

新型転換炉ふげん発電所における
原子炉補助建屋の構造健全性評価結果について

新型転換炉ふげん発電所（以下「ふげん」という。）においては、原子炉補助建屋の構造健全性を確認するために、一般的な耐震診断手法に従って、耐震評価に必要なコンクリート壁から試料を採取し、強度を測定して、耐震性の評価を行うこととしました。

試料の採取やコンクリート強度の測定については、第三者機関に依頼して行うこととし、評価の結果については、取りまとめた段階で公表することとしてきました。

【8月31日発表済み】

このたび、「ふげん」原子炉補助建屋のコンクリート壁の試料採取及び圧縮強度の測定結果並びに、それに基づく耐震性評価の結果について取りまとめましたので、お知らせいたします。

記

1. コンクリート壁の試料採取及び圧縮強度測定結果

原子炉補助建屋の地下2階から地上3階の各階について、耐震診断基準（国土交通省監修）に基づき、代表性のある主要な耐震壁の中から、耐震評価に必要な壁として12面を選定した。

9月4日から11日にかけて、12面のコンクリート壁から各3本、合計36本の試料を採取し、圧縮強度の測定を行った。

その結果は以下のとおりであった。

- ① 36本の試料のうち、26本については設計基準強度（ 22.06N/mm^2 ）を上回っていたが、残り10本については設計基準強度を下回った。
- ② 試料を採取した12面の壁のうち、圧縮強度（各壁ごとの3本の試料の平均値）が設計基準強度を下回った壁は、地上階の3面であった。
- ③ 各階の圧縮強度の平均値については、すべて設計基準強度を上回っていた。

2. 耐震性評価結果

耐震診断基準に基づき、上記の圧縮強度測定結果を用いて、耐震性評価に使用する各階の強度（推定強度）を、定められた算定式に従って算出した。

算出した推定強度を用いて、当該建屋に求められる耐震性能（耐震重要度分類Bクラス¹⁾）を満足していることを、以下のとおり確認した。

- ① 耐震重要度分類 B クラスとしての静的水平地震力²⁾により発生する応力と許容値（短期許容せん断応力度³⁾）を比較すると、許容値が上回っている（弾性範囲⁴⁾にある）。
- ② 建屋各階の保有水平耐力⁵⁾が、建築基準法に定められた必要保有水平耐力⁶⁾に対して上回っている。

なお、念のため、各階の最も強度の小さな壁の推定強度を、その階の推定強度とみなして計算しても、上記①、②に示した耐震性を満足していることを確認した。
以上のことから、「ふげん」原子炉補助建屋の構造健全性を確認した。

3. 今後の予定

今回一部の壁から低い圧縮強度が得られたことの原因も含め、18 年度に得られたデータの妥当性・信頼性に係る調査並びにその要因分析を、今後も引き続き実施する。
得られた結果については、結果がまとまった段階（12 月中目途）で公表する。

なお、第 20 回施設定期検査については、今後、国の最終検査を受検し、10 月末で定期検査を終了する予定である。

以上

【添付資料】

添付-1：「ふげん」原子炉補助建屋の構造健全性評価の概要

添付-2：コア試験結果と推定強度

添付-3：耐震計算の結果

添付-4：原子炉補助建屋の耐震評価のイメージ

添付-5：新型転換炉ふげん発電所における原子炉補助建屋の構造健全性評価結果

【用語解説】

- 1) 「耐震重要度分類 B クラス」：建築基準法に定められた地震力の 1.5 倍に耐えられる耐震性能を有する建物。
- 2) 「静的水平地震力」：地上 1 階に作用する地震力が建物重量の 2 割であるとして、各階ごとに算出される水平地震力（建築基準法に基づく地震力）の 1.5 倍（B クラス）の地震力。短期許容せん断応力度以下であることが求められる。
- 3) 「短期許容せん断応力度」：短期（地震時）に許容されるせん断応力度のことで、弾性限界よりも小さな値であり、耐震評価では推定強度の 1/20 とした値で求める。
- 4) 「弾性範囲」：建物が応力を受けてひずみを生じた場合に、塑性変形に至らず、応力が開放した場合に元の状態に復することのできる範囲。
- 5) 「保有水平耐力」：地震力が大きくなると変形が進行し、最終的には崩壊状態となる。そのときの建物の耐力のこと。耐震 A クラスでは、必要保有水平耐力の 1.5 倍以上が必要。
- 6) 「必要保有水平耐力」：建物が崩壊して人命を損なうことがないよう、弾性範囲を超えた状態を想定した終局状態時の地震力。1 階で 1 G の地震力に相当し、建物重量と同じ水平力として規定される。

添付-1 「ふげん」原子炉補助建屋の構造健全性評価の概要

① コア採取

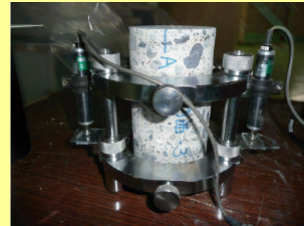
- ・平成19年9月4日～9月11日に実施
- ・国土交通省監修の「耐震診断基準」に基づき、各階における壁の配置、厚さ、打設時期等を考慮し、主要な耐震壁を選定

地下2階～地上3階の各階のXY方向の耐震壁2～3箇所(全体で12箇所)×3本 合計36本のコアを採取

- ・採取したコアより、直径10cm×長さ20cmの圧縮強度測定のための供試体を成形加工
- ・全ての供試体は、ひび割れ等外観上の異常がなく、圧縮強度測定用試料として適切であることを確認
- ・②の圧縮強度測定も含め、第三者機関である(財)日本建築総合試験所が実施



コアボーリングの状況



コアから成形した供試体

② 圧縮強度測定

- ・36本の試料のうち、26本は設計基準強度を満足
- ・地上階の一部の壁の圧縮強度が低いことを確認
- ・各階の圧縮強度の平均値は設計基準強度を満足



圧縮強度試験機

③ 評価に使用する推定強度の算出

- ・「耐震診断基準」に基づき、各階の平均値(Xmean)から標準偏差(σ)の1/2を差し引くことにより、各階の壁の推定強度(σB)を算出

$$\text{【算出式】 } \sigma B = X\text{mean} - 1/2 \times \sigma$$

単位: N/mm²

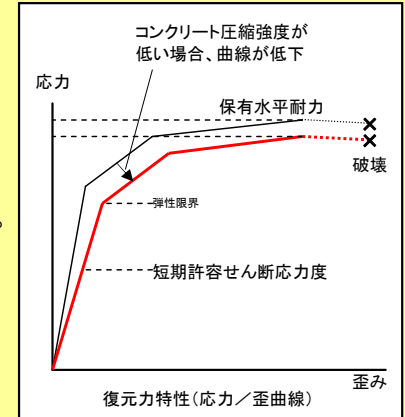
地下2階	地下1階	地上1階	地上2階	地上3階
27.5*	25.3	23.1	20.4	20.4

* 「耐震診断基準」に従い、30N/mm²並びに設計基準強度(22.06N/mm²)の1.25倍を超えない範囲で設定。

④ 許容値の算定

各階の耐震壁の推定強度より、構造健全性評価の許容値を算出

- (1) 短期許容せん断応力度
建物が弾性範囲にあることを示す短期(地震時)に許容されるせん断応力度。通常、推定強度の1/20といった値で求まる。
- (2) 保有水平耐力
地震力が大きくなると建物は変形し塑性化して最終的には崩壊に至る。そのときの建物の耐力を保有水平耐力といい、推定強度から得られる応力/歪曲線の上端に相当する。



⑤ 構造健全性の評価

各階の耐震壁に作用する水平地震力を算出し、④の許容値内にあることを確認する。

- (1) 静的地震力
建築基準法に定める1階に作用する地震力が建物重量の2割として各階毎に算出される水平地震力の1.5倍(耐震Bクラス)の地震力を想定。④の短期許容せん断応力度と比較し、建物が弾性範囲にあることを確認。(安全率1.0以上)
- (2) 必要保有水平耐力
1階で建物重量の10割の水平力として規定される地震力(上記建築基準法に定める値の5倍)を想定。④の保有水平耐力と比較し、更に大きな地震に対しても、建物が損壊しないことを確認。

