

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5月8日
再処理廃止措置技術開発センター

○ 令和2年5月8日 面談の論点

- 分割申請の時期の見直しについて(資料1)……………2
- 7月からの工事の確実な実施について(資料2)……………5
- 「千島海溝沿いの巨大地震モデル」を踏まえた津波の検討について(資料3)……7
- 代表漂流物に選定した小型船舶 19tの保守性について(資料4)……………10
- 高放射性廃液貯槽の据付ボルトの強度試験の妥当性について(資料5)……………15
- 構造強度評価における解析方法の選択の考え方について(資料6)……………47
- 水深係数の明確化について(資料7)……………52
- 5月末補正範囲について(資料8)……………56
- 東海再処理施設の安全対策に係る5月までの面談スケジュール(案)について・57
- その他

以上

〈4/27 監視チームにおける議論のまとめ〉
1. 安全対策に係る廃止措置計画変更認可申請について
○分割申請のあり方検討

東海再処理施設廃止措置段階における安全対策工事に係る変更申請時期について

令和2年5月8日

再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

東海再処理施設の廃止措置段階における安全対策工事については、設計を早期に進め、完了したものから廃止措置計画の変更申請を行うこととしていた。工事の実施に影響を与えない範囲で変更申請時期を見直し、近い時期に別便での申請を予定していた案件をまとめて申請することとした。

2. 申請時期及び件数(別図 全体スケジュール参照)

- ・令和2年7月:3件(安全対策方針の変更を含む)
- ・令和2年10月:5件
- ・令和3年1月:2件
- ・令和3年4月:6件

以上

実施項目	R元年度			R2年度												R3年度				R4年度				備考
	第4四半期			第1四半期			第2四半期			第3四半期			第4四半期			第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3									
【安全対策方針等】																								
◎基本方針	基本方針策定																							
◎安全対策実施全体スケジュール	全体スケジュール策定																							
優先度Ⅰ-1 HAW施設を地震や津波から防護するための安全対策																								
① 地震による損傷の防止																								
◎HAW耐震評価（建家・設備）T21トレンチ含む	応答解析																							
② 津波による損傷の防止																								
◎漂流物設定	代表漂流物選定																							
	代表漂流物の妥当性評価																							
◎HAW津波防護対策方針	防護対策方針決定																							
建家貫通配管等の点検評価	シール性能評価																							
◎HAW建家健全性評価（波力、余震重畳）	HAW建家健全性評価																							
優先度Ⅰ-2 TVFを地震や津波から防護するための安全対策																								
○TVF耐震評価（建家・設備）	応答解析																							
○TVF建家健全性評価（波力、余震重畳）	TVF建家健全性評価																							
優先度Ⅱ-1 HAW施設の重大事故対処関連工事																								
○HAW事故対処の方法、設備及びその有効性評価	HAW事故対処有効性評価																							
優先度Ⅱ-2 TVFの重大事故対処関連工事																								
○TVF事故対処の方法、設備及びその有効性評価	TVF事故対処有効性評価																							
優先度Ⅲ HAW、TVFのその他事象等に対する安全対策																								
○HAW・TVF建家健全性評価（竜巻・森林火災）	HAW,TVF建家健全性評価																							
優先度Ⅳ その他施設（約40施設）の対策検討（津波・地震・その他事象）	建家評価・影響評価																							
評価結果を踏まえ、必要に応じて代表漂流物を見直し変更申請に反映する。																								
評価結果を踏まえ必要に応じて補正・変更申請を実施する。																								
【安全対策設計、工事】																								
優先度Ⅰ-1 HAW施設を地震や津波から防護するための安全対策																								
◎HAW施設周辺地盤改良工事（T21トレンチ含む）（HAW施設周辺の埋戻土をコンクリート置換し、地盤を強固にすることで耐震性を向上させる）	補正提出 準備 工事																							
・HAW一部外壁補強工事（構造上、津波波圧に対し、強度が不足する一部の開口部周辺の外壁にコンクリートを増打補強する）	設計 変更申請 準備 工事																							
・津波漂流物防護柵設置工事（TVFと共通）（津波漂流物に対し、HAW施設及びTVFを防護するため防護柵を設置する）	基本設計 地盤調査・実施設計 変更申請 準備 工事																							
・主排気筒の耐震補強工事（HAW・TVFへの波及影響の防止のため筒身の下部及び上部（一部）にコンクリートを増打補強する）	調整設計 変更申請 準備 工事																							
優先度Ⅰ-2 TVFを地震や津波から防護するための安全対策																								
・TVF一部外壁補強工事（構造上、津波波圧に対し、強度が不足する一部の外壁にコンクリートを増打補強する）	設計 変更申請 準備 工事																							
・第二付属排気筒耐震補強工事（排気筒基礎部及びダクト架台を補強する）	設計 変更申請 準備 工事																							
・TVF設備耐震補強工事（冷却水配管耐震補強（サポート追加設置））	設計 変更申請 準備 工事																							
北、東、西方面の工事完了 南方面（PPフェンス）の工事完了 補正にて工事申請を行う。																								
溢水対策の配管耐震補強と合わせて設計を実施する。																								

〈4/27 監視チームにおける議論のまとめ〉
1. 安全対策に係る廃止措置計画変更認可申請について
○7月からの工事の確実な実施に関する説明

高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺の地盤改良工事について

令和2年5月8日

再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺の地盤改良工事については、早期に対策を実施する必要があることから、5月末に予定している補正に含めることとして準備を進めており、並行して契約手続きを実施している。工事の概要及び工程について、別紙のとおり整理した。(詳細については、第39回東海再処理施設安全監視チーム会合(4/27開催)の資料3-2別添 高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事(176～192/351ページ)参照)

2. 工事概要

- ・配管トレンチ(T21)を含む高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺地盤を置換コンクリートにより改良する。
- ・高放射性廃液貯蔵場(HAW)については、地盤の拘束効果による建物の接地率及び接地圧の向上を、配管トレンチ(T21)については、躯体の曲げ及びせん断力に対する耐震性の向上を目的としている。
- ・現在契約手続き中であり、開札を6/16に予定している。工区を2つに分け、第1工区については令和2年7月から、第2工区については令和2年10月から着手予定である。

3. 新型コロナウイルスの影響

- ・契約手続きについて、大きな影響はない見込み。
- ・工事期間について、人員・材料の手配に支障をきたす場合、工期延伸の可能性が
ある。

以上

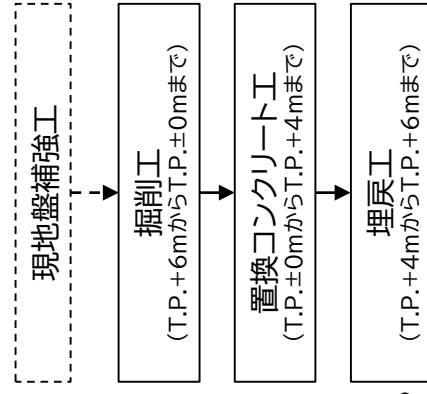
HAW施設周辺の地盤改良工事について

年度	令和2年度(2020年度)				令和3年度(2021年度)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
四半期								
項目								
契約手続き 公告 4/24~5/25 開札 6/16	起案	契約						
第1工区 (HAW施設北側・東側・西側)	第1工区着手				第1工区完了			
第2工区 (HAW施設南側)	第2工区着手				第2工区完了			

新型コロナウイルスの感染拡大による影響：
 ・契約手続きについて、大きな影響はない見込み
 ・工事期間について、人員・材料の手配に支障をきたす
 場合、工期延伸の可能性がある

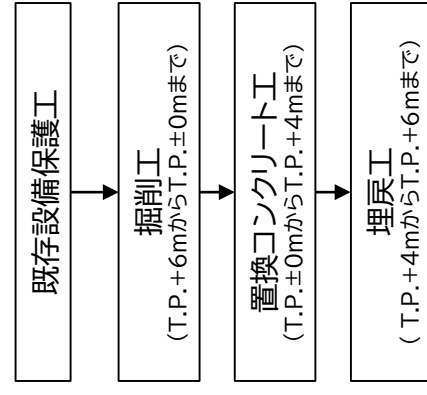
工事の基本的な流れ

<第1工区>

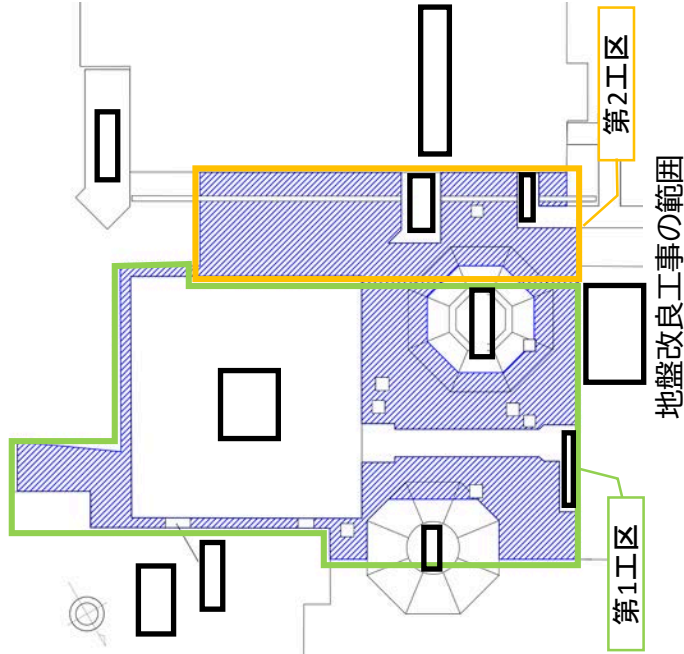


- ・HAW施設の北側、東側、西側について順次行う。
- ・西側の一部エリアについては置換コンクリート直下に位置する現地盤について必要な補強を行う。
- ・掘削工においては試掘(T.P.+6m~T.P.+4m)を含む。
- ・配管トレンチ(T21)周りの置換コンクリート工はT.P.+0.7m~T.P.+5.3mまで行う。

