

6. 高レベル放射性汚染水を貯留している（滞留している場合も含む）建屋等

6.1. 概要

6.1.1. 現状及び中期的見通し

高レベル放射性汚染水を貯留している（滞留している場合も含む）建屋等は，集中廃棄物処理建屋のうち，高レベル放射性汚染水を貯留するプロセス主建屋，雑固体廃棄物減容処理建屋（以下，「高温焼却炉建屋」という。）と，高レベル放射性汚染水（以下，「滞留水」という。）が滞留する1～4号炉の原子炉建屋，タービン建屋（トレンチ，立坑^{注1}，コントロール建屋含む），廃棄物処理建屋を対象とする。

集中廃棄物処理建屋に滞留水を移送しているが，これは，平成23年4月2日に2号炉タービン建屋に滞留していた滞留水の一部がトレンチのひび割れを通じて取水口に直接流出していることが確認され，平成23年4月6日の時点で止水できたものの，再度の漏えいや別の場所からの漏えいの可能性が否定できない状況にあったことから，3号炉タービン建屋の滞留水も含めて緊急に集中廃棄物処理建屋に移送することにしたものである。移送先には，多量の滞留水を貯留するためのタンクを短期間で設置，建設することは困難であることから，既設の設備の中から発生する滞留水の貯蔵に必要な受入可能容量，受入可能時期を踏まえて，集中廃棄物処理建屋を選定した。

現在の滞留水移送の概念及び1～4号炉建屋間における滞留水の流れのイメージを図6-1，図6-2に示す。

1～4号炉にある滞留水は，2号炉，3号炉及び4号炉タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送される。集中廃棄物処理建屋に一時貯蔵された滞留水は，高レベル放射性汚染水処理設備にて処理された後，原子炉へ注水されている。1～4号炉における滞留水の流れについて，以下のとおり想定する。

1号炉：原子炉建屋から廃棄物処理建屋を通過して2号炉廃棄物処理建屋へ流入

原子炉建屋からタービン建屋へ流入しており，2号炉タービン建屋へ移送

2号炉：各建屋間で連動しており，タービン建屋から3号炉タービン建屋または集中廃棄物処理建屋へ移送していることから，各建屋からタービン建屋へ流入

3号炉：各建屋間で連動しており，タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送または各建屋からタービン建屋を通過して4号タービン建屋へ流入

4号炉：各建屋間で連動しており，タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送していることから，各建屋からタービン建屋へ流入

6.1.2. 基本的対応方針及び中期的計画

(1) 建屋内水位の対応方針

各建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために，建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で，建屋内水位を近傍の地下水位より低く管理することとする。地下水

注1：立坑とは，規模の大きな地中構造物のうち，比較的深い（10m程度）「縦の坑道」をいう。

の水位は、サブドレン水^{注2}の水位により確認していることから、近傍のサブドレン水位より建屋内水位を下げるよう管理する。ただし、サブドレン水位が季節の変動により極端に減少した場合を除く。

発電所敷地内の地下水の水位について過去の実績を確認したところ、年間を通して変動は少ないことから極端にサブドレン水位が低下することは考え難いが、何らかの事象によりサブドレン水位が極端に低下した際には、建屋内水位を可能な限り低減し、さらにサブドレン水の放射性物質濃度の監視を強化し、滞留水のサブドレン水への漏えい有無について確認する。

(2) サブドレン設備の対応方針

図 6-3 のとおり各建屋周りに地下水の水位を調整するため数カ所のサブドレン設備があるが、現在、1～4号炉のサブドレン水の水位についてはタービン建屋の海側の1箇所を代表として測定し、必要に応じて建屋近傍のサブドレン水の水位を測定している。サブドレン水の放射能濃度については、タービン建屋の海側及び集中廃棄物処理建屋（プロセス主建屋・高温焼却炉建屋）近傍で測定している。これまでサブドレン水の監視については、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮し、状況を考慮した上で、水位と放射能濃度のより適切な測定箇所、頻度を定めて実施していく。

(3) 中期的計画

1～4号炉の滞留水については、高レベル放射性汚染水処理設備の1ヶ月程度の停止や豪雨等（気象庁の発電所近傍の観測データにおける月降雨量の最大）に備えて、建屋内滞留水の海洋への放出リスクの高まるOP.4,000到達までの余裕確保に加え、地下水の流入量を抑制する観点から、建屋内水位をOP.3,000前後で運用する。

また、地下水の流入量を低減させるため、建屋山側の高台で地下水を揚水し、建屋周辺の地下水の水位を段階的に低下させる計画（地下水バイパス）である。

今後も、原子炉注水量の変更や集中廃棄物処理建屋の貯蔵量等を踏まえて建屋内水位、移送、処理を計画する。

なお、現在の建屋等にある滞留水を最終的には抜き取る計画である。

(添付資料-1 参照)

6.2. 安全確保の基本方針

原子炉施設からの新たな放射性物質の放出を管理し、放射線量を抑制するための策を講じ、モニタリングする。必要に応じて、可燃性ガスの処理を適切に行うこととする。以下に具体的な目標を示す。

(1) 建屋等の高レベル放射性汚染水の状況を監視できる機能を有し、建屋等の外への漏

注2：サブドレン水とは、建屋周辺の地下水をいう。

えいを防止できる機能を有すること。

- (2) 汚染水処理設備の長期間の停止，豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいが防止できるよう水位を管理できること。
- (3) 高レベル放射性汚染水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出を抑制・管理できる機能を有すること。
- (4) 建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能を有すること。
- (5) 必要に応じて，貯留または滞留している高レベル放射性汚染水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理が適切に行える機能を有すること。

6.3. 主要設備等

滞留水移送概念図について図 6-1，各建屋間における滞留水の流れについて図 6-2 に示す。各号炉の建屋等について安全確保策を目標ごとに以下に記載する。

6.3.1. プロセス主建屋

プロセス主建屋に貯留する滞留水は，2号炉，3号炉，4号炉及び高温焼却炉建屋から移送ポンプやポリエチレン管等で移送されることにより受け入れ，高レベル放射性汚染水処理設備で処理されることにより水位調整される。移送については，移送元の1～4号炉の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

プロセス主建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために，建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で，建屋内水位を常に地下水位より低く保つこととした。建屋内滞留水は塩分を含み地下水より比重がやや大きいため，水位差を設定する際には比重差を考慮して，建屋内水位を地下水位より40cm以上低くするように制御する。

また，水位差40cm以上を確保するため，地下水位の日変動及び季節変動（約50cmと想定）を考慮する。なお，OP.5,700以下では，止水工事及びひび割れ補修が終了している。

以上より，地下水位（平成23年6月19日現在 OP.6,600）から系外漏えいリスクの低減を図った水位に若干の余裕を考慮した水位（OP.5,600）にて貯蔵する。

プロセス主建屋について，以下のとおり安全確保策を実施している。

(1) 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，水圧式の水位計を設置し，発電所内の免震重要棟で建屋内水位を監視している。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施した。

①貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水工事を実施した。

(添付資料-2 参照)

②外壁，床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として，外壁，床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施した。

(添付資料-3 参照)

③建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，サブドレン水の水位の監視を図 6-3 の測定箇所で行っている。

④コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性はあるが，壁の外側に放射性物質が到達する時期は約 100 年後と評価している。したがって，今後 3 年間程度において，コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-4 参照)

⑤サイトバンカ建屋における滞留水の確認について

プロセス主建屋に隣接するサイトバンカ建屋において，地下に滞留している水をサンプリングしたところ，放射能が検出された。その原因として，プロセス主建屋に貯留する滞留水が両建屋間を繋ぐ階段室を介し流入した可能性は否定できないことから，サイトバンカ建屋の滞留水を適宜プロセス主建屋へ移送している。

また，サイトバンカ建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視し，図 6-4 に示すとおり現在まで放射能濃度に有意な変化は見られていないことから，滞留水の外部への漏えいはないと考える。今後も引き続きサイトバンカ建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視していく。

(2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

①高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備えた対応

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備え，受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し，滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。このことから，プロセス主建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また，滞留水が急激に増加した場合の貯留先として，高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、原子炉注水量を調整し、滞留水の発生量を抑制する等の措置をとることで、1ヶ月程度の停止に耐えられる(5.2.6(4)e.参照)。

②豪雨等に備えた対応

豪雨等に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。このことから、プロセス主建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、降水量に対し 85%程度の水位上昇を示したことがあり、気象庁の観測データにおける月降雨量の最大^{注3}を超える 850mm の降雨までは、タービン建屋等の水位を維持することが可能である(5.2.6(4)c.参照)。

注3：福島県浪江町で 634mm (2006年10月)、富岡町で 615mm (1998年8月)

(3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、必要に応じてプロセス主建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

なお、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、チャコールフィルタ、高性能粒子フィルタを通して排気することができる。

(4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し、水素の滞留のないことを確認した。また念のため、水の放射線分解により建屋内に発生した水素の処理として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、建屋内に気体の対流を作り水素の滞留を抑制できる。

なお、滞留水から放射性分解により可燃性ガスの水素が発生する恐れのあることから、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして

の地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

6.3.2. 高温焼却炉建屋

高温焼却炉建屋に貯留する滞留水は、2号炉、3号炉及び4号炉から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で移送されることにより受け入れ、高レベル放射性汚染水処理設備により処理されることにより水位調整される。移送については、移送元の1～4号炉の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

高温焼却炉建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために、建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で、建屋内水位を常に地下水位より低く保つこととした。建屋内滞留水は塩分を含み地下水より比重がやや大きいため、水位差を設定する際には比重差を考慮して、建屋内水位を地下水位より40cm以上低くするように制御する。

また、水位差40cm以上を確保するため、地下水位の日変動及び季節変動（約50cmと想定）を考慮する。ただし、建屋内の被ばく線量率低減の観点から、地下1階床面レベル（OP.4,200）よりも下の水位を保つこととする。なお、地下1階床面レベル（OP.4,200）以下では、止水工事及びひび割れ補修が終了している。

以上より、作業環境への影響及び系外漏えいリスクの低減を図った水位を考慮した水位（OP.4,200）にて貯蔵する。

高温焼却炉建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

（1）滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で建屋内水位を監視している。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

①貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水工事を実施した。

（添付資料-5 参照）

②外壁、床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として、外壁、床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施した。

（添付資料-6 参照）

③建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理している。そのため、サブドレン水の水位の監視を図 6-3 の測定箇所で行っている。

④コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期は約 30 年後と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-7 参照)

⑤隣接する地下通路への滞留水の漏えい事象について

高温焼却炉建屋に滞留水を移送したところ、隣接する地下通路に漏えいしていることが確認され、その後、地下通路部の水位の方が高いことから漏えいは抑制されていると考える。高温焼却炉建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視し、図 6-4 に示すとおり現在のところ放射能濃度に有意な変化は見られていないことから、滞留水の外部への漏えいはないと考える。今後も引き続き建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視していく。

(2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

①高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備えた対応

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。このことから、高温焼却炉建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、原子炉注水量を調整し、滞留水の発生量を抑制する等の措置をとることで、1 ヶ月程度の停止に耐えられる (5.2.6(4)e.参照)。

②豪雨等に備えた対応

豪雨等に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。このことから、高温焼却炉建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、降水量に対し 85%程度の水位上昇を示したことがあり、気象庁の観測データにおける月降雨量の最大^{注3}を超える 850mm の降雨までは、タービン建屋等の水位を維持することが可能である (5.2.6(4)c.参照)。

注3：福島県浪江町で 634mm (2006 年 10 月)、富岡町で 615mm (1998 年 8 月)

(3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、必要に応じて高温焼却炉建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

なお、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、チャコールフィルタ、高性能粒子フィルタを通して排気することができる。

(4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの監視箇所を図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

水の放射線分解により建屋内に発生した水素の処理として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、建屋内に気体の対流を作り水素の滞留を抑制できる。

なお、可燃性ガスの検出として、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとしての地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

6.3.3. 1号炉

1号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図 6-2 のとおり原子炉建屋から廃棄物処理建屋を通過して2号炉廃棄物処理建屋へ流入していると考えられる。また、タービン建屋については、現在、原子炉建屋からの流入もあると考えられるが、1号炉タービン建屋から2号炉タービン建屋への滞留水移送装置（移送ポンプ、耐圧ホース等）を通じ、水位状況に応じて移送している。

1号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水位を測定している。

原子炉建屋の滞留水の水位はタービン建屋の海側のサブドレン水の水位よりも高い状況があったが、サブドレン水の放射能濃度の測定結果についても有意な変化はなかった。また、平成 23 年 12 月 15 日から原子炉建屋近傍のサブドレン水の水位の測定し、建屋内の水位がサブドレン水の水位よりも低いことを監視している。また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋周辺の地下水の水位は山側の方が海側よりも高い状況になることを想定しており、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 20 年、廃棄物処理建屋：約 20 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-8 参照)

(2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことで1号炉の滞留水が流入する2号炉タービン建屋等の水位をOP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保する。

(3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

なお、原子炉からの放射性物質の飛散抑制の応急措置的対策のため、平成23年10月28日に原子炉建屋にカバーを設置した。本カバーの設置とともに排気設備を設置し、チャコールフィルタ及び高性能粒子フィルタを通して排気することにより、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出の低減を図っている。

(4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を図6-3のとおり設定し、図6-4のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとしての地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

6.3.4. 2号炉

2号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図6-2のとおり各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり、タービン建屋または立坑から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で3号炉タービン建屋または集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整されている。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し、実施する。

2号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建

屋、廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にある滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水の水位を測定している。また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋周辺の地下水の水位は山側の方が海側よりも高い状況になることを想定しており、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。OP.4,000 にある立坑の対策については、開口部を閉塞した。さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 20 年（ただし、トレンチ、立坑については約 13 年）、廃棄物処理建屋：約 40 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-8 参照)

(2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まる OP.4,000 までの余裕を確保する。

(3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

(4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとしての地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

6.3.5. 3号炉

3号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図 6-2 のとおり3/4号炉の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり、3号炉及び4号炉タービン建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整されている。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し、実施する。

3号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にある滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水の水位を測定している。また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋周辺の地下水の水位は山側の方が海側よりも高い状況になることを想定しており、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。OP.4,000 にある立坑の対策については、開口部を閉塞した。さらに、1～4号炉の既設護岸の

前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 40 年（ただし、トレンチ、立坑については約 13 年）、廃棄物処理建屋：約 40 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

（添付資料-8 参照）

(2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まる OP.4,000 までの余裕を確保する。

(3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

なお、原子炉建屋は建屋上部に崩落した瓦礫が多いため、早期に瓦礫を撤去することにより瓦礫に付着した放射性物質の飛散を抑制できる。このため、建屋上部の瓦礫撤去を先行して実施し、放射性物質の環境への放出低減を図る。

(4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

可燃性ガスの検出として，滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとしての地下開口部を閉塞の後，滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

6.3.6. 4号炉

4号炉の滞留水については，原子炉建屋，タービン建屋（トレンチ，立坑，コントロール建屋含む），廃棄物処理建屋に滞留しており，図6-2のとおり3／4号炉の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり，4号炉タービン建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより，水位調整されている。移送については，移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し，実施する。4号炉の各建屋について，以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し，発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にある滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図6-3のサブドレン水の水位を測定している。また，地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても，建屋周辺の地下水の水位は山側の方が海側よりも高い状況になることを想定しており，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。OP4,000にある立坑の対策については，開口部を閉塞した。さらに，1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより，地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性はあるが，壁の外側に放射性物質が到達する時期を，原子炉建屋：約200年，タービン建屋：約20年（ただし，トレンチ，立坑については約10年），廃棄物処理建屋：約40年と評価している。したがって，今後3年間程度において，コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい

可能性は低いと考える。

(添付資料-8 参照)

- (2) 高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まる OP.4,000 までの余裕を確保する。

- (3) 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとして、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、必要に応じて原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

なお、原子炉建屋は建屋上部に崩落した瓦礫が多いため、早期に瓦礫を撤去することにより瓦礫に付着した放射性物質の飛散を抑制できる。このため、建屋上部の瓦礫撤去を先行して実施し、放射性物質の環境への放出低減を図る。

- (4) 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

- (5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減の試みとしての地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

6.4. 設備の構造強度・耐震設計

6.4.1. プロセス主建屋

(1) 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

プロセス主建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，念のため，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行った。

その結果，地震による構造上の問題はなかった。

(2) 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，福島第一原子力発電所における基準地震動 S_s に対して，十分な裕度を持って耐え得る構造強度を有していることを確認した。

6.4.2. 高温焼却炉建屋

(1) 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

高温焼却炉建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，念のため，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行った。

その結果，地震による構造上の問題はなかった。

(2) 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，福島第一原子力発電所における基準地震動 S_{s-1} 及び基準地震動 S_{s-2} に対して，十分な裕度を持って耐え得る構造強度を有していることを確認した。

6.4.3. 1～4号炉

(1) 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析

原子炉建屋は耐震Sクラス，タービン建屋，廃棄物処理建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，原子炉建屋とタービン建屋は構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析により確認を行った。

その結果，地震による構造上の問題はなかったと考える。

(2) 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し、1号炉原子炉建屋及び2号炉原子炉建屋について、基準地震動 S_s により構造強度を満足することを確認した。他の原子炉建屋についても、今後、基準地震動 S_s により構造強度を満足することを確認する。

また、参考に、3号炉タービン建屋、4号炉廃棄物処理建屋及び3号炉コントロール建屋について、基準地震動 S_s に対して、大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件で構造強度を満足することを確認した。他のタービン建屋、廃棄物処理建屋及びコントロール建屋についても、今後、基準地震動 S_s に対して、構造強度を満足することを確認する。

(添付資料-9 参照)

6.5. 今後の計画

6.1～6.3 項に示した通り、建屋外への漏えい防止を目的に、

- ・ 遮水壁設置
- ・ 地下水バイパス

の工事を実施していく。表 6-1 に今後の工事計画を示す。

6.6. 添付資料

添付資料-1：地下水バイパスによる地下水流入量の低減

添付資料-2：プロセス主建屋の貫通部の止水措置

添付資料-3：プロセス主建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策

添付資料-4：プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

添付資料-5：高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置

添付資料-6：高温焼却炉建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策

添付資料-7：高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

添付資料-8：1～4号炉の各建屋外への放射性物質移行量の評価

添付資料-9：地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価

以上

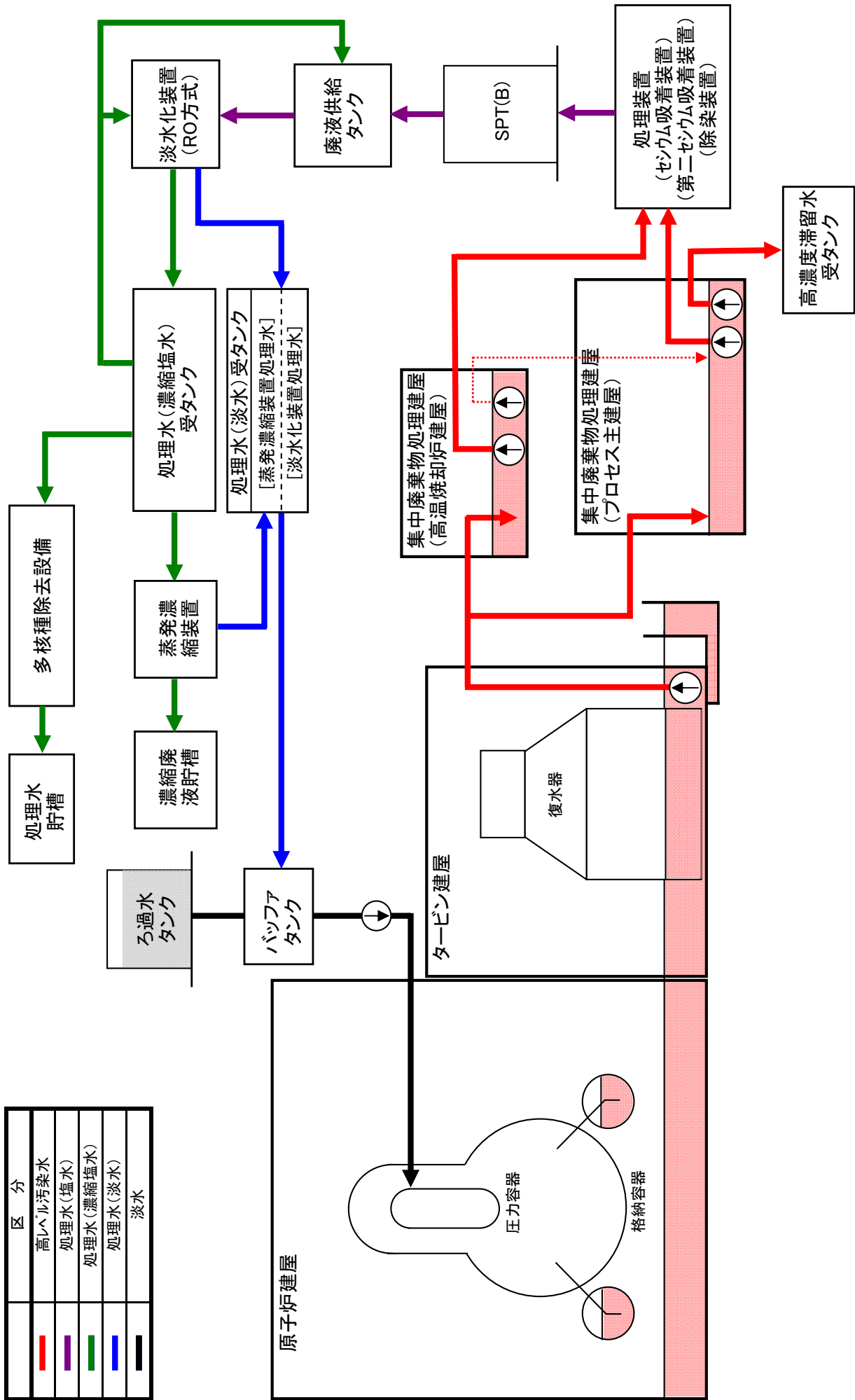


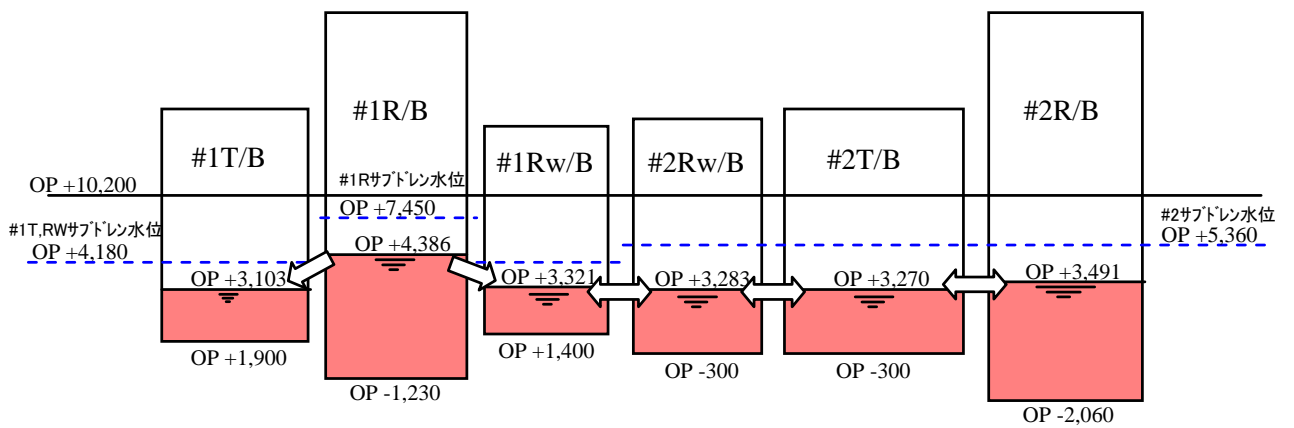
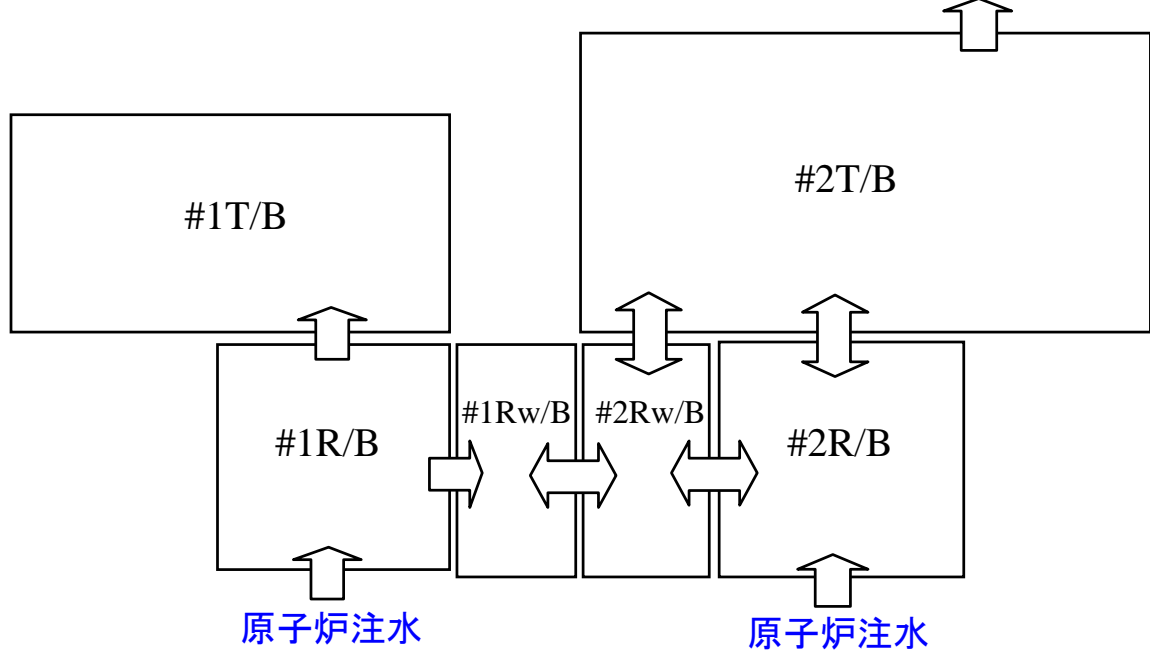
図6-1 滞留水移送概念図

区分	
	高レベル汚染水
	処理水(塩水)
	処理水(濃縮塩水)
	処理水(淡水)
	淡水

1号炉

2号炉

3号炉タービン建屋または
集中廃棄物処理建屋へ移送



※ 水位は平成24年7月25日時点

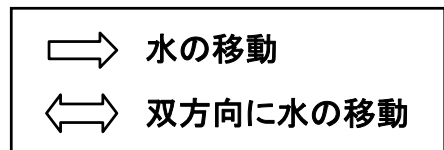
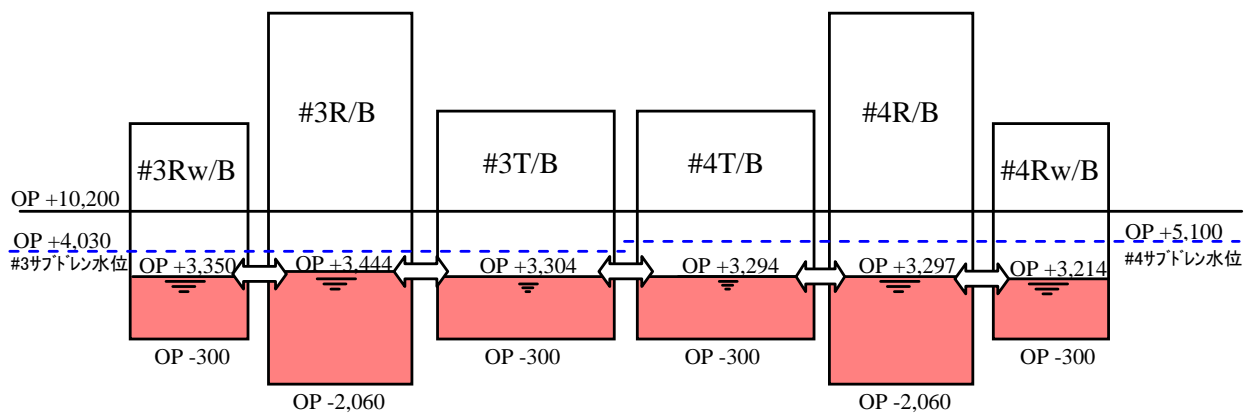
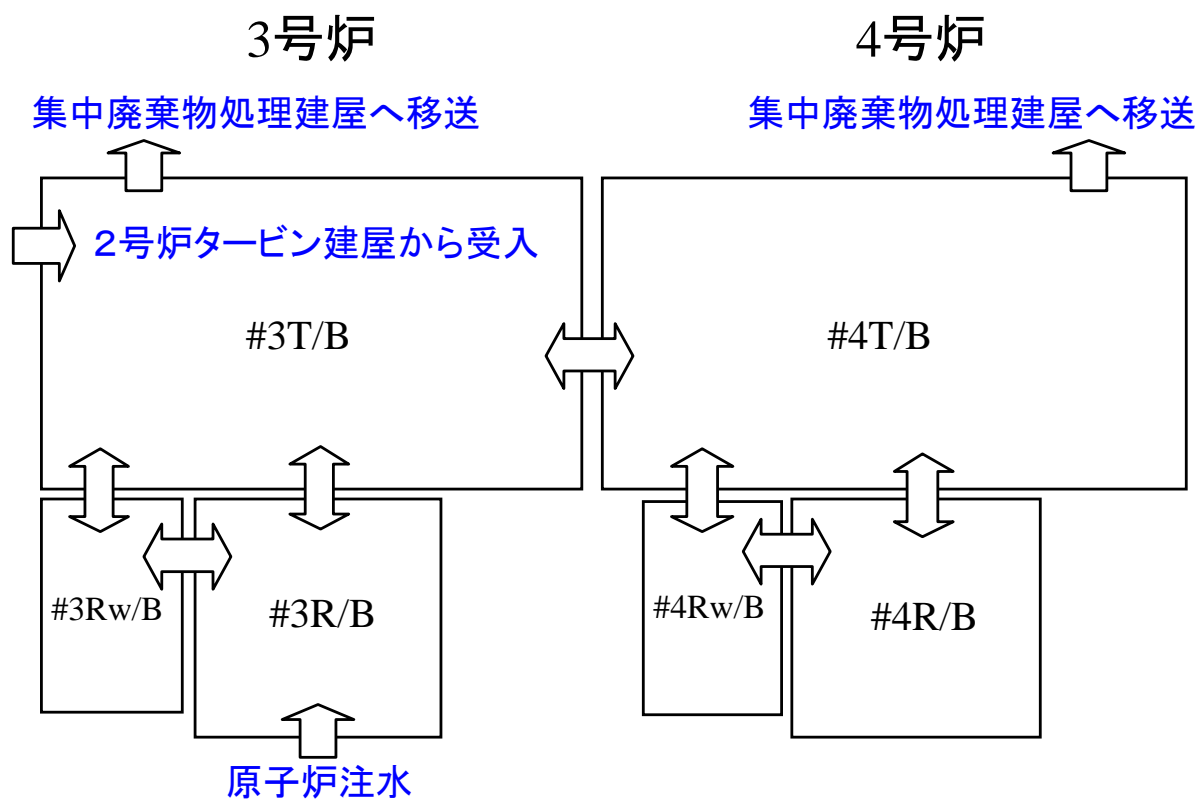


図6-2(1) 1/2号炉建屋間における滞留水の流れのイメージ



※ 水位は平成24年7月25日時点

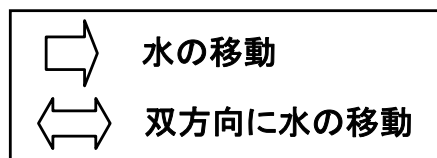
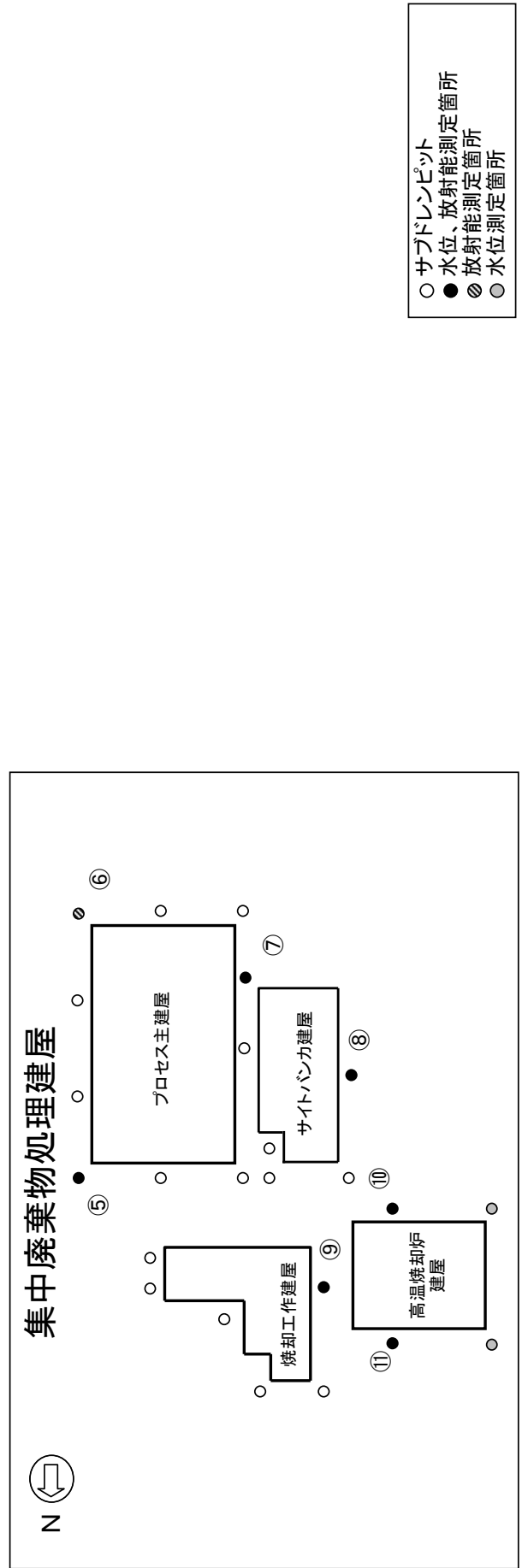
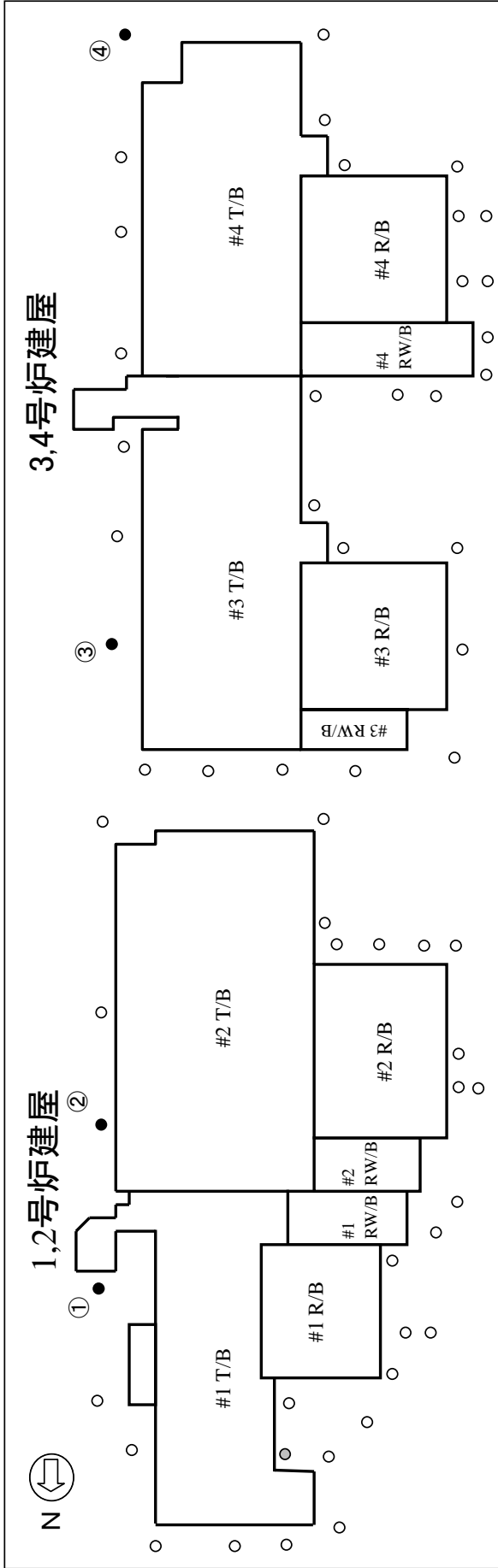


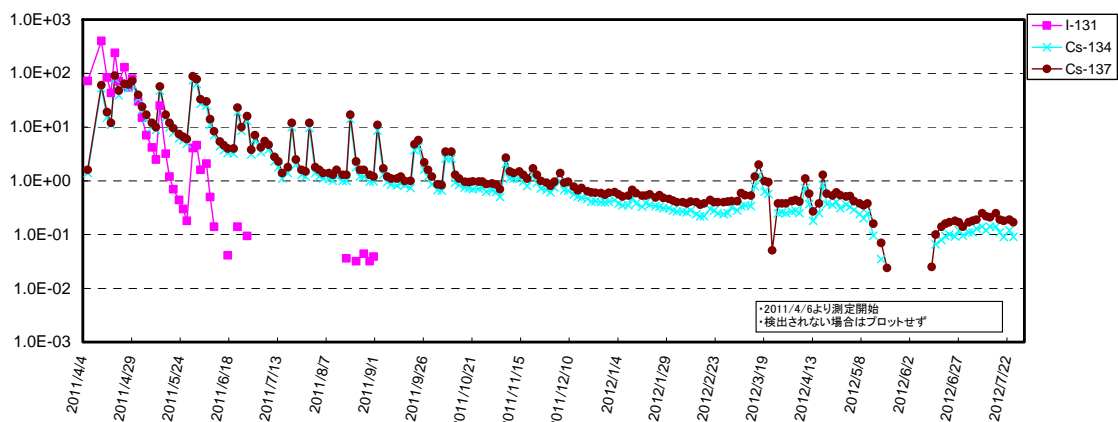
図6-2(2) 3/4号炉建屋間における滞留水の流れのイメージ



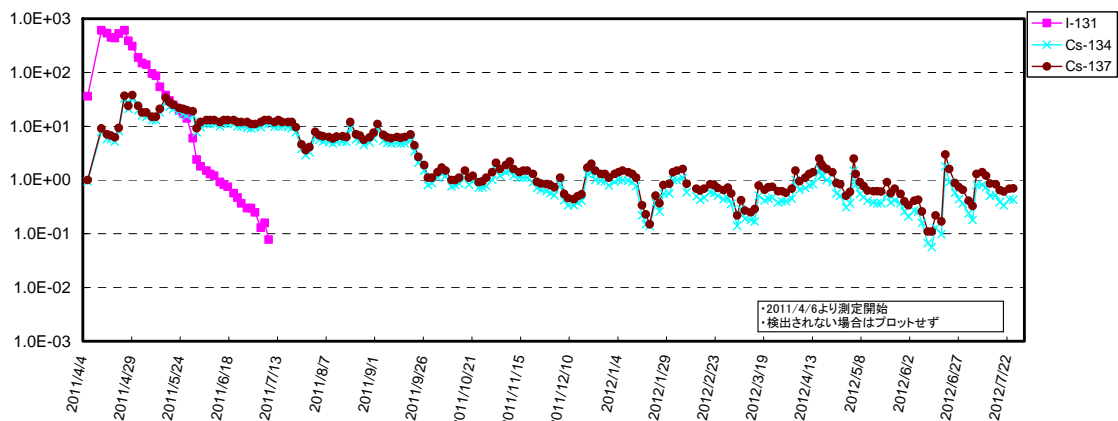
- サブドレンピット
- 水位、放射能測定箇所
- ⊗ 放射能測定箇所
- 水位測定箇所

図6-3 サブドレンピット概略配置図

①1号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



②2号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



③3号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

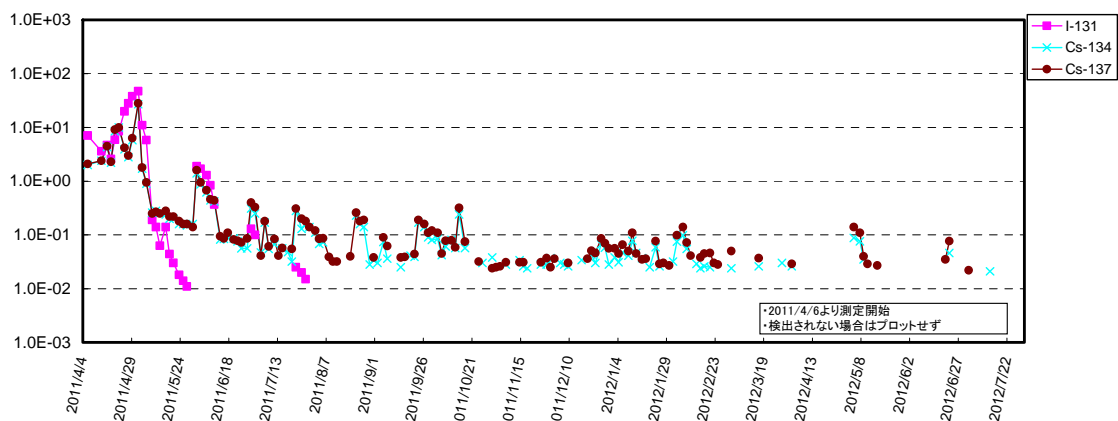
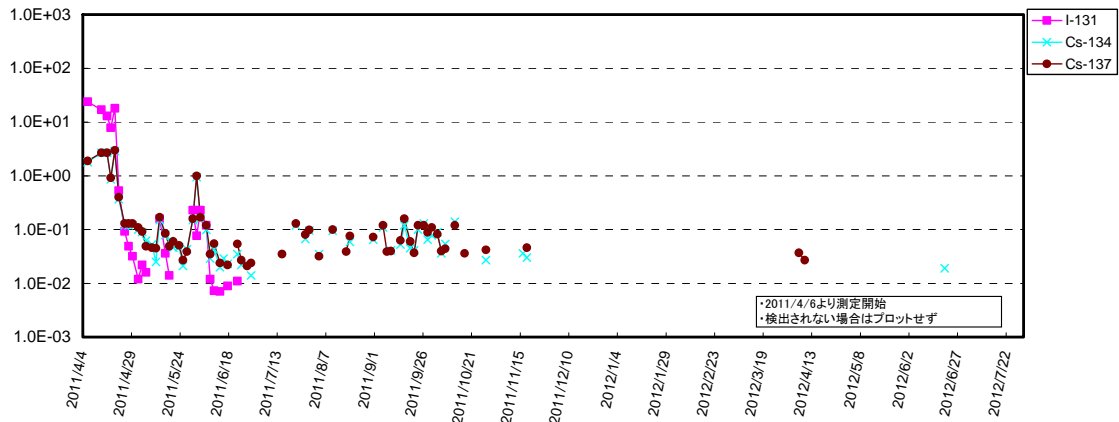
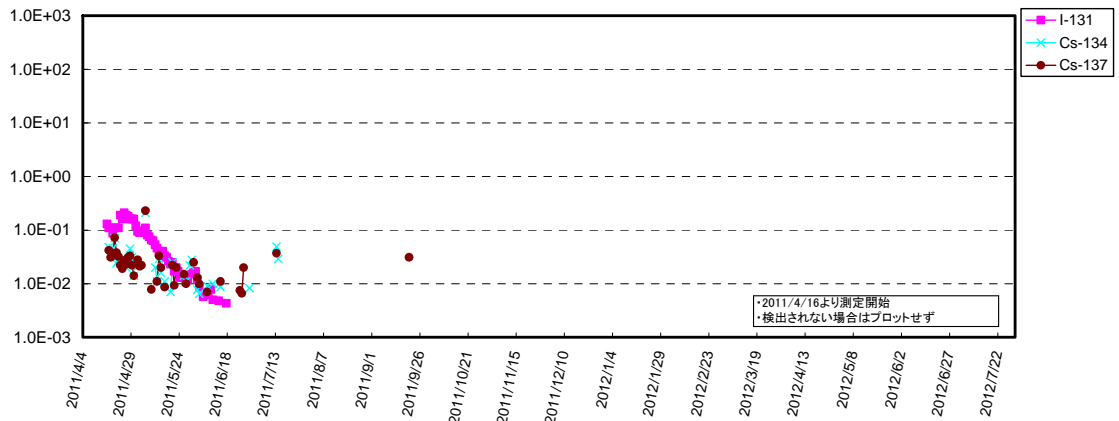


図 6-4(1)サブドレン水放射能濃度

④4号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑤プロセス主建屋北東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑥プロセス主建屋南東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

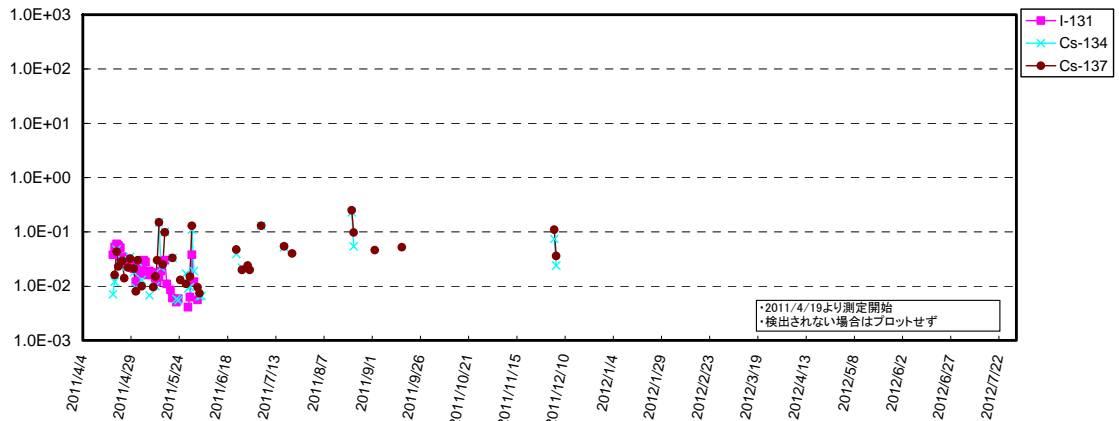
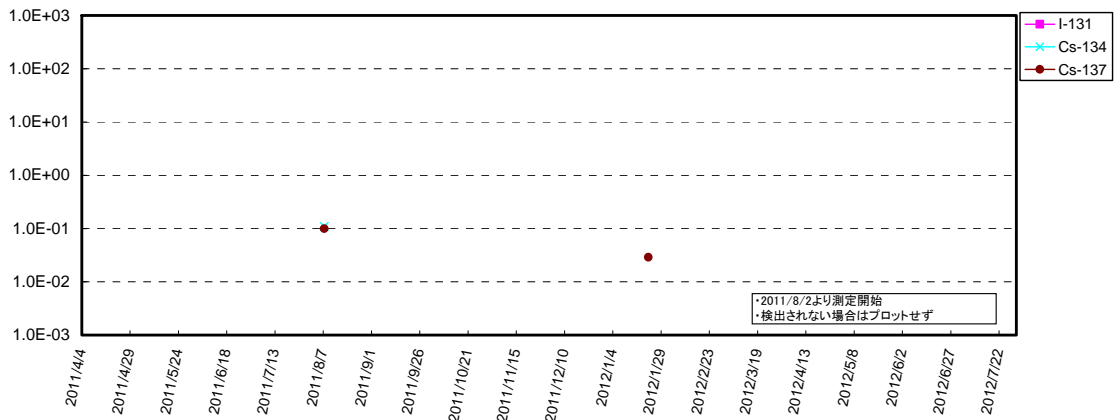
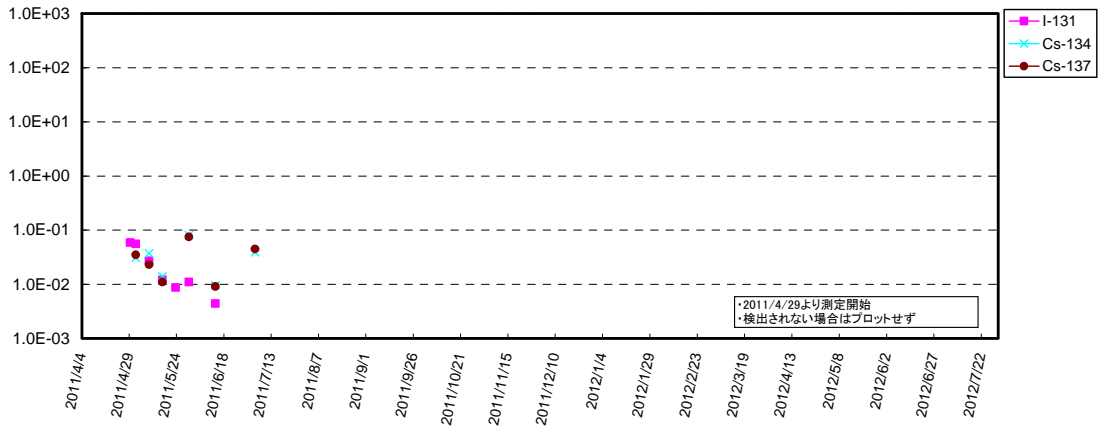


図 6-4(2)サブドレン水放射能濃度

⑦ サイトバンカ建屋南東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑧ サイトバンカ建屋南西サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑨ 焼却工作建屋 西側サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