静的地震力	安全率(④/⑤)	
	NS方向	EW方向
地上3階	2.2	1.8
地上2階	1.5	1.1
地上1階	1.9	1.5
地下1階	2.1	2.0
地下2階	1.5	1.7

必要保有水平耐力	安全率(④/⑤)	
	NS方向	EW方向
地上3階	3.4	2.4
地上2階	2.1	1.8
地上1階	2.1	2.0
地下1階	2.5	2.8
地下2階	1.8	2.1

⑥ 結論

原子炉補助建屋が耐震Bクラスの耐震性能を有していることを確認。これにより建屋構造健全性を確認した。

添付-2 コア試験結果

位置		壁厚 (mm)	コア毎の圧縮強度 (N/mm ²)	壁毎の平均値 Xmean(N/mm ²)	各階の平均値 X mean(N/mm ²)
地下2階	非常用電気室	1000	34.0	34.9	36.7
			36.4		
			34.2		
	給水加熱器室	1400	35.0	38.5	
			39.7		
40.7					
地下1階	常用電気室	1500	25.8	29.3	27.5
			31.8		
			30.2		
	放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室 (遮へい壁)	1000	20.2	25.7	
			30.5		
26.4					
地上1階	放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室 (遮へい壁)	1000	27.9	27.4	29.1
			26.9		
			27.3		
	原子炉補助建屋 タービンフロア	800	32.0	42.1	
			43.1		
	51.1				
	常用エアロック通路	400	15.3	17.9	
12.9					
25.4					
地上2階	原子炉補機室(蓄圧器近傍の壁)	400	19.2	19.0	22.3
			18.3		
			19.4		
	タービンフロア上部	750	25.9	25.7	
			27.7		
23.4					
地上3階	外壁(1)	500	25.7	26.0	26.9
			21.3		
			30.9		
	ホット計器修理室	250	14.1	12.9	
			12.2		
			12.4		
	外壁(2)	1100	45.2	41.7	
41.8					
38.2					

添付-3 耐震計算の結果

耐震診断基準に基づく各階の推定強度及び、さらに念のため、各階の壁毎に求めた推定強度のうち最も小さな値を当該階の推定強度と仮定して静的地震力及び保有水平耐力に対する評価計算しても、耐震Bクラスの耐震性があることを確認した。

① 耐震評価に使用する推定強度の算出

耐震診断基準に基づき、定められた算定式（各階の平均値（ X_{mean} ）から標準偏差（ σ ）の1/2を差し引く）により、各階の壁の推定強度（ σ_B ）を算出した。

耐震診断基準に従った各階の推定強度に基づく評価結果

階	各階の推定強度 (N/mm ²)
地上3階	20.4
地上2階	20.4
地上1階	23.1
地下1階	25.3
地下2階	27.5

念のため各階壁の推定強度の最低値を当該壁の推定強度と仮定した場合の評価結果

各階壁の推定強度の最低値 (仮定値) (N/mm ²)
12.4
18.7
14.5
22.06 ^{**}
22.06 ^{**}

※：保守的な評価とするため、設計基準強度を採用した。

② 静的地震力（建築基準法で定める水平地震力の1.5倍）の評価結果

全ての階で安全率が1.0を上回っており、耐震Bクラスに要求される静的地震力に対して弾性範囲にあることを確認した。

階	短期許容せん断応力度 (kgf/cm ²) ／最大発生せん断応力度 (kgf/cm ²) (安全率)	
	各階の推定強度の場合	
	NS 方向	EW 方向
地上3階	10.40／4.73 (2.2)	10.40／5.91 (1.8)
地上2階	10.40／7.08 (1.5)	10.40／9.05 (1.1)
地上1階	11.03／5.95 (1.9)	11.03／7.43 (1.5)
地下1階	11.37／5.36 (2.1)	11.37／5.62 (2.0)
地下2階	11.71／7.60 (1.5)	11.71／6.97 (1.7)

階	短期許容せん断応力度 (kgf/cm ²) ／最大発生せん断応力度 (kgf/cm ²) (安全率)	
	各階壁の推定強度の最低値 (仮定値) の場合	
	NS 方向	EW 方向
地上3階	9.53／4.93 (1.9)	9.53／6.16 (1.5)
地上2階	9.54／7.14 (1.3)	9.54／9.04 (1.1)
地上1階	9.53／5.95 (1.6)	9.95／7.43 (1.3)
地下1階	10.88／5.36 (2.0)	10.88／5.62 (1.9)
地下2階	10.88／7.60 (1.4)	10.88／6.97 (1.6)

③ 保有水平耐力の評価結果

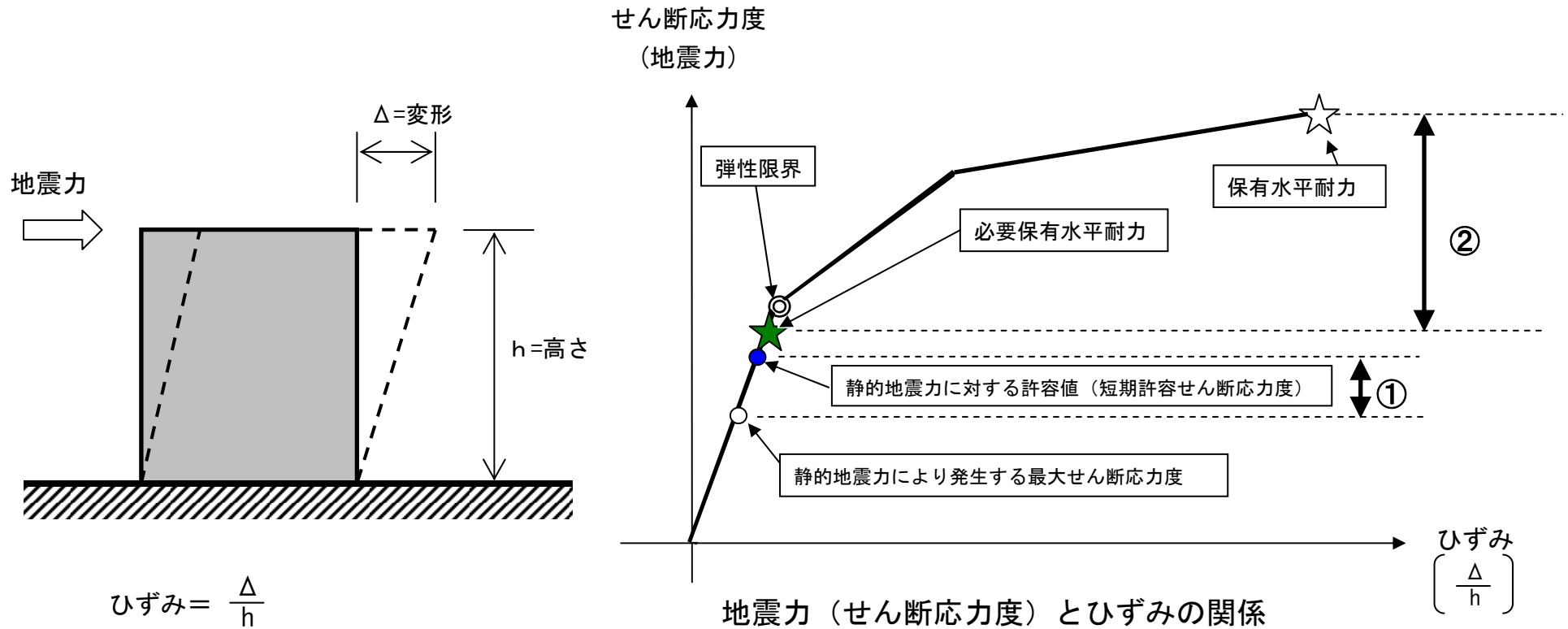
全ての階で、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して上回っていることを確認した。