<第2工区>



- ・掘削工に先立って既存設備(フェンスなど)の保護工を行う。
- ・掘削工においては試掘(T.P.+6m~T.P.+4m)を含む。



地盤改良工事の範囲

〈4/27 監視チームにおける議論のまとめ〉
2. 安全対策(津波対策)について
①津波対策の基本的考え方について
○「千島海溝沿いの巨大地震モデル」を踏まえた津波の検討

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） による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

再処理廃止措置技術開発センター
令和2年4月30日

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。

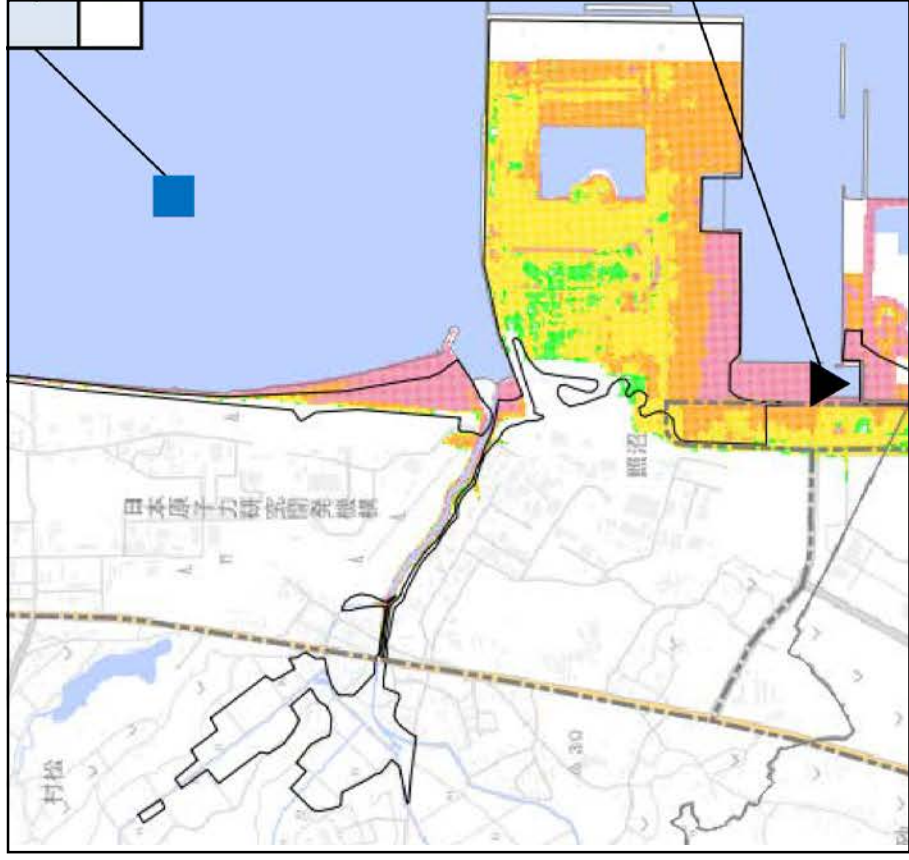
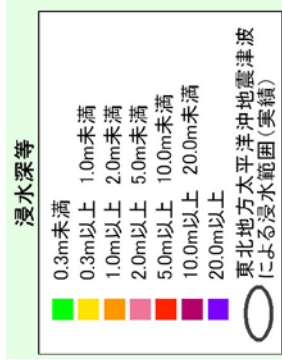
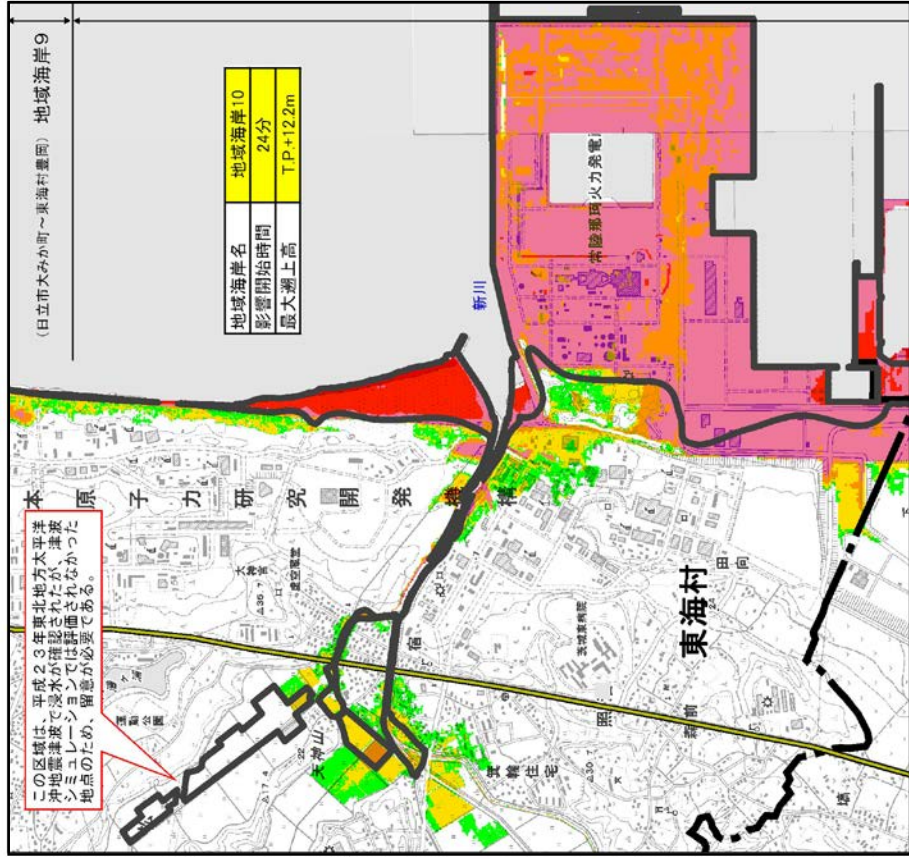
これに示された茨城県沿岸の浸水域を見ると、核燃料サイクル工学研究所再処理施設（東海再処理施設）に当該津波は到達しないことが確認できる（別紙参照）。

また、「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」は茨城県浸水想定津波（L2 津波）を下回ることを確認した。

津波による敷地内浸水分布

茨城県津波浸水想定

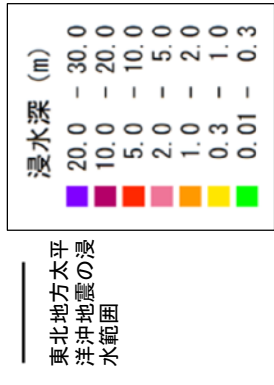
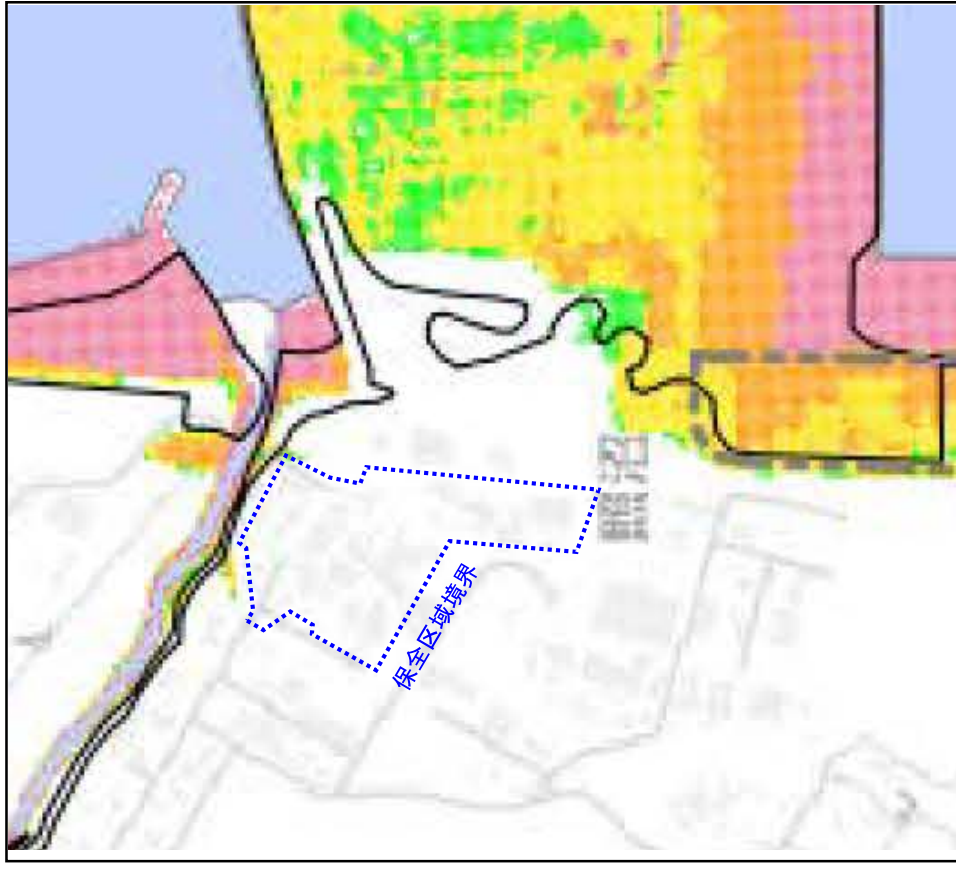
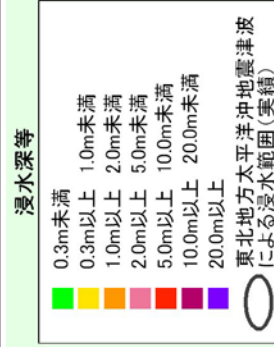
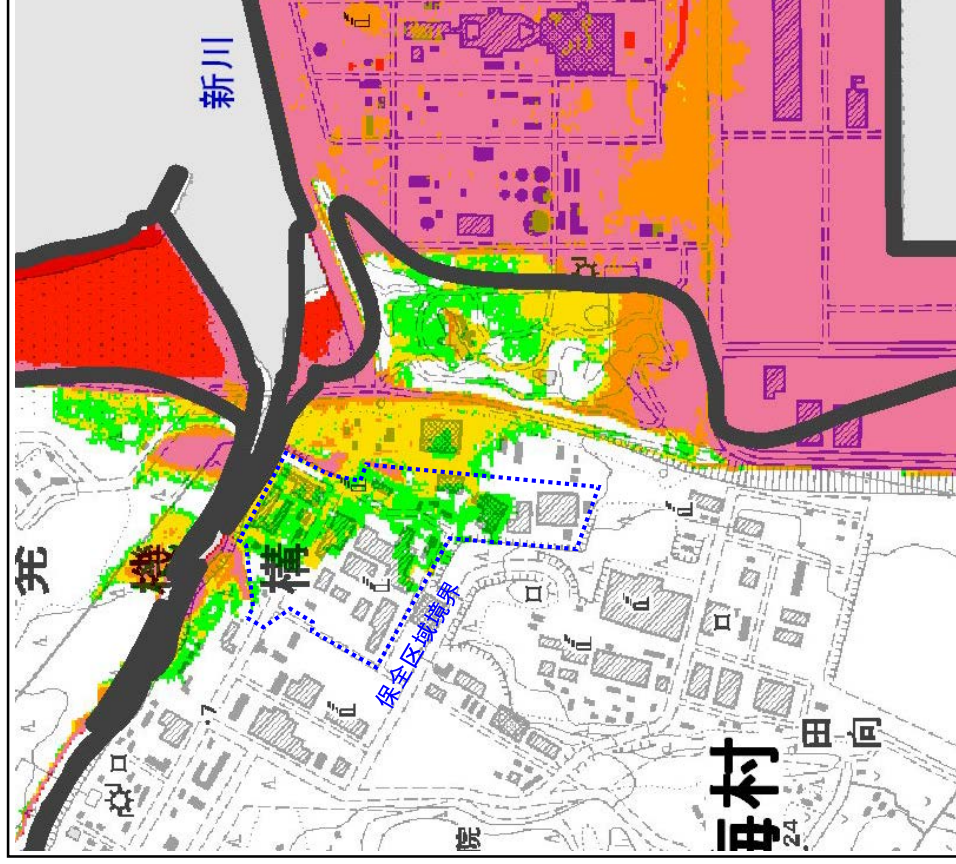
日本海溝・千島海溝沿いの最大クラスの津波による浸水想定



