

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画認可変更申請対応について

令和2年4月30日
再処理廃止措置技術開発センター

○ 令和2年4月30日 面談の論点

- HAW 施設及び TVF 以外の施設の津波対策(L2 津波を用いることの妥当性)について
- 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの核燃料サイクル工学研究所再処理施設への影響について
- HAW 施設高放射性廃液貯槽の据付ボルトのせん断強度試験について
- その他

以上

HAW 施設及び TVF 以外の施設の津波対策について(案)

(L2 津波を用いることの妥当性)

令和 2 年 4 月 30 日
再処理廃止措置技術開発センター

東海再処理施設は廃止措置段階にあることから、リスクが集中している HAW 施設と TVF については個別に廃止措置計画用設計津波(設計津波)に対して建家内に浸水させない等の措置を講ずるとともに有効性が確認された可搬型設備を用いて安全機能の維持を図る。また、その他の施設についても、設計津波に対する環境への影響度合いに応じて必要な対策を講じる計画である。

一方、東海再処理施設には、原科研の放射性廃棄物処理場と同様^{※1)}、長期にわたり低放射性廃棄物の処理や貯蔵等を行う施設のほか、東海再処理施設特有の放射性物質として使用済燃料、ウラン溶液、プルトニウム溶液、ウラン製品、MOX 粉末、高放射性廃液、ガラス固化体を扱う施設がある。これらの施設については、以下のとおりリスク低減に係る必要な対策を講じる計画である。

- ・高放射性廃液に伴うリスクを HAW 施設及び TVF に集中させ、これらの施設については新規制基準並みの厳重な管理を行う計画である(ガラス固化体の保管も同様)。
- ・使用済燃料については冷却が十分に進んでおり環境への影響は小さく、令和 8 年度までに全量を搬出する計画である。
- ・工程に残存するウラン溶液・プルトニウム溶液については 5 年以内を目途に、工程洗浄の際にウラン製品・MOX 粉末として回収する計画である。
- ・ウラン製品・MOX 粉末については堅牢な専用のステンレス鋼製容器で保管しており、環境へ影響を与えることはないが、建家外への流出防止を図るため必要な対策を実施する計画である。

上記のとおり、東海再処理施設に特有の放射性物質に対しては必要なリスク低減策を講じる計画であり、残された施設は、原科研の放射性廃棄物処理場と同様、設計津波に対して環境への影響の大きい主として低放射性の廃棄物を取り扱う施設群になると想定している。このため、これらの施設に対しては、試験研究炉や使用施設の規則の解釈^{※2)※3)}を参考に、原科研の放射性廃棄物処理場で実績のある L2

津波を想定し、必要な安全対策を行うことが妥当と考えている。

※1) 地層処分相当からトレンチ処分相当までの廃棄物を取扱うことや、アスファルト固化体、焼却灰(ドラム保管)、解体物(配管・バルブ等)を収納した角型容器等、廃棄物の形態や廃棄物の種類においても類似の点がある。

※2) 試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈(抜粋)
Sクラスに属する施設を有しない試験研究用等原子炉施設にあつては、敷地及びその周辺における過去の記録、現地調査の結果、行政機関により評価された津波及び最新の科学的・技術的知見を踏まえた影響が最も大きい津波とする。

※3) 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈(抜粋)

安全上重要な施設を有しない施設検査対象施設にあつては、第10条の「大きな影響を及ぼすおそれがある津波」は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関等が実施したシミュレーションの結果、最新の科学的技術的知見等を踏まえ、影響が最も大きいものとする。

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの 核燃料サイクル工学研究所再処理施設への影響について

令和2年4月30日
再処理廃止措置技術開発センター

令和2年4月21日付で内閣府が公表した「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）」において、日本海溝・千島海溝沿いにおける最大クラスの津波断層モデルをもとに実施された津波シミュレーション計算に基づく各地の海岸沿いにおける津波の高さ、浸水域が示された。

これに示された茨城県沿岸の浸水域を見ると、核燃料サイクル工学研究所再処理施設（東海再処理施設）の敷地に当該津波は到達しないことが確認できる（別紙参照）。

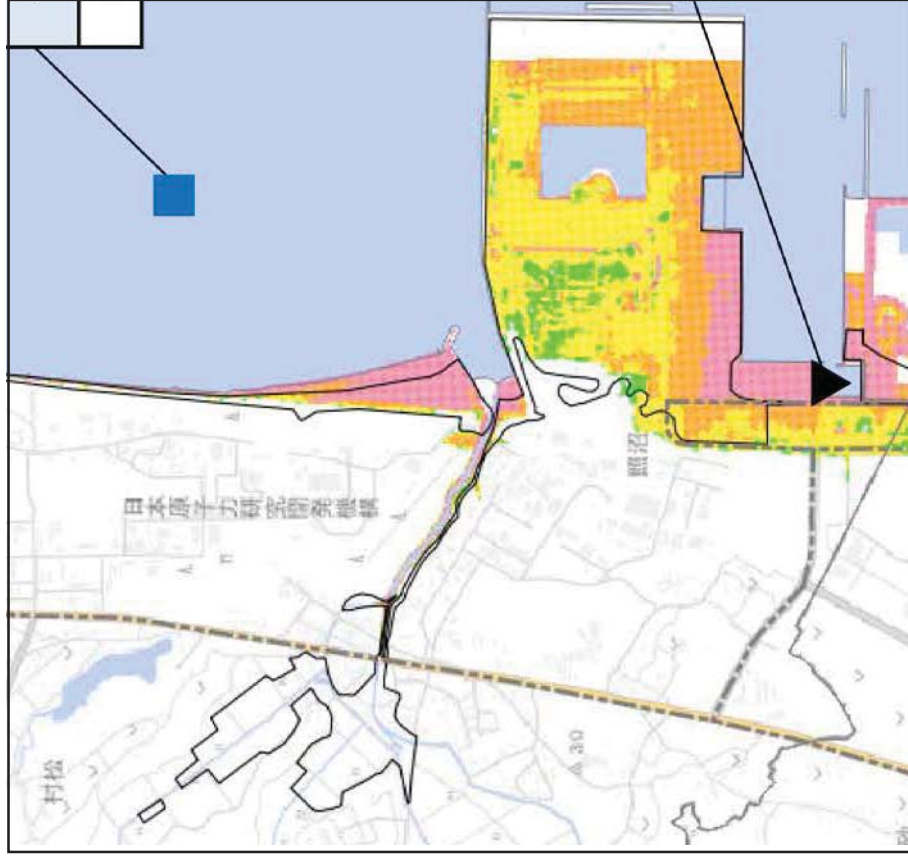
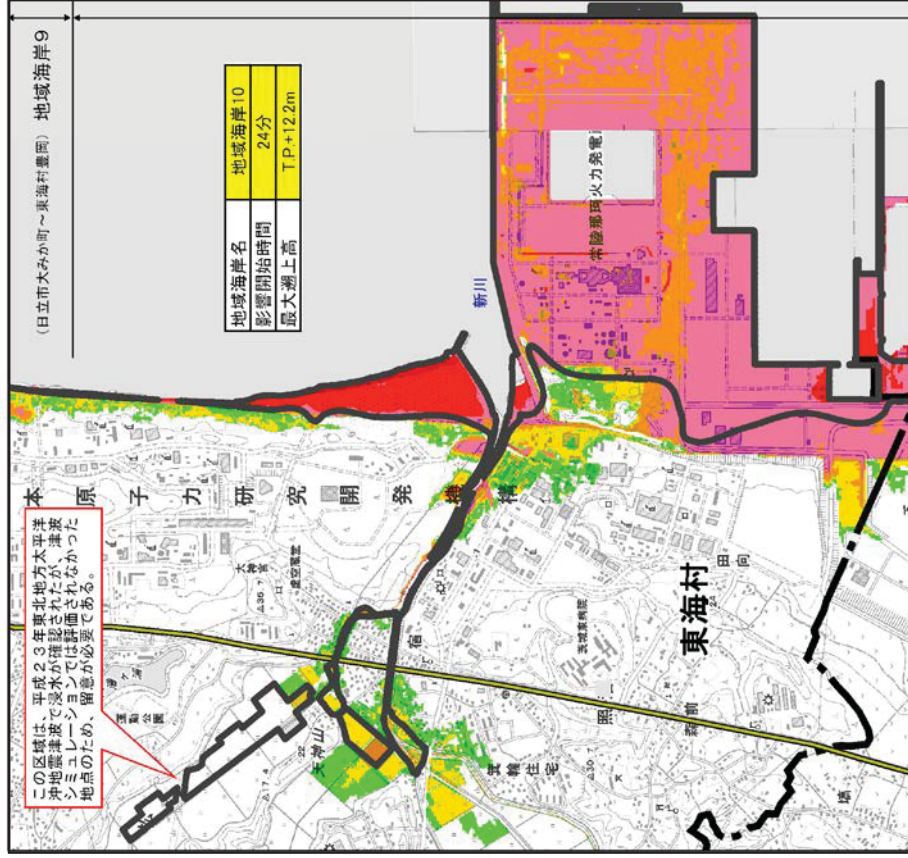
したがって、当該津波は東海再処理施設に影響を及ぼすおそれはなく、東海再処理施設における津波対策の検討に用いることとした廃止措置計画用設計津波及びL2津波に変更はない。