階	保有水平耐力 (tf) ／必要保有水平耐力 (tf) (安全率)	
	各階の推定強度の場合	
	NS 方向	EW 方向
地上3階	16690／4957 (3.4)	15260／6352 (2.4)
地上2階	24544／11589 (2.1)	21580／12130 (1.8)
地上1階	50727／24008 (2.1)	38627／18963 (2.0)
地下1階	79921／32008 (2.5)	72132／25813 (2.8)
地下2階	81495／45643 (1.8)	79271／37128 (2.1)

階	保有水平耐力 (tf) ／必要保有水平耐力 (tf) (安全率)	
	各階壁の推定強度の最低値 (仮定値) の場合	
	NS 方向	EW 方向
地上3階	14592／5174 (2.8)	13396／6615 (2.0)
地上2階	23958／11692 (2.0)	21005／12121 (1.7)
地上1階	44370／24008 (1.8)	33705／18963 (1.8)
地下1階	76458／32008 (2.4)	68847／25813 (2.7)
地下2階	76666／45643 (1.7)	75210／37128 (2.0)

添付-4 原子炉補助建屋の耐震評価のイメージ

- ① 地震力（建築基準法の1.5倍）により発生する応力と許容値（短期許容せん断応力度）を比較すると、許容値が上回っている（弾性範囲にある）。
- ② 保有水平耐力が、必要保有水平耐力に対して上回っている。



新型転換炉ふげん発電所における 原子炉補助建屋の構造健全性評価結果

1. 経緯

日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）は、ふげん発電所（以下「ふげん」という。）原子炉補助建屋（以下「補助建屋」という。）の構造健全性評価のための作業及び検討を進めてきた。

主に、補助建屋の構造健全性を確認するために、国土交通省監修、(財)日本建築防災協会の耐震診断手法（「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説（以下「耐震診断基準」という。）」など）に従って、建設時における法令上の要求事項、各種許認可検査記録の確認とその後の日常の維持管理における日常点検に基づく外観検査など必要事項について実施し、問題のないことを確認している。

今般、補助建屋において第三者機関により新たにコア強度データを採取（試料採取日：9月4日～11日（試料本数36本、測定壁12箇所×各3本））し、耐震性の評価を行ったので、その結果を示す。

2. 補助建屋の耐震に係る法令上の要求事項の整理

補助建屋の耐震に係る法令手続きとしては、主に原子炉等規制法に基づく設置許可、電気事業法に基づく工認、建築基準法に基づく確認がある。これらの法律上の要求事項を整理すると、以下のとおりとなる。

- i. 補助建屋は耐震Bクラスとして規定され、耐震Bクラスの静的地震力（建築基準法で定める水平地震力の1.5倍）に対して建屋が弾性範囲にあること。
- ii. 建築確認では、耐震壁で水平地震力を100%、柱・梁のフレームでさらに20%を負担できるよう設計する（合計120%）こととしている。
- iii. また、当時の建築基準法では定められていないが、現行の建築基準法では、保有水平耐力の裕度確認が求められているため、今回の評価の対象とする。

3. コア採取と各階の推定強度の算定及び耐震性の評価方法

(1) コア採取と各階の推定強度の算定

コアの採取は、耐震診断基準に基づき以下のとおり実施した。

- i. 採取するコアに代表性があるように、採取場所、数、コアの形状、打設された時期、壁の配置、厚さ等の条件を考慮して、建屋全体の構造強度を推定できる主要な耐震壁を選定した。この選定の具体的方法と選択した壁が耐震診断基準に適合していることの評価一覧等を「添付資料-1」に示す。
- ii. 各階から3本以上のコアを採取すること及び耐震診断の信頼性を高めるため、各階XY方向2～3箇所、6～9本、全体で12箇所、計36本のコアを採取して圧縮強度を測定。

- iii. 建屋全体の評価を行うため、得られた全ての圧縮強度の値を用いて、耐震診断基準に従って採取された圧縮強度のばらつきを考慮して各階の推定強度(σ_B)を、下式により算定。

$$\sigma_B = X_{\text{mean}} - 1/2 \times \sigma$$

ここに、 X_{mean} は各階のコアの平均値、 σ はその標準偏差

(2) 耐震性の評価方法

耐震性の評価は、上記により算定した各階の推定強度を用いて以下のとおり実施した。

- i. 耐震Bクラスの評価は、建築基準法に定められる水平地震力の1.5倍の地震力を全て耐震壁で受け持つものとし、これにより耐震壁に発生する最大のせん断応力度が、採取したコアより求められた各階の推定強度から定まる耐震壁の短期許容せん断応力度以下であることの確認計算を実施。
- ii. 保有水平耐力の裕度確認は、採取したコアより求められた各階の推定強度に応じた各耐震壁の水平耐力を合算し、各階が有している保有水平耐力が、建築基準法に基づき算定される各階の必要保有水平耐力以上であり、裕度を有していることの確認計算を実施。
- iii. なお、評価にあたっては、保守側の評価となるように、以下の事項を考慮した。
- 耐震診断基準によれば、建物が保有する耐震性能は、耐震壁及び柱・梁フレームで負担することとしているが、保守側の評価とするため水平地震力の100%を耐震壁で受け持たせる評価とし、柱・梁のフレームの寄与は見込まない。
 - 通り芯上にないなど耐震上の寄与が小さい耐震壁及び、通り芯上にあり耐力を見込める雑壁の寄与についても見込まない。

以上により、2.に記載した補助建屋の耐震に係る法令上の要求事項に合致することを確認する。

4. コンクリート壁の資料採取及び圧縮強度測定結果

補助建屋の地下2階から地上3階の各階について、コンクリート壁の試料を採取し、圧縮強度の測定を行った。結果は以下のとおり。

- 測定した圧縮強度としては、計36本のコア強度のうち、10本の強度が設計基準強度(22.06N/mm²)を下回ったが、残り26本については設計基準強度を上回っていた。
- コアを採取した12箇所の壁で、そのうち圧縮強度(各壁毎の3本のコアの平均値)が設計基準強度を下回ったのは3箇所であったが、残り8箇所については設計基準強度を上回っていた。
- 各階の圧縮強度の平均値は、全て設計基準強度を上回った。

したがって、一部の壁の圧縮強度の値が低いことが確認されたものの、各階の壁の平均圧縮強度については、十分な強度を有していることが確認された。

採取したコアの圧縮強度と、それに基づき決定した各階の推定強度等の一覧を「添付資料-2」に示す。

5. 建屋構造健全性の評価結果

耐震診断基準に従い、各階毎に求めた推定強度を用いた耐震計算に加えて、念のため、各階で壁毎に求めた推定強度の最低値を各階の圧縮強度と仮定した場合の耐震計算も実施した。

その結果、いずれの場合も、建築基準法に基づく耐震重要度分類 B クラスとしての静的水平地震力に対しても、耐震壁のみで許容値（短期許容応力度）を満足し、建屋が弾性範囲にあることを確認した。

また、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して裕度を有していることも確認した。静的地震力及び保有水平耐力に対する評価結果を「添付資料—3」に示す。

これによって、法令上の要求事項に合致していることを確認した。

以上

—添付資料一覧—

- 添付資料－1 原子炉補助建屋耐震壁のコア採取の具体的方法と選定結果
- 添付資料－2 コア試験結果と推定強度
- 添付資料－3 各階の推定強度に基づく評価結果
- 添付資料－4 各階壁の推定強度の最低値を仮定した場合の評価結果

原子炉補助建屋耐震壁のコア採取の具体的方法と選定結果

(1) コア採取に係わる基本的な考え方

コア採取に当たっては、耐震診断基準に従い、下記の基本的な考え方を定めた。

- ① 耐震性評価を行う上で、建屋全体の構造強度を推定できる耐震壁を各階毎に選定する必要があるため、階毎の耐震壁の壁厚の分布から、構造強度を支配する壁のグループを見出し、そのグループ中から建屋の耐震壁の配置(平面形状)、上下階層の連続関係などを見てコア抜き候補となる壁をバランス良く絞り込んだ。
- ② さらに、これらの候補について、現場の状況(放射線量による制限及び障害物などによる接近性、並びに壁面のコールドジョイントの多寡などの壁面の状態からコア採取が適切に行えるかどうか)を実地調査した上で対象壁を適切に決定した。
- ③ また、耐震診断基準によれば、コアは各階から3本以上採取するのが基本となっているが、耐震診断の信頼性を高めるため、各階 XY 方向2箇所以上、6本以上、全体で10箇所以上、計30本以上のコアを採取することとした。