：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)

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



〈4/27 監視チームにおける議論のまとめ〉

【資料4】

2. 安全対策(津波対策)について

② 津波対策で示すべき事項について

・代表漂流物に選定した小型船舶19tの保守性について

資料 2-7

〈3/11 監視チームにおける議論のまとめ〉

2. 安全対策(津波)に係る個別の検討事項について

③ 津波漂流物の選定を踏まえた津波防護の影響評価

東海再処理施設における漂流物防護対策について【抜粋】

【概要】

漂流物防護対策として、建家外壁においては、波力及び余震との重畳に対して増し打ちの対策により防護するが、漂流物については、漂流物の種類や大きさによっては建家外壁だけで防護することは困難となるため、津波漂流物防護柵の設置により、建家外壁への漂流物の衝突を軽減又は防止する対策を行う方針とした。

令和2年5月8日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

東海再処理施設における漂流物防護対策について

1. 漂流物防護方針

廃止措置段階にある東海再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、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（以下、HAW 施設）とこれに付随するガラス固化技術開発施設（以下、TVF）については、廃止措置計画用設計津波（以下、設計津波）に対し、建家内へ浸水しないよう個別に対策し、安全を確保する方針である。

建家外壁においては、波力及び余震との重畳に対して増し打ちの対策により防護するが、漂流物については、漂流物の種類や大きさによっては建家外壁だけで防護することは困難となるため、津波漂流物防護柵の設置等の対策により、建家外壁への漂流物の衝突を軽減又は防止する対策を行う。

船舶や車両等の大型の漂流物に対しては、津波漂流物防護柵の設置等の対策により捕捉し、建家外壁への到達を防止し、流木や瓦礫等の比較的小型の漂流物は、建家外壁に到達することを考慮した防護方針とする。

漂流物を全て建家外壁で耐え得るように、建家外壁を増し打ちする場合は、外壁厚さが増すため建家構造への影響が大きくなる。その場合は、建家構造の変更に伴う耐震性の再評価を要し、外壁以外の補強が必要となった場合には、設計・工事に更に時間を要するものと考えられることから、早期の実現性は低い。

このため、津波漂流物防護対策としては、津波漂流物防護柵による対策をとることとし早期の実現を目指す。

2. 防護対象建家

津波漂流物防護対策による防護対象建家は、以下の通り。

- ・HAW 施設
- ・TVF

3. 代表漂流物について

津波漂流物調査結果から、別添1の代表漂流物を選定した。

なお、選定した代表漂流物については、軌跡解析等の結果を踏まえた妥当性の検証を令和2年10月末までに実施する。代表漂流物に変更が生じる場合は漂流物防護対策の設計へ反映する。

4. 津波漂流物防護柵について

漂流物防護対策として、一般港湾設備で既に適用事例のある津波漂流物防護柵^{※1}の設置を検討している。津波漂流物防護柵では船舶や車両などの大型の漂

漂流物を捕捉するものとし、選定した代表漂流物の種類、重量、遡上津波の津波高さ、流速に応じて、津波漂流物対策施設設計ガイドラインに従い設計を実施する。

なお、流木や瓦礫等の比較的小型の漂流物については建家外壁まで到達するおそれがあるため、これらの漂流物荷重が外壁に作用することを考慮する。

※1 津波漂流物防護柵については、小型船舶、車両、コンテナ、木材などの津波漂流物に対し、鋼管支柱と捕捉スクリーン(金属製ワイヤーロープ等)を使用した津波漂流物防護柵を配置し、特定の建家への漂流物の衝突を防止する。一般港湾設備での津波漂流物防護柵の設置実績では漁船(排水トン数約 60 トン)を対象とした施工事例がある。

津波漂流物防護柵は、漂流物が衝突した際に支柱が衝撃を吸収し、さらにワイヤーロープが衝撃を緩和することで漂流物を捕捉するものである。構造概要図を図1に示す。また、一般港湾設備における施工実績を添付-1に示す。

5. 津波漂流物防護柵の設計基準

津波漂流物防護柵の設計にあたっては、「耐津波設計に係る工認審査ガイドの制定について」(平成25年6月19日 原子力規制委員会決定)において、漂流物による荷重を算定する際の設計根拠として参照されている「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」(財)沿岸技術研究センター、(社)寒地港湾技術研究センター(平成26年3月)(以下「漂流物設計ガイドライン」という。)を適用して行う。

設計にあたっては、支柱は主な再処理施設の支持地盤である砂質泥岩層又は強固に改良した地盤に設置し、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。また、支柱については、漂流物が1本の支柱へ直接衝突する最も厳しい条件において、ある程度塑性変形を生ずる場合であっても支柱としての機能を保持し、隣接する支柱が弾性範囲内で防護柵を支持する設計とする。

6. 津波漂流物防護柵の配置について

津波漂流物防護柵の配置にあたっては、漂流物に対する障害物として期待できる建家を考慮する。

HAW 施設北側に隣接する分離精製工場は、設計地震動による地震力や設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認したうえで、漂流物に対する障害物として期待する。分離精製工場を障害物と期待した場合の津波漂流物防護柵の配置検討案を図2に示す。

一方、分離精製工場をはじめとしたHAW施設、TVF以外の施設については、設計津波により浸水した場合の環境への影響評価を令和2年7月までに行う予定であり、評価の結果、環境への影響が大きくなる場合は、設計津波に対して所要

の対策を実施することとしており、評価結果を踏まえて漂流物防護柵の配置検討に反映し、令和3年1月に廃止措置計画の変更を行う。

消波ブロックの配備については、漂流物防護柵を設置するまでの間、一時的処置として検討したが、現地製造に時間を要し * 早期の設置が期待できず、津波漂流物防護柵による対策を早期に実現させる方針とする。

* 消波ブロック 40t、約 80 個、工期 8 カ月

以 上

表 代表漂流物

種類	代表漂流物	重量 (t)
建物・設備	水素タンク ^{※1}	約 30
流木	防砂林 (直径：約 0.3m×高さ：約 10m)	約 0.55
船舶	小型船舶	約 57.0 ^{※2} (排水トン数)
車両	中型バス	約 9.7

※1 令和 2 年 9 月までに撤去予定の不稼働設備（内部は窒素で置換済み）

※2 船舶の重量は「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に基づき、総トン数（約 19.0 t）の 3 倍に相当する排水トン数（約 57.0 t）とした。なお、小型船舶は総トン数 20 トン未満の船舶であり、総トン数 19 トンを超える小型船舶が入港することも考えられる。船舶等の大型の漂流物は防護柵で捕捉することから、防護柵の設計裕度を 20 トン相当にすることにより保守性を確保する。

〈4/27 監視チームにおける議論のまとめ〉
3. 安全対策(地震対策)について
② 地震対策の個別事項について
(イ)高放射性廃液貯槽の据付ボルトの強度試験の妥当性

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5月8日

再処理廃止措置技術開発センター

1. 概要

1.1 目的

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 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。

1.2 高放射性廃液貯槽の支持構造

HAW 施設には 6 基の高放射性廃液貯槽（272V31～V36）が設置されており、そのうちの 5 基に高放射性廃液が貯液されている（残り 1 基の 272V36 は予備）。個々の貯槽は独立したセルに設置されている。

貯槽側面 4 方向 1 カ所ずつにラグが設けられており、建家躯体壁面張り出し部に鉛直方向に埋め込まれたアンカーボルト（径 48mm）をラグの底板のボルト穴に差し込んで、それを二重ナットを用いて固定することで貯槽を支持している（図 1）。1 つのラグは 4 本のアンカーボルトで固定され、したがって貯槽全体で 16 本のアンカー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アンカーボルトを通して貯槽を水平方向に押す作用として働く。続いて、水平方向に加速された貯槽に対して建家が異なる方向に加速されると、貯槽の慣性力がアンカーボルトを通して建家躯体へ伝わる。したがってラグと建家躯体の境界にあるアンカーボルト断面にはこのような向きの異なる水平力を受けることによってせん断力が発生する。