津波による敷地内浸水分布

別紙

茨城県津波浸水想定

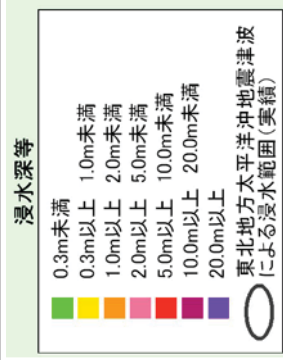
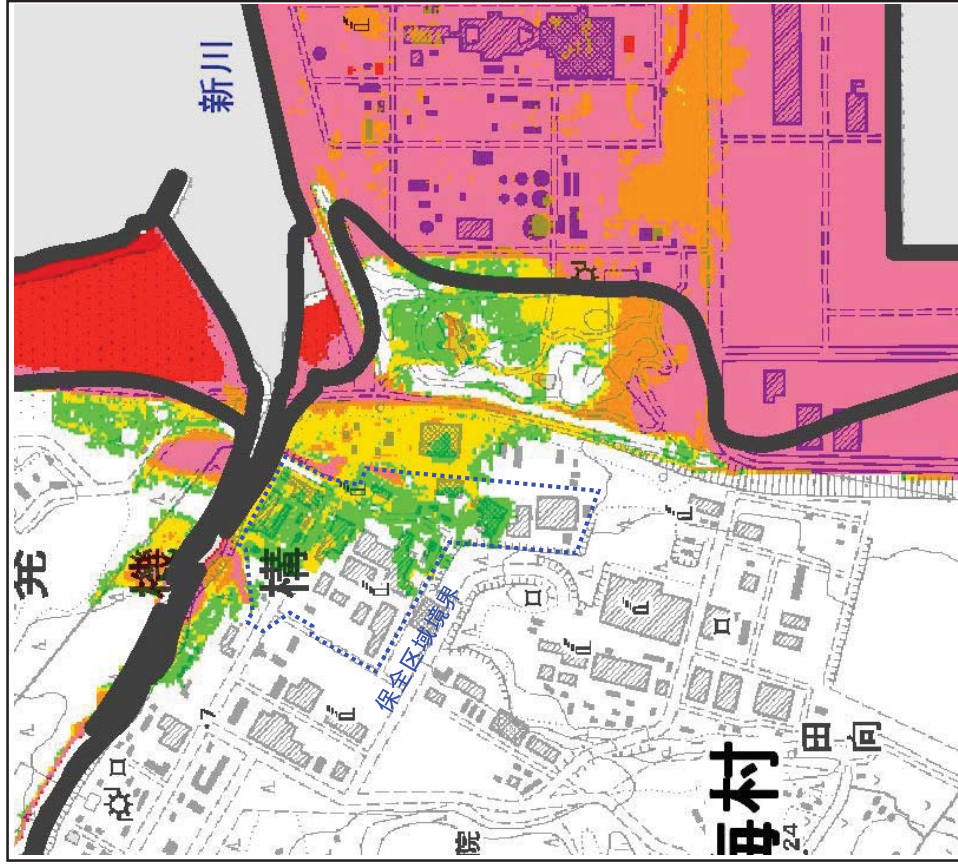
日本海溝・千島海溝沿いの最大クラスの津波による浸水想定



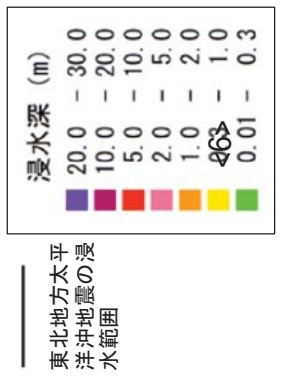
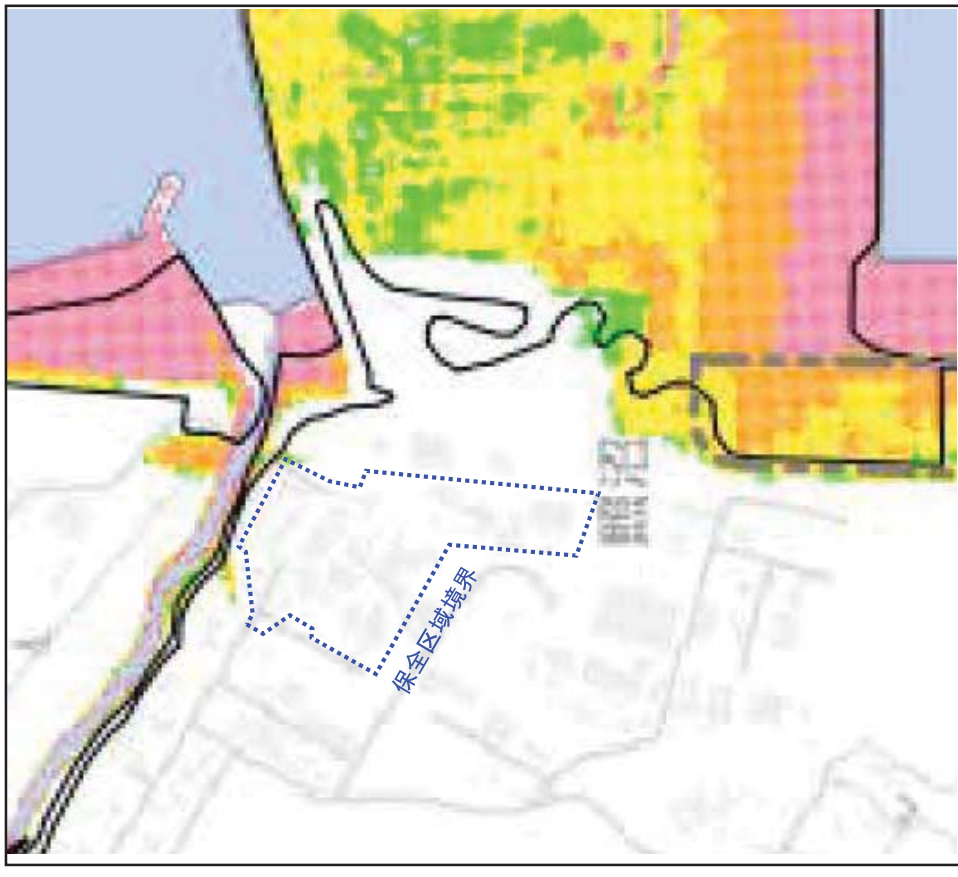
：日本海溝・千島海溝沿いの最大クラスの津波による浸水想定(令和2年4月21日 内閣府)
 ：茨城県津波浸水想定(更新日:2013年7月3日 茨城県)