(2) コア採取する対象壁選定の方法とその結果

- ① 各階毎に構造強度を支配している壁厚の分布を概観すると、補助建屋の耐震壁の壁厚が250mmから1800mmまで17種類と幅広く分布しているため、パターン化のための検討を行い、これを大きく500mm刻み(イ)500mm以下、(ロ)500mm超～1000mm以下、(ハ)1000mm超)に分類し、各階の構造強度を支配する壁のグループ化を行った。
- ② このグループ化によって各階の壁の分布は概ね2つのグループに収まるため、各階からのコア採取は原則としてこれら2つのグループから選択することとした。その結果を、「付表—1」に示す。また、各グループ内からできる限り多様な厚さの壁からコアを採取することとした。
- ③ 最終的に、各階 XY 方向2～3箇所、6～9本、全体で12箇所、計36本のコアを採取した。これら選定した各階毎の耐震壁を「付表—2」に示すが、(イ)グループから250mm、400mm、500mmの3種類、(ロ)グループから750mm、800mm、1000mmの3種類、(ハ)グループから1100mm、1400mm、1500mmの3種類、計9種類の壁厚から選択した。付表—3に、この選定結果が耐震診断の要求事項に適合していることを併せて示した。
- ④ さらに、各階における支配面積が小さい区分の耐震壁については、コア強度データが採取されないため、保守的な扱いとして、これらの壁を耐震壁と見なさず(せん断断面積を0と見なす)、耐震性の評価を行うこととした。

付表-1 方向別の構造強度を支配する壁のグループ化

方向	NS(X)方向			EW(Y)方向		
	(イ) 500mm以下	(ロ) 500mm超～ 1000mm以下	(ハ) 1000mm超	(イ) 500mm以下	(ロ) 500mm超～ 1000mm以下	(ハ) 1000mm超
地下2階	2.88 0.84%	175.37 50.89%	166.34 48.27%	14.31 4.09%	170.88 48.80%	164.97 47.11%
地下1階	6.90 1.93%	201.06 56.11%	150.38 41.97%	10.53 3.45%	179.46 58.72%	115.63 37.83%
地上1階	36.20 16.06%	189.22 83.94%	0.00 0.00%	51.77 31.99%	107.40 66.37%	2.65 1.64%
地上2階	83.60 76.52%	25.65 23.48%	0.00 0.00%	82.43 100.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%
地上3階	66.02 100.00%	0.00 0.00%	0.00 0.00%	61.56 95.87%	0.00 0.00%	2.65 4.13%

注: 上段: せん断断面積(m²)、下段: 当該階に対する割合

■: 当該階におけるせん断断面積の占める割合の大きい壁(上位2位)を示す。

9

付表-2 構造強度を支配する壁のグループ化(X、Y方向統合)

壁厚さの区分	(イ) 500mm以下	(ロ) 500mm超～ 1000mm以下	(ハ) 1000mm超	コア採取壁 の比率
地下2階	17.19 2.47%	346.25 49.84%	331.31 47.69%	97.53%
地下1階	17.43 2.63%	380.52 57.31%	266.01 40.06%	97.37%
地上1階	87.97 22.72%	296.62 76.60%	2.65 0.68%	99.32%
地上2階	166.03 86.62%	25.65 13.38%	0.00 0.00%	100.00%
地上3階	127.58 97.97%	0.00 0.00%	2.65 2.03%	100.00%

注: 上段: せん断断面積(m²)、下段: 当該階に対する割合

■: コア採取した壁を示す。

付表-3 耐震診断基準等による適合性評価一覧表

階	原子炉補助建屋 位置	壁厚 (mm)	コア採 取数	耐震診断基準等に基づく要求事項								
				コア採取方法			採取場所		打設部位		打設時期	
				個数(3個 程度)	コア径 (100 mm)	コア高さ (100 mm以上)	各階1箇所以上		内壁	外壁	夏期	冬期
							X方向	Y方向				
地下 2階	①非常用電気室	1000	3本	○	○	○		○		○		
	②給水加熱器室	1400	3本	○	○	○	○		○			○
地下 1階	③常用電気室	1500	3本	○	○	○	○		○		○	
	④放射性廃棄物処理室及び 貯蔵タンク室(遮へい壁)	1000	3本	○	○	○		○	○		○	
地上 1階	⑤放射性廃棄物処理室及び 貯蔵タンク室(遮へい壁)	1000	3本	○	○	○		○	○			○
	⑥原子炉補助建屋 タービンフロア	800	3本	○	○	○	○		○			○
	⑦常用エアロック通路	400	3本	○	○	○	○		○			○
地上 2階	⑧原子炉補機室(蓄圧器近傍 の壁)	400	3本	○	○	○		○		○		
	⑨タービンフロア上部	750	3本	○	○	○	○		○		○	
地上 3階	⑩外壁(1)	500	3本	○	○	○		○		○		○
	⑪ホット計器修理室	250	3本	○	○	○	○		○		○	○
	⑫外壁(2)	1100	3本	○	○	○		○		○		○
合計(12箇所)			36本									

添付資料-2 コア試験結果と推定強度

位置		壁厚 (mm)	(1)コア毎の圧縮強度 (N/mm ²)	(2)壁毎の平均値 Xmean(N/mm ²)	(3)各階の平均値 Xmean(N/mm ²)	(4)各階の推定強度 σ_B (N/mm ²)
地下2階	非常用電気室	1000	34.0	34.9 (34.2) ^{※1}	36.7 (2.9) ^{※2}	27.5 ^{※3}
			36.4			
			34.2			
	給水加熱器室	1400	35.0	38.5 (36.9) ^{※1}		
			39.7			
			40.7			
地下1階	常用電気室	1500	25.8	29.3 (27.7) ^{※1}		
			31.8			
			30.2			
	放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室(遮へい壁)	1000	20.2	25.7 (23.1) ^{※1}		
			30.5			
			26.4			
地上1階	放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室(遮へい壁)	1000	27.9	27.4 (27.1) ^{※1}		
			26.9			
			27.3			
	原子炉補助建屋タービフロア	800	32.0	42.1 (37.3) ^{※1}		
			43.1			
			51.1			
	常用エアロック通路	400	15.3	17.9 (14.5) ^{※1}		
			12.9			
			25.4			
地上2階	原子炉補機室(蓄圧器近傍の壁)	400	19.2	19.0 (18.7) ^{※1}		
			18.3			
			19.4			
	タービフロア上部	750	25.9	25.7 (24.6) ^{※1}		
			27.7			
			23.4			
地上3階	外壁(1)	500	25.7	26.0 (23.6) ^{※1}		
			21.3			
			30.9			
	ホット計器修理室	250	14.1	12.9 (12.4) ^{※1}		
			12.2			
			12.4			
	外壁(2)	1100	45.2	41.7 (40.0) ^{※1}		
			41.8			
			38.2			

※1:()内の数値は、各壁の推定強度(σ_B)を示す。

※2:()内の数値は、各階圧縮強度の標準偏差(σ)を示す。

※3: 地下2階の推定強度は、35.2N/mm²となるが、耐震診断基準に従い、設計基準強度(22.06N/mm²)の1.25倍かつ30N/mm²を超えない範囲で設定し、27.5N/mm²とした。

添付資料－ 3 各階の推定強度に基づく評価結果

各階毎の圧縮強度より求めた推定強度に基づく静的地震力及び保有水平耐力に対する評価を行った。なお評価計算に当たっては、参照する基準類に従い MKS 単位系で行った。

