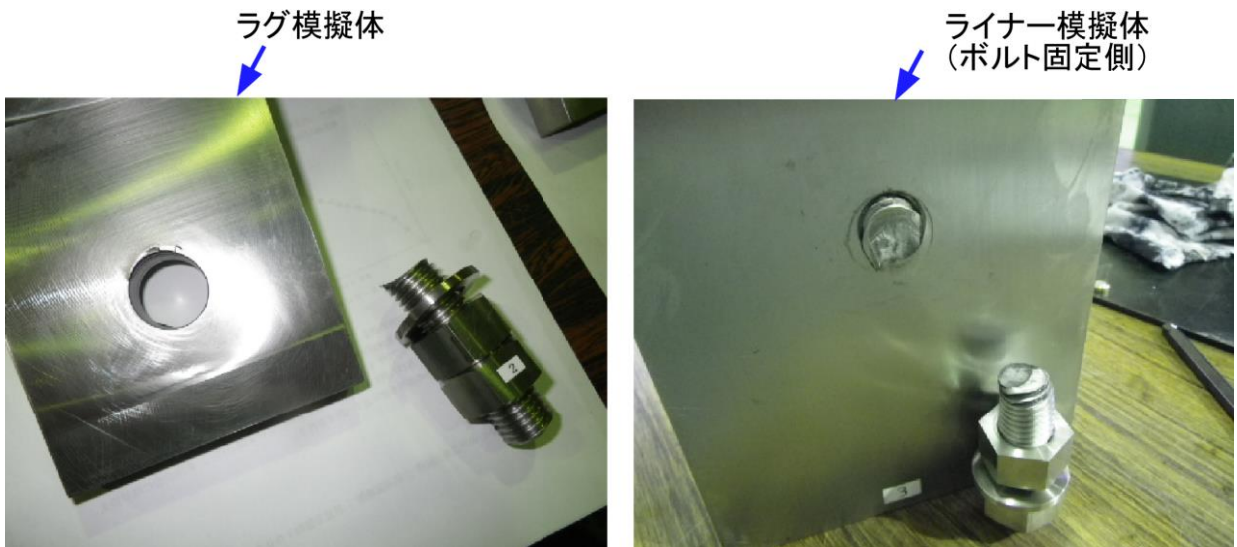


図10 試験後の供試体等の状況

5. 試験結果に基づく許容応力の評価

3回の荷重試験を行った結果、最大の荷重は表4に示すとおりであった。

表4 荷重試験における最大荷重値

試験	最大荷重 (kN/本)
1回目	120.5
2回目	120.4
3回目	123.4
観測値最小値	120.4

これより JSME S NC1-2008 の SSB-3240 に基づき許容荷重を計算する。その際に用いる荷重試験から得られた値としては、SSB-3210 に定められているように同一条件について3個の供試体から得られた値のうちの最小の値 (120.4 kN/本) を  $T_L$  値として用いる。

SSB-3240 供用状態 D での許容荷重

供用状態 D における荷重については、次の計算式により計算した値を超えないこと。この場合において、当該支持構造物と同一の材質および形状を有する支持構造物がある場合は、その支持構造物で求めた値を使用することができる。

$$A_L = \frac{0.6T_L S_{yd}}{S_{yt}}$$

$A_L$ : 許容荷重 (N)

$T_L$ : SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重 (N)

$S_{yd}$ : 最高使用温度における材料規格 Part 3 第 1 章 表 6 に定める値 (MPa)

$S_{yt}$ : 試験温度における材料規格 Part 3 第 1 章 表 6 に定める値 (MPa)

上記に基づき計算した許容荷重及び据付ボルト ( $\phi 20$  mm) の断面積を考慮した場合の許容応力は表5のとおりとなる。このように算出した許容荷重は図11に示すように試験データの最大荷重  $T_L$  (3回試験中の最小値) に対しても十分な裕度を持っている。

参考として図11には材料規格<sup>[2]</sup>に記載されている JIS G 4303 ステンレス鋼棒 SUS316 の設計降伏点・設計引張強さから設計規格<sup>[1]</sup>の“SSB-3133 供用状態 D での許容応力”に規定されている方法を用いて算出した許容せん断応力 (142 MPa) にボルト断面積 (保守性の観点から計算される許容荷重が少なくなる有効断面積 245 mm<sup>2</sup>を用いた。) をかけて許容荷重を求めた結果 (34 kN) を併記している (表6)。荷重試験から得られた値をもとに算出した許容荷重を実力値とみなすと、実力値は規格値に対して約 2.1 倍の余裕があるとみなせる。

表 5 荷重試験から得た値に基づき計算した許容荷重及び許容応力

試験条件	受入槽据付ボルト (M20)
観測値 最小値 $T_L$	120.4 kN/本
試験温度	室温
最高使用温度	45 °C
$S_{yt}$ (JIS G 4303 SUS316)	205 MPa (室温) ※ 材料規格 Part 3 第1章 表6の常温最小降伏点。
$S_{yd}$ (JIS G 4303 SUS316)	201.8 MPa (45°C) ※ 材料規格 Part 3 第1章 表6の65°Cの値 (189 MPa) と40°Cの値 (205 MPa) を線形補間して求めた45°Cの値。
許容荷重 $A_L$	71 kN/本 (45°C)
供試体断面積	314 mm <sup>2</sup> ※ M20 ボルト呼び径 (20mm) より $3.14 \times 10^2 \times 314$
許容応力 $f_s$	226 MPa (45°C)

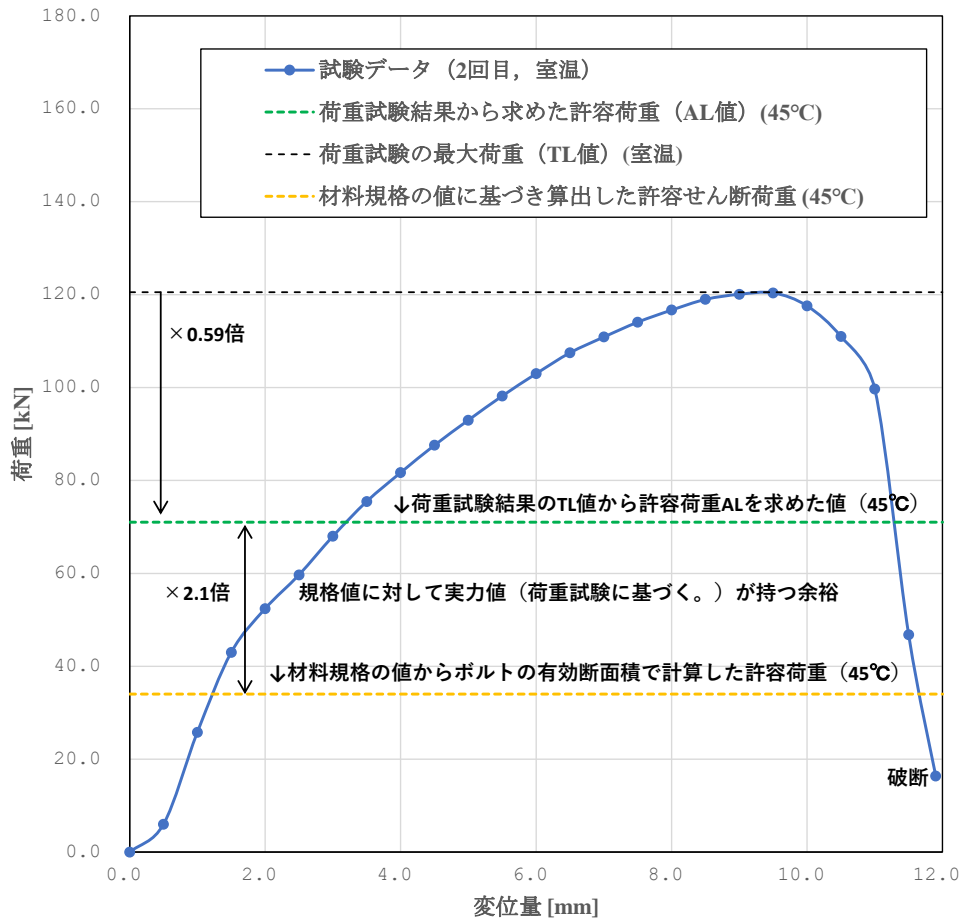


図 11 試験データと許容荷重 $A_L$ の比較



表 6 材料規格値に基づく許容せん断応力と許容荷重

① 設計降伏点Sy値ベース			供用状態 Ds (運転状態 IV <sub>A</sub> S)			M20ボルトの有効断面積 (mm <sup>2</sup> )※	M20ボルトの許容せん断荷重 (kN/本)
温度 (°C)	Sy	1.35 Sy	F値 (MPa)	許容引張応力 ft (MPa)	許容せん断応力 fs (MPa)		
45	201.8	272	min(①, ②, ③)	1.5×F/1.5	1.5×F/(1.5√3)	245	34
② 設計引張強さSuベース							
温度 (°C)	Su	0.7 Su	246	246	142	245	34
45	515.6	360					
③ 室温の設計降伏点Syベース			246	246	142	245	34
温度 (°C)	Sy	1.2 Sy (RT)					
40	205	246					

※ JIS B 0205(メートル並目ねじ)に基づく。

材料の規格		常温最小引張強さ (MPa)	常温最小降伏点 (MPa)	温度 (°C)				
				-30~40	65	75	100	
JIS G 4303(2005) ステンレス鋼棒	SUS316	設計降伏点Sy値 <sup>※1</sup> (MPa)	520	205	205	189	—	176
		設計引張強さSu値 <sup>※2</sup> (MPa)	520	205	520	—	489	476

※1 材料規格 JSME S NJ1-2012 Part3 第1章 表6

※2 材料規格 JSME S NJ1-2012 Part3 第1章 表7

材料の規格		温度 (°C)	
		45	
JIS G 4303(2005) ステンレス鋼棒	SUS316	設計降伏点Sy値 <sup>※3</sup> (MPa)	201.8
		設計引張強さSu値 <sup>※4</sup> (MPa)	515.6

※1 材料規格 JSME S NJ1-2012 Part3 第1章 表6 の近傍温度における値を元に

線形補間によって求めた値。

※2 材料規格 JSME S NJ1-2012 Part3 第1章 表7 の近傍温度における値を元に

線形補間によって求めた値。

(注) 材料規格の SSB-3121 の規定によれば、上記表の①～②の条件は炭素鋼を前提とした鋼構造設計基準に基づく考え方であり、それに対して③はひずみ硬化性の大きいオーステナイト系ステンレス鋼の特性を考慮した考え方となっている。SSB-3121 では最終的にこれらの材料特性の違いを無視した上で保守性の観点から、材料にかかわらず①～③で求めた許容応力の中の最小値を用いることとしている。本検討の対象としている据付ボルトはオーステナイト系ステンレス鋼である SUS-316 で製作され、設計温度 45°C (常温以上) で用いられるものであることから、③で求められる 38 kN/本 (272 MPa÷√3×245 mm<sup>2</sup>/本) が本来の材料特性を考慮した許容せん断荷重と考えることができる。

## 7. まとめ

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) から高放射性廃液を受け入れて一時的に貯蔵する受入槽 (G11V10) 及び回収槽 (G11V20) を直接支持している据付ボルトについて、地震時に作用する水平方向せん断力に対する強度を明らかにするために、実機の支持構造を模擬して荷重試験を実施した。荷重試験の方法は“日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2008 年版) 〈第 I 編 軽水炉規格〉” (JSME S NC1-2008) <sup>[1]</sup> の“SSB-3000 クラス 1 支持構造物の設計”における“SSB-3210 許容荷重”に基づくものとした。また、支持構造に基づき二種類のラグ模擬体を使用した。

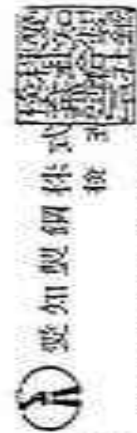
試験の結果、測定された最大許容値のうちの最小値 (120.4 kN/本) を用いて SSB-3240 に基づく許容荷重の評価を行い、その値として 71 kN/本を得た。また、ボルトの呼び径で計算した断面積で除して得た許容応力は 226 MPa であった。

## 参考文献

1. “日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2008 年版) 〈第 I 編 軽水炉規格〉”, JSME S NC1-2008, 日本機械学会 (2008)
2. “日本機械学会規格 発電用原子力設備規格 材料規格 (2012 年版)”, JSME S NJ1-2012, 日本機械学会 (2012)
3. 上坂 充, 鬼沢邦雄, 笠原直人, 鈴木一彦, “原子力教科書 原子炉構造工学”, 株式会社オーム社, ISBN978-4-274-20690-0 (2009)
3. “日本工業規格 JIS G 4303 ステンレス鋼棒”, 日本工業規格
4. “日本工業規格 JIS Z 2201 金属材料引張試験片”, 日本工業規格
5. “電気技術指針 原子力編 原子力発電所耐震設計技術指針”, JEAG4601-1991 追補版, 日本電気協会 電気技術基準調査委員会 (1991)
6. “電気技術指針 原子力編 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編”, JEAG4601・補-1984, 日本電気協会 電気技術基準調査委員会 (1984)

## 添付資料

- (1) 材料試験成績書 (実機アンカーボルト材)
- (2) 材料検査証明書 (本試験において用いた供試体)
- (3) ボルトせん断試験結果報告書



材料試験成績 TEST CERTIFICATE

0-4746

Material	品名	品番	納入年月日	検査年月日	検査証明書番号
SUS316	2030	59174	RS 2-5	6-5-(53)	1304

Chief, Inspection Department  
Aichi Steel Works, Ltd.

項目		化学成分 (Chemical Compositions)			
項目	単位	Si	Mn	Cr	Ni
Si	(%)	MAX 1.00	1.00	16.00-18.00	20.0-30.0
Mn	(%)	MAX 1.00	1.00	16.00-18.00	20.0-30.0
Cr	(%)	MAX 1.00	1.00	16.00-18.00	20.0-30.0
Ni	(%)	MAX 1.00	1.00	16.00-18.00	20.0-30.0

項目		機械試験 (Mechanical Properties)			
項目	単位	引張強さ	引張伸び	断面収縮率	衝撃試験
引張強さ	(MPa)	1050	20	61	73
引張伸び	(%)	1050	20	61	73
断面収縮率	(%)	1050	20	61	73
衝撃試験	(J)	1050	20	61	73

項目	単位	引張強さ	引張伸び	断面収縮率	衝撃試験
引張強さ	(MPa)	1050	20	61	73
引張伸び	(%)	1050	20	61	73
断面収縮率	(%)	1050	20	61	73
衝撃試験	(J)	1050	20	61	73

項目	単位	引張強さ	引張伸び	断面収縮率	衝撃試験
引張強さ	(MPa)	1050	20	61	73
引張伸び	(%)	1050	20	61	73
断面収縮率	(%)	1050	20	61	73
衝撃試験	(J)	1050	20	61	73

備考 Remarks  
JIS G4303 (1981)  
1050CK10MIN-W-Q  
TYPE OF T.P.JIS 4

90 11675

386

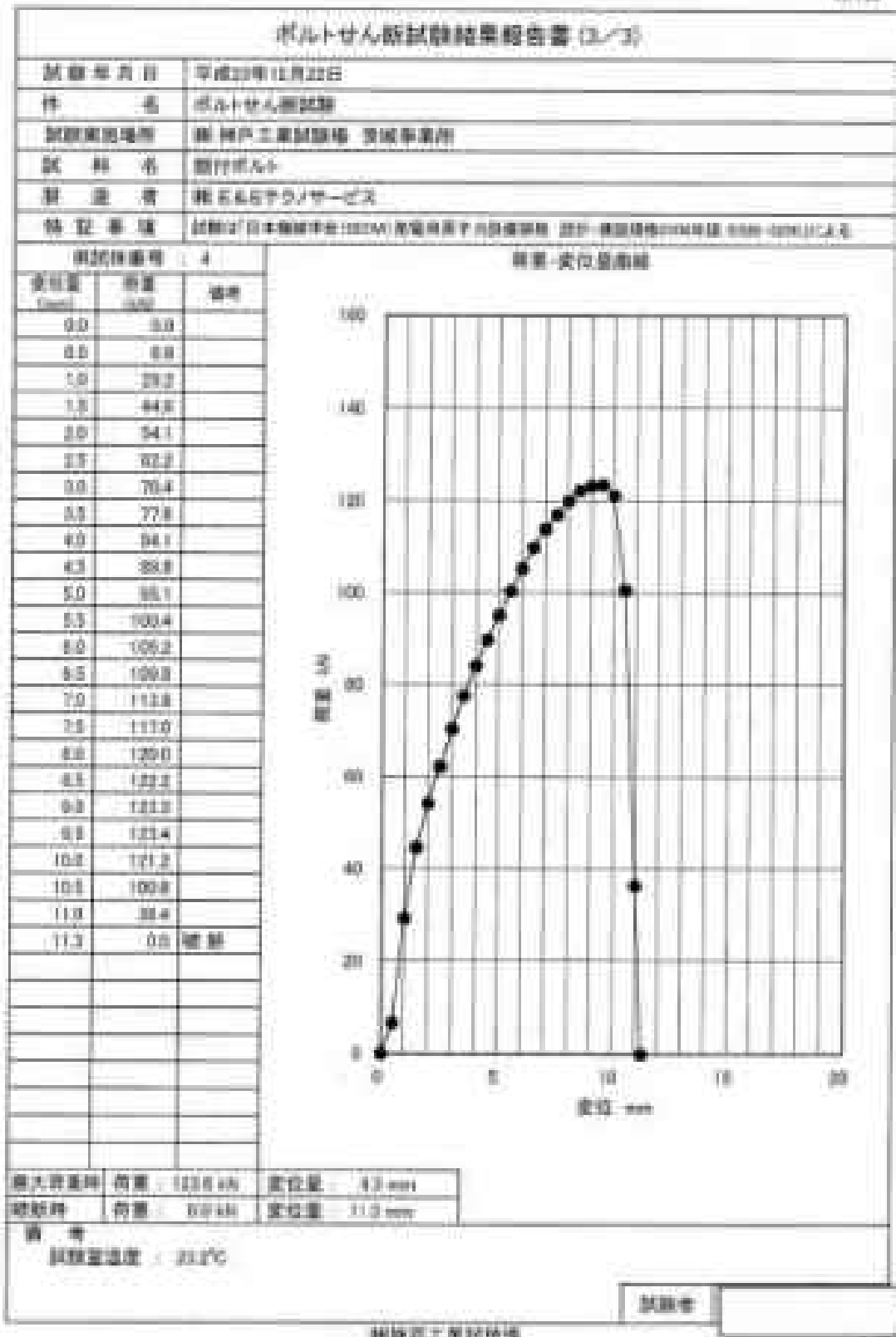
(個人情報については消去している。)







様式3



(個人情報については消去している。)

水封槽 (G11V30) の耐震性についての計算書



## 1. 概要

本資料は高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する水封槽(G11V30)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

水封槽(G11V30)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$D_o$	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
h	胴高さ	mm
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{16}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{17}$ ～ $\sigma_{110}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$ ～ $\sigma_{b3}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b4}$ ～ $\sigma_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b2}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b4}$ ～ $\tau_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\omega_H$	水平方向振動系の角速度	rad/s

### 3. 評価部位

水封槽 (G11V30) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。水封槽 (G11V30) の概要図を図 3-1 に示す。

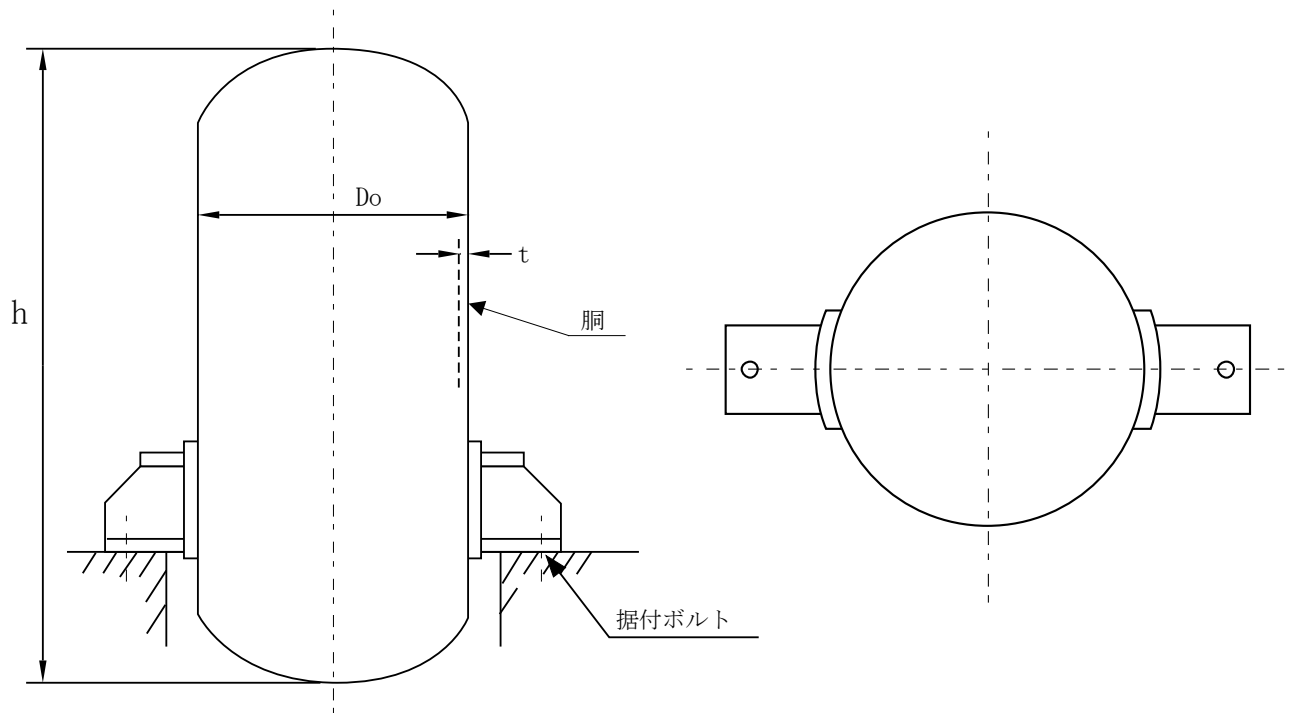


図 3-1 水封槽 (G11V30) の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自

重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表4-1に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表4-2に示す。水封槽(G11V30)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B1F、水平方向：0.90、鉛直方向：0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

水封槽 (G11V30) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x11}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}, \sigma_{17}, \sigma_{18}, \sigma_{19}, \sigma_{110}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_b = \max[\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}]$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_b = \max[\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}]$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

水封槽 (G11V30) の解析モデルを図 4-1 に示す。

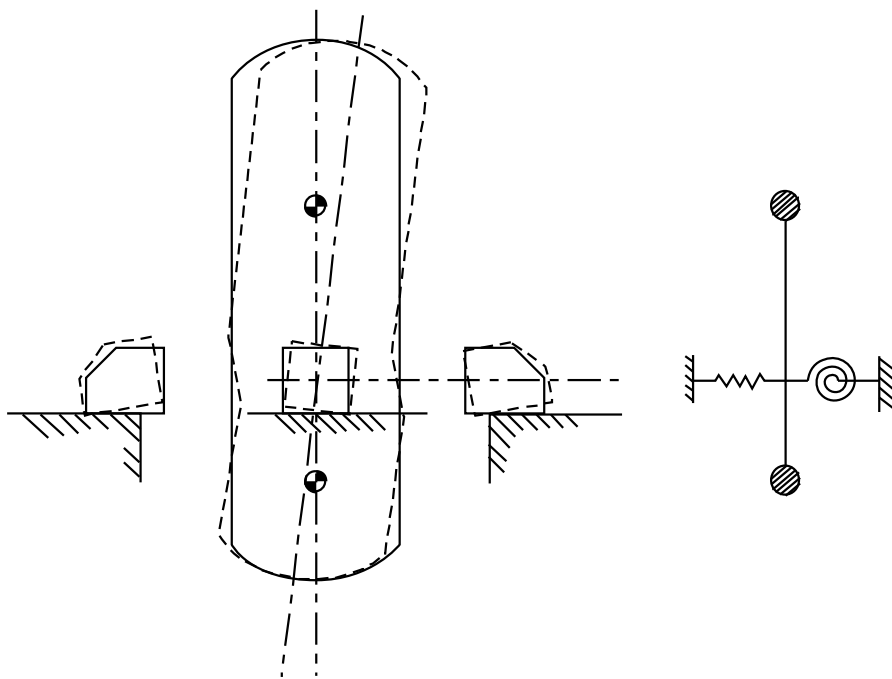


図 4-1 水封槽 (G11V30) の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

水封槽 (G11V30) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
水封槽 (G11V30)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	—	0.049 (MPa)
	胴外径	$D_o$	408 (mm)
	胴板厚さ	$t$	4 (mm)
	胴高さ	$h$	600 (mm)
	胴材質	—	SUS304L
	胴温度 (設計温度)	—	60 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M20
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	60 (°C)
	総質量	—	120 (kg)

#### 4.6 固有周期

水封槽 (G11V30) の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = \frac{2\pi}{\omega_H}$$

水封槽 (G11V30) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
水封槽 (G11V30)	0.019 (秒)

#### 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の水封槽 (G11V30) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
水封槽 (G11V30)	胴	一次一般膜	5	271	0.02
		一次	7	406	0.02
	据付ボルト	引張	11	246	0.05
		せん断	2	142	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

濃縮器(G12E10)の耐震性についての計算書



## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する濃縮器(G12E10)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

濃縮器(G12E10)の構造強度の評価は、有限要素法(FEM)解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

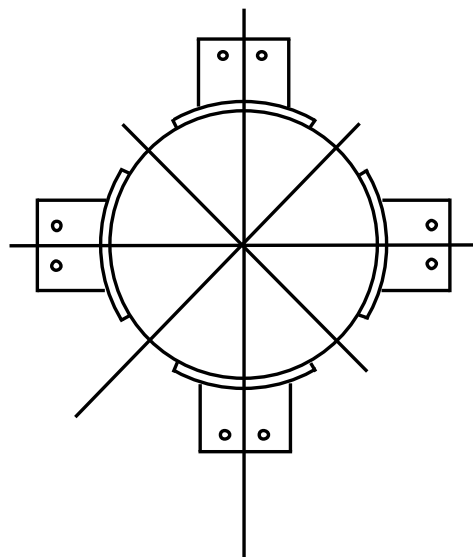
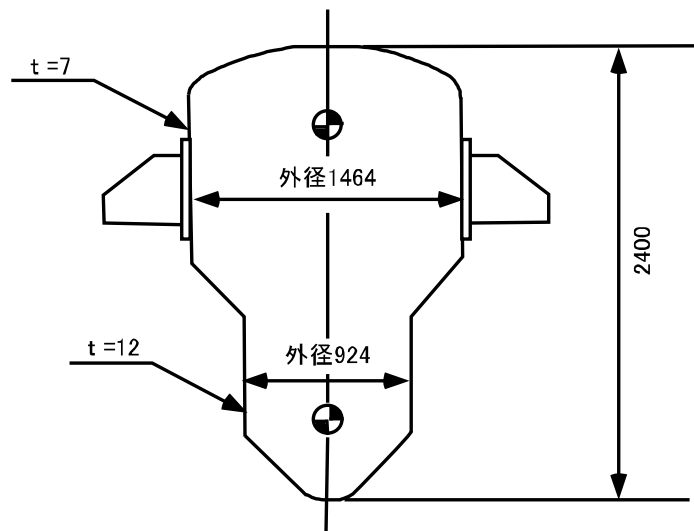
- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa

## 3. 評価部位

濃縮器(G12E10)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。濃縮器(G12E10)の概要図を図3-1に示す。



(単位:mm)

図 3-1 濃縮器(G12E10)の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

## 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については液量を満杯とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

## 4.3 設計用地震力

濃縮器(G12E10)は、固化セル(R001)内の濃縮器ラック(G12RK10)に搭載している機器であるため、図 4-1 に示すとおり、濃縮器(G12E10)の静的解析用震度は、濃縮器ラック(G12RK10)の地震応答解析結果(別紙 6-1-2-5-3-94)から得られる機器搭載位置での静的解析用震度(水平方向:1.63, 鉛直方向:1.18)を用いた。

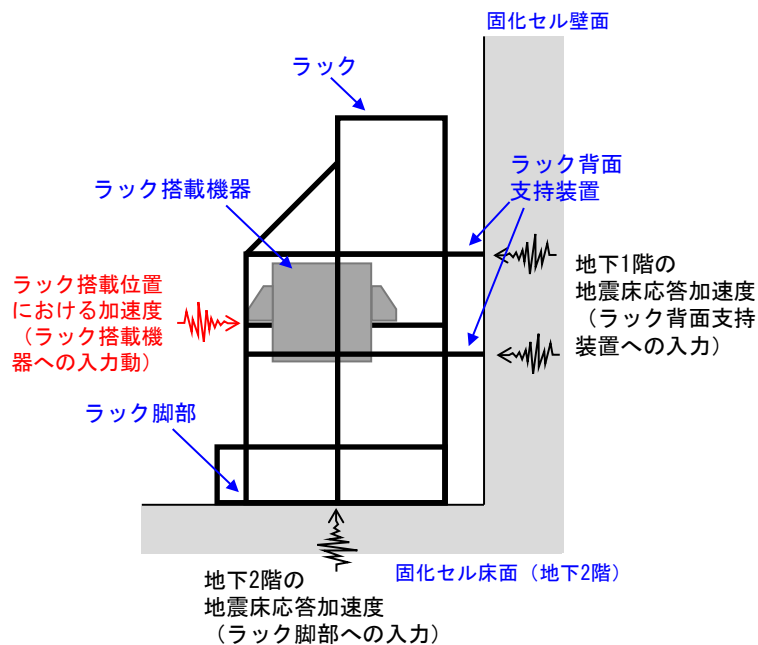


図 4-1 ラック搭載機器への地震動の入力方法

#### 4.4 計算方法

濃縮器 (G12E10) の発生応力の計算方法は FEM 解析 (静的解析) を用いた。解析コードは MSC.Nastran<sup>※1</sup> を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

※1 MSC Software Corporation, “MSC.Nastran Version 2005r2” .