津波による敷地内浸水分布(拡大図)

茨城県津波浸水想定



日本海溝・千島海溝沿いの最大クラスの津波による浸水想定



高放射性廃液貯蔵場（HAW 施設） 高放射性廃液貯槽（272V31～V36）の 据付ボルトのせん断強度試験について

令和 2 年 4 月 30 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. 概要

高放射性廃液を貯蔵する高放射性廃液貯蔵場（以下、HAW 施設という）の高放射性廃液貯槽（以下、HAW 貯槽という）（272V31～272V36、最大貯液量 120 m³）は貯槽の 4 方向側面に取り付けられたラグに建家鉄筋コンクリート躯体に鉛直方向に埋め込まれたアンカーボルト（1 つのラグ当たり 4 本、合計で 16 本のアンカーボルト）を差し込んで二重のナットで固定し、支持する構造となっている（図 1）。

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 HAW 貯槽の水平方向の慣性力を受け止めて HAW 貯槽を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 HAW 貯槽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。

以上のことから、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 HAW 貯槽の耐震性を判断する上で重要であることから、実物を模擬した荷重試験を実施しデータを取得した。

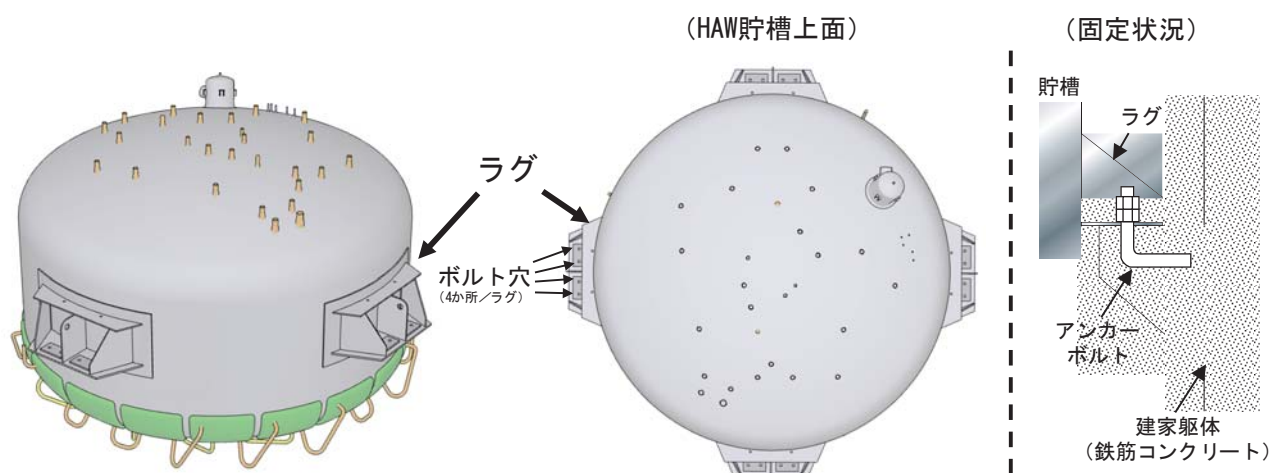


図 1 高放射性廃液貯槽の直接支持構造

2. せん断試験

2.1. 試験の目的と対象

HAW 貯槽を支持しているアンカーボルトが実際の設置状態で耐えうる最大のせん断力（アンカーボルトが破断する恐れのある荷重）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。

2.2. 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、"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)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荷重試験を実施する。その要件は以下の通りである。

SSB-3210 許容荷重(抜粋)

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。

2.3. 使用材料と規格への適合性

HAW 貯槽に実際に使用されているアンカーボルトは JIS G 4303 に規格化された SUS-316 材で製作された M48 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アンカーボルト、今回の荷重試験で用いた供試体の材料特性を表 1 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)。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>に適合している。

表 1 HAW 貯槽アンカー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 ^{※1}	—	max 8	max 100	max 200	max 45	max 30	1000 ~1400	1600 ~1800	200 ~300
実物	48	6	75	122	34	4	1036	1633	207
供試体	48	5	29	129	33	27	1006	1708	202

対象 (SUS316)	機械的特性							熱処理温度 (℃)
	試験温度 (℃)	試験片	0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	硬さ試験 (HBW)	
規格範囲 ^{※1}	—	—	min 205	min 520	min 40	min 60	max 187	1010~1150 急冷
実物	20	10号試験片 ^{※2}	255 (26 kgf/mm ²)	608 (62 kgf/mm ²)	62	77	147	1050
供試体	RT	10号試験片 ^{※2}	282	595	60	74	156	1080

※1 JIS G 4303 SUS316

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

2.4 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。

まず、実際に使用されているアンカーボルトの固定方法を図 2 に示す。HAW 貯槽のラグのアンカーボルトを通す穴には貯槽側面に垂直方向にスリットが設けられており、当て板を挟んで二重ナットによりボルトとラグを締め付けている。したがって、スリットとアンカーボルトが当たる方向に水平力が作用した場合には、ラグとアンカーボルトの接触面を通してアンカーボルトにせん断力が発生する。図 3 にはアンカーボルトの設計図を示す。

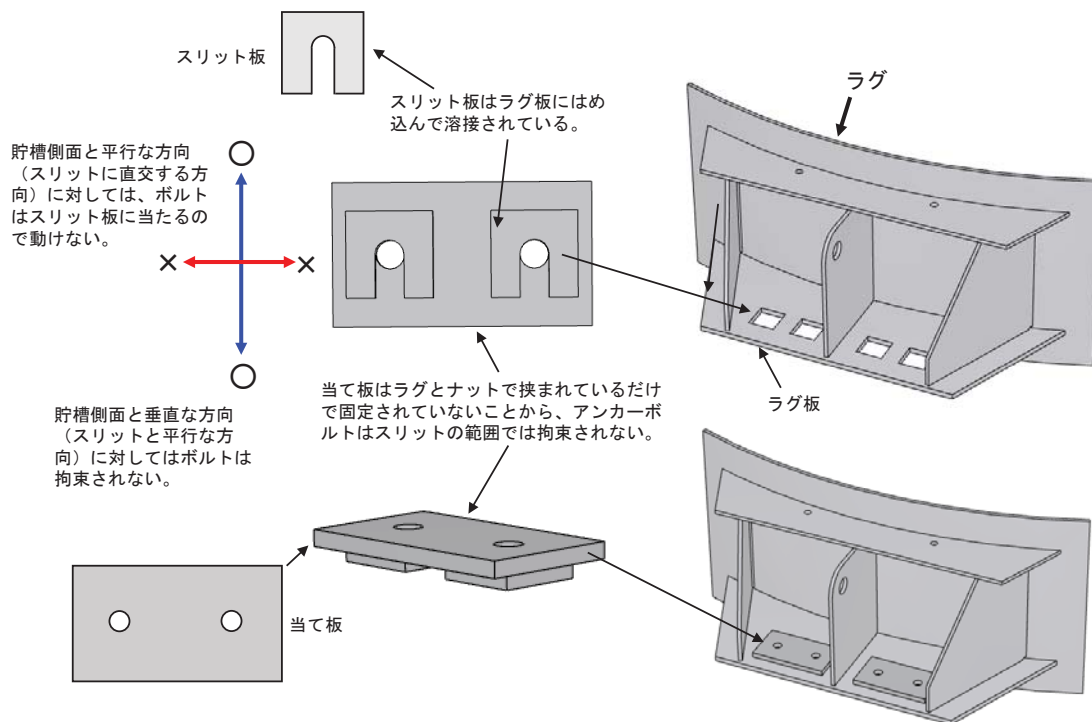


図2 HAW貯槽ラグの固定状況

注意事項

7. 基礎ボルト・ナットには①材質記号(2015年以降の略号)②寸法記号(2015年以降の略号)を打刻しより表示すること。


① 表示場所
基礎ボルト: ねじ部の先端
ナット: 側面


② 表示内容

表示項目	基礎ボルト	ナット
① 材質記号	SUS316	SUS304
② 寸法記号	SI6	304
③ 寸法記号の略号	例) SI6	例) 304

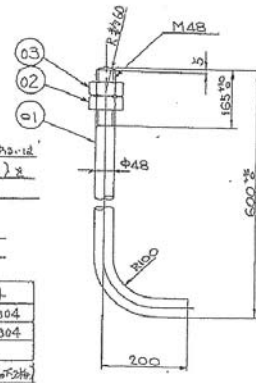
※ 寸法記号は場合により寸法記号の略号にて表示すること。

③ 表示例

基礎ボルト: 