① 各階の推定強度

各階毎の圧縮強度測定値の平均値に、データのばらつきを考慮して推定強度を求めた。

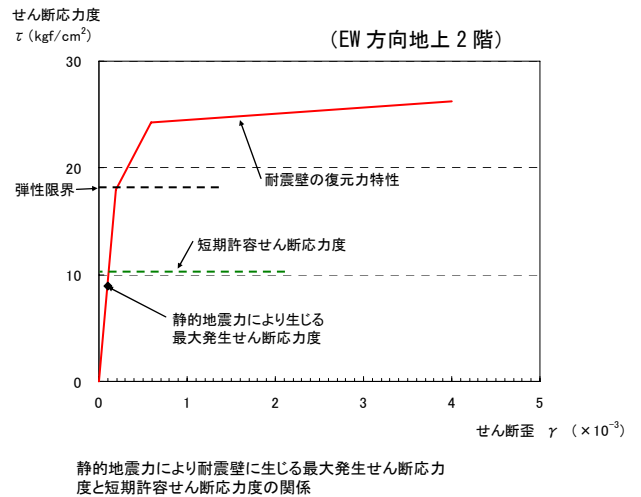
(N/mm²)

階	地下 2 階	地下 1 階	地上 1 階	地上 2 階	地上 3 階
各階の推定強度	27.5	25.3	23.1	20.4	20.4

② 静的地震力（静的地震力；建築基準法で定める水平地震力の 1.5 倍）の許容値（短期許容せん断応力度）に対する評価結果

全ての階の NS 方向及び EW 方向において安全率が 1.0 を上回っており、耐震 B クラスに要求される静的地震力に対して、弾性範囲にあることを確認した。

階	短期許容せん断応力度 (kgf/cm ²) ／最大発生せん断応力度 (kgf/cm ²) (安全率)	
	NS 方向	EW 方向
地上 3 階	10.40／4.73 (2.2)	10.40／5.91 (1.8)
地上 2 階	10.40／7.08 (1.5)	10.40／9.05 (1.1)
地上 1 階	11.03／5.95 (1.9)	11.03／7.43 (1.5)
地下 1 階	11.37／5.36 (2.1)	11.37／5.62 (2.0)
地下 2 階	11.71／7.60 (1.5)	11.71／6.97 (1.7)

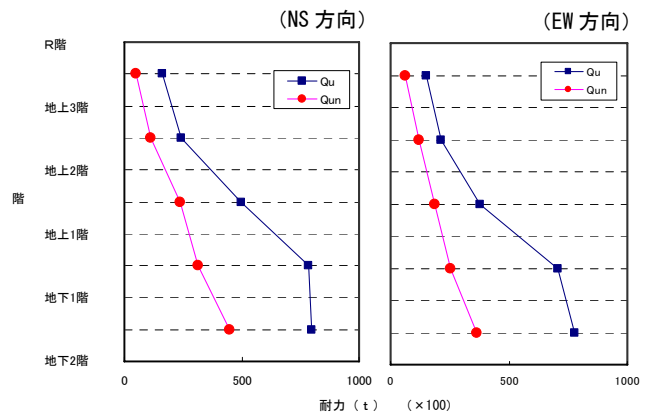


※：最も厳しい評価結果となった EW 方向地上 2 階耐震壁を示す。

③ 保有水平耐力に必要保有水平耐力に対する評価結果

全ての階の NS 方向及び EW 方向において、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して余裕を持っていることを確認した。

階	保有水平耐力 (tf) ／必要保有水平耐力 (tf) (安全率)	
	NS 方向	EW 方向
地上 3 階	16690／4957 (3.4)	15260／6352 (2.4)
地上 2 階	24544／11589 (2.1)	21580／12130 (1.8)
地上 1 階	50727／24008 (2.1)	38627／18963 (2.0)
地下 1 階	79921／32008 (2.5)	72132／25813 (2.8)
地下 2 階	81495／45643 (1.8)	79271／37128 (2.1)



保有水平耐力に対する評価結果

※ Qu: 保有水平耐力
Qun: 必要保有水平耐力

添付資料-4 〔仮定的試算〕各階壁の推定強度の最低値を仮定した場合の評価結果（静的地震力及び保有水平耐力に対する評価）

各階の壁毎に求めた推定強度のうち最も小さな値を当該階の推定強度と仮定して計算しても、耐震Bクラスの耐震性があることを確認した。なお評価計算に当たっては、参照する基準類に従いMKS単位系で行った。

① 各階壁の推定強度の最低値

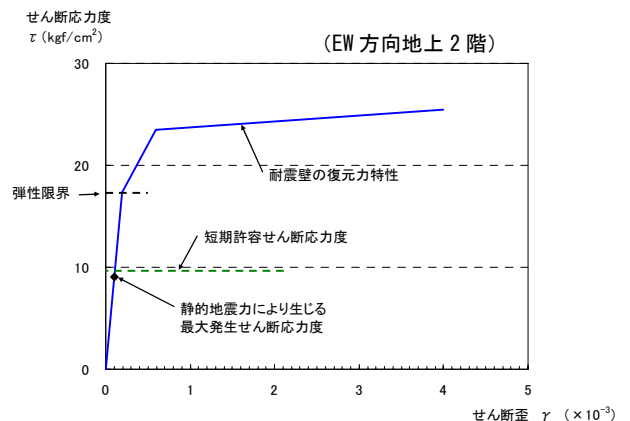
- 地下2階（非常用電気室）：Xmean=34.9、 $\sigma=1.3$ 、 $\sigma_B=34.2$ ※
 - 地下1階（放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室）：Xmean=25.7、 $\sigma=5.2$ 、 $\sigma_B=23.1$ ※
 - 地上1階（常用エアロック通路の壁）：Xmean=17.9、 $\sigma=6.6$ 、 $\sigma_B=14.5$
 - 地上2階（原子炉補機室の壁）：Xmean=19.0、 $\sigma=0.6$ 、 $\sigma_B=18.7$
 - 地上3階（ホット計器修理室の壁）：Xmean=12.9、 $\sigma=1.0$ 、 $\sigma_B=12.4$
- ここで、Xmean：壁の平均値 (N/mm²)、 σ ：標準偏差 (N/mm²)、 σ_B ：推定強度 (N/mm²)
 ※：地下2階及び地下1階は全て $\sigma_B \geq F_c(22.06\text{N/mm}^2)$ となるためF_cを採用する。

(N/mm²)

階	地下2階	地下1階	地上1階	地上2階	地上3階
各階壁の推定強度の最低値（仮定値）	22.06	22.06	14.5	18.7	12.4

② 静的地震力（静的地震力；建築基準法で定める水平地震力の1.5倍）の許容値（短期許容せん断応力度）に対する評価結果

階	短期許容せん断応力度(kgf/cm ²) ／最大発生せん断応力度(kgf/cm ²) (安全率)	
	NS方向	EW方向
地上3階	9.53/4.93 (1.9)	9.53/6.16 (1.5)
地上2階	9.54/7.14 (1.3)	9.54/9.04 (1.1)
地上1階	9.53/5.95 (1.6)	9.95/7.43 (1.3)
地下1階	10.88/5.36 (2.0)	10.88/5.62 (1.9)
地下2階	10.88/7.60 (1.4)	10.88/6.97 (1.6)