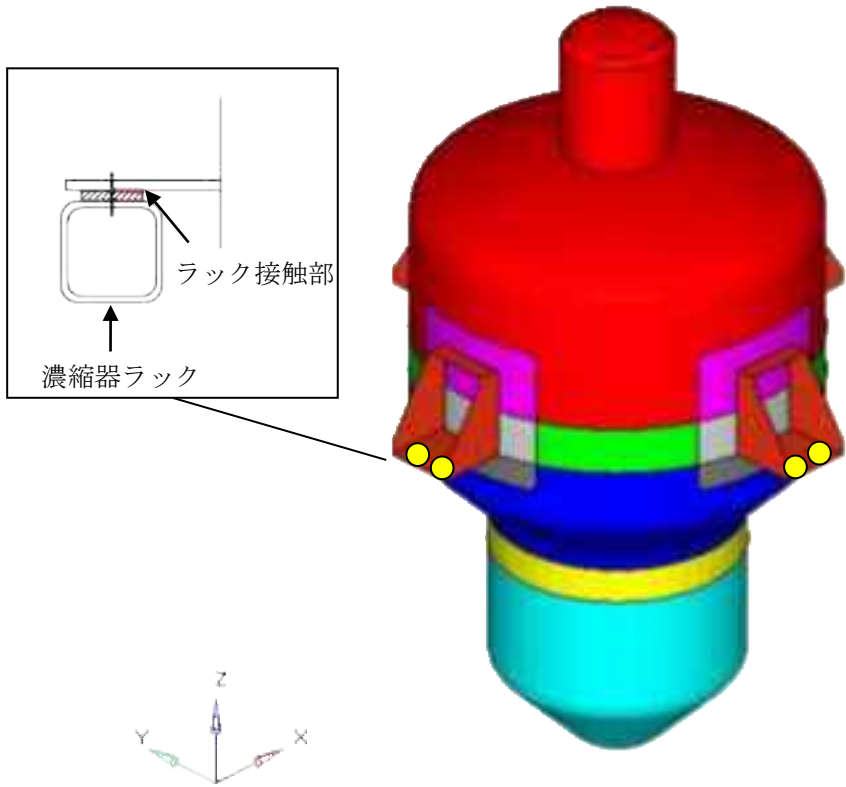
#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

濃縮器 (G12E10) の解析モデルを図 4-2 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

モデル化に当たって、空質量には槽内構造物等の質量が含まれているが、それらの質量は胴板全体に付加した。また、高放射性廃液の質量については、接液部分の胴板に付加した。胴板への質量の付加においては、解析モデルの総質量が約 3180 kg となるように、液位より下部の胴板の密度に付加した。

●…拘束点



拘束条件 ○：固定，－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト	○	○	○	○	○	－
ラック接触部	－	－	○	－	－	－

図 4-2 濃縮器(G12E10)の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

濃縮器(G12E10)の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。空質量（設計質量）には、貯槽本体胴，ラグ，内部配管及び内部配管の支持部材を含む。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
濃縮器(G12E10)	安全上の機能	閉じ込め機能
	機器区分	クラス 3
	胴外径(大径部)	1464 (mm)
	胴外径(小径部)	924 (mm)
	胴厚さ(大径部)	7 (mm)
	胴厚さ(小径部)	12 (mm)
	胴高さ	2400 (mm)
	胴材質	TP35H
	胴温度	130 (°C)
	据付ボルト呼び径	M20
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	245 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SUS316
	据付ボルト温度	45 (°C)
	液量(満杯)	1.4 (m <sup>3</sup> )
	液密度	1.6 (g/cm <sup>3</sup> )
	空質量(設計質量)	820 (kg)
総質量(設計質量)	3180 (kg)	

※ JIS B 0205 に基づく。

#### 4.6 固有周期

濃縮器(G12E10)の固有周期及び固有モードを図 4-3 に示す。

1次モード図

固有周期：0.037（秒）

SUBCASE 1 Mode#1, Frequency= 2.319e+001Hz

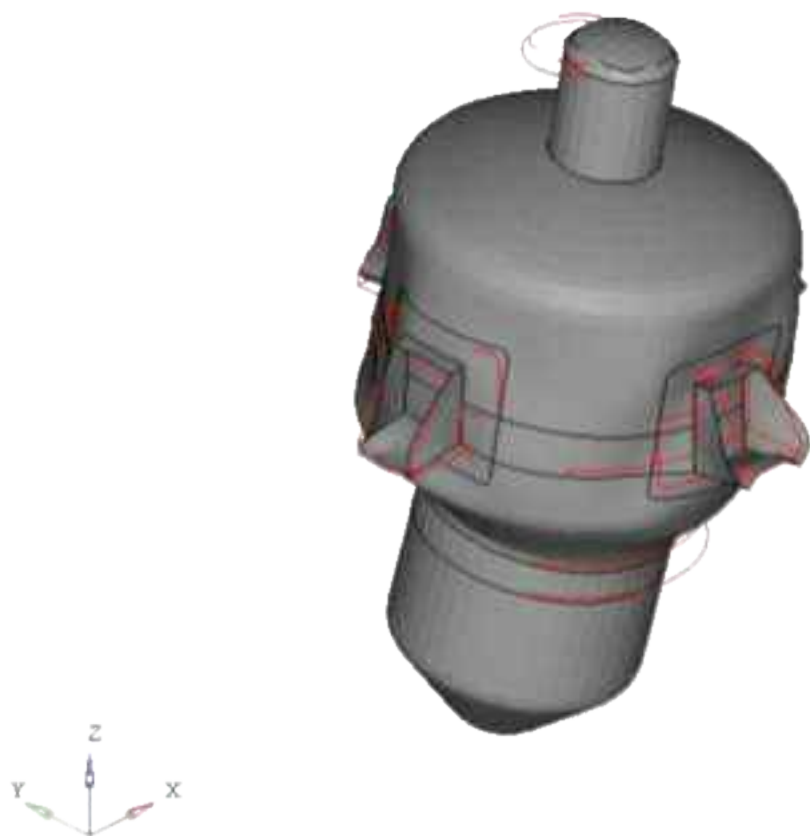


図 4-3 濃縮器(G12E10) 固有モード図

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の濃縮器(G12E10)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
濃縮器(G12E10)	胴	一次一般膜	7	146	0.05
		一次	48	219	0.22
	据付ボルト	引張	18	246	0.08
		せん断	132	142	0.93

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。



濃縮液槽 (G12V12) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する濃縮液槽(G12V12)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

濃縮液槽(G12V12)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

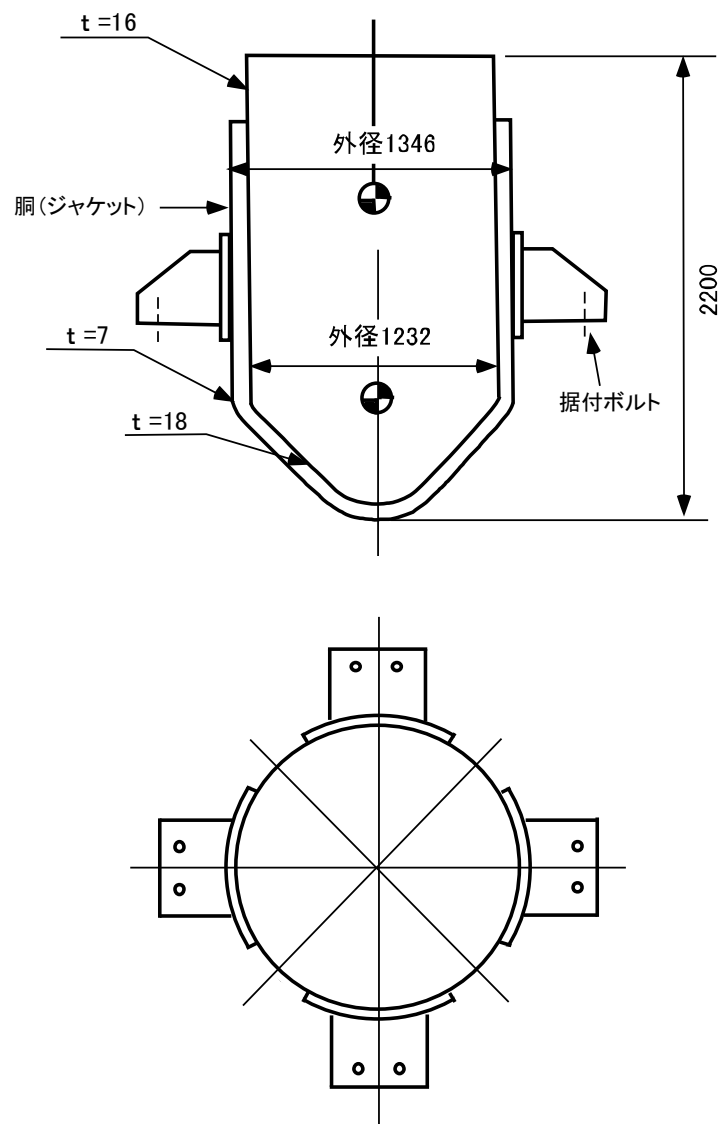
- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$D_o$	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
h	胴高さ	mm
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{16}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{17}$ ～ $\sigma_{110}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$ ～ $\sigma_{b3}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b4}$ ～ $\sigma_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b2}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b4}$ ～ $\tau_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\omega_H$	水平方向振動系の角速度	rad/s

### 3. 評価部位

濃縮液槽 (G12V12) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴 (ジャケット) 及び据付ボルトとする。濃縮液槽 (G12V12) の概要図を図 3-1 に示す。胴 (ジャケット) については、濃縮液槽 (G12V12) の胴部分は二重構造であり、外側の板厚は内側の板厚より薄く、外側のジャケット部分にラグを取り付けていることから、評価部位は外側の胴 (ジャケット) 及び据付ボルト部分とする。



(単位:mm)

図 3-1 濃縮液槽 (G12V12) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴（ジャケット）	一次一般膜応力	0.6 Su
胴（ジャケット）	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

##### 4.3 設計用地震力

濃縮液槽(G12V12)は、固化セル(R001)内の濃縮液槽ラック(G12RK12)に搭載している機器であるため、図 4-1 に示すとおり、濃縮液槽(G12V12)の静的解析用震度は、濃縮液槽ラック(G12RK12)の地震応答解析結果(別紙 6-1-2-5-3-95)から得られる機器搭載位置での静的解析用震度(水平方向:1.82, 鉛直方向:0.97)を用いた。

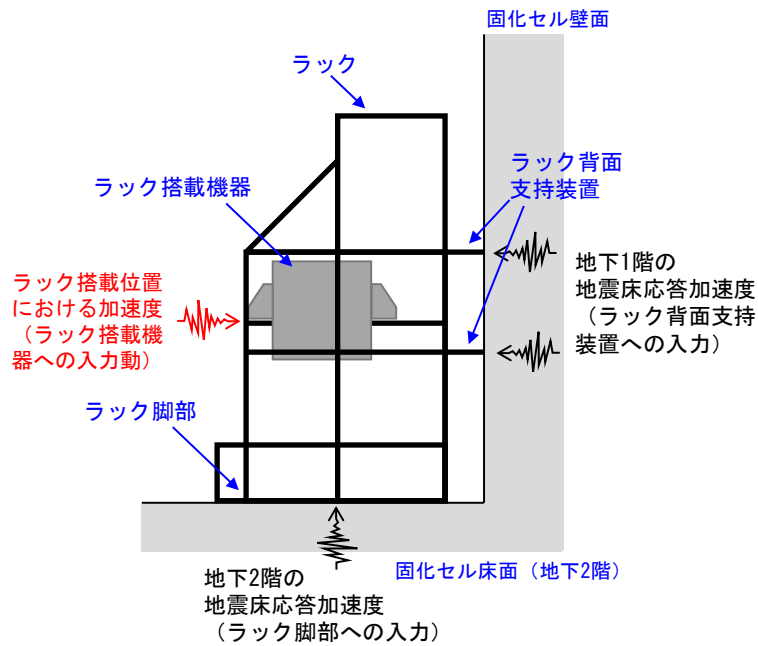


図 4-1 ラック搭載機器への地震動の入力方法

#### 4.4 計算方法

濃縮液槽 (G12V12) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x11}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}, \sigma_{17}, \sigma_{18}, \sigma_{19}, \sigma_{110}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_b = \max[\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}]$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_b = \max[\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}]$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

濃縮液槽 (G12V12) の解析モデルを図 4-2 に示す。

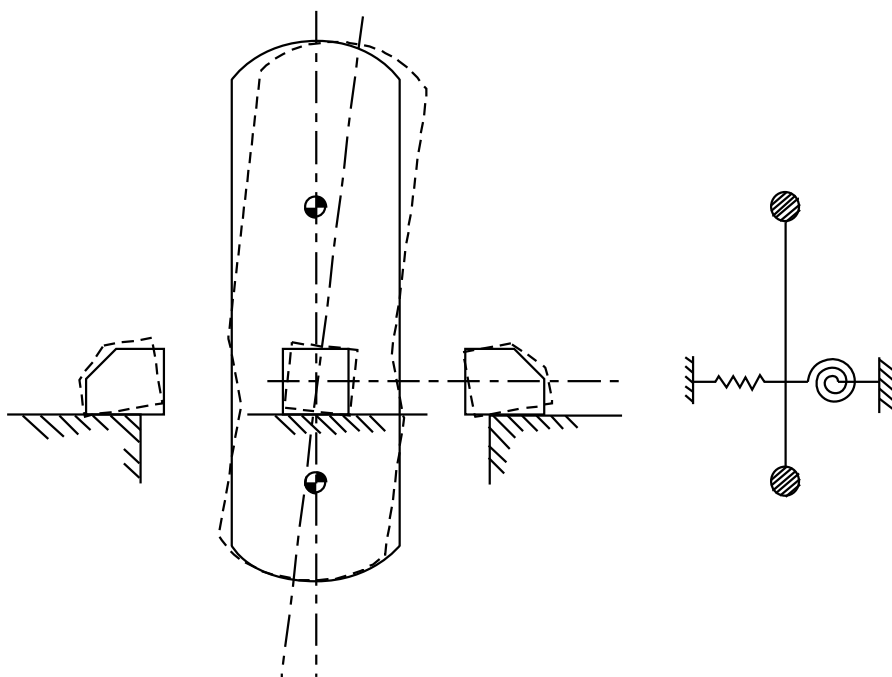


図 4-2 濃縮液槽 (G12V12) の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

濃縮液槽 (G12V12) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
濃縮液槽 (G12V12)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	ジャケット圧力 (設計圧力)	—	0.59 (MPa)
	ジャケット外径	Do	1346 (mm)
	ジャケット板厚さ	t	7 (mm)
	ジャケット材質	—	SUS304L
	胴外径	—	1232 (mm)
	胴板厚さ	—	16, 18 (mm)
	胴材質	—	R-SUS304ULC
	胴温度 (設計温度)	—	95 (°C)
	本体高さ	h	2200 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M20
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
総質量	—	4690 (kg)	

#### 4.6 固有周期

濃縮液槽 (G12V12) の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = \frac{2\pi}{\omega_H}$$

濃縮液槽 (G12V12) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
濃縮液槽 (G12V12)	0.039 (秒)



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の濃縮液槽 (G12V12) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
濃縮液槽 (G12V12)	胴 (ジャケット)	一次一般膜	60	247	0.25
		一次	70	371	0.19
	据付ボルト	引張	77	237	0.33
		せん断	67	142	0.47

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

濃縮液供給槽 (G12V14) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する濃縮液供給槽(G12V14)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

濃縮液供給槽(G12V14)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$D_o$	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
h	胴高さ	mm
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{16}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{17}$ ～ $\sigma_{110}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$ ～ $\sigma_{b3}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b4}$ ～ $\sigma_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b2}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b4}$ ～ $\tau_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\omega_H$	水平方向振動系の角速度	rad/s

### 3. 評価部位

濃縮液供給槽(G12V14)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴（ジャケット）及び据付ボルトとする。濃縮液供給槽(G12V14)の概要図を図3-1に示す。胴（ジャケット）については、濃縮液供給槽(G12V14)の胴部分は二重構造であり、外側の板厚は内側の板厚より薄く、外側のジャケット部分にラグを取り付けていることから、評価部位は外側の胴（ジャケット）部分とする。

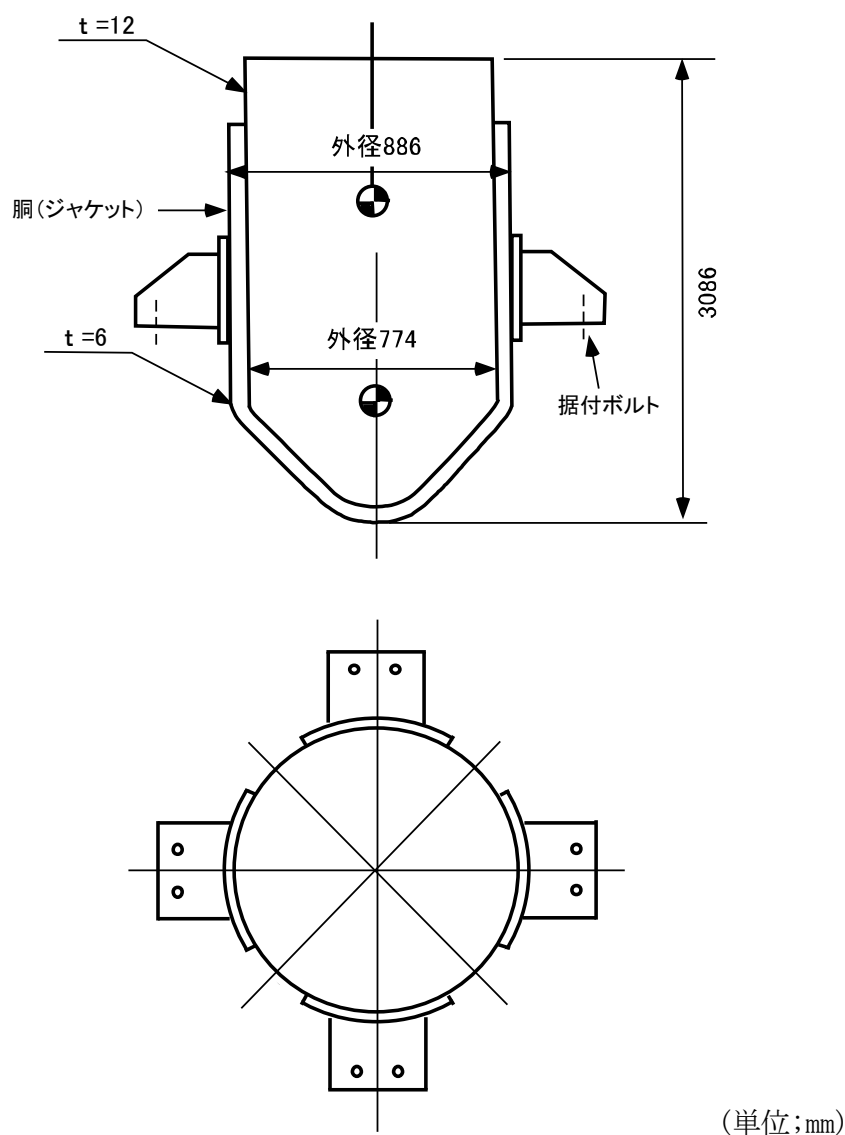


図3-1 濃縮液供給槽(G12V14)の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴（ジャケット）	一次一般膜応力	0.6 Su
胴（ジャケット）	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

##### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。使用した減衰定数を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
濃縮液供給槽 (G12V14)	1.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

濃縮液供給槽(G12V14)は、固化セル(R001)内の濃縮液槽ラック(G12RK12)に搭載している機器であるため、図4-1に示すとおり、濃縮液槽ラック(G12RK12)の地震応答解析結果(別紙6-1-2-5-3-95)から得られる機器搭載位置での応答加速度をもとに、応答スペクトル( $S_s-D$ ,  $S_s-1$ ,  $S_s-2$ の3波包絡, 周期軸方向に $\pm 10\%$  拡幅したもの。)を作成した。評価対象設備の解析用の震度については、評価対象設備の固有周期における応答スペクトルの読み取り値を用いた。

濃縮液供給槽(G12V14)の機器搭載位置での応答スペクトルを図4-2及び図4-3に示す。濃縮液供給槽(G12V14)の解析用の震度は、固有周期0.053秒における震度(水平方向:1.88, 鉛直方向:2.01)を用いた。

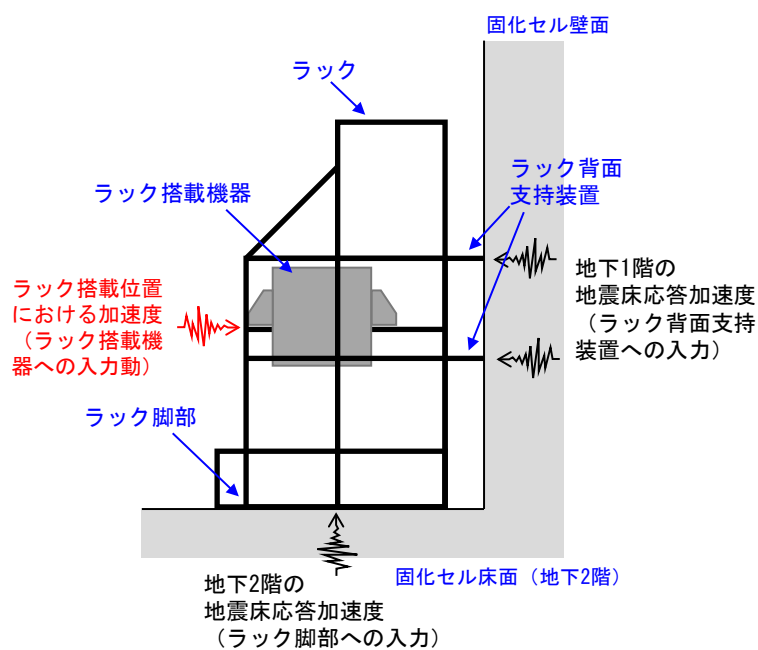


図4-1 ラック搭載機器への地震動の入力方法

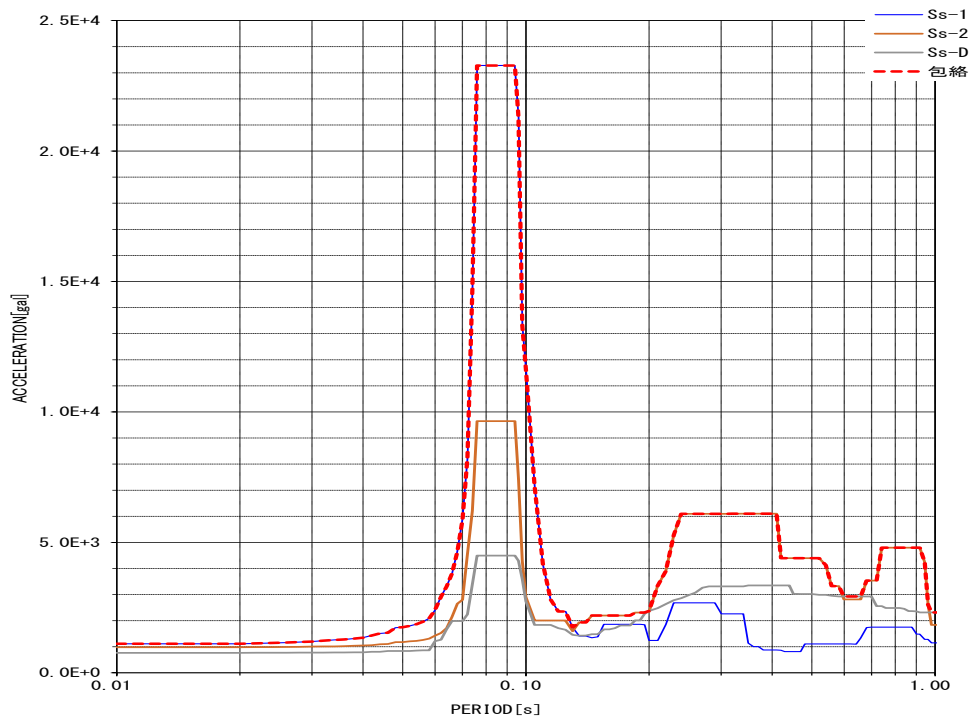


図 4-2 解析用の応答スペクトル（水平方向，機器搭載位置，減衰定数 1.0%）

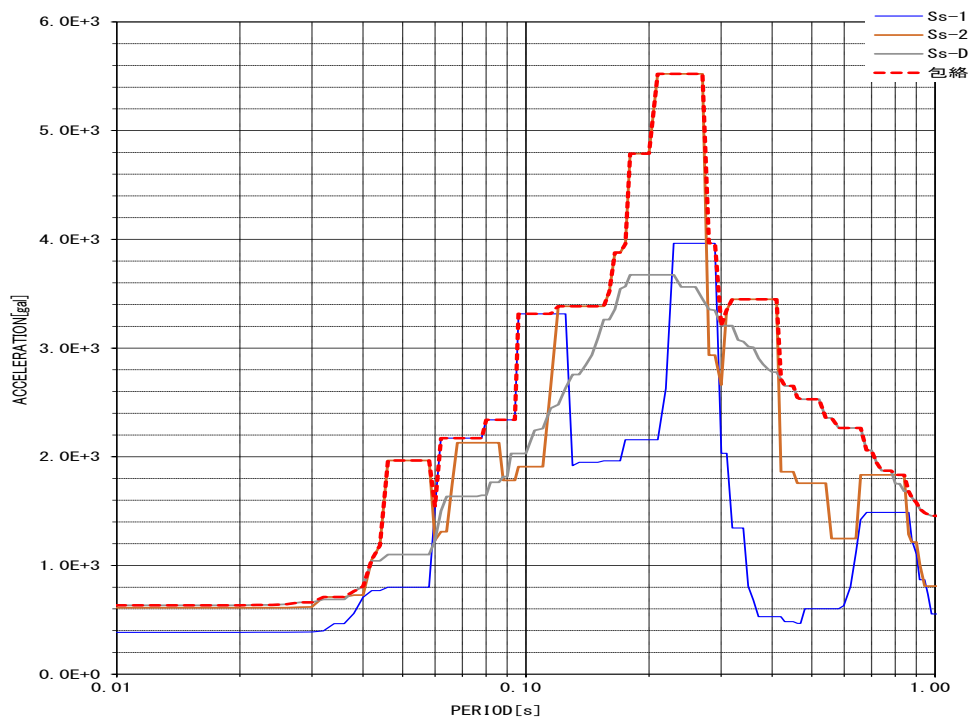


図 4-3 解析用の応答スペクトル（鉛直方向，機器搭載位置，減衰定数 1.0%）



#### 4.5 計算方法

濃縮液供給槽(G12V14)の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x11}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}, \sigma_{17}, \sigma_{18}, \sigma_{19}, \sigma_{110}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_b = \max[\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}]$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_b = \max[\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}]$$