ナット: 

三角法 ISO Mねじ



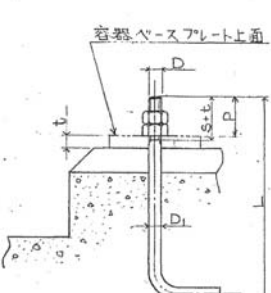
注意事項

1. ねじ部には X 印で示す材料は規定 (JIS B 0205) に従って表示する。
2. ねじ部の規格は JIS B 0205 (1982) に従って表示する。ただし、ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。ただし、ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。
3. 基礎ボルト・ナットはねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。
4. ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。ただし、ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。
5. ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。ただし、ねじ部の寸法は JIS B 0205 に従って表示すること。

寸法	規格	寸法	規格	寸法	規格	寸法	規格				
24	96	03	六角ナット	2材質中	M48	SUS304	16	4	0.985	19.7	設計
24	96	02	六角ナット	1材質中	M48	SUS304	16	4	0.985	19.7	設計
24	96	01	六角ナット	1材質中	M48	SUS316	16	4	11.0	220	設計

日揮株式会社

基礎ボルト標準図



※ 貯槽ラグの厚さ: t = 60

D	D1	L	P	S
M16	16	500	55	45
M20	20	500	65	55
M24	24	500	75	65
M30	30	500	95	80
M36	36	500	115	100
M48	48	600	120	105

(注記) ナットは六角ナット、柱上程度中の1種及び2種の組合せとする。

(備考)

- 1) 材質: ボルト SUS316、ナット SUS304 ミルワット付とする。
- 2) ネジの等級、精度: ネジは JIS B 0205 (X-トル並目ネジ) より、等級は M30 以下は JIS 2 級、M36 以上は JIS 3 級とする。
- 3) ネジ端部は丸先とする。
- 4) 発送時はボルト及びナットは別々に包装すること。
- 5) ボルト、ナットは必ずネジ込み良好の確認試験を行うこと。
- 6) 製作クラス: 無

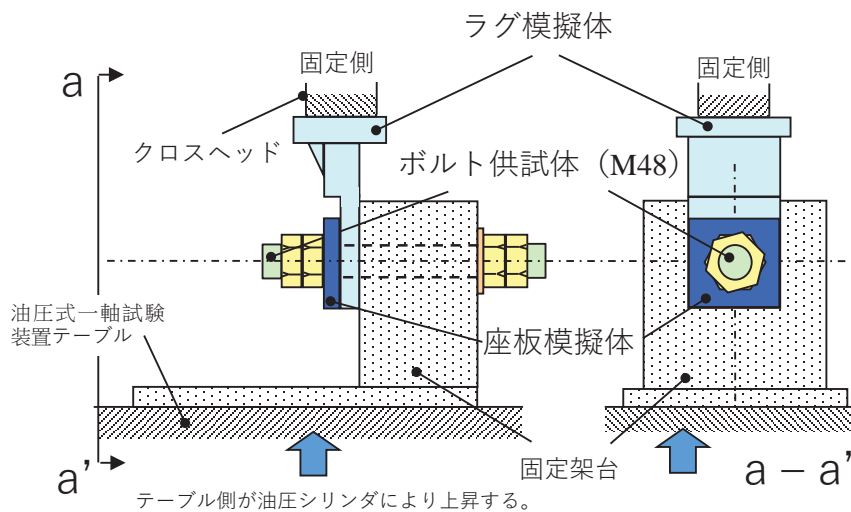
図3 アンカーボルト設計図

このような実機の固定方法に基づき試験治具としては、

- ・スリットと直行する方向への荷重の作用を模擬するラグ模擬体 A (スリット直交)
- ・スリットと平行な方向への荷重の作用を模擬するラグ模擬体 B (スリット並行)

の 2 通りを製作した。ラグ模擬体の材料は実機ラグと同じ SUS-304 である。試験治具の概念を図 3 に示す。先に示した SUS316 の棒材を実機的设计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 (M48 ボルト相当) の一端を試験治具の固定架台にはめ込んで二重ナットで結合した。供試体の反対側については図 4 に示すように実機の据付時寸法に合致するようにラグ模擬体とアンカーボルトのねじ切り位置を調整し、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 (1419 N·m) とした。試験治具の組み立て手順を図 5 に示す。

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 2000 kN、図 6) 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(財)茨城県建設技術管理センター (ISO17025 認証試験所) にて実施した。