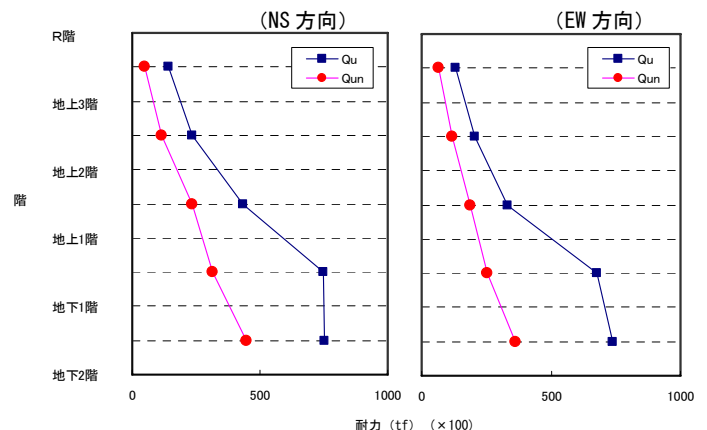


静的地震力により耐震壁に生じる最大発生せん断応力度と短期許容せん断応力度の関係

※：最も厳しい評価結果となったEW方向地上2階耐震壁を示す。

③ 保有水平耐力に必要保有水平耐力に対する評価結果

階	保有水平耐力(tf) ／必要保有水平耐力(tf) (安全率)	
	NS方向	EW方向
地上3階	14592/5174 (2.8)	13396/6615 (2.0)
地上2階	23958/11692 (2.0)	21005/12121 (1.7)
地上1階	44370/24008 (1.8)	33705/18963 (1.8)
地下1階	76458/32008 (2.4)	68847/25813 (2.7)
地下2階	76666/45643 (1.7)	75210/37128 (2.0)



保有水平耐力に対する評価結果

※ Qu: 保有水平耐力
 Qun: 必要保有水平耐力

—参考資料一覧—

- 参考資料－1 原子炉補助建屋の耐震性の評価について
(各階の推定強度に基づく計算書)
- 参考資料－2 [仮定的試算]原子炉補助建屋の耐震性の評価について
(各階壁の推定強度の最低値を仮定した場合の計算書)
- 参考資料－3 使用前検査対象壁の圧縮強度測定結果

原子炉補助建屋の耐震性の評価について

(各階の推定強度に基づく計算書)

1. 評価方針

「ふげん」原子炉補助建屋はBクラスの施設であるため、「耐震設計審査指針」に示される静的地震力 ($1.5C_i$) 及び保有水平耐力の検討を行う。

「ふげん」原子炉補助建屋の設計は、静的地震力 (当時は $1.5C_o \times 0.8$ C_o : 水平震度) に対して、耐震壁が100%受け持つ設計としているため、保守側の評価として、今回の健全性の評価においても、耐震壁が水平地震力を100%受け持つものとして検討した。図1に耐震性確認のためのフローを示す。

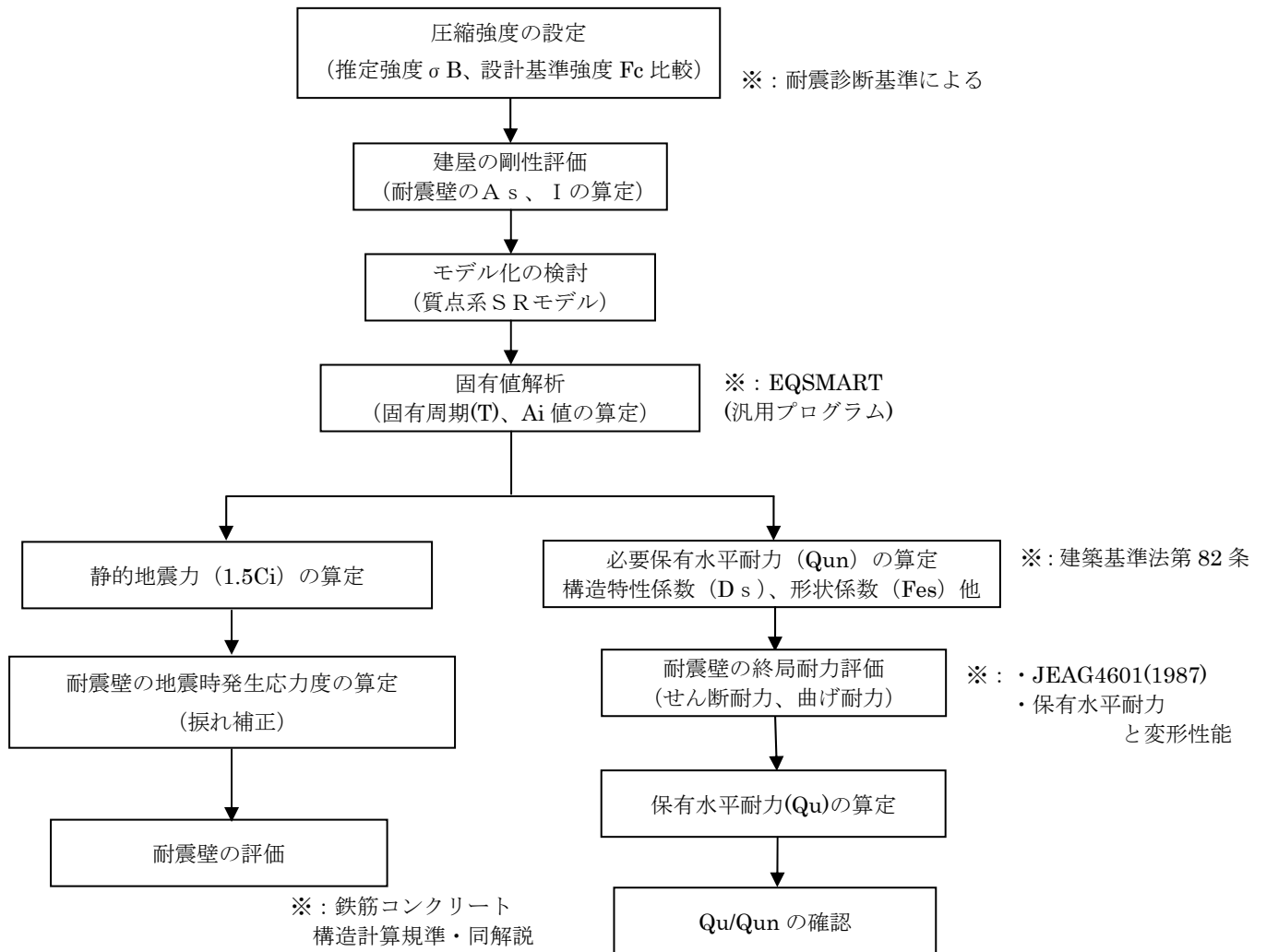


図1 耐震健全性確認フロー

2. コア試験結果に基づく解析モデルの作成

評価に用いるコンクリート圧縮強度を表1に示す。耐震評価に用いる圧縮強度は、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説」（国土交通省監修）に従い、各階の推定強度 σ_B を採用した（ただし、 σ_B は $1.25F_c$ かつ 30N/mm^2 を越えない範囲で設定 地下2階で $35.2 \rightarrow 27.5 \text{N/mm}^2$ ）。

また、健全性のためのコアを採取しない区分の壁は、保守的な扱いとして耐震壁と見なさず（せん断断面積、断面二次モーメントを0と見なす）、耐震性の評価を行うこととした。

「ふげん」原子炉補助建屋の断面及び固有値解析を考慮して作成した固有値解析モデルを図2～3に、固有値解析結果を表2に、 A_i 値の算定結果を表3に示す。

表1 耐震評価用コンクリート圧縮強度

階	評価用圧縮強度		ヤング係数 E_c (kgf/cm ²)	せん断弾性係数 G (kgf/cm ²)
	(N/mm ²)	(kgf/cm ²)		
地上3階 (R'階含む)	20.4	208	214	92
地上2階	20.4	208	214	92
地上1階	23.1	236	228	98
地下1階	25.3	258	239	102
地下2階	27.5	280	249	107

※1 : ヤング係数 : $E_c = 2.1 \times 10^2 \times \left(\frac{\gamma}{2.3} \right)^{1.5} \times \sqrt{\frac{F_c}{200}}$ (kgf/cm²)
 $\gamma = 2.3 \text{tf/m}^3$

※2 : せん断弾性係数 : $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ (kgf/cm²)
 $\nu = 1/6$