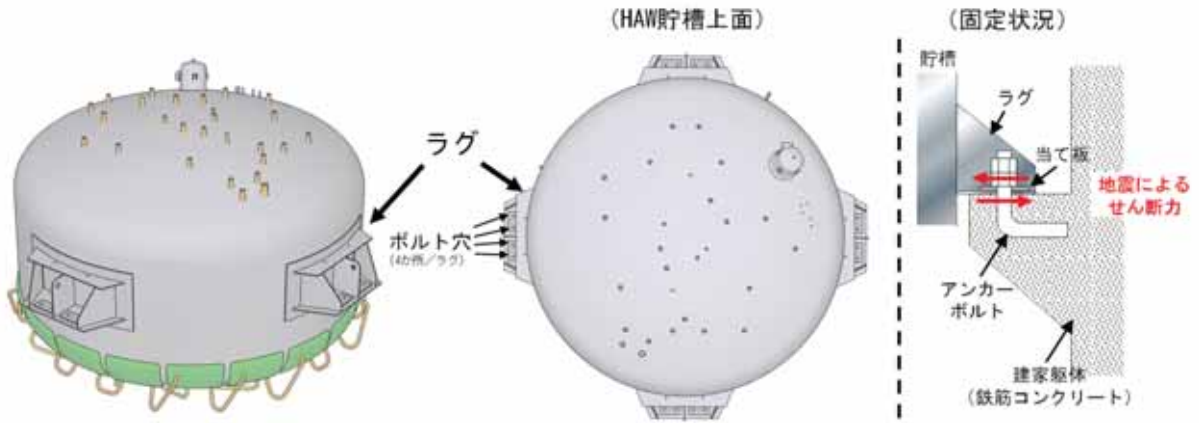


図1 高放射性廃液貯槽の直接支持構造

図2にラグとアンカーボルトの固定状態についての詳細を示す。HAW貯槽のラグのアンカーボルトを通す穴は単純な円孔形状ではなく、貯槽側面に垂直方向の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（ラグの底板）を締め付けている。スリット板はラグの底板にはめ込まれて溶接により一体化されている。当て板は座金と同じようなものでラグの底板とナットの間で締め付けられているものの、固定はされおらず、地震時にははめ込まれているアンカーボルトに追従して動く。図3にはアンカーボルトの設計図を示す。

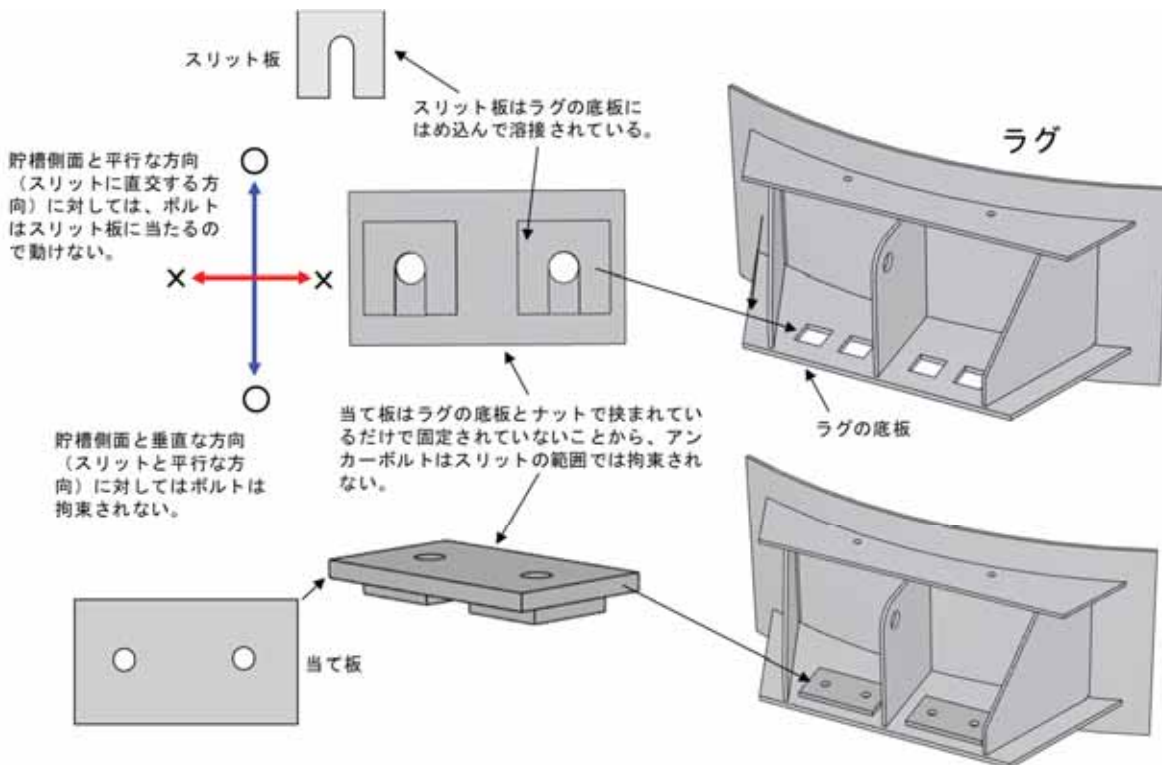


図2 HAW貯槽ラグの固定状態

"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-3130 ボルト材の許容応力"によれば、せん断応力に対する許容せん断応力 (供用状態 Ds) は次式により定められる :

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

オーステナイト系ステンレス鋼に対して : $F = \min \{0.7S_u, 1.35(1.2S_y), 1.2S_y(RT)\}$

アンカーボルトの材質は SUS-316 ステンレス鋼棒 (JIS G 4303) であることから、"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)"に基づいて許容せん断応力を求めると表 1 の通りとなり、60 °C (アンカーボルトの設計温度) あるいは 80 °C (貯槽の設計温度) における許容せん断応力は最小値である 142 MPa が許容せん断応力 f_s となる。

表 1 材料規格の強度に基づく SUS-316 鋼棒材の許容せん断応力 (供用状態 Ds)

温度[°C]	Sy [MPa]	fs [MPa]
40 (RT)	205	142

温度[°C]	Sy [MPa]	fs [MPa]
40	205	191
60*	192.2	179
65	189	176
80*	183.4	171
100	176	164

温度[°C]	Su [MPa]	fs [MPa]
40	520	210
60*	502.3	202
75	489	197
80*	486.4	196
100	476	192

※ Sy (材料規格 Part 3 第 1 章 表 6) および Su (材料規格 Part 3 第 1 章 表 7) に記載の無い温度における値は材料規格の規定に基づき求める温度を挟む 2 つの温度の値から線形補間により求めた。

上記の規格値 (Sy、Su) は、様々な材料試験の結果を統計的に評価し、保守的になるようにそれらの最小値 (破損確率で約 1% に対応するもの) に基づいて設定されたものであり³⁾、過去の様々な製造実績や使用経験に基づいている。また国内の他規格や国際整合性も考慮されている。そのため特定の材料あるいは構造に基づかなくとも汎用的に適用が認められる一方で、特定・固有の構造に対しては保守性の強いものとなりえる。

2. せん断試験

2.1. 試験の目的と対象

実機で使用された材料および支持構造に基づき、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。

解説 SSB-3210 許容荷重（抜粋）

(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。

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 2 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 と S で、機械的特性では 0.2%耐力の数値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（＝JIS G 4303 に基づく SUS-316 ステンレス鋼棒材）を使用し、同一の製造法（＝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（＝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 2 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 (°C)
	試験温度 (°C)	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

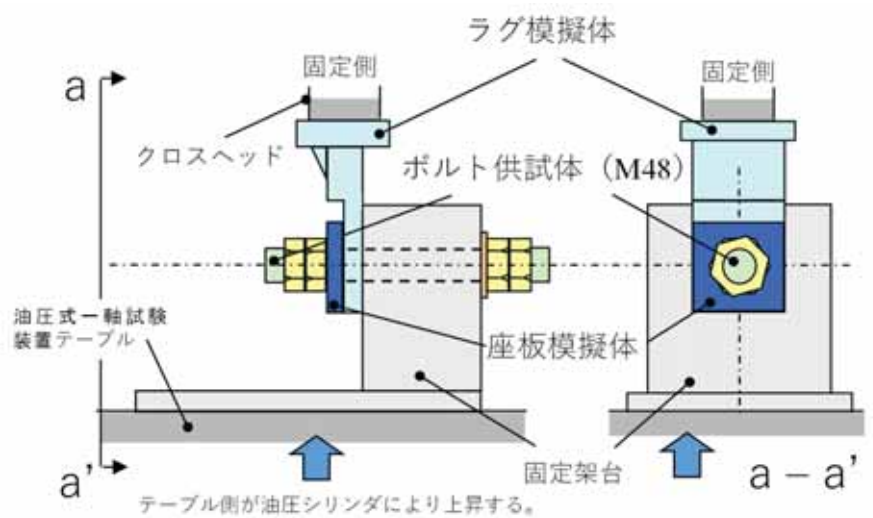
荷重試験の方法は実物の支持構造を模擬できるように検討を行った。実機の支持構造は「1.2 高放射性廃液貯槽の支持構造」で述べたとおり、ラグの底板に設けられたスリット状のボルト孔にアンカーボルトを差し込み、二重ナットで締結したものである。アンカーボルトはラグの底板とアンカーボルトが埋め込まれた建家躯体によって拘束されるため地震動による水平力によってせん断力を負担する。

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に、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。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、図 5) 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。ラグ模擬体は実機ラグと同じ SUS-304 で製作したものであり (図 6)、供試体の反対側に図 7 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た後、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 8 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 9) 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。