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

濃縮液供給槽(G12V14)の解析モデルを図 4-4 に示す。

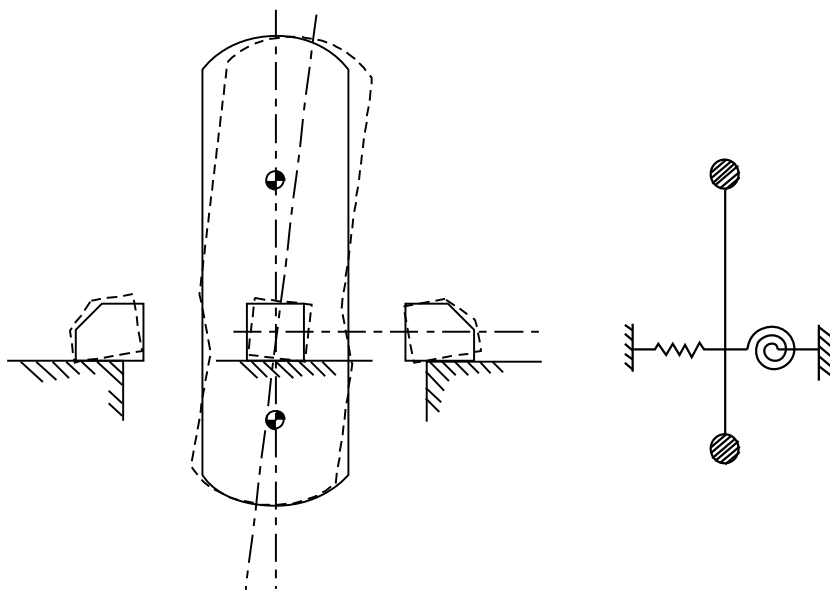


図 4-4 濃縮液供給槽 (G12V14) の解析モデル

#### 4.6.2 諸元

濃縮液供給槽 (G12V14) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
濃縮液供給槽 (G12V14)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	ジャケット圧力 (設計圧力)	—	0.59 (MPa)
	ジャケット外径	Do	886 (mm)
	ジャケット板厚さ	t	6 (mm)
	ジャケット材質	—	SUS304L
	胴外径	—	774 (mm)
	胴板厚さ	—	12 (mm)
	胴材質	—	R-SUS304ULC
	ジャケット・胴温度 (設計温度)	—	95 (°C)
	本体高さ	h	3086 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
総質量	—	2970 (kg)	

#### 4.7 固有周期

濃縮液供給槽(G12V14)の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = \frac{2\pi}{\omega_H}$$

濃縮液供給槽(G12V14)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
濃縮液供給槽(G12V14)	0.053 (秒)

#### 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の濃縮液供給槽(G12V14)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
濃縮液供給槽 (G12V14)	胴 (ジャケット)	一次一般膜	51	247	0.21
		一次	80	371	0.22
	据付ボルト	引張	155	235	0.66
		せん断	69	142	0.48

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

気液分離器(G12D1442)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する気液分離器(G12D1442)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

気液分離器(G12D1442)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$A_S$	ラグの断面積	$\text{mm}^2$
$C_v$	鉛直方向設計震度	—
$D_o$	胴外径	mm
$E_S$	ラグの縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$G_S$	ラグのせん断弾性係数	MPa
h	胴高さ	mm
$h_1$	取付面からラグの胴付け根部までの高さ	mm
$h_2$	取付面から胴の中心までの高さ	mm
$I_S$	ラグの鉛直方向軸に対する断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$K_C$	ラグのばね定数（胴に水平力が作業する場合）	N/mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
n	取付ボルトの本数	—
Q	水平方向地震力（X方向）による胴のラグつけ根部の半径方向荷重	N
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{14}$	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b1}$	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\tau_{b2}$	水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒

### 3. 評価部位

気液分離器 (G12D1442) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。気液分離器 (G12D1442) の概要図を図 3-1 に示す。

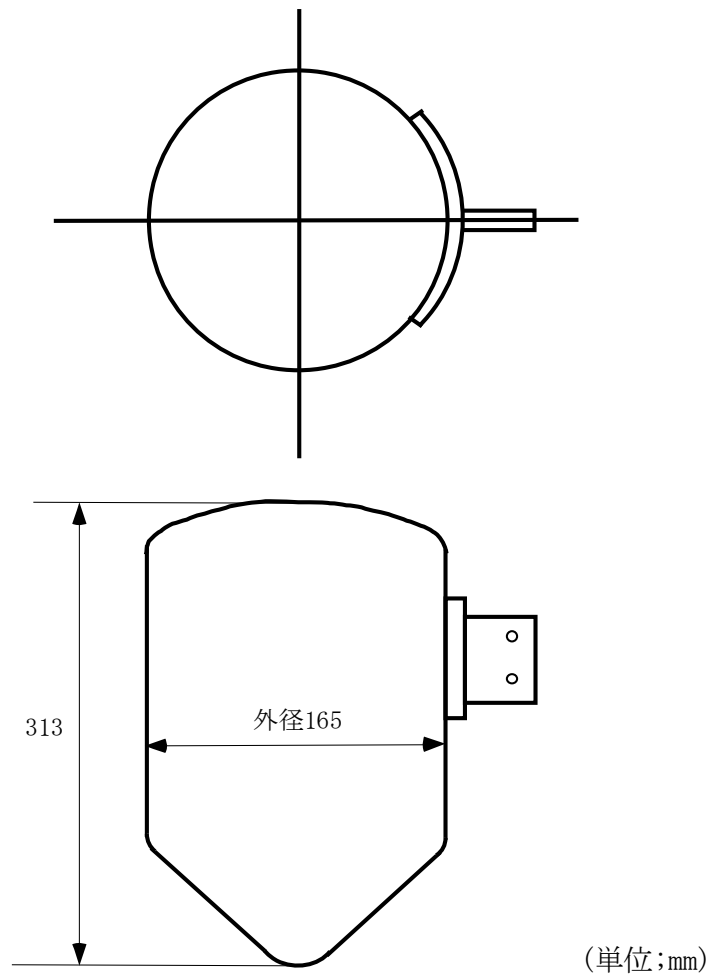


図 3-1 気液分離器 (G12D1442) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

##### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。気液分離器(G12D1442)の静的解析用震度は、機器据付階のもの（B1F、水平方向：0.90、鉛直方向：0.78）を用いた。



表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

気液分離器(G12D1442)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価の計算式を準用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x11}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}]$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_b = \max[\tau_{b1}, \tau_{b2}]$$

$$\tau_{b1} = \frac{m_0 g (1 + C_V)}{n A_b}$$

$$\tau_{b2} = \frac{\sqrt{\{m_0 g (1 + C_V)\}^2 + Q^2}}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

気液分離器(G12D1442)の解析モデルを図4-1に示す。当該容器は、一端固定1質点系振動モデルでモデル化した。

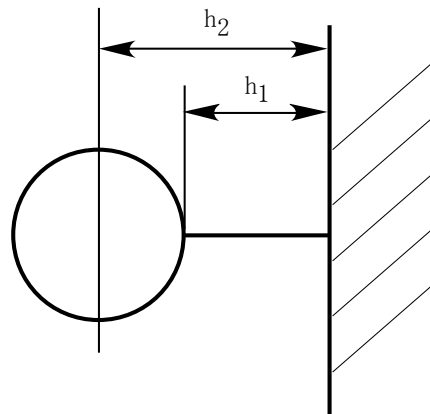


図4-1 気液分離器(G12D1442)の解析モデル

### 4.5.2 諸元

気液分離器(G12D1442)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
気液分離器 (G12D1442)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	圧力(設計圧力)	—	0.049(MPa)
	胴外径	Do	165(mm)
	胴板厚さ	t	7.1(mm)
	胴高さ	h	313(mm)
	胴材質	—	R-SUS304ULC
	胴温度(設計温度)	—	95(°C)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45(°C)
	総質量	—	20(kg)

#### 4.6 固有周期

気液分離器(G12D1442)の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を踏まえ、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 K_C}}$$

$$K_C = \frac{1}{\frac{h_1^2 (3 h_2 - h_1)}{6 E_S I_S} + \frac{(h_2 - h_1) h_1 (h_2 - h_1/2)}{E_S I_S} + \frac{h_1}{G_S A_S}}$$

気液分離器(G12D1442)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
気液分離器(G12D1442)	0.042 (秒)

#### 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の気液分離器(G12D1442)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
気液分離器 (G12D1442)	胴	一次一般膜	1	247	0.01
		一次	4	371	0.02
	据付ボルト	せん断	3	142	0.03

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

溶融炉 (G21ME10) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する溶融炉(G21ME10)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

溶融炉(G21ME10)の構造強度の評価は、有限要素法(FEM)解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa

## 3. 評価部位

溶融炉(G21ME10)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなるケーシング、架台、据付ボルト及び基礎ボルトとする。溶融炉(G21ME10)の概要図を図 3-1 に示す。

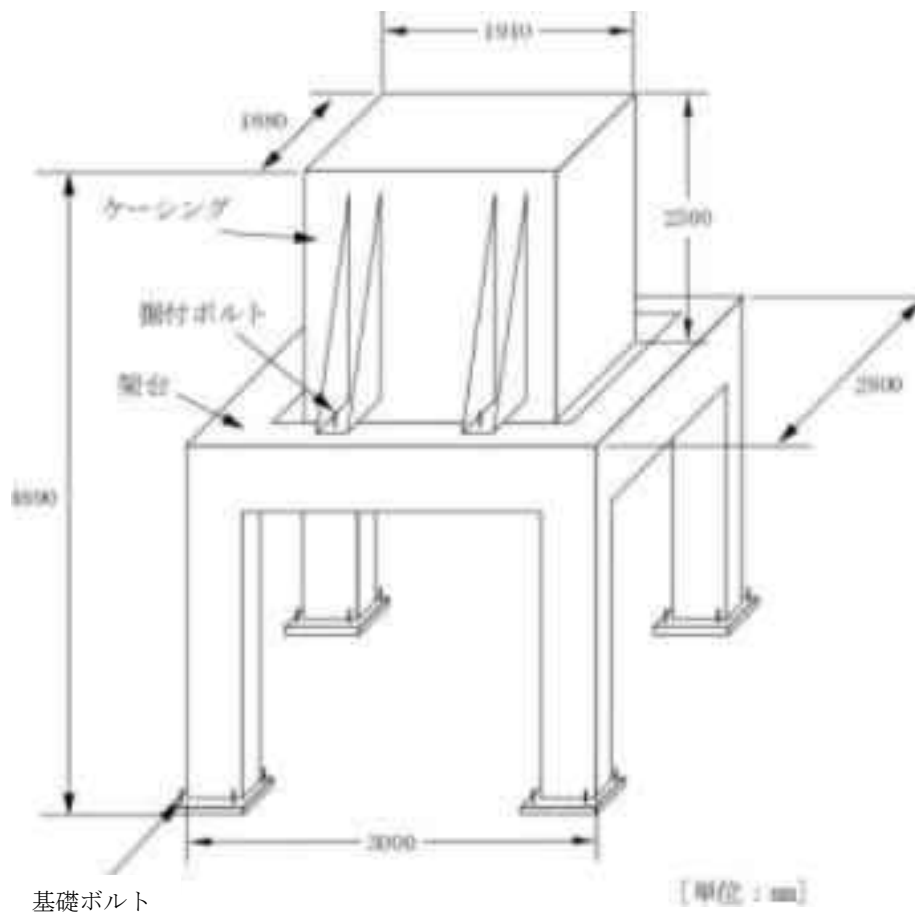


図 3-1 溶融炉 (G21ME10) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
ケーシング	一次応力	$1.5 \times (F/1.5)$
ケーシング	一次+二次応力	$3 \times (F/1.5)$
架台	一次応力	F
ケーシング 据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
ケーシング 据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$
架台 基礎ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
架台 基礎ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。使用した減衰定数を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
熔融炉 (G21ME10)	1.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡。周期軸方向に±10%拡幅したもの。)を作成し、これを評価に用いた。

熔融炉 (G21ME10) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (地下 2 階) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-3、図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-3 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
熔融炉 (G21ME10)	解析用の床応答スペクトル (地下 2 階, 減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (地下 2 階, 減衰定数 1.0%)

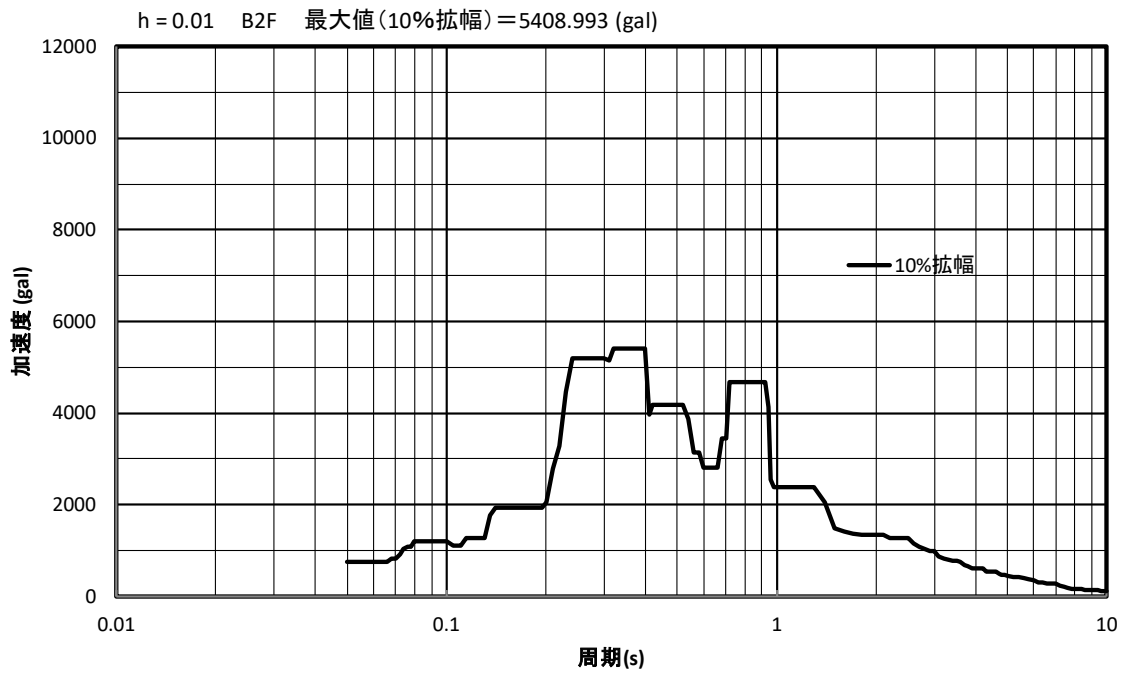


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，地下 2 階，減衰定数 1.0%）

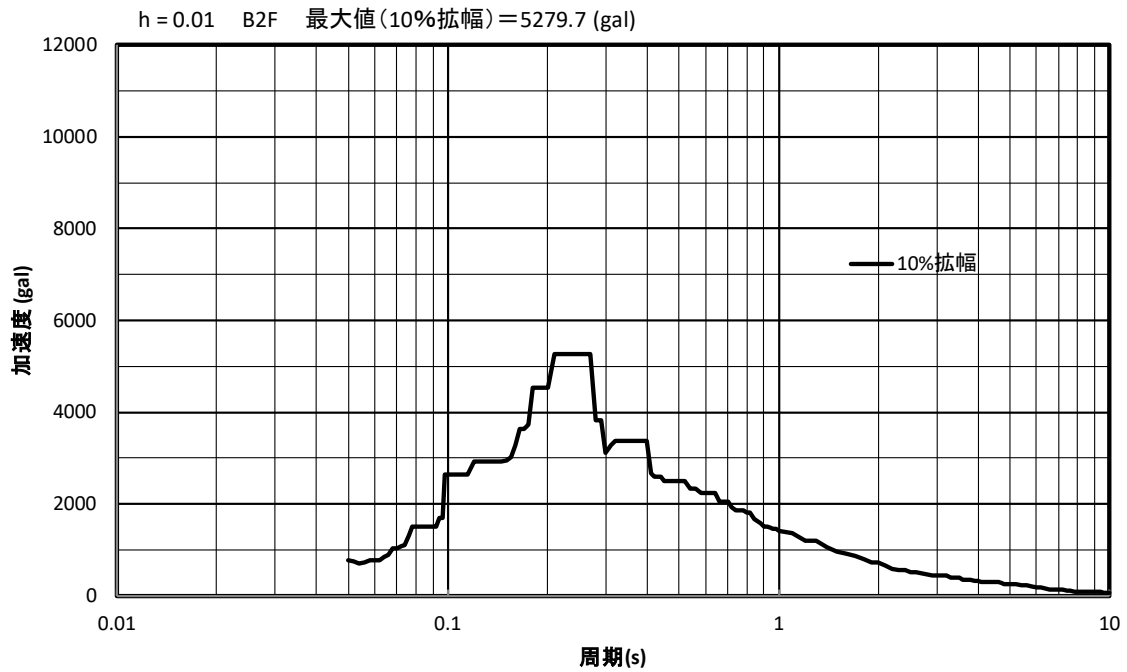


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，地下 2 階，減衰定数 1.0%）



#### 4.5 計算方法

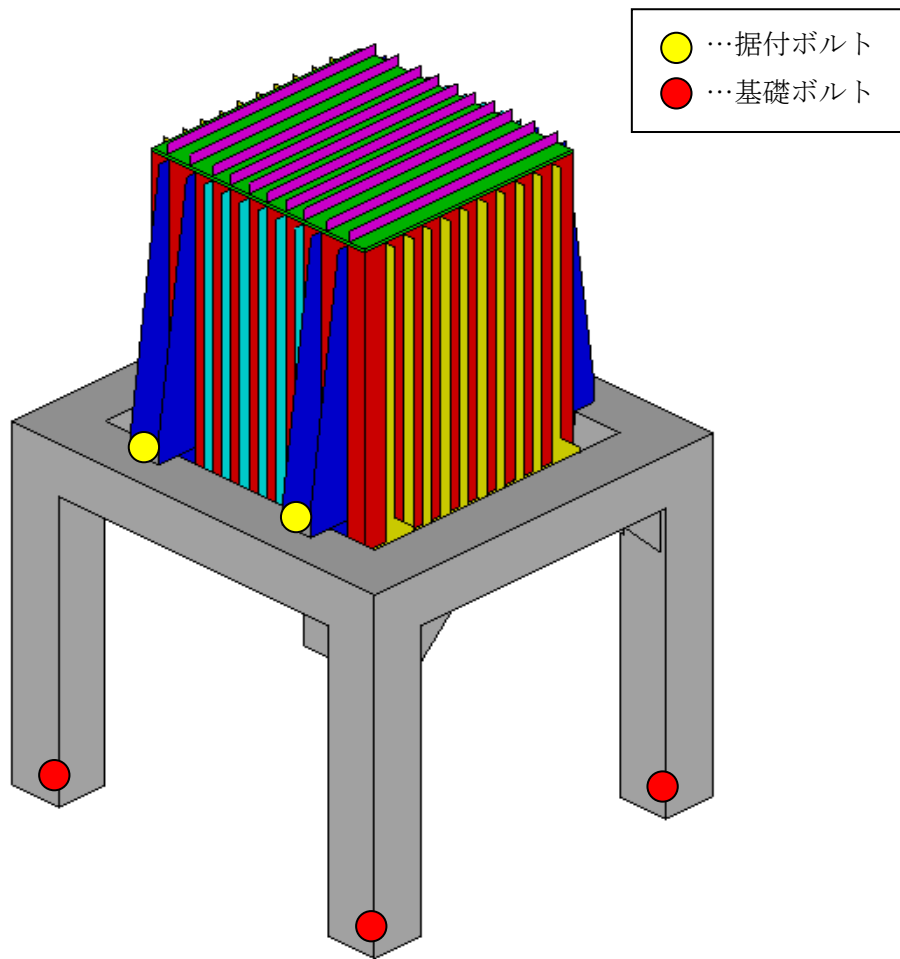
溶融炉(G21ME10)の発生応力の計算方法はFEM解析(スペクトルモーダル法)を用いた。解析コードはMSC.Nastran<sup>※1</sup>を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

※1 MSC Software Corporation, “MSC.Nastran Version 2005r2” .