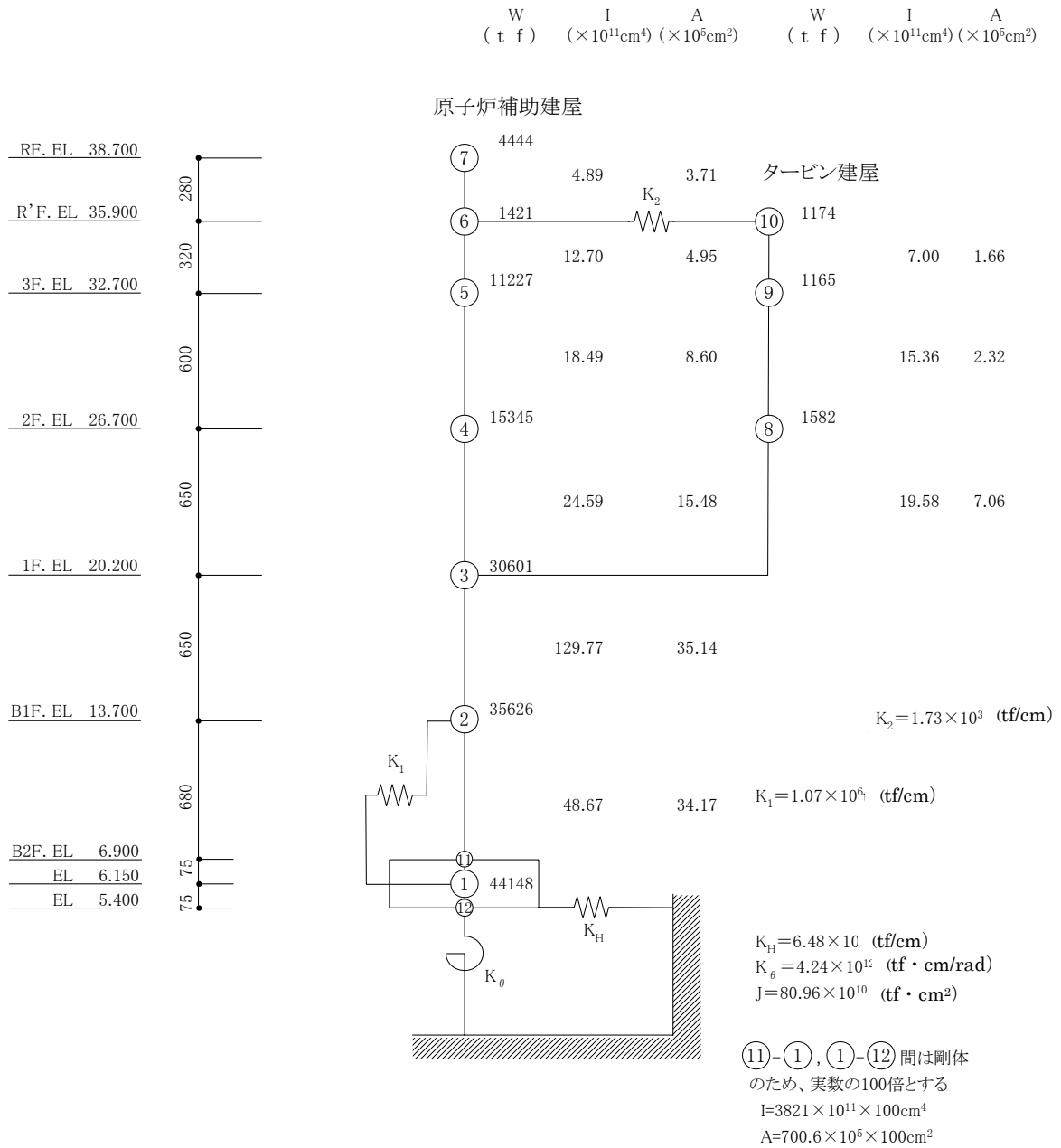


図 2 固有値解析モデル
X (NS) 方向

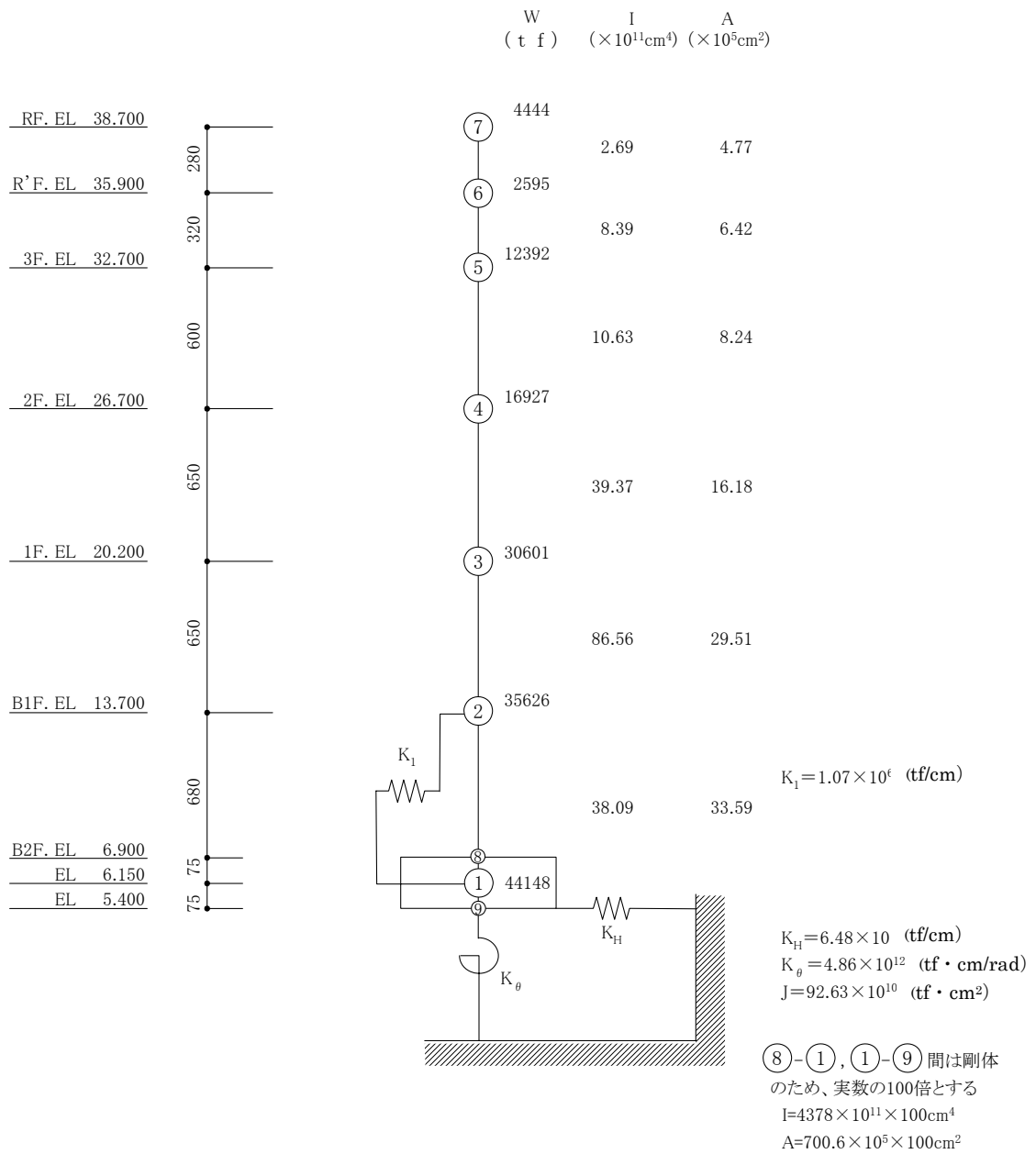


図3 固有値解析モデル
Y (EW) 方向

表 2 (1) 固有値解析結果 NS(X)方向

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.160	6.24	1.924
2	0.083	12.07	0.192
3	0.081	12.33	-1.117
4	0.064	15.71	-1.369
5	0.049	20.31	0.613
6	0.039	25.92	-0.252
7	0.032	30.90	0.112
8	0.023	43.54	0.087
9	0.020	49.46	-0.078
10	0.018	54.15	0.020