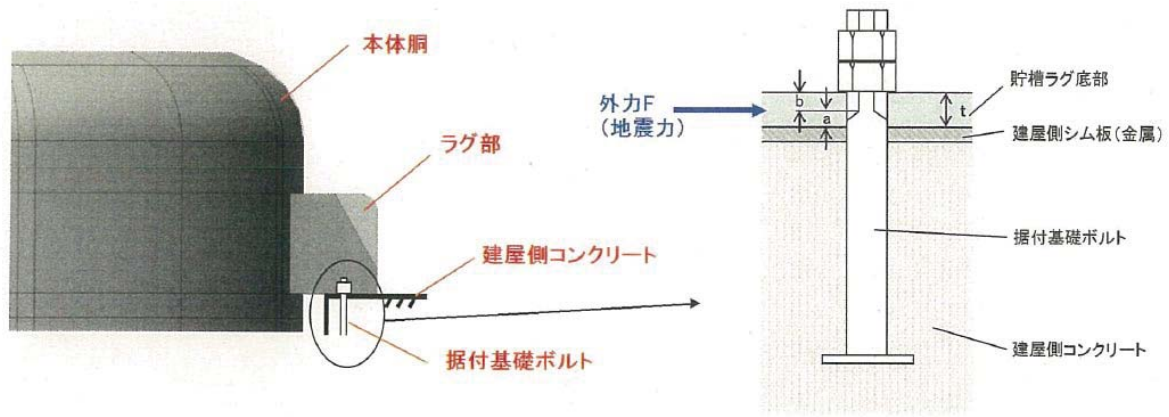


固定架台

ラグ模擬体A

ラグ模擬体B

図 3 せん断荷重試験の試験治具



	HAW
据付基礎ボルト	M48 (SUS316)
ナット	(SUS304)
t[mm]	60
a[mm]	15
b[mm]	45

(1) 据付基礎ボルト設置状況

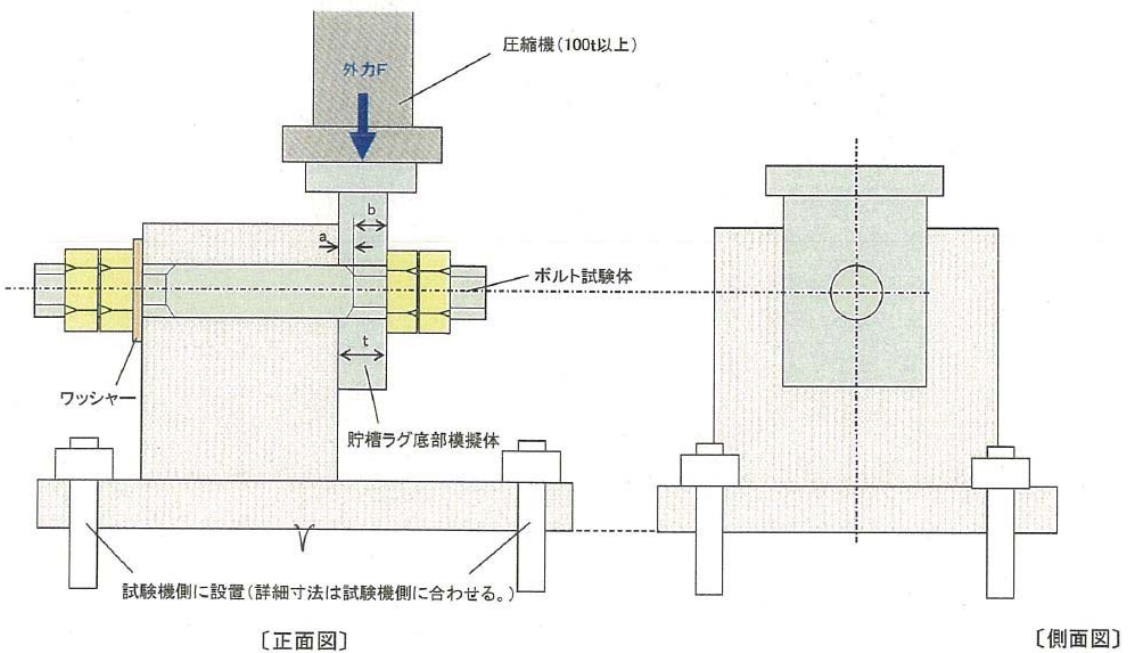


図4 実機の固定構造(アンカーボルトとラグ板の位置関係)に基づく荷重試験治具の配置
(アンカーボルトねじ切り位置とラグの当たり具合を示すものであるため、ラグの上部に乗せる座金は表記上省略している)

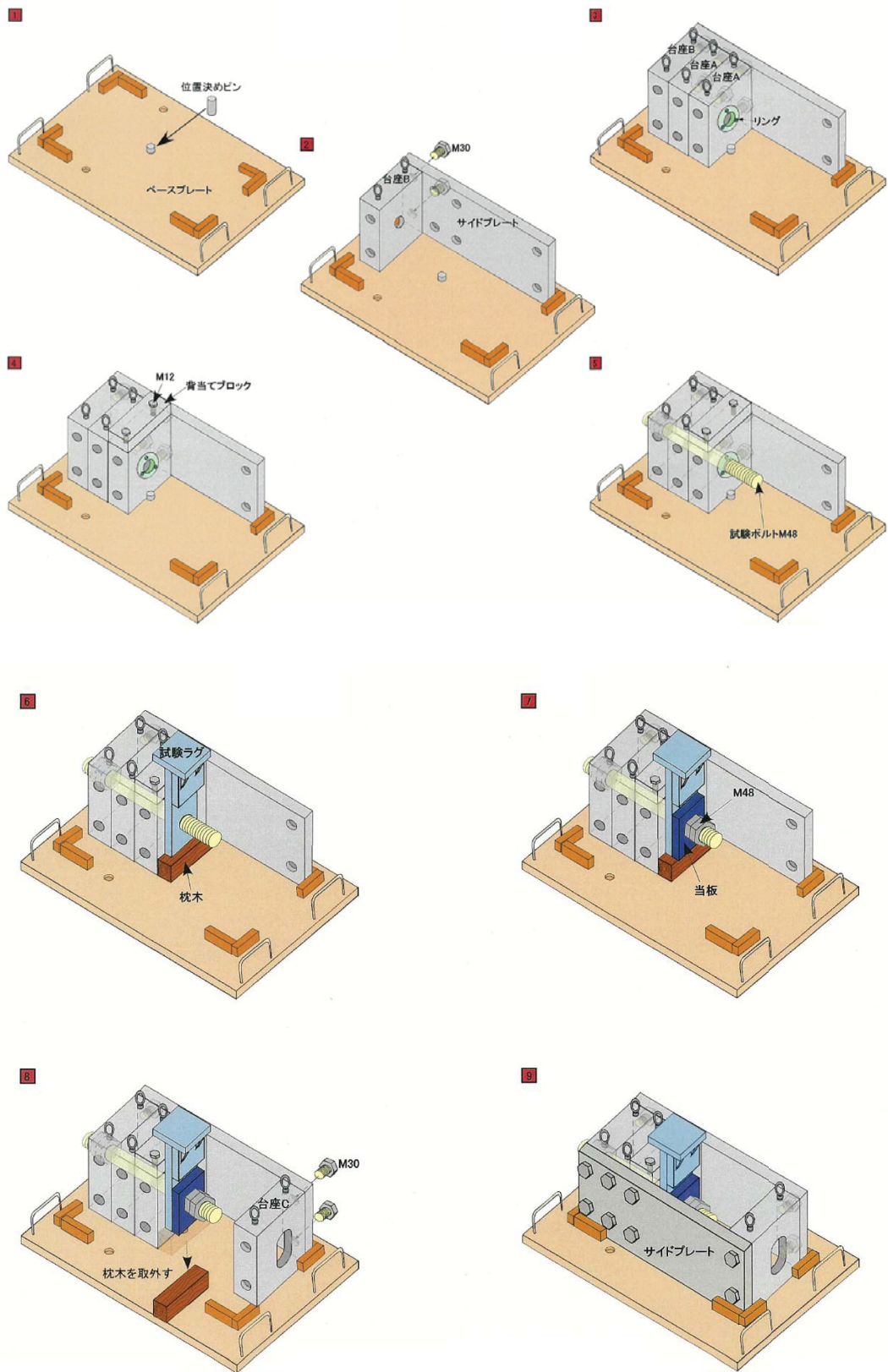


図5 試験治具の組み立て

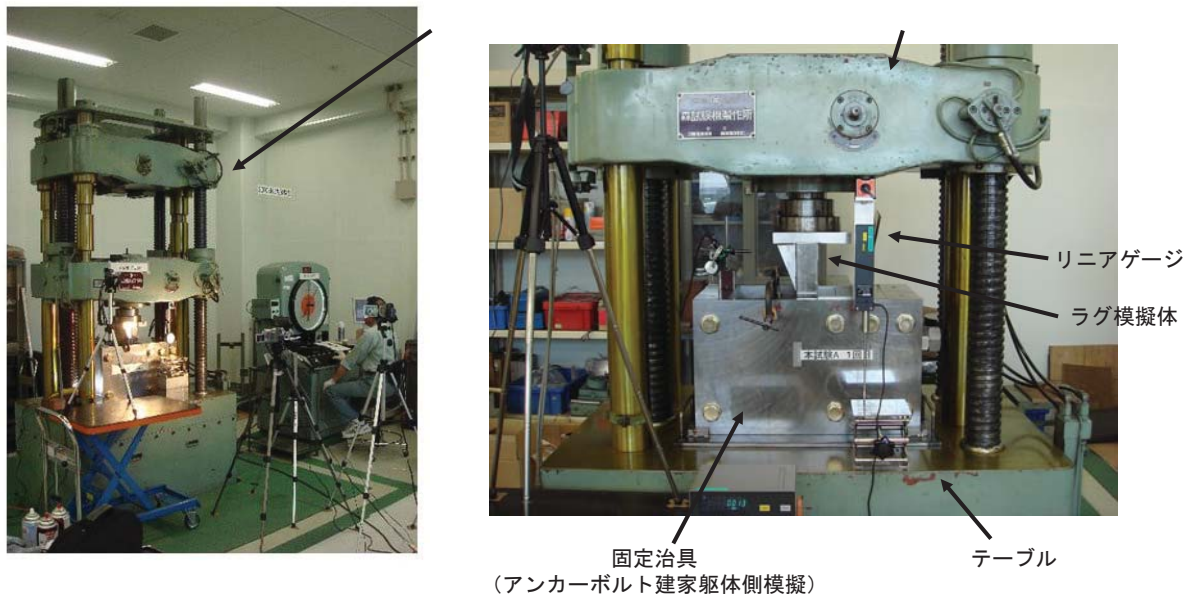


図6 荷重試験装置外観

変位の測定はラグ模擬体を固定している油圧式一軸試験装置のクロスヘッドと上昇ケーブルの間に取り付けたりニア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の規定に基づきラグ模擬体A、ラグ模擬体Bそれぞれ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<同一の材質およ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。