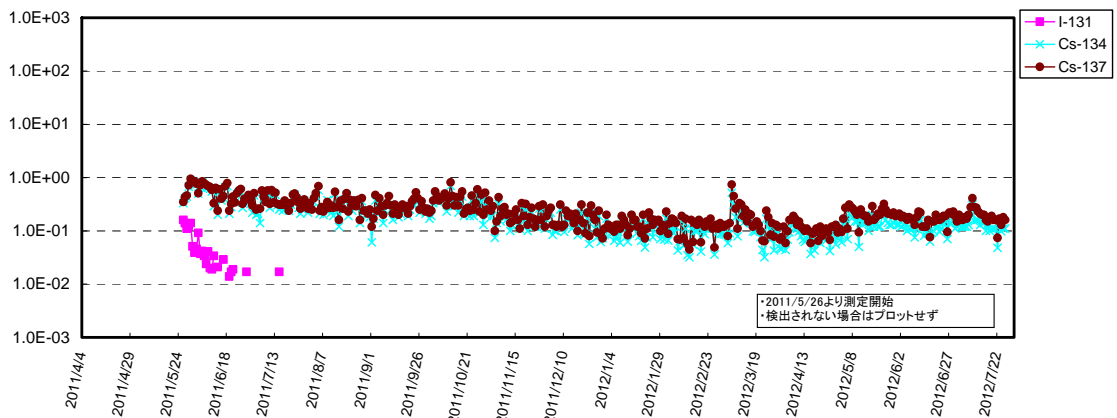
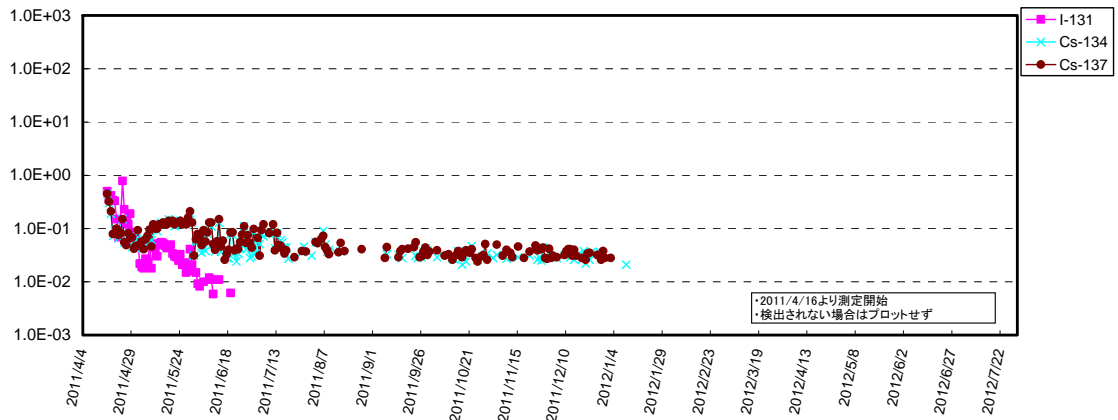


図 6-4(3) サブドレン水放射能濃度

⑩高温焼却炉建屋南サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑪高温焼却炉建屋北サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

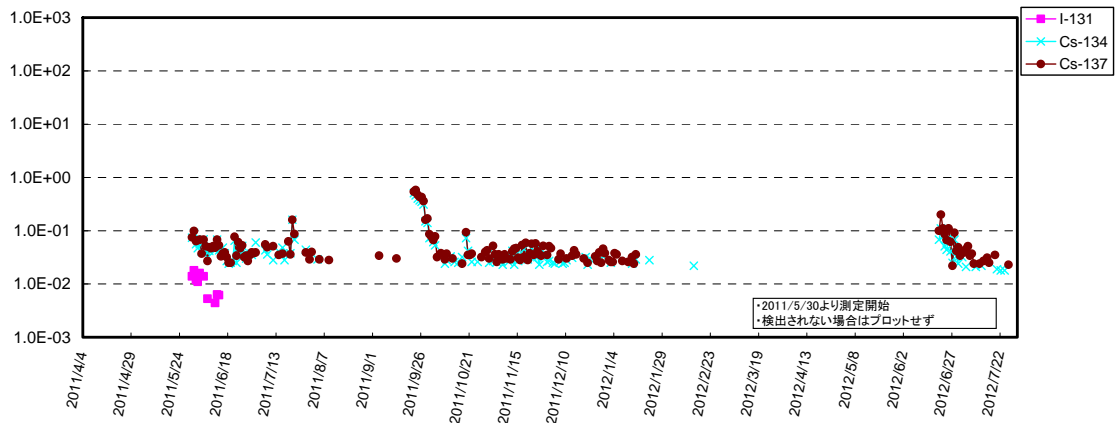


図 6-4(4)サブドレン水放射能濃度

表 6-1 今後の工事計画

		平成 24 年度			
		第一四半期	第二四半期	第三四半期	第四四半期
遮水壁設置					
		平成 26 年度中に完成する予定			
地下水バイパス					
		順次、稼働する予定			

地下水バイパスによる地下水流入量の低減

1. 概要

建屋周辺の地下水は、山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図っていく（図－1）。

地下水バイパスの設備は、建屋山側で地下水を汲み上げる揚水井及びポンプ、汲み上げた地下水を一時的に貯留して水質を確認するタンク、地下水を移送するための配管等からなる（図－2）。

2. 地下水バイパスによる地下水の建屋流入抑制効果

建屋周辺の地下水位は、浸透流解析により検討した結果、地下水バイパスの実施に伴い、現況より原子炉建屋山側で3 m程度（O.P. + 9 m→O.P. + 6 m）、タービン建屋海側で1 m程度（O.P. + 4 m→O.P. + 3 m）低下するものと想定され（図－3～5）、これにより、建屋内への地下水流入量は現況の半分程度に低減されるものと考えられる。

3. 滞留水の建屋外漏えい防止対策への影響

地下水バイパスの実施にあたっては、地下水低下状況及び水質等をモニタリングし、浸透流解析結果の検証を行いつつ、段階的に地下水位を低下させることで（図－6）、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。

モニタリングにあたっては、原子炉建屋山側のサブドレンを活用するとともに、原子炉建屋と揚水井の間に観測孔を新設する（図－7）。

なお、豪雨等の発生による直接的な雨水の流入及び地下水位上昇による地下水流入量の増加時には、地下水位と建屋内滞留水の水位を注意深く監視し、必要に応じて、集中廃棄物処理建屋への移送量を増加すること等により、建屋内滞留水の水位上昇を抑制する。

4. 地下水の汲み上げによる地盤沈下

地下水バイパスの実施に伴い地下水を汲み上げるが、O.P. +10m盤の原子炉建屋、タービン建屋、運用補助共用施設（共用プール）などの建屋については、直接岩盤に支持されていることから沈下の恐れはないと考えられる。また、建屋周辺の地下水位は、東北地方太平洋沖地震前にはサブドレンが稼働し十分に低下していたことから、地下水バイパスの実施に伴い現況から地下水位が低下しても、建屋周辺の地盤沈下の恐れはないと考えられる。

O.P. +35m盤のタンクエリア等の一部については、地下水位が若干低下するが、そ

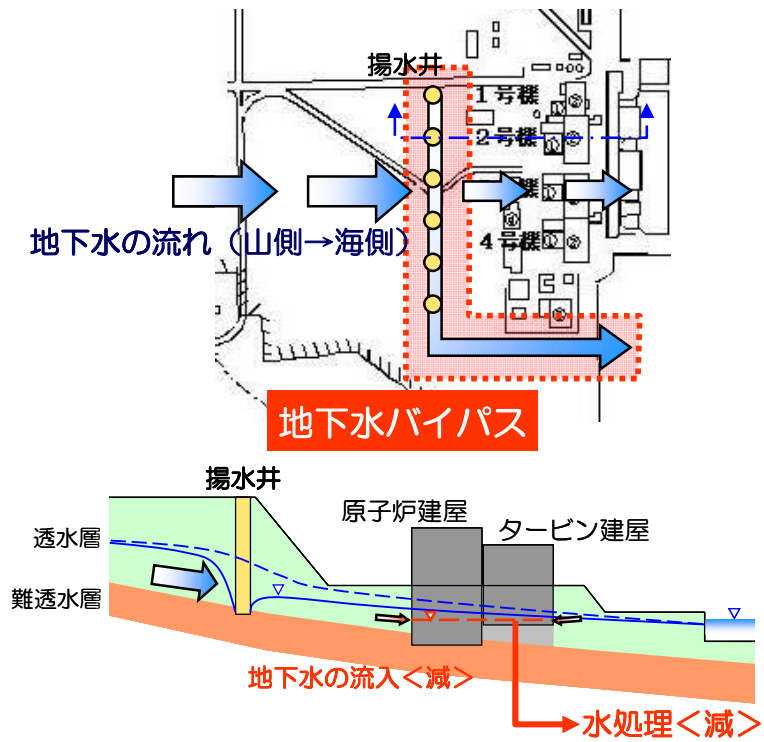
の量は2 m程度以下と少なく、また、揚水する地下水は不圧地下水であり、現況の地下水位よりも下の地層は地質年代が古く（新第三紀）、十分圧密されていることから、地下水位の低下に伴う沈下の恐れはないと考えられる。

5. 汲み上げた地下水の管理

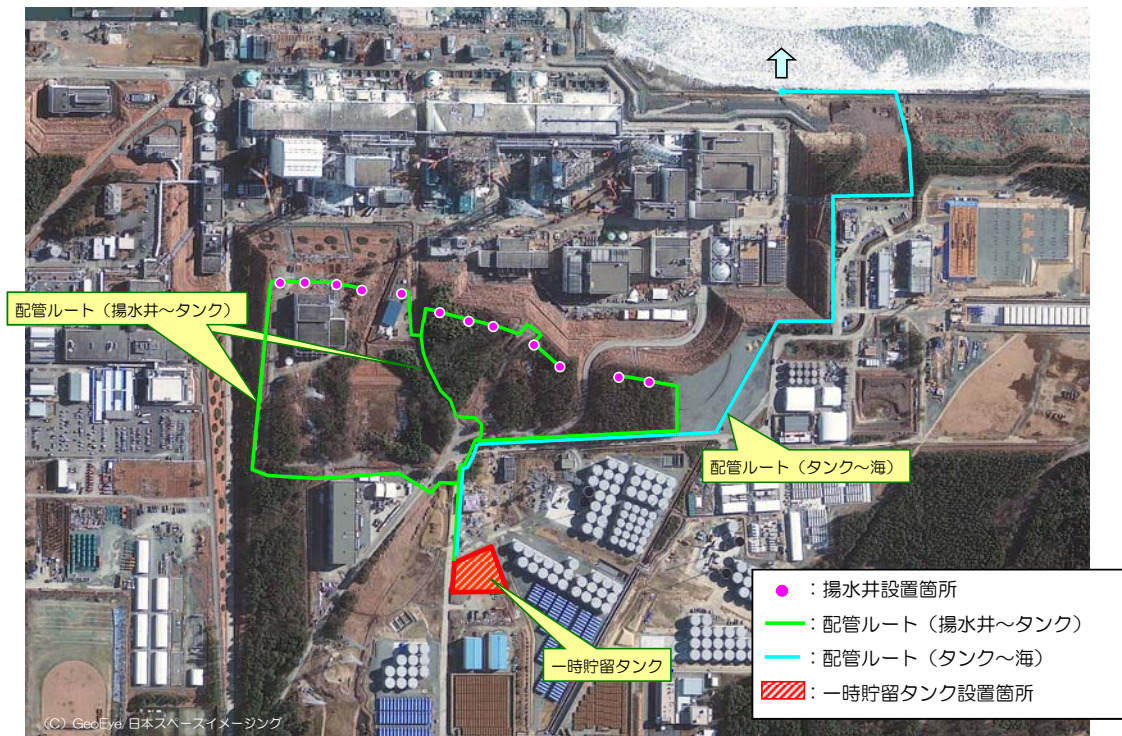
地下水バイパスの実施に伴い汲み上げた地下水は、念のため放射性物質を有意に含んでいないことを確認するが、東北地方太平洋沖地震前における放射線管理区域内からの排水と同じ管理を行い、免震重要棟等から生じる生活排水と同様に一般排水として扱う。発電所敷地内の観測井における地下水の水質（放射性物質濃度）は、発電所周辺の河川で検出された濃度より低く、告示濃度の数百分の1程度である。

汲み上げた地下水を汚染させない管理については、以下のとおりである。

- 水質確認のための一時貯留タンク（新設）とバイパス用の専用配管を通して移送する。
- 一時貯留タンクエリア周辺の空気は、事故発災後の測定において、管理区域設定基準を超えておらず、現在は基準値の2桁程度低い濃度で安定に推移しているが、万一の空气中放射性物質混入を防止する対策として、一時貯留タンクの吸気管口を汚染のおそれのない管理対象区域に設ける。
- 放水前には一時貯留タンクから採水し、水質を確認する。
- 水質確認の結果、放射性物質の有意な混入が確認された場合には、稼働を停止し、一時貯留タンク内の地下水を浄化処理する。



図一1 地下水バイパス（イメージ）



図一2 地下水バイパスの設備

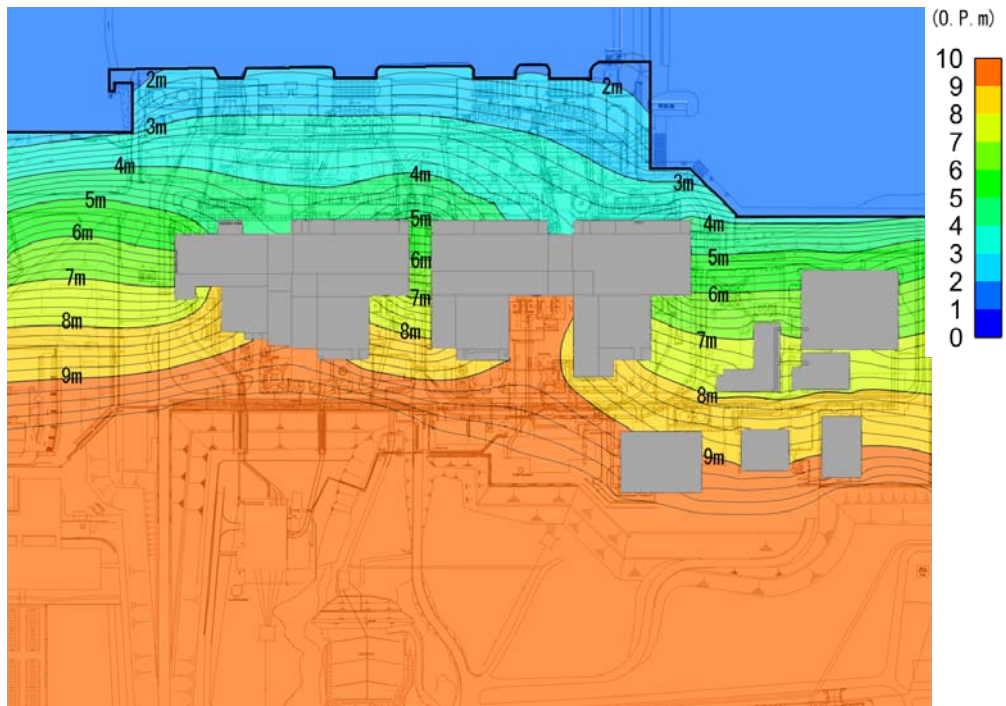


図-3 建屋周りの地下水位（現況）

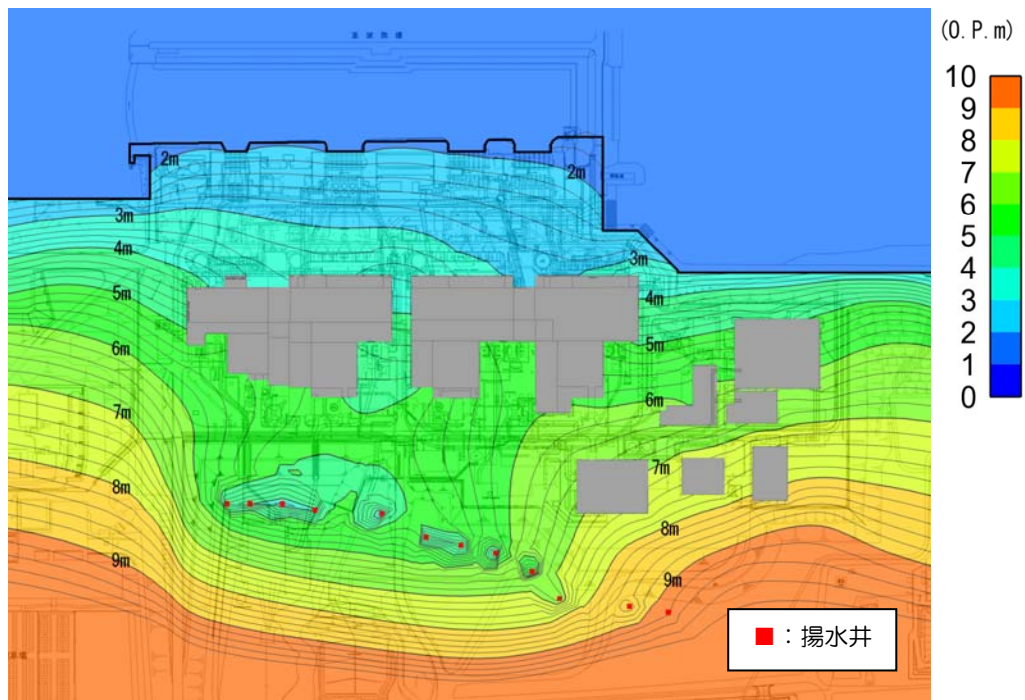


図-4 建屋周りの地下水位（地下水バイパス実施後）

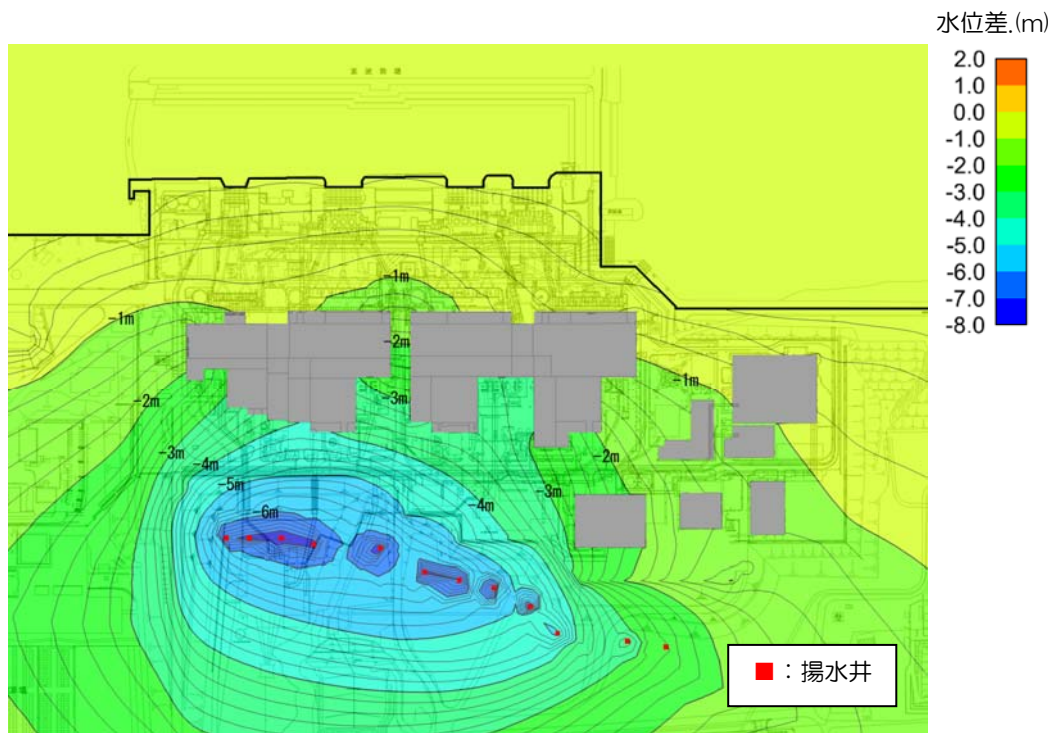


図-5 建屋周りの地下水位の低下量（現況と地下水バイパス実施後の差分）

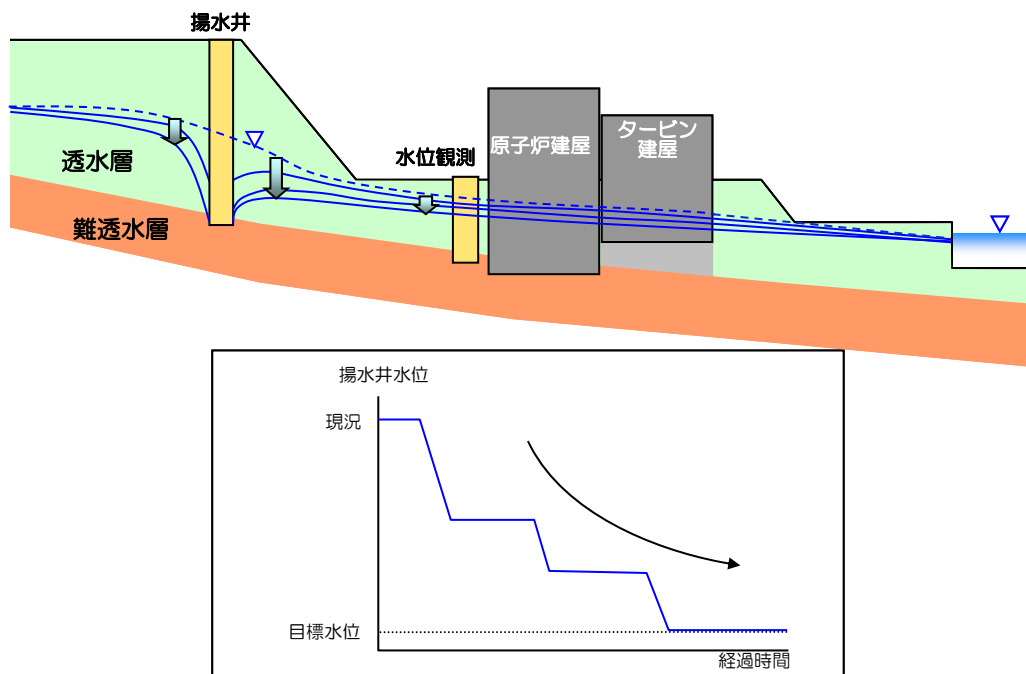
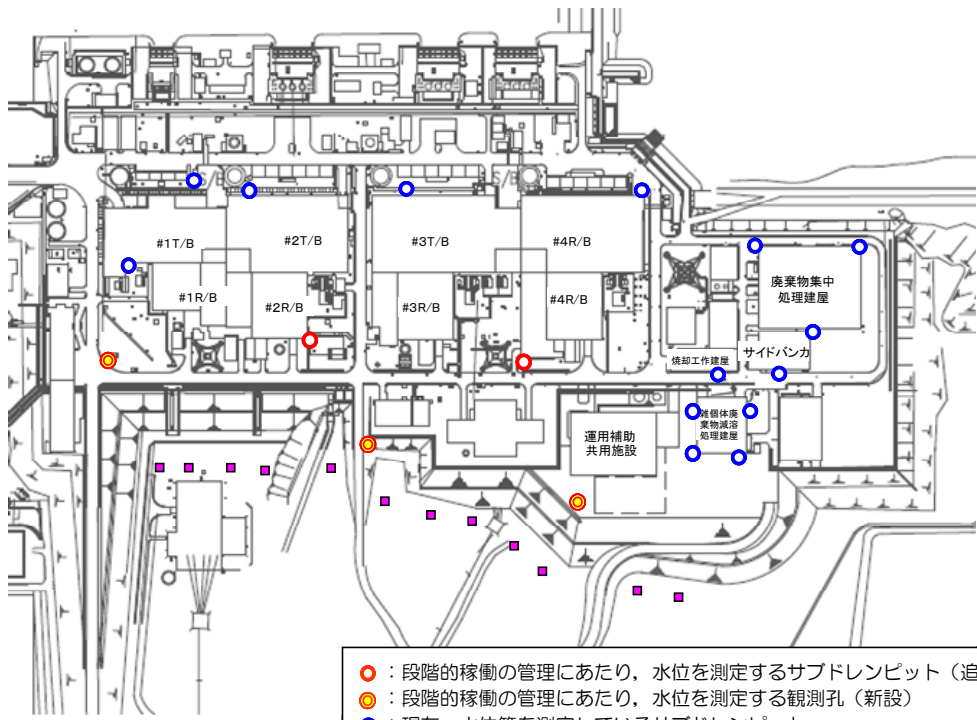


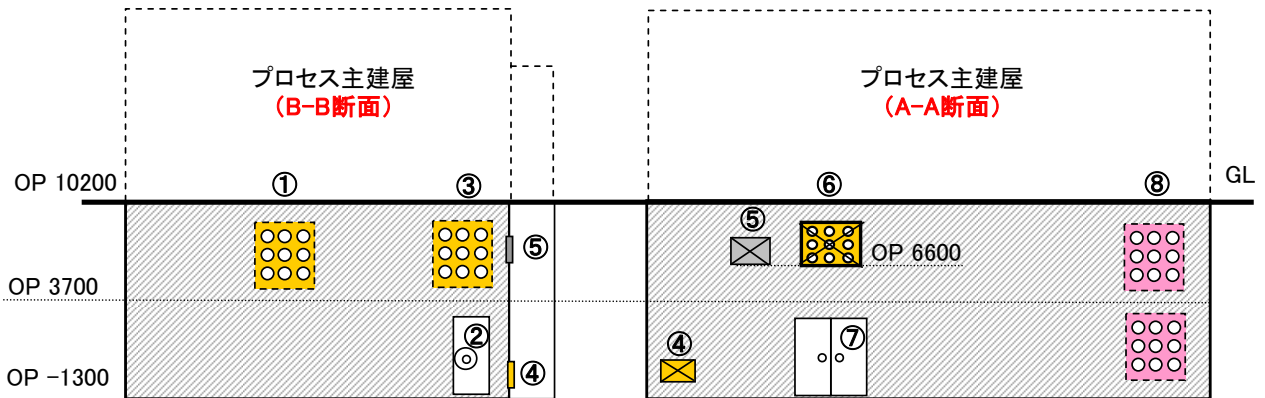
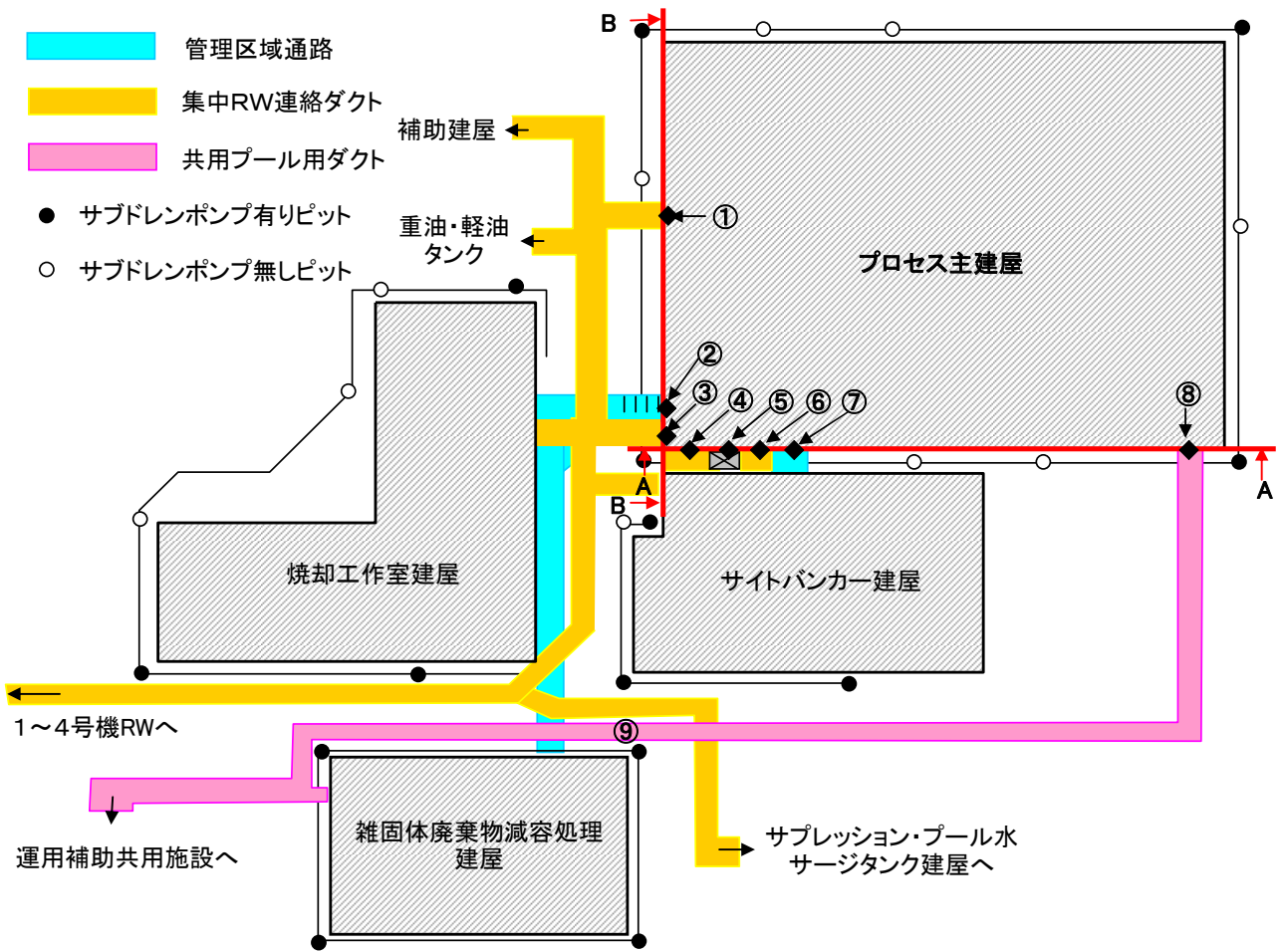
図-6 段階的な地下水位低下のイメージ



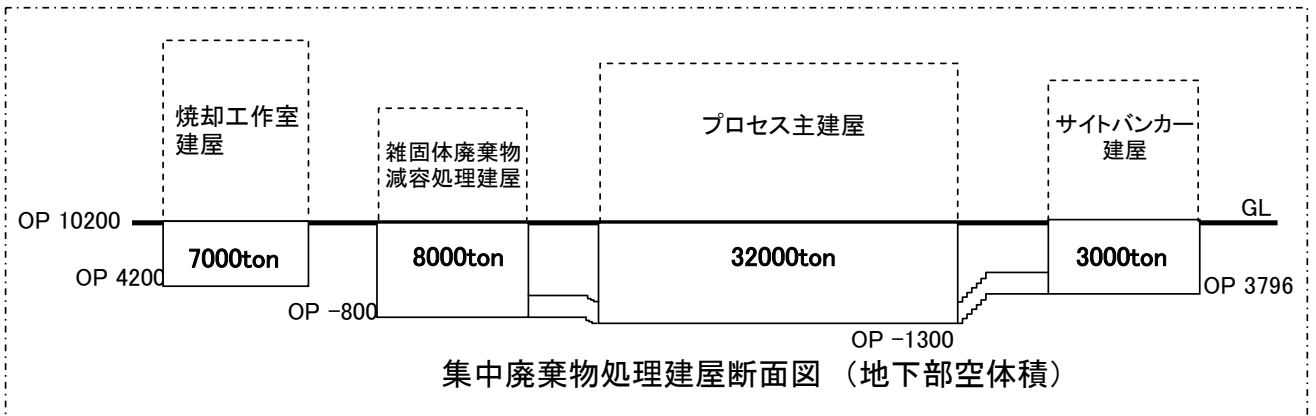
- : 段階的稼働の管理にあたり、水位を測定するサブドレンピット (追加)
- : 段階的稼働の管理にあたり、水位を測定する観測孔 (新設)
- : 現在、水位等を測定しているサブドレンピット
- : 揚水井

※現地の線量低減対策や復旧作業の状況に応じて、変更となる可能性あり

図ー7 モニタリング計画

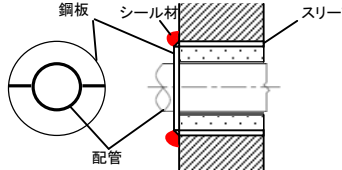
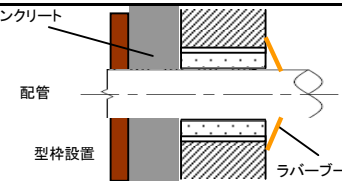
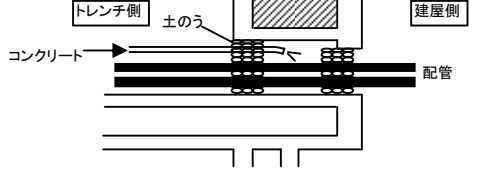
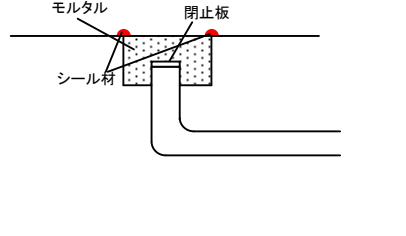
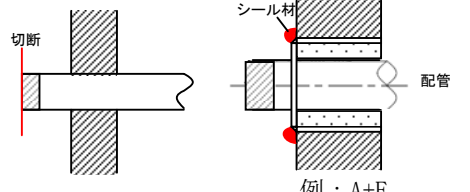
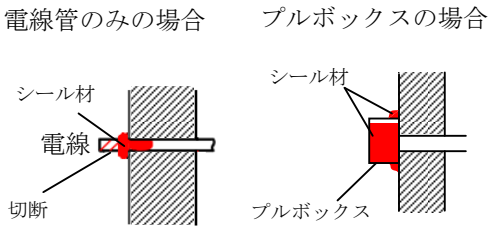
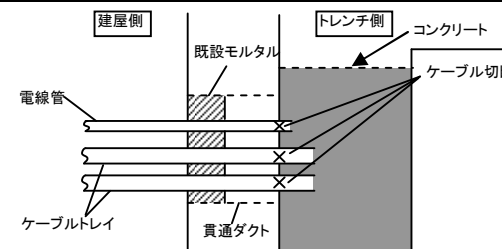


プロセス主建屋位置関係図



集中廃棄物処理建屋断面図 (地下部空体積)

貫通部止水工事 施工方法について

設備	処置方法	概要図	記号
配管	鋼板を配管・スリーブと溶接または補修材にて固定し、コンクリートとスリーブの接合部表面にシーリング材を塗布する。		A
	型枠を設置してコンクリートを充填する。		B
	開口部の両端に土のうを積み開口内部にコンクリートを充填する。		C
	ファンネル流入口に閉止板を設置し、モルタルをファンネル内に充填した後、床面と充填したモルタルの境界表面にシーリング材を塗布する。		D
	配管を切断し、閉止板を溶接にて取り付けることにより閉塞する。	 <p style="text-align: right;">例：A+E</p>	E
電線管	電線管切断後、シーリング材を充填する。	<p>電線管のみの場合 プルボックスの場合</p> 	F
	トレンチ側の電線を切断し、コンクリートで充填する。		G

設備	処置方法	概要図	記号
ダクト	ダクトを切断し、プレートを取り付けて閉止した後、溶接箇所にはシール材を塗布する。		H1
	ダクトに閉止板を設置し、型枠との隙間にコンクリートを充填する。		H2
煙道	煙道出口に閉止板を設置した後、コンクリートを充填して閉塞する。		I
扉	型枠を設置した後、コンクリートを充填することで閉塞する。		J
トレンチ	地上との貫通部よりコンクリートを充填する。		K
予備スリーブ	予備スリーブの加工箇所の壁面、モルタル充填部表面にシール材を塗布		L

プロセス主建屋の健全性 ひび割れの漏えい対策

1. はじめに

プロセス主建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から、ひび割れ点検を行うとともに、ひび割れ箇所の補修を行った。

2. 現場確認方法

プロセス主建屋のひび割れ点検は、日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

3. 点検結果及び評価

点検では、新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが、縦方向のひび割れであることから、経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

その他のひび割れについても、ひび割れ部分にはエフロッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから、通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また、プロセス主建屋は、不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること、地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから、止水性は確保されているものと考えられるが、地下外壁のひび割れ部の補修を行い、水密性を高めるものとする。

4. ひび割れ補修

(1) 補修範囲

ひび割れの補修は、プロセス主建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか、目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。プロセス主建屋のひび割れの補修本数を表-1に示す。

表-1 ひび割れ補修本数

	部 位	実施本数 (0.3mm 以上のひび割れ)
プロセス主建屋	地下1階	59
	地下2階	249

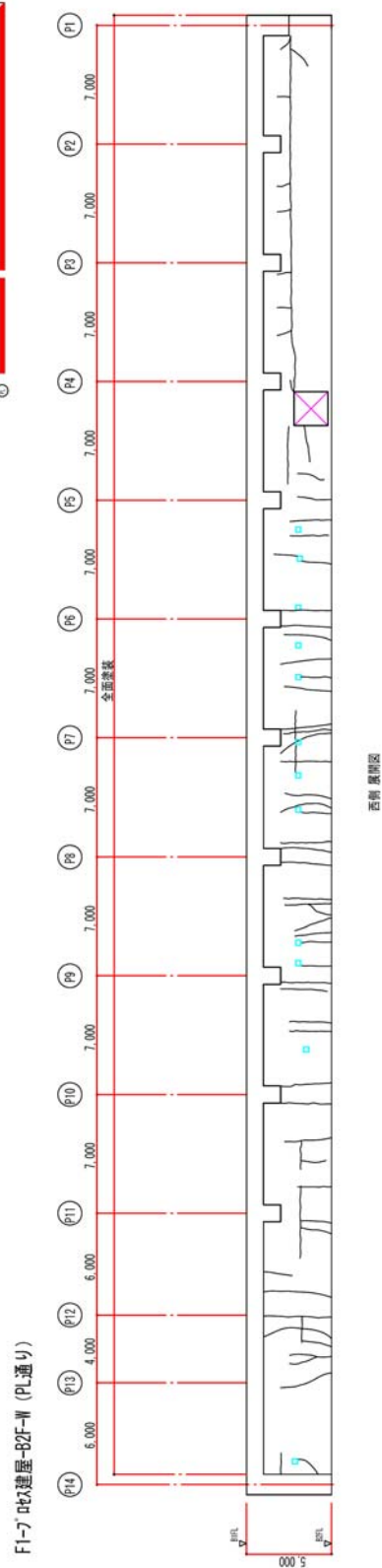
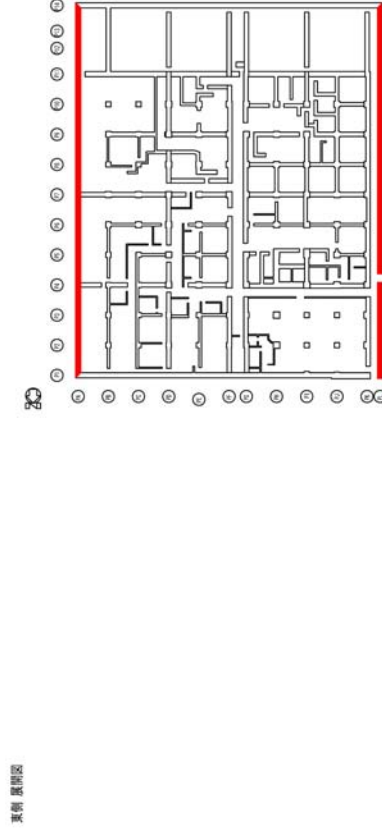
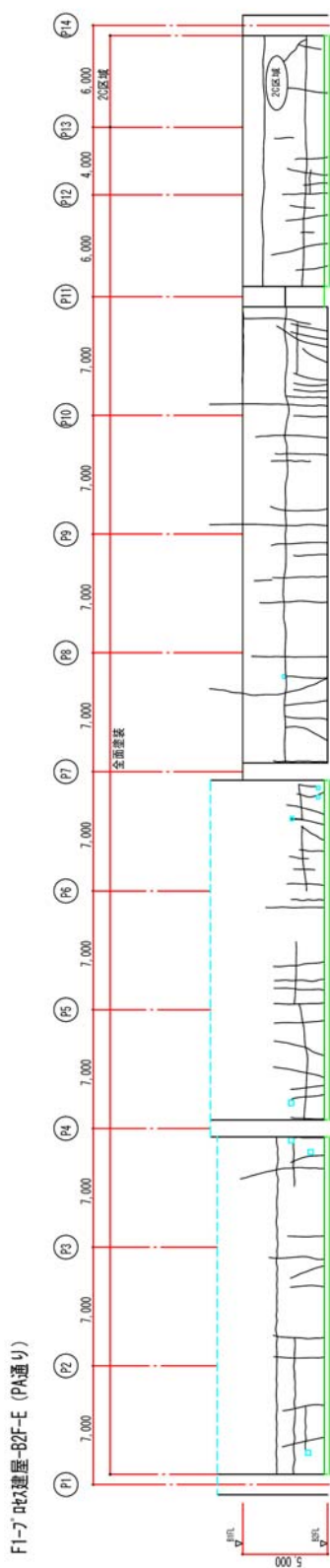
(2) 補修方法

- ・ 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- ・ 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

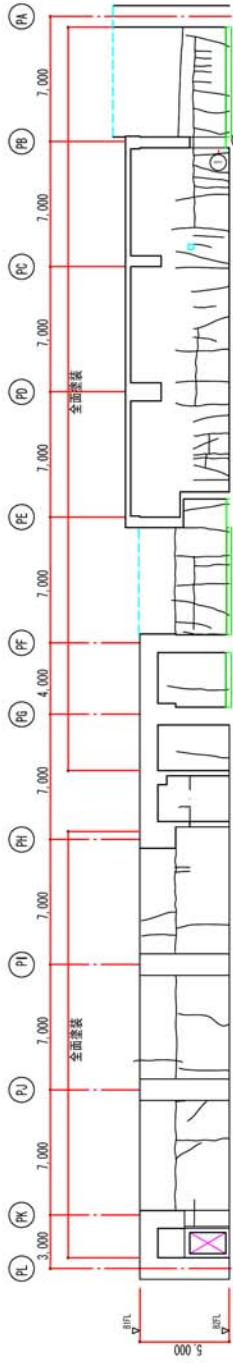
5. まとめ

対象となるひび割れについて全て補修を実施し、当社は適切に補修されたことを確認した。

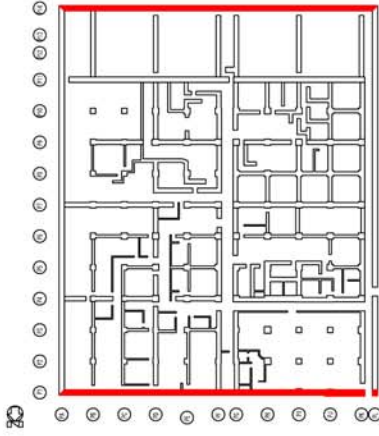
6. ひび割れ調査図（壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録）



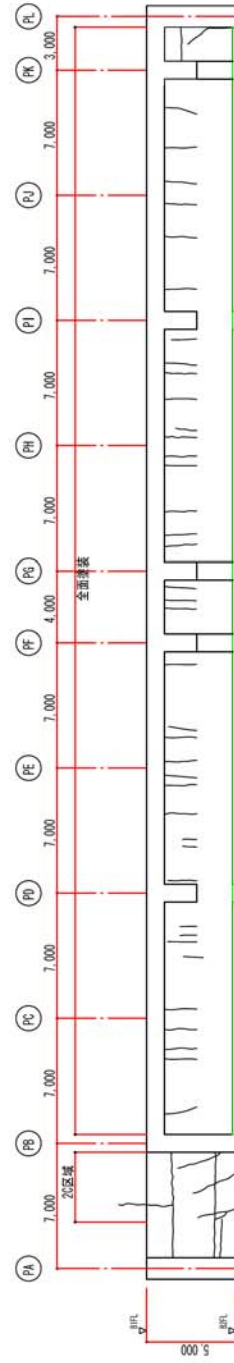
F1-701棟建屋-B2F-N (P14通り)



北側 展開図

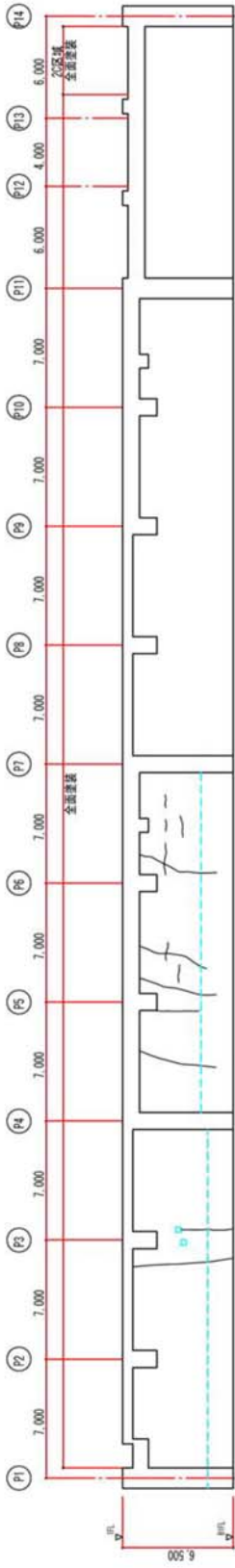


F1-701棟建屋-B2F-S (P14通り)

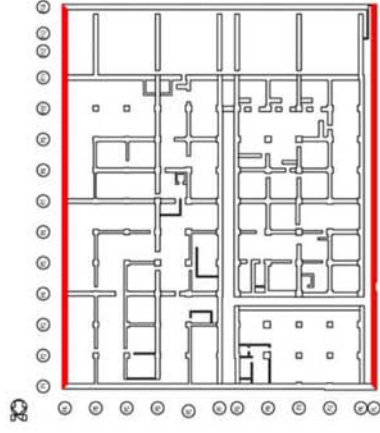


南側 展開図

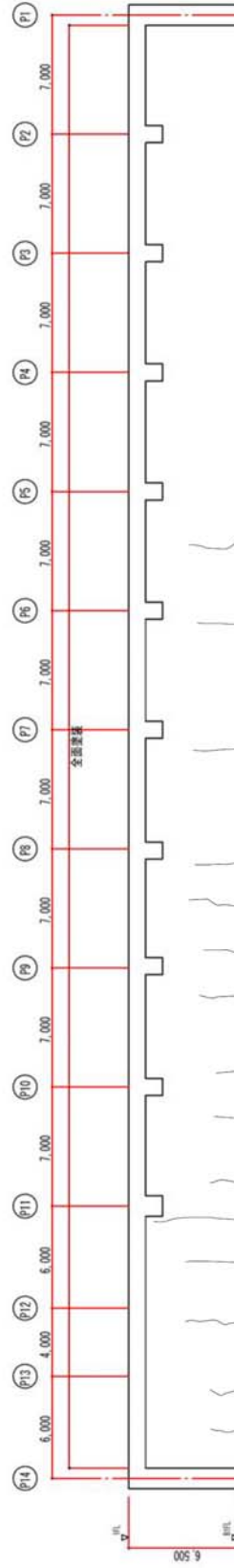
F1-7 北建屋-B1F-E (PA通り)



東側 断面図

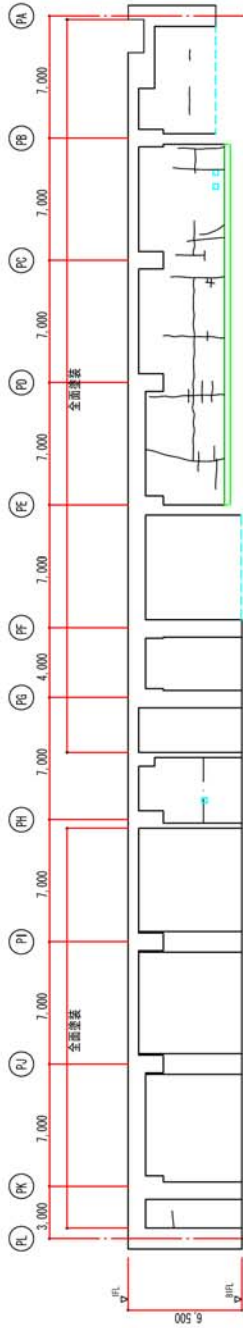


F1-7 北建屋-B1F-W (PL通り)

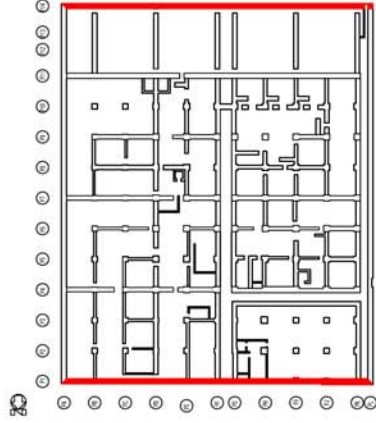


西側 断面図

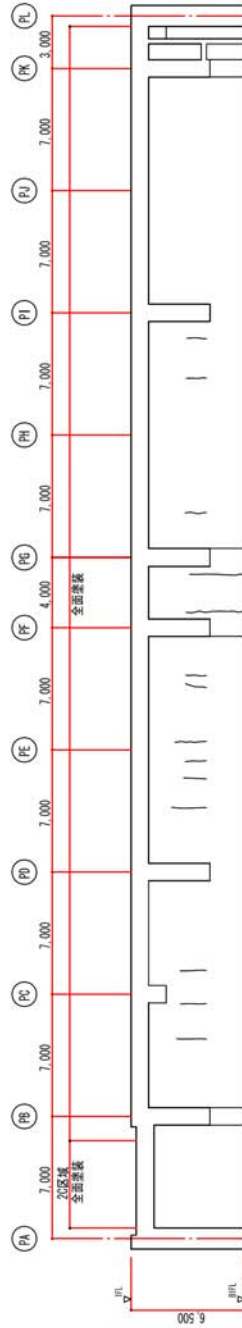
F1-7 地区建屋-B1F-N (P14通り)