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

溶融炉(G21ME10)の解析モデルを図4-3に示す。FEM解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。



拘束条件 ○：固定，－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト	○	○	○	-	-	-
基礎ボルト	○	○	○	○	○	○

図 4-3 溶融炉 (G21ME10) の解析モデル

#### 4.6.2 諸元

溶融炉(G21ME10)の主要寸法・仕様を表4-4に示す。総重量には、ケーシング、耐火レンガ、電極、結合装置及び溶融ガラスを含む。

表4-4 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
溶融炉(G21ME10)	安全上の機能	閉じ込め機能
	機器区分	クラス3
	全長	4690 (mm)
	ケーシング厚さ	12 (mm)
	ケーシング材質	SUS304
	ケーシング設計温度	200 (°C)
	据付ボルト呼び径	M42
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	1120 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SUS304
	架台厚さ	16 (mm)
	架台材質	SUS304
	架台設計温度	45 (°C)
	基礎ボルト呼び径	M42
	基礎ボルト材質	SUS304
	総質量 (設計質量)	23 (ton)

※ JIS B 0205に基づく。

#### 4.7 固有周期

溶融炉(G21ME10)の固有周期及び固有モードを図4-4に示す。

1次モード図

固有周期：0.072（秒）

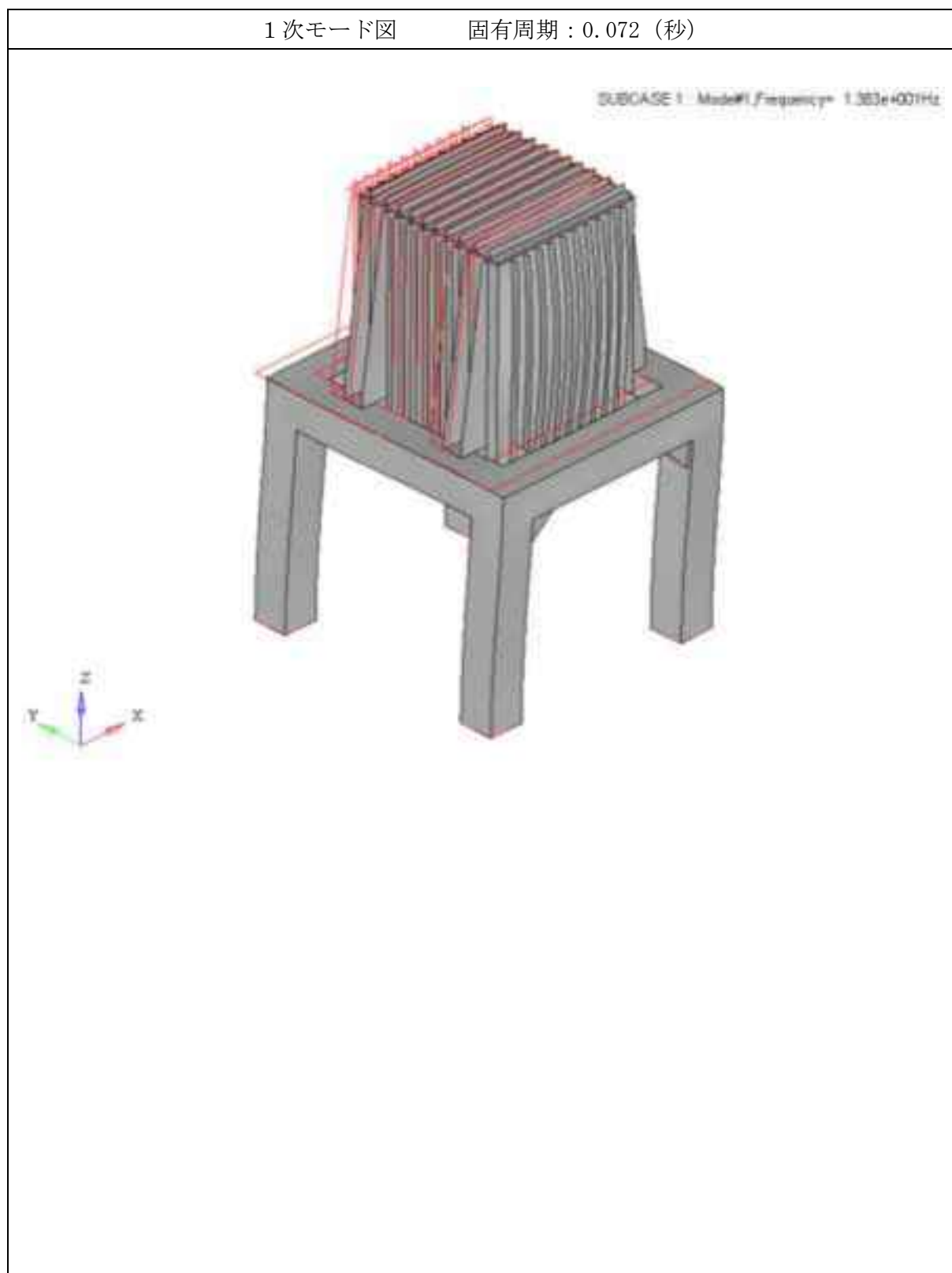


図 4-4 熔融炉(G21ME10) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.069（秒）

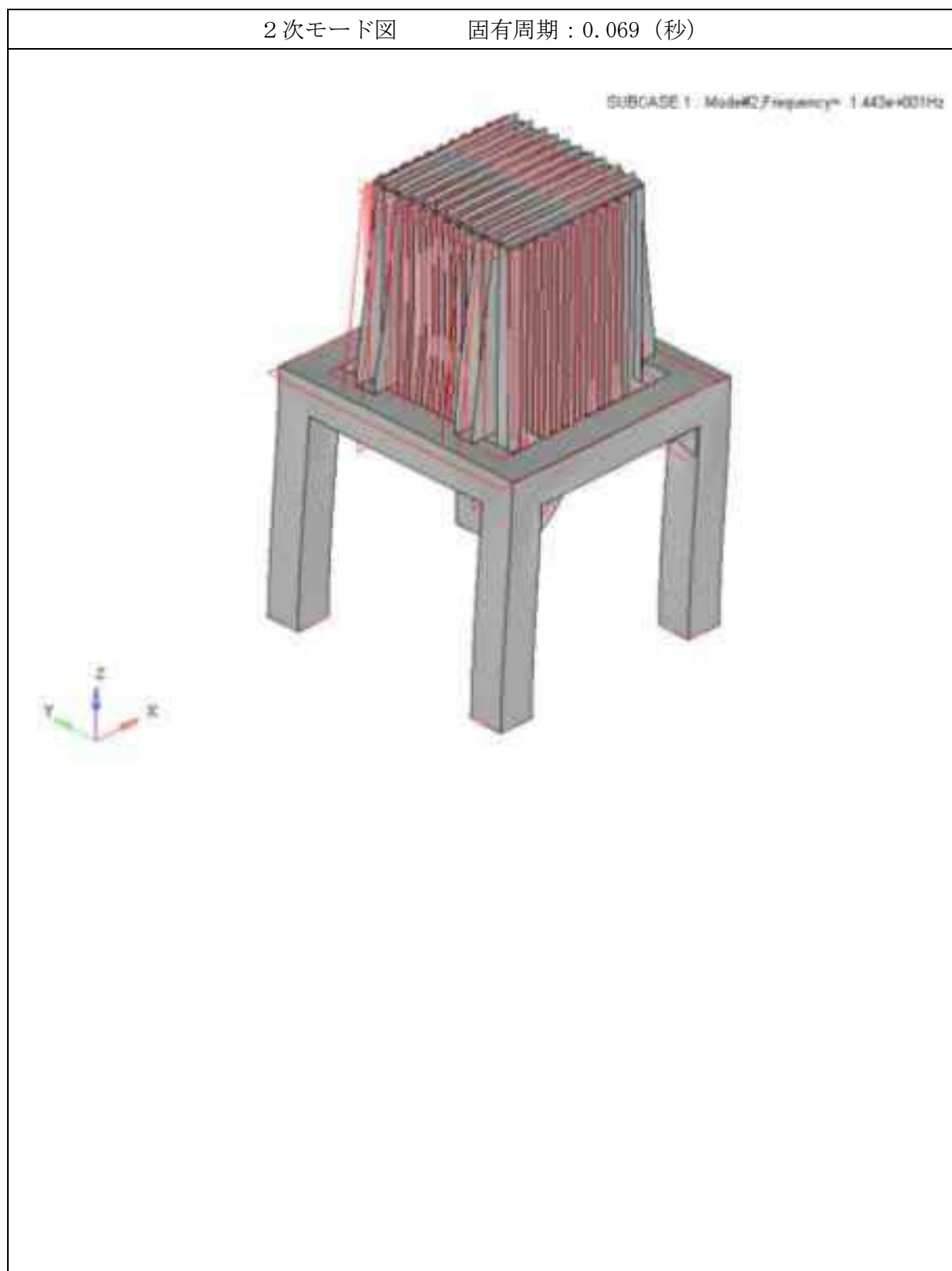


図 4-4 溶融炉 (G21ME10) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.042（秒）

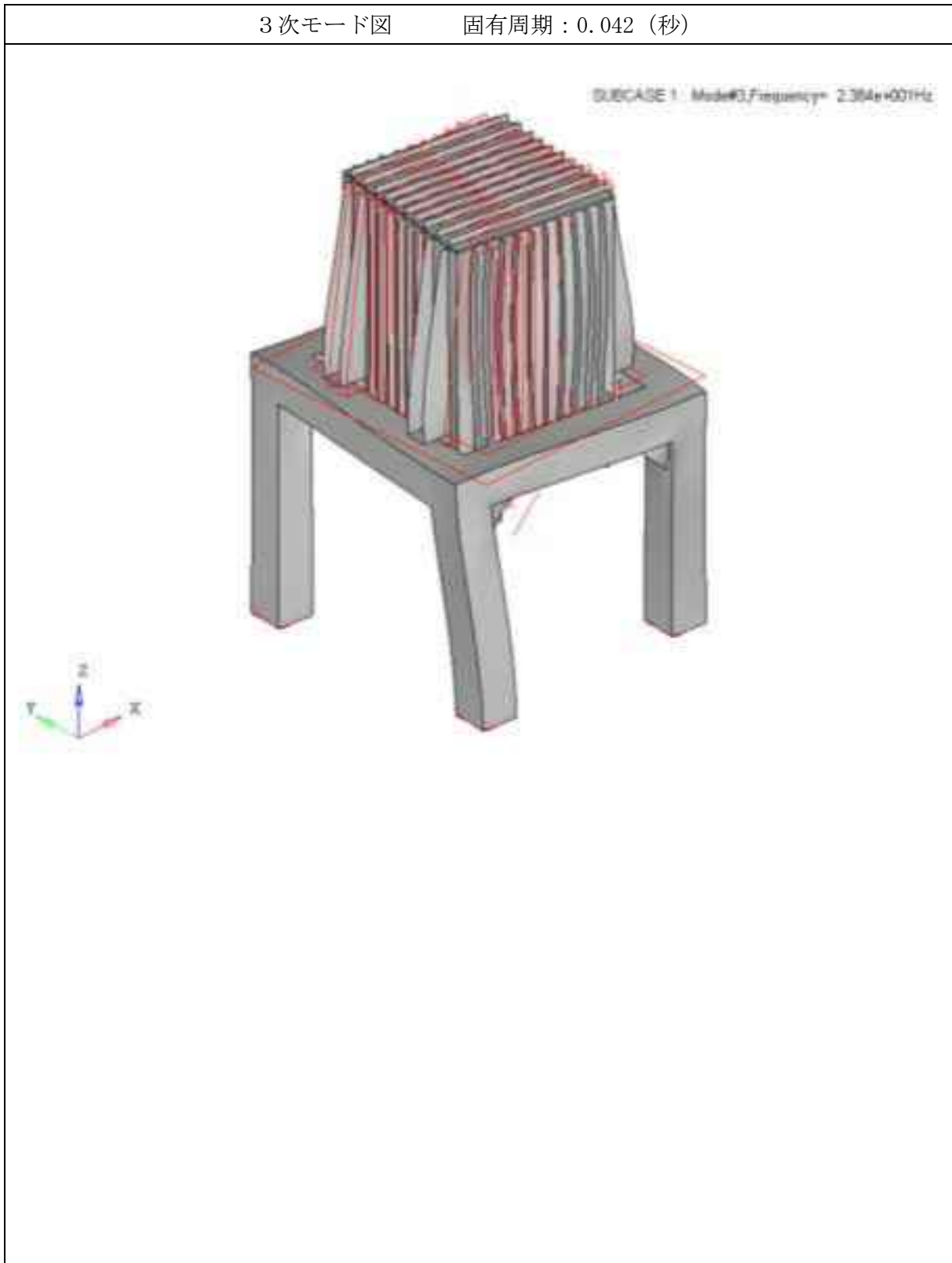


图 4-4 熔融炉(G21ME10) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。ボルトの発生応力は、計算から得られるボルト 1 本当たりの最大せん断荷重をボルトの有効断面積で割って算出した。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の溶融炉 (G21ME10) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
溶融炉 (G21ME10)	ケーシング	一次	74	194	0.39
		一次+二次	339	388	0.88
	架台	一次	102	246	0.42
	据付ボルト	引張	13	246	0.06
		せん断	41	142	0.29
	基礎ボルト	引張	81	246	0.33
せん断		13	142	0.10	

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

ポンプ (G11P1021) の耐震性についての計算書



## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成するポンプ(G11P1021)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

ポンプ(G11P1021)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

また、当該設備の地震時及び地震後の動的機能の評価は、廃止措置計画用設計地震動により当該設備に作用する加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

ポンプ(G11P1021)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。ポンプ(G11P1021)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B1F、水平方向：0.90、鉛直方向：0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

ポンプ (G11P1021) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

ポンプ(G11P1021)の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい軸直角方向に対して行う。

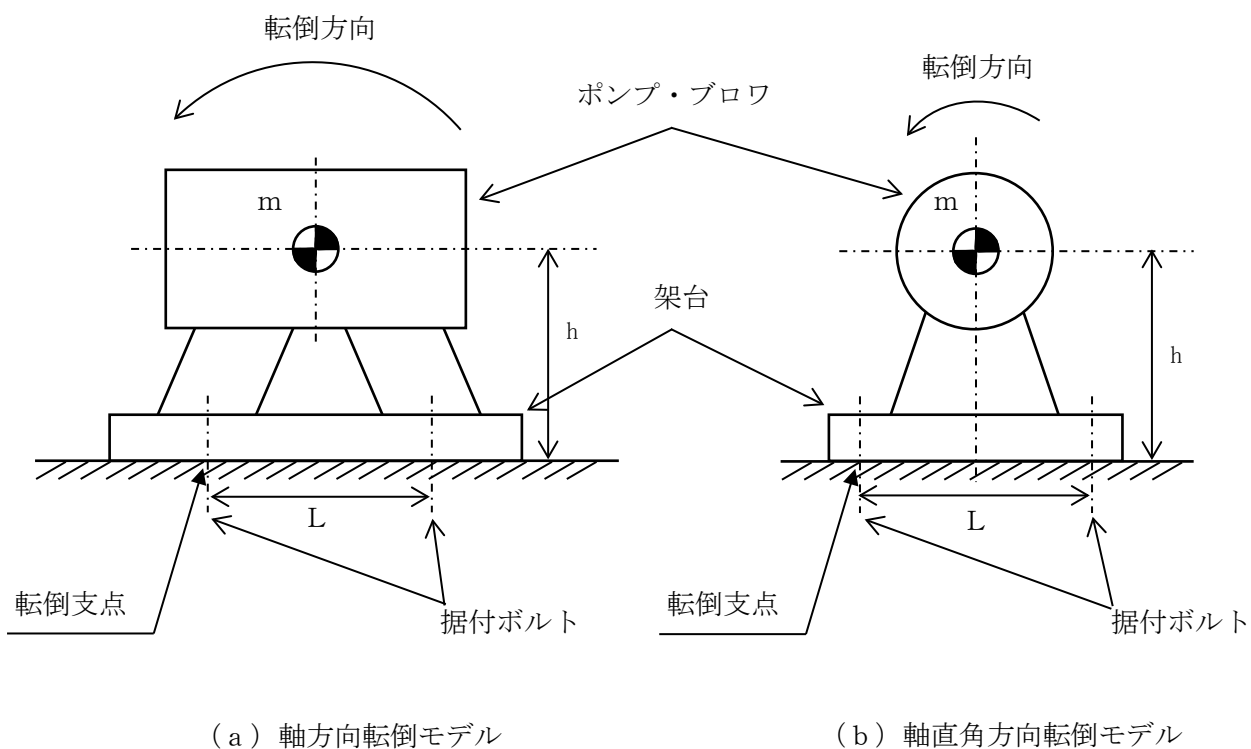


図4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

ポンプ(G11P1021)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
ポンプ (G11P1021)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	380 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS304
	据付ボルト温度	—	50 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	4
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	185 (mm)
	ポンプ振動による震度	$C_p$	0.16
	ポンプ回転により働くモーメント	$M_p$	0 (N・mm)
	総質量	m	115 (kg)

#### 4.6 固有周期

ポンプ (G11P1021) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

ポンプ (G11P1021) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
ポンプ (G11P1021)	0.05 (秒)以下

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

ポンプ (G11P1021) の地震時及び地震後の動的機能維持評価について、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの評価方法を準用し、廃止措置計画用設計地震動により当該設備に作用する加速度と機能確認済加速度を比較することにより評価を行った。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

評価対象設備	形式	方向	機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )
ポンプ (G11P1021)	横形単段遠心式	水平	1.4
		鉛直	1.0

## 6. 評価結果

構造強度評価結果を表 6-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟のポンプ(G11P1021)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

また、動的機能維持評価結果を表 6-2 に示す。廃止措置計画用設計地震動によりポンプ(G11P1021)に作用する加速度は機能確認済加速度以下であることを確認した。

表 6-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
ポンプ(G11P1021)	据付ボルト	引張	1	246	0.01
		せん断	2	142	0.02

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

表 6-2 動的機能維持評価結果

評価対象設備	方向	廃止措置計画用設計地震動により設備に作用する加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )
ポンプ(G11P1021)	水平	0.72	1.4
	鉛直	0.64	1.0



A 台車(G51M118A)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する A 台車(G51M118A)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

A 台車(G51M118A)の構造強度の評価は、有限要素法 (FEM) 解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa

## 3. 評価部位

A 台車(G51M118A)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなるフレーム及びレール架台据付ボルトとする。A 台車(G51M118A)の概要図を図 3-1 に示す。

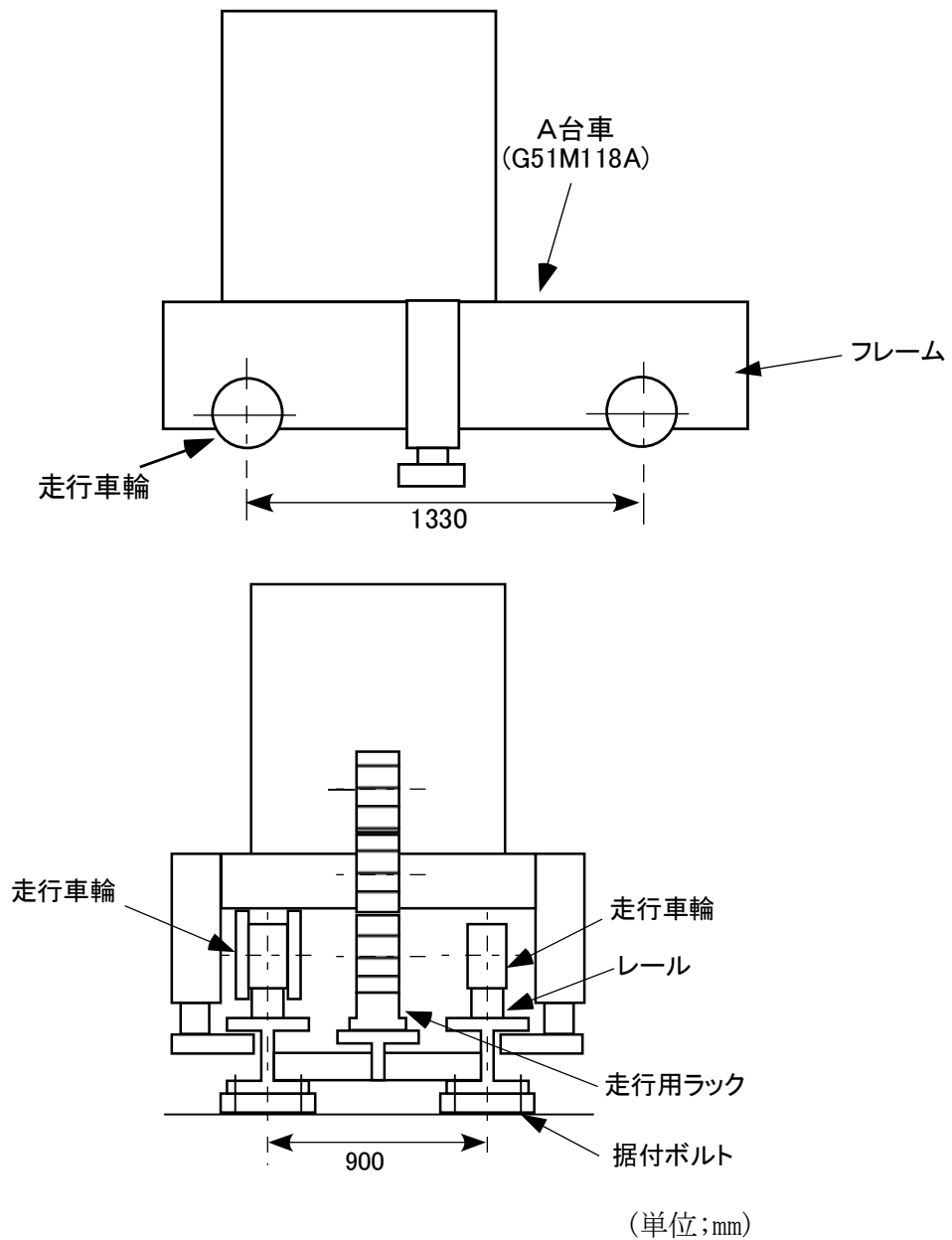


図 3-1 A 台車(G51M118A)の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
フレーム	曲げ応力	F
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。

A 台車 (G51M118A) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
2F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

A 台車(G51M118A)の発生応力の計算方法は FEM 解析（静的解析）により発生応力を算出した。解析コードは MSC.Nastran<sup>※1</sup>を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

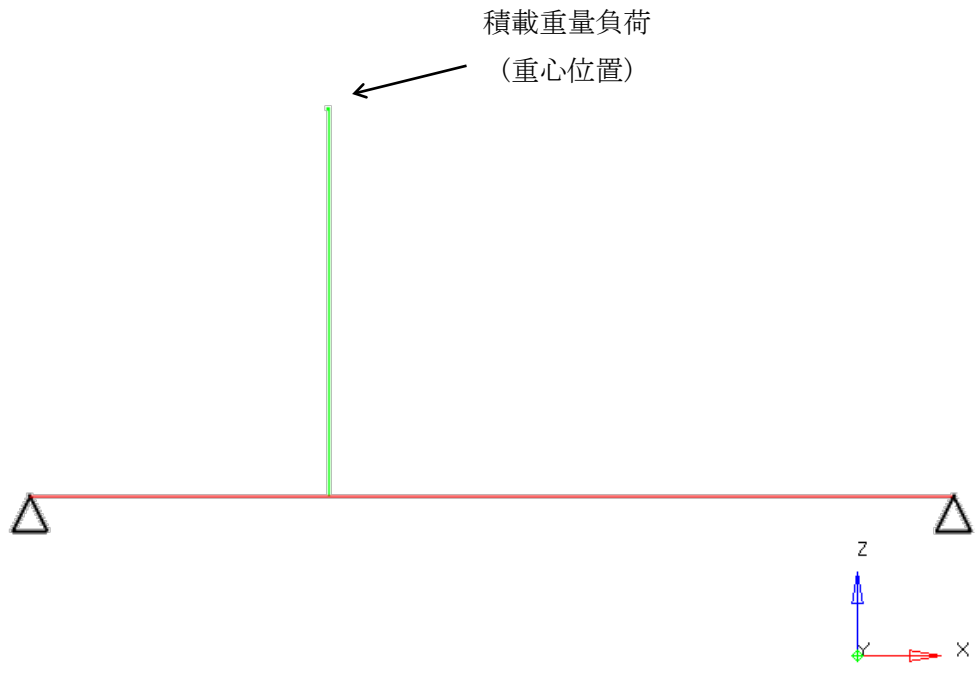
※1 MSC Software Corporation, “MSC.Nastran Version 2005r2” .

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

A 台車(G51M118A)の解析モデルを図 4-1 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

△…拘束点



拘束条件 ○ : 固定, - : フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
フレーム両端	○	○	○	○	-	-

図 4-1 A 台車(G51M118A)の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

A 台車(G51M118A)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
A 台車(G51M118A)	安全上の機能	閉じ込め機能
	機器区分	クラス 3
	車輪間距離	1330 (mm)
	台車重心から積載物重心までの距離	555 (mm)
	フレームの材質	SUS304
	本体高さ	1710 (mm)
	設計温度	45 (°C)
	レール間距離	900 (mm)
	据付ボルト間距離	60 (mm)
	据付ボルト呼び径	M12
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	84.3 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SUS316
	総質量(設計質量)	950 (kg)
	積載質量	1950 (kg)

※ JIS B 0205 に基づく。

#### 4.6 固有周期

A 台車(G51M118A)の固有周期及び固有モードを図 4-2 に示す。

1次モード図

固有周期：0.020 (秒)

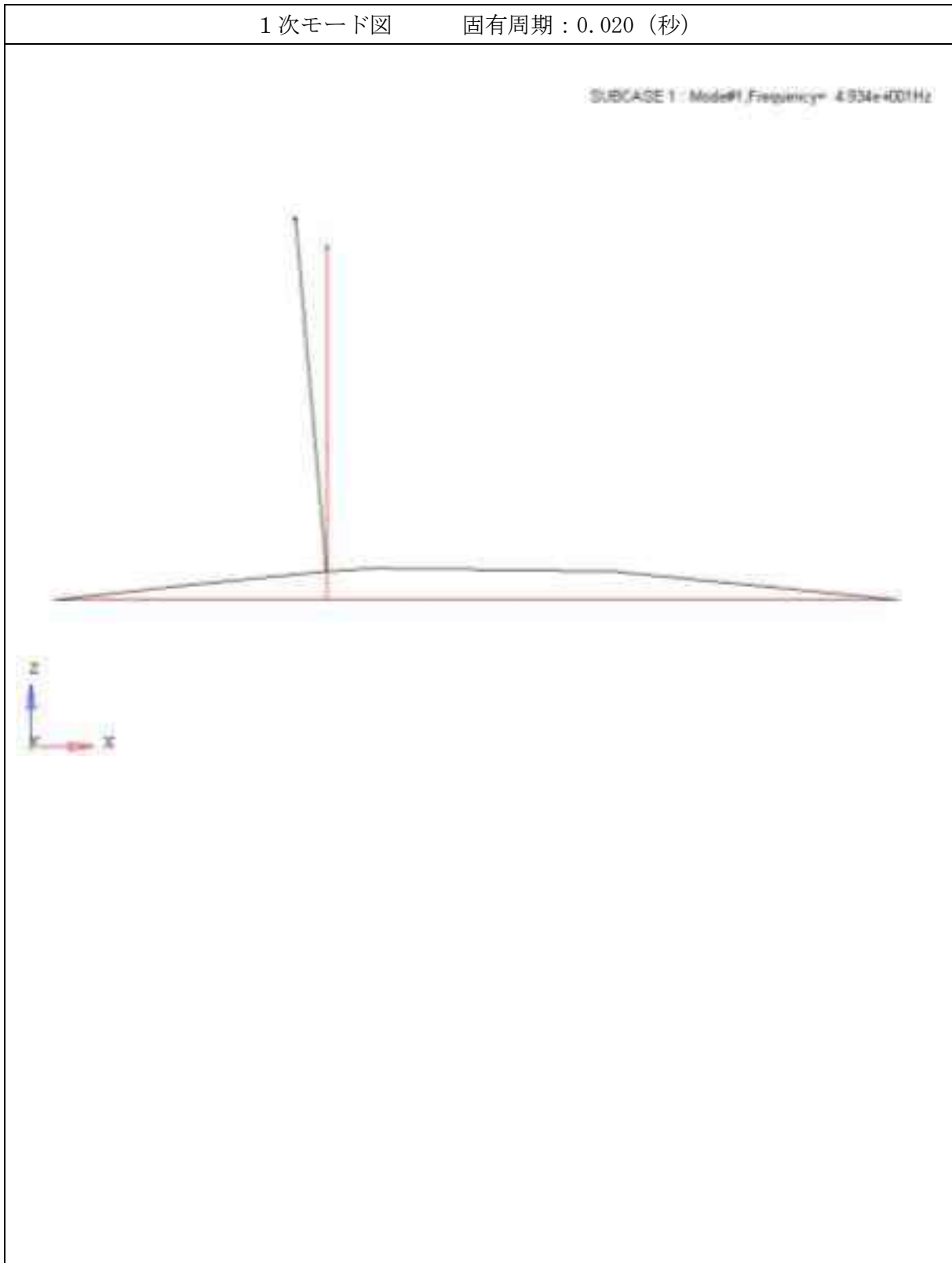


図 4-2 A 台車(G51M118A) 固有モード図



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の A 台車(G51M118A)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
A 台車(G51M118A)	フレーム	曲げ	26	190	0.14
	据付ボルト	引張	146	246	0.60
		せん断	45	142	0.32

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

トランスミッタラック (TR21) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成するトランスミッタラック (TR21)\* について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ セル内ドリップトレイ液面上限警報 (G04LA+001a, G04LA+001b) 及び流下ノズル加熱停止回路 (G21P0-10.5) の計装制御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

トランスミッタラック (TR21) の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性 (底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。) に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012 (日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

トランスミッタラック (TR21) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。トランスミッタラック(TR21)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(1F, 水平方向:0.97, 鉛直方向:0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