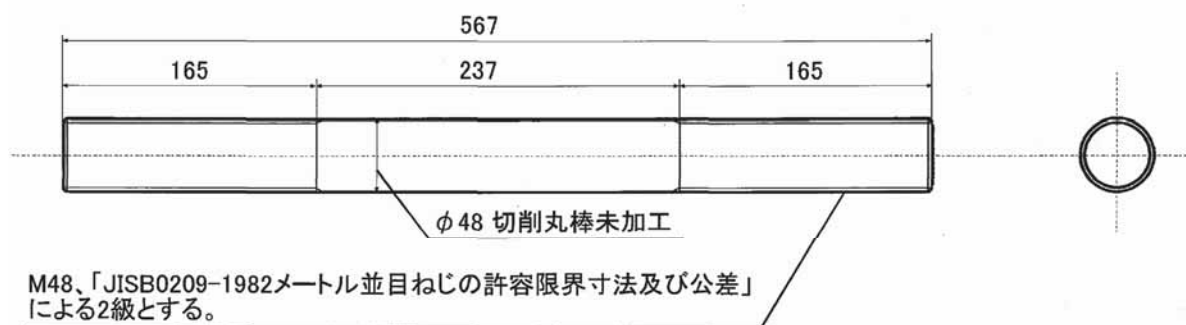


固定架台

ラグ模擬体A

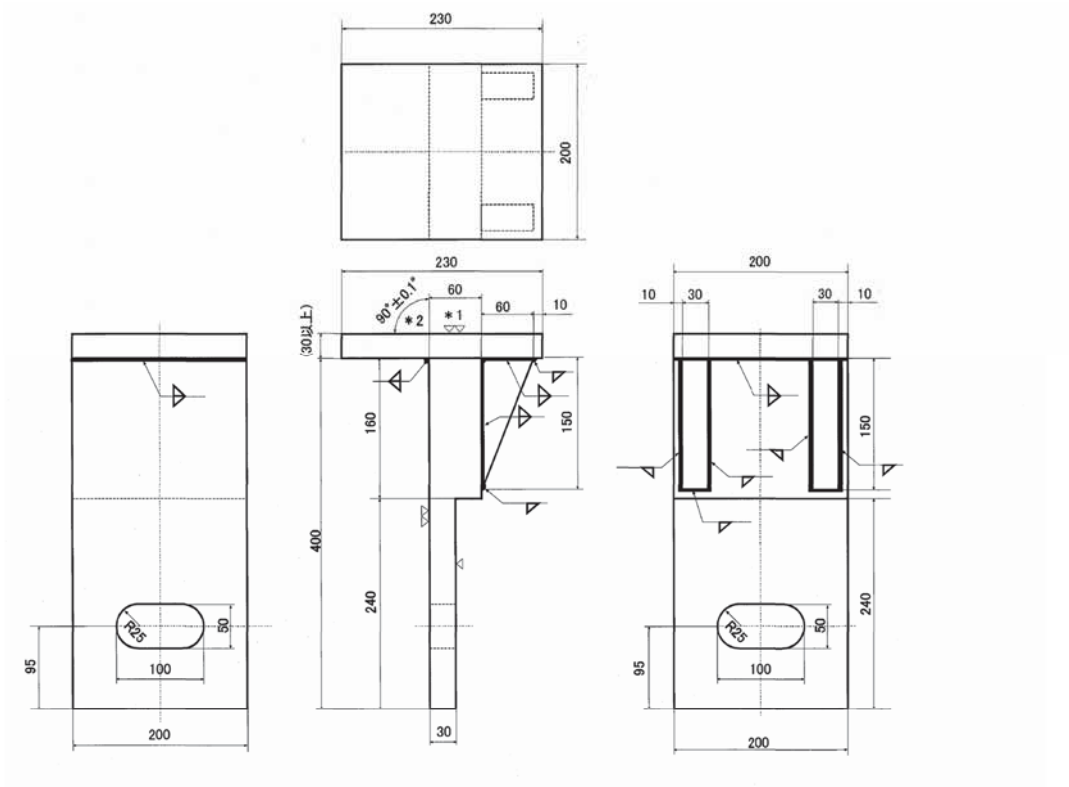
ラグ模擬体B

図4 せん断荷重試験の試験治具



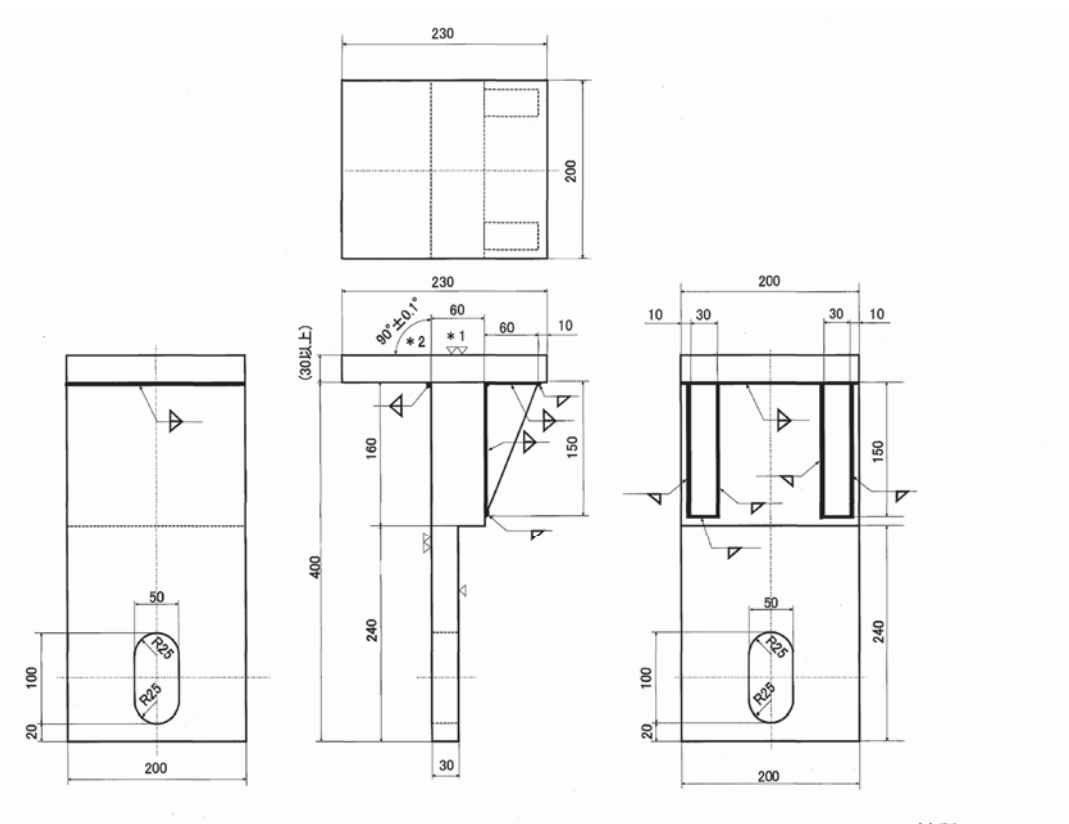
材質:SUS316

図5 ボルト供試体



ラグ模擬体A (スリット直交)

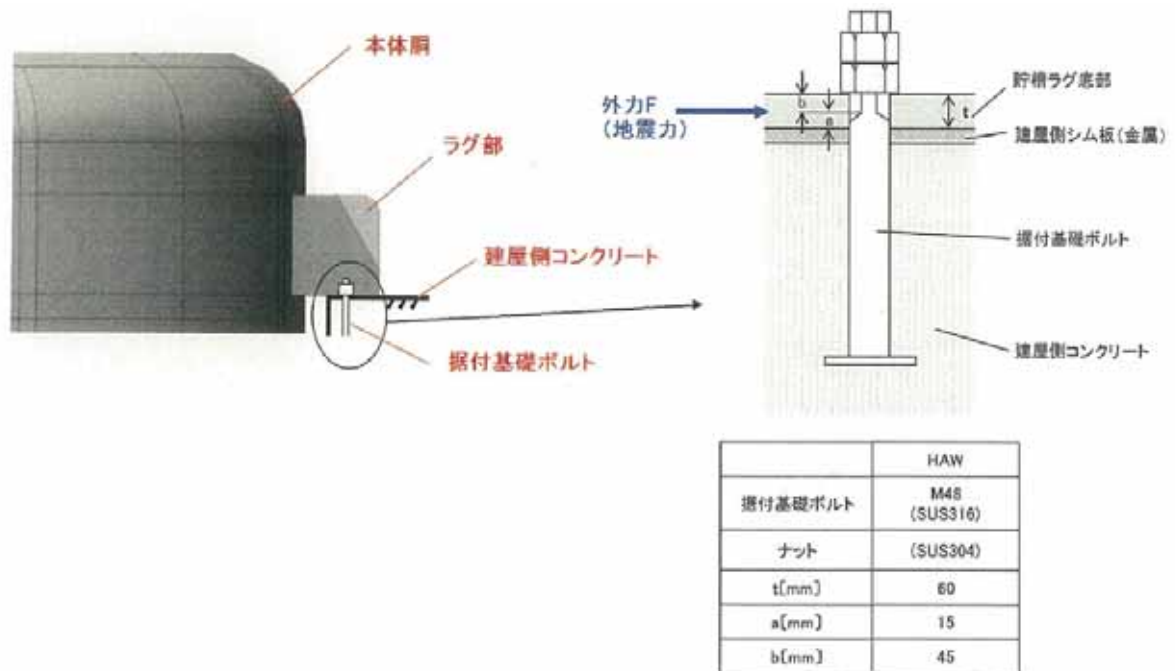
材質:SUS304L



ラグ模擬体B (スリット平行)