北側 展開図

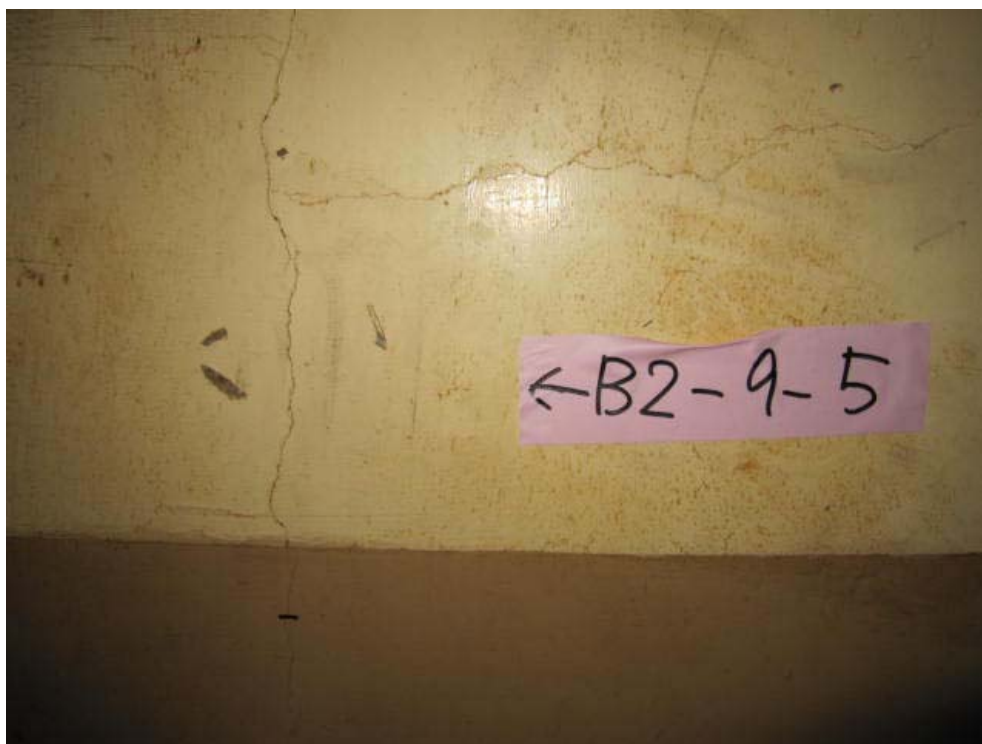


F1-7 地区建屋-B1F-S (P14通り)



南側 展開図

7. 幅 0.3mm 以上のひび割れ補修状況

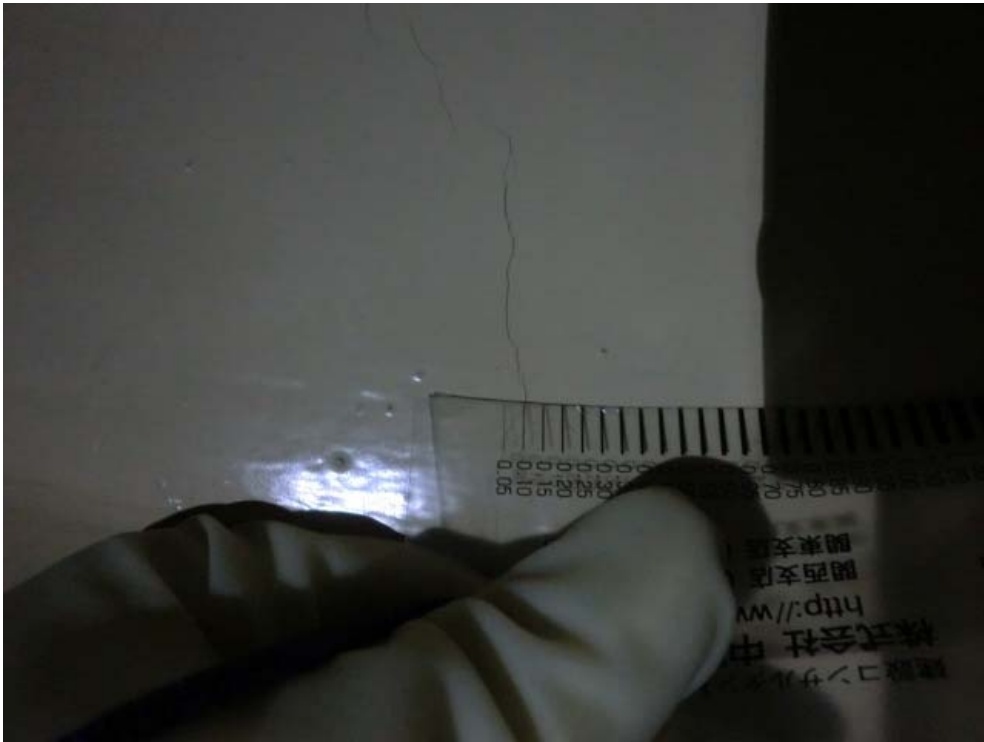


補修前



補修後

8. 幅 0.3mm 未満のひび割れ補修状況



補修前



補修後

プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

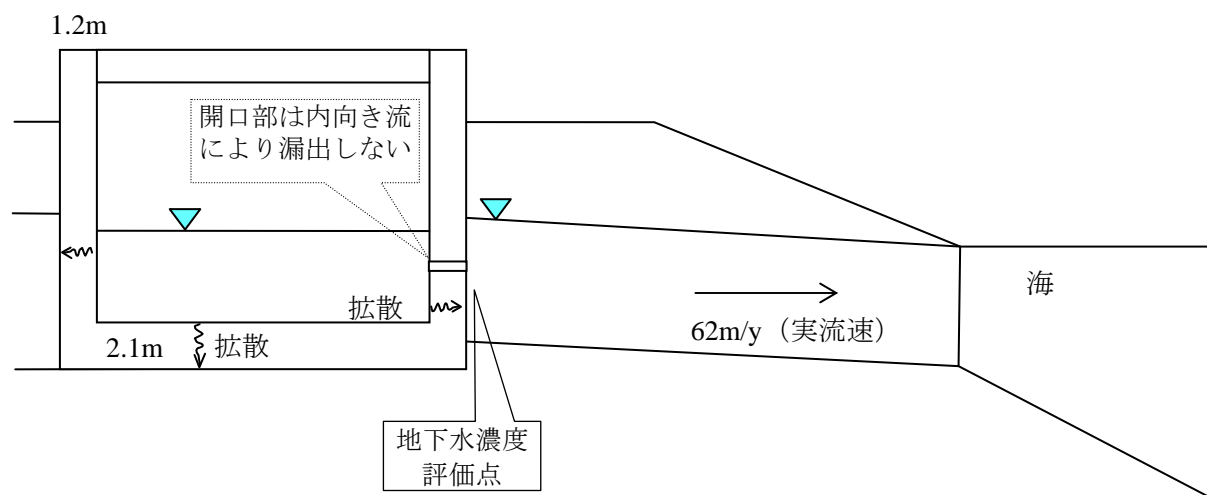
1. 建屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

2. 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1mm 程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水位差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図－1 に示す。



図－1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図－1 の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流が生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \left. \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \right|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} Cc(0,t) &= Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \\ Cc(L,t) &= 0 \\ Cc(z,0) &= 0 \\ Cc(0,t) &= 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

- R : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- Cw : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m³)
- Cw0 : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/s)
- Cc(z,t) : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m³)
- λ : 崩壊定数 (1/s)
- L : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- Rfc : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) = $1 + \frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- εc : コンクリートの間隙率 (-)
- ρc : コンクリートの粒子密度 (kg/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/kg)
- Tc : 廃液貯蔵終了時間 (s)

3. 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表-1に示す。

表-1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m ³)	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号炉タービン建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m ²)	底面積 : 5834.24 側面積: 1751.04	底面積 : 84.8W×68.8L 側面積 : 84.8W, 68.8L, 5.7H の4側面
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m ² /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m ³)	2700	単位体積重量 2.15 t/m ³ と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)
コンクリートの分配係数 (m ³ /kg)	I : 0 Cs : 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。

パラメータ	設定値	備考
開口部面積 (m ²)	実質 0	逆向き流れになるので、拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62 m/y(2E-5m/s×0.04/ 0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4. 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図-2及び図-3に示す。継続期間を3ヶ月～10年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では、100年以内に建屋を解体撤去することにより、建屋外への移行は、環境試料の放射能濃度分析におけるCs-137の検出限界である $8 \times 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$ を下回る値となる。

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

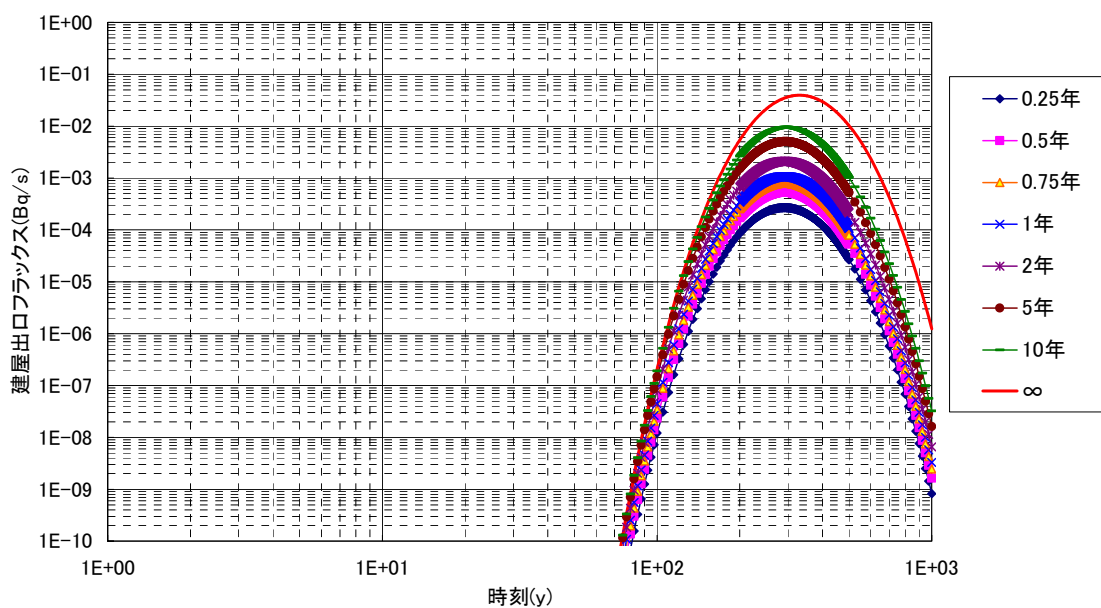


図-2 建屋からの流出フラックス
(プロセス主建屋 側壁 1.2m)

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

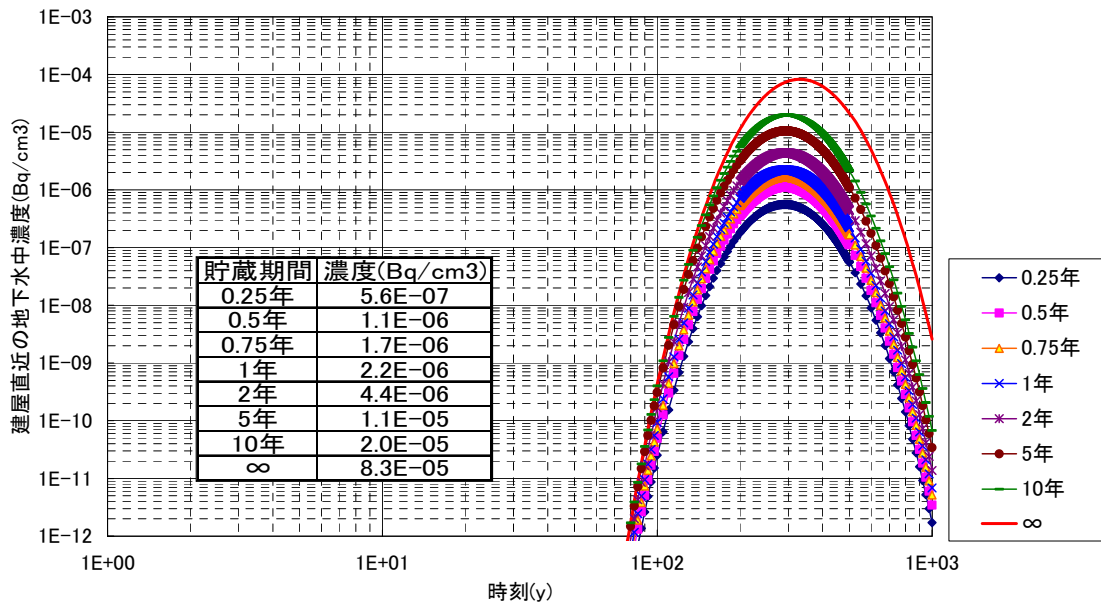
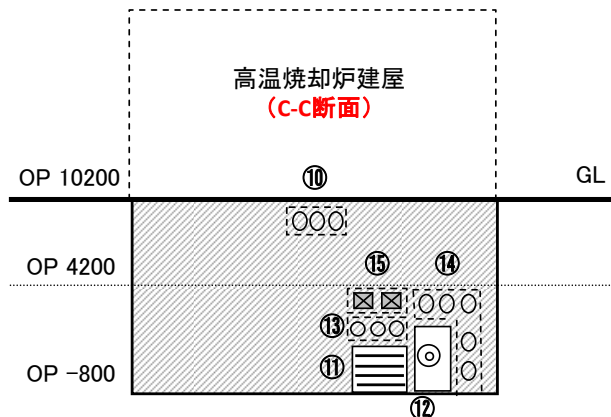
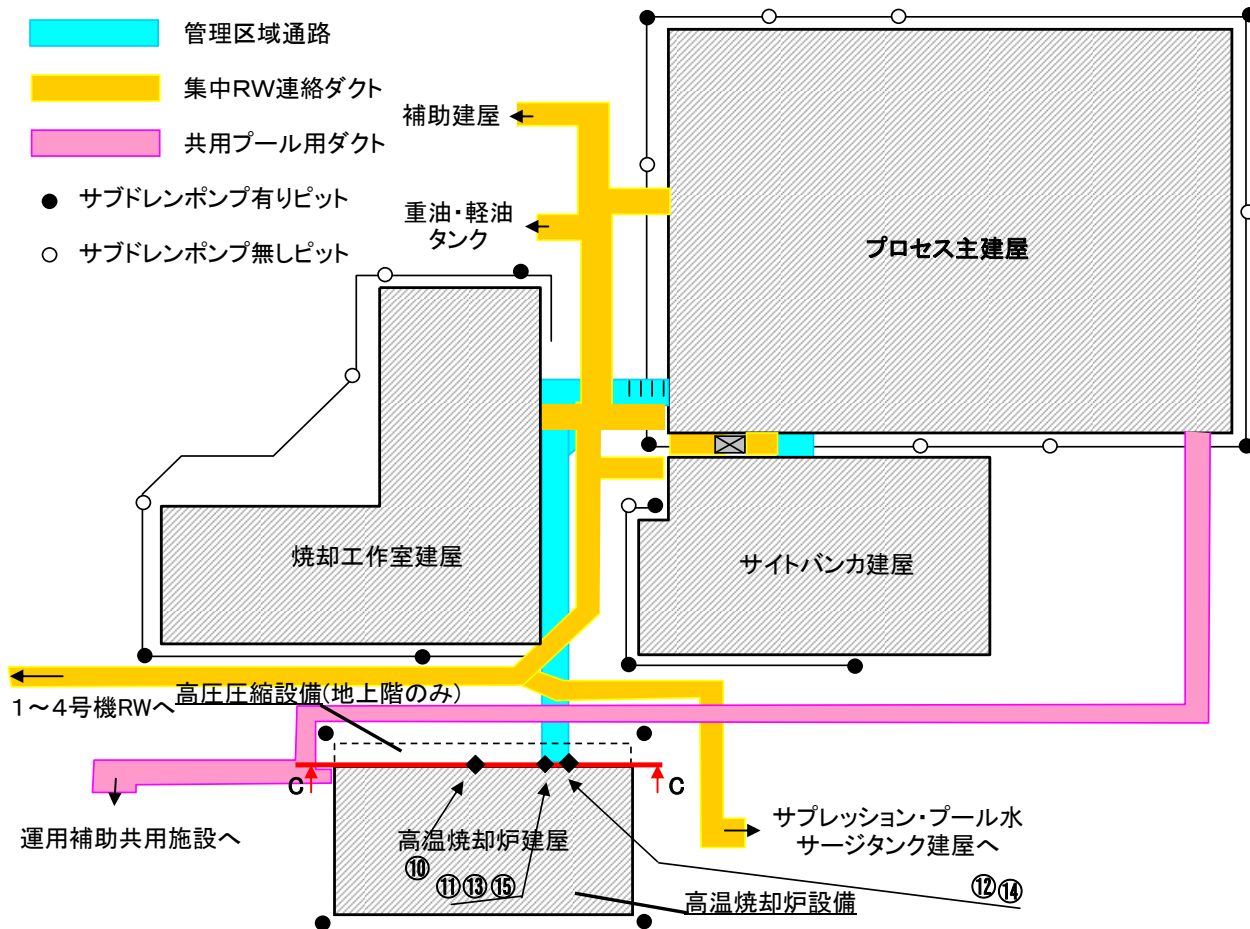
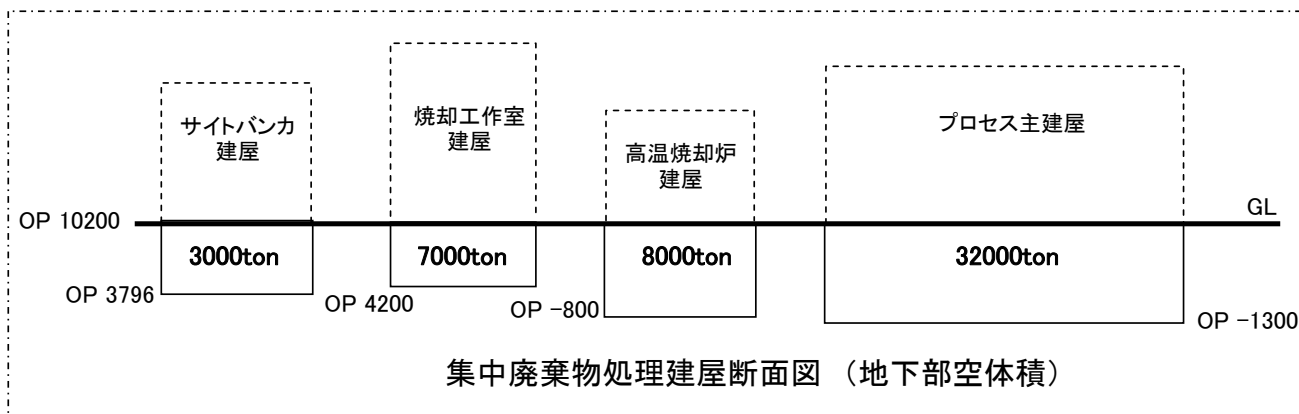


図-3 建屋直近の放射性物質の濃度
(プロセス主建屋 側壁 1.2m)

高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置

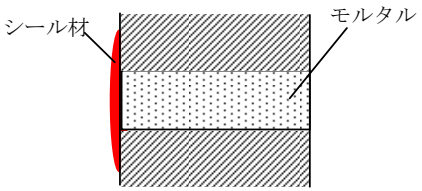
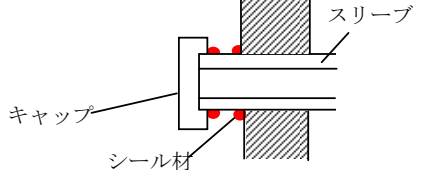


高温焼却炉建屋位置関係図



貫通部止水工事 施工方法について

設備	処置方法	概要図	記号
配管	<p>コンクリートと鋼板、配管と鋼板の各接合部表面にシール材を塗布する。</p>		A
	欠番		B
	欠番		C
	欠番		D
	<p>配管を切断又は開放し、閉止板等を固定することにより閉塞する。</p>		E
電線管	<p>電線管切断後、シール材を充填する。</p>		F
	<p>建屋側の電線を切断し、コンクリートで充填する。</p>		G
ダクト	欠番		H1
	<p>ダクトに閉止板を設置し、型枠との隙間にコンクリートを充填する。</p>		H2
煙道	欠番		I
扉／シャッター一部	<p>型枠を設置した後、コンクリートを充填することで閉塞する。</p>		J
トレンチ	欠番		K

設備	処置方法	概要図	記号
予備スリーブ	予備スリーブの加工箇所の壁面、モルタル充填部表面にシール材を塗布		L1
	ねじ込み式キャップの接合部と、コンクリートとスリーブの接合部表面にシール材を塗布する。		L2

高温焼却炉建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策

1. はじめに

高温焼却炉建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から、ひび割れ点検を行うとともに、ひび割れ箇所の補修を行った。

2. 現場確認方法

高温焼却炉建屋のひび割れ点検は、地下外壁を対象とし、日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

3. 点検結果及び評価

点検では、新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが、縦方向のひび割れであることから、経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

また、その他のひび割れについても、ひび割れ部分にはエフロレッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから、通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また、高温焼却炉建屋は、不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること、地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから、止水性は確保されているものと考えられるが、地下外壁のひび割れ部の補修を行い、水密性を高めるものとする。

4. ひび割れ補修

(1) 補修範囲

ひび割れの補修は、高温焼却炉建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか、目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。高温焼却炉建屋のひび割れの補修本数を表-1に示す。

表-1 ひび割れ補修本数

	部 位	実施本数 (0.3mm以上のひび割れ)
高温焼却炉建屋	地下1階	42
	地下2階	48

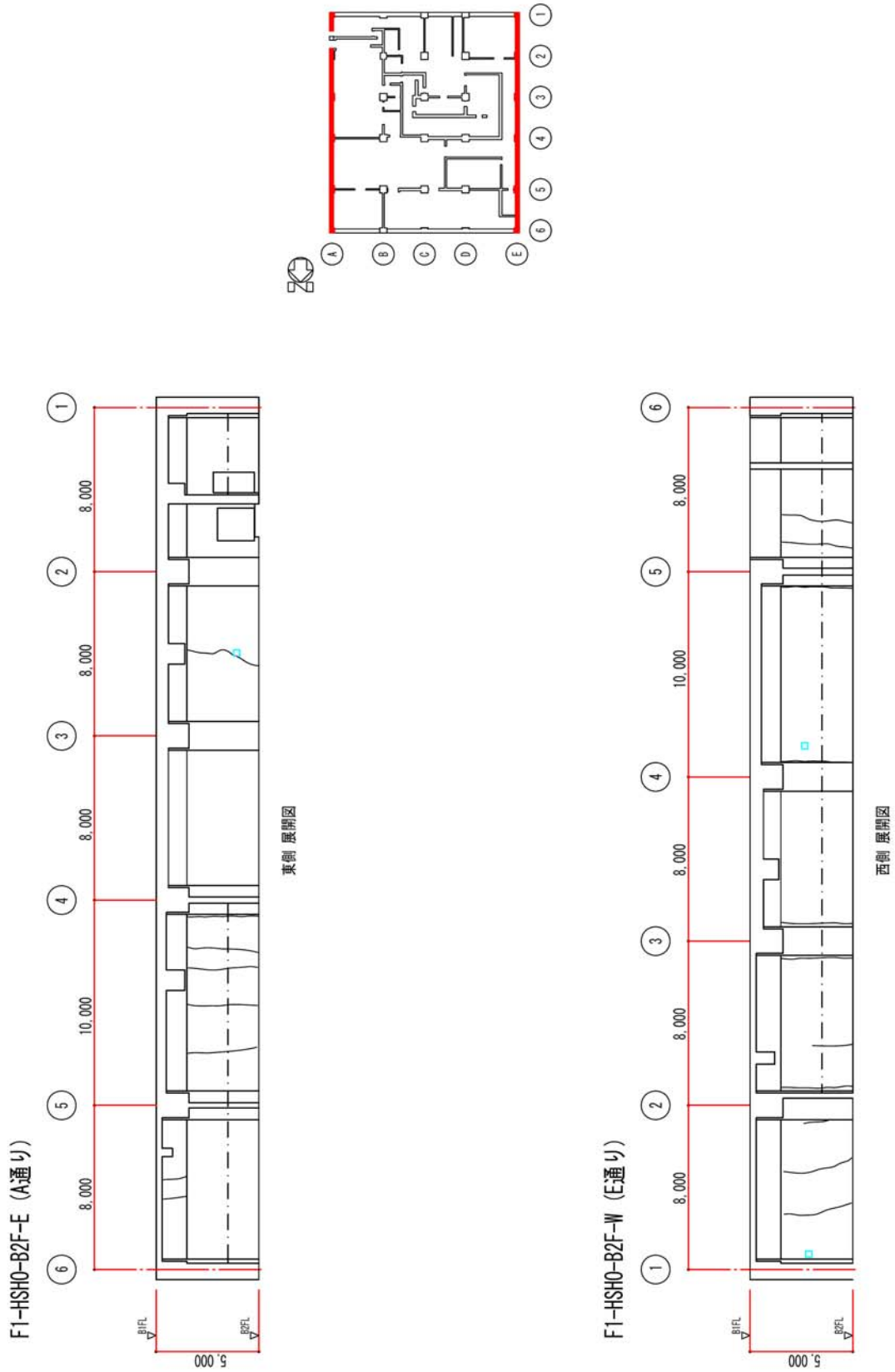
(2) 補修方法

- ・ 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- ・ 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

5. まとめ

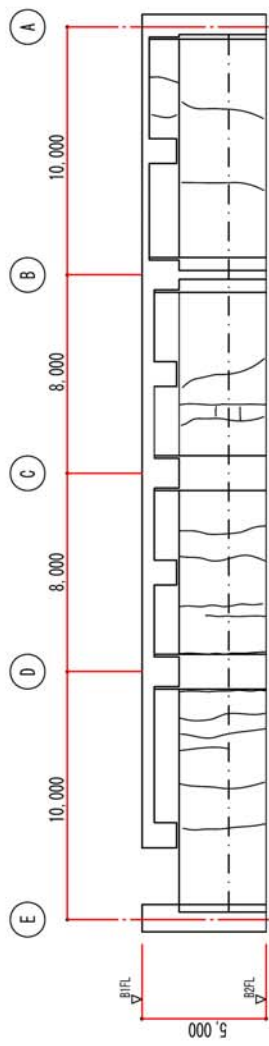
対象となるひび割れについて全て補修を実施し、当社は適切に補修されたことを確認した。

6. ひび割れ調査図（壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録）

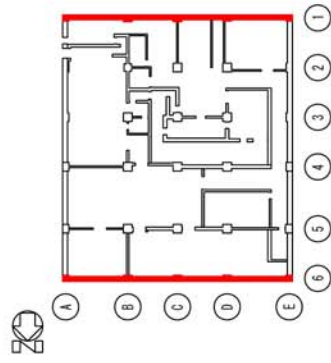


地下2階展開図

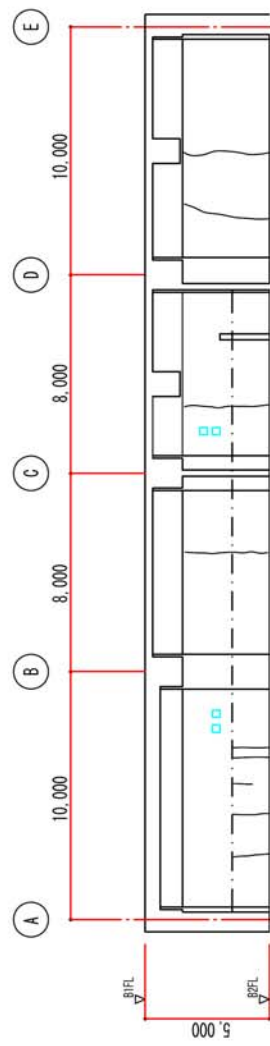
F1-HSH0-B2F-N (6通り)



北側展開図



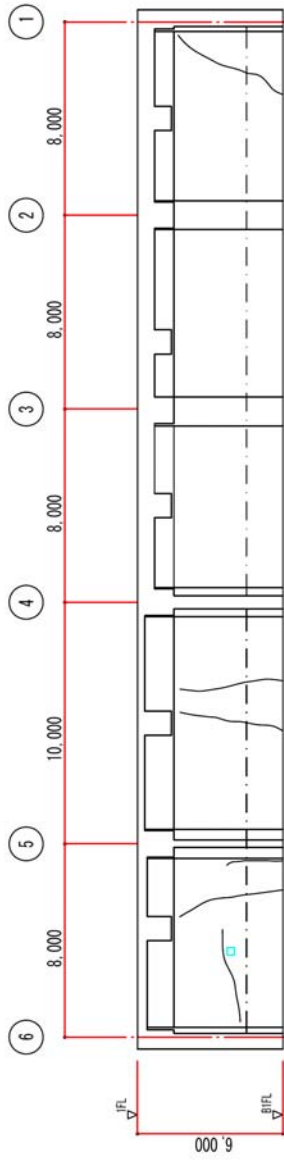
F1-HSH0-B2F-S (1通り)



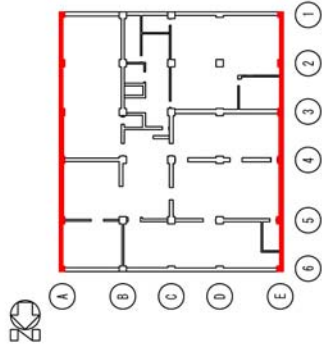
南側展開図

地下2階展開図

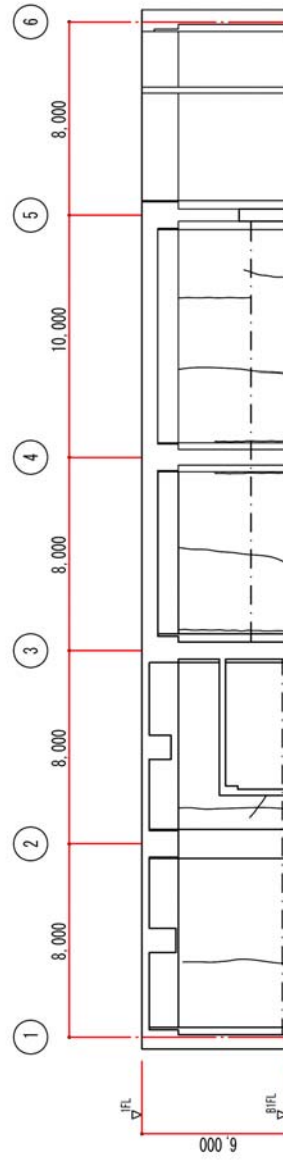
F1-HSHO-B1F-E (A通り)



東側展開図



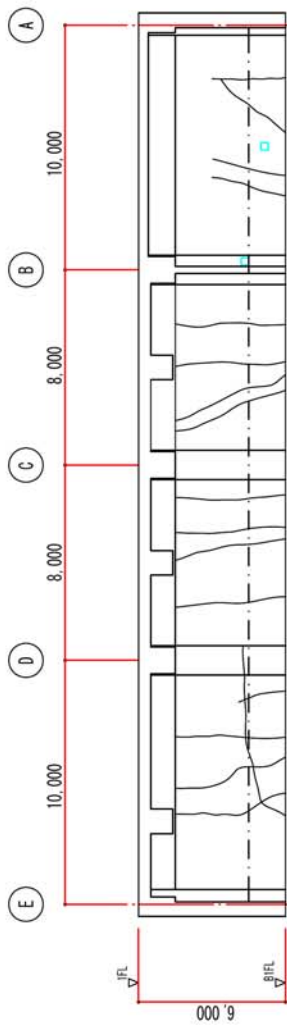
F1-HSHO-B1F-W (E通り)



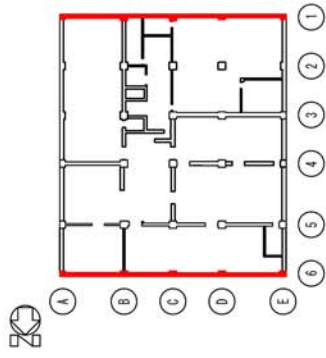
西側展開図

地下1階展開図

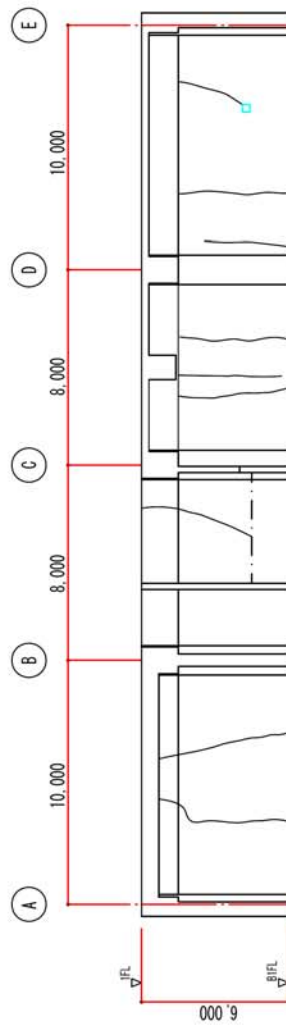
F1-HSH0-B1F-N (6通り)



北側展開図



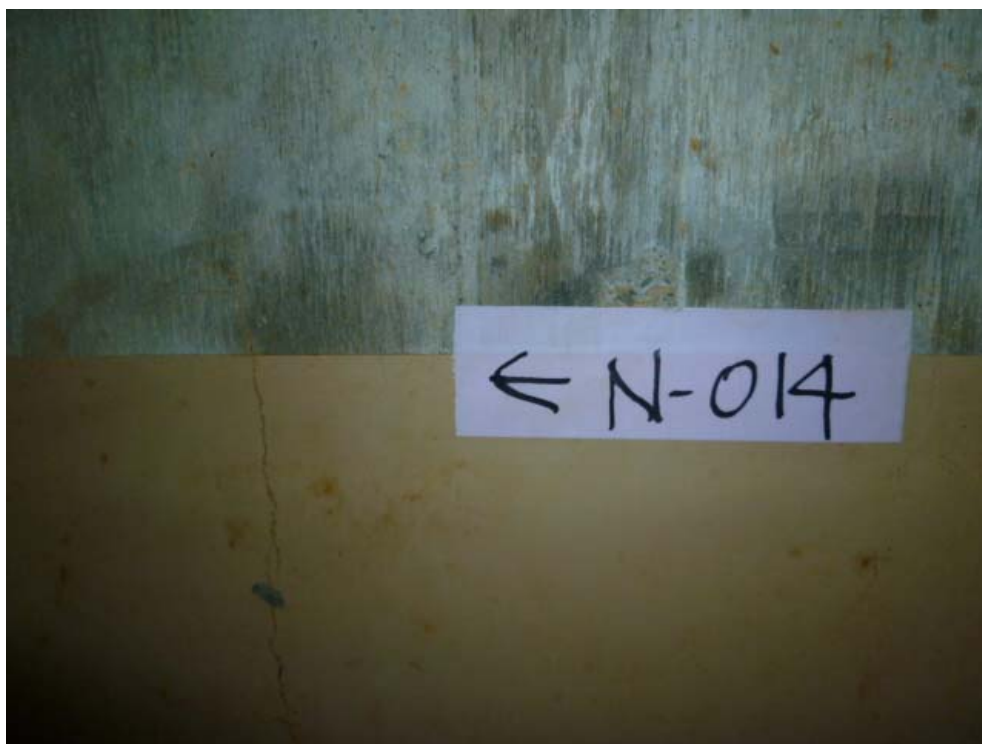
F1-HSH0-B1F-S (1通り)



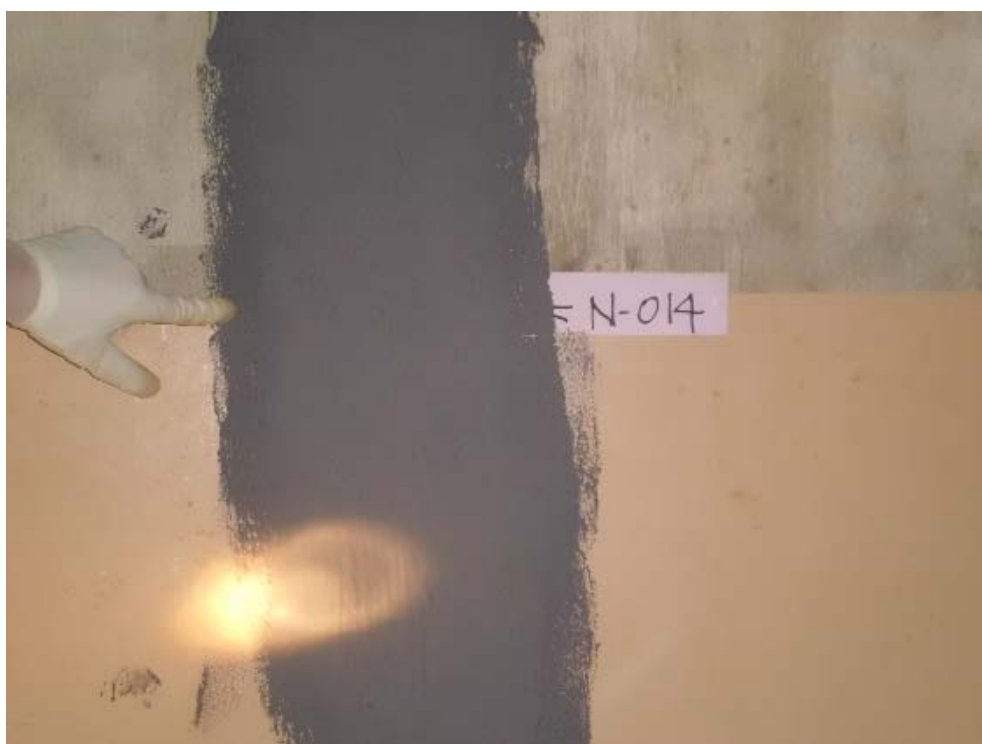
南側展開図

地下1階展開図

7. ひび割れ補修状況（幅 0.3mm 以上のひび割れ）



補修前



補修後

高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

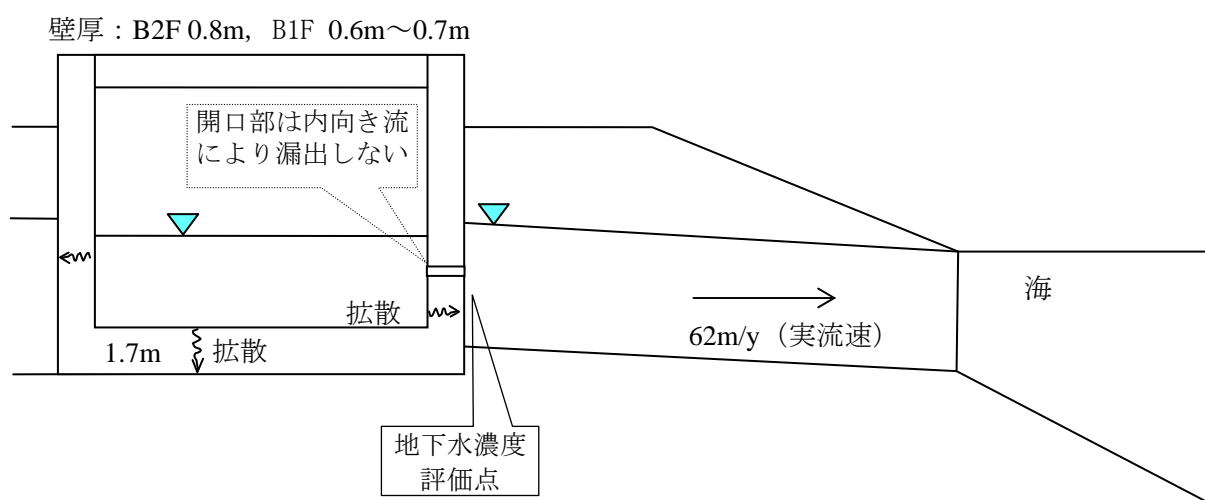
1. 屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

2. 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1mm 程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水位差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図－1 に示す。



図－1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図－1 の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} Cc(0,t) &= Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \\ Cc(L,t) &= 0 \\ Cc(z,0) &= 0 \\ Cc(0,t) &= 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

- R : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- Cw : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m³)
- Cw0 : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/s)
- Cc(z,t) : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m³)
- λ : 崩壊定数 (1/s)
- L : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- Rfc : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) = $1 + \frac{1 - \varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- εc : コンクリートの間隙率 (-)
- ρc : コンクリートの粒子密度 (kg/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/kg)
- Tc : 廃液貯蔵終了時間 (s)

3. 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表-1に示す。

表-1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m ³)	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号炉タービン建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m ²)	底面積 : 1465.56 側面積: B2F(壁厚 0.8m) 768.0 B1F(壁厚 0.6m) 414.96 B1F(壁厚 0.7m) 174.42	底面積 : 41.4W × 35.4L 側面積 : B2F 41.4W, 35.4L, 5.0H の 4 側面 B1F(壁厚 0.6m) 壁厚 0.6m, 0.65m 部分の長さ 109.2 × 3.8H B1F(壁厚 0.7m) 壁厚 0.7m 部分の長さ 45.9 × 3.8H
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m ² /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m ³)	2700	単位体積重量 2.15 t/m ³ と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)

パラメータ	設定値	備考
コンクリートの分配係数 (m ³ /kg)	I: 0 Cs: 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。
開口部面積 (m ²)	実質 0	逆向き流れになるので、拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62 m/y(2E-5m/s×0.04/0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4. 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図-2及び図-3に示す。継続期間を3ヶ月～10年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では、30年以内に建屋を解体撤去することにより、建屋外への移行は、環境試料の放射能濃度分析におけるCs-137の検出限界である $8 \times 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$ を下回る値となる。

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

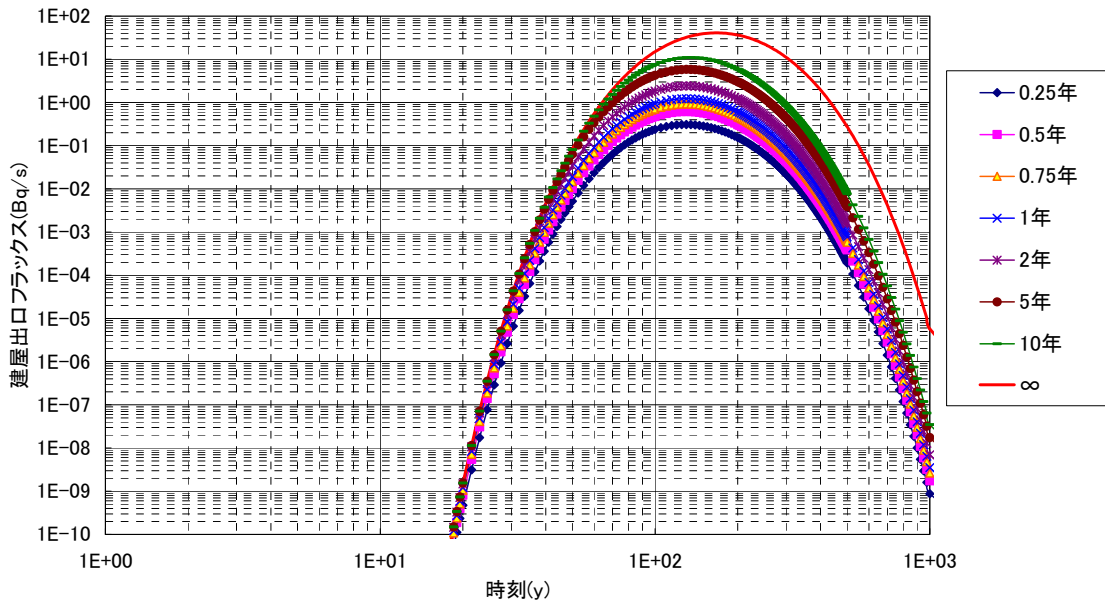


図-2 建屋からの流出フラックス
(高温焼却炉建屋)

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

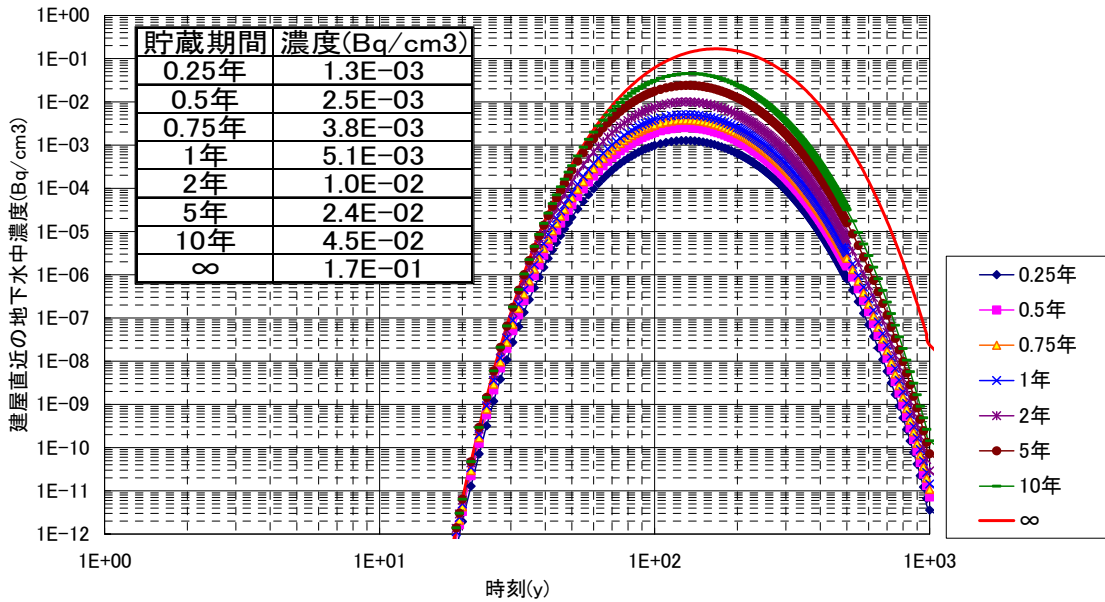


図-3 建屋直近の放射性物質の濃度
(高温焼却炉建屋)

1～4号炉の各建屋外への放射性物質移行量の評価

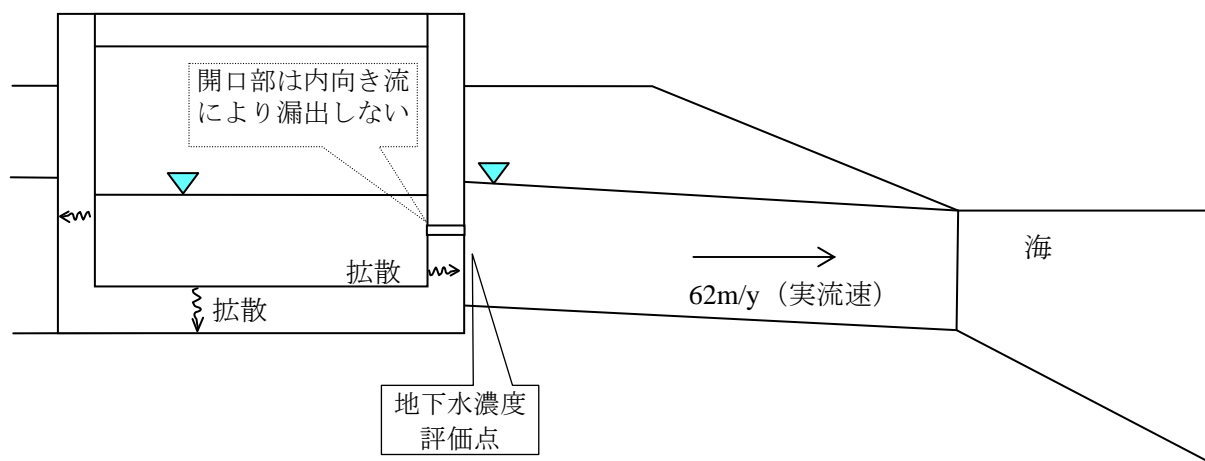
1. 建屋外への放射性物質の移行

高レベル放射性汚染水（以下、「滞留水」という。）が建屋の地下に滞留した場合、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高くなったときに圧力差による滞留水の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

2. 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

滞留水を現状地下水水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1mm 程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水頭差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図－1に示す。



図－1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図－1の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} Cc(0,t) &= Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \\ Cc(L,t) &= 0 \\ Cc(z,0) &= 0 \\ Cc(0,t) &= 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

- R : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- Cw : 滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m³)
- Cw0 : 滞留水中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/s)
- Cc(z,t) : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m³)
- λ : 崩壊定数 (1/s)
- L : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- Rfc : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) = $1 + \frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- εc : コンクリートの間隙率 (-)
- ρc : コンクリートの粒子密度 (kg/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/kg)
- Tc : 滞留水貯蔵終了時間 (s)

3. 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表-1に示す。

表-1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m ³)	Cs-137 : 1.5E+12	2011/7/17 採水_2号炉タービン建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m ²)	—	図-3 (滞留水に接する表面積) 参照
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m ² /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m ³)	2700	単位体積重量 2.15 t/m ³ と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)
コンクリートの分配係数 (m ³ /kg)	I : 0 Cs : 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまらめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。
開口部面積 (m ²)	実質 0	逆向き流れになるので, 拡散に寄与しない。

パラメータ	設定値	備考
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3ヶ月から10年，継続の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62m/y (2E-5m/s×0.04/ 0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4. 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図-2及び図-3に示す。継続期間を3ヶ月～10年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では，今後3年間程度に1～4号炉の各建屋のコンクリート壁中から放射性物質が拡散により建屋外への漏えいする可能性は低いと考える。