トランスミッタラック (TR21) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

トランスミッタラック (TR21) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

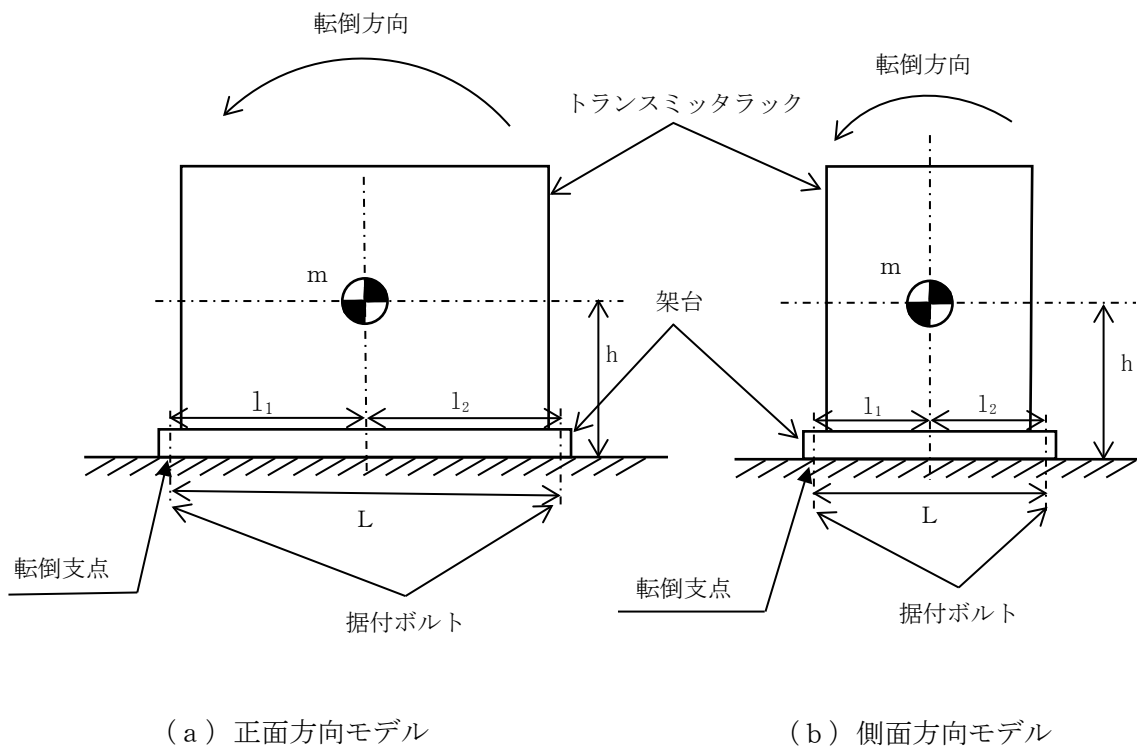


図 4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

トランスミッタラック (TR21) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
トランスミッタラック (TR21)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	600 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	12
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	4
	据付面から重心までの距離	h	1100 (mm)
	総質量	$m$	390 (kg)

#### 4.6 固有周期

トランスミッタラック (TR21) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

トランスミッタラック (TR21) の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
トランスミッタラック (TR21)	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟のトランスミッタラック (TR21) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
トランスミッタラック (TR21)	据付ボルト	引張	9	280	0.04
		せん断	2	161	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2,  
TR12.3, TR12.4) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成するトランスミッタラック (TR11. 1, TR11. 2, TR12. 1, TR12. 2, TR12. 3, TR12. 4) ※について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ セル内ドリフトレイ液面上限警報 (G04LA+001a, G04LA+001b) 及び流下ノズル加熱停止回路 (G21P0-10. 5) の計装制御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

トランスミッタラック (TR11. 1, TR11. 2, TR12. 1, TR12. 2, TR12. 3, TR12. 4) の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性 (底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。) に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012 (日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。トランスミッタラック(TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(1F, 水平方向: 0.97, 鉛直方向: 0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

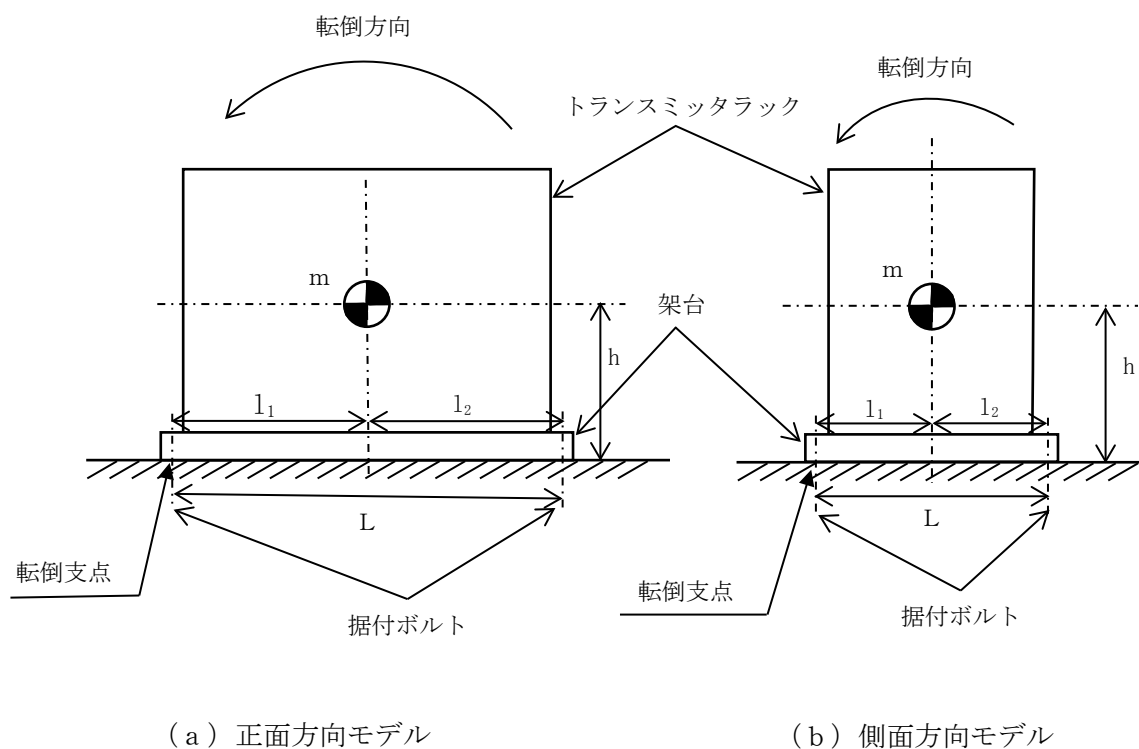


図 4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	600 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	14
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	5
	据付面から重心までの距離	h	960 (mm)
総質量	$m$	500 (kg)	

#### 4.6 固有周期

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4)	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟のトランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
トランスミッタラック (TR11.1, TR11.2, TR12.1, TR12.2, TR12.3, TR12.4)	据付ボルト	引張	8	280	0.03
		せん断	3	161	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

トランスミッタラック (TR43.2) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成するトランスミッタラック (TR43.2)<sup>※</sup>について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ 圧力上限緊急操作回路 (G43PP+001.7) の計装制御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

トランスミッタラック (TR43.2) の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性 (底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。) に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 2012 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 2012 (日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

トランスミッタラック (TR43.2) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。トランスミッタラック(TR43.2)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(1F, 水平方向:0.97, 鉛直方向:0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

トランスミッタラック (TR43.2) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

トランスミッタラック (TR43.2) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

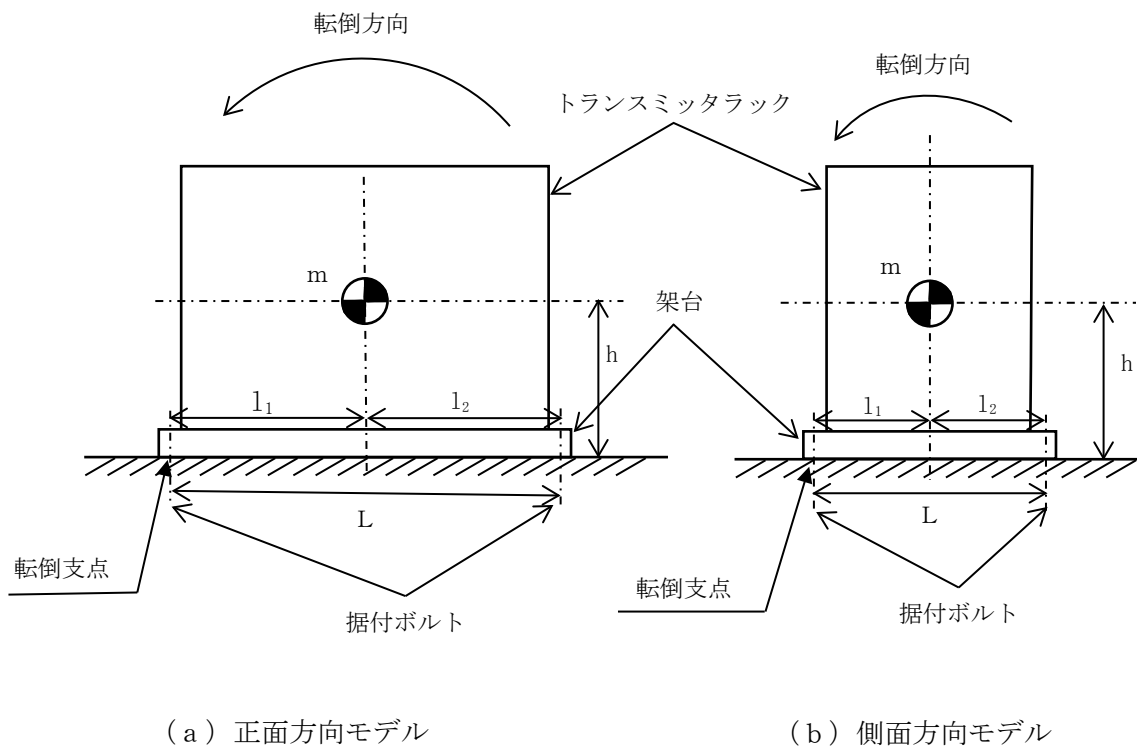


図 4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

トランスミッタラック (TR43.2) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
トランスミッタラック (TR43.2)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	600 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	16
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	6
	据付面から重心までの距離	h	1000 (mm)
	総質量	$m$	500 (kg)

#### 4.6 固有周期

トランスミッタラック (TR43.2) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

トランスミッタラック (TR43.2) の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
トランスミッタラック (TR43. 2)	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟のトランスミッタラック (TR43. 2) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
トランスミッタラック (TR43. 2)	据付ボルト	引張	7	280	0.03
		せん断	2	161	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

工程制御盤(DC)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する工程制御盤(DC)\*  
について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に  
係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用し  
たととしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ セル内ドリップトレイ液面上限警報 (G04LA+001a, G04LA+001b), 流下ノズル加熱停止  
回路 (G21P0-10.5), A 台車の定位置操作装置 (G51Z0+118.1, G51Z0+118.2), A 台車の  
重量上限操作装置 (G51W0+118) 及び圧力上限緊急操作回路 (G43PP+001.7) の計装制  
御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

工程制御盤(DC)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性(底部アンカーボルトによる  
支持構造を持つ。)に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所  
耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容  
限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

工程制御盤(DC)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。工程制御盤(DC)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(2F、水平方向：1.03、鉛直方向：0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

工程制御盤(DC)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

工程制御盤(DC)の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

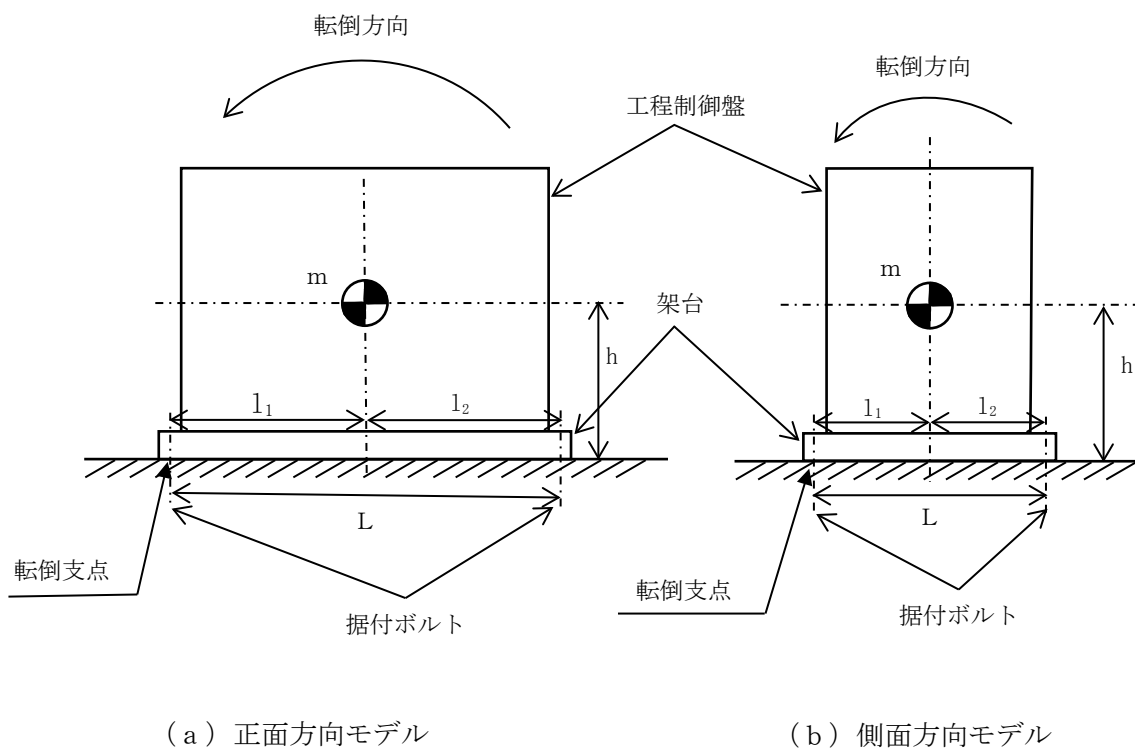


図4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

工程制御盤(DC)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
工程制御盤 (DC)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	400 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M8
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	56
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	28
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	3500 (kg)

#### 4.6 固有周期

工程制御盤 (DC) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

工程制御盤 (DC) の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
工程制御盤 (DC)	0.05 (秒) 以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の工程制御盤 (DC) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
工程制御盤 (DC)	据付ボルト	引張	84	280	0.30
		せん断	18	161	0.12

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

工程監視盤(1)～(3)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する工程監視盤(1)～(3)\*について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ セル内ドリップトレイ液面上限警報 (G04LA+001a, G04LA+001b), 流下ノズル加熱停止回路 (G21P0-10.5), A 台車の定位置操作装置 (G51Z0+118.1, G51Z0+118.2), A 台車の重量上限操作装置 (G51W0+118) 及び圧力上限緊急操作回路 (G43PP+001.7) の計装制御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

工程監視盤(1)～(3)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

工程監視盤(1)～(3)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。工程監視盤(1)～(3)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(2F, 水平方向: 1.03, 鉛直方向: 0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

工程監視盤(1)～(3)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

工程監視盤(1)～(3)の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

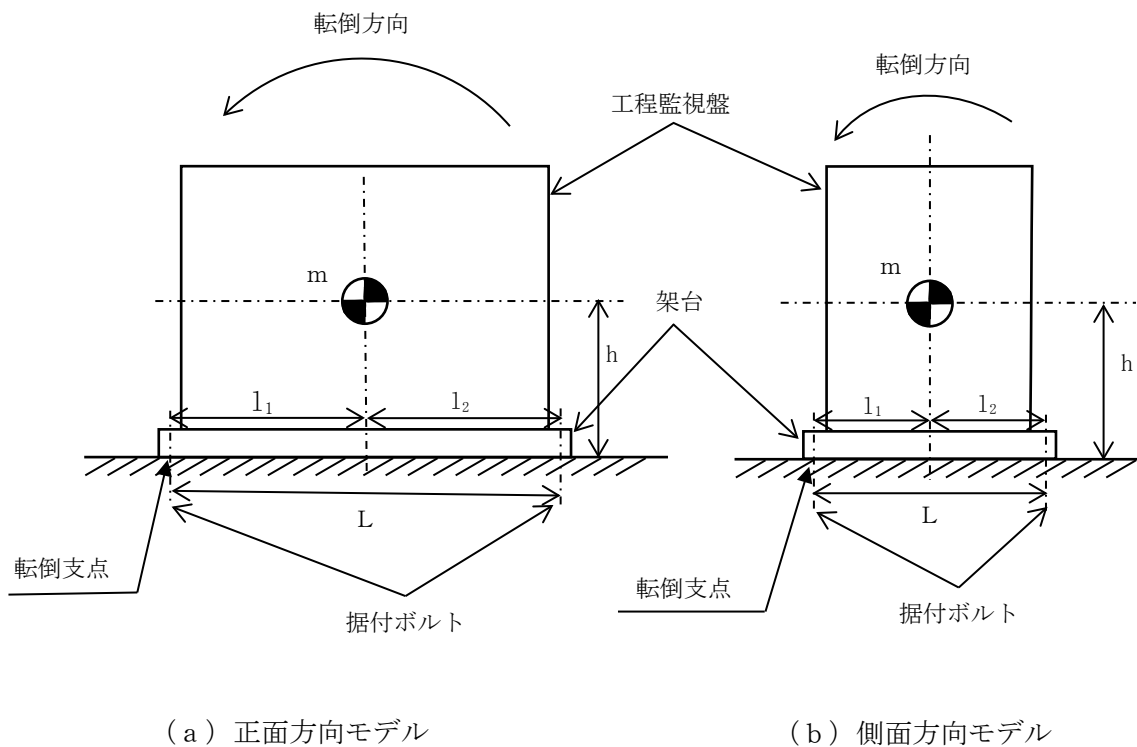


図4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

工程監視盤(1)～(3)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
工程監視盤(1)～(3)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	1200 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	4
	引張力の作用する据付ボルトの 評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	1050 (mm)
	総質量	$m$	1550 (kg)

#### 4.6 固有周期

工程監視盤(1)～(3)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

工程監視盤(1)～(3)の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
工程監視盤(1)～(3)	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の工程監視盤(1)～(3)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
工程監視盤(1)～(3)	据付ボルト	引張	24	280	0.09
		せん断	25	161	0.16

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

変換器盤 (TX1, TX2) の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する変換器盤(TX1, TX2)<sup>※</sup>について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

※ 流下ノズル加熱停止回路(G21P0-10.5)及び圧力上限緊急操作回路(G43PP+001.7)の計装制御に関わる機器。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

変換器盤(TX1, TX2)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性(底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。)に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

変換器盤 (TX1, TX2) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。変換器盤(TX1, TX2)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(2F, 水平方向:1.03, 鉛直方向:0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

変換器盤 (TX1, TX2) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

変換器盤(TX1, TX2)の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

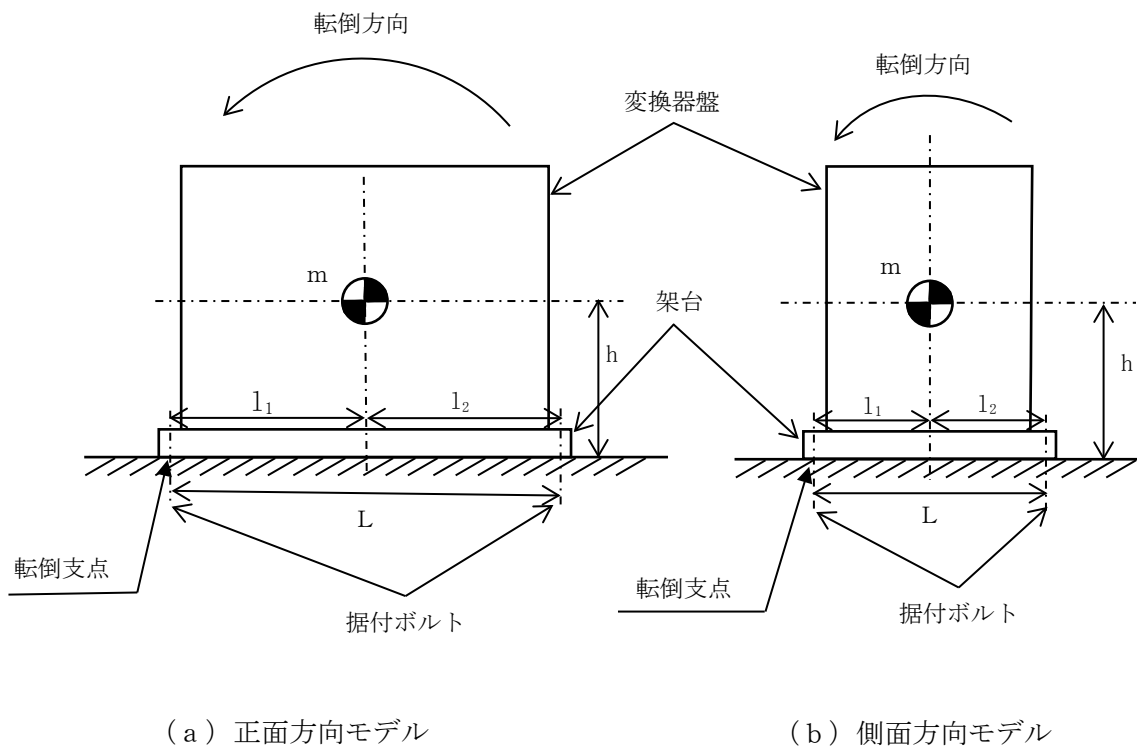


図 4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

変換器盤(TX1, TX2)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
変換器盤(TX1, TX2)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	1200 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	10
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	5
	据付面から重心までの距離	h	1200 (mm)
	総質量	$m$	2400 (kg)

#### 4.6 固有周期

変換器盤(TX1, TX2)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

変換器盤(TX1, TX2)の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
変換器盤 (TX1, TX2)	0.05 (秒) 以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の変換器盤 (TX1, TX2) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
変換器盤 (TX1, TX2)	据付ボルト	引張	34	280	0.13
		せん断	29	161	0.19

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

計装設備分電盤(DP6)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する計装設備分電盤(DP6)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

計装設備分電盤(DP6)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性(底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。)に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

計装設備分電盤(DP6)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。計装設備分電盤(DP6)の静的解析用震度は，機器据付階のもの(3F，水平方向：1.12，鉛直方向：0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

計装設備分電盤 (DP6) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

計装設備分電盤(DP6)の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

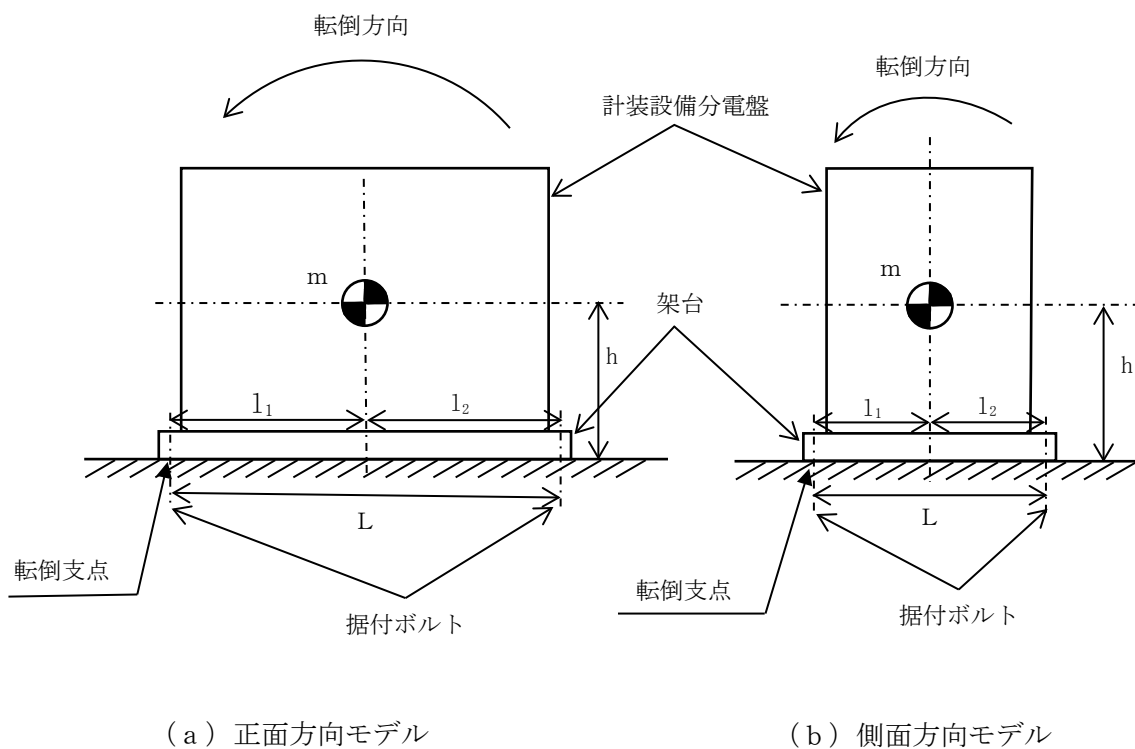


図 4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

計装設備分電盤(DP6)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
計装設備分電盤(DP6)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	410 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	20
	引張力の作用する据付ボルトの 評価本数	$n_f$	7
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	1000 (kg)

#### 4.6 固有周期

計装設備分電盤(DP6)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

計装設備分電盤(DP6)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
計装設備分電盤(DP6)	0.05(秒)以下



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の計装設備分電盤 (DP6) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
計装設備分電盤 (DP6)	据付ボルト	引張	44	280	0.16
		せん断	7	161	0.05

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

計装設備分電盤(DP8)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する計装設備分電盤(DP8)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

計装設備分電盤(DP8)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性(底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。)に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

計装設備分電盤(DP8)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。計装設備分電盤(DP8)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(1F、水平方向：0.97、鉛直方向：0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

計装設備分電盤 (DP8) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg \sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mg C_P (h + l_1) + M_P - m g l_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