2.5 その他の試験条件

(1) 温度

試験温度は室温とした。実機はHAW貯槽からの熱が伝導するため、その強度評価時に考慮する温度は設計で定める最高使用温度とするが、許容荷重の計算においてはSSB-3200の規定に基づく許容荷重の計算式においては室温に対して使用温度を考慮した補正を行うため、本試験における温度は室温で実施した。

(2) 荷重速度

JIS規格には引張り試験における荷重速度は規定されているものの、せん断試験についての記載がないことから以下の考察によりSUS-316材のひずみ増加率が60%/minになる荷重速度として17.6kN/secとした。

(i) ひずみ増加率

ステンレス鋼材料の引張り試験の引張速度はJIS G 4303に規定があり、それによれば試験片並行部のひずみ増加率が40~80%/min(試験温度23±5℃)になるような引張速度を用いることとされている。本せん断荷重試験においても当該規定に従うこととし、その中央値である60%/minとなるように荷重速度を設定した。

(ii) ひずみ増加率に基づく荷重速度

本せん断荷重試験の対象材料である SUS-316 の引張り強さは "SUS316 の高温強度試験 (構造材料試験 77-3) " (PNC TJ 202 78-28、日立製作所実施) の室温における引張り試験結果でより 58.3 kg/mm² (571 MPa) であることから、上記で設定したひずみ増加率 60 %/min に基づき、供試体の断面積 (φ 48 mm) より求まる

$$(571 \text{ MPa} \times \pi \times (0.024 \text{ m})^2) \div 58.8 \% \times 60 \%/\text{min} = 17.6 \text{ kN/sec}$$

を油圧式一軸試験装置で操作する荷重速度とした。

3. 試験結果

3.1 ラグ模擬体 A (スリット直交)

ラグ模擬体 A を用いた 3 回の荷重試験の結果得られた変位-荷重関係を図 7 に示す。試験時の最大荷重は 785.5~798 kN であった。最大荷重点までの曲線は 3 回とも概ね一致しており、最大荷重点以降から破断点まではばらつくものの破断点の荷重に大きな違いは見受けられなかった。

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
1	23.5	1	18.5	1	14.5
2	147	2	125.5	2	112.5
3	274	3	254.5	3	241.5
4	362	4	343.5	4	335
5	417	5	400.5	5	395
6	458.5	6	441	6	438.5
7	495	7	479	7	477
8	528	8	513	8	511.5
9	560	9	546.5	9	545.5
10	589	10	577	10	575.5
11	618	11	606	11	605.5
12	645	12	633	12	633
13	668	13	660	13	659.5
14	692.5	14	683.5	14	683.5
15	715	15	706.5	15	706.5
16	735.5	16	728.5	16	729
17	753.5	17	747	17	749.5
18	770	18	763.5	18	766.5
19	781.5	19	775.5	19	783
20	789.5	20	783	20	792.5
21	791	20.6	785.5	21	797.5
22	783.5	21	785	21.3	798
23	756	22	777	22	796.5
24	710	23	754	23	781.5
24.7	658.5	24	710.5	24	751.5
		24.6	666	25	703.5
				25.8	663.5

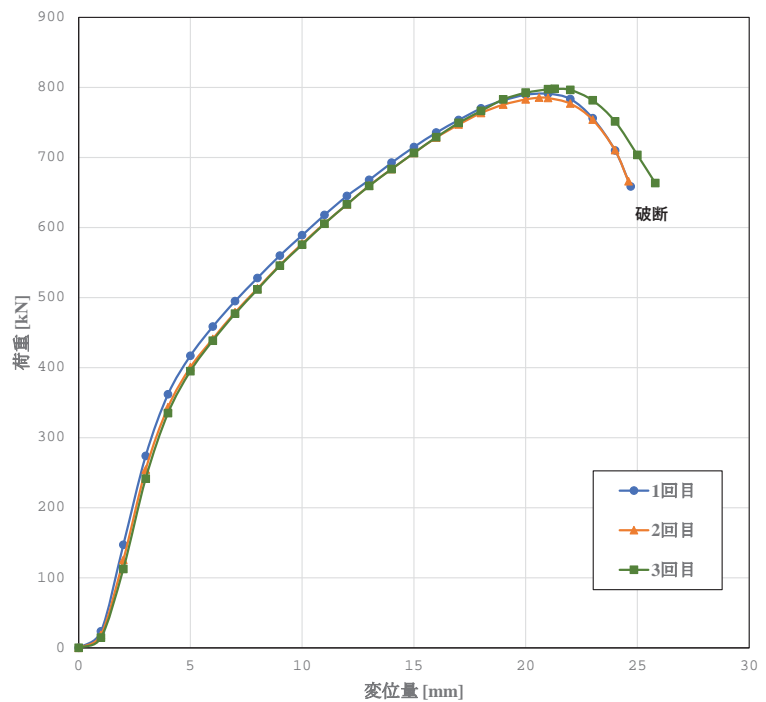


図 7 ラグ模擬体 A (スリット直交) の荷重試験結果：変位-荷重曲線

3.2 ラグ模擬体 B (スリット並行)

ラグ模擬体 B を用いた 3 回の荷重試験の結果得られた荷重-変位関係を図 8 に示す。試験時の最大荷重は 804~815 kN であった。最大荷重点までの曲線は 3 回とも概ね一致している。最大荷重点以降から破断点までは荷重が大きく低減したものの、破断点の荷重に大きな違いは見受けられなかった。

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
1	23	1	19	1	20.5
2	119.5	2	131.5	2	147.5
3	352	3	355	3	353.5
4	442.5	4	445.5	4	437
5	495	5	497.5	5	489.5
6	538.5	6	541	6	533
7	577.5	7	580.5	7	573.5
8	612.5	8	616	8	606.5
9	644.5	9	647	9	639
10	673	10	676.5	10	667.5
11	698.5	11	702.5	11	694
12	724	12	727.5	12	718
13	746	13	750.5	13	740.5
14	766	14	771	14	760
15	782.5	15	788	15	778
16	794.5	16	800.5	16	793
17	803	17	809	17	805
17	803	17.9	812	18	813
17.6	805	18	812	18.7	815
18	804	19	805	19	815
19	792	20	777.5	20	802
20	760	21	659.5	21	764.5
21	580	22	583	22	568
22	530	23	432.5	23	508.5
23	412	24	358	24	416
23.7	348.5			24.1	406.5

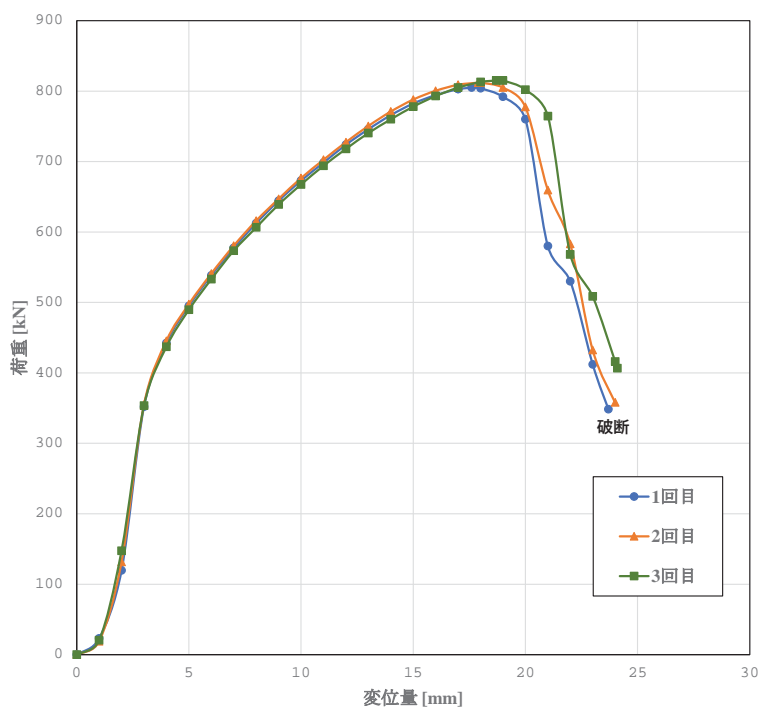


図 8 ラグ模擬体 B (スリット平行) の荷重試験結果：変位－荷重曲線

3.3 荷重方向の違いに関する考察

ラグ模擬体 A とラグ模擬体 B の試験結果から、それぞれ最も低い最高荷重値となった試験の変位－荷重曲線を図 9 に示す。またそれぞれの試験後の供試体の状況を図 10、図 11 に示す。