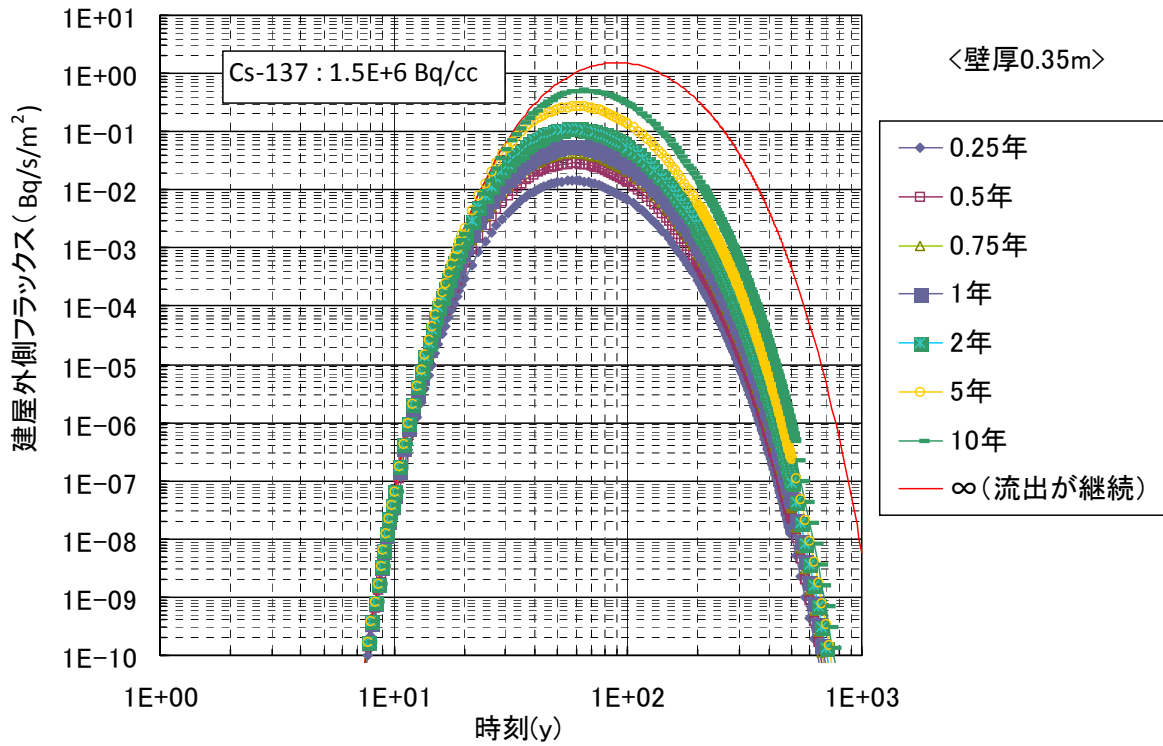


図-2 (1) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.35m)

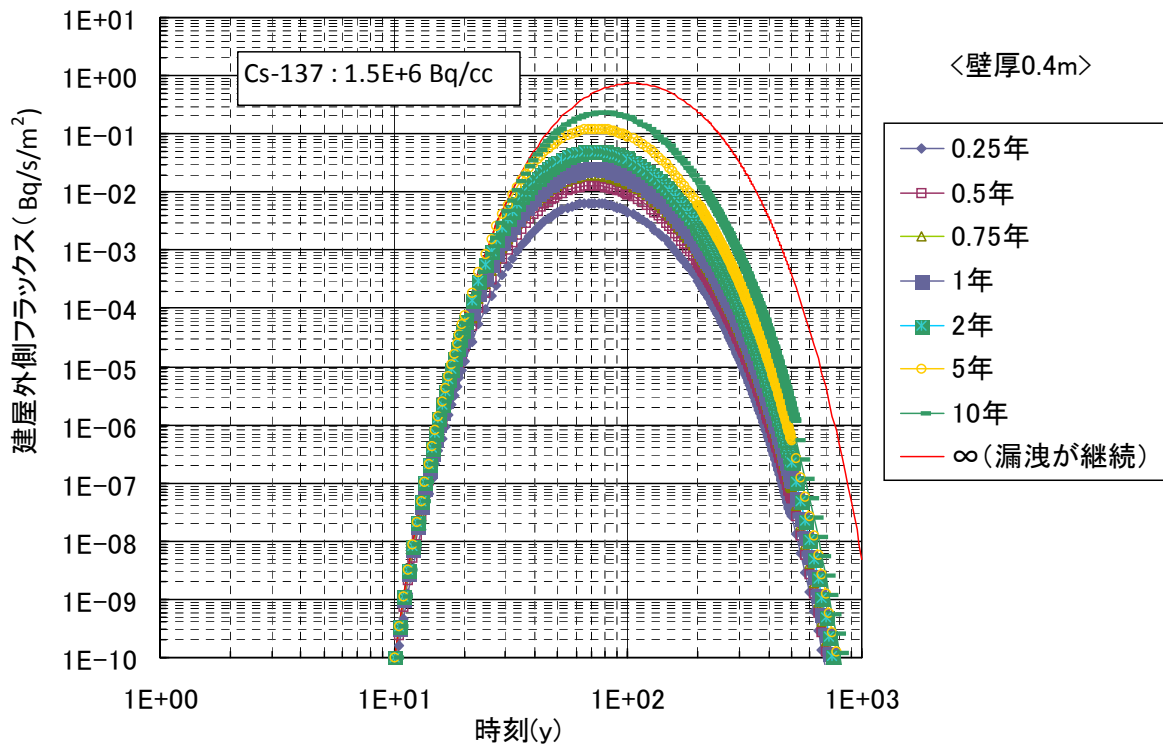


図-2 (2) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.4m)

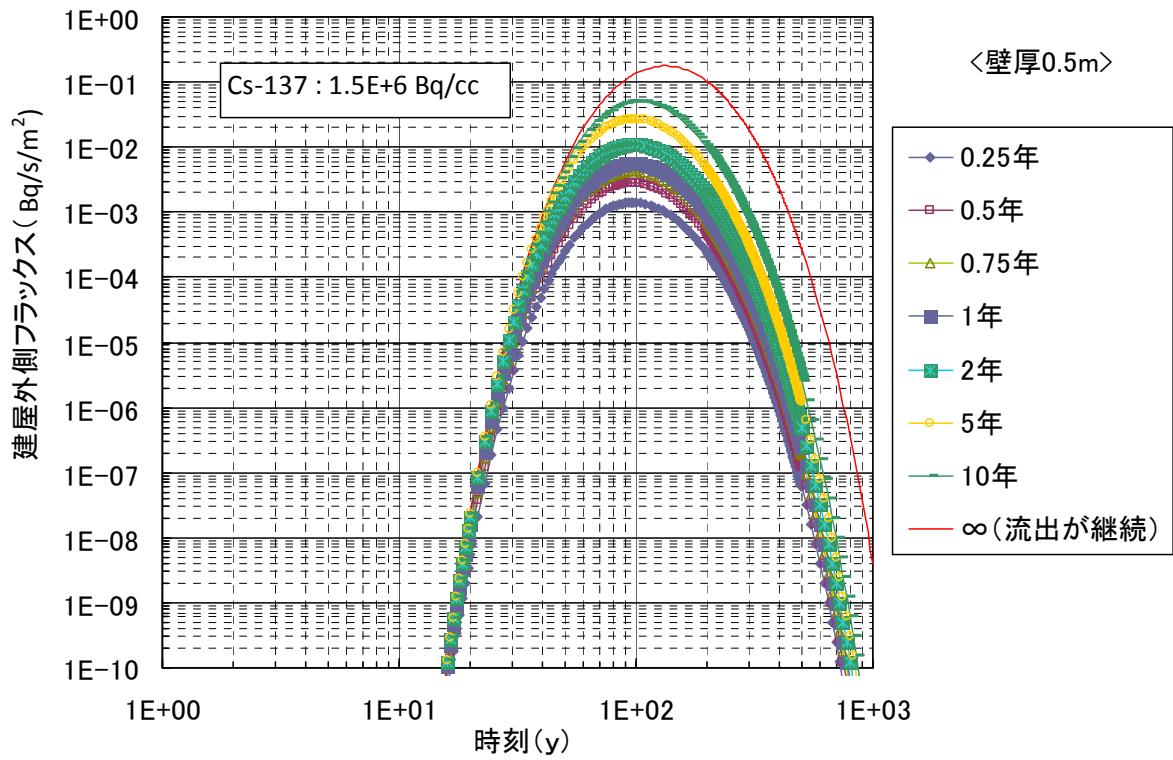


図-2 (3) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.5m)

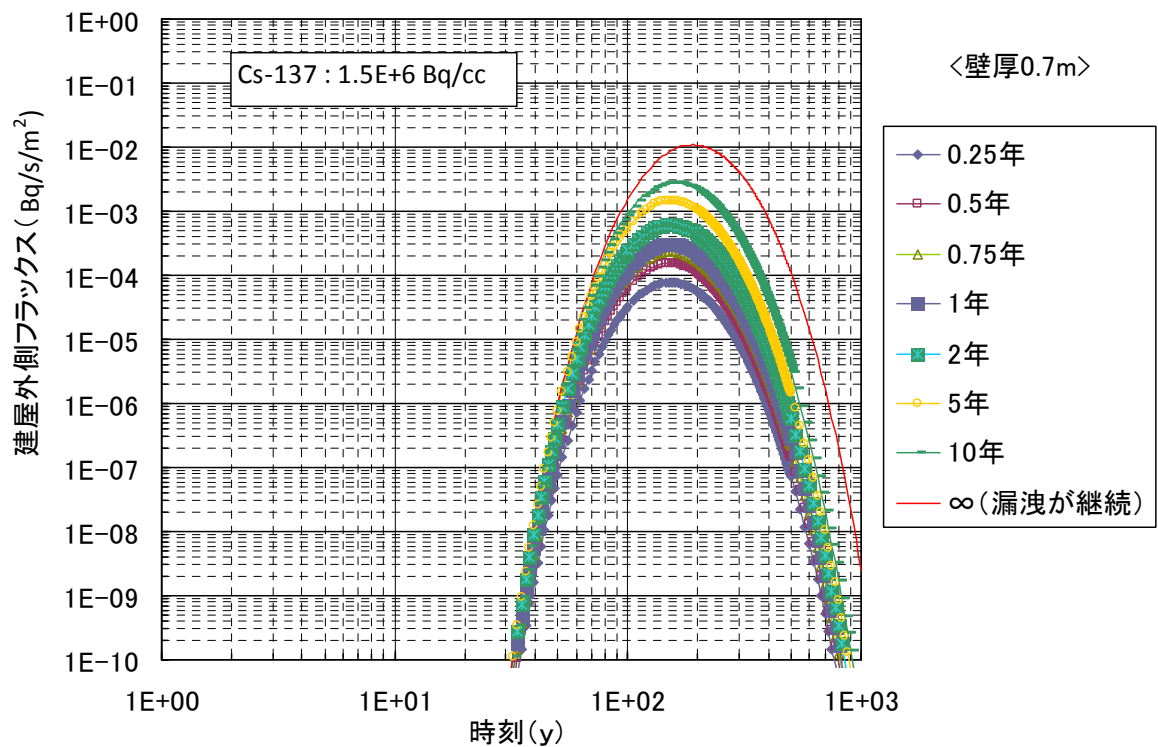


図-2 (4) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.7m)

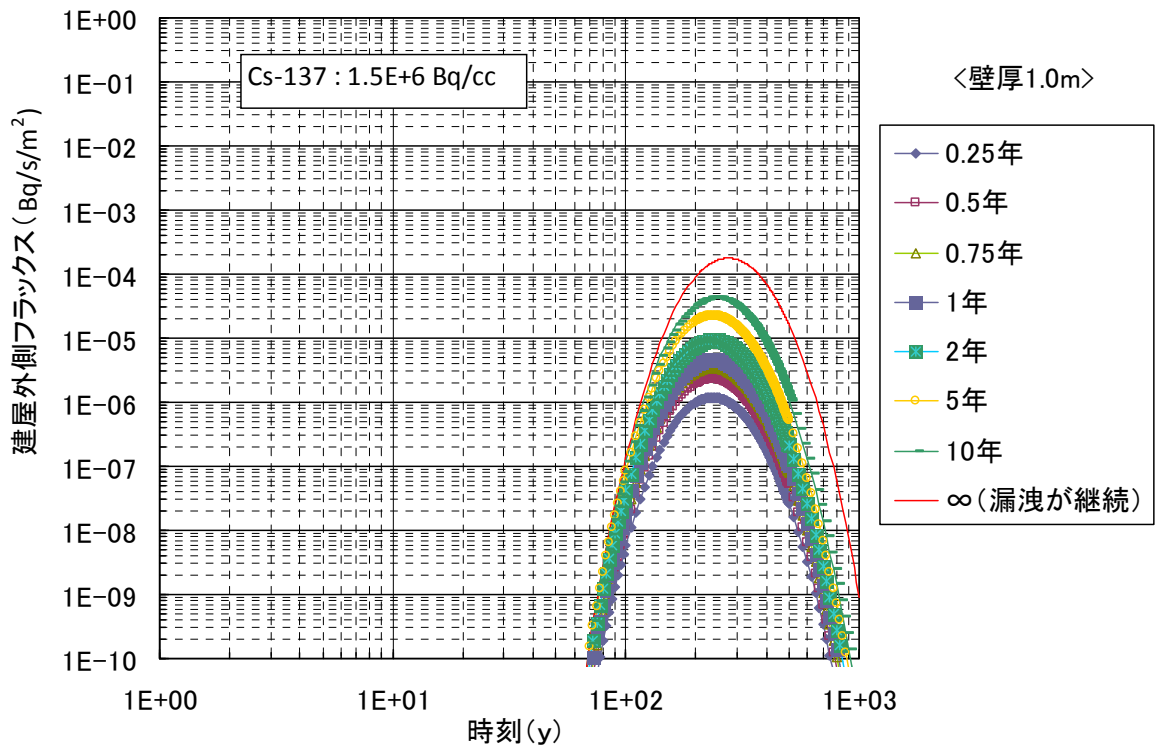


図-2 (5) 建屋からの流出フラックス
(側壁 1.0m)

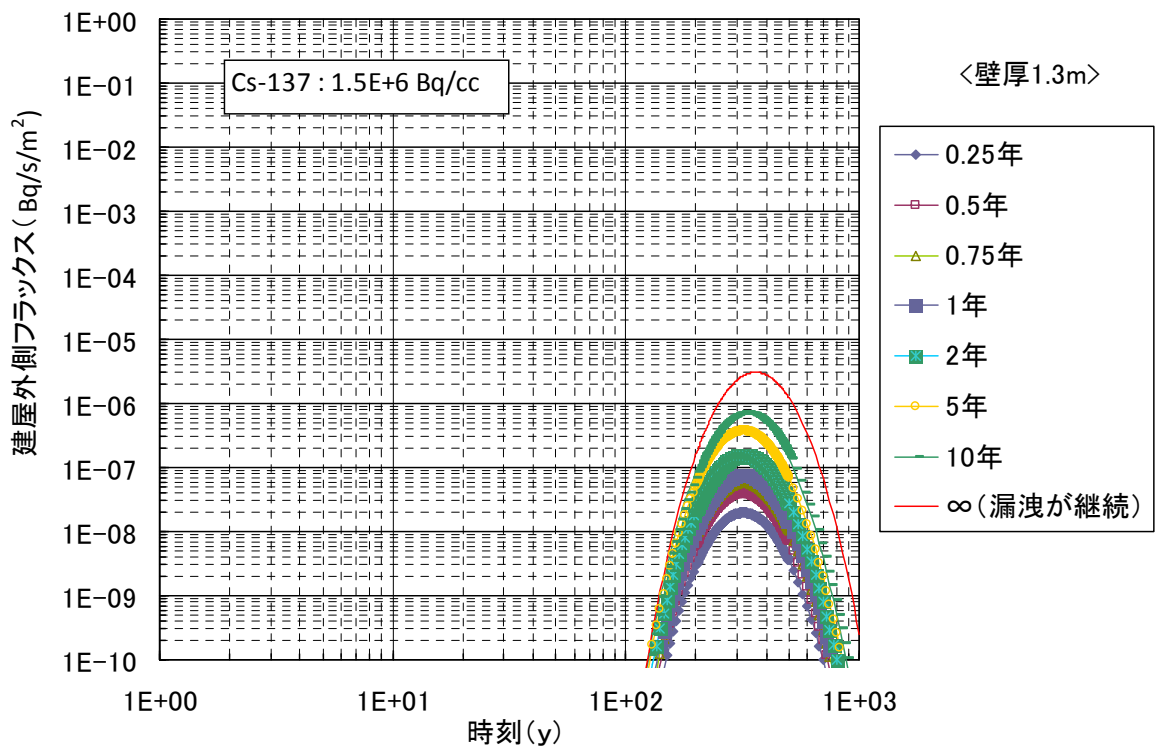


図-2 (6) 建屋からの流出フラックス
(側壁 1.3m)

1号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ となる経過年
R/B	1.3	3040	42	200
T/B	0.5	6250	97	20
RW/B	0.5	1080	22	20

2号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ となる経過年
R/B	1.5	3760	47	200* ¹
T/B	0.55	8530	105	20* ²
RW/B	0.7	1510	23	40

3号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200* ¹
T/B	0.7	9800	128	40
RW/B	0.7	2050	23	40

4号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200* ¹
T/B	0.5	8410	106	20* ¹
RW/B	0.7	2760	36	40

	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	トレンチの南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ となる経過年
2号炉トレンチ	0.4	1380	7	13
3号炉トレンチ	0.4	1180	6	13
4号炉トレンチ	0.35	1090	5	10

*1: 壁厚1.3mで評価

*2: 壁厚0.5mで評価

図-3 建屋外への放射性物質移行量の評価

地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価

1. はじめに

地下に滞留水を貯留する 1～4 号炉原子炉建屋，1～4 号炉タービン建屋，1～4 号炉廃棄物処理建屋および 1～4 号炉コントロール建屋について，地下階に滞留水があることを考慮し，基準地震動 S_s に対し，地下外壁が崩壊しないことを確認する。なお，判定は地下階の耐震壁が終局限界に至らないことを確認する。

1 号炉原子炉建屋および 2 号炉原子炉建屋について，基準地震動 S_s に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。なお，3 号炉原子炉建屋および 4 号炉原子炉建屋については，今後，報告することとする。

また，1～4 号炉タービン建屋，1～4 号炉廃棄物処理建屋および 1～4 号炉コントロール建屋について，それぞれ代表号炉を選定した上で，基準地震動 S_s に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。なお，代表号炉以外については，今後，代表号炉の耐震安全性評価結果を踏まえ，建屋の類似性等を考慮して，耐震安全性を評価する。ここで，代表号炉は滞留水の容量が最大の号炉とする。

2. 原子炉建屋

2.1. 1号炉原子炉建屋

2.1.1. 解析評価方針

1号炉原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは、地下1階から地上5階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 (4.0×10^{-3}) を超えないことを確認することとする。

1号炉原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 2.1.1-1 に示す。

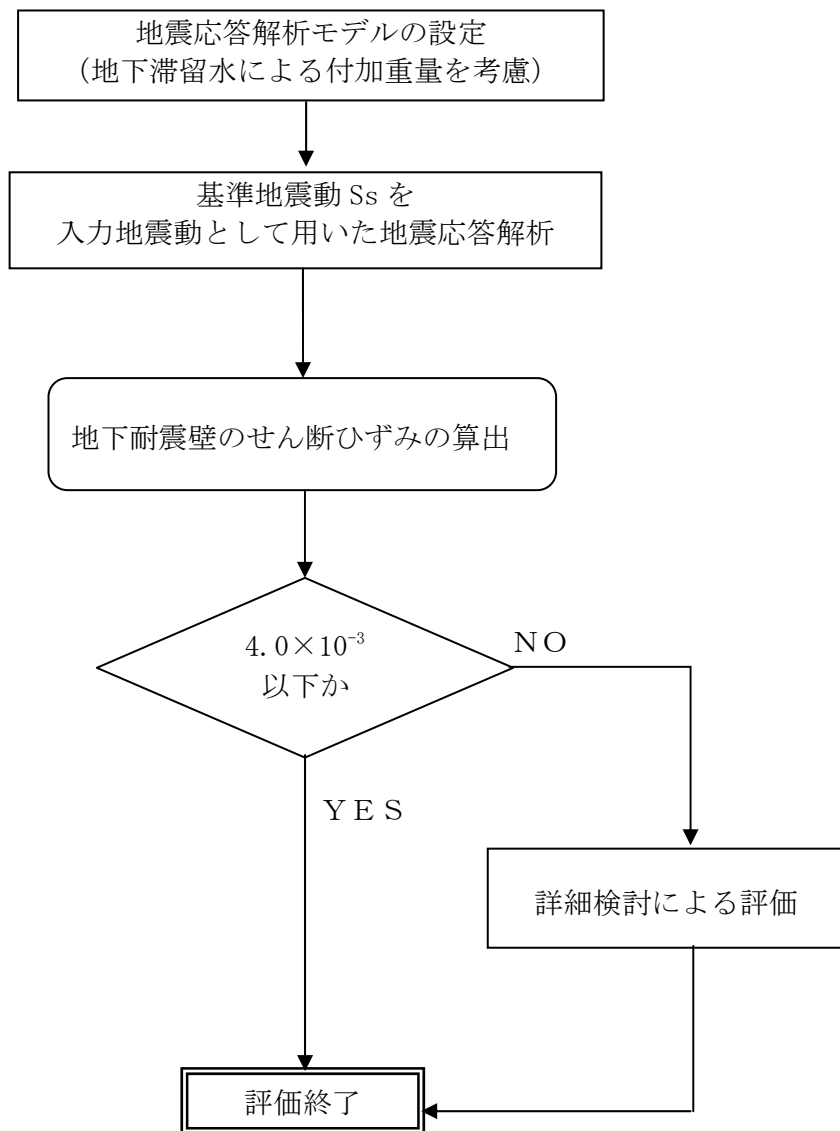


図 2.1.1-1 1号炉原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

2.1.2. 1号炉原子炉建屋の水位および地下滞留水量

1号炉原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表2.1.2-1に示す。

表 2.1.2-1 1号炉原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1号炉
水位	O.P. 7,000
貯水量	5,600m ³

2.1.3. 解析に用いる入力地震動

1号炉原子炉建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図2.1.3-1に示す。この1号炉原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動 S_s の加速度波形について、図2.1.3-2に示す。

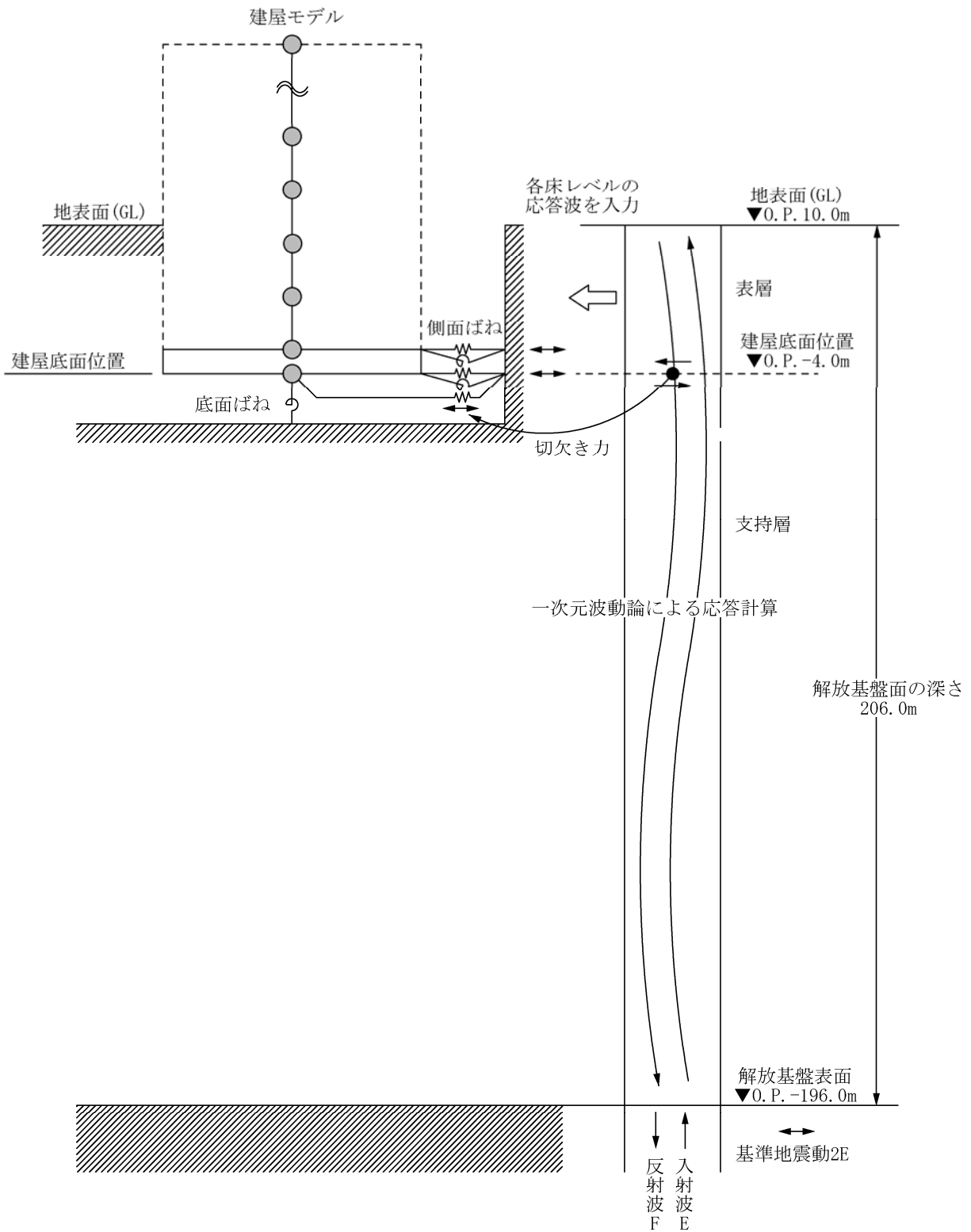
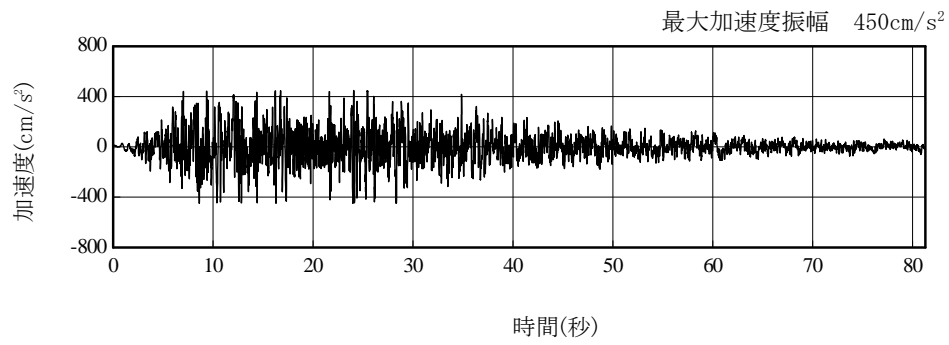
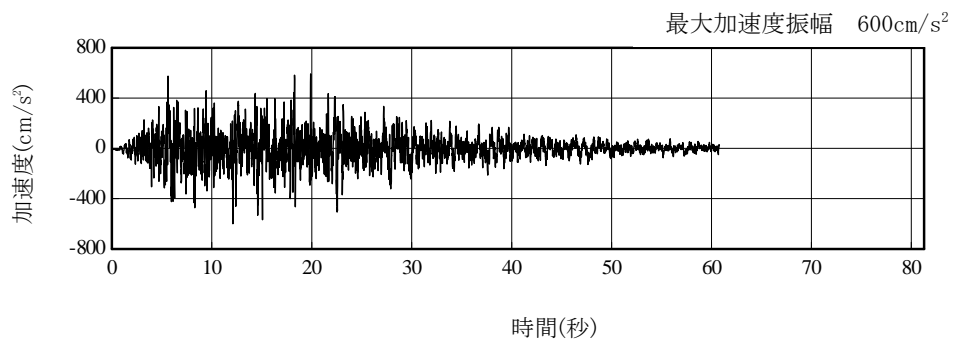


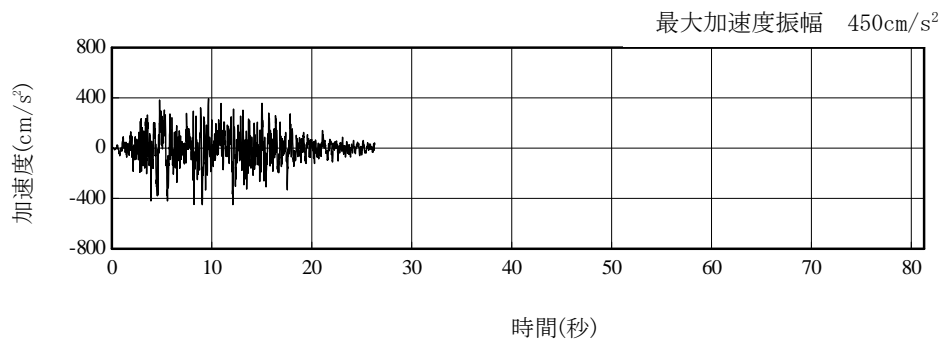
図 2. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.1.3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

2.1.4. 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する 1 号炉原子炉建屋の地震応答解析は、「2.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 2.1.4-1 および図 2.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性を表 2.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 2.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 2.1.4-3 に示すようにばね定数 (K_c) として実部の静的な値を、また、減衰係数 (C_c) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

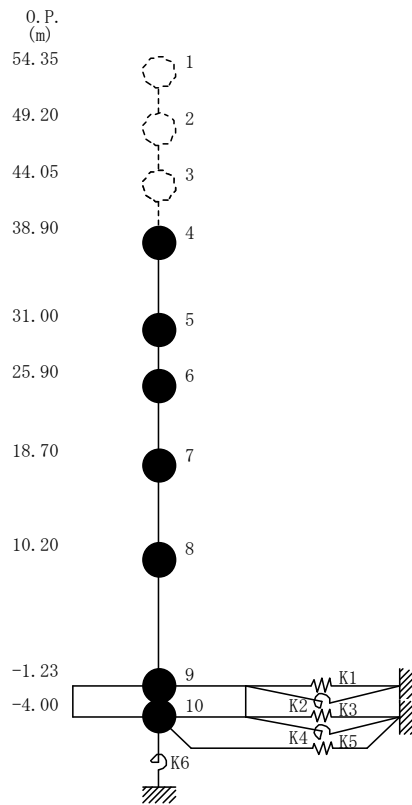


図 2.1.4-1 1号炉原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

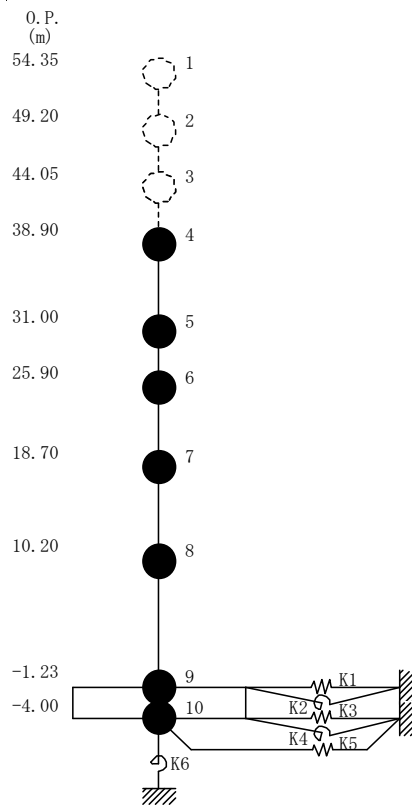


図 2.1.4-2 1号炉原子炉建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 2.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
リート	35.0	2.57×10 ⁴	1.07×10 ⁴	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

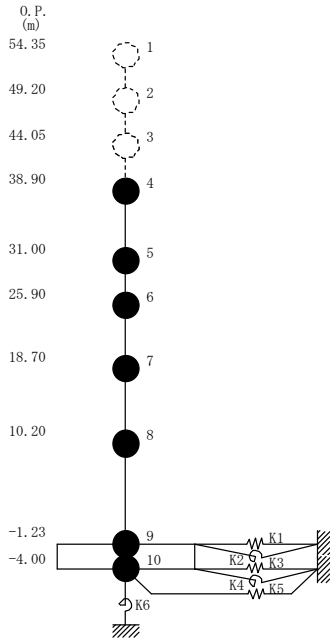
*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

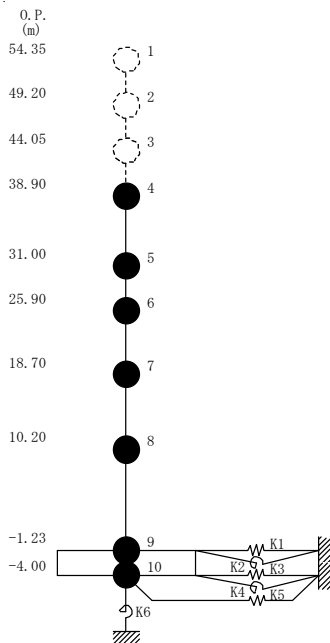


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	84.43	—	—
5	67,910	97.77	135.0	16,012
6	77,220	111.11	160.8	21,727
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	132.8	24,274
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	155.6	36,481
9	185,210 (38,140)	266.64 (54.91)	294.0	52,858
10	62,400	89.83	1,914.3	275,530
合計	702,670			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。
[]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 $41.56\text{m}(\text{NS 方向}) \times 43.56\text{m}(\text{EW 方向})$

EW 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	48.34	—	—
5	67,910	55.90	102.7	9,702
6	77,220	63.55	163.9	13,576
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	131.6	14,559
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	197.8	36,427
9	185,210 (38,140)	327.39 (67.42)	294.0	52,858
10	62,400	110.32	1,914.3	338,428
合計	702,670			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。
[]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 $41.56\text{m}(\text{NS 方向}) \times 43.56\text{m}(\text{EW 方向})$

表 2.1.4-3 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.1.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩 (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

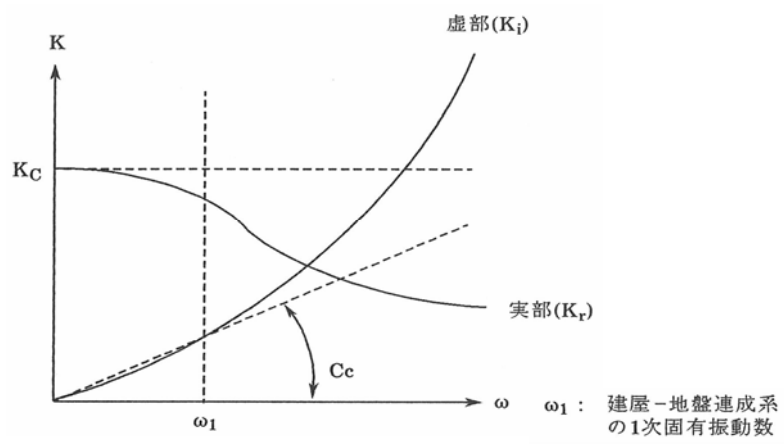


図 2.1.4-3 地盤ばねの近似

2.1.5. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向、EW方向の最大応答加速度を、滞留水を未考慮^{*注}の場合と比較して、図2.1.5-1～図2.1.5-6に示す。

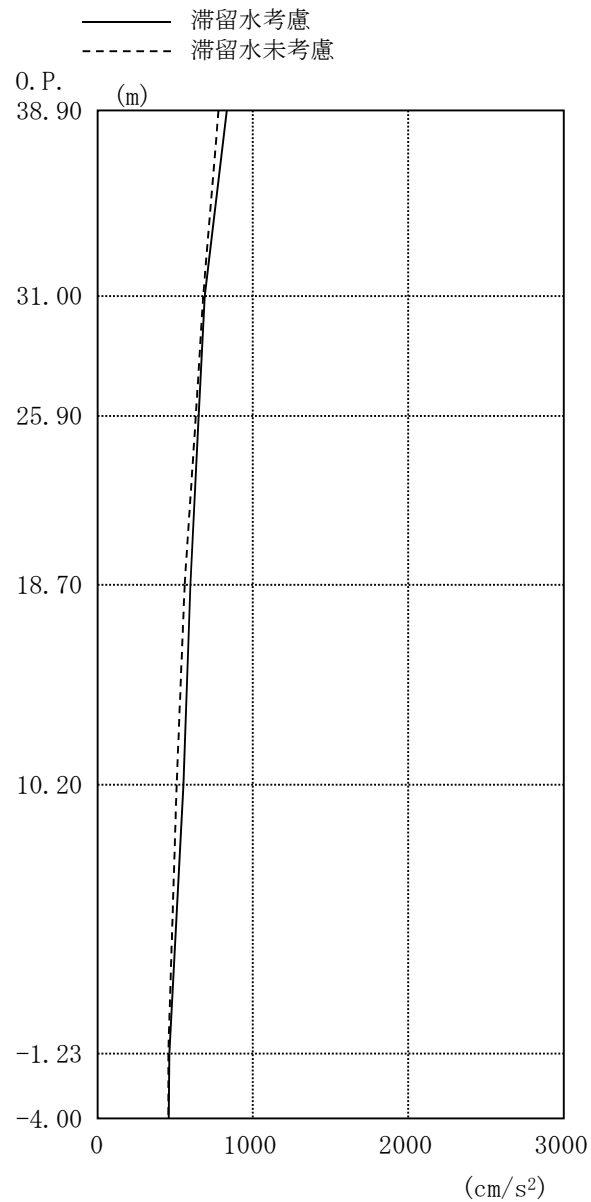


図 2.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

*注：滞留水未考慮に用いる結果は、損傷前の「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書（改訂版）」（原管発官 21 第 110 号 平成 21 年 6 月 19 日付け）の結果を示す。

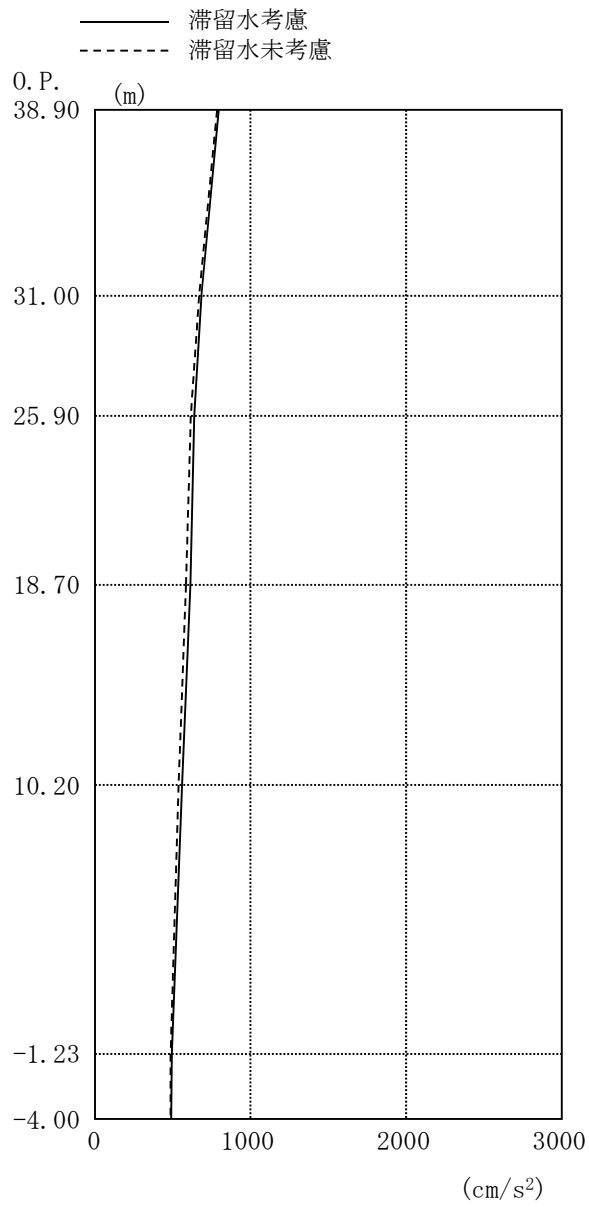


图 2.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

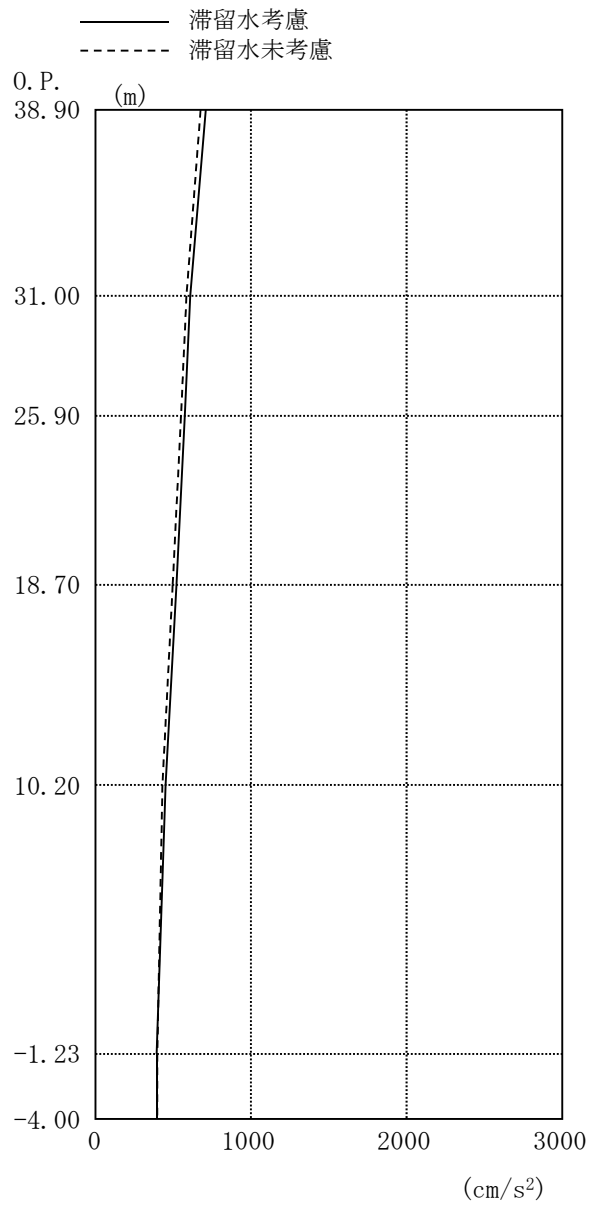


图 2.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

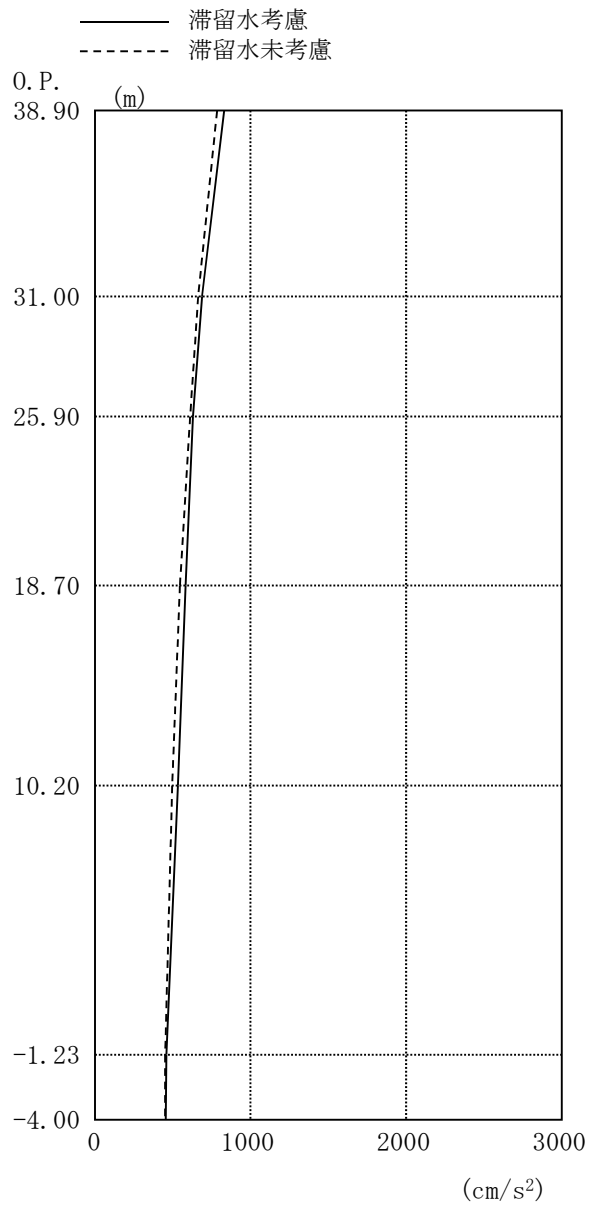


图 2.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

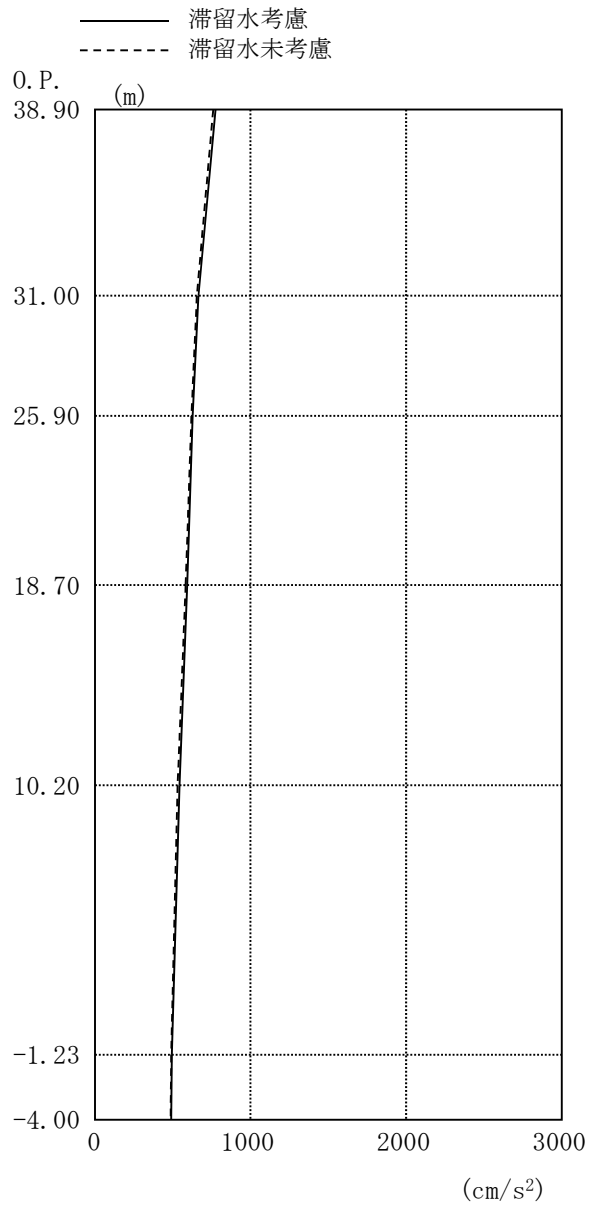


图 2.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

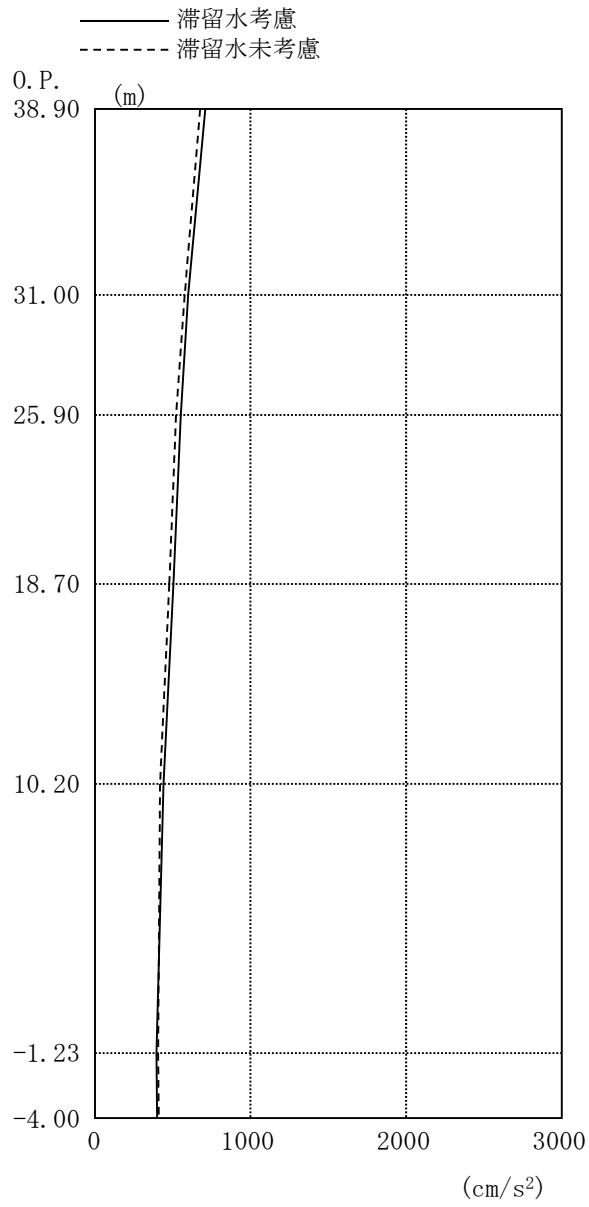


图 2.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

2.1.6. 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 2.1.6-1 および表 2.1.6-2 に示す。また、図 2.1.6-1 および図 2.1.6-2 に基準地震動 S_s に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で 0.09×10^{-3} であり、評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JGAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、1号炉原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

(単位: $\times 10^{-3}$)

階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	

表 2.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位: $\times 10^{-3}$)