計装設備分電盤 (DP8) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

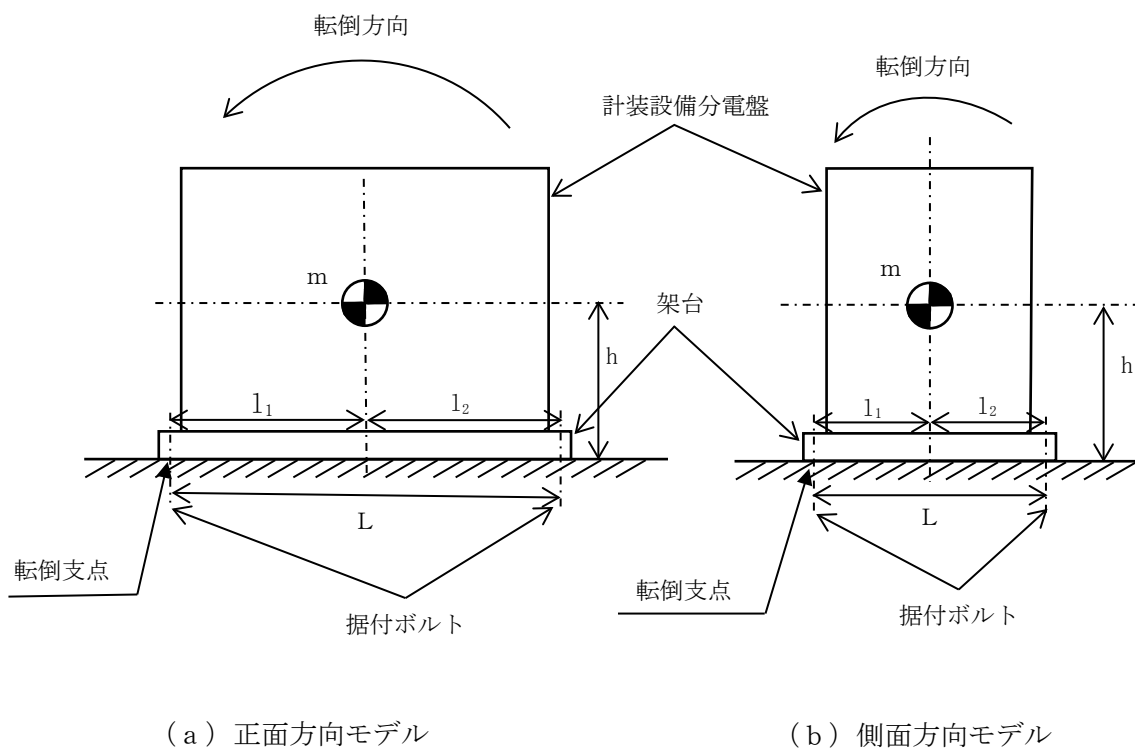


図 4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

計装設備分電盤 (DP8) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
計装設備分電盤(DP8)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	410 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	8
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	3
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	540 (kg)

#### 4.6 固有周期

計装設備分電盤(DP8)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

計装設備分電盤(DP8)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
計装設備分電盤(DP8)	0.05(秒)以下



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の計装設備分電盤 (DP8) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
計装設備分電盤 (DP8)	据付ボルト	引張	47	280	0.17
		せん断	8	161	0.05

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

重要系動力分電盤(VFP1)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する重要系動力分電盤(VFP1)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

重要系動力分電盤(VFP1)の構造強度の評価は、有限要素法(FEM)解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa

## 3. 評価部位

重要系動力分電盤(VFP1)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる本体及び据付ボルトとする。重要系動力分電盤(VFP1)の概要図を図 3-1 に示す。

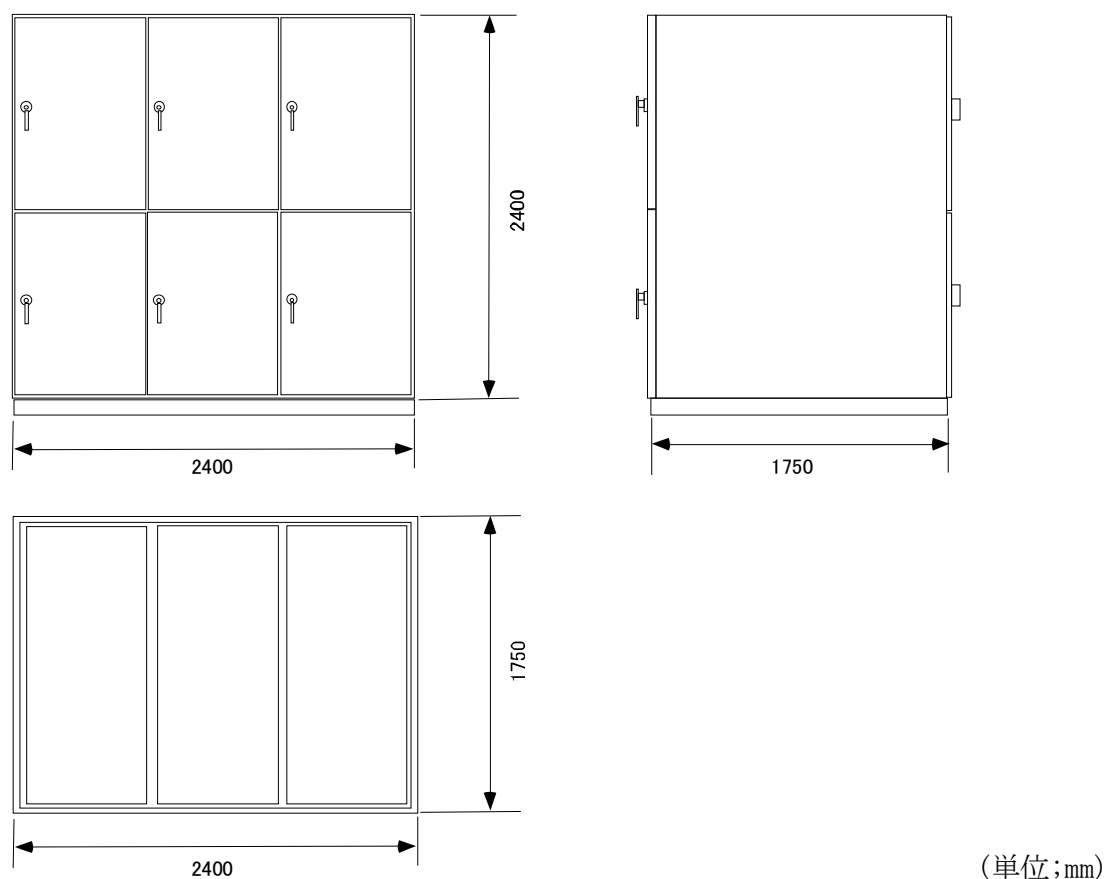


図 3-1 重要系動力分電盤 (VFP1) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
本体	曲げ	F
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。

重要系動力分電盤(VFP1)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B2F, 水平方向:0.86, 鉛直方向:0.77)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
2F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

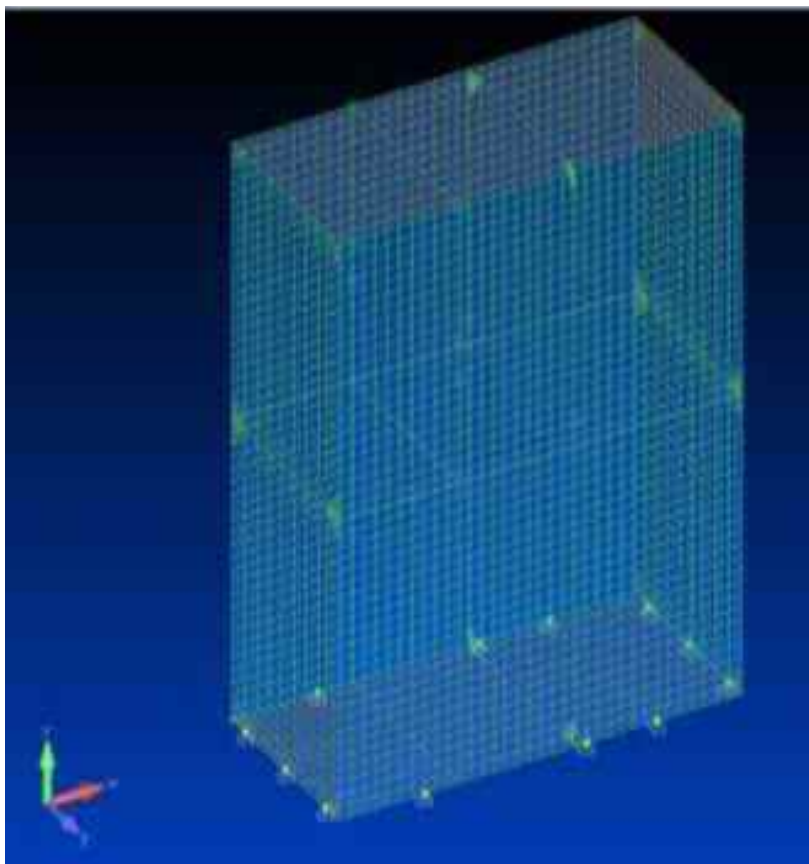
重要系動力分電盤(VFP1)の発生応力の計算方法はFEM解析(静的解析)を用いた。解析コードはFINAS<sup>※1</sup>を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

重要系動力分電盤(VFP1)の解析モデルを図 4-1 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。



拘束条件 ○：固定，－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト(12箇所)	○	○	○	－	－	－

図 4-1 重要系動力分電盤(VFP1)の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

重要系動力分電盤(VFP1)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
重要系 動力分電盤(VFP1)	安全上の機能	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	クラス3
	外径寸法(縦)	1750 (mm)
	外径寸法(横)	2400 (mm)
	外径寸法(高さ)	2400 (mm)
	本体材質	SS400
	本体温度	40 (°C)
	据付ボルト呼び径	M16
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	157 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SS400
	据付ボルト温度	40 (°C)
	総質量	1939 (kg)

※ JIS B 0205に基づく。

#### 4.6 固有周期

重要系動力分電盤(VFP1)の固有周期及び固有モードを図4-2に示す。

1次モード図

固有周期：0.047（秒）

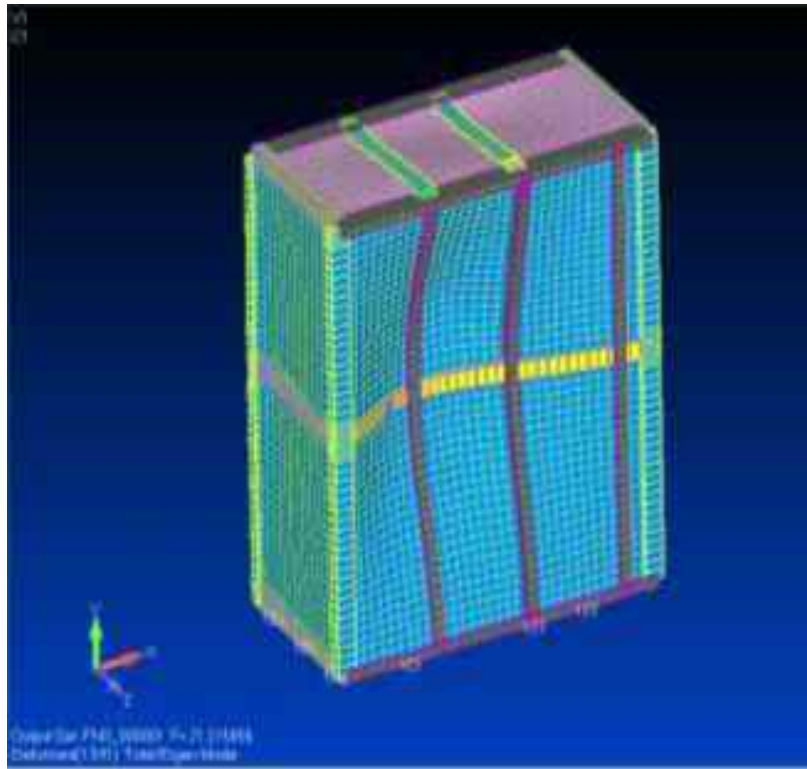


図 4-2 重要系動力分電盤 (VFP1) 固有モード図



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。ボルトの発生応力は、計算から得られるボルト 1 本当たりの最大せん断荷重をボルトの有効断面積で割って算出した。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の重要系動力分電盤 (VFP1) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
重要系 動力分電盤 (VFP1)	本体	曲げ	20	280	0.08
	据付ボルト	引張	26	280	0.10
		せん断	32	161	0.20

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

一般系動力分電盤(VFP2)  
の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する一般系動力分電盤(VFP2)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

一般系動力分電盤(VFP2)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

一般系動力分電盤 (VFP2) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。一般系動力分電盤(VFP2)の静的解析用震度は，機器据付階のもの（B1F，水平方向：0.90，鉛直方向：0.78）を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

一般系動力分電盤 (VFP2) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg \sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mg C_P (h + l_1) + M_P - mg l_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

一般系動力分電盤 (VFP2) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

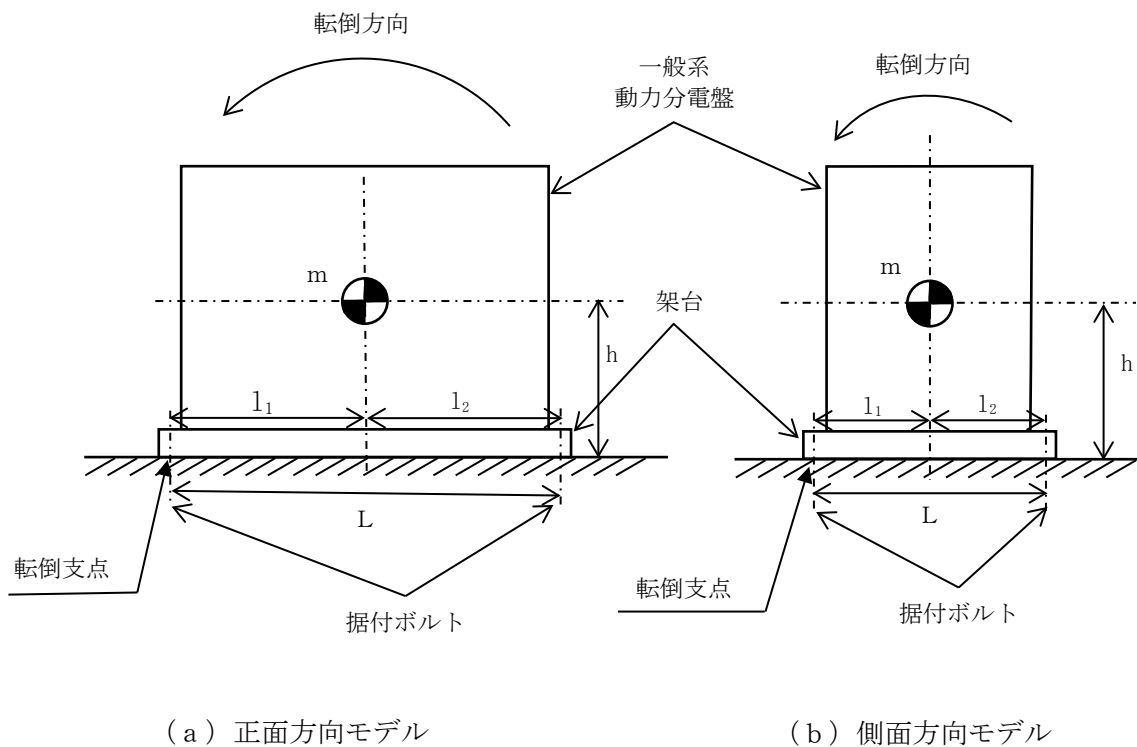


図 4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

一般系動力分電盤 (VFP2) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
一般系 動力分電盤 (VFP2)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	730 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	10
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	850 (kg)

#### 4.6 固有周期

一般系動力分電盤 (VFP2) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

一般系動力分電盤 (VFP2) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
一般系動力分電盤 (VFP2)	0.05 (秒) 以下



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の一般系動力分電盤(VFP2)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
一般系 動力分電盤(VFP2)	据付ボルト	引張	26	280	0.10
		せん断	5	161	0.04

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

一般系動力分電盤(VFP3)  
の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する一般系動力分電盤(VFP3)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

一般系動力分電盤(VFP3)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

一般系動力分電盤 (VFP3) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。一般系動力分電盤(VFP3)の静的解析用震度は，機器据付階のもの(3F，水平方向：1.12，鉛直方向：0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

一般系動力分電盤 (VFP3) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg \sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mg C_P (h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

一般系動力分電盤 (VFP3) の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

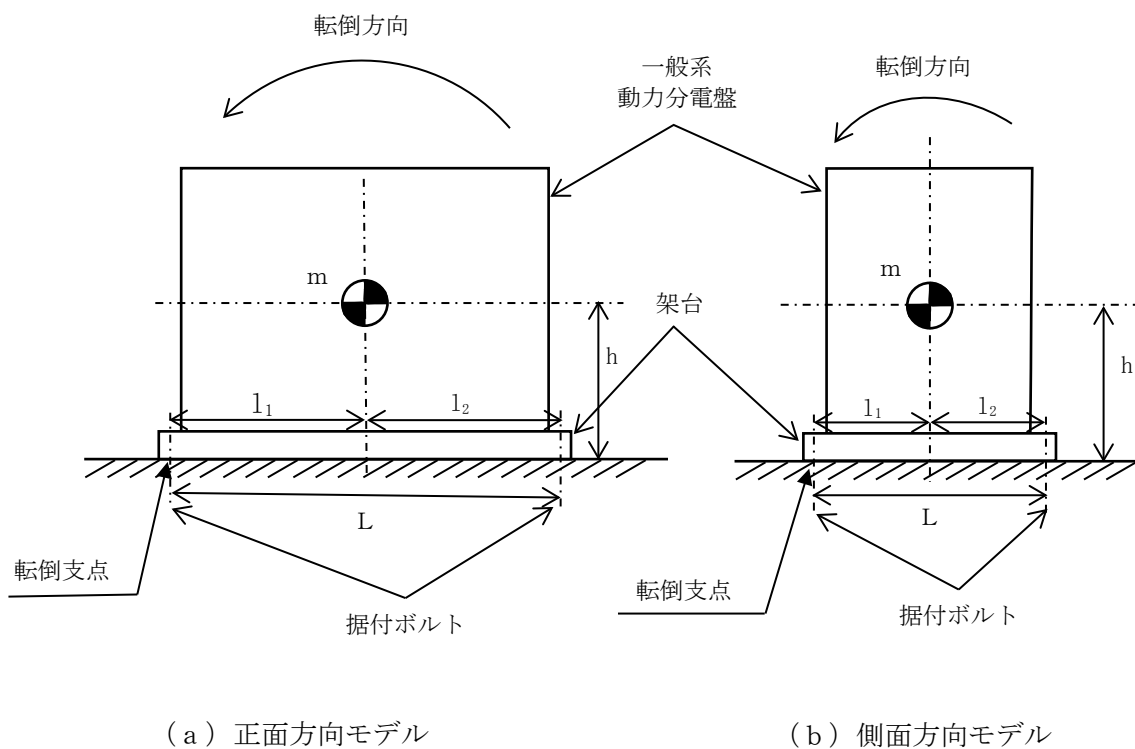


図 4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

一般系動力分電盤 (VFP3) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
一般系 動力分電盤 (VFP3)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	630 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	12
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	3
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	850 (kg)

#### 4.6 固有周期

一般系動力分電盤 (VFP3) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

一般系動力分電盤 (VFP3) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
一般系動力分電盤 (VFP3)	0.05 (秒) 以下



## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の一般系動力分電盤(VFP3)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
一般系 動力分電盤(VFP3)	据付ボルト	引張	28	280	0.10
		せん断	5	161	0.04

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

電磁弁分電盤(SP2)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する電磁弁分電盤(SP2)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

電磁弁分電盤(SP2)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

電磁弁分電盤(SP2)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。電磁弁分電盤(SP2)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(1F、水平方向：0.97、鉛直方向：0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

電磁弁分電盤 (SP2) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

電磁弁分電盤(SP2)の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

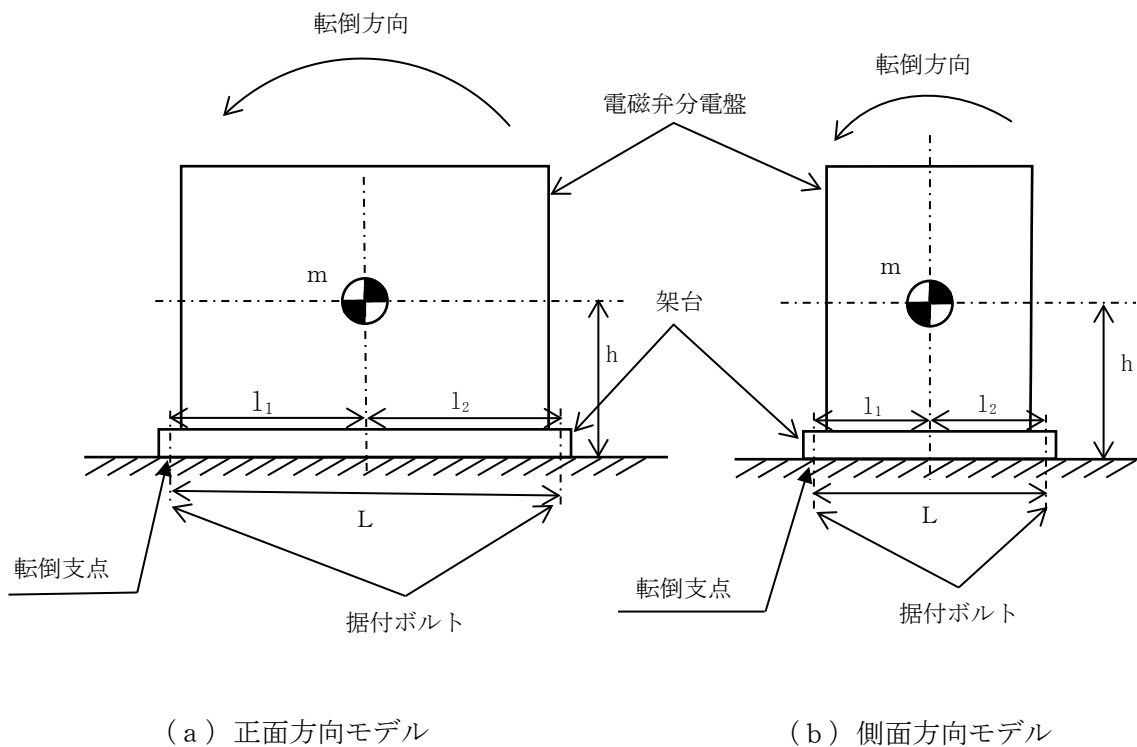


図 4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

電磁弁分電盤(SP2)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
電磁弁分電盤(SP2)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	800 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	4
	引張力の作用する据付ボルトの 評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	1200 (mm)
	総質量	$m$	1100 (kg)

#### 4.6 固有周期

電磁弁分電盤(SP2)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

電磁弁分電盤(SP2)の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
電磁弁分電盤 (SP2)	0.05 (秒) 以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の電磁弁分電盤 (SP2) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
電磁弁分電盤 (SP2)	据付ボルト	引張	35	280	0.13
		せん断	17	161	0.11

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

高圧受電盤の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する高圧受電盤について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

高圧受電盤の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
$m$	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

高圧受電盤の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。高圧受電盤の静的解析用震度は，機器据付階のもの（2F，水平方向：1.03，鉛直方向：0.79）を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

高圧受電盤の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

高压受電盤の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

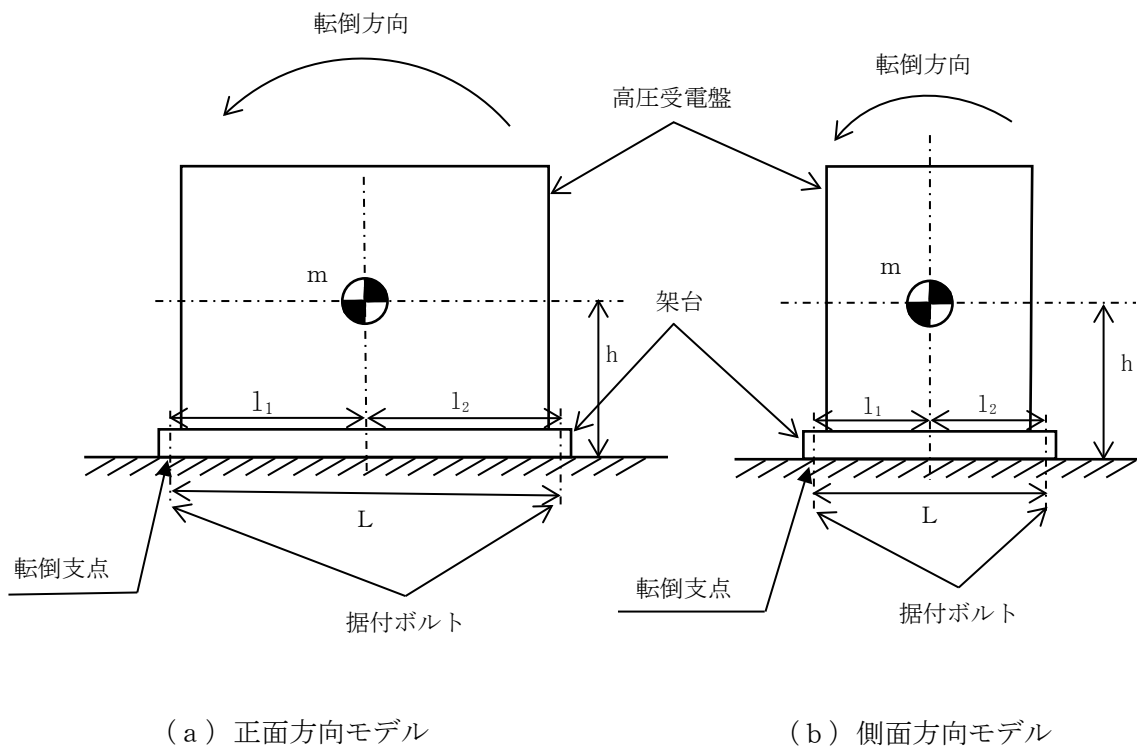


図4-1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

高圧受電盤の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
高圧受電盤	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	800 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	20
	引張力の作用する据付ボルトの 評価本数	$n_f$	10
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	$m$	1400 (kg)

#### 4.6 固有周期

高圧受電盤の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

高圧受電盤の固有周期を表 4-4 に示す。



表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
高圧受電盤	0.05(秒)以下

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の高圧受電盤の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
高圧受電盤	据付ボルト	引張	10	280	0.04
		せん断	5	161	0.04

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

低圧動力配電盤の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する低圧動力配電盤について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

低圧動力配電盤の構造強度の評価は、有限要素法（FEM）解析により行い、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa

## 3. 評価部位

低圧動力配電盤の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる本体及び据付ボルトとする。低圧動力配電盤の概要図を図 3-1 に示す。