表 2 (2) 固有値解析結果 EW(Y)方向

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.169	5.92	1.851
2	0.084	11.98	0.126
3	0.081	12.28	-1.149
4	0.050	20.00	0.581
5	0.039	25.93	-0.261
6	0.033	30.13	0.098
7	0.021	48.77	-0.083

表 3 Ai 算定結果 (小数点以下第 3 位を四捨五入して表示)

階	NS(X)方向		EW(Y)方向	
	Ai'	Ai (Ai'/A1')	Ai'	Ai (Ai'/A1')
R'F	2.03	1.73	1.98	1.67
3F	1.72	1.47	1.86	1.57
2F	1.46	1.25	1.54	1.30
1F	1.17	1.00	1.18	1.00

3. 静的地震力及び保有水平耐力に対する評価結果

1.5Ci 静的地震力に対する検討結果を表4、5に、保有水平耐力の検討結果を表5、6に示す。1.5Ci 地震時に耐震壁に生じるせん断応力度は最大で、9.05（EW方向地上2階）であり、耐震壁の短期許容せん断応力度 10.40 を下回っている。

また、保有水平耐力は必要保有水平耐力の 1.8 倍以上（最小値、NS方向地下2階、EW方向地上2階）あり、十分な安全裕度を有している。

表 4 (1) せん断応力度の算定結果 NS(X)方向

階	静的地震力 Q(tf)	Aw (m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	α 補正	τ (kgf/cm ²)
地上 3 階	2704	62.8	4.31	1.098	4.73
地上 2 階	6321	103.7	6.09	1.162	7.08
地上 1 階	9489	214.1	4.43	1.342	5.95
地下 1 階	14079	333.8	4.22	1.271	5.36
地下 2 階	18568	324.6	5.72	1.329	7.60

表 4 (2) せん断応力度の算定結果 EW(Y)方向

階	静的地震力 Q(tf)	Aw (m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	α 補正	τ (kgf/cm ²)
地上 3 階	2887	61.0	4.73	1.249	5.91
地上 2 階	6616	78.3	8.45	1.071	9.05
地上 1 階	9489	153.7	6.17	1.204	7.43
地下 1 階	14079	280.3	5.02	1.119	5.62
地下 2 階	18568	319.1	5.82	1.198	6.97

表-5 静的地震力に対する検討結果

(kgf/cm²)

階	NS(X)方向				EW(Y)方向			
	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}
地上 3 階	4.73	10.40	9.53	10.40	5.91	10.40	9.53	10.40
地上 2 階	7.08	10.40	9.53	10.40	9.05	10.40	9.53	10.40
地上 1 階	5.95	11.03	9.53	11.03	7.43	11.03	9.95	11.03
地下 1 階	5.36	11.37	9.03	11.37	5.62	11.37	8.47	11.37
地下 2 階	7.60	11.71	9.03	11.71	6.97	11.71	9.03	11.71

※ 1:コンクリート強度から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度

※ 2:鉄筋及び柱から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度(ただし、耐震壁で水平地震力を 100%負担する設計としているため、柱は無視する)

※ 3:「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」により、τ_{A1}、τ_{A2}のいずれか大きいほうを許容せん断応力度とした。

表 5 (1) 必要保有水平耐力算定結果 NS(X)方向

地上部									
	Wi (tf)	ΣWi (tf)	Ai	Rt'	Ci	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
R'F	4,444	4,444	1.73	0.87	1.50	6,686	0.55	1.00	3,677
3F	2,595	7,039	1.47	0.87	1.28	9,013	0.55	1.00	4,957
2F	12,392	19,431	1.25	0.87	1.08	21,071	0.55	1.00	11,589
1F	16,927	36,358	1.00	0.87	0.87	31,631	0.55	1.38	24,008
地下部									
	Wi (tf)	地下震度 K	ΔQ (tf)		Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)	
B1F	30,601	0.50	15,301		46,932	0.55	1.24	32,008	
B2F	35,626	0.42	14,999		61,931	0.55	1.34	45,643	

表 5 (2) 必要保有水平耐力算定結果 EW(Y)方向

地上部									
	Wi (tf)	ΣWi (tf)	Ai	Rt'	Ci	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
R'F	4,444	4,444	1.67	0.87	1.45	6,459	0.55	1.50	5,329
3F	2,595	7,039	1.57	0.87	1.37	9,624	0.55	1.20	6,352
2F	12,392	19,431	1.30	0.87	1.13	22,054	0.55	1.00	12,130
1F	16,927	36,358	1.00	0.87	0.87	31,631	0.55	1.09	18,963
地下部									
	Wi (tf)	地下震度 K	ΔQ (tf)		Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)	
B1F	30,601	0.50	15,301		46,932	0.55	1.00	25,813	
B2F	35,626	0.42	14,999		61,931	0.55	1.09	37,128	

注：Ai、Ci等の計算過程のものは、有効桁を詳細にとっているが、表記上は小数点2位としている。

表 6 保有水平耐力の検討結果

階	NS(X)方向			EW(Y)方向		
	Qun (tf)	Qu (tf)	Qu/Qun	Qun (tf)	Qu (tf)	Qu/Qun
地上3階	4957	16690	3.4	6352	15260	2.4
地上2階	11589	24544	2.1	12130	21580	1.8
地上1階	24008	50727	2.1	18963	38627	2.0
地下1階	32008	79921	2.5	25813	72132	2.8
地下2階	45643	81495	1.8	37128	79271	2.1

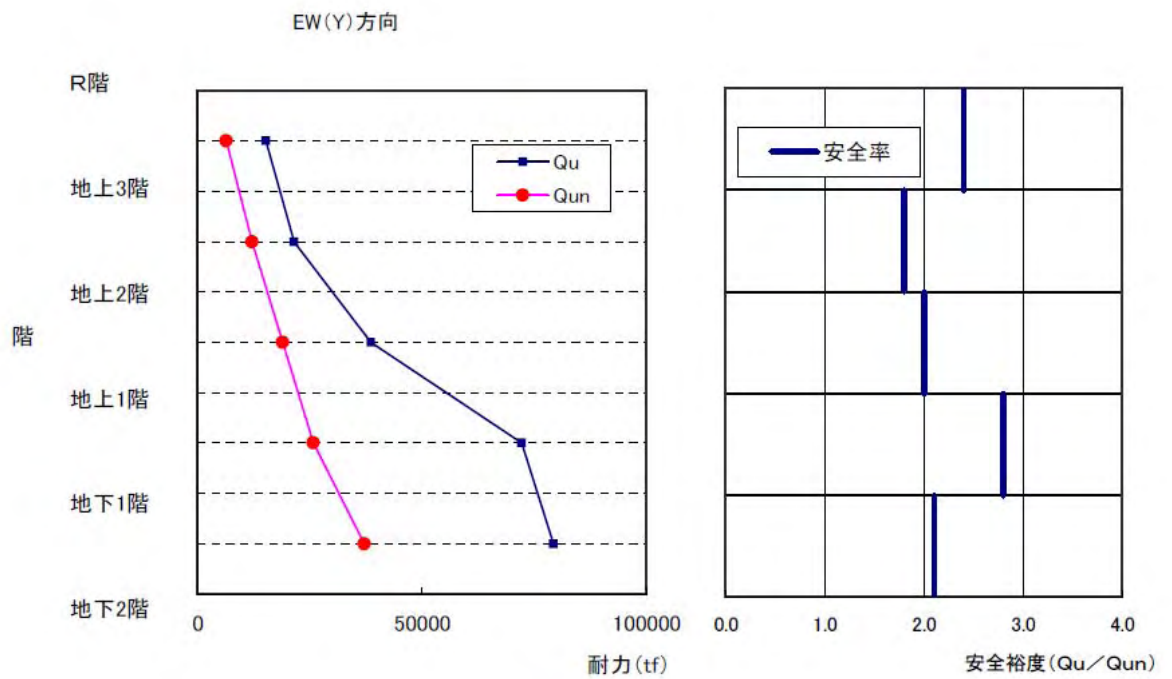