階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	

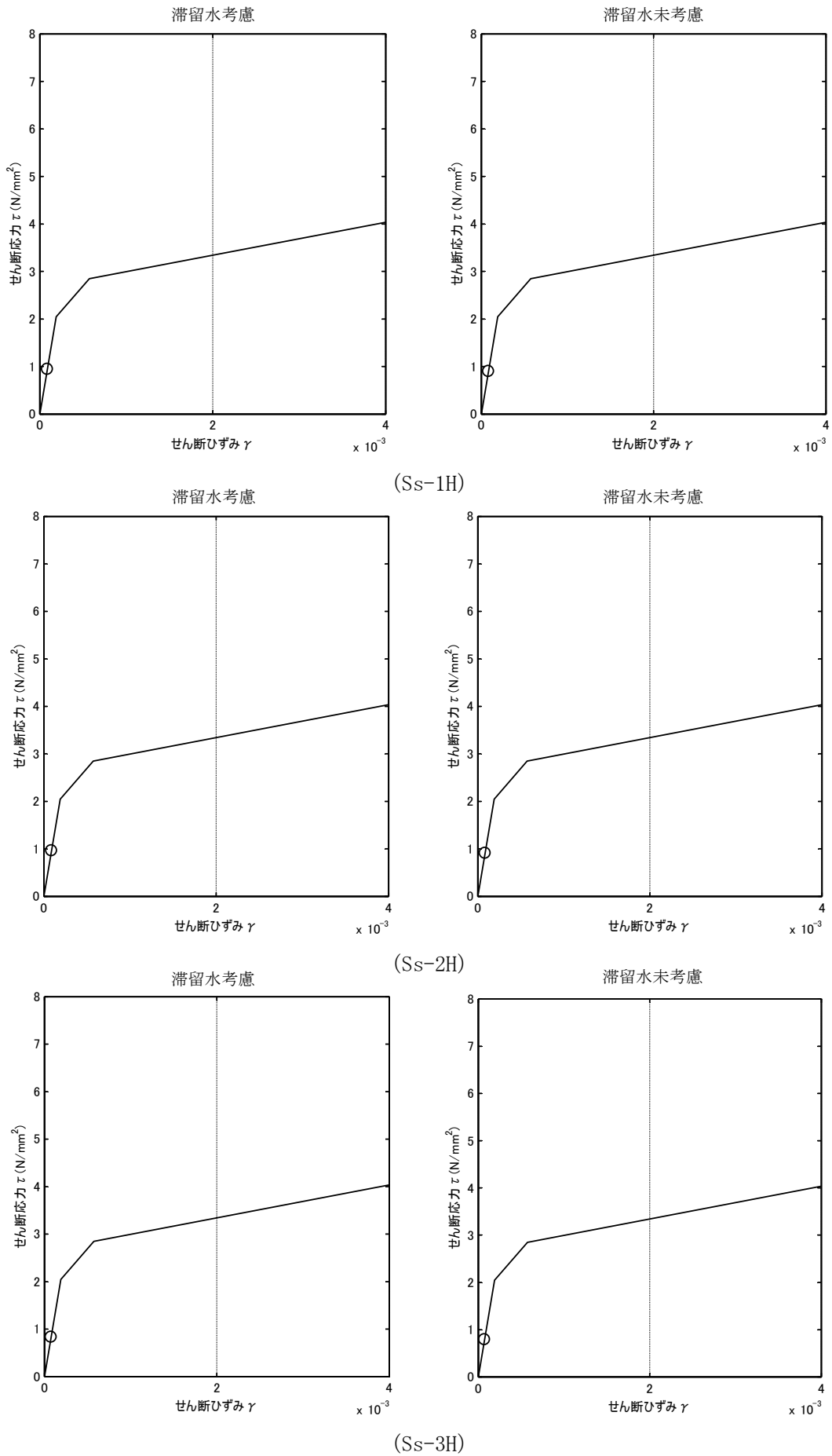
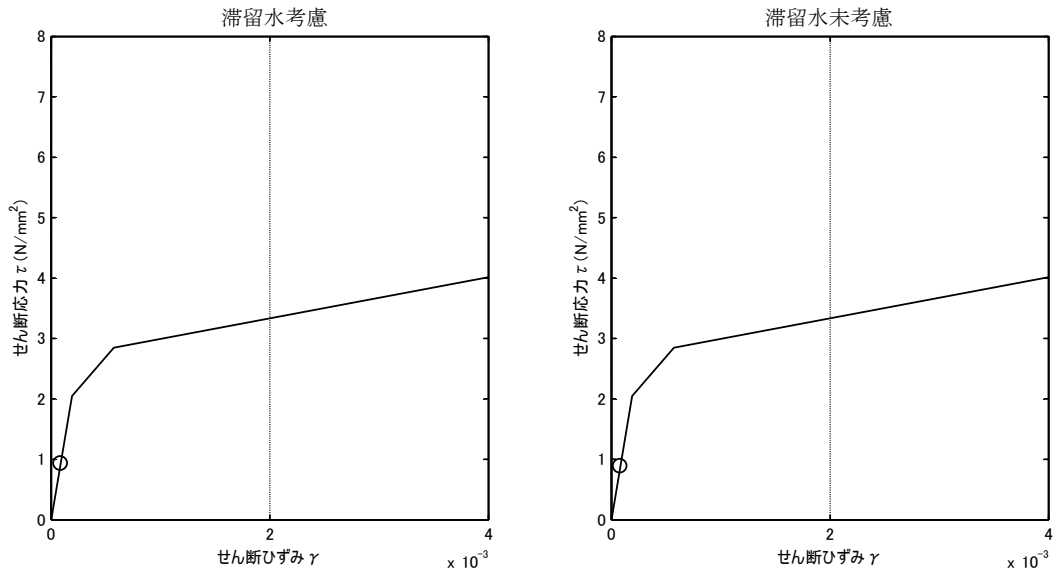
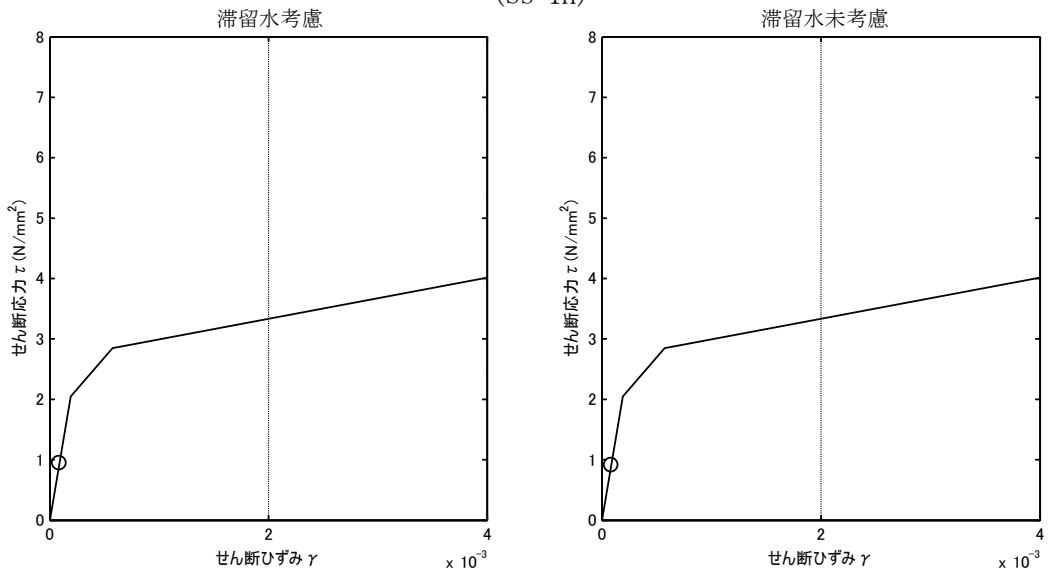


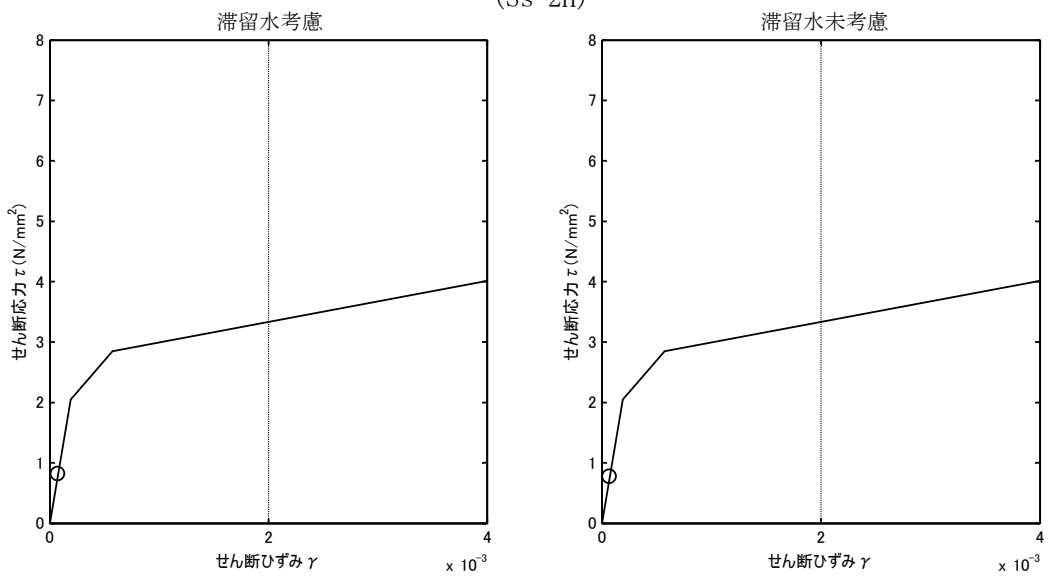
図 2.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2. 1. 6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

2.2. 2号炉原子炉建屋

2.2.1. 解析評価方針

2号炉原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは、地下1階から地上5階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 (4.0×10^{-3}) を超えないことを確認することとする。

2号炉原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 2.2.1-1 に示す。

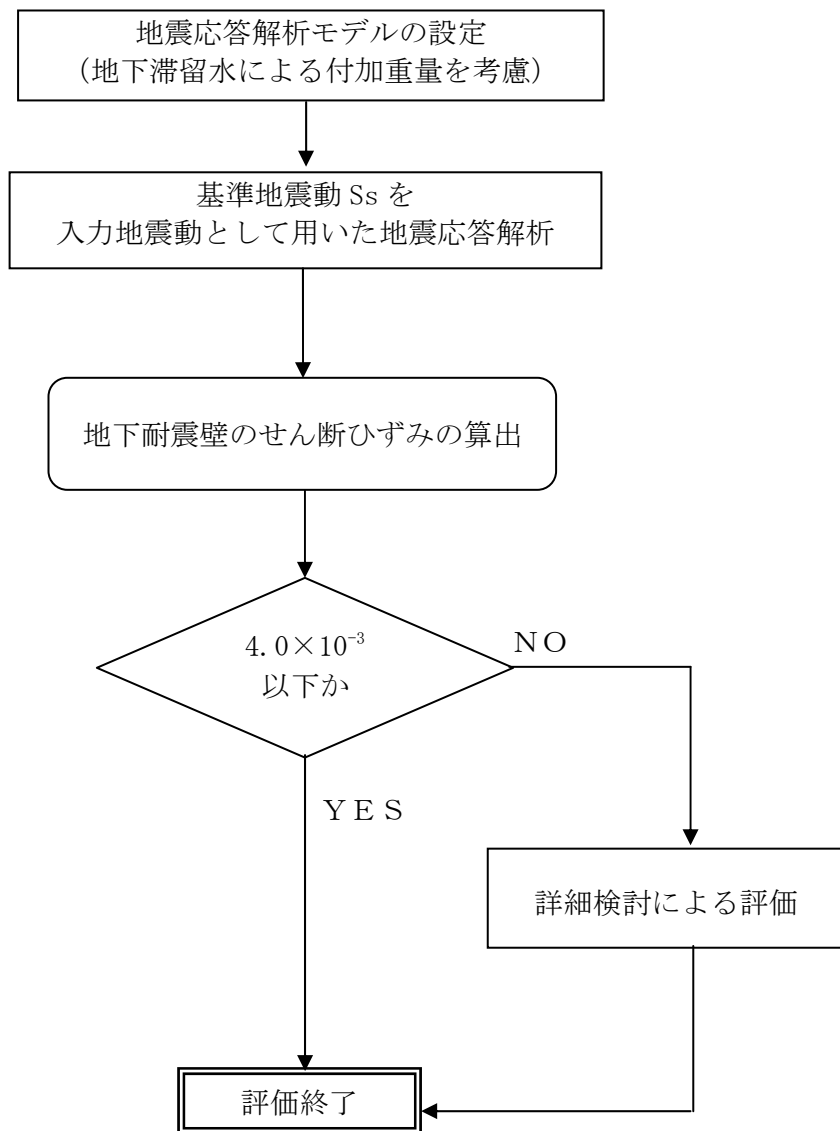


図 2.2.1-1 2号炉原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

2.2.2 2号炉原子炉建屋の水位および地下滞留水量

2号炉原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表2.2.2-1に示す。

表 2.2.2-1 2号炉原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	2号炉
水位	O.P. 4,000
貯水量	6,500m ³

2.2.3. 解析に用いる入力地震動

2号炉原子炉建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図2.2.3-1に示す。この2号炉原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置(O.P. -196.0m)における基準地震動 S_s の加速度波形について、図2.2.3-2に示す。

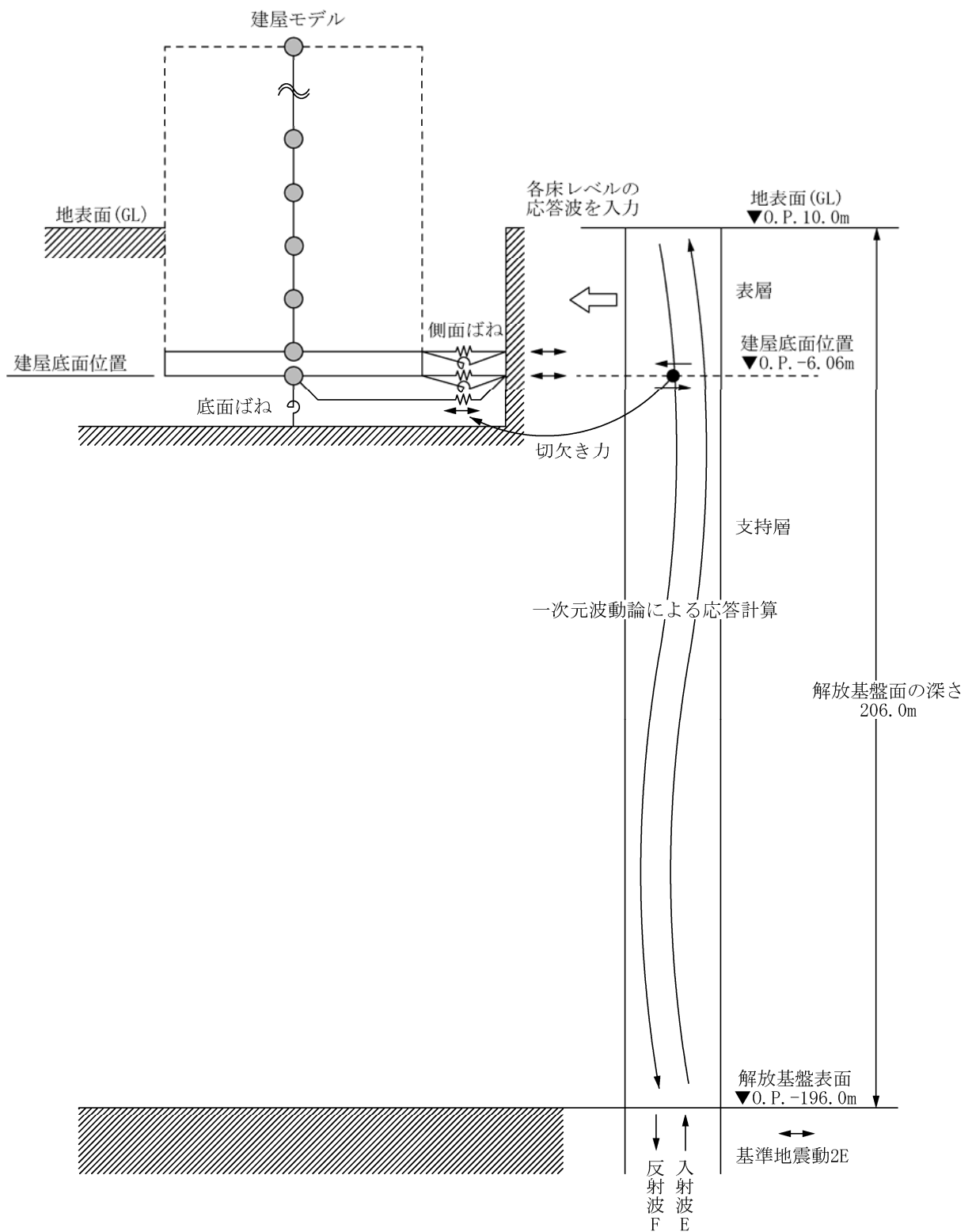
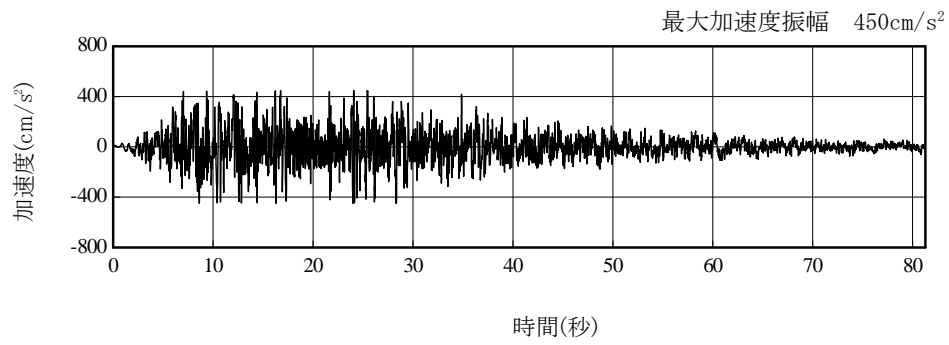
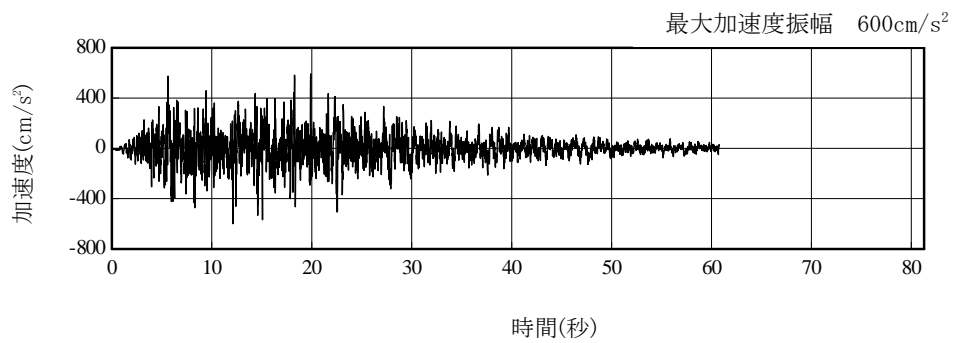


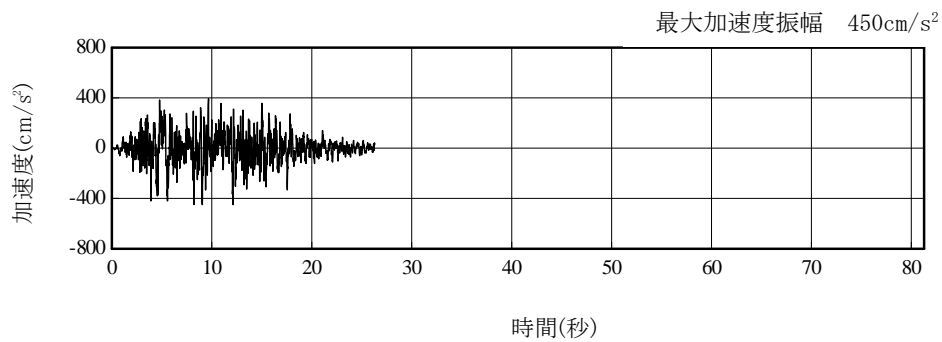
図 2. 2. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2. 2. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

2.2.4. 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する 2 号炉原子炉建屋の地震応答解析は、「2.2.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 2.2.4-1 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.2.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 2.2.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.2.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 2.2.4-2 に示すようにばね定数 (K_c) として実部の静的な値を、また、減衰係数 (C_c) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

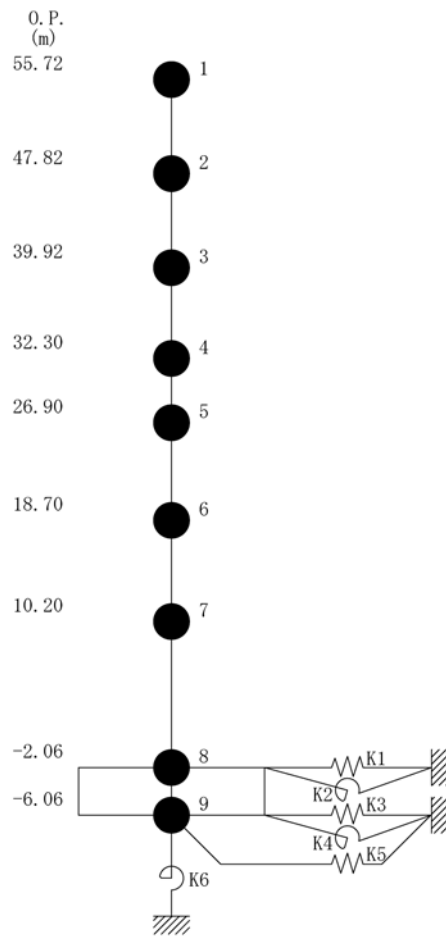


図 2.2.4-1 2号炉原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS・EW 方向)

表 2. 2. 4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
	35.0	2.57×10 ⁴	1.07×10 ⁴	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

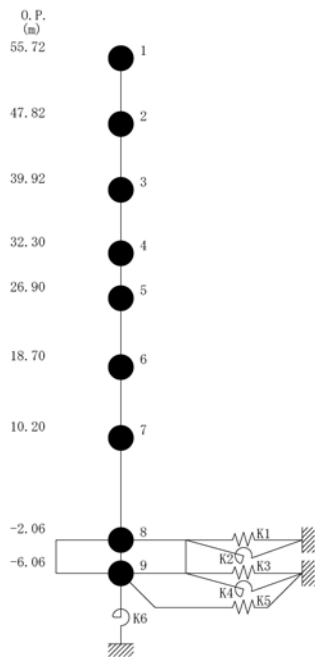
*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2. 2. 4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

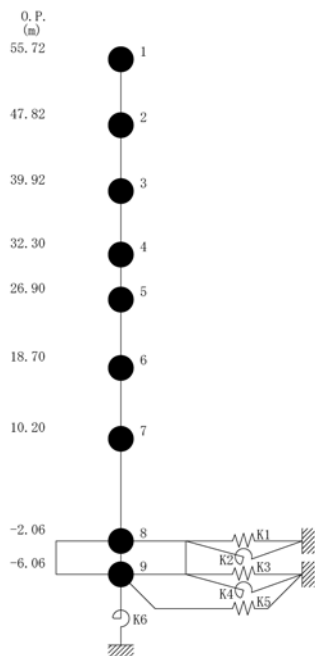


質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I (m^4)
1	14,380	25.99		
2	10,220	18.53	18.6	10,154
3	58,470	105.81	18.6	10,675
4	70,440	127.49	184.3	22,551
5	107,720	194.96	166.8	24,629
6	116,670	211.14	249.3	44,401
7	199,190	360.49	157.1	40,661
8	341,290 (63,750)	617.55 (115.35)	456.8	110,444
9	125,030	226.24	2,656.2	480,675
合計	1,043,410			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 46.60m(NS 方向) \times 57.00m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I (m^4)
1	14,380	14.71		
2	10,220	10.40	14.0	5,941
3	58,470	59.72	14.0	6,307
4	70,440	71.88	108.2	11,927
5	107,720	194.96	117.3	14,199
6	116,670	211.14	185.7	33,796
7	199,190	539.37	173.1	41,960
8	341,290 (63,750)	923.98 (172.59)	418.1	132,121
9	125,030	338.53	2,656.2	719,166
合計	1,043,410			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 46.60m(NS 方向) \times 57.00m(EW 方向)

表 2.2.4-3 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.2.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-108.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.2.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩 (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

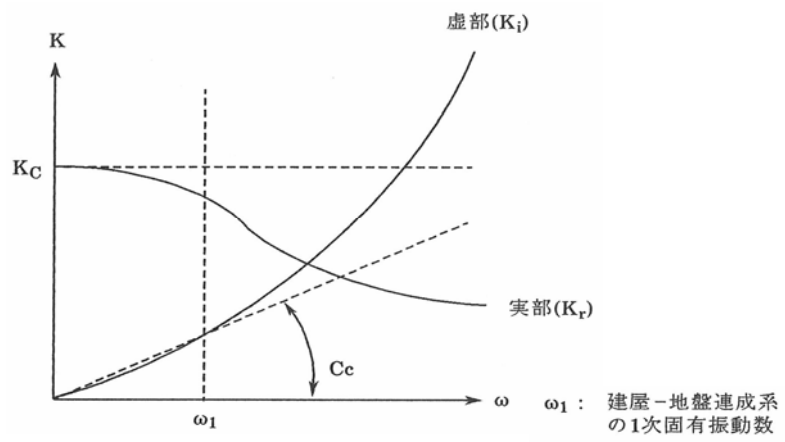


図 2.2.4-2 地盤ばねの近似

2.2.5. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向、EW方向の最大応答加速度を、滞留水を未考慮の場合と比較して、図2.2.5-1～図2.2.5-6に示す。

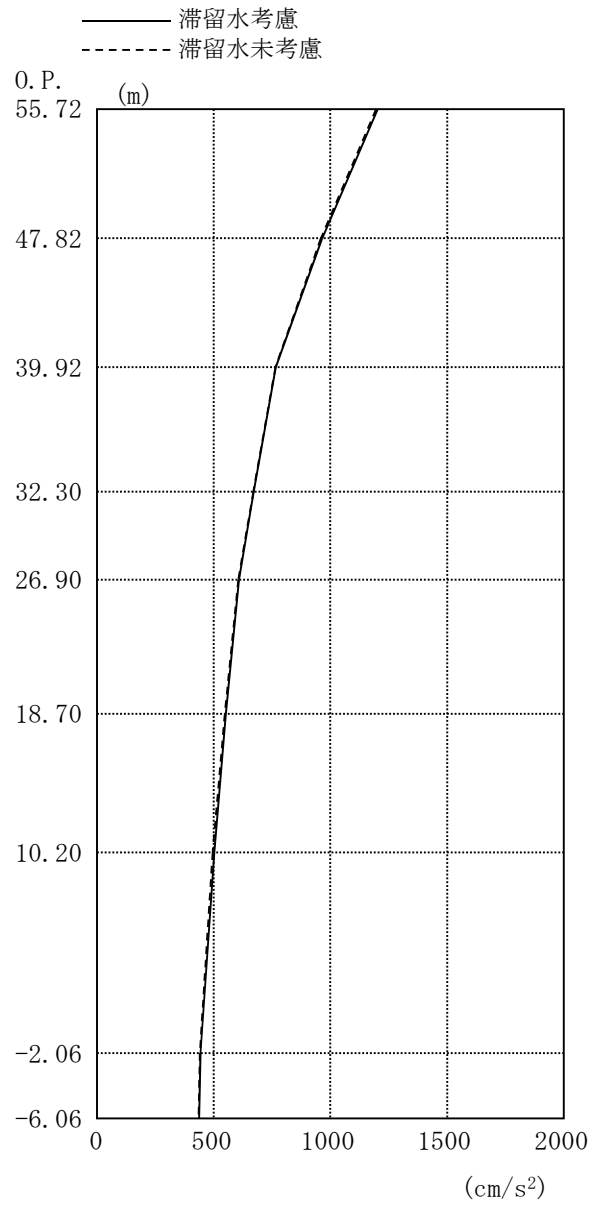


図 2.2.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

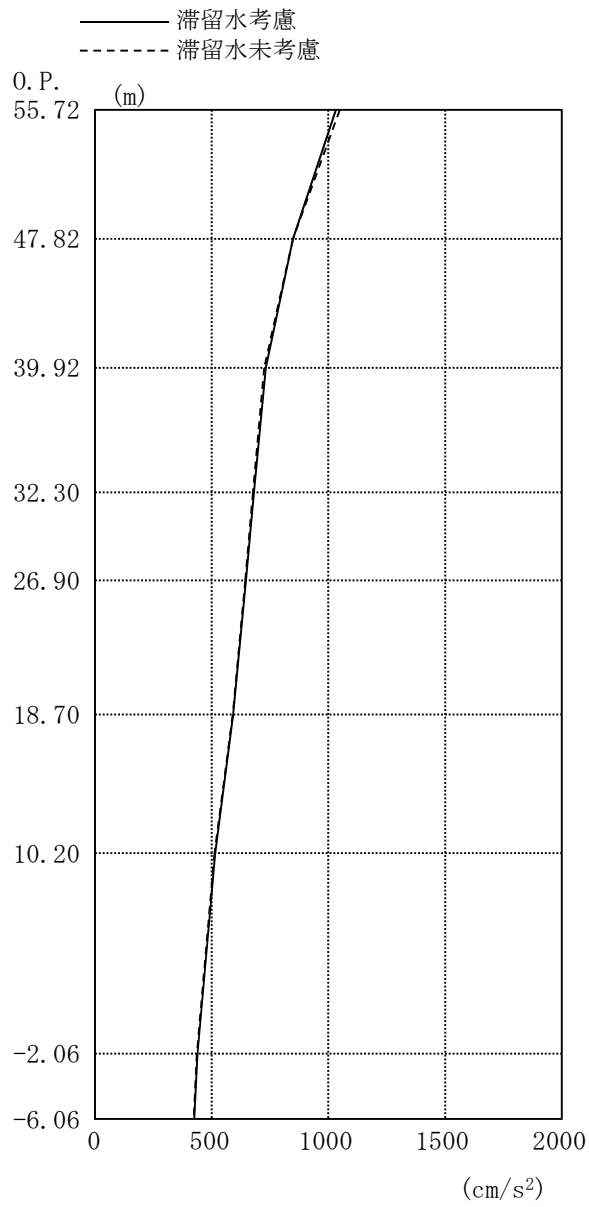


图 2.2.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

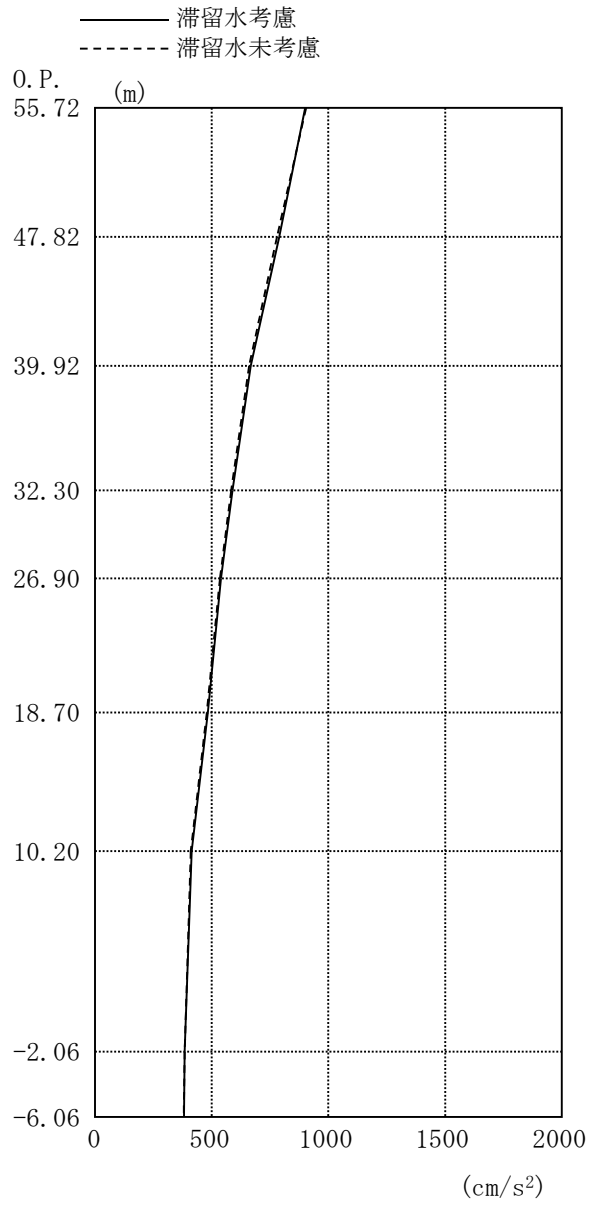


図 2.2.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

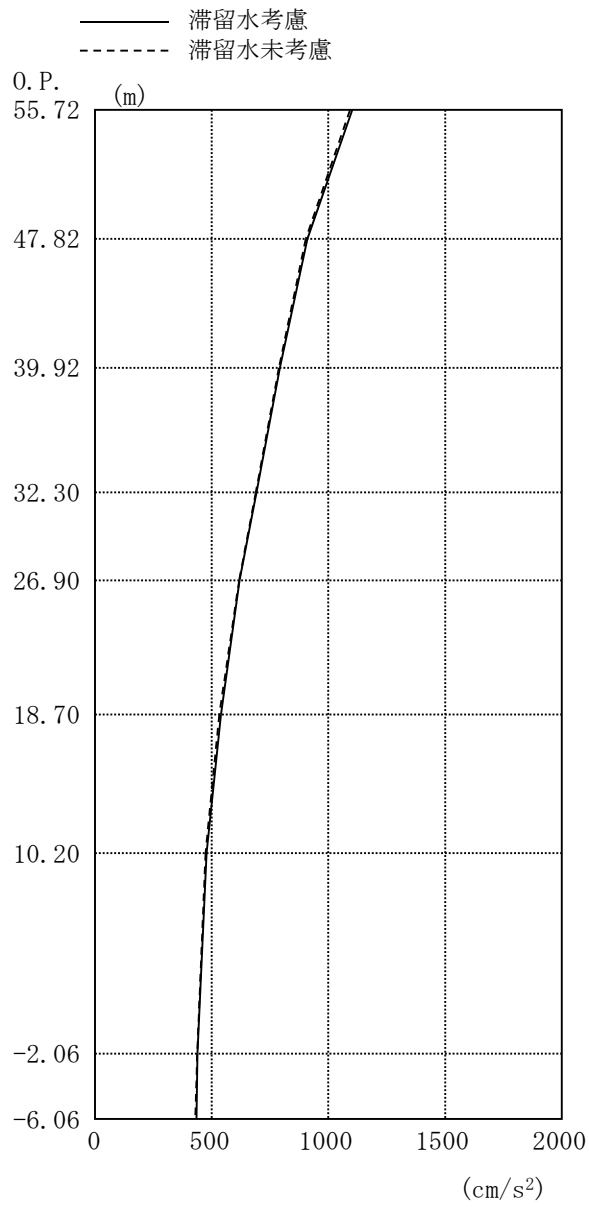


図 2.2.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

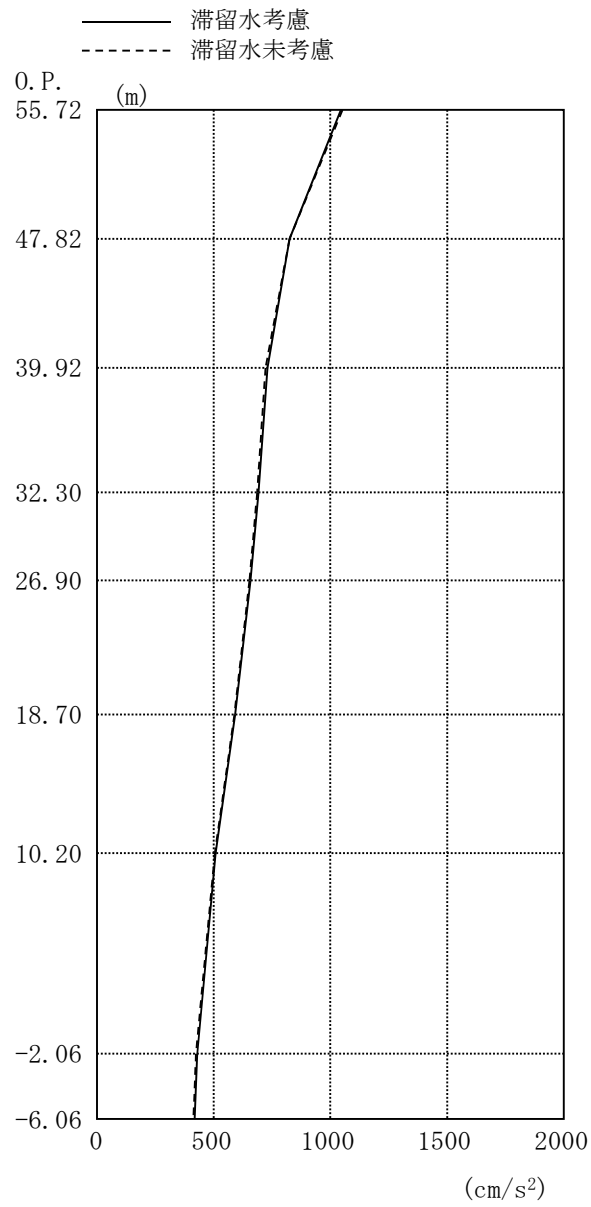


図 2.2.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

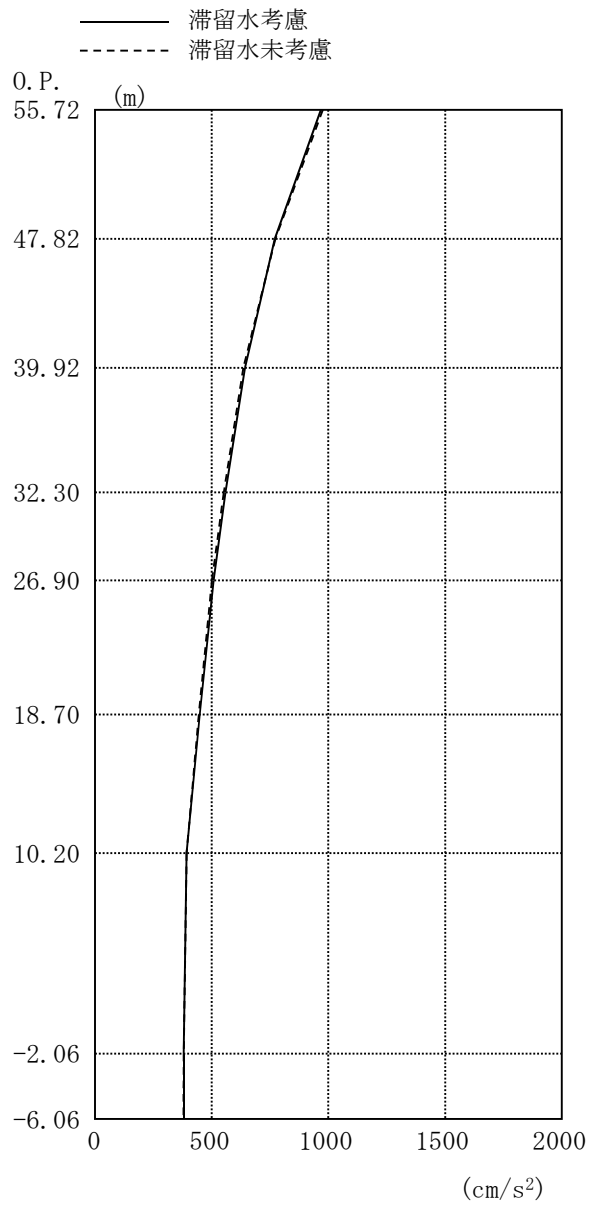


图 2.2.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

2.2.6. 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 2.2.6-1 および表 2.2.6-2 に示す。また、図 2.2.6-1 および図 2.2.6-2 に基準地震動 S_s に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で 0.08×10^{-3} であり、評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、2号炉原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.2.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$)

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20~-2.06	考慮	0.07	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.07	0.06	

表 2.2.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$)

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20~-2.06	考慮	0.08	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.08	0.06	

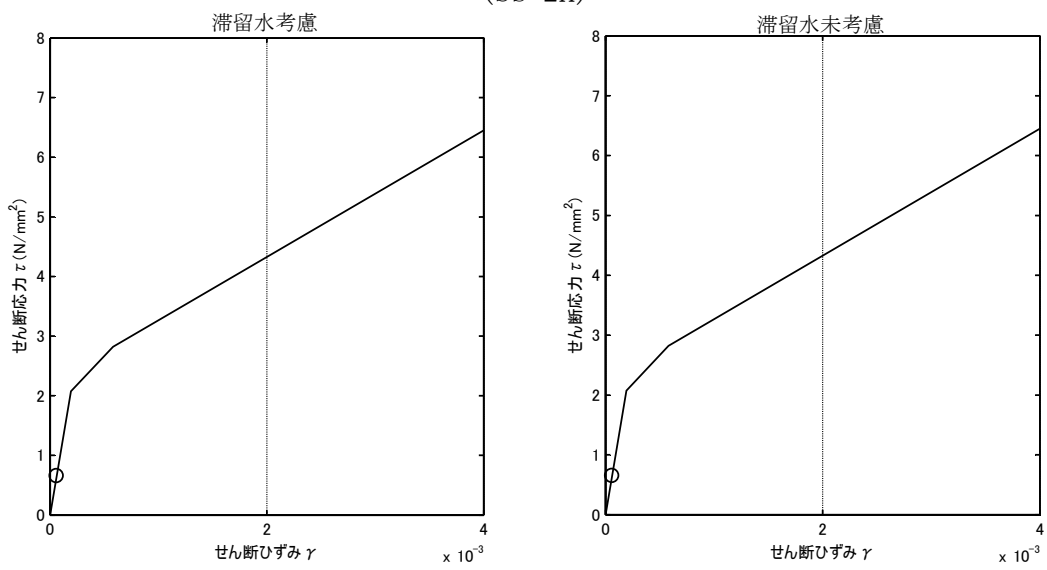
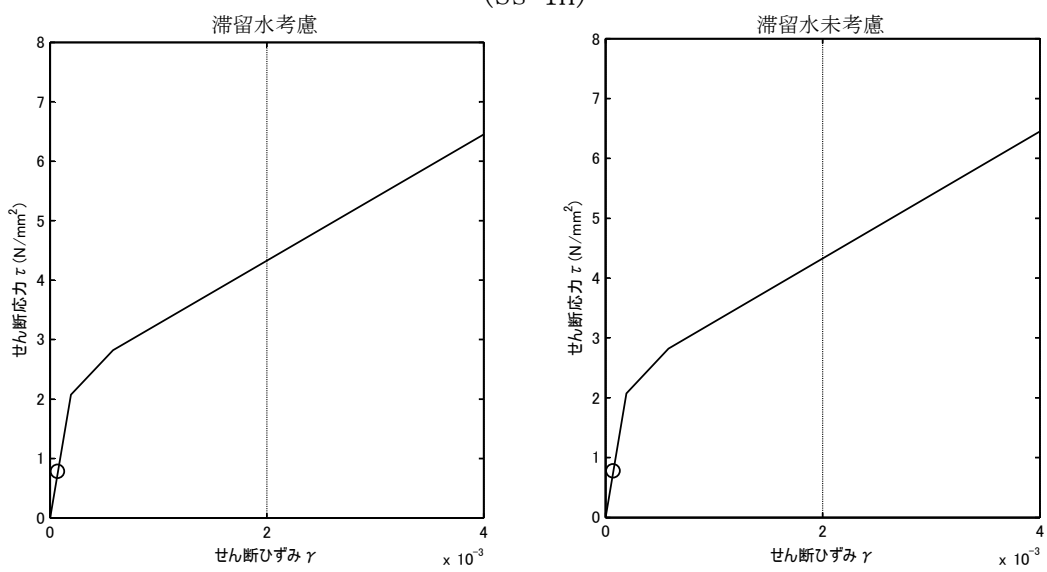
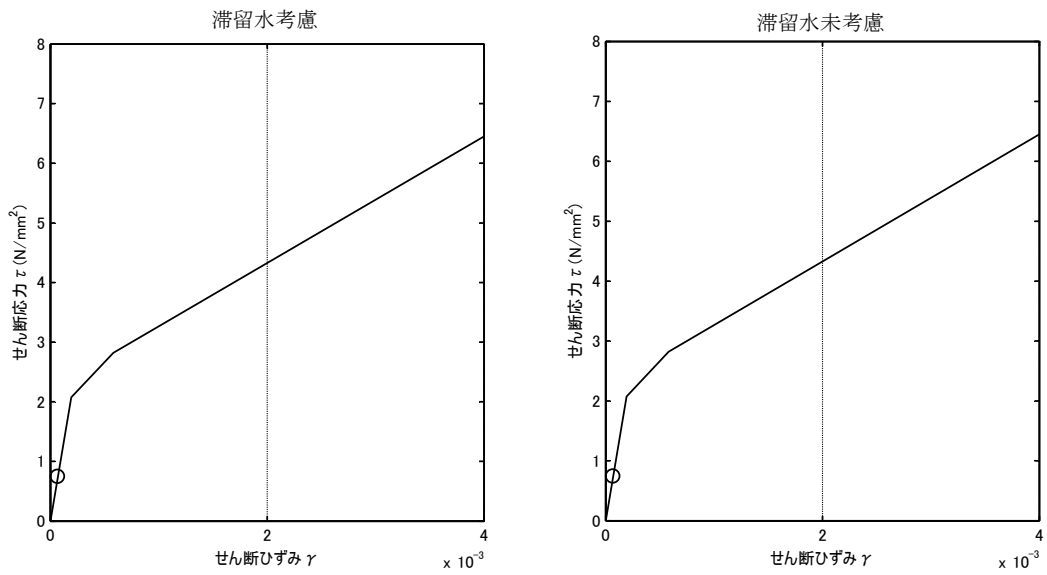
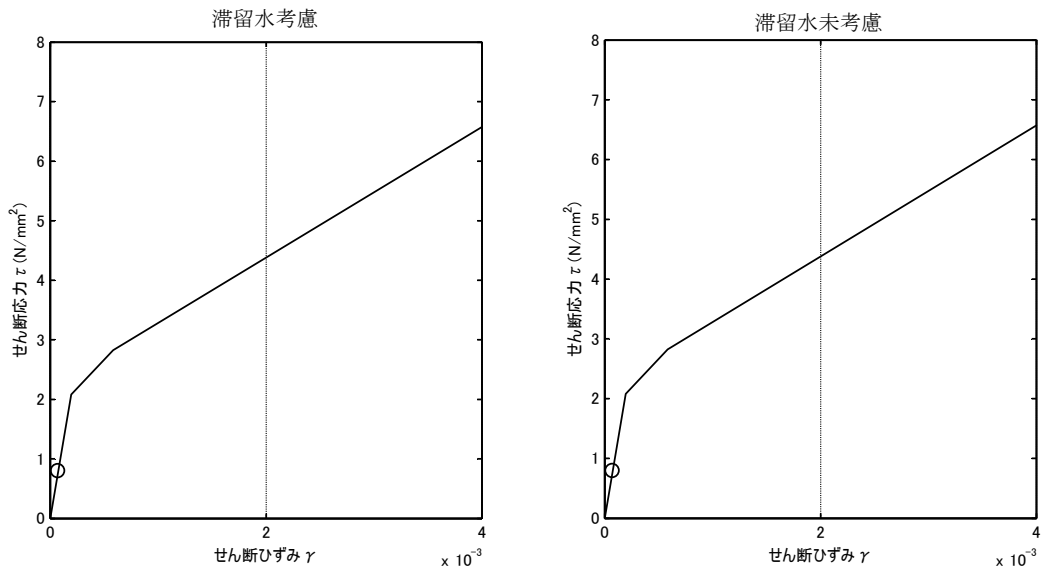
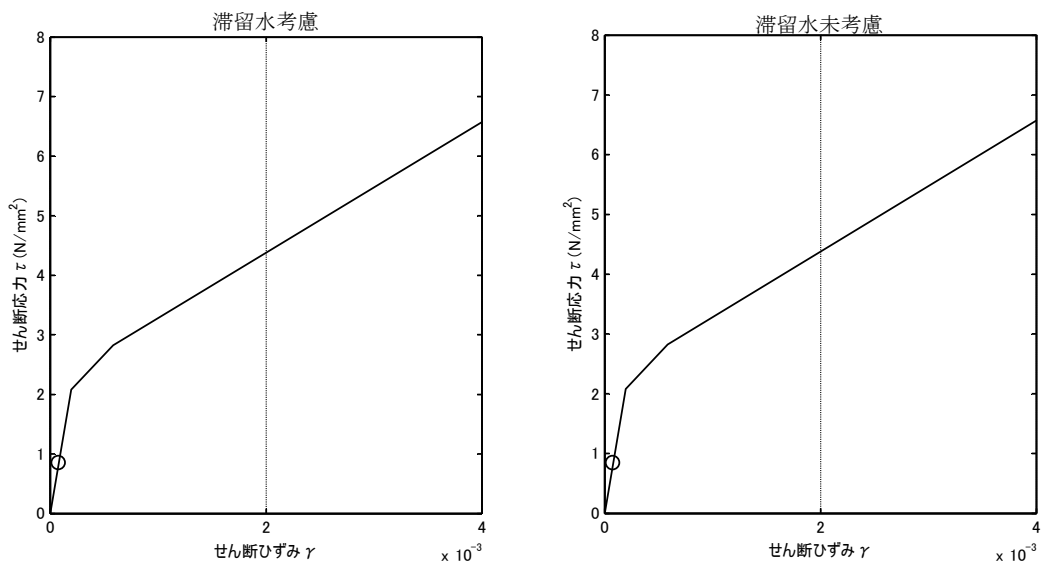


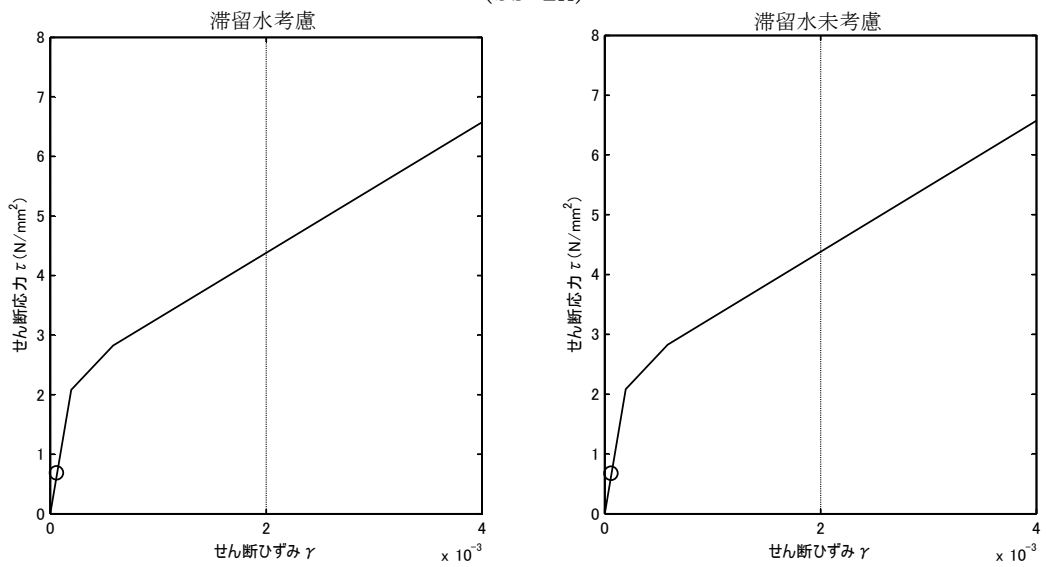
図 2.2.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.2.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