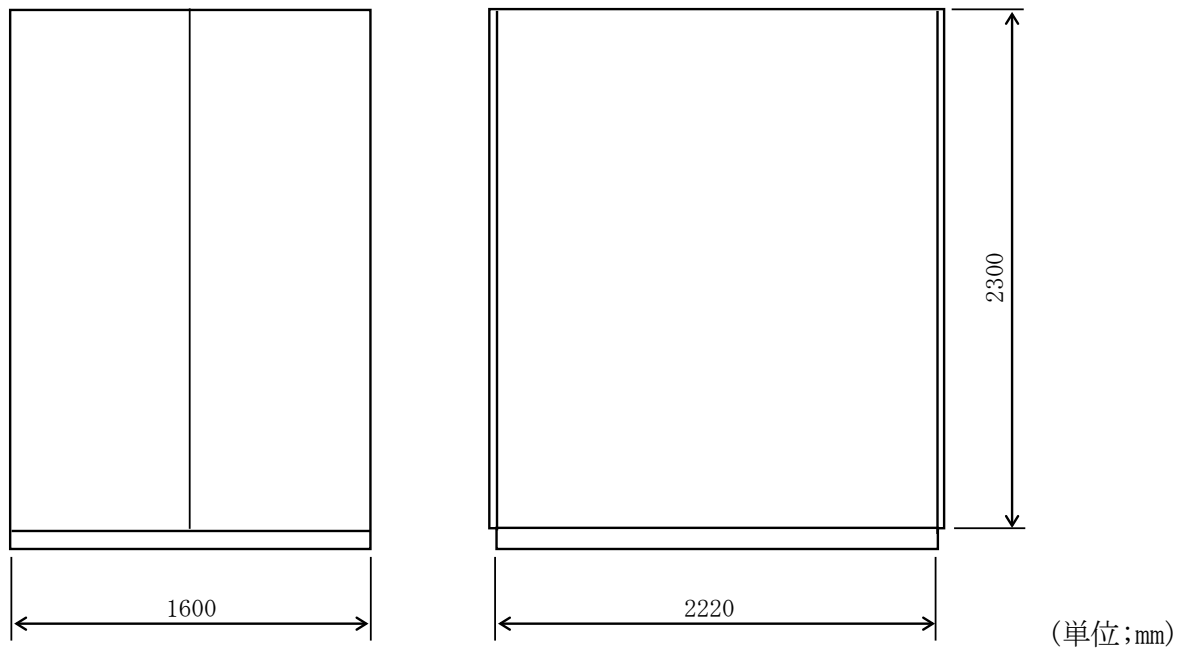


図 3-1 低圧動力配電盤の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
本体	曲げ	F
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。使用した減衰定数を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
低圧動力配電盤	4.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡。周期軸方向に±10% 拡幅したもの。) を作成し、これを評価に用いた。

低圧動力配電盤の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (2 階) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-3、図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-3 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
低圧動力配電盤	解析用の床応答スペクトル (2 階, 減衰定数 4.0%)	解析用の床応答スペクトル (2 階, 減衰定数 1.0%)

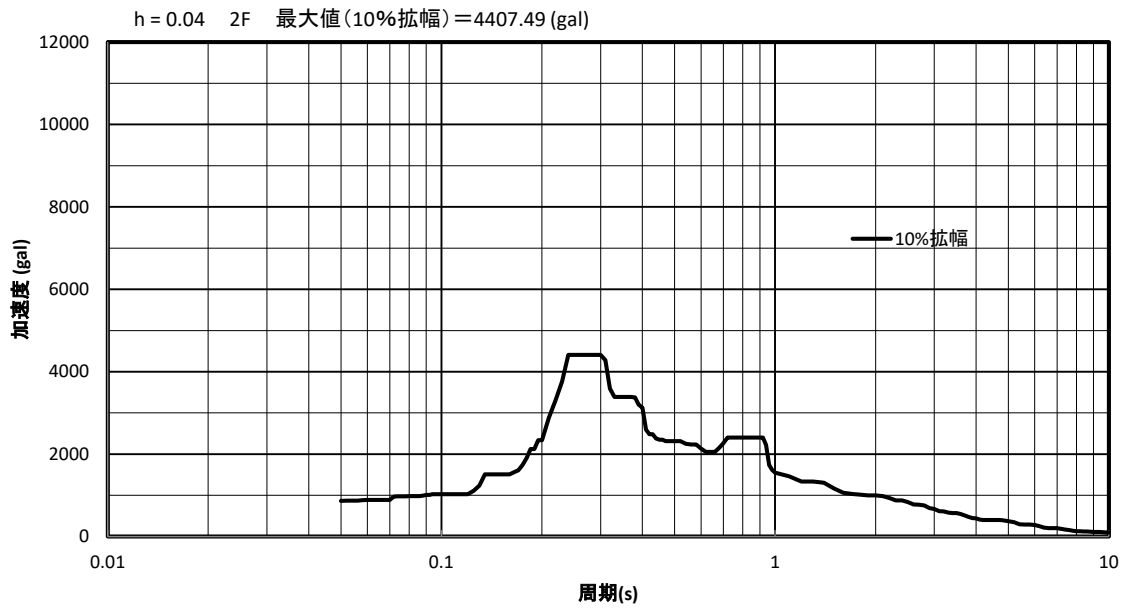


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，2階，減衰定数 4.0%）

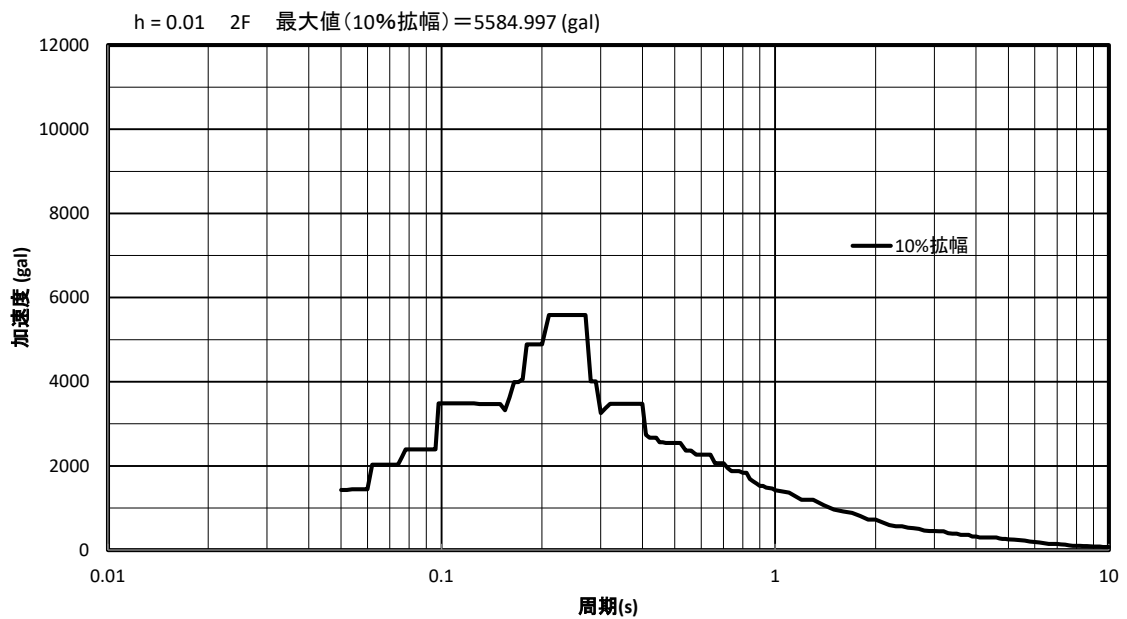


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，2階，減衰定数 1.0%）

#### 4.5 計算方法

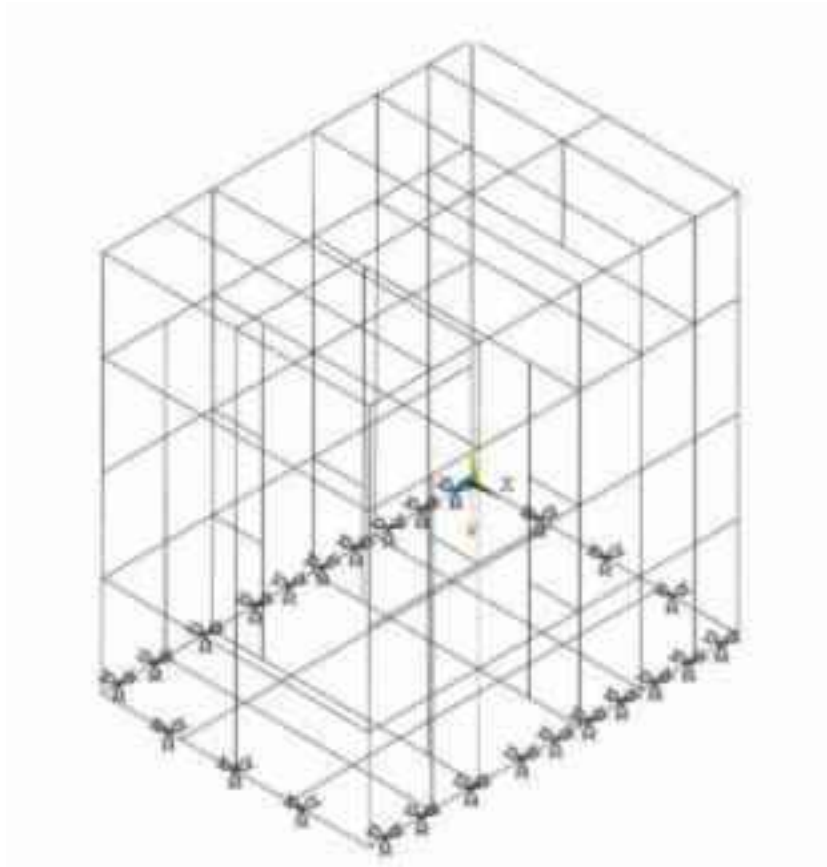
低圧動力配電盤の発生応力の計算方法は FEM 解析（スペクトルモーダル法）を用いた。解析コードは FINAS<sup>※1</sup>を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った


※1 日本原子力研究開発機構，伊藤忠テクノソリューション株式会社，“FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

低圧動力配電盤の解析モデルを図 4-3 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。



 : 拘束箇所

拘束条件 ○ : 固定, - : フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト (26箇所)	○	○	○	-	-	-

図 4-3 低圧動力配電盤の解析モデル



#### 4.6.2 諸元

低圧動力配電盤の主要寸法・仕様を表 4-4 に示す。

表 4-4 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
低圧動力配電盤	安全上の機能	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	クラス 3
	外径寸法 (縦)	2220 (mm)
	外径寸法 (横)	1600 (mm)
	外径寸法 (高さ)	2300 (mm)
	本体材質	SS400
	本体温度	40 (°C)
	据付ボルト呼び径	M16
	据付ボルト有効断面積 <sup>※</sup>	157 (mm <sup>2</sup> )
	据付ボルト材質	SS400
	据付ボルト温度	40 (°C)
	総質量	2000 (kg)

※ JIS B 0205 に基づく。

#### 4.7 固有周期

低圧動力配電盤の固有周期及び固有モードを図 4-4 に示す。

1次モード図

固有周期：0.063（秒）

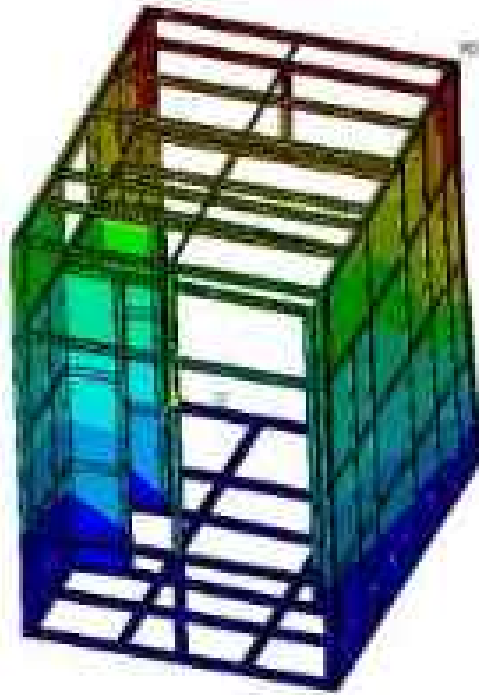


図 4-4 低圧動力配電盤 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.041（秒）

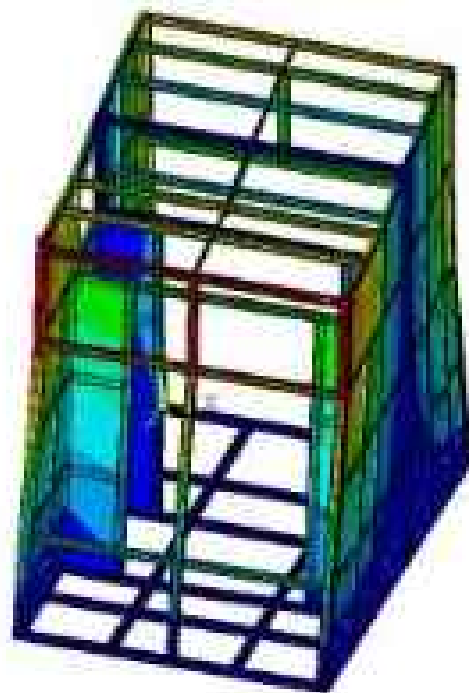


図 4-4 低圧動力配電盤 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.024（秒）

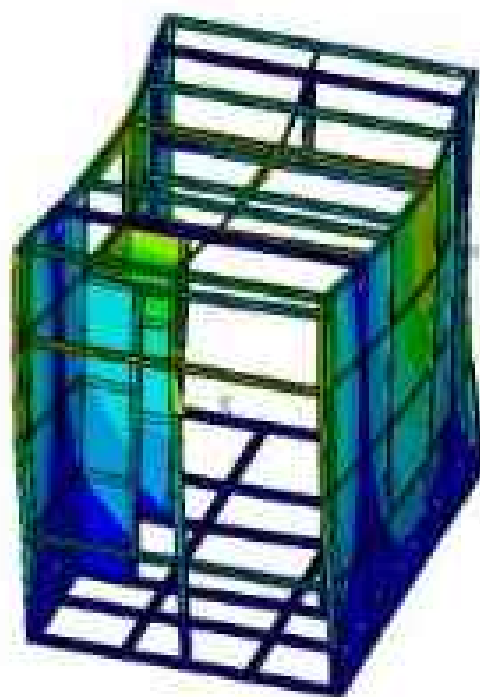


図 4-4 低圧動力配電盤 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。ボルトの発生応力は、計算から得られるボルト 1 本当たりの最大せん断荷重をボルトの有効断面積で割って算出した。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の低圧動力配電盤の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
低圧動力配電盤	本体	曲げ	28	280	0.10
	据付ボルト	引張	16	280	0.06
		せん断	10	161	0.07

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

無停電電源装置の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する無停電電源装置について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

無停電電源装置の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

無停電電源装置の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。



#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。無停電電源装置の静的解析用震度は、機器据付階のもの(3F, 水平方向:1.12, 鉛直方向:0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

無停電電源装置の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

無停電電源装置の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

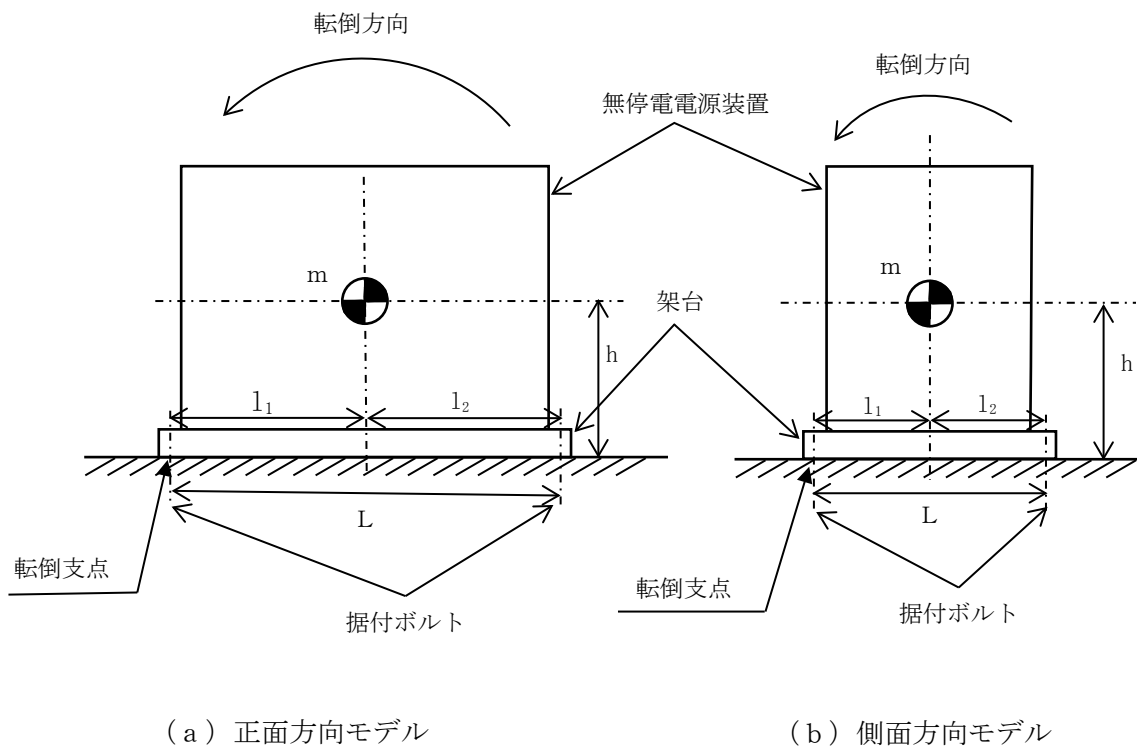


図 4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

無停電電源装置の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
無停電電源装置	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	1110 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	4
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	2200 (kg)

#### 4.6 固有周期

無停電電源装置の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

無停電電源装置の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
無停電電源装置	0.05(秒)以下

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の無停電電源装置の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
無停電電源装置	据付ボルト	引張	50	280	0.18
		せん断	39	161	0.25

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

低圧照明配電盤の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する低圧照明配電盤について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

低圧照明配電盤の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

低圧照明配電盤の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。



#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。低圧照明配電盤の静的解析用震度は，機器据付階のもの（2F，水平方向：1.03，鉛直方向：0.79）を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

低圧照明配電盤の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

## 4.5 計算条件

### 4.5.1 解析モデル

低圧照明配電盤の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

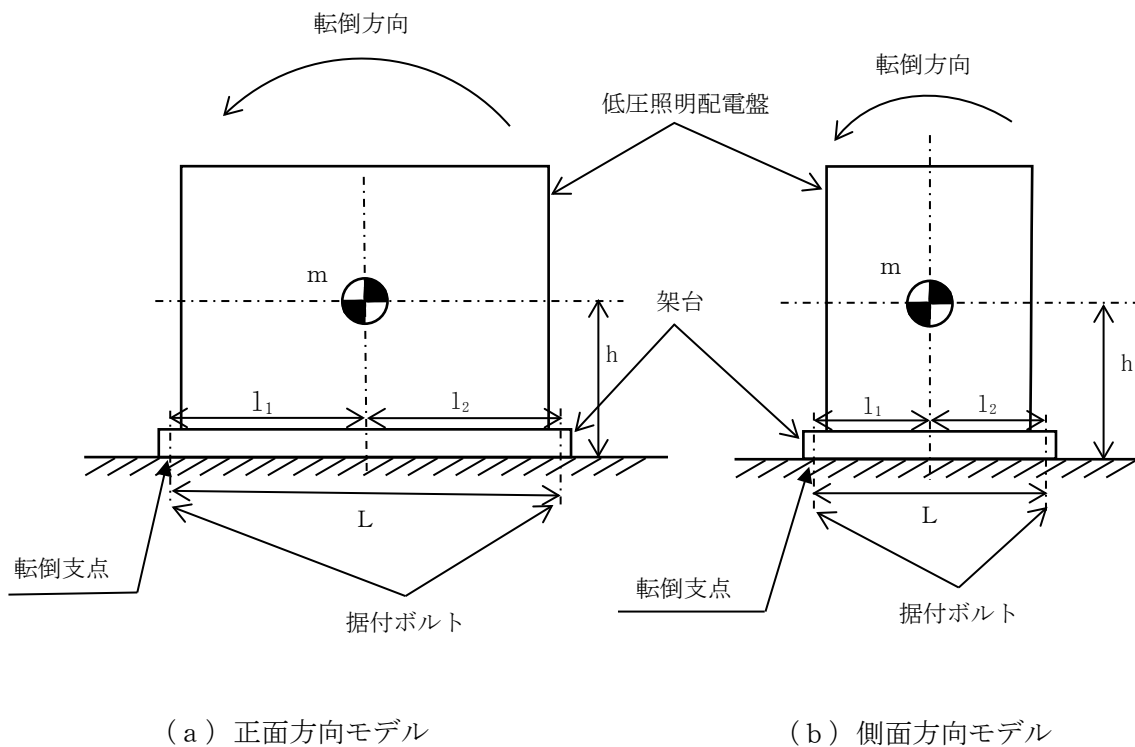


図 4-1 解析モデル

### 4.5.2 諸元

低圧照明配電盤の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
低圧照明配電盤	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	1130 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	14
	引張力の作用する据付ボルトの 評価本数	$n_f$	4
	据付面から重心までの距離	h	1200 (mm)
	総質量	m	2780 (kg)

#### 4.6 固有周期

低圧照明配電盤の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

低圧照明配電盤の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
低圧照明配電盤	0.05(秒)以下

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の低圧照明配電盤の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
低圧照明配電盤	据付ボルト	引張	29	280	0.11
		せん断	13	161	0.09

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

直流電源装置の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する直流電源装置について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

直流電源装置の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

直流電源装置の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。



#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度，自重については設計時の質量とし，それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。直流電源装置の静的解析用震度は，機器据付階のもの（2F，水平方向：1.03，鉛直方向：0.79）を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度（床応答最大加速度×1.2）	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

直流電源装置の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

直流電源装置の解析モデルを図 4-1 に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

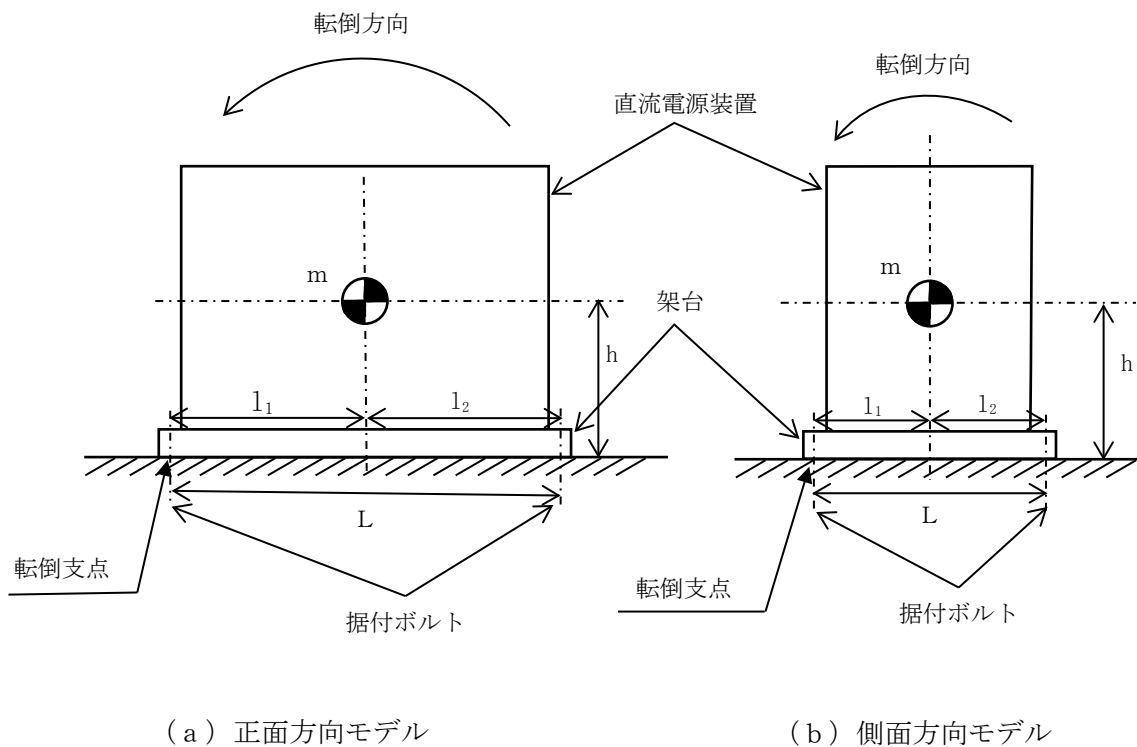


図 4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

直流電源装置の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
直流電源装置	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	1000 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	14
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	6
	据付面から重心までの距離	h	1150 (mm)
	総質量	m	1300 (kg)

#### 4.6 固有周期

直流電源装置の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

直流電源装置の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
直流電源装置	0.05(秒)以下

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の直流電源装置の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
直流電源装置	据付ボルト	引張	11	280	0.04
		せん断	7	161	0.05

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22.1) の耐震性について  
の計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成するガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性（底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。）に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面2次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。



#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(2F, 水平方向: 1.03, 鉛直方向: 0.79)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

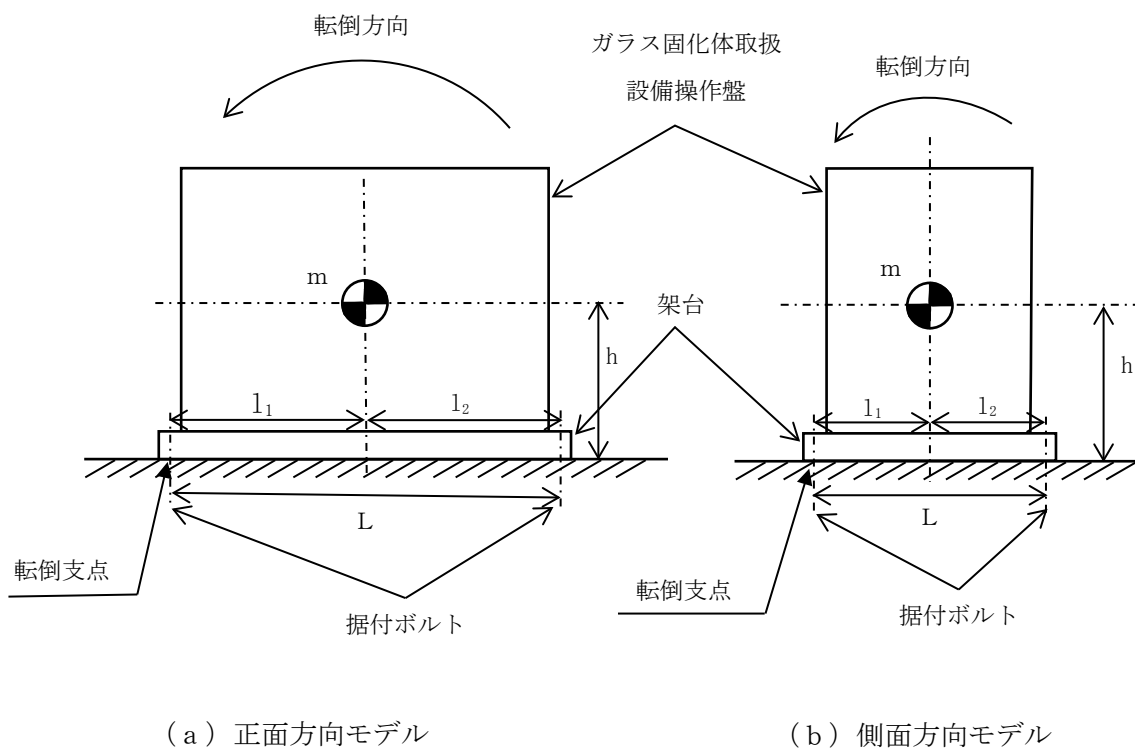


図4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

ガラス固化体取扱設備操作盤(LP22.1)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22. 1)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	610 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	8
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	4
	据付面から重心までの距離	h	565 (mm)
	総質量	m	450 (kg)