材質:SUS304L

図6 ラグ模擬体



(1) 据付基礎ボルト設置状況

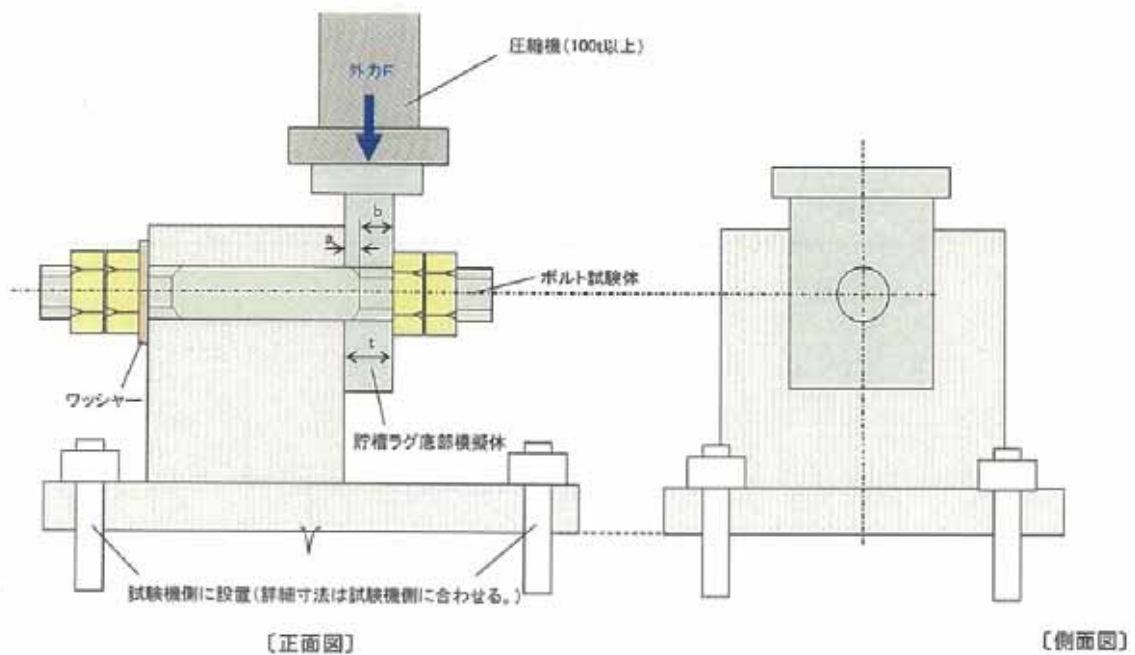


図7 実機の固定構造（アンカーボルトとラグの底板の位置関係）に基づく荷重試験治具の配置（アンカーボルトねじ切り位置とラグの当たり具合を示すものであるため、ラグの上部に乗せる座金は表記上省略している）

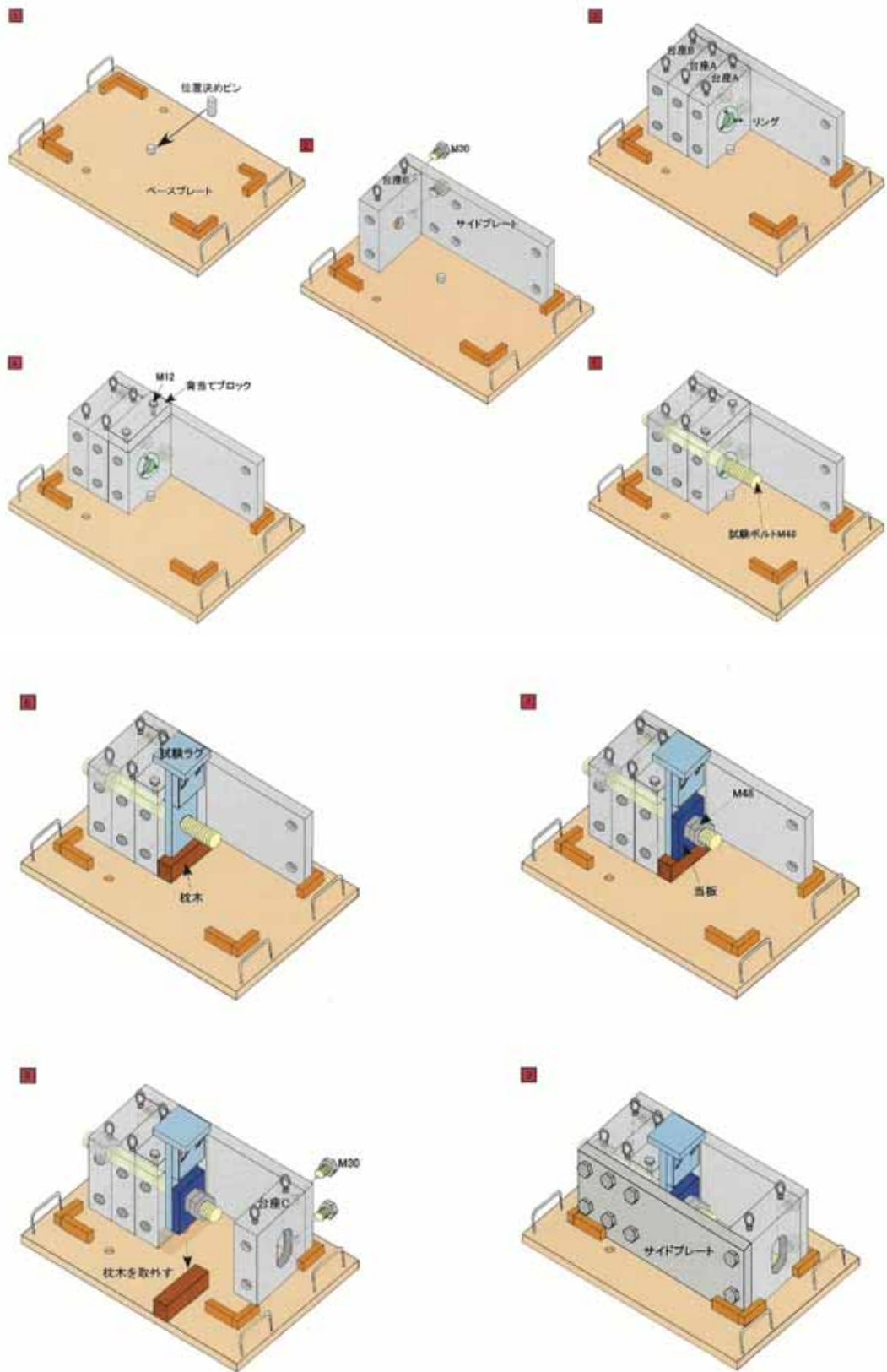


図 8 試験治具の組み立て



図9 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リ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平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 10 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

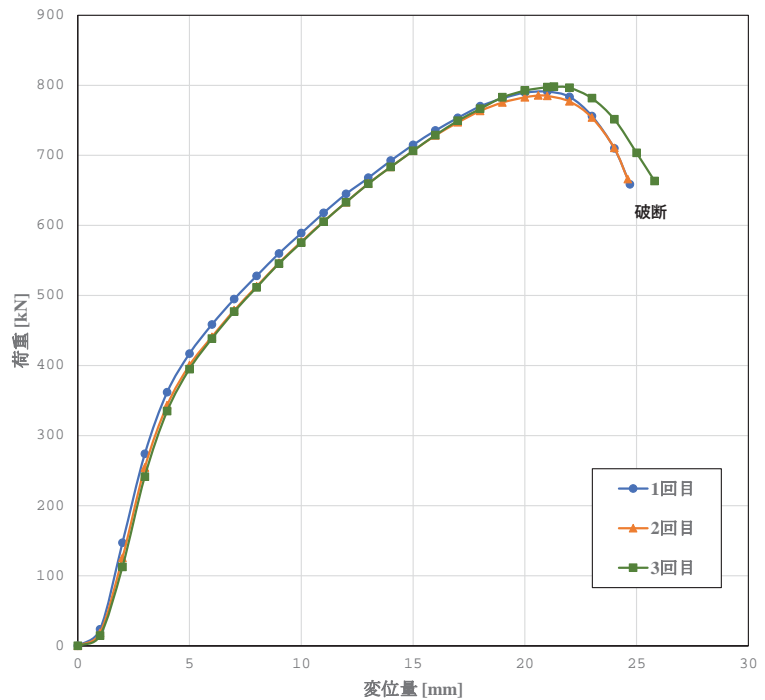


図 10 ラグ模擬体 A（スリット直交）の荷重試験結果：変位－荷重曲線

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 11 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

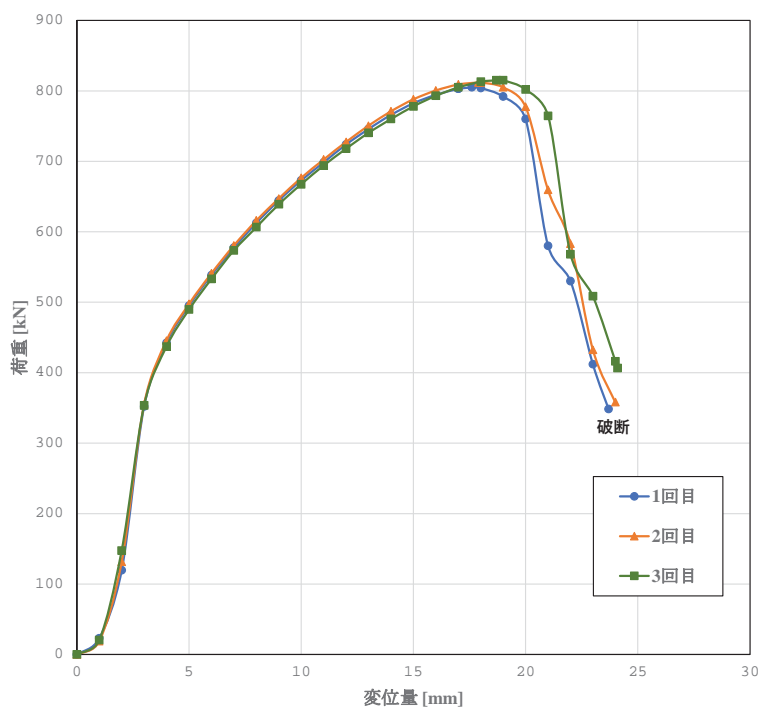


図 11 ラグ模擬体 B (スリット平行) の荷重試験結果：変位－荷重曲線

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 12 に示す。またそれぞれの試験後の供試体の状況を図 13、図 14 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 15)。図 13 と図 14 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で塑性変形を示している。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。これはねじ山のない位置のボルト側面部分がラグの底板との接触を集中的に受けることになるからである。これらより、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負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おり、荷重のエネルギーの一部を吸収している。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