3. タービン建屋

3.1. 3号炉タービン建屋（代表号炉）

3.1.1. 解析評価方針

タービン建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

タービン建屋については地下滞留水量が最大となる代表号炉を選定する。

解析モデルは、地下1階から地上3階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 (4.0×10^{-3}) を超えないことを確認することとする。

タービン建屋の地震応答解析の評価手順例を、図-3.1.1に示す。

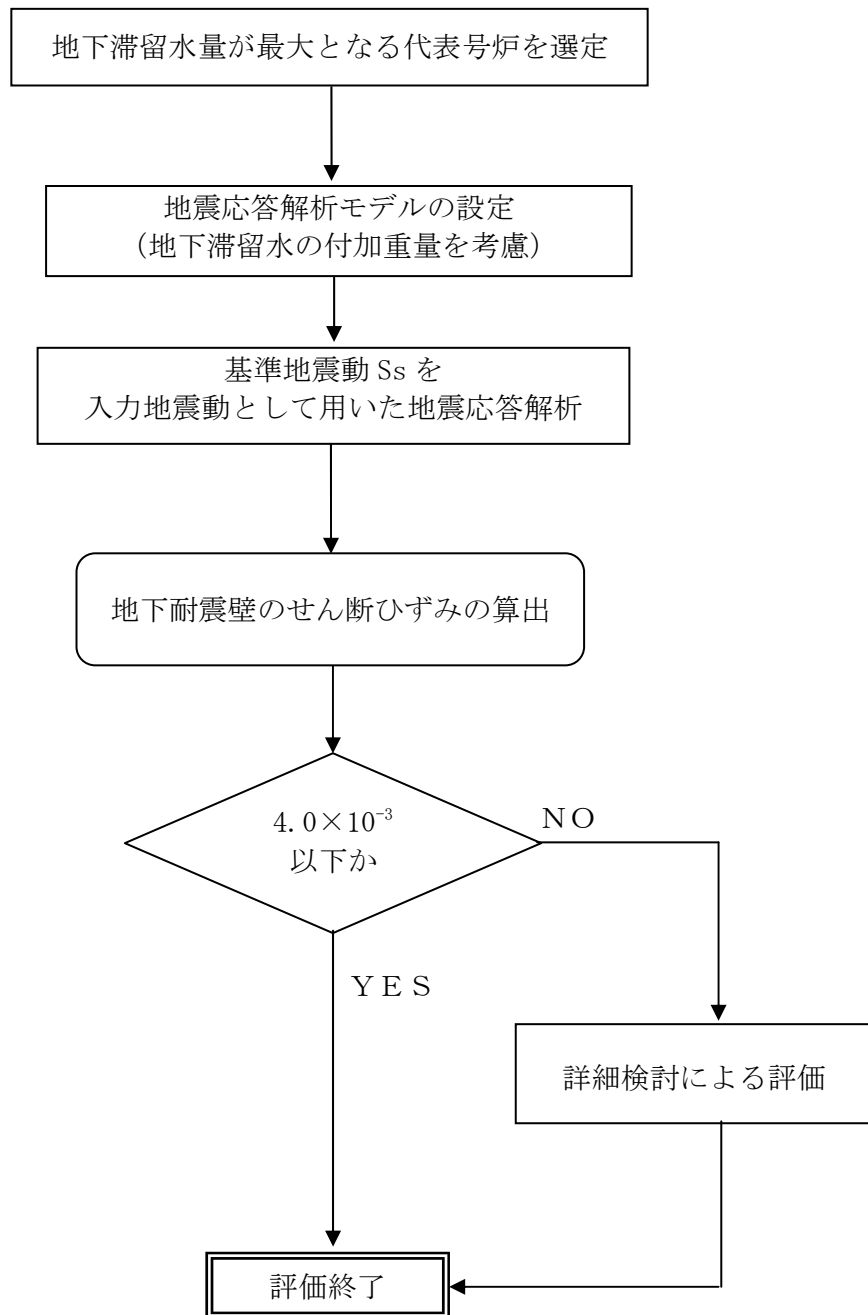


図 3.1.1-1 タービン建屋の地震応答解析の評価手順例

3.1.2. 代表号炉の選定

タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 3.1.2-1 に示す。表 3.1.2-1 より、貯水量の最も多い3号炉を代表号炉と選定する。

表 3.1.2-1 タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉
水位	O.P. 5,300	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	9,600m ³	13,500m ³	16,400m ³	12,800m ³

3.1.3. 解析に用いる入力地震動

3号炉タービン建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図3.1.3-1に示す。この3号炉タービン建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動 S_s の加速度波形について、図3.1.3-2に示す。

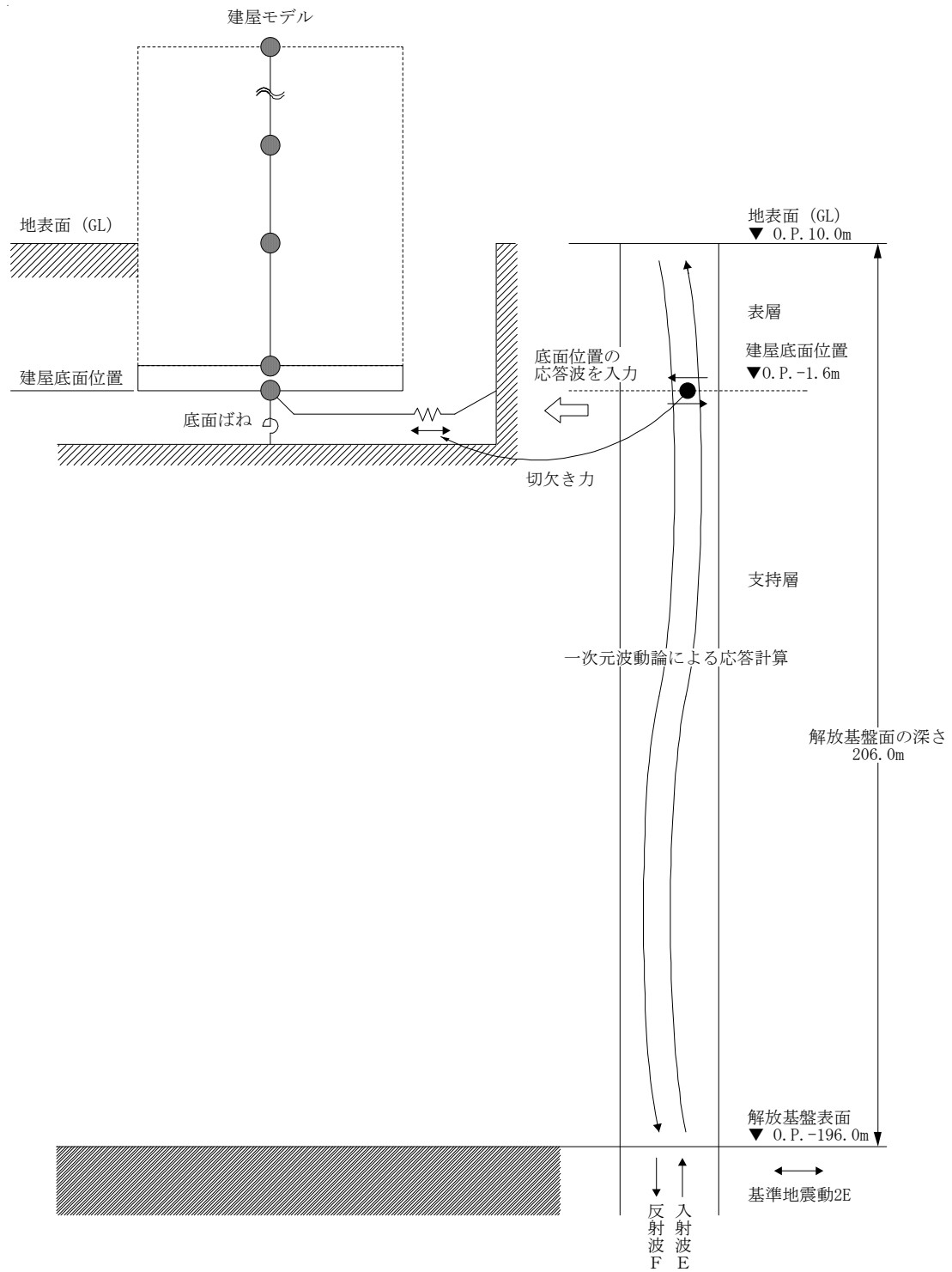
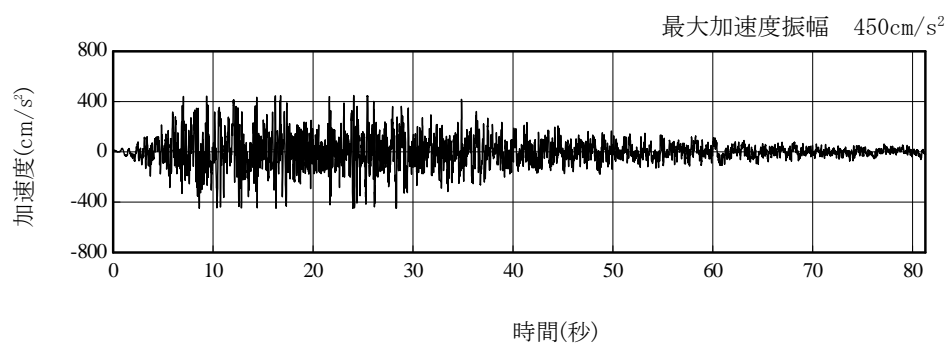
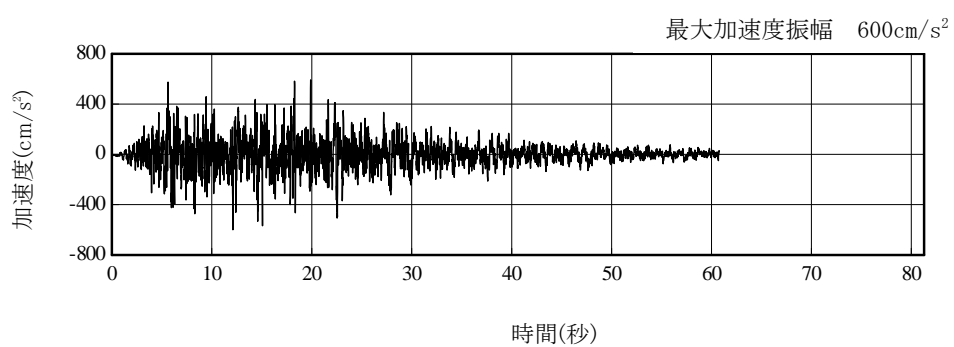


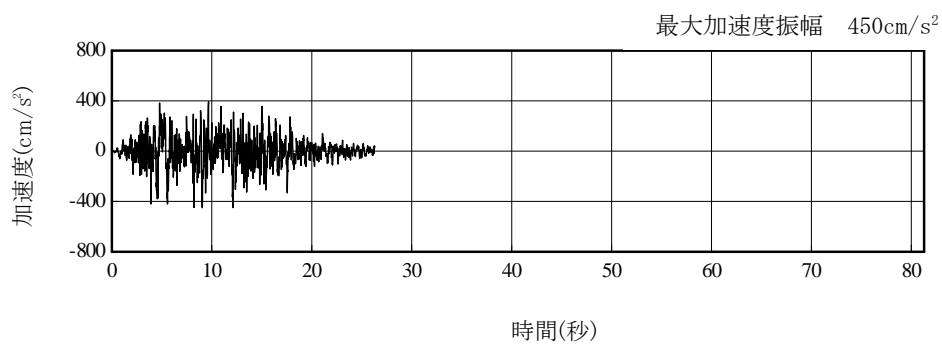
図 3.1.3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 3. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

3.1.4. 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する3号炉タービン建屋の地震応答解析は、「3.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図3.1.4-1および図3.1.4-2に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表3.1.4-1に、建屋解析モデルの諸元を図3.1.4-3～図3.1.4-6に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表3.1.4-2に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図3.1.4-7に示すようにばね定数(K_c)として実部の静的な値を、また、減衰係数(C_c)として建屋－地盤連成系の1次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

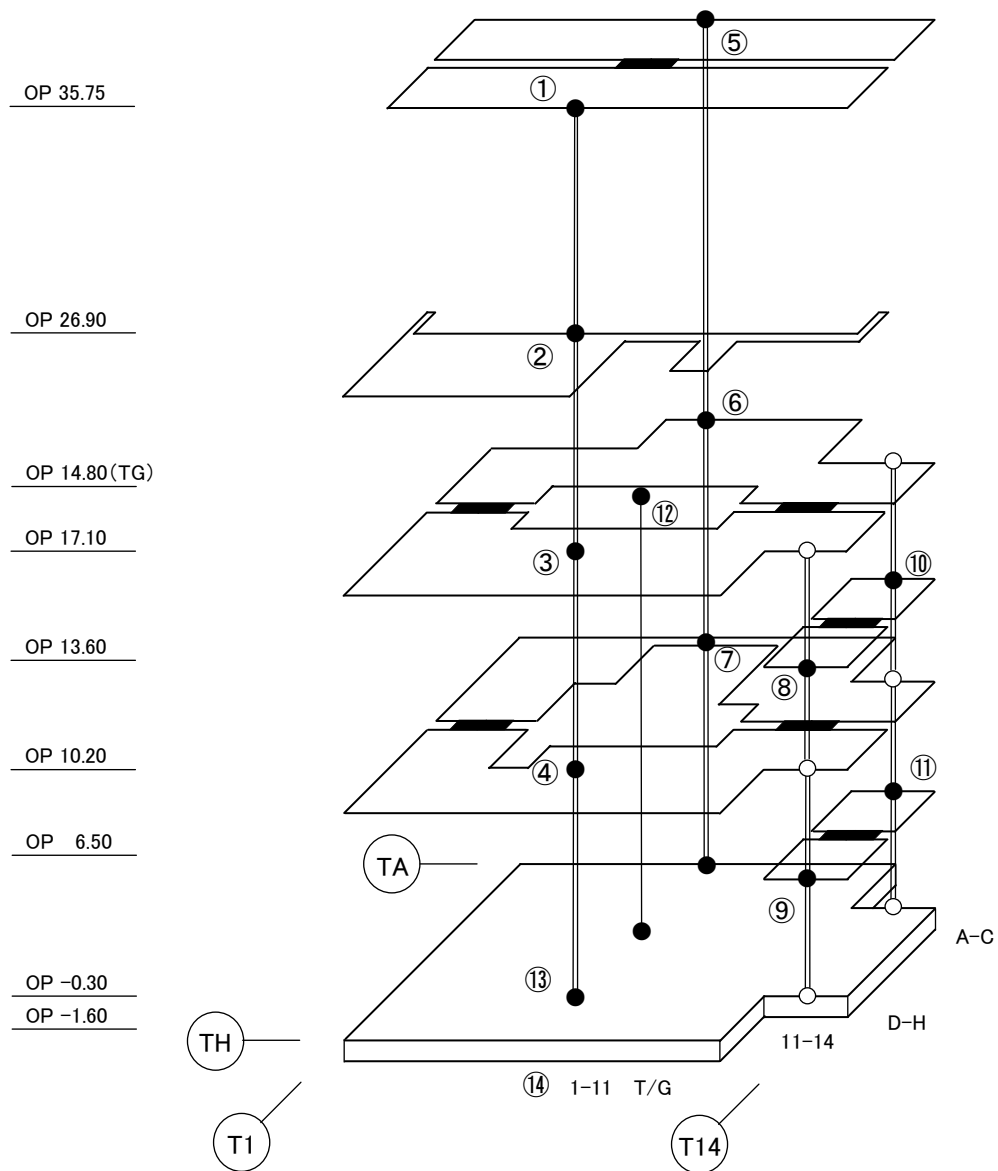


図 3.1.4-1 3号炉タービン建屋 地震応答解析モデル (NS方向)

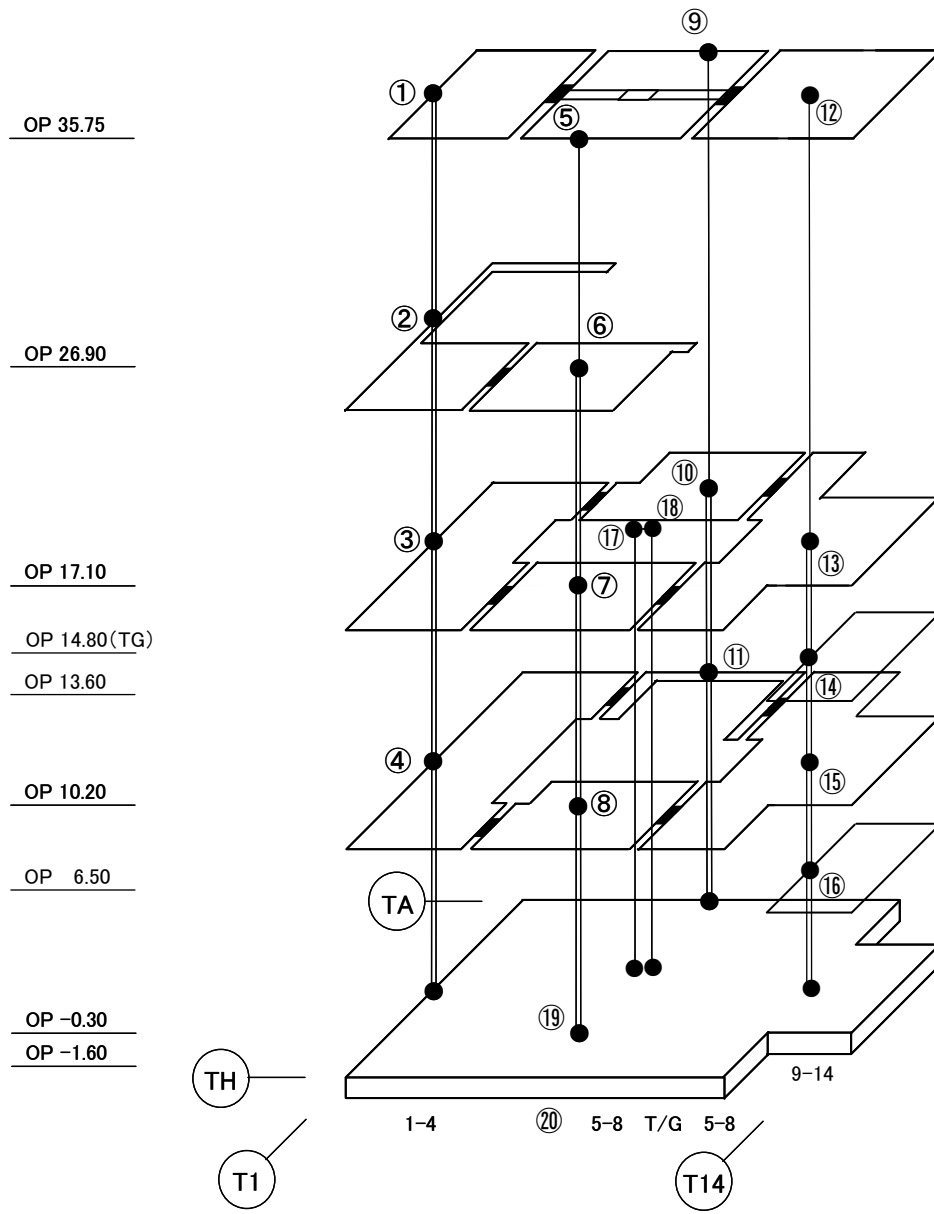


図 3.1.4-2 3号炉タービン建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

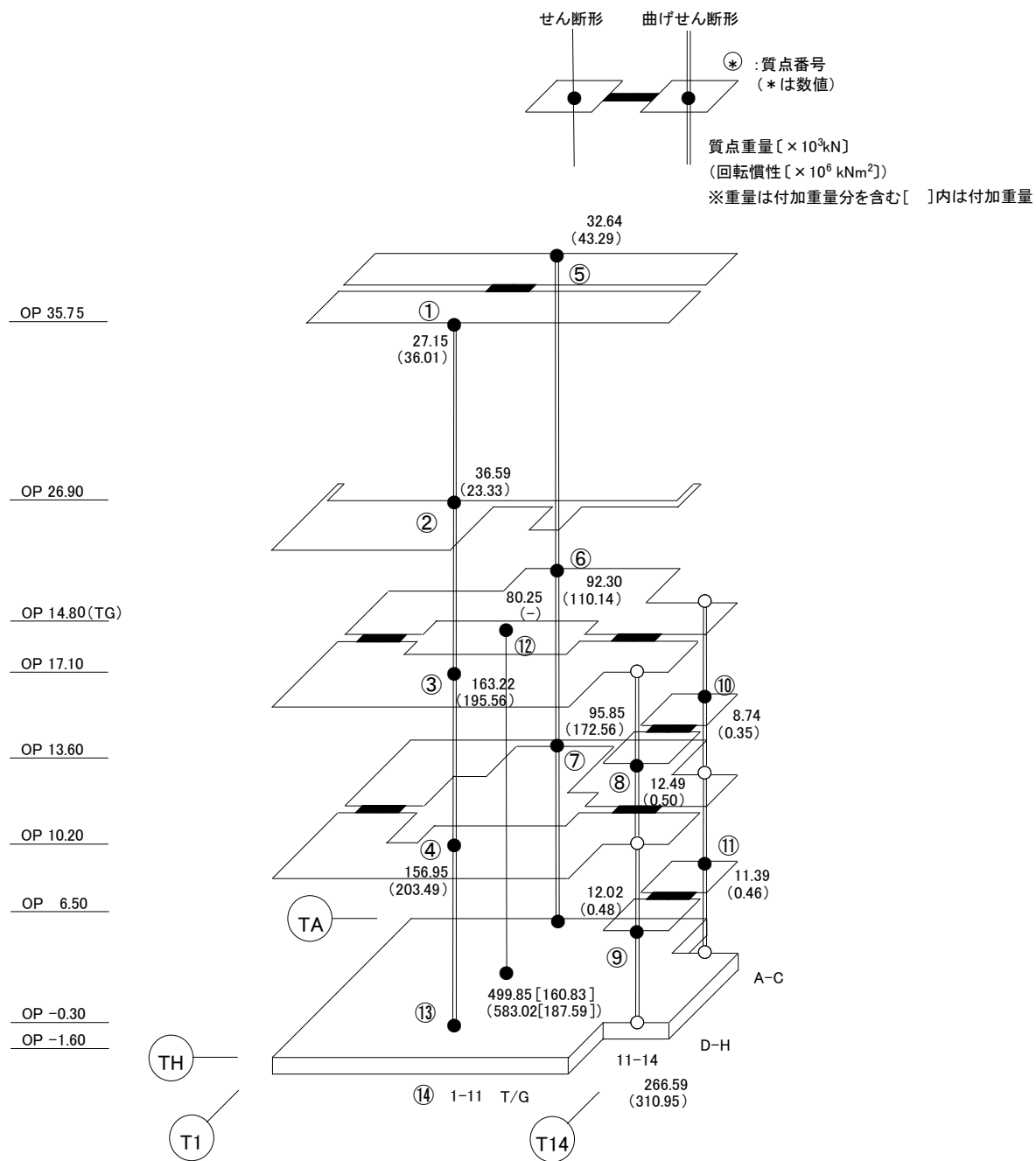
表 3.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
	35.0	2.57×10 ⁴	1.07×10 ⁴	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				
鋼材	SS400相当 (SS41)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

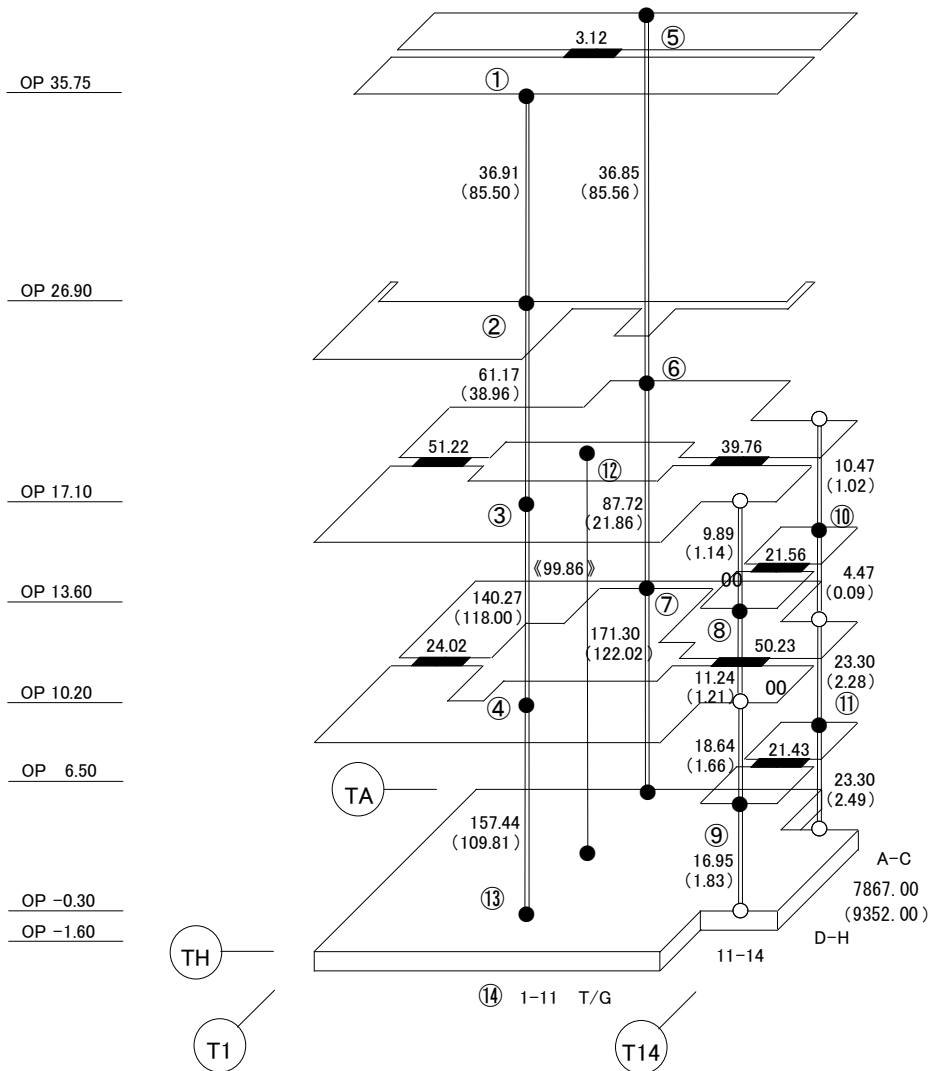
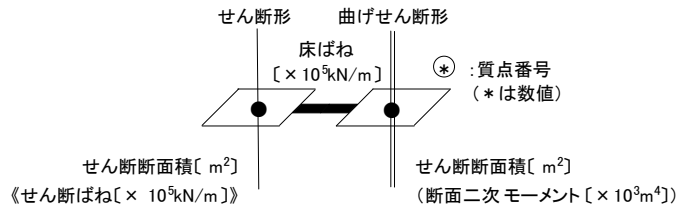
*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。



総重量 : 1,496,030 kN

図 3.1.4-3 建屋解析モデルの諸元 (重量・回転慣性) (NS 方向)



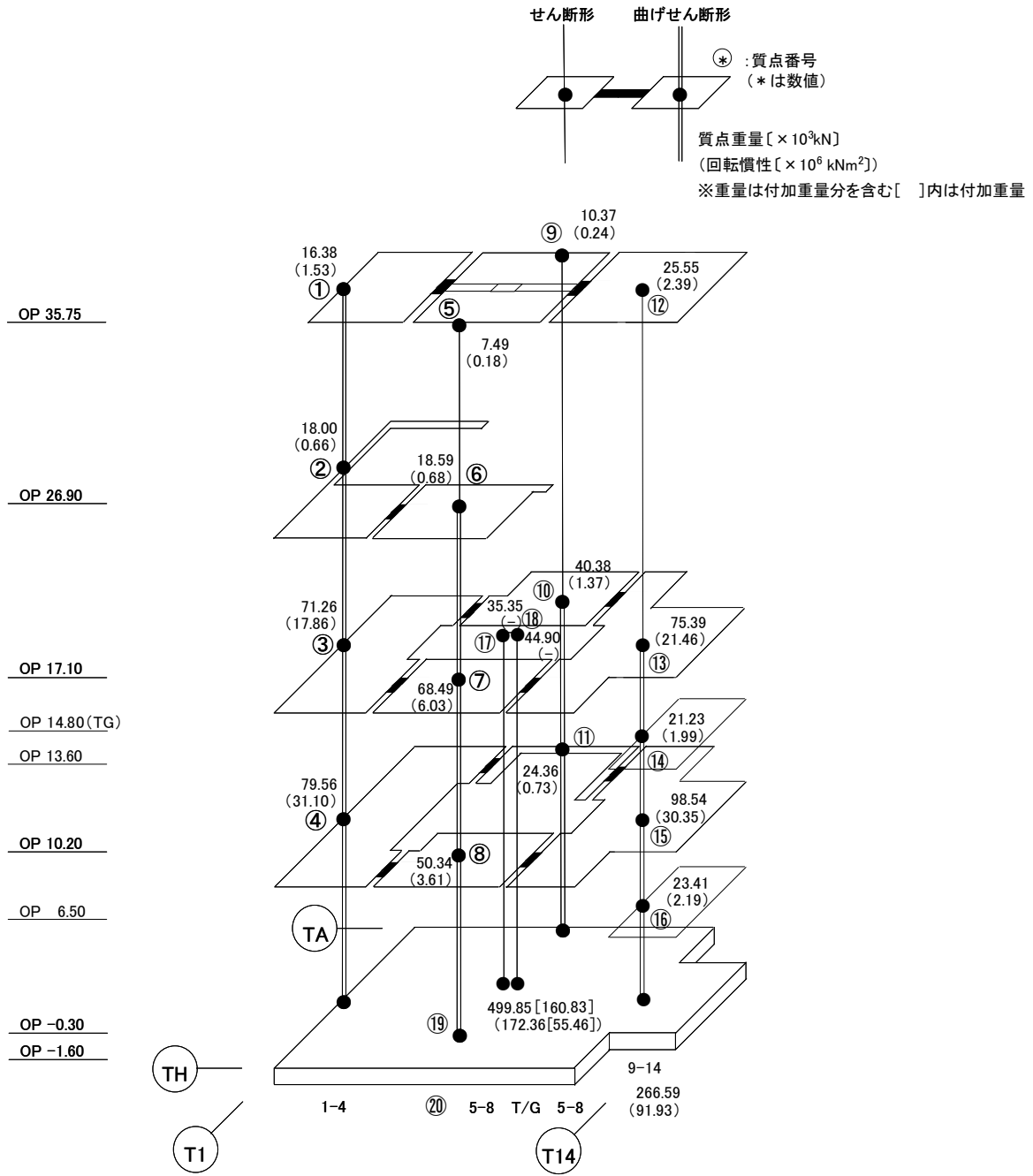
建屋の物性値

ヤング係数 : $E = 2.57 \times 10^7$ [kN/m²] コンクリートの物性

せん断弾性係数 : $G = 10.7 \times 10^6$ [kN/m²] コンクリートの物性

基礎形状 116.38m (NS 方向) x 67.60m (EW 方向)

図 3.1.4-4 建屋解析モデルの諸元 (剛性) (NS 方向)



総重量 : 1,496,030 kN

図 3.1.4-5 建屋解析モデルの諸元 (重量・回転慣性) (EW 方向)

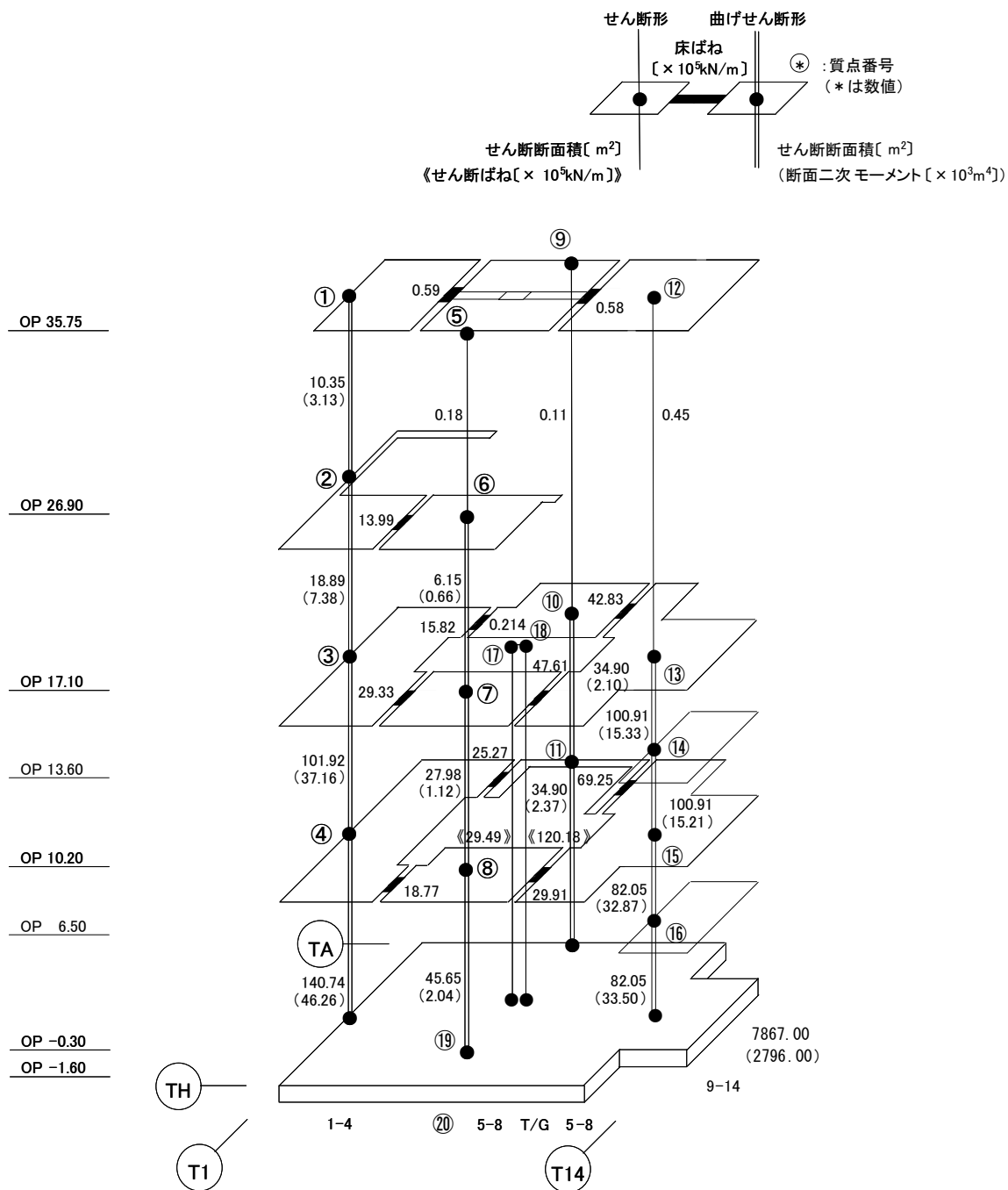


図 3.1.4-6 建屋解析モデルの諸元 (剛性) (EW 方向)

表 3.1.4-2 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 3.1.4-2 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 3.1.4-2 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

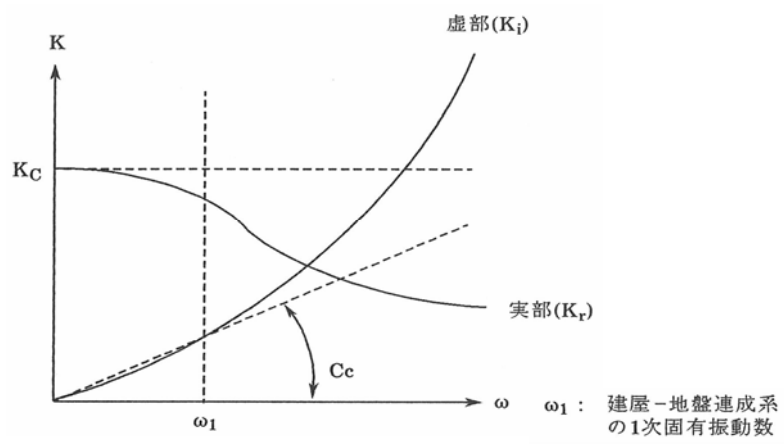


図 3.1.4-7 地盤ばねの近似

3.1.5. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して, 図 3.1.5-1～図 3.1.5-6 に示す。

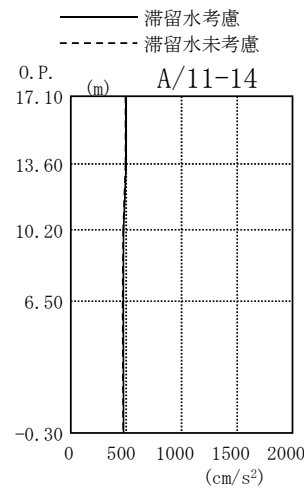
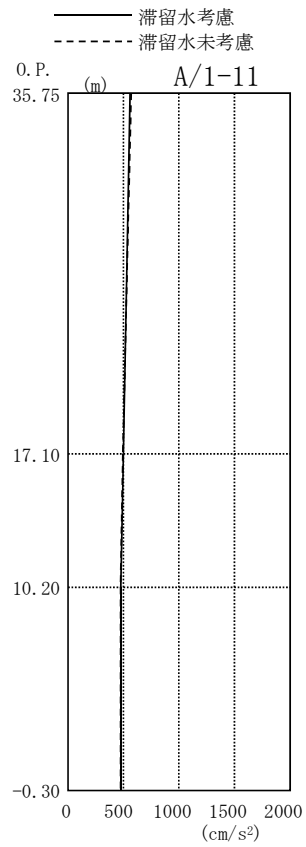
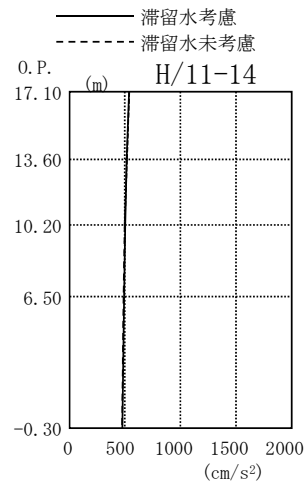
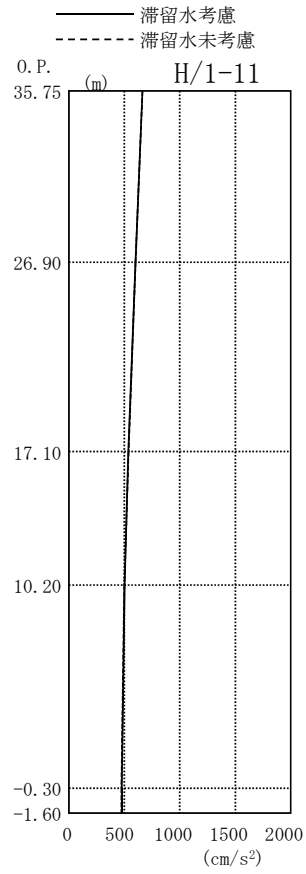


図 3.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・S_S-1H)

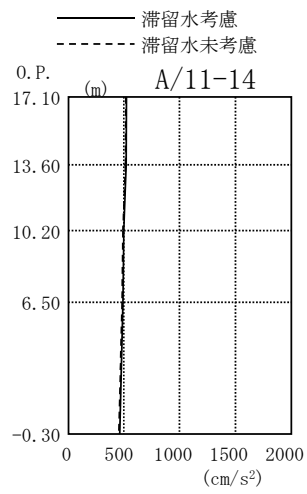
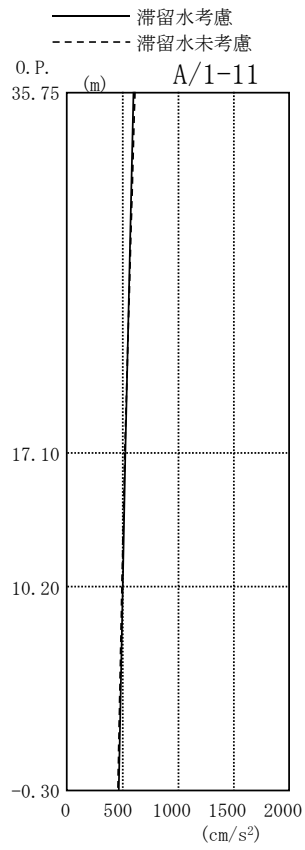
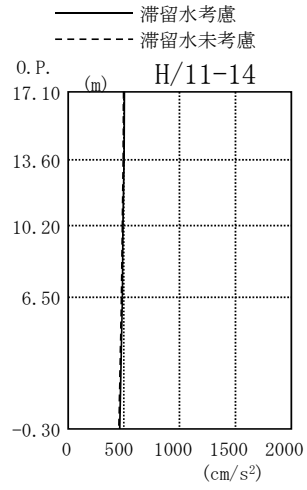
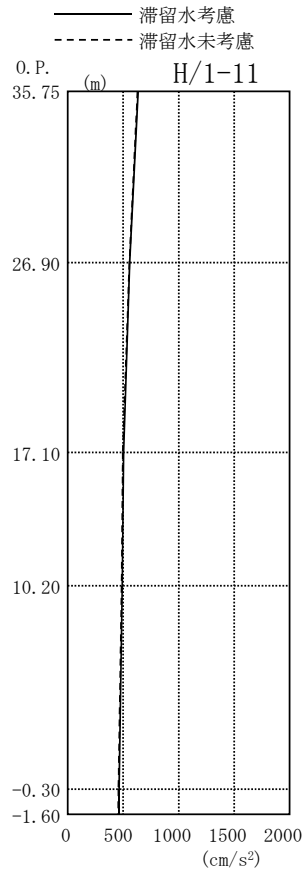


图 3.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

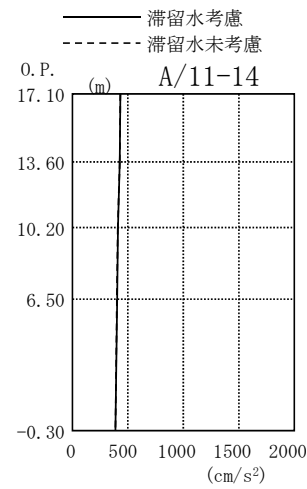
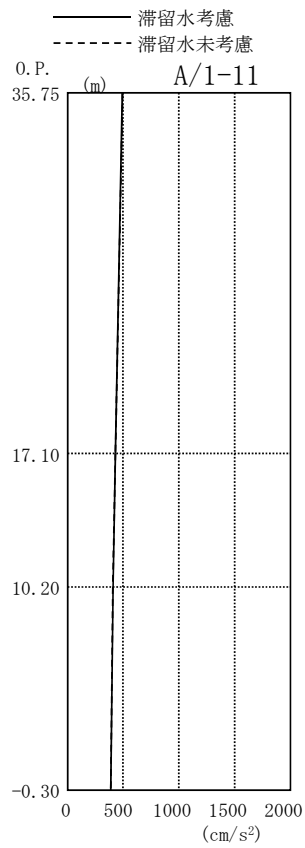
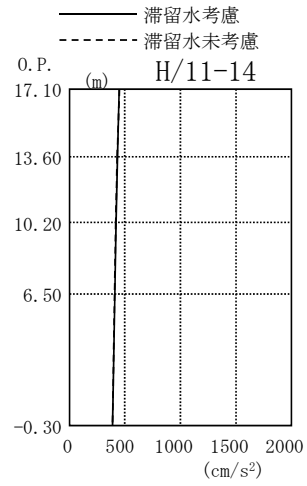
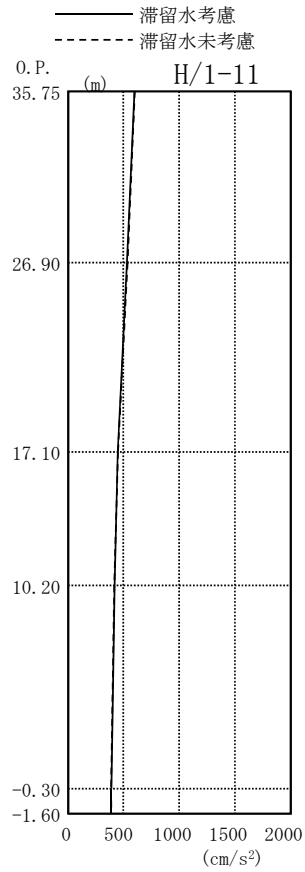


图 3.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

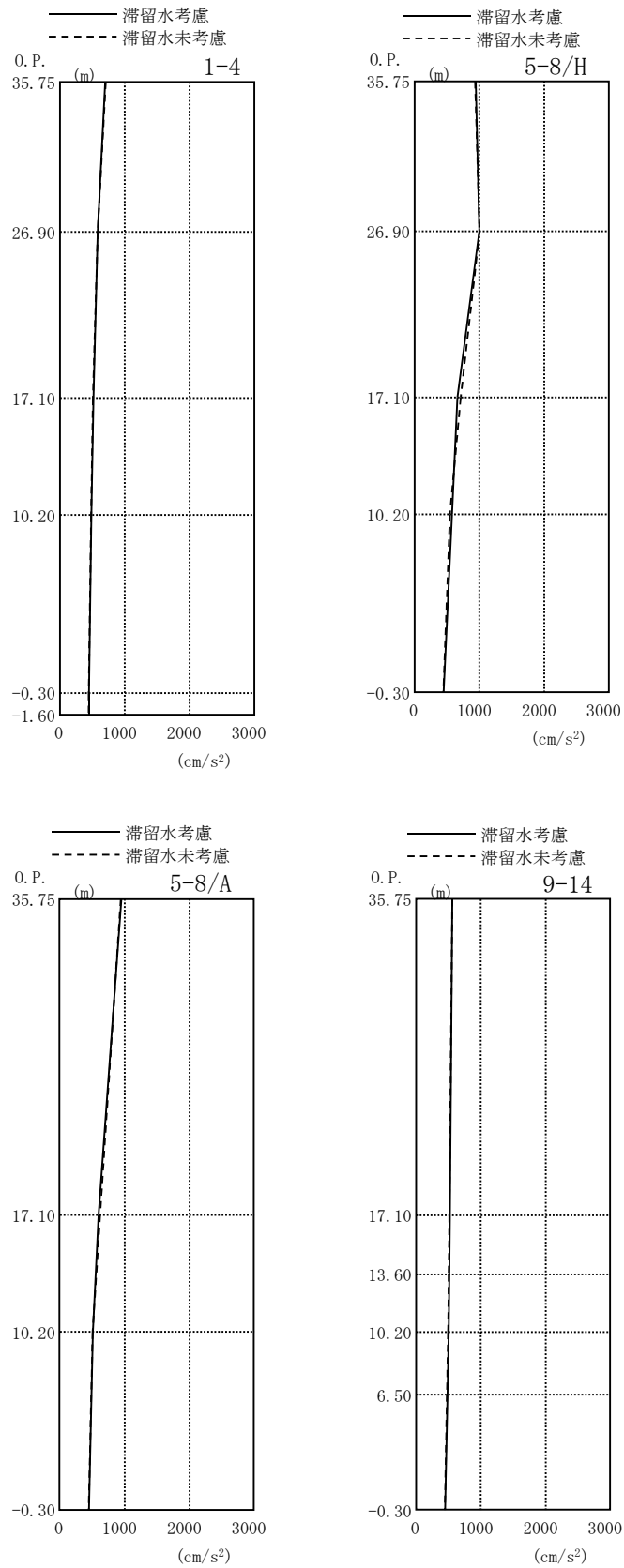


图 3.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

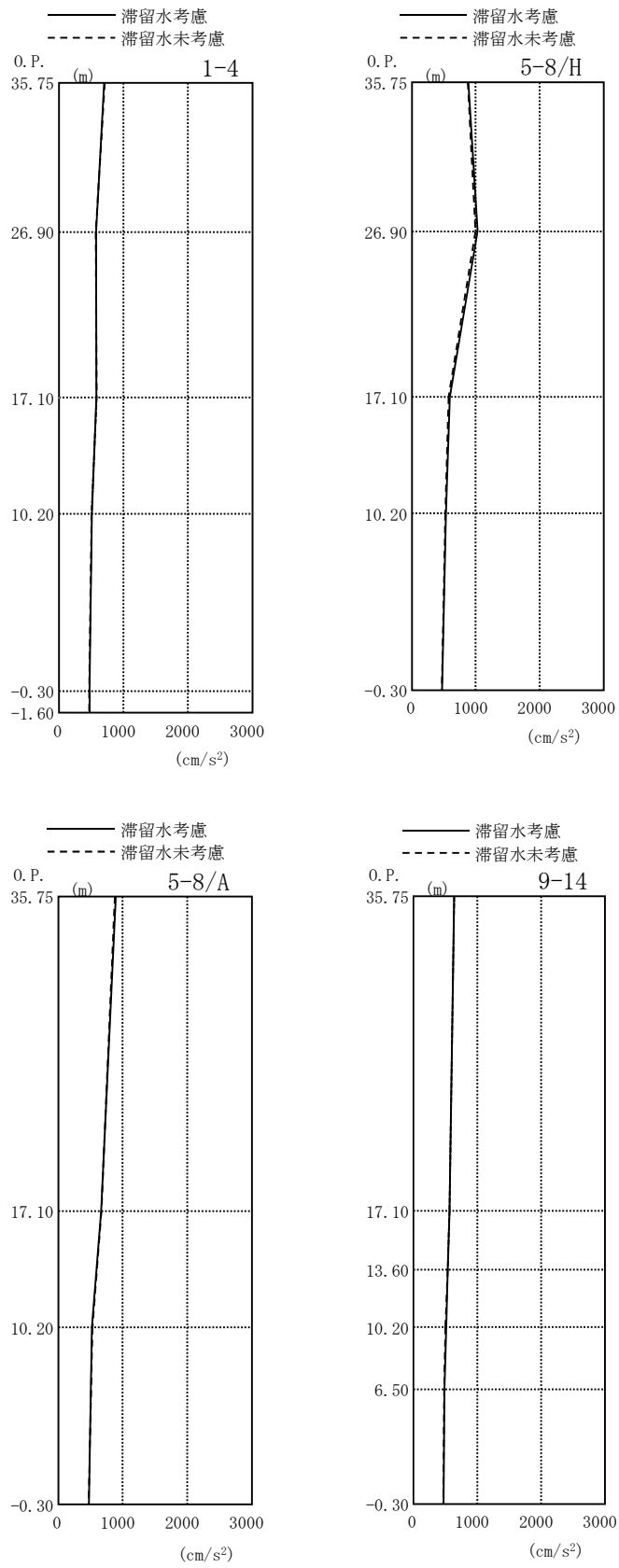


图 3.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・S_S-2H)