#### 4.6 固有周期

ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22. 1) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22. 1) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
ガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22. 1)	0.05 (秒) 以下

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟のガラス固化体取扱設備操作盤 (LP22.1) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
ガラス固化体 取扱設備操作盤 (LP22.1)	据付ボルト	引張	7	280	0.03
		せん断	7	161	0.05

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

重量計盤(LP22. 3, LP22. 3-1)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する重量計盤(LP22.3, LP22.3-1)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

重量計盤(LP22.3, LP22.3-1)の構造強度の評価は、耐震構造上の類似性(底部アンカーボルトによる支持構造を持つ。)に基づき、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。



#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。重量計盤(LP22.3, LP22.3-1)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B2F, 水平方向:0.86, 鉛直方向:0.77)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

重量計盤(LP22.3, LP22.3-1)の解析モデルを図4-1に示す。評価は据付ボルト間隔が短く転倒に対して厳しい側面方向に対して行う。

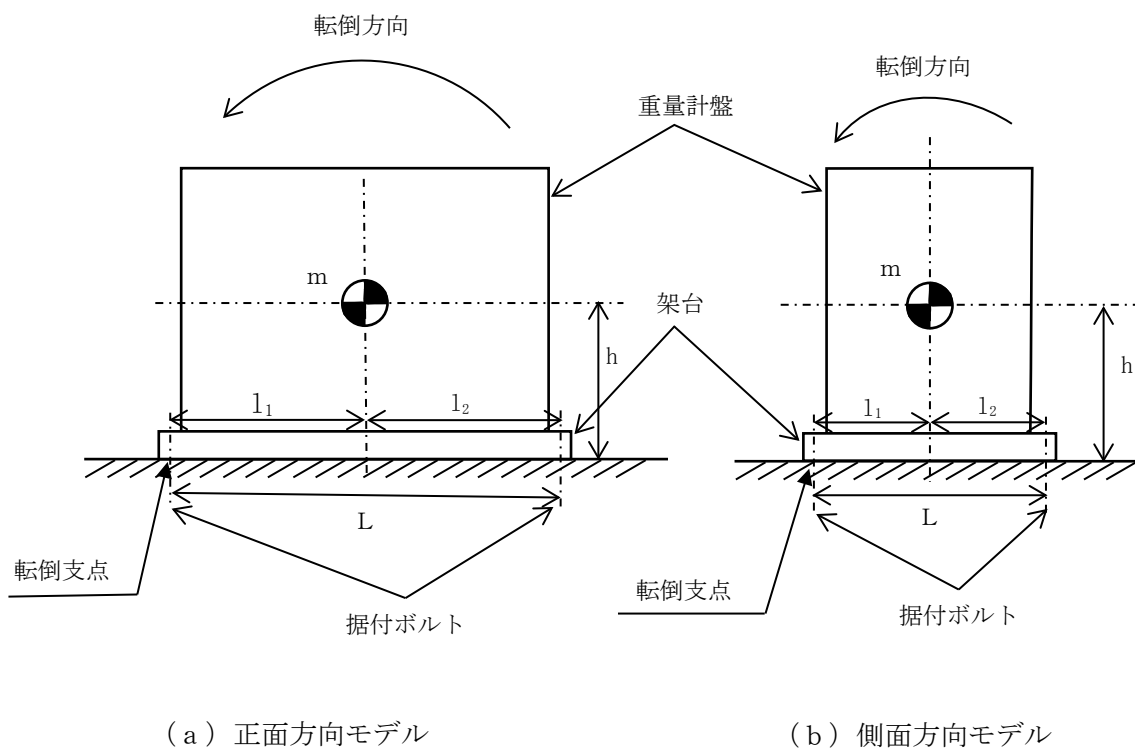


図4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

重量計盤(LP22.3, LP22.3-1)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1)	安全上の機能	—	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	500 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M8
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 (°C)
	据付ボルトの本数	$n$	12
	引張力の作用する据付ボルト の評価本数	$n_f$	3
	据付面から重心までの距離	h	442 (mm)
	総質量	m	173.5 (kg)

#### 4.6 固有周期

重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1)	0.05 (秒) 以下

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の重量計盤(LP22. 3, LP22. 3-1)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
重量計盤 (LP22. 3, LP22. 3-1)	据付ボルト	引張	6	280	0.03
		せん断	4	161	0.03

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

冷却器(G11H11, H21)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する冷却器(G11H11, H21)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

冷却器(G11H11, H21)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$D_o$	胴外径	Mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに作用する引張力	N
$K_l$	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/mm
L	胴長さ	mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$n$	脚1個当たりの据付ボルトの本数	—
$n_1$	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により引張りを受ける据付ボルトの本数	—
$P_r$	最高使用圧力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$T_1$	水平方向（長手方向）固有周期	秒
$\sigma_0$	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0cx}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0lx}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_1$	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{1c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）により据付ボルトに生じるせん断応力	MPa



### 3. 評価部位

冷却器 (G11H11, H21) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。  
冷却器 (G11H11, H21) の概要図を図 3-1 に示す。

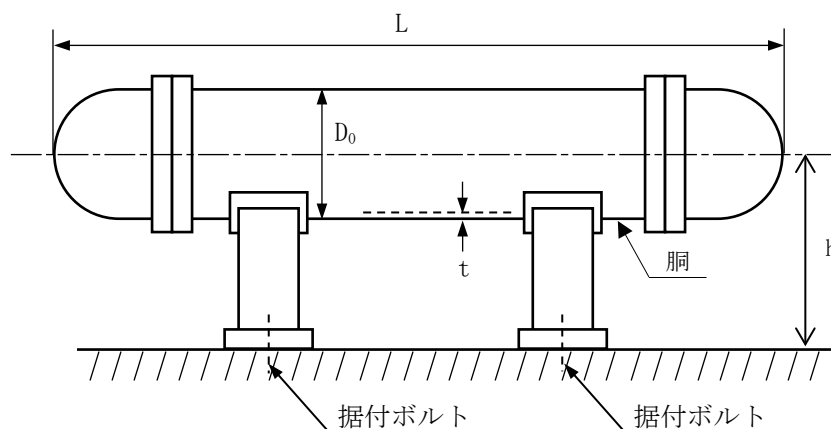


図 3-1 冷却器 (G11H11, H21) の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態  $D_s$  における許容応力を用いた。供用状態  $D_s$  での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。冷却器(G11H11, H21)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B1F, 水平方向: 0.90, 鉛直方向: 0.78)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

冷却器(G11H11, H21)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0l}, \sigma_{0c}]$$

$$\sigma_{0l} = \max[\sigma_{0l\phi}, \sigma_{0lx}]$$

$$\sigma_{0c} = \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}]$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1l}, \sigma_{1c}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

冷却器 (G11H11, H21) の解析モデルを図 4-1 に示す。

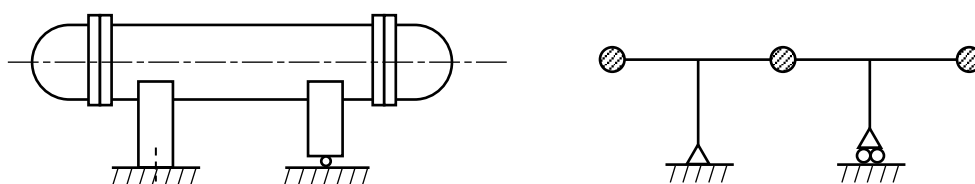


図 4-1 冷却器 (G11H11, H21) の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

冷却器(G11H11, H21)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
冷却器 (G11H11, H21)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	圧力(設計圧力)	$P_r$	0.59 (MPa)
	胴外径	$D_o$	318.5 (mm)
	胴板厚さ	t	6.5 (mm)
	胴長さ	L	2563 (mm)
	胴材質	—	SUS304LTP
	胴温度(設計温度)	—	30 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
	総質量	$m_0$	428 (kg)

#### 4.6 固有周期

冷却器(G11H11, H21)の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_l}}$$

冷却器(G11H11, H21)の固有周期を表4-4に示す。

表4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
冷却器(G11H11, H21)	0.016 (秒)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の冷却器 (G11H11, H21) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
冷却器 (G11H11, H21)	胴	一次一般膜	36	288	0.13
		一次	46	432	0.11
	据付ボルト	引張	19	246	0.08
		せん断	13	142	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

冷却器(G12H13)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する冷却器(G12H13)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

冷却器(G12H13)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$D_o$	胴外径	Mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに作用する引張力	N
$K_l$	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/mm
L	胴長さ	mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$n$	脚1個当たりの据付ボルトの本数	—
$n_1$	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により引張りを受ける据付ボルトの本数	—
$P_r$	最高使用圧力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$T_1$	水平方向（長手方向）固有周期	秒
$\sigma_0$	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0cx}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0lx}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_1$	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{1c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）により据付ボルトに生じるせん断応力	MPa



### 3. 評価部位

冷却器 (G12H13) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。冷却器 (G12H13) の概要図を図 3-1 に示す。

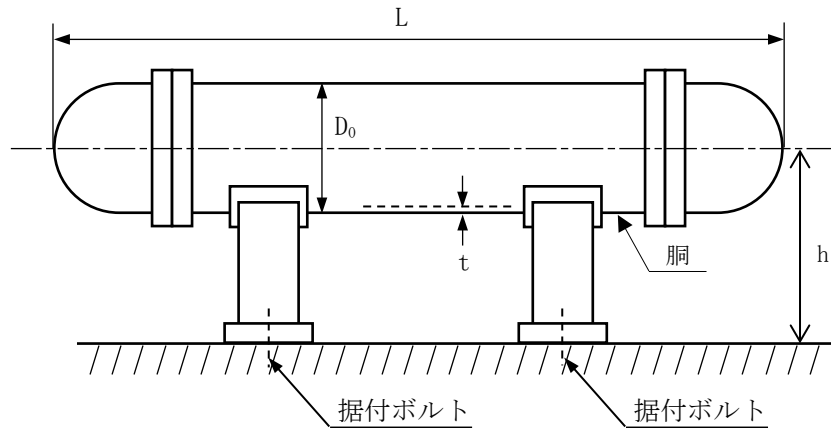


図 3-1 冷却器 (G12H13) の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態  $D_s$  における許容応力を用いた。供用状態  $D_s$  での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5 × 0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5 × (F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5 × (F/(1.5√3))

#### 4.3 設計用地震力

冷却器(G12H13)は、固化セル(R001)内の濃縮液槽ラック(G12RK12)に搭載している機器であるため、図 4-1 に示すとおり、冷却器(G12H13)の静的解析用震度は、濃縮液槽ラック(G12RK12)の地震応答解析結果(別紙 6-1-2-5-3-95)から得られる機器搭載位置での静的解析用震度(水平方向:1.01,鉛直方向:0.78)を用いた。

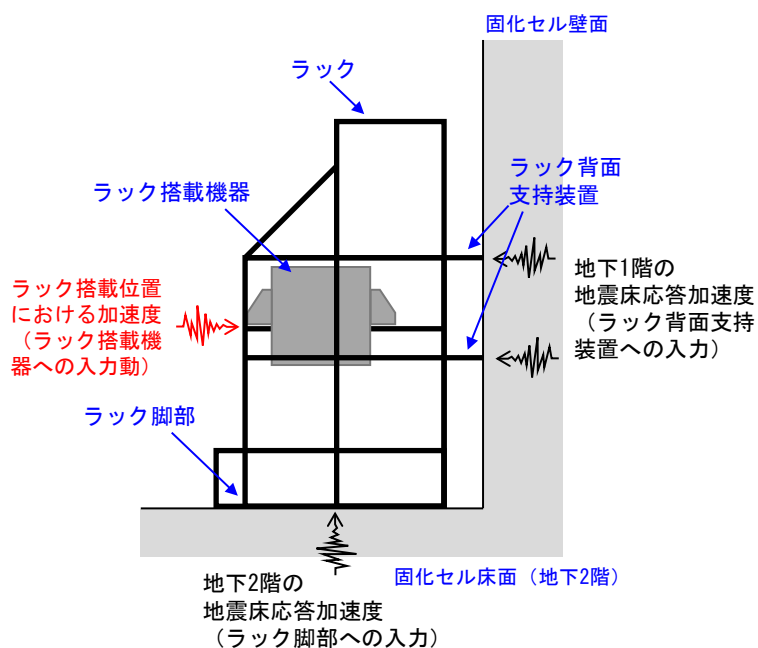


図 4-1 ラック搭載機器への地震動の入力方法

#### 4.4 計算方法

冷却器(G12H13)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0l}, \sigma_{0c}]$$

$$\sigma_{0l} = \max[\sigma_{0l\phi}, \sigma_{0lx}]$$

$$\sigma_{0c} = \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}]$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1l}, \sigma_{1c}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

冷却器(G12H13)の解析モデルを図4-2に示す。

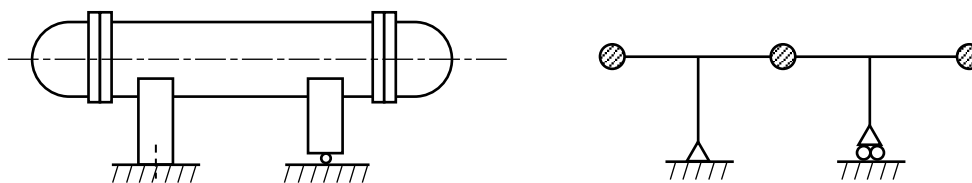


図4-2 冷却器(G12H13)の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

冷却器(G12H13)の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
冷却器(G12H13)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	$P_r$	0.05 (MPa)
	胴外径	$D_o$	216.3 (mm)
	胴板厚さ	t	6.5 (mm)
	胴長さ	L	1500 (mm)
	胴材質	—	R-SUS304ULC
	胴温度 (設計温度)	—	70 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
	総質量	$m_0$	140 (kg)

#### 4.6 固有周期

冷却器(G12H13)の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_l}}$$

冷却器(G12H13)の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
冷却器(G12H13)	0.009 (秒)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の冷却器 (G12H13) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
冷却器 (G12H13)	胴	一次一般膜	8	262	0.04
		一次	13	394	0.04
	据付ボルト	引張	11	246	0.05
		せん断	5	142	0.04

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

冷却器(G41H20)の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する冷却器(G41H20)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

冷却器(G41H20)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$D_o$	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
h	胴高さ	mm
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{16}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{17}$ ～ $\sigma_{110}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$ ～ $\sigma_{b3}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b4}$ ～ $\sigma_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b2}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b4}$ ～ $\tau_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\omega_H$	水平方向振動系の角速度	rad/s



### 3. 評価部位

冷却器 (G41H20) の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる胴及び据付ボルトとする。冷却器 (G41H20) の概要図を図 3-1 に示す。

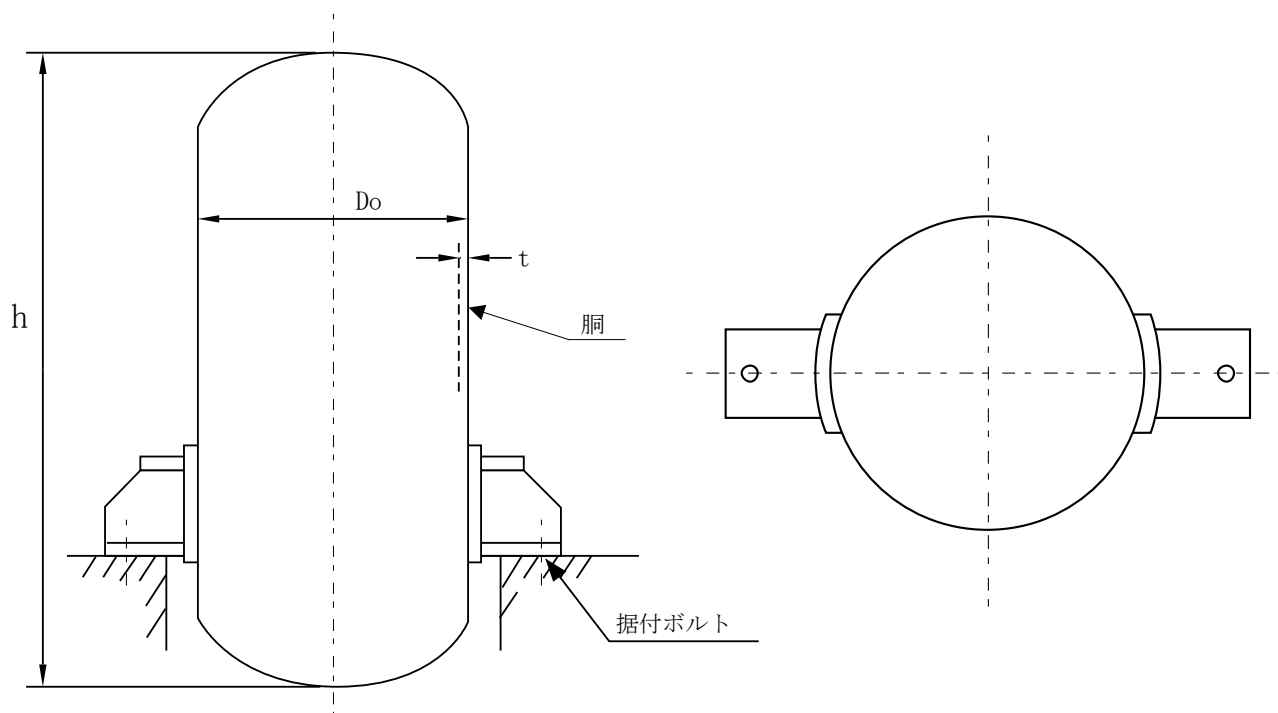


図 3-1 冷却器 (G41H20) の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds での温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 Su)
据付ボルト	引張応力	1.5×(F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	1.5×(F/(1.5√3))

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。使用した減衰定数を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
冷却器 (G41H20)	1.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

冷却器 (G41H20) は、固化セル (R001) 内の吸収塔ラック (G41RK20) に搭載している機器であるため、図 4-1 に示すとおり、吸収塔ラック (G41RK20) の地震応答解析結果 (別紙 6-1-2-5-3-98) から得られる機器搭載位置での応答加速度をもとに、応答スペクトル ( $S_s-D$ ,  $S_s-1$ ,  $S_s-2$  の 3 波包絡, 周期軸方向に ±10% 拡幅したもの。) を作成した。評価対象設備の解析用の震度については、評価対象設備の固有周期における応答スペクトルの読み取り値を用いた。

冷却器 (G41H20) の機器搭載位置での応答スペクトルを図 4-2 及び図 4-3 に示す。冷却器 (G41H20) の解析用の震度は、固有周期 0.085 秒における震度 (水平方向 : 27.7, 鉛直方向 : 2.42) を用いた。

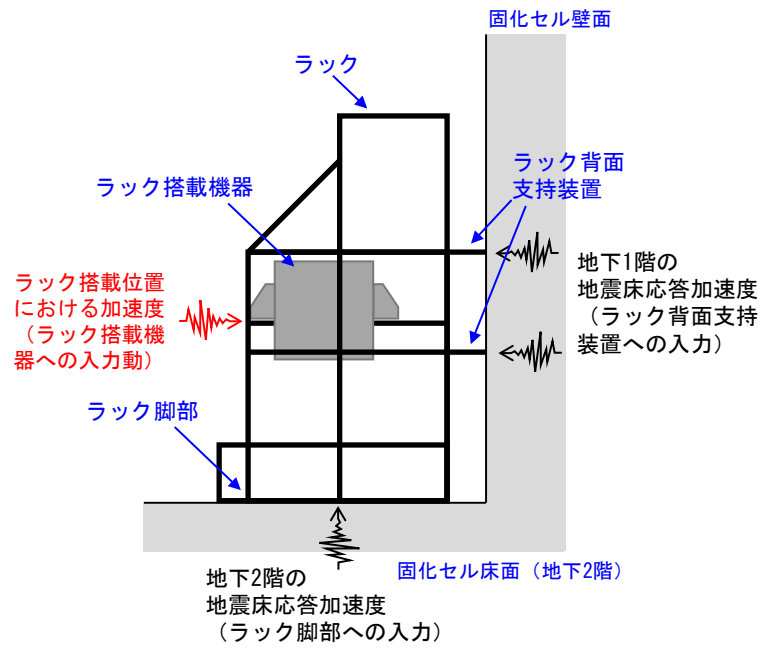


図 4-1 ラック搭載機器への地震動の入力方法

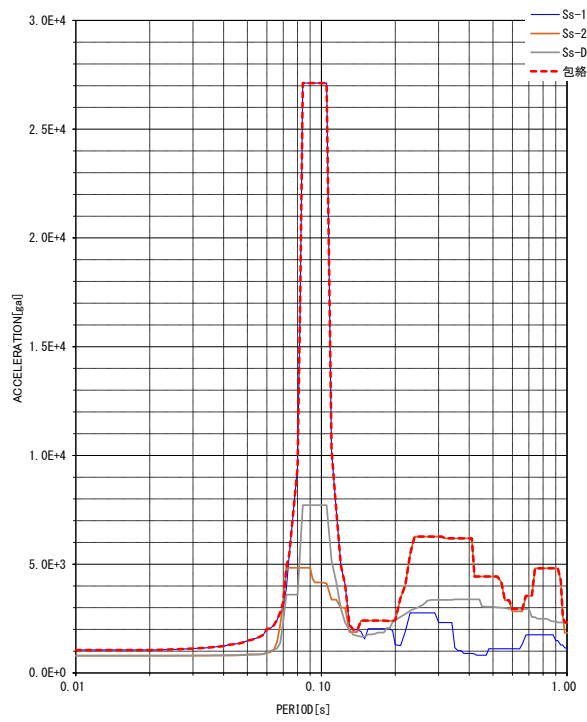


図 4-2 解析用の応答スペクトル（水平方向，機器搭載位置，減衰定数 1.0%）

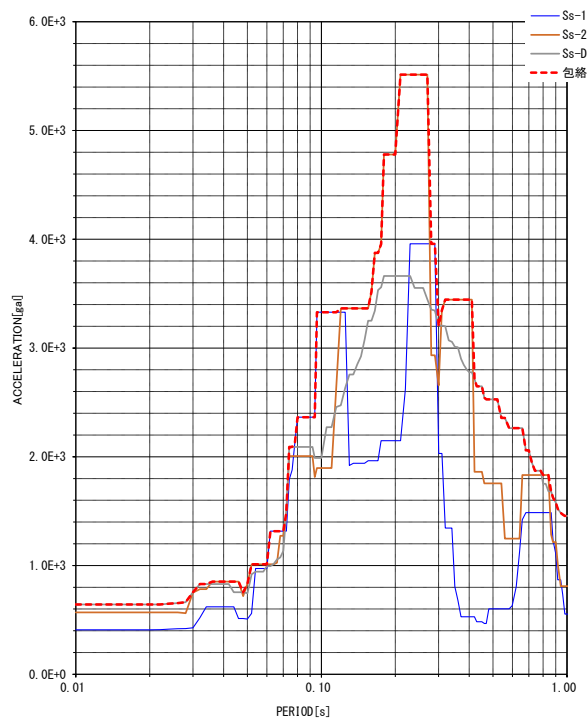


図 4-3 解析用の応答スペクトル（鉛直方向，機器搭載位置，減衰定数 1.0%）

#### 4.5 計算方法

冷却器 (G41H20) の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x11}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}, \sigma_{17}, \sigma_{18}, \sigma_{19}, \sigma_{110}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_b = \max[\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}]$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_b = \max[\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}]$$

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

冷却器 (G41H20) の解析モデルを図 4-4 に示す。

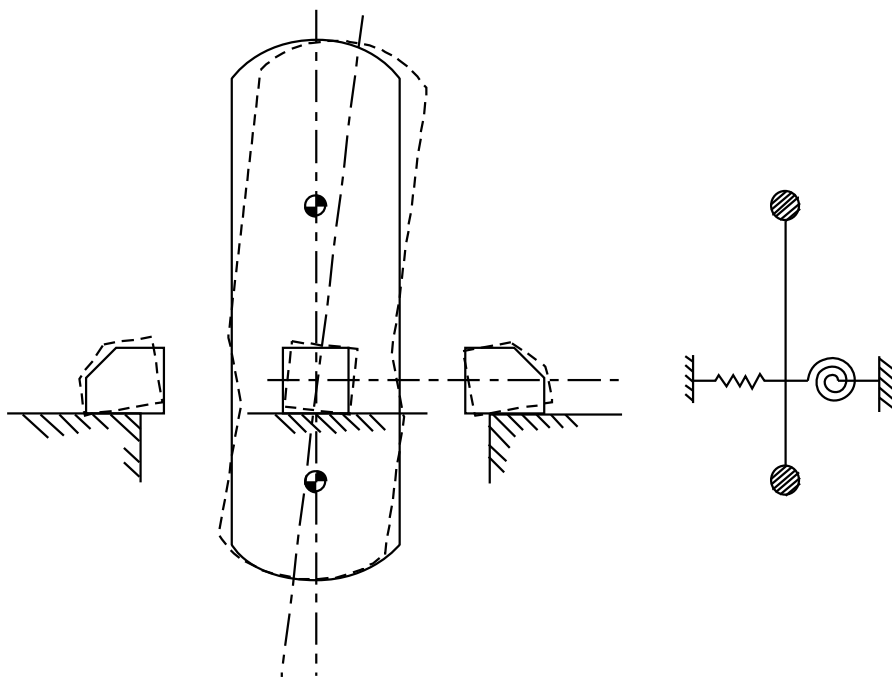


図 4-4 冷却器(G41H20)の解析モデル

#### 4.6.2 諸元

冷却器(G41H20)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
冷却器(G41H20)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	—	0.590 (MPa)
	胴外径	$D_o$	216.3 (mm)
	胴板厚さ	$t$	6.5 (mm)
	胴高さ	$h$	2500 (mm)
	胴材質	—	SUS304LTP
	胴温度 (設計温度)	—	30 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M20
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	30 (°C)
	総質量	—	183 (kg)

#### 4.7 固有周期

冷却器 (G41H20) の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = \frac{2\pi}{\omega_H}$$

冷却器 (G41H20) の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
冷却器 (G41H20)	0.085 (秒)

#### 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の冷却器 (G41H20) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
冷却器 (G41H20)	胴	一次一般膜	75	288	0.27
		一次	144	432	0.34
	据付ボルト	引張	33	217	0.16
		せん断	80	142	0.57

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

冷却器(G41H22)の耐震性についての計算書



## 1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する冷却器(G41H22)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示すものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

冷却器(G41H22)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のラグ支持たて置円筒形容器の構造強度評価に準拠する。

当該設備に、廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$D_o$	胴外径	mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
h	胴高さ	mm
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0x}$	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11}$ ～ $\sigma_{16}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{17}$ ～ $\sigma_{110}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b1}$ ～ $\sigma_{b3}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{b4}$ ～ $\sigma_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
$\tau_{b2}$	水平方向地震力 (Z 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b4}$ ～ $\tau_{b5}$	水平方向地震力 (X 方向) 及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\omega_H$	水平方向振動系の角速度	rad/s