変位－荷重曲線の比較では、最大荷重値は大きくは異なるものの、最大荷重値までの曲線及び最大荷重値から破断に至る変位関係には相違が見られた。この理由として、スリットに対するボルトの拘束関係が関係していると考えられる。

ラグとボルトの接触面については、ラグ模擬体 A ではスリットの直線部分とボルトの円周部分の 1 点が接触しているのに対し、ラグ模擬体 B ではスリットの円周部分とボルトの円周部分が面で接触しているという違いがある。図 10 と図 11 から供試体 (ボルト) のマクロ的視点での変形は両方で大きく異なる挙動を示していない。一方、ラグ模擬体のボルトとの接触面の変形では、ラグ模擬体 A ではボルト接触の圧痕だけでなく一部が塑性変形を示している。一方、ラグ模擬体 B ではボルトのねじ山の圧痕程度の変形を示している程度である。またラグ模擬体 A の変形ではボルトの軸方向で塑性変形の程度が異なるから均一な荷重伝達ではなく、固定治具側 (実機での建家躯体側) の方が大きな力を受けていることを示している。従ってラグ模擬体 A では加えられた荷重の幾分かはラグ側の降伏で分担していることがわかる。また、ねじ山の変形 (つぶれ) も集中荷重を受けるラグ模擬体 A の方が大きくなっている。これらが同じ荷重でもラグ模擬体 B よりラグ模擬体 A の方が変位量が大きいことの原因と考えられる。最高荷重点通過後の破断までの変位－荷重曲線の違いも同じようにラグとの接触関係の違いから説明できると考えら

れる。すなわち、前述したようにラグ模擬体 A では固定治具側の方に大きな変形が認められる。供試体（ボルト）が破損し始めてからも荷重の増加に応じてラグの固定治具側接触面の変形が拡大することでより多くの荷重をラグ側で負担することになって、破断までの荷重の落ち込みが小さくなったものと考えられる。一方、ラグ模擬体 B はせん断力のほとんどを供試体（ボルト）側で負担することで、破損の開始から破断までの荷重の落ち込みが大きくなったものと考えられる。

一般的にボルトでの固定は単純な円孔にボルトを通して締結することから、ラグ模擬体 Bの方が一般的なボルト締結による支持構造への適用性が高いと考えられる。すなわちラグ模擬体 Aの方は今回模擬した高放射性廃液貯槽のアンカーボルト支持構造特有の特徴を示したものとする。

なお、ここで示さなかった他の試験においても同様の破壊後の様相が認められた。

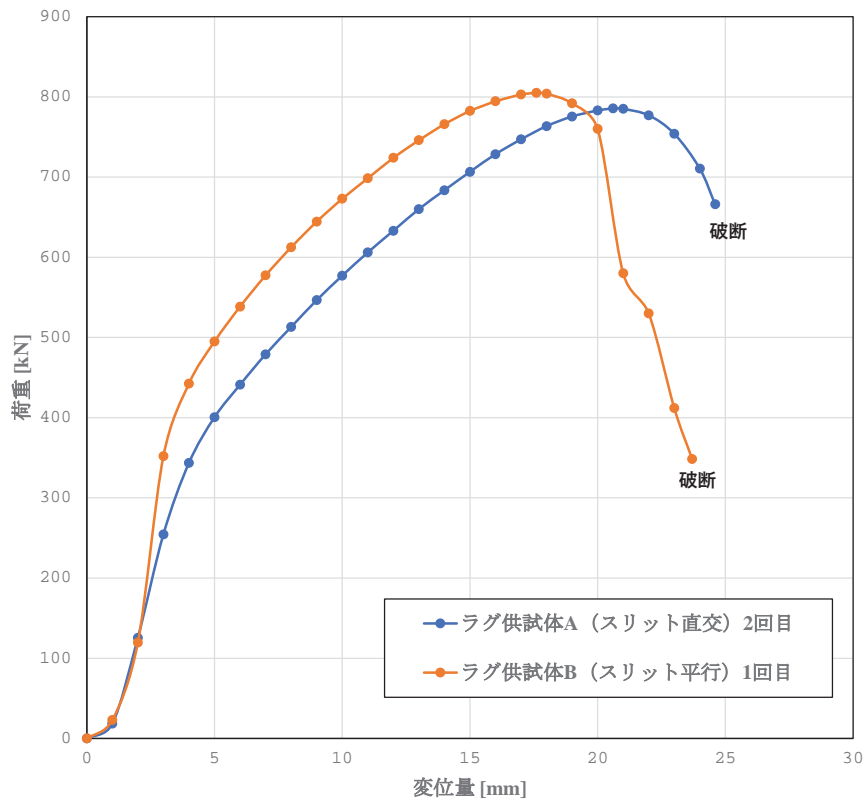
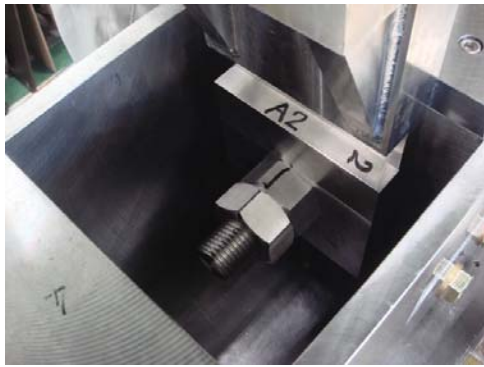
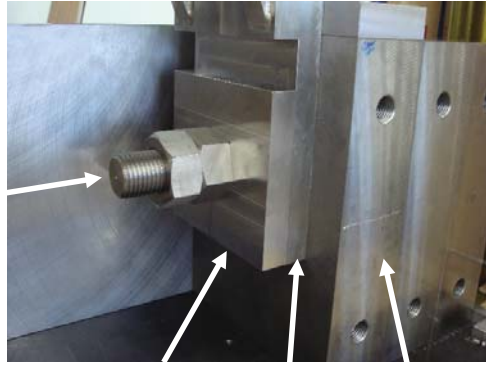


図 9 ラグ供試体 A (スリット直交) とラグ供試体 B (スリット平行) の変位－荷重曲線の比較

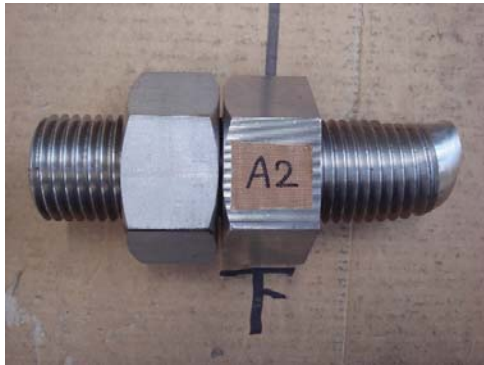


供試体
(ボルト)