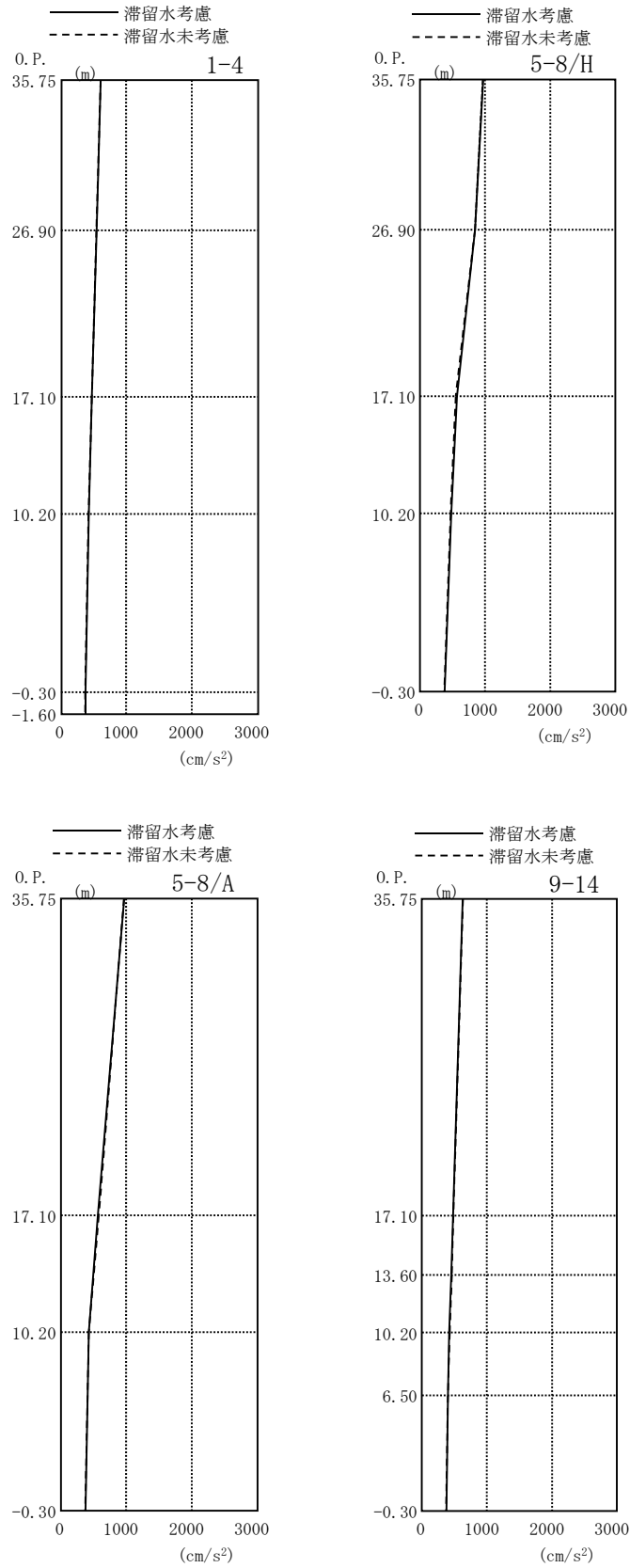


図 3.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・SS-3H)

3.1.6. 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 3.1.6-1 および表 3.1.6-2 に示す。また、図 3.1.6-1 および図 3.1.6-2 に基準地震動 S_s に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で 0.15×10^{-3} であり、評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、3号炉タービン建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 3.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

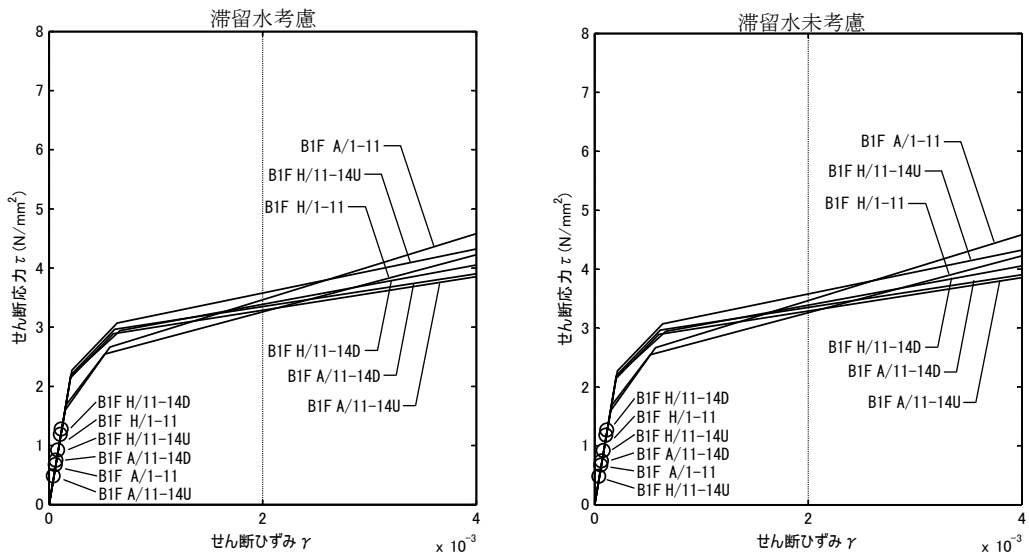
(単位: $\times 10^{-3}$)

階	通り	O.P.	S _s -1H		S _s -2H		S _s -3H		評価基準	
			滞留水		滞留水		滞留水			
			考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮		
B1F	H/1-11	10.20~-0.30	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	4.0 以下	
	H/11-14	U	10.20~6.50	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08		0.08
		D	6.50~-0.30	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11		0.11
	A/1-11	10.20~-0.30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06		
	A/11-14	U	10.20~6.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04		0.04
		D	6.50~-0.30	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06		0.06

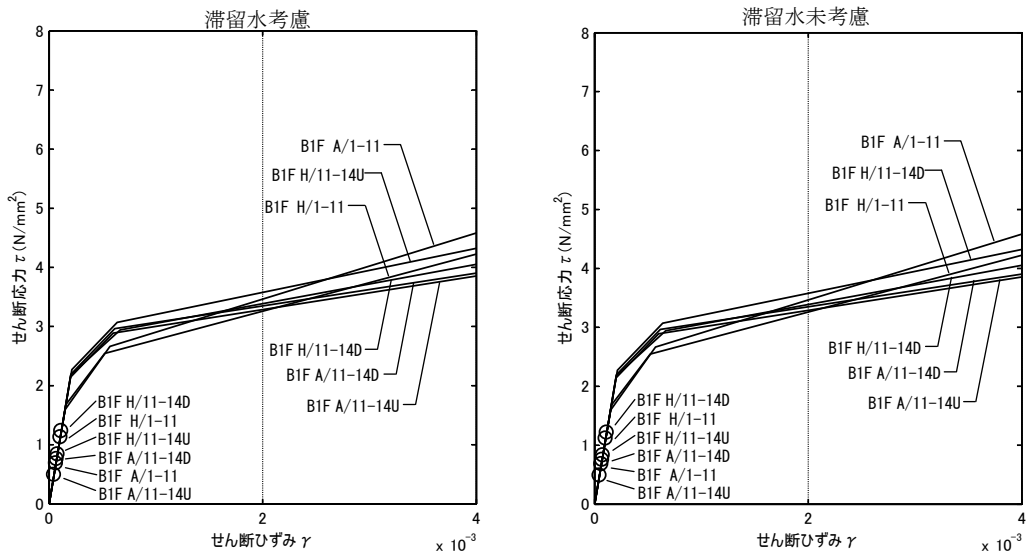
表 3.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位: $\times 10^{-3}$)

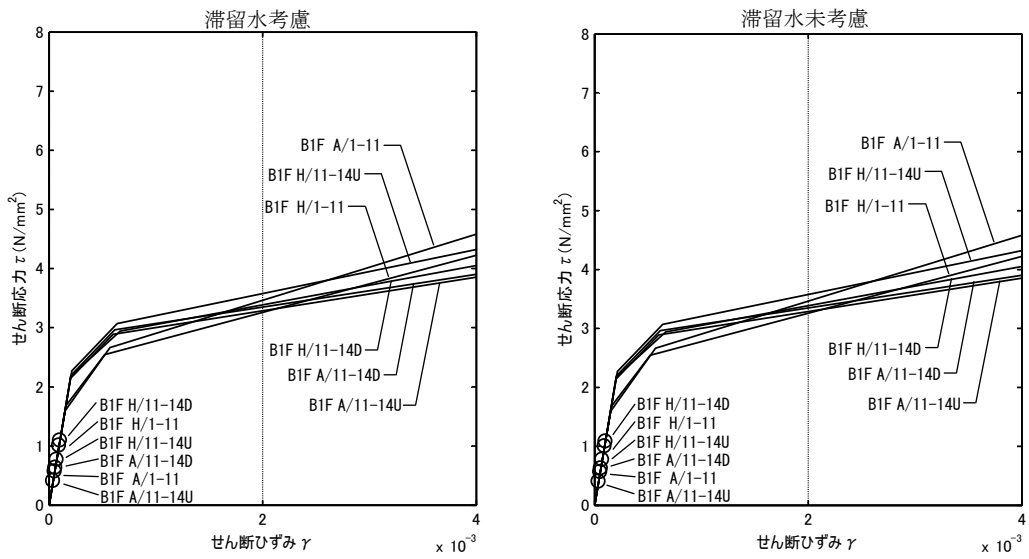
階	通り	O.P.	S _s -1H		S _s -2H		S _s -3H		評価基準	
			滞留水		滞留水		滞留水			
			考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮		
B1F	1-4	10.20~-0.30	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	4.0 以下	
	5-8/H	10.20~-0.30	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08		
	5-8/A	10.20~-0.30	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08		
	9-14	U	10.20~6.50	0.13	0.13	0.14	0.13	0.11		0.11
		D	6.50~-0.30	0.14	0.14	0.15	0.15	0.12		0.12



(Ss-1H)

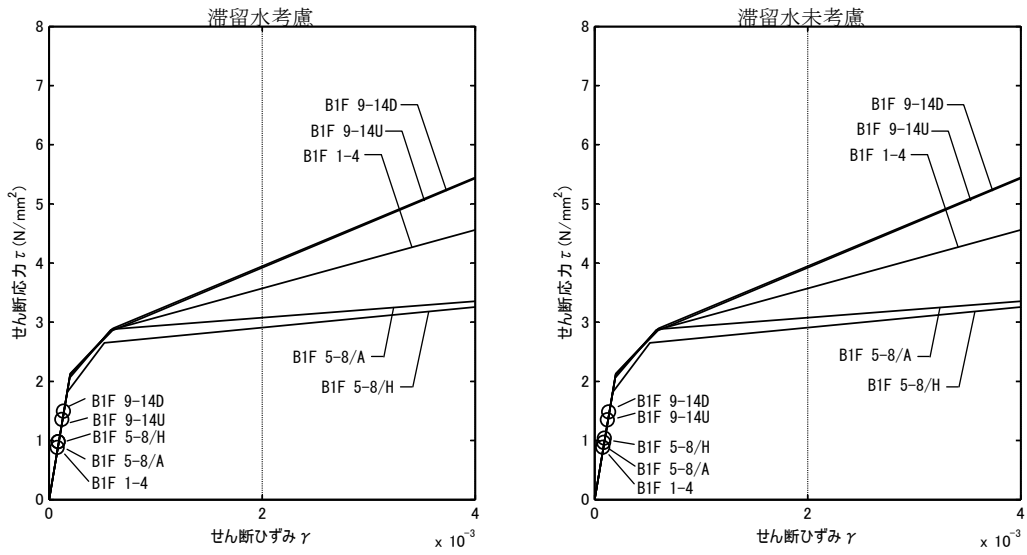


(Ss-2H)

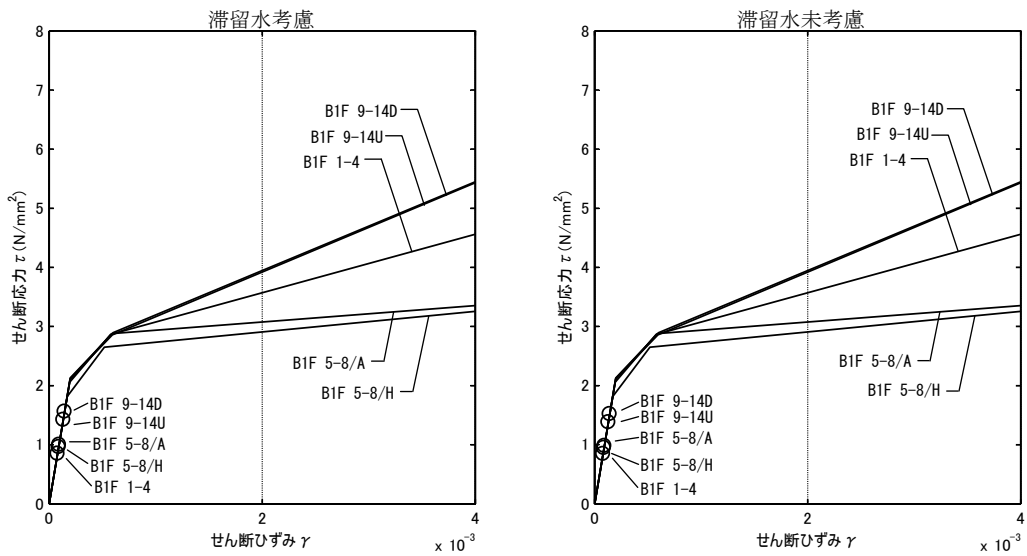


(Ss-3H)

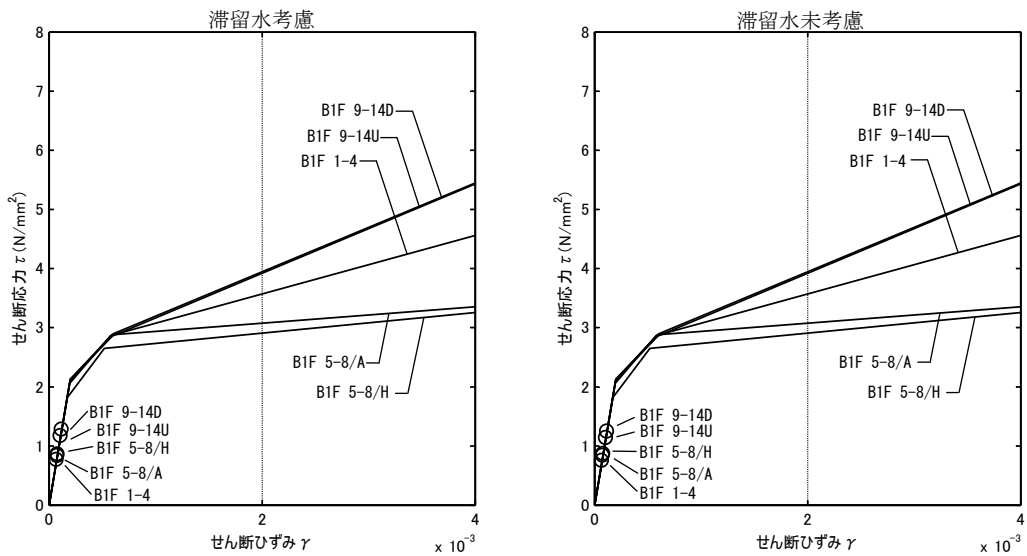
図 3. 1. 6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 3.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

4. 廃棄物処理建屋

4.1. 4号炉廃棄物処理建屋（代表号炉）

4.1.1. 解析評価方針

廃棄物処理建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

廃棄物処理建屋については地下滞留水量が最大となる代表号炉を選定する。

解析モデルは、地下1階から地上3階に設置された機器を含む建屋全域をNS, EW方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、保守的にその全てを固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 (4.0×10^{-3}) を超えないことを確認することとする。

廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 4.1.1-1 に示す。

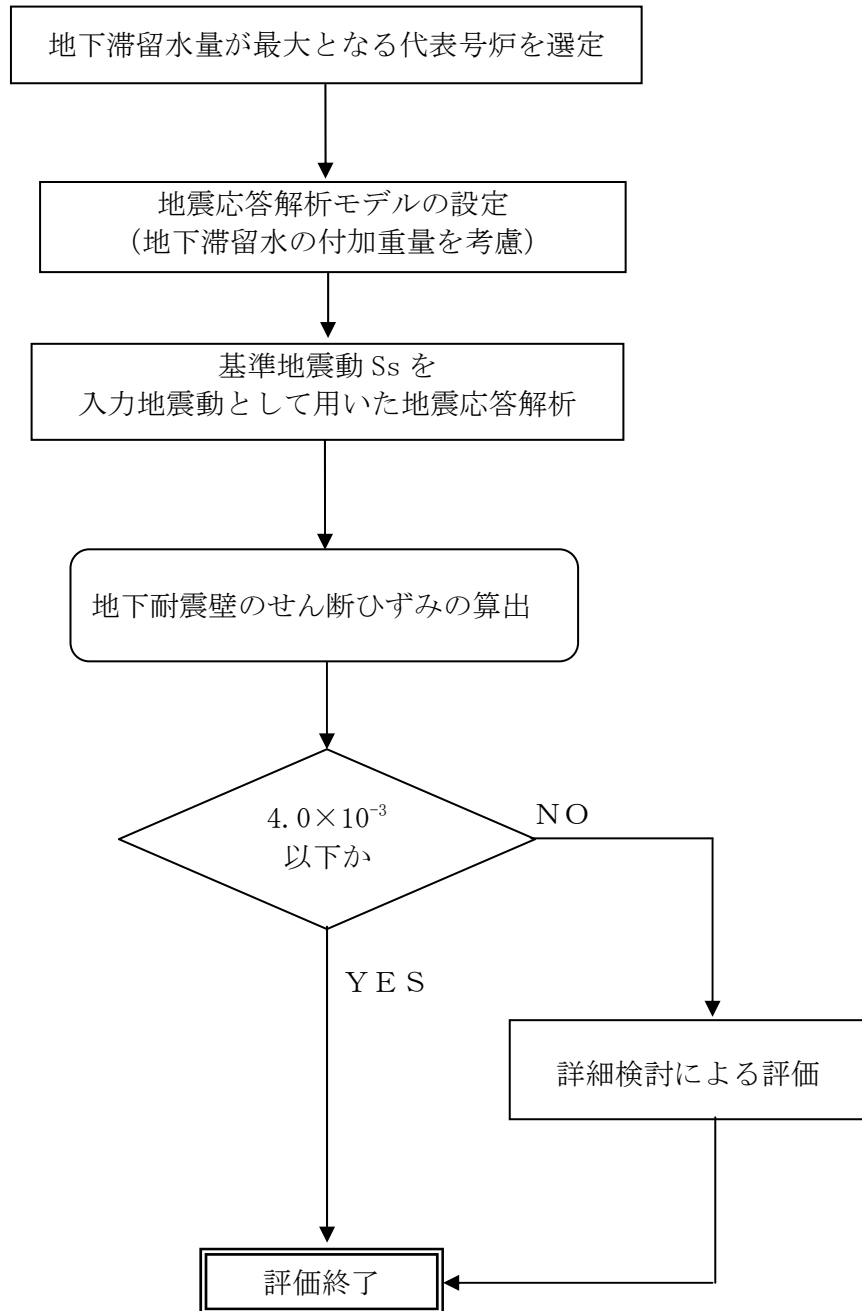


図 4.1.1-1 廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例

4.1.2. 代表号炉の選定

廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 4.1.2-1 に示す。表 4.1.2-1 より、貯水量の最も多い 4 号炉を代表号炉と選定する。

表 4.1.2-1 廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1 号炉	2 号炉	3 号炉	4 号炉
水位	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	1,400m ³	2,600m ³	2,600m ³	4,500m ³

4.1.3 解析に用いる入力地震動

4号炉廃棄物処理建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図4.1.3-1に示す。この廃棄物処理建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置(O.P. -196.0m)における基準地震動 S_s の加速度波形について、図4.1.3-2に示す。

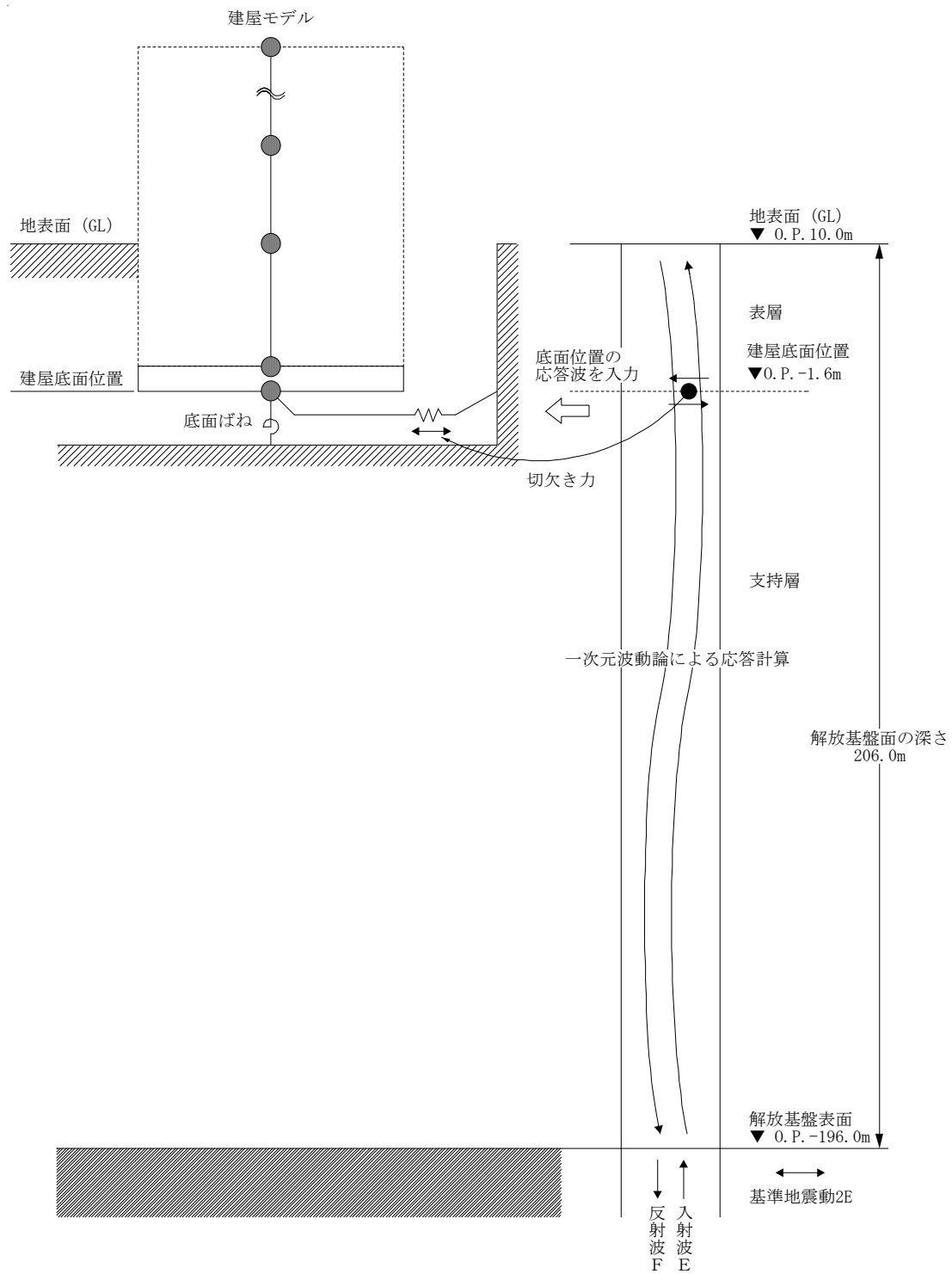
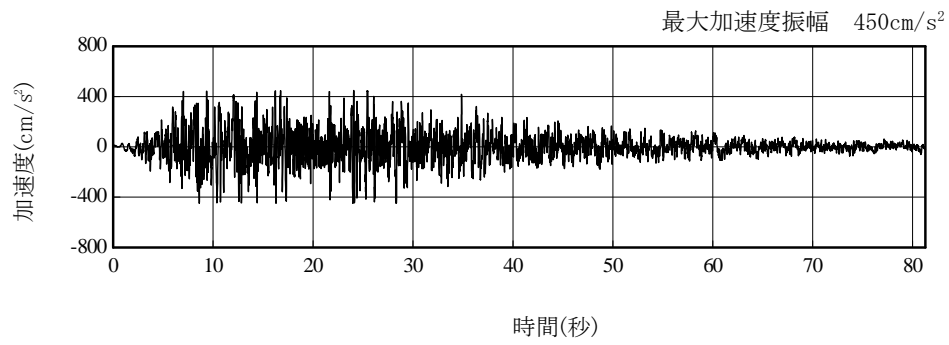
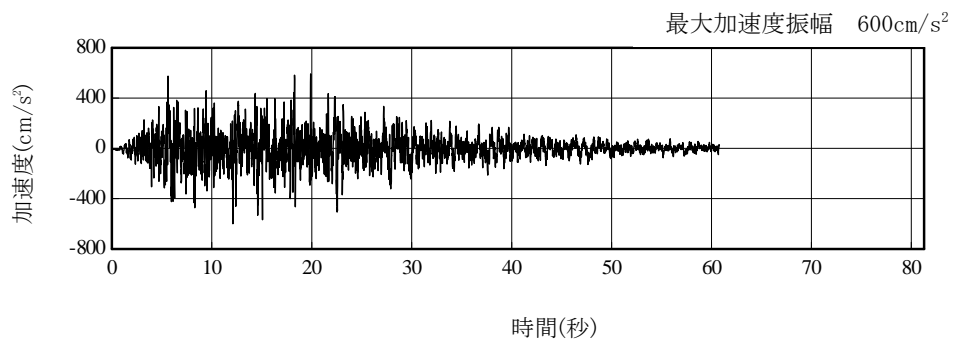


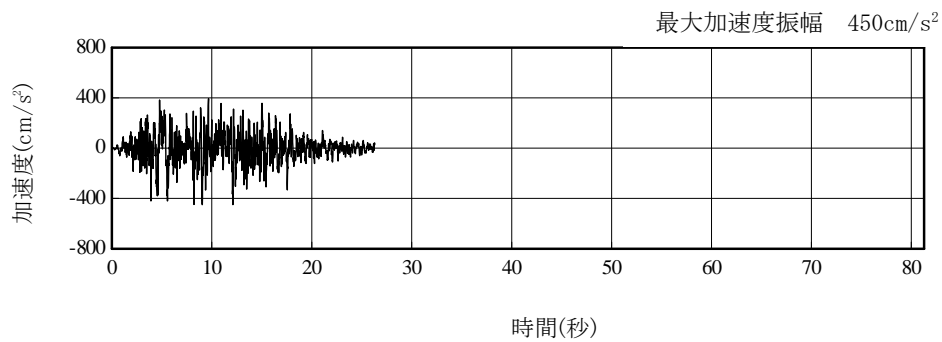
図 4. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 4. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

4.1.4. 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する 4 号炉廃棄物処理建屋の地震応答解析は、「4.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 4.1.4-1 および図 4.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 4.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 4.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 4.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-1.4.3 に示すようにばね定数 (K_c) として実部の静的な値を、また、減衰係数 (C_c) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

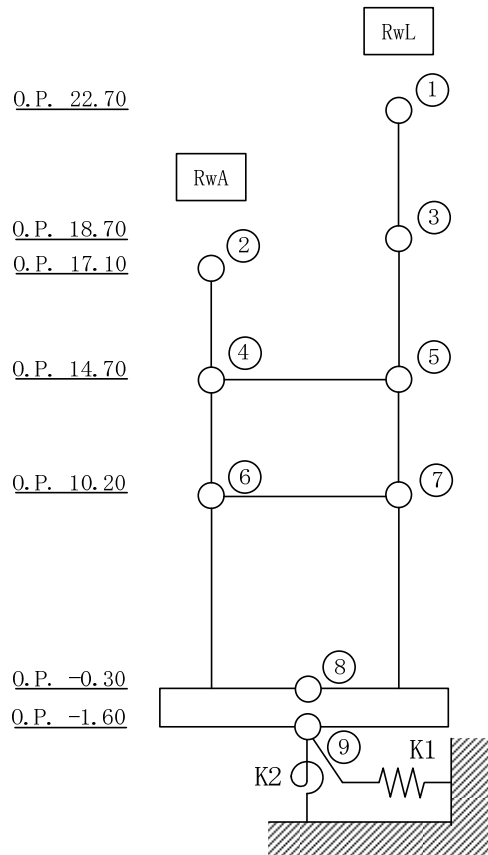


図 4.1.4-1 4号炉廃棄物処理建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

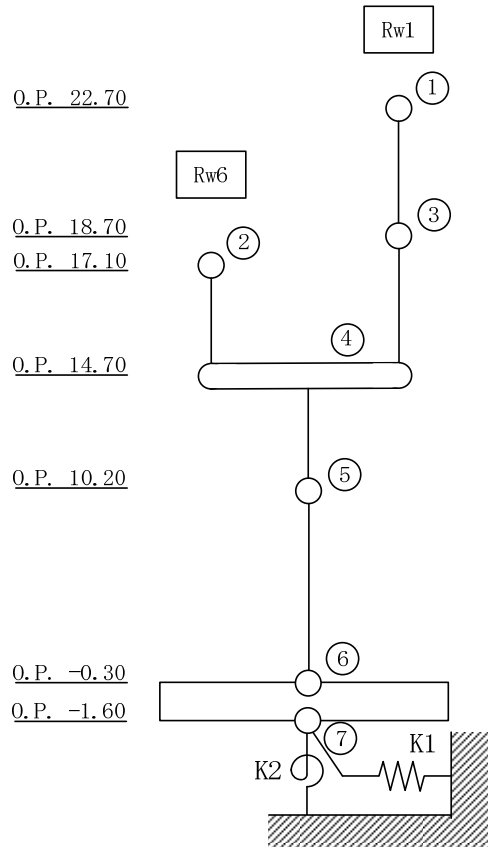


図 4.1.4-2 4号炉廃棄物処理建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 4.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンクリート	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
	35.0	2.57×10 ⁴	1.07×10 ⁴	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

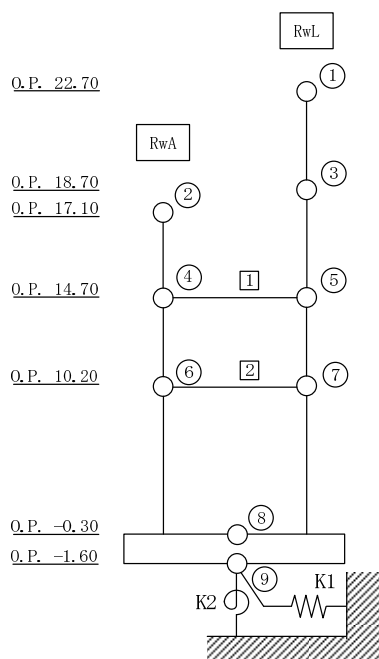
*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。

*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 4.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

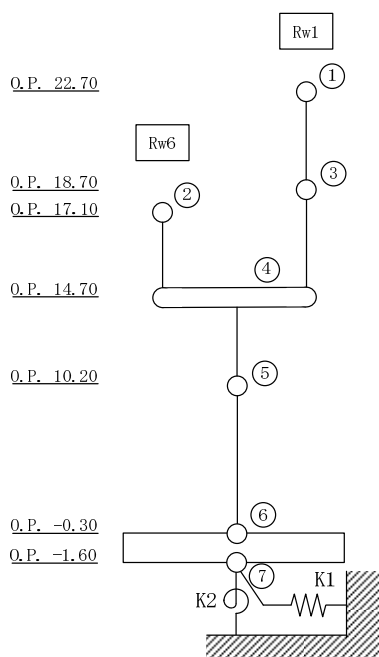


質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 I_R ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面2次モメント I_B (m ⁴)	質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 I_R ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面2次モメント I_B (m ⁴)
						①	22.7	4,050	0.69		
										13.2	271
②	17.1	1,920	0.65	16.0	987	③	18.7	11,790	2.33	30.6	1,186
④	14.7	13,110	5.48	34.3	4,408	⑤	14.7	24,610	10.29	50.9	6,138
⑥	10.2	35,150	14.70	44.1	6,208	⑦	10.2	75,660	63.32	125.7	25,167
⑧	-0.3	129,370 (44,130)	91.69 (31.28)	1,832.6	129,874						
⑨	-1.6	28,040	19.87								
合計		323,700									

注 () 内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 25.22m (NS 方向) \times 72.65m (EW 方向)
 床のせん断ばね定数 K_s [1]: 44.48×10^5 (kN/m) [2]: 45.21×10^5 (kN/m)

EW 方向



質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 I_R ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面2次モメント I_B (m ⁴)	質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 I_R ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面2次モメント I_B (m ⁴)
						①	22.7	4,050	0.52		
										21.2	280
②	17.1	1,920	0.08	5.4	30	③	18.7	11,790	5.15	45.2	1,824
④	14.7	37,730	127.38	151.8	30,007						
⑤	10.2	110,800	526.07	176.5	66,926						
⑥	-0.3	129,370 (44,130)	614.23 (209.52)	1,832.6	870,078						
⑦	-1.6	28,040	133.13								
合計		323,700									

注 () は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 25.22m (NS 方向) \times 72.65m (EW 方向)

表 4. 1. 4-3(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 4. 1. 4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 4.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

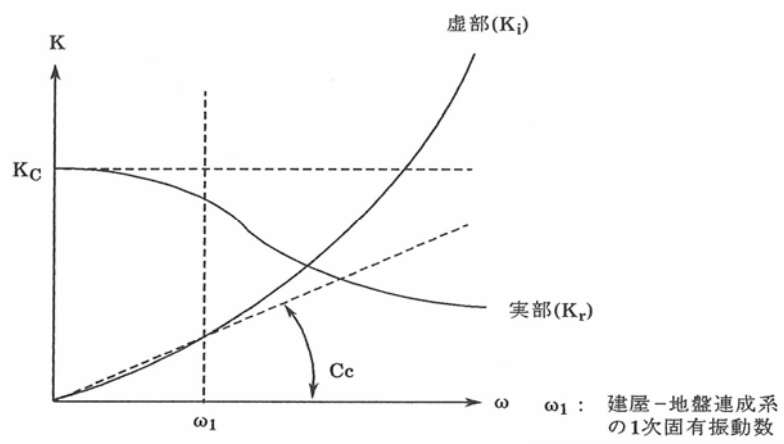


図 4.1.4-3 地盤ばねの近似

4.1.5. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して, 図 4.1.5-1~図 4.1.5-6 に示す。

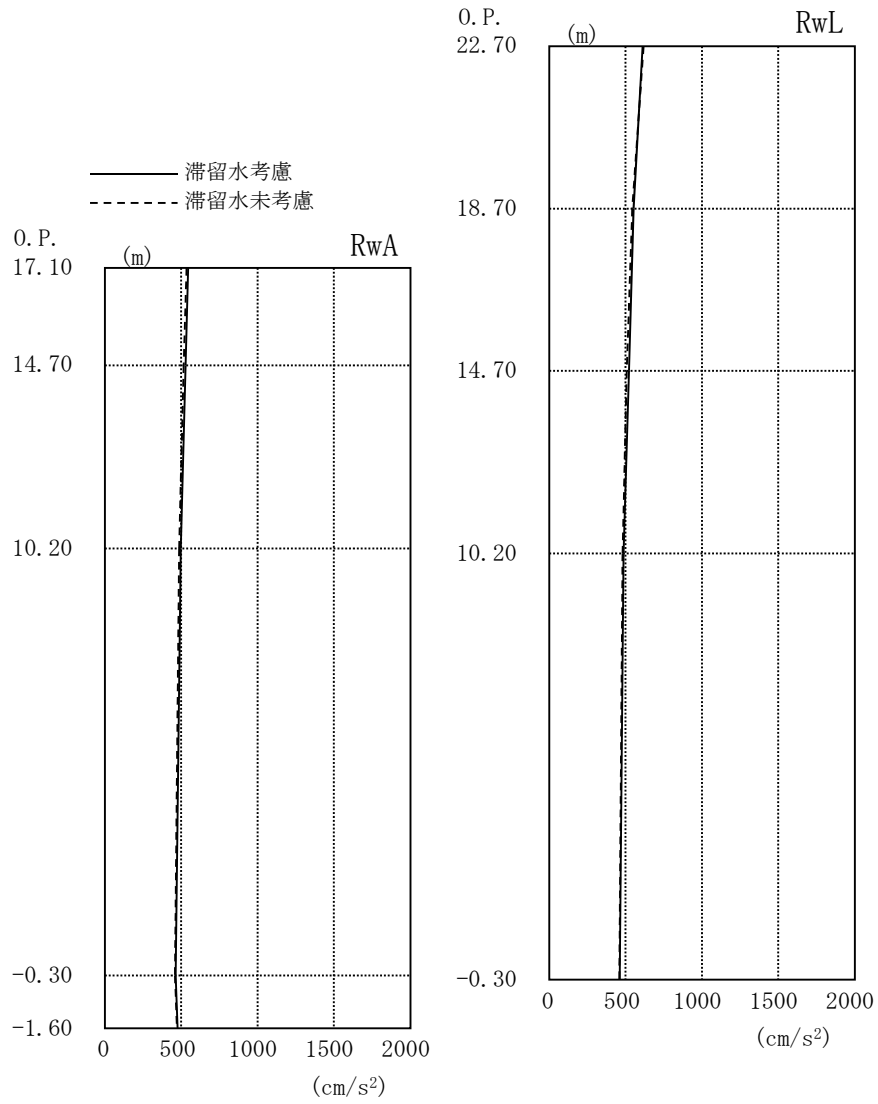


図 4.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

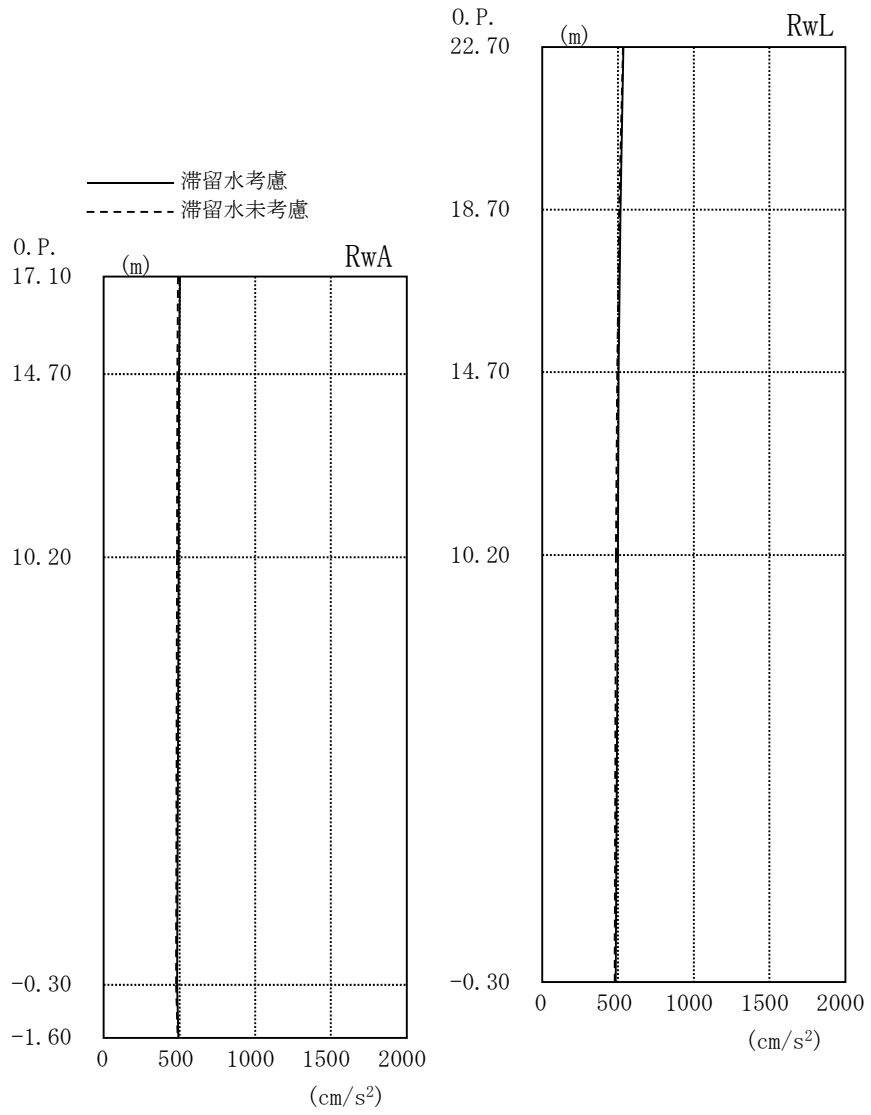


图 4.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

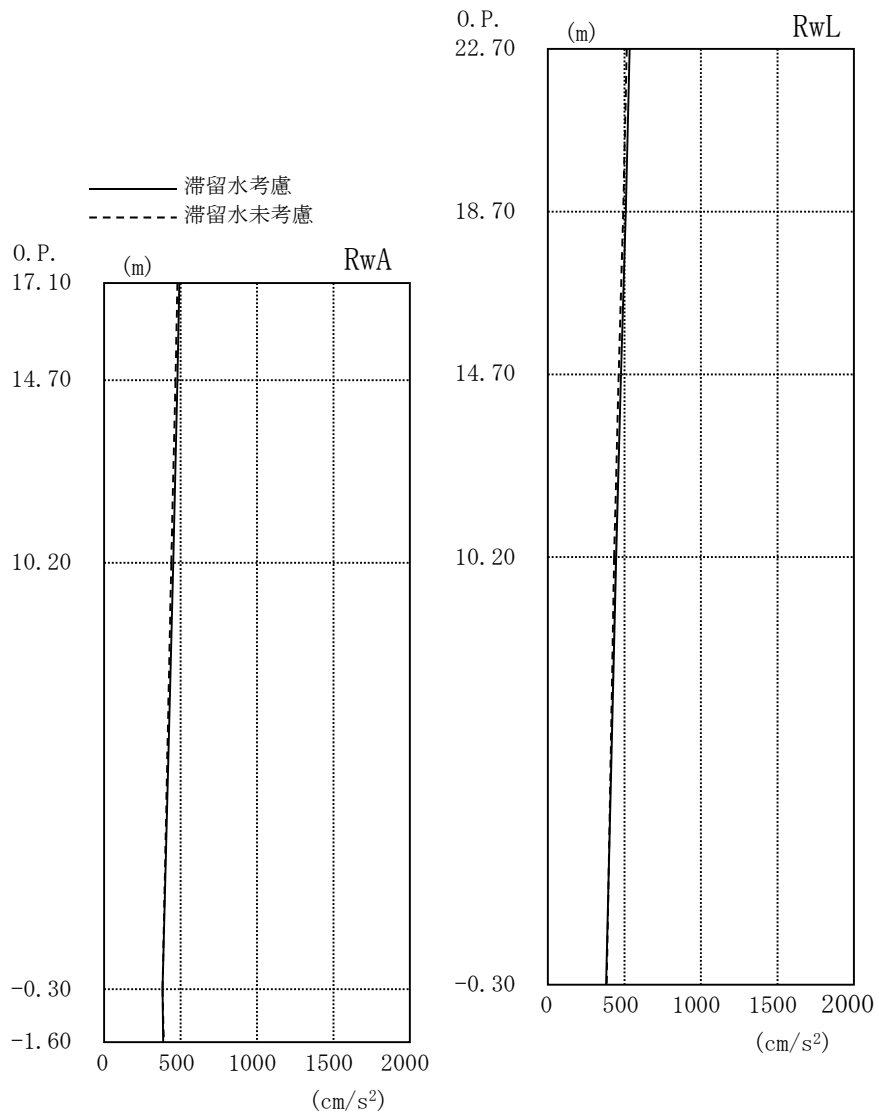


図 4.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

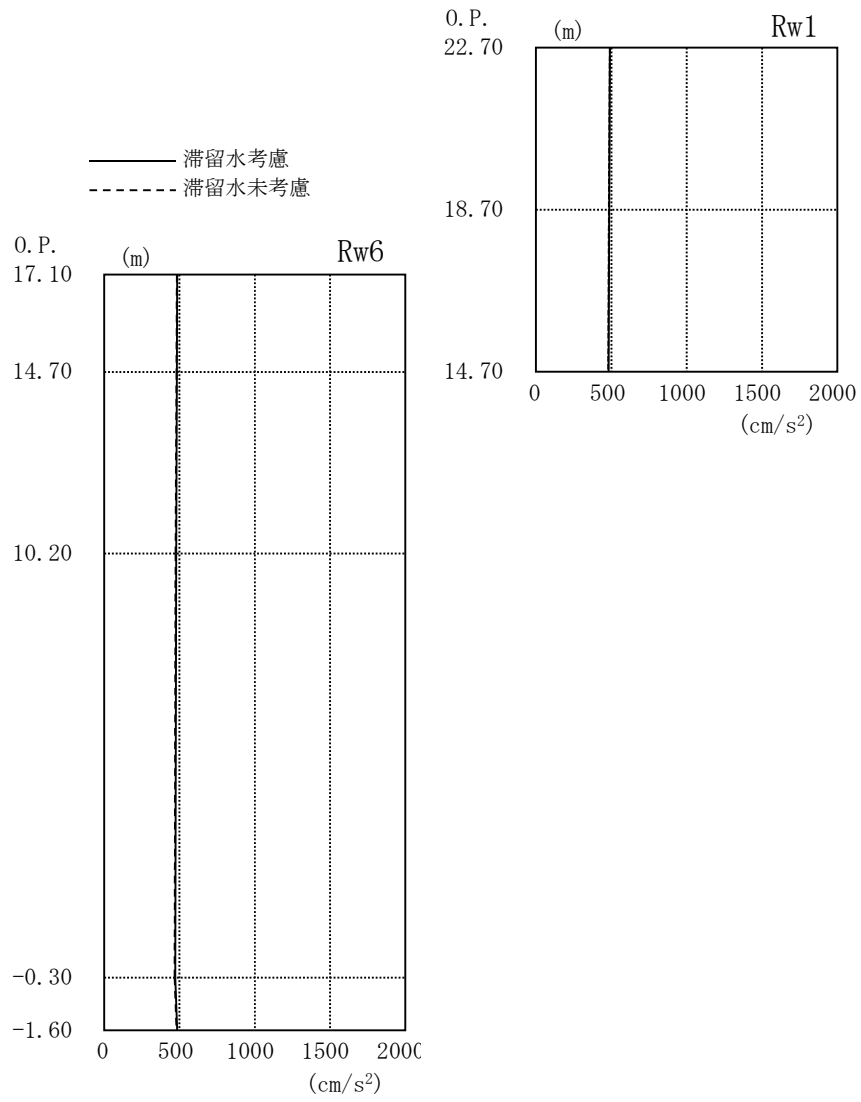


図 4.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

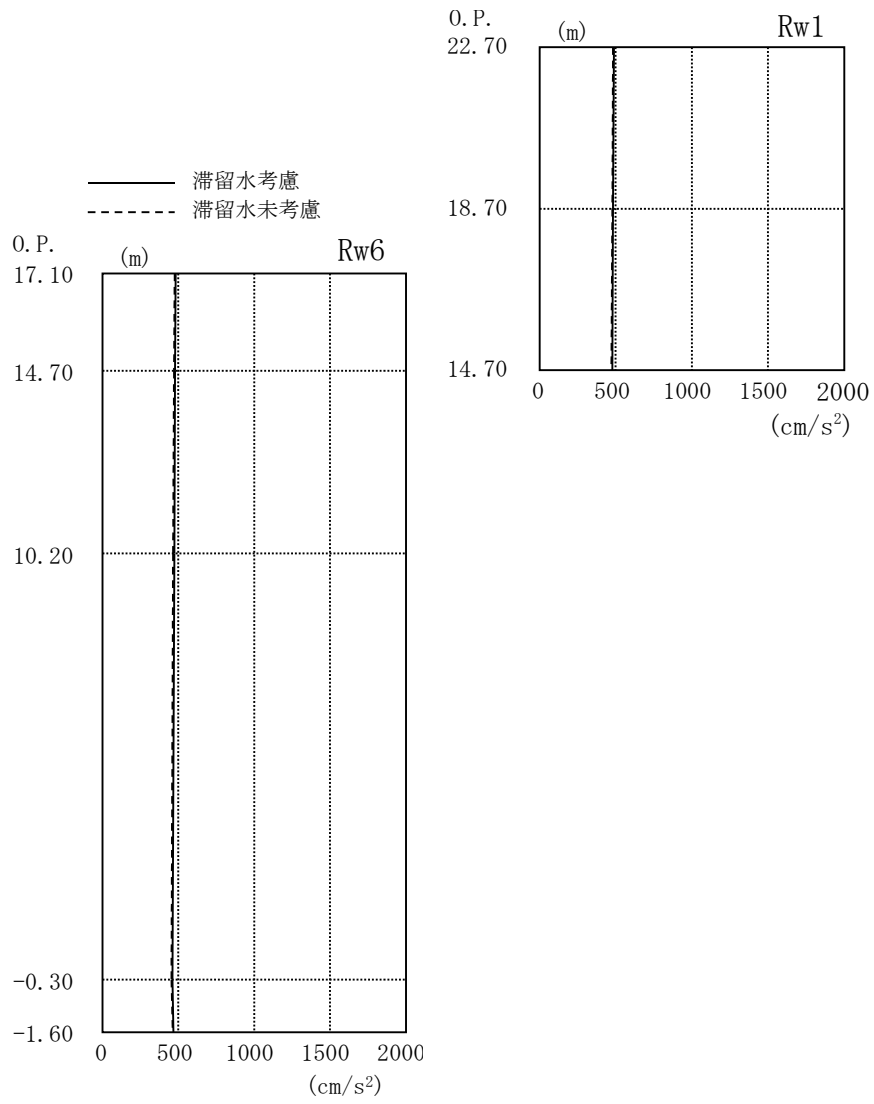


図 4.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

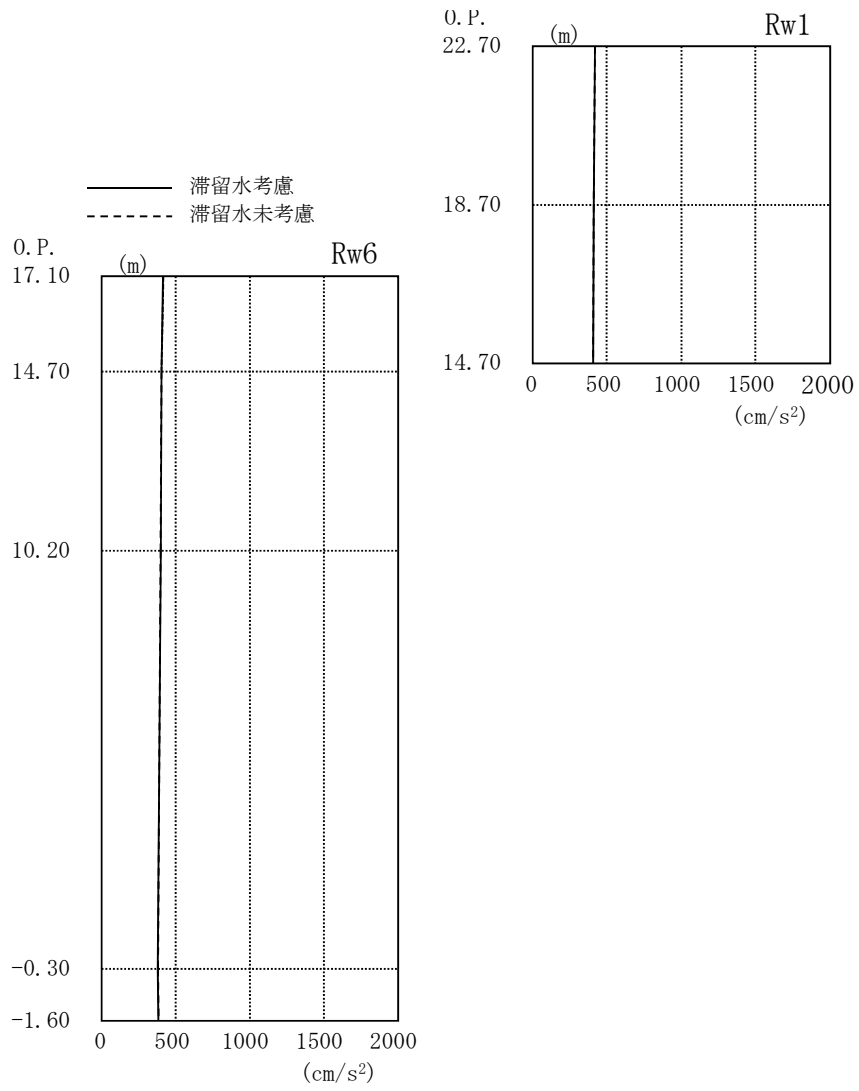


图 4.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

4.1.6. 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 4.1.6-1 および表 4.1.6-2 に示す。また、図 4.1.6-1 および図 4.1.6-2 に基準地震動 S_s に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で 0.06×10^{-3} であり、評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、4号炉廃棄物処理建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 4.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