が大きいこととされる。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。

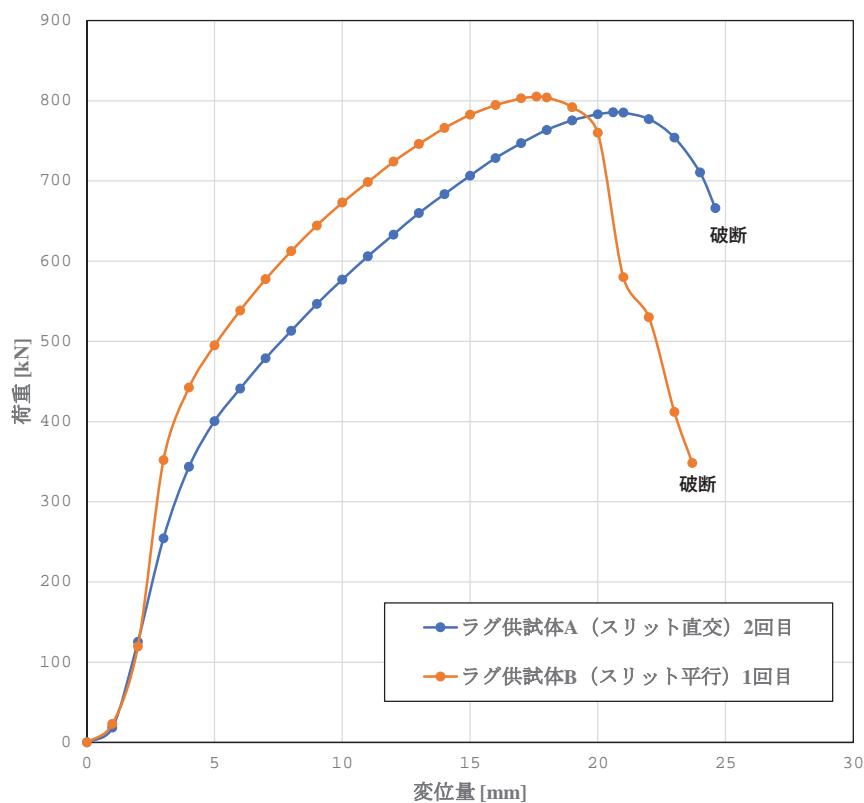


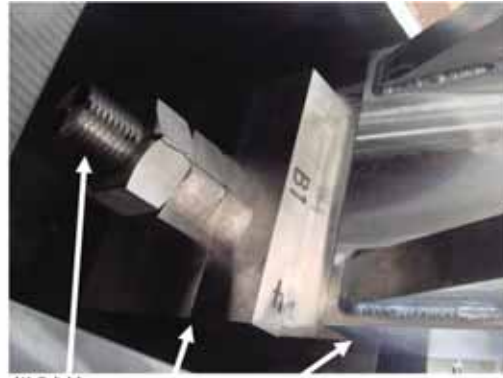
図 12 ラグ供試体 A（スリット直交）とラグ供試体 B（スリット平行）の変位－荷重曲線の比較



図 13 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
↓ 供試体



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
↓

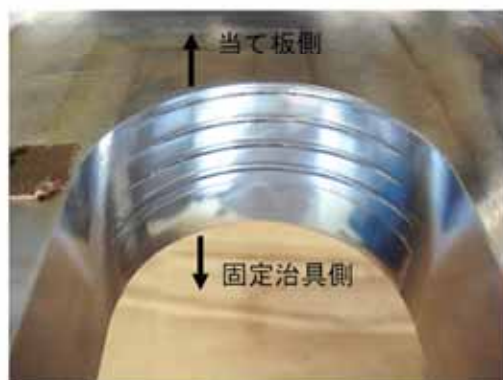


図 14 模擬ラグ B (スリット平行) 1 回目試験の試験後の供試体等の状況

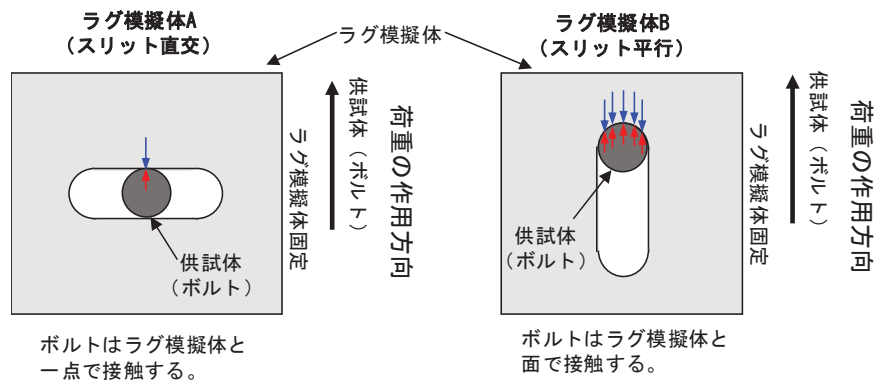


図 15 ラグ模擬体と供試体（ボルト）の接触の違い

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 3 に示す通りであった。

表 3 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 ($\phi 48$ mm) の断面積を考慮した場合の許容応力は表 4 の通りとなる。このように算出した許容荷重は図 16 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。

参考として供試体に用いた材料の検査データ (表 2) の 0.2%耐力値を S_y として f_s を求めてボルト断面積をかけることで許容荷重を求めた結果を図 16 に併記している。これは温度補正されていないが、表 4 で求めた A_L に近い。 A_L の方がやや大きな値であるが、これについては純粋に供試体材料の強度特性にのみ基づく結果ではなく、前章で試験後の供試体およびラグ模擬体の変形を考察したように、当該支持構造においてはせん断力をボルトのみではなくラグ側の変形によっても負担していることから説明できると考えられる。

表 4 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) を線形補間して求めた 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 ³	
許容応力 f_s	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。	

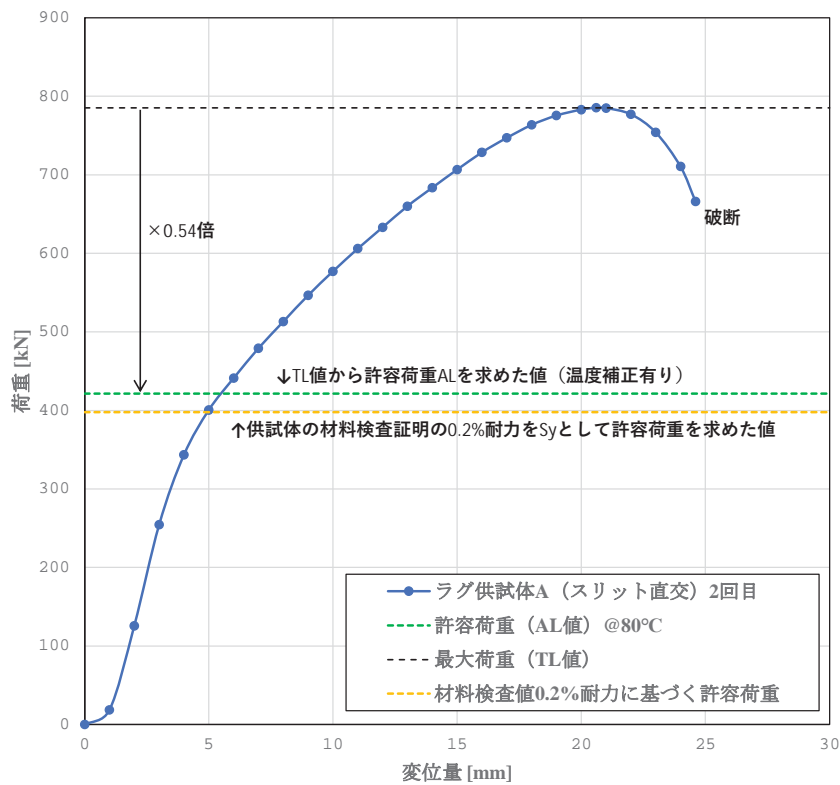


図 16 試験データと許容荷重 A_L の比較

5. その他の考慮事項

5.1 供用開始後の健全性について

本試験の対象となる高放射性廃液貯槽は供用中にあることから、その間の経年変化等により支持構造の強度特性に影響があるかについて考察した。

まず、アンカーボルトについては耐食性の高い SUS-316 材であり、設置されている環境は換気空調されたセル内にある。高放射性廃液貯槽の内部には腐食性の高放射性廃液（硝酸溶液）が貯液されているが、これまでにセル内へ漏えいしたことはない。また温度も貯槽本体の最高設計温度が 80℃であり、実際の供用中の温度は換気空調設備の運転状況からボルト位置で 40℃に至ることはないと考えられる。給気についてもフィルターおよび空調設備で調整され、アンバーエリアから給気するため過度の湿分や塩分を含む空気ではない。従って空気中で SUS-316 が有意な腐食を受ける環境にはない。

高放射性廃液からは中性子線およびガンマ線が放出されており、放射線照射によっても材料の劣化が起りえる。金属材料については中性子の影響が主であるが、高放射性廃液の中性子源は Cm や Pu などの自発核分裂が主であり、中性子照射による材料劣化を考慮する発電炉の炉内構造物に比べてその照射量はわずかであることは定性的にも明らかである。定量的にも 2016 年の定期評価⁹⁾で 60 年間の貯蔵中に受ける中性子照射量を約 10^{14} n/cm² と見積もっており、これは一般的に鉄鋼材料の脆化の影響が確認されている中性子線照射量 10^{18} n/cm² に比べて十分小さい。

当該構造物はセル内にあり、高放射線環境下にあることから人が近づいて観察することはできないが、平成 29 年にセル壁に設けられた点検口から遠隔操作可能な小型カメラをセル内に挿入して高放射性廃液貯槽の外面を観察した結果を図 17 に示す。272V36 は予備貯槽（供用前）であり非放射線環境下であることからカメラを槽側面やアンカーボルトの近くまで移動させて詳細な観察をすることができた。外観からは上述したように SUS 表面は金属光沢を保った状態で、ボルトについても観察時点までに受けた地震（東日本大震災を含む）による影響（移動痕や変形等）は認められなかった。一方、放射線環境下にある 272V35 についてはカメラを操作する時間に限界があったことからアンカーボルトの状況を直接観察することはできなかったが、貯槽表面は金属光沢を保ったままにありカメラ映像からは異常は認められなかった。

以上のことから、供用後の期間においてアンカーボルトおよび支持構造の強度に影響を与えるような劣化は認められないと考えられる。

272V36（予備貯槽）の状況
（非放射線環境）



272V36（予備貯槽）の支持構造物（ラグ、当て板およびアンカーボルト）の状況



272V36（予備貯槽）のアンカーボルトの状況



272V36（予備貯槽）の貯槽外面の状況

272V35（供用状態）の状況
（放射線環境）



272V35貯槽側面の状況

図 17 高放射性廃液貯槽の現状

5.2 高放射性廃液貯槽の耐震性評価におけるアンカーボルトの扱い

高放射性廃液貯槽の耐震性評価においては、ラグのスリットによるボルトの拘束状態を保守的に扱うために、加振方向に平行なボルトについてはラグとの拘束を行っていない（図 18）。すなわち、貯槽当たり 16 本あるアンカーボルトのうち、水平一方向の評価において期待するアンカーボルトは 8 本としている（上述した荷重試験における模擬ラグ A の状態と同じようにスリットと直交して加振を受けるボルトのみを支持構造として評価）。また、評価結果においても、発生するせん断力をすべてのボルトで平均化するような処理ではなく、最大の支持反力を発生するボルトの値のみを取り出して許容応力と比較することで、評価結果の保守的な扱いをしている。加えて、ボルト（最高使用温度 60℃）に対しても貯槽本体と同じ 80℃における許容応力との比較をしている。

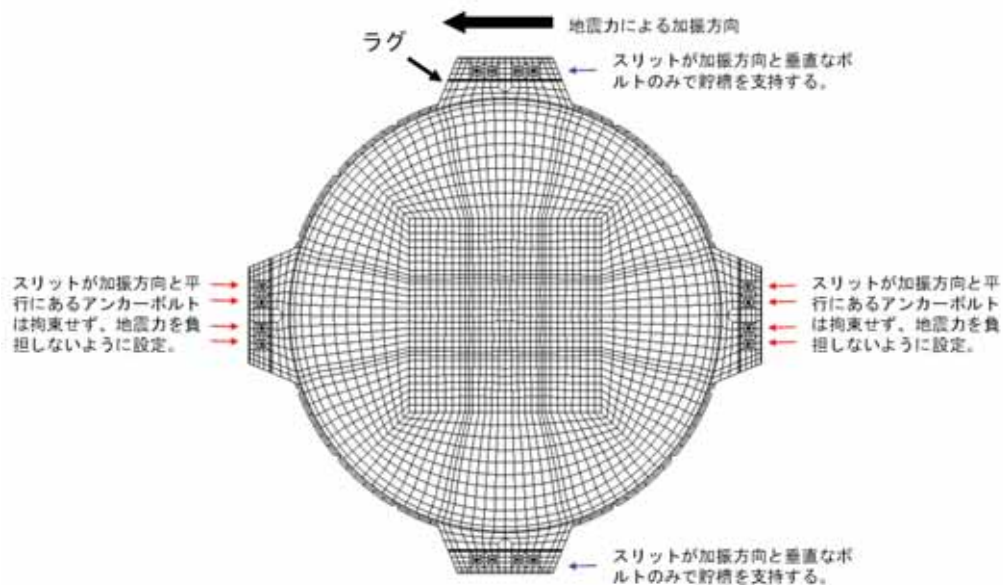


図 18 耐震性評価の構造解析モデルにおけるアンカーボルト支持（拘束条件）の扱い

5.3 保守性について

以上の荷重試験およびその結果の扱いにおいて残る不確かさとしては、荷重試験に使用した材料は実機のアンカーボルト製造時のロット品でないため厳密な意味では同一でないこと、供用開始後の経年劣化について確実な判断が可能な直接的かつ定量的なデータが無いことが挙げられる。しかしながら、前述したようにエビデンスに基づいて規格の要求を満たしうる試験条件を整えると共に、得られた結果の扱いについても最小値に対して規定された設計係数（安全係数）0.6 を適用している。さらに、解析における扱いも考慮すれば本試験に基づき設定した許容値の使用について妥当な保守性を有していると考えられる。

6. 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。

SSB-3210 で求められる同一性についての確認を以下の表 5 にまとめる。なお、本試験から求めた許容荷重は、材料特性だけでなく実機の支持構造に依拠していることから当該支持構造と異なるものに対して適用することはしない。

表 5 荷重試験の条件と実機の荷重状態の同一性

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

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。

解説 SSB-3210 許容荷重（抜粋）

(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。

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 NC1-2008, 日本機械学会 (2012)
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 NJ1-2008, 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)
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)
9. 白井 更知, 三浦 靖, 他, "第 2 回 再処理施設の定期的な評価報告書", JAEA-Technology 2016-007 (Part I), 日本原子力研究開発機構 (2016)

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

Date : June 14th 1983
(発行年月日)
Report No. 123B
(成績番号)

TAKENAKA SEISAKUSHO CO., LTD.
(株式会社 竹中製作所)

Head Office: 1-18, 9-Chrome Tanimachi, Minami-Ku,
Osaka 542, Japan
本社 大阪府南区南9丁目番18号 (住友生命館ビル)

MATERIAL TEST REPORT

(材料試験成績書)



58.6.24
[Redacted Box]

Purchaser : Mitsubishi Heavy Industries Ltd.
(需要家)
Kobe Shipyard & Engine works.

P. O. No. 7572201-0100-ZH-387003
(発注注文番号)

Material Spec. : JIS G4303 SUS316-81
(材料規格)

Oct. T
八角チイ

Steel Works (製鋼所)	Dimension (寸法)	Chemical Composition (化学成分)											I. D No.
		(% x 100 Except P, S)											
Specification (規格)	Results (成績)	Elements (成分)		C %	Si %	Mn %	P % (% x 1000)	S % (% x 1000)	Cu %	Ni %	Cr %	Mo %	V %
				Specification (規格)	Results (成績)	max 8	max 100	max 200	max 45	max 30	--	1000	1600
	AS			6	75	122	34	4	--	1036	1633	207	

Items (項目)	Test Temp. (試験温度)	Test Piece (試験片寸法)	Yield Strength 0.2% offset (耐力)	Tensile Strength (引張強さ)	Elongation (伸び)	Reduction of Area (絞り)	Impact Test (衝撃試験)			Hardness Test (硬さ試験)	Heat Treatment (熱処理)		
							min	Avg	min		Solution	Quenching (焼入)	Tempering (焼戻)
Specification (規格)	°C	mm	kgf/mm ²	kgf/mm ²	%	%	min	Avg	min	°C			
Results (成績)	20	12.5x50.0	21	53	40	60	min 62	26	147	1010	--	--	--
				62	62	77			187	1050	--	--	--

It is hereby certified that the above results are true and correct in every details.
(上記の通り検査の結果、指定の規格に合格していることを証明致します。)

Works (製鋼所) [Redacted Box] Certified by [Redacted Box]

NS: Nippon Steel Corporation (新日本製鐵株式会社)
AS: Aohi Steel Works, Ltd. (あおひ製鋼株式会社)

L: Kobe Steel Ltd. (神戸製鋼所)
SM: Sumitomo Metal Industries Ltd. (住友金属工業株式会社)

KSO: Kawasaki Steel Corporation (川崎製鐵株式会社)
DS: Daiko Steel Co., Ltd. (大工製鋼株式会社)

SS: Sanryo Special Co., Ltd. (三栄特殊鋼材株式会社)
AZ: Azuma Steel Co., Ltd. (あづま製鋼株式会社)

契約番号 OUR REF. NO.
CB71B012 15

INSPECTION

CERTIFICATE

検査証明書

Contractor 契約先		三井物産株式会社				ステンタ TM 11A		御中		Purchaser 需要家		株式会社UEX				御中	
Chemical Composition 化学成分																	
Elements 成分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	%	%	%	%	%	%	%	
Specification 規格	MAX 8	MAX 100	MAX 200	MAX 45	MAX 30		1000 -1400	1600 -1800	200 -300								
Results 成績	5	29	129	33	27		1006	1708	202								
Mechanical Properties 機械的性質																	
Items 項目	Tension Test 引張試験				Impact Test 衝撃試験		Bending Test 曲げ試験		Heat Treatment 熱処理		Remarks 記事						
	Type of Specimen 試験片	Yield Strength 降伏点	Tensile Strength 引張強さ	Elongation 伸び	Reduction of Area 絞り	Hardness 硬度	Type of Specimen 試験片	曲げ試験	熱	処理							
Specification 規格	JIS10	MIN 205	MIN 520	MIN 40	MIN 60	HBW MAX 187			BODY 1080°C WQ								
Results 成績		282	595	60	74	156											
Items 項目	Grain Size 結晶粒度		Decarburization 脱炭		Streak Flaw 地き		Body Hardness 製品かたさ		Non Metallic Inclusion 非金属夹杂物								
Results 成績							HBW 156										
Hardenability (End Quenching Method) 焼入性(一端焼入法)																	
Results 成績																	
Date 発行日	Certificate No. 証明書番号		Type of Steel 鋼種		Size & Shape 寸法・形状		Condition 納入状態		Heat No. 溶解番号								
07-2-1 (DS2210)	1M1114 (1BK491)		JISG4303-05-SUS316		48D		ST, PM		D459D								

Quality Assurance Section, Hoshizaki Plant

Daido Steel Co. Ltd.
 大同特殊鋼株式会社
 星崎工場品質保証部
 〒457-8545 名古屋市長区大岡町
 TEL. ダイヤルイン (052) 611-XXXX

It is hereby certified that the above results are true and correct in every detail.
 上記の成績は要求事項を満足していることを証明します。

Chief of Quality Assurance Section