座板 模擬ラグ 固体架台

↑
固体架台が
上方へ移動



↓
せん断方向



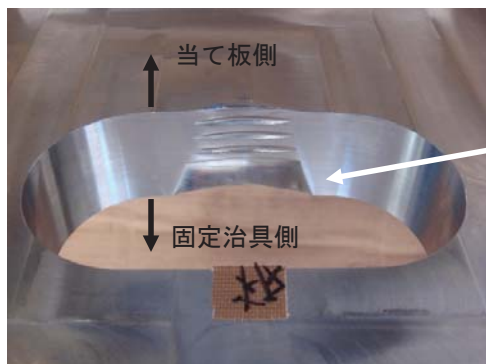
↑
せん断方向



↓
せん断方向



↑
せん断方向

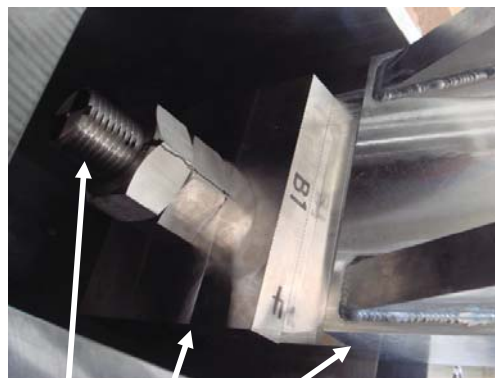


↑
固定治具側の
変形が大きい

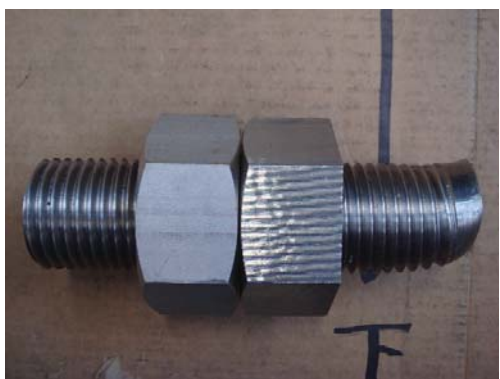
図 10 模擬ラグ A (スリット直交) 2 回目試験の試験後の供試体等の状況



↑ 固体架台が
上方へ移動
↓ 固体
架台



↑ 供試体
(ボルト) 座板 模擬ラグ



↓ せん断方向



↑ せん断方向



↓ せん断方向



↑ せん断方向

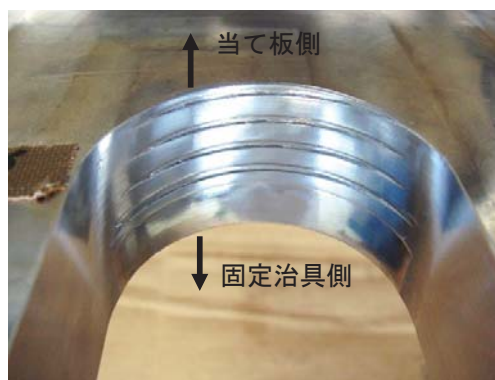


図 11 模擬ラグ B (スリット平行) 1 回目試験の試験後の供試体等の状況

4. 試験結果に基づく許容応力の評価

二つのラグ模擬体でそれぞれ3回の荷重試験を行った結果、それぞれの試験で最大の荷重は表2に示す通りであった。

表2 荷重試験における最大荷重値

試験	ラグ模擬体 A (スリット直交)	ラグ模擬体 B (スリット平行)
1回目	791.0 kN	804.0 kN
2回目	785.5 kN	812.0 kN
3回目	798.0 kN	815.0 kN
観測値最小値	785.5 kN	804.0 kN

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 (kN 単位とし、小数点以下切り捨て) を用いる。

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およびアンカーボルト (φ48 mm) の断面積を考慮した場合の許容応力は以下の通りとなる。このように算出した許容荷重は図 12 に示すように試験データの最大荷重 (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。

表 3 荷重試験から得た値に基づき計算した許容荷重および許容応力

試験条件	ラグ模擬体 A (スリット直交)	ラグ模擬体 B (スリット平行)
観測値 最小値 T_L	785 kN/本	804 kN/本
試験温度	RT	
最高使用温度	80 °C	
S_{yt} (JIS G 4303 SUS-316)	205 MPa	
S_{yd} (JIS G 4303 SUS-316)	183.4 MPa ※ 材料規格 Part 3 第 1 章 表 6 の 100°C の値 (176 MPa) と 65°C の値 (189 MPa) を線形補完して求めた 80°C の値。	
許容荷重 A_L	421.4 kN/本	431.6 kN/本
供試体断面積	1809 mm ²	
許容応力 S_m	232.9 MPa	238.5 MPa
	上記より低い側の値を元に 232 MPa を HAW 貯槽の据付けボルトのせん断に対する許容応力とする。	

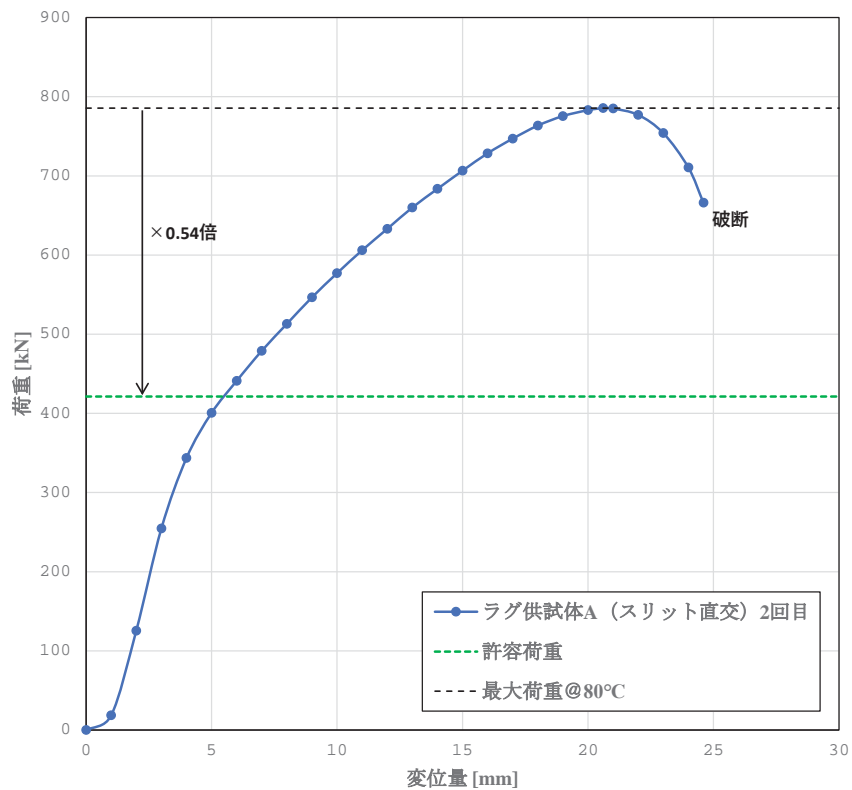


図 12 試験データと許容荷重 A_L の比較

5. まとめ

高放射性廃液貯蔵場において高放射性廃液を貯蔵する大型の貯槽である高放射性廃液貯槽（272V31～V36）を直接支持しているアンカーボルトについて、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）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、ラグに対するせん断力の作用方向により変位－荷重曲線の挙動に違いが見られたものの、計測された最大許容値に大きな差違は見られなかった。測定された最大許容値のうちの最小値（785 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 421 kN/本を得た。また、ボルトの断面積に基づき計算された許容応力は 232 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 材料機械（2008年版）", JSME S NJ1-2008, 日本機械学会（2008）
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）
7. 日立製作所, "SUS316 の高温強度試験（構造材料試験 77-3）", 動力炉・核燃料開発事業団委託報告書, PNC TJ 202 78-28（1978）
8. 坂口 忍, 立花 郁也, 他, "地震時にせん断荷重を受ける機器据付けボルトの耐震裕度に関する一考察", JAEA-Technology 2011-006, 日本原子力研究開発機構（2011）

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通知書