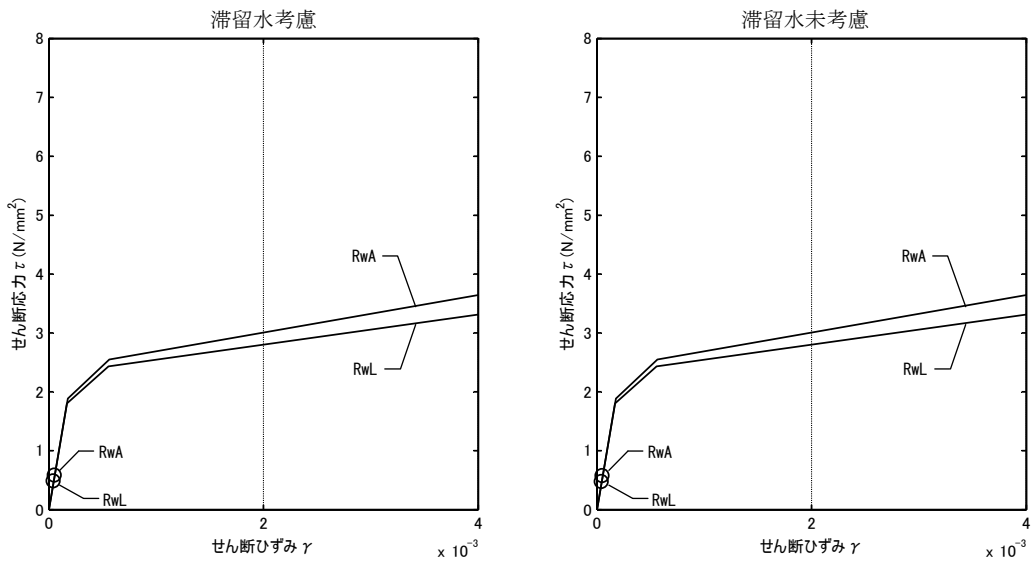
(単位: $\times 10^{-3}$)

階	通り	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	RwA	10.20~ -0.30	考慮	0.06	0.06	0.05	4.0 以下
			未考慮	0.06	0.06	0.05	
	RwL	10.20~ -0.30	考慮	0.05	0.05	0.05	
			未考慮	0.05	0.05	0.04	

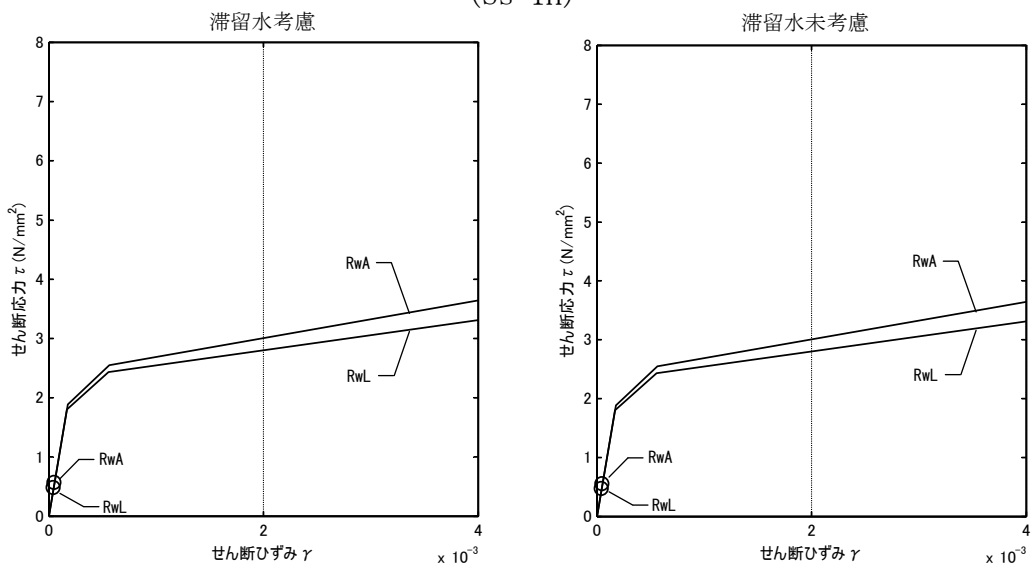
表 4.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位: $\times 10^{-3}$)

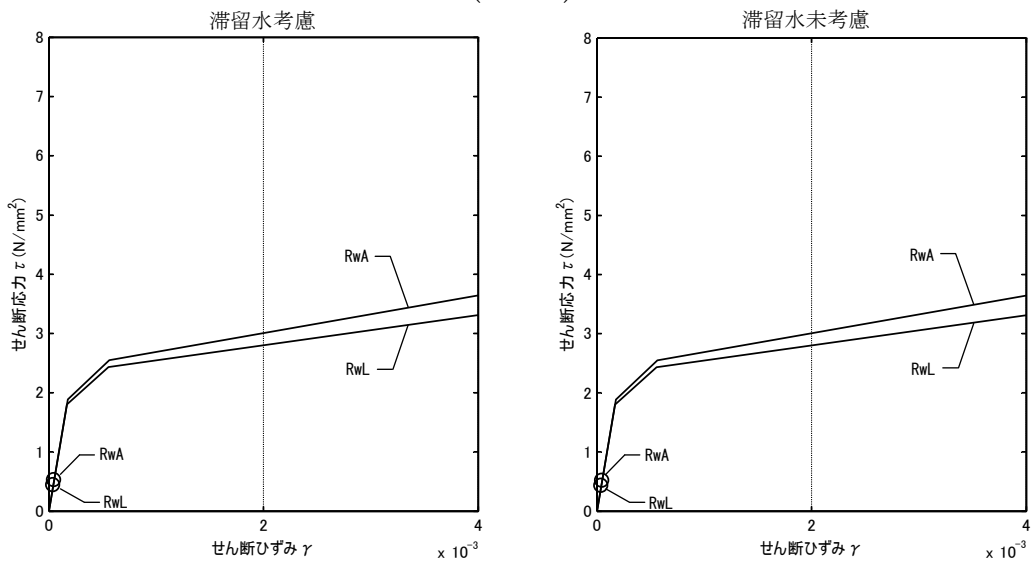
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20~-0.30	考慮	0.05	0.05	0.04	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	



(Ss-1H)

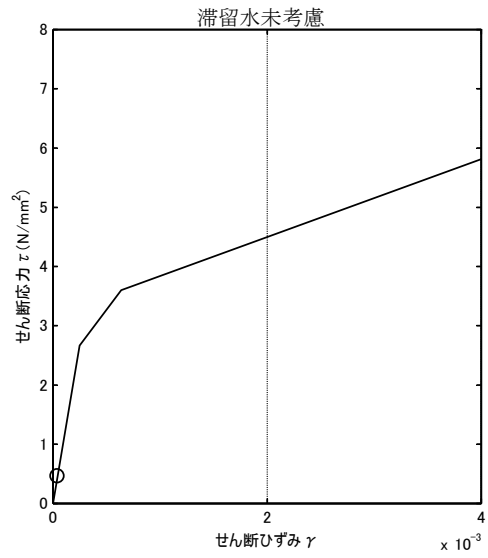
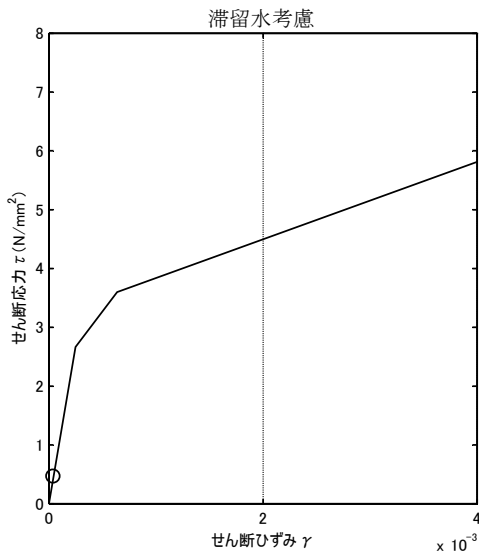


(Ss-2H)

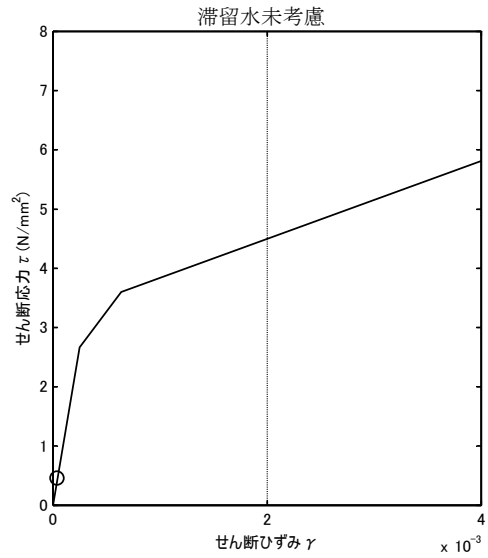
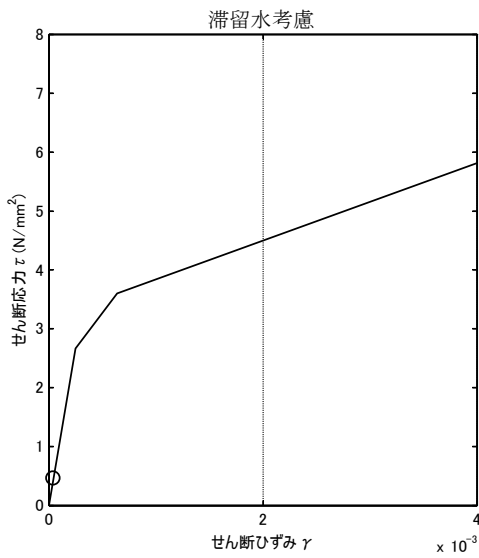


(Ss-3H)

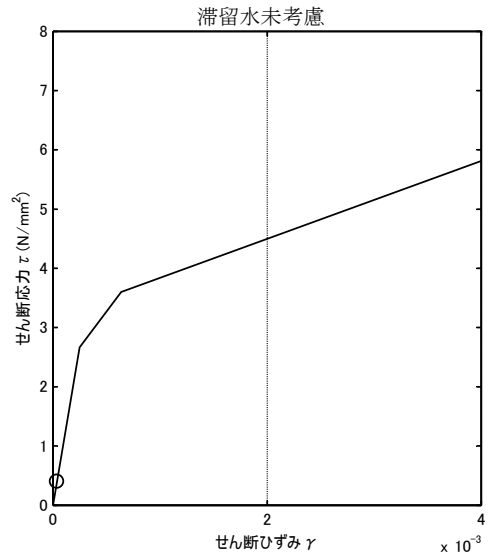
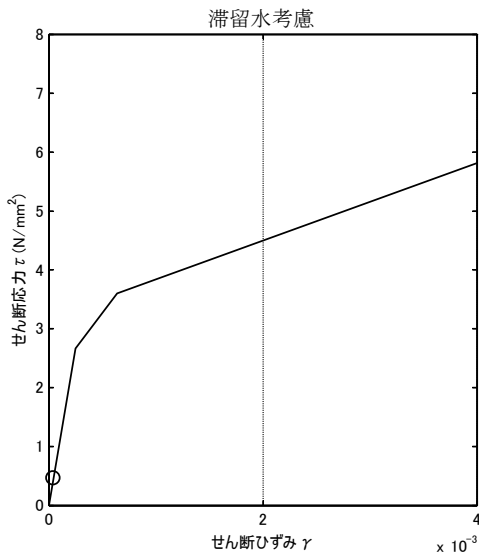
図 4.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 4.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

5. コントロール建屋

5.1. 3号炉コントロール建屋（代表号炉）

5.1.1. 解析評価方針

コントロール建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

コントロール建屋については、地下滞留水量が最大となる代表号炉を選定する。

解析モデルは、地下2階から地上2階に設置された機器を含む建屋全域をNS, EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 (4.0×10^{-3}) を超えないことを確認することとする。

コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 5.1.1-1 に示す。

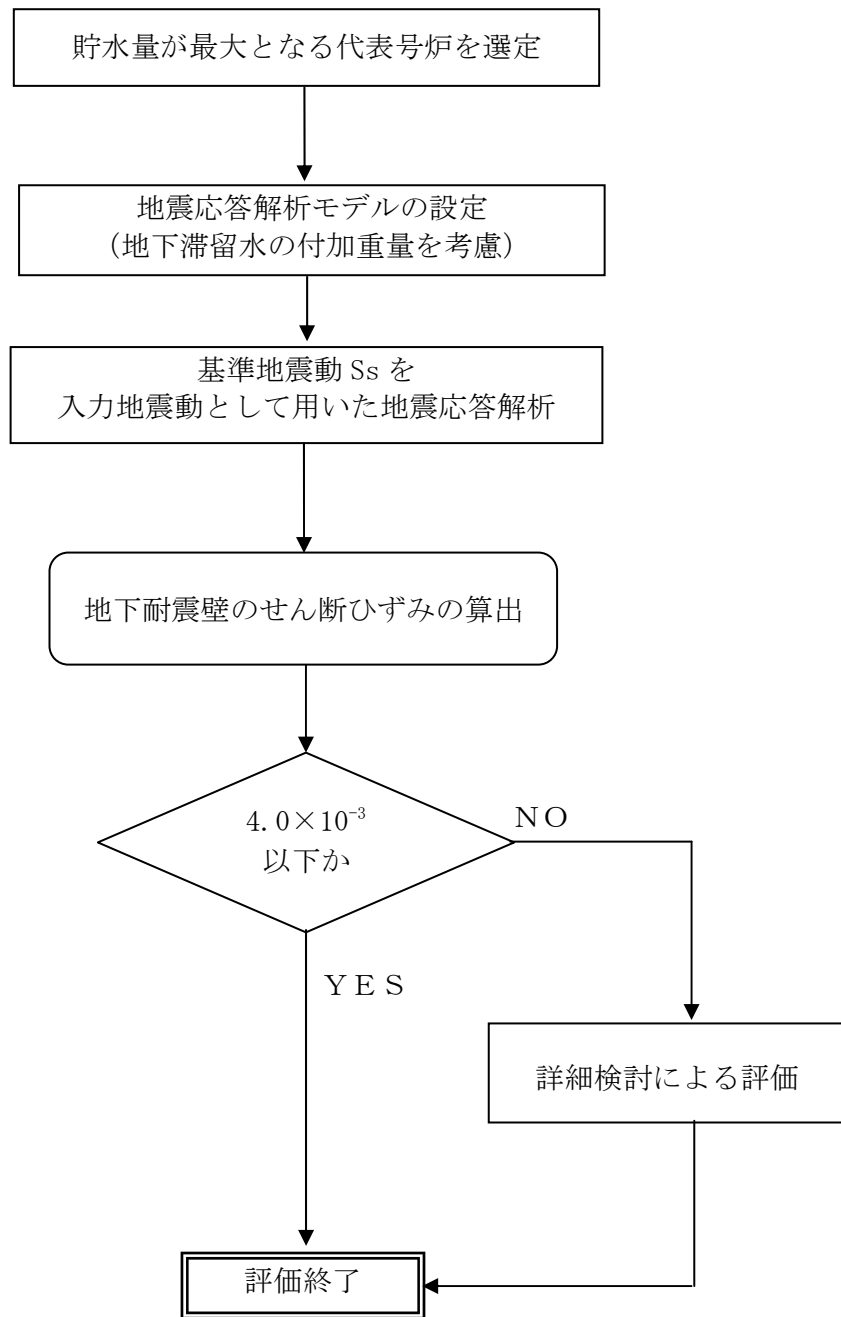


図 5.1.1-1 コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例

5.1.2. 代表号炉の選定

コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 5.1.2-1 に示す。表 5.1.2-1 より、貯水量の最も多い 3 号炉を代表号炉と選定する。

表 5.1.2-1 コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1 号炉	2 号炉	3 号炉	4 号炉
水位	O.P. 5,300	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	700m ³	1,600m ³	1,900m ³	1,600m ³

5.1.3. 解析に用いる入力地震動

3号炉コントロール建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図5.1.3-1に示す。このコントロール建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動 S_s の加速度波形について、図5.1.3-2に示す。

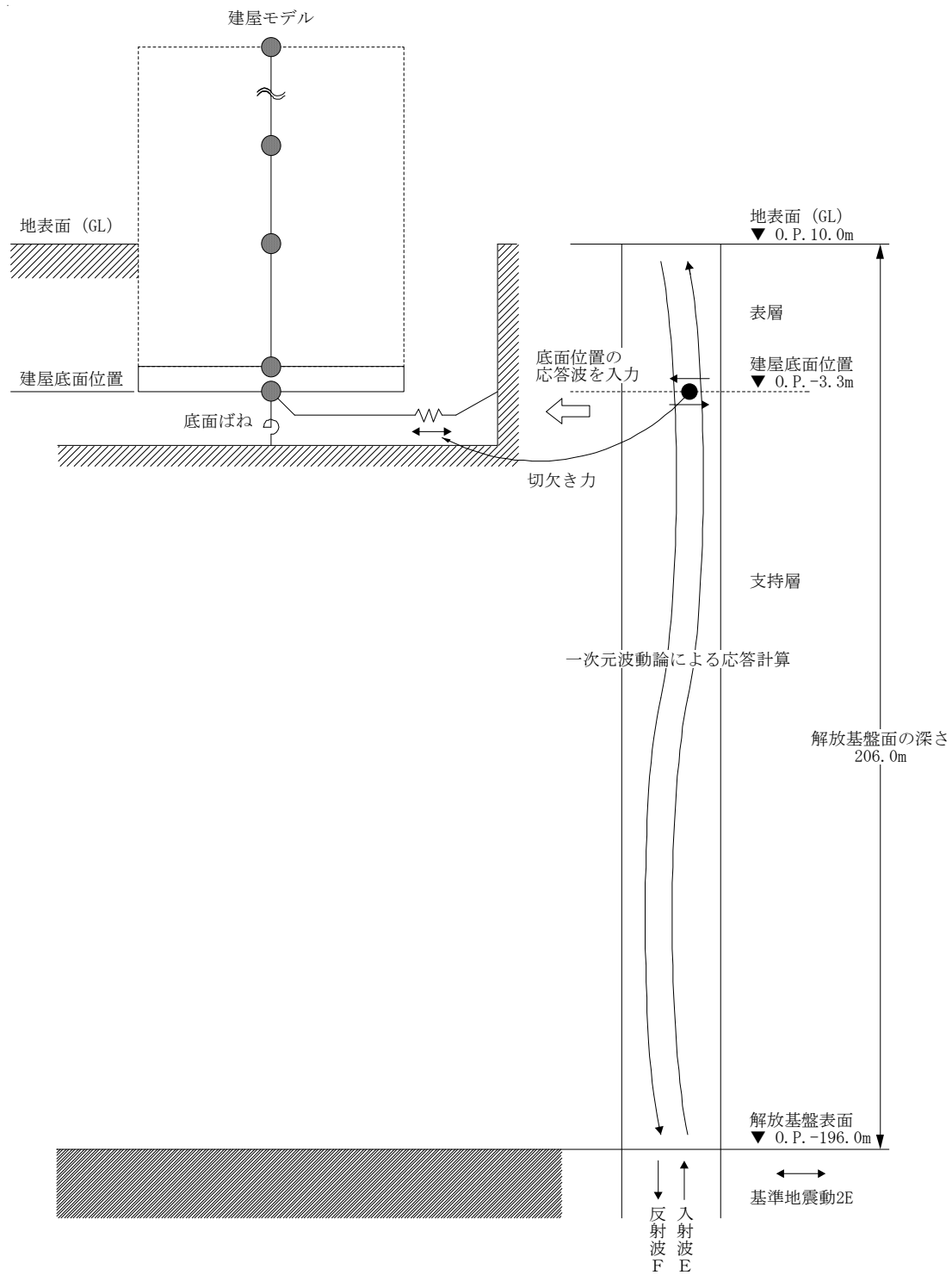
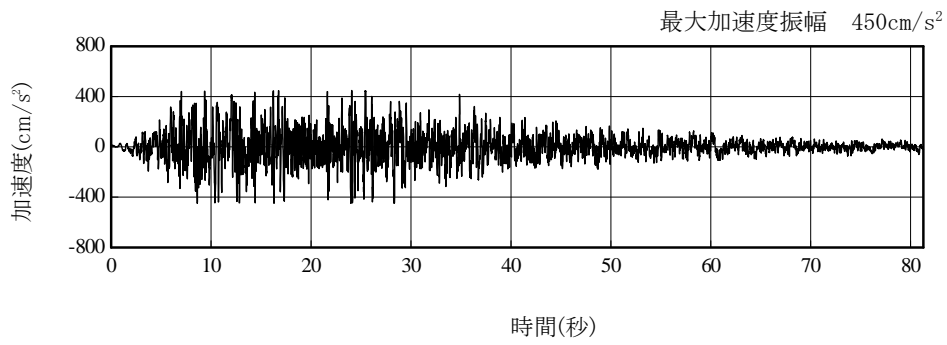
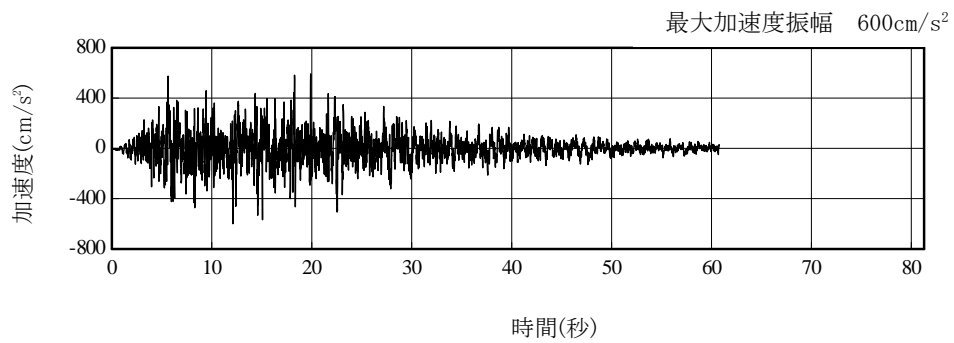


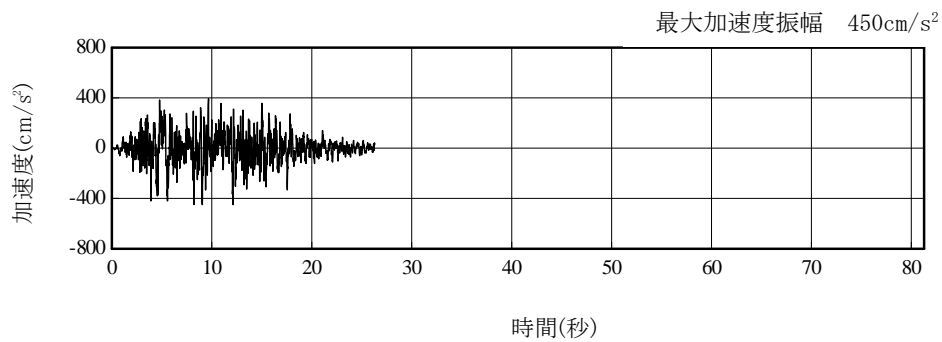
図 5. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 5. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

5.1.4. 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する 3 号炉コントロール建屋の地震応答解析は、「5.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

水平方向の地震応答解析モデルは、図 5.1.4-1 および図 5.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 5.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 5.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 5.1.4-3 に示す。

水平方向の解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 5.1.4-3 に示すようにばね定数 (K_c) として実部の静的な値を、また、減衰係数 (C_c) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

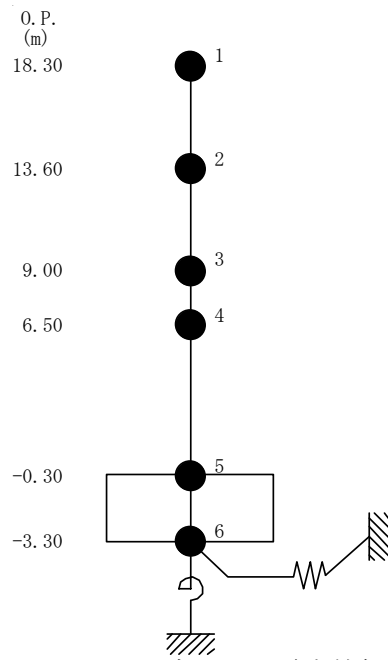


図 5.1.4-1 3号炉コントロール建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

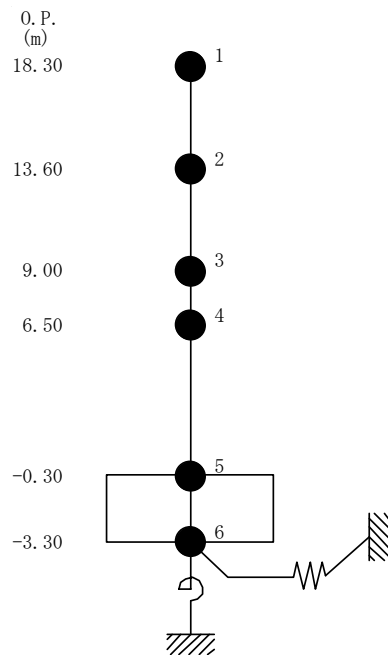


図 5.1.4-2 3号炉コントロール建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 5.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
	35.0	2.57×10 ⁴	1.07×10 ⁴	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

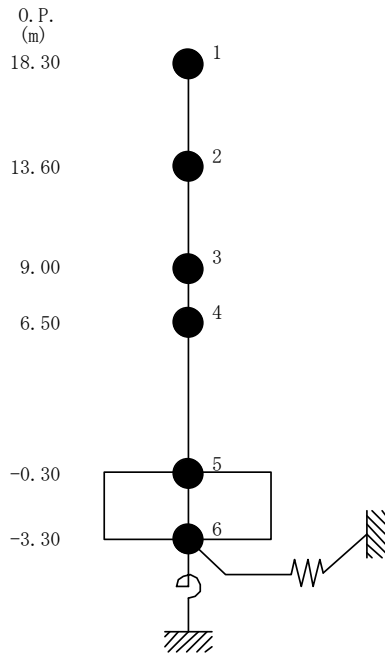
*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 5.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

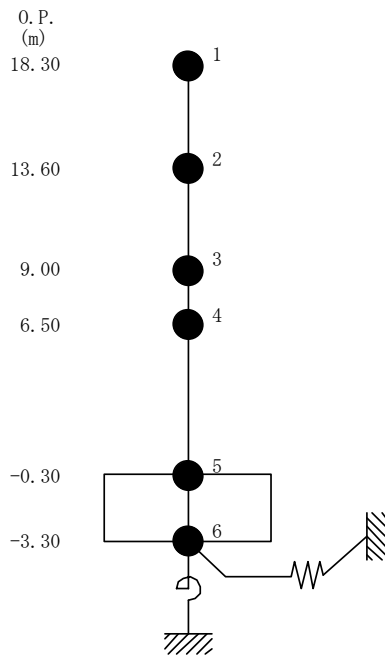
NS 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	13,620	547		
2	9,160	368	21.5	2,658
3	8,290	333	21.5	3,177
4	15,110 (3,900)	607 (157)	33.8	5,271
5	36,680 (14,740)	1,473 (592)	33.8	5,271
6	16,230	652	459.9	18,463
合計	99,090			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。
 ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 21.95m(NS 方向) \times 20.95m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	13,620	498		
2	9,160	335	16.0	2,855
3	8,290	303	20.5	2,957
4	15,110 (3,900)	553 (143)	32.2	4,654
5	36,680 (14,740)	1,342 (539)	32.2	4,654
6	16,230	594	459.9	16,819
合計	99,090			

注 ()内は滞留水による付加分を示す。
 ヤング係数 E_c $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 21.95m(NS 方向) \times 20.95m(EW 方向)

表 5.1.4-3(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩 (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩 (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩 (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-



図 5. 1. 4-3 地盤ばねの近似

5.1.5. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向, EW方向の最大応答加速度を図5.1.5-1および図5.1.5-2に, 地下滞留水の影響を考慮しない場合と併せて示す。

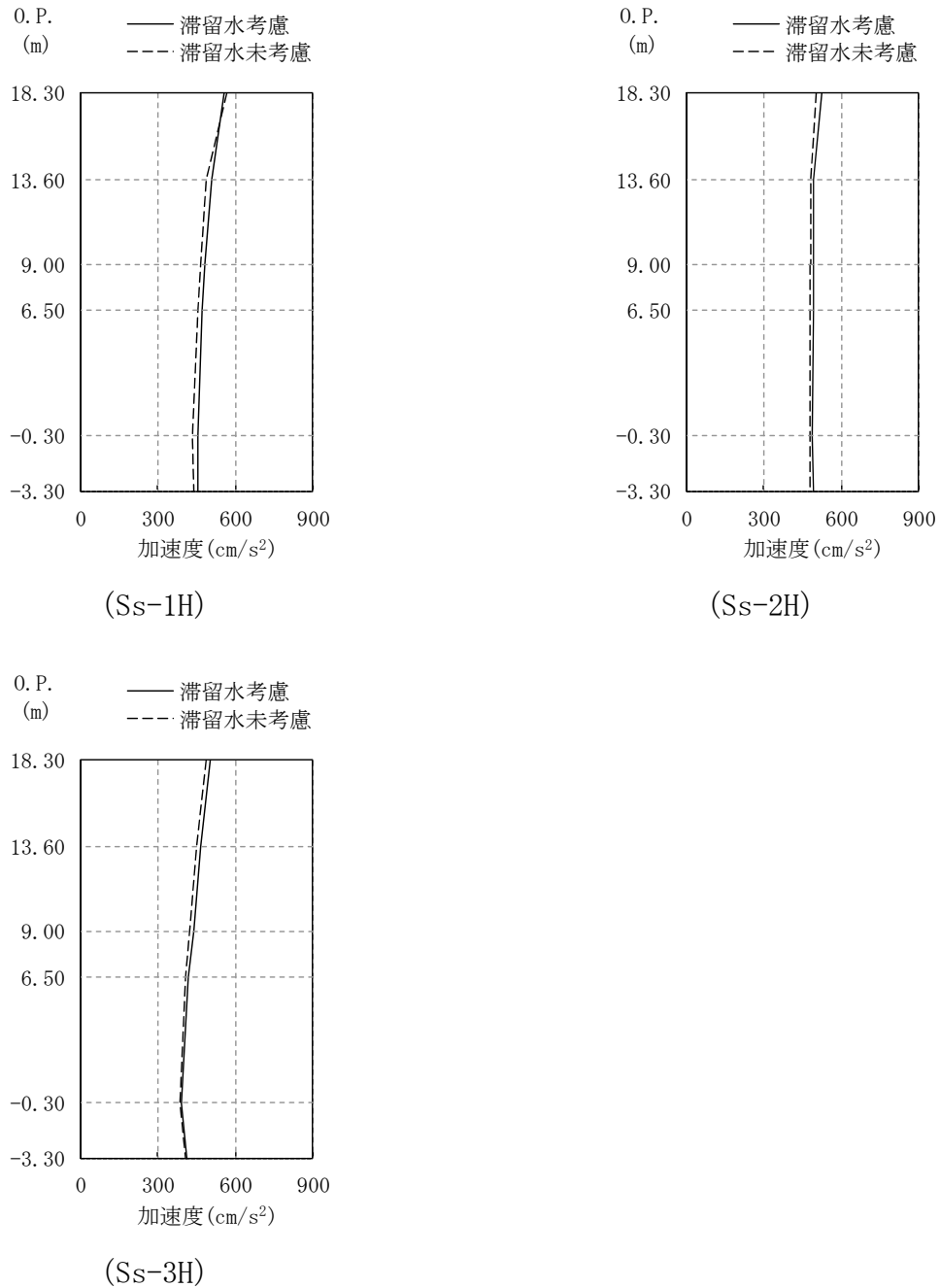
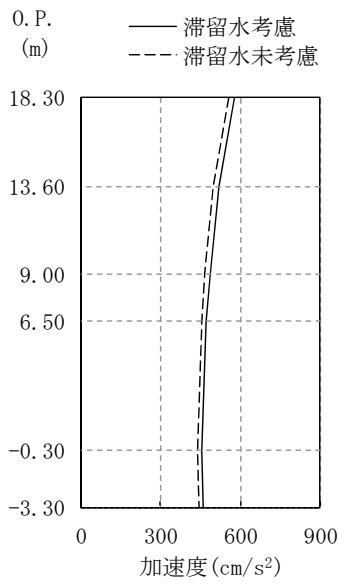
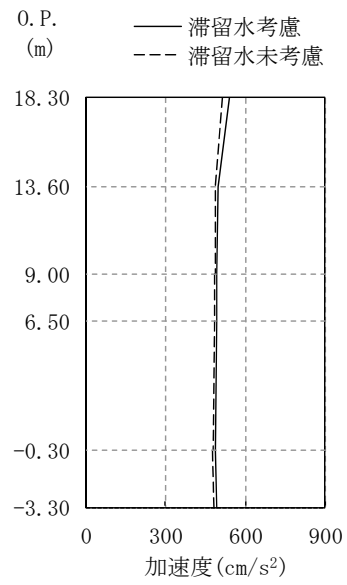


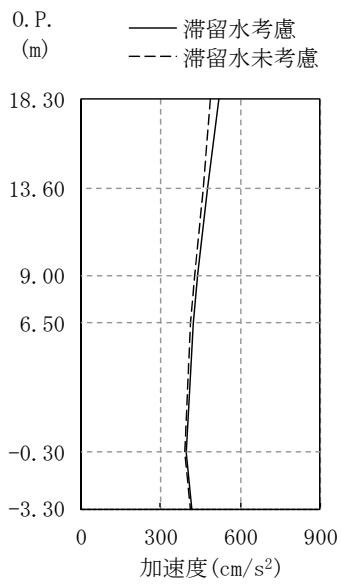
図 5.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

图 5.1.5-2 最大応答加速度 (EW 方向)

5.1.6. 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、表 5.1.6-1 および表 5.1.6-2 に示す。また、図 5.1.6-1 および図 5.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.07×10^{-3} であり、評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、3号炉コントロール建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 5.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

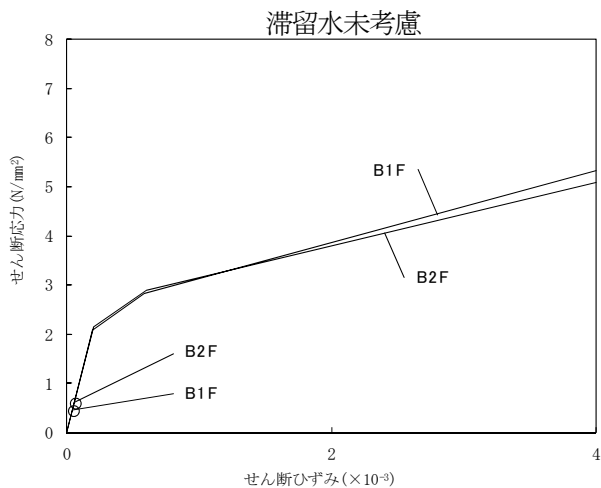
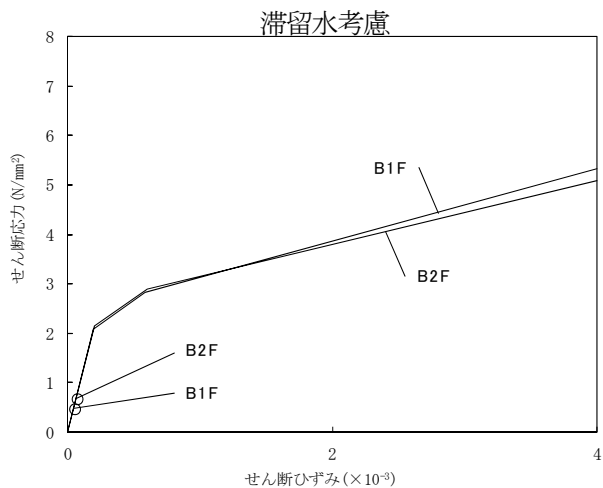
(単位： $\times 10^{-3}$)

階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～ 6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	
B2F	6.50～ -0.30	考慮	0.07	0.07	0.06	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	

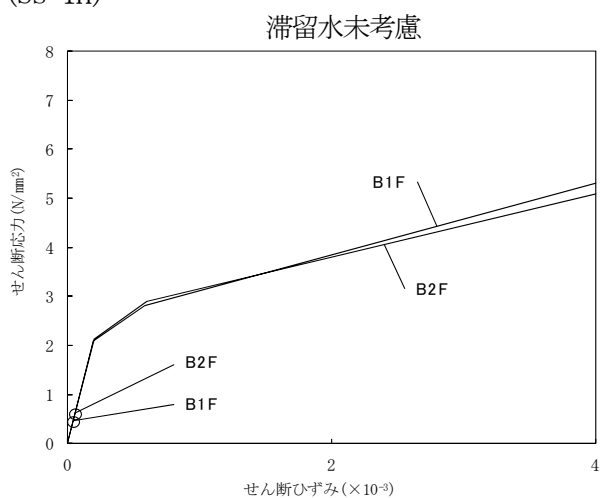
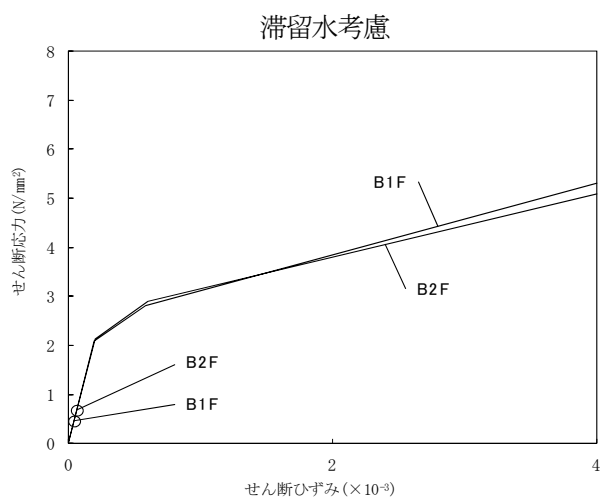
表 5.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$)

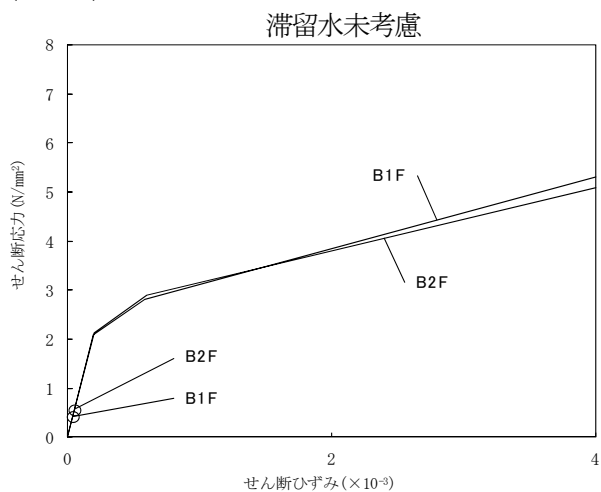
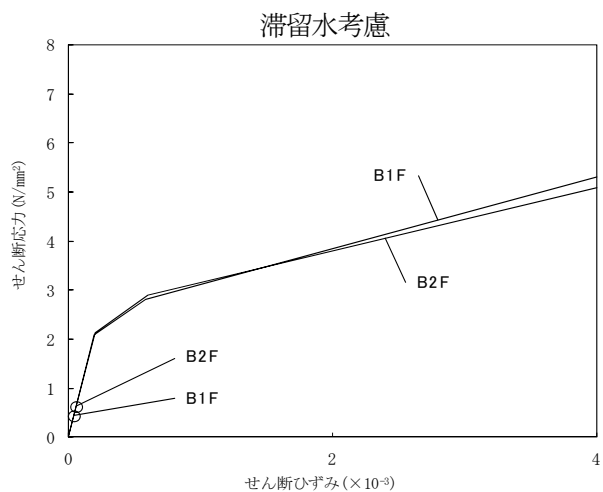
階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～ 6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.05	
B2F	6.50～ -0.30	考慮	0.07	0.07	0.07	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	



(Ss-1H)

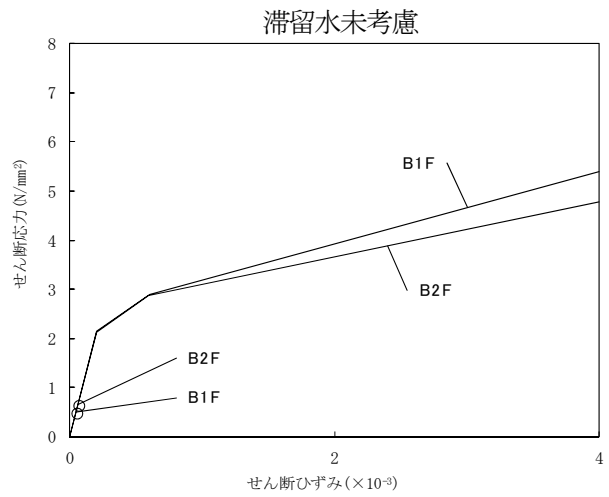
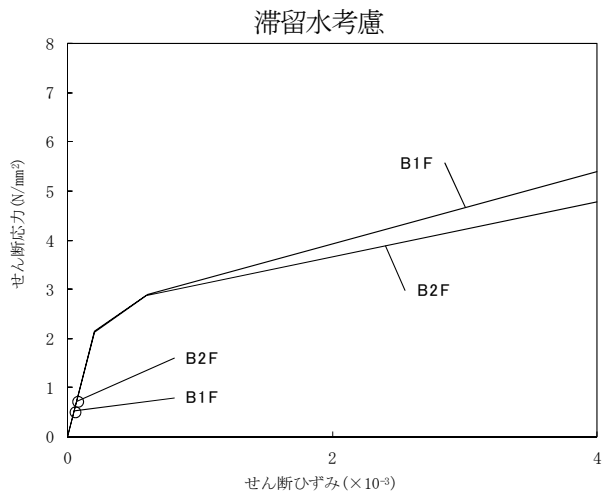


(Ss-2H)

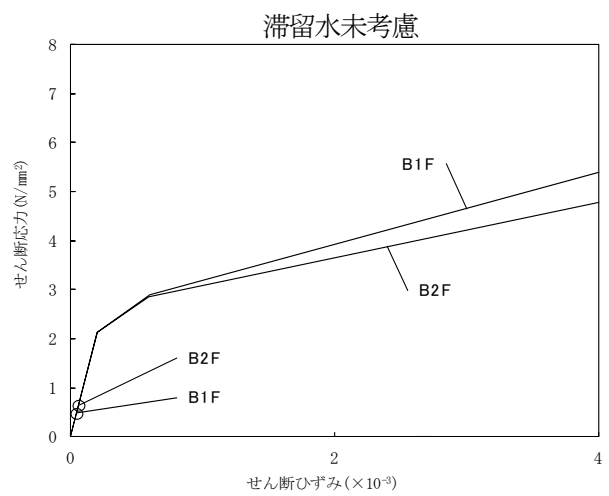
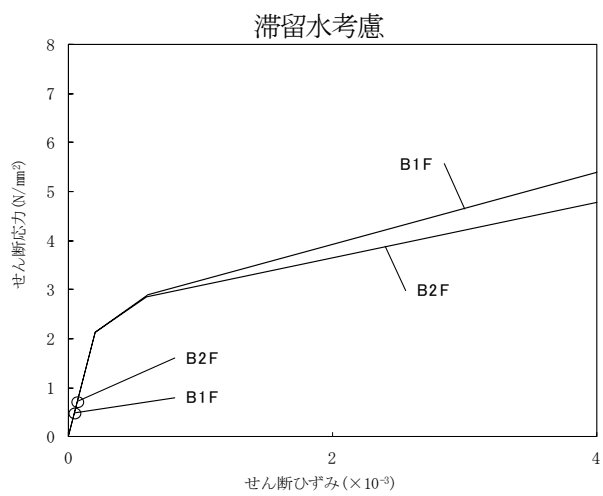


(Ss-3H)

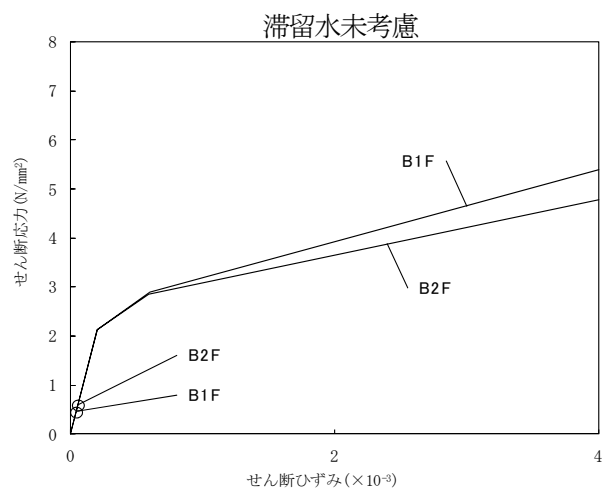
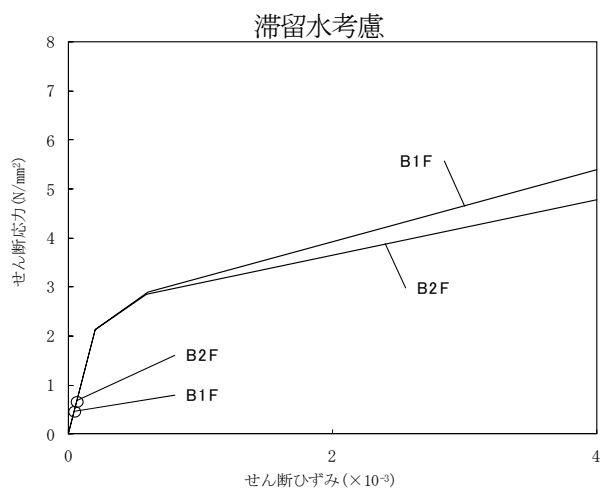
図 5.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 5. 1. 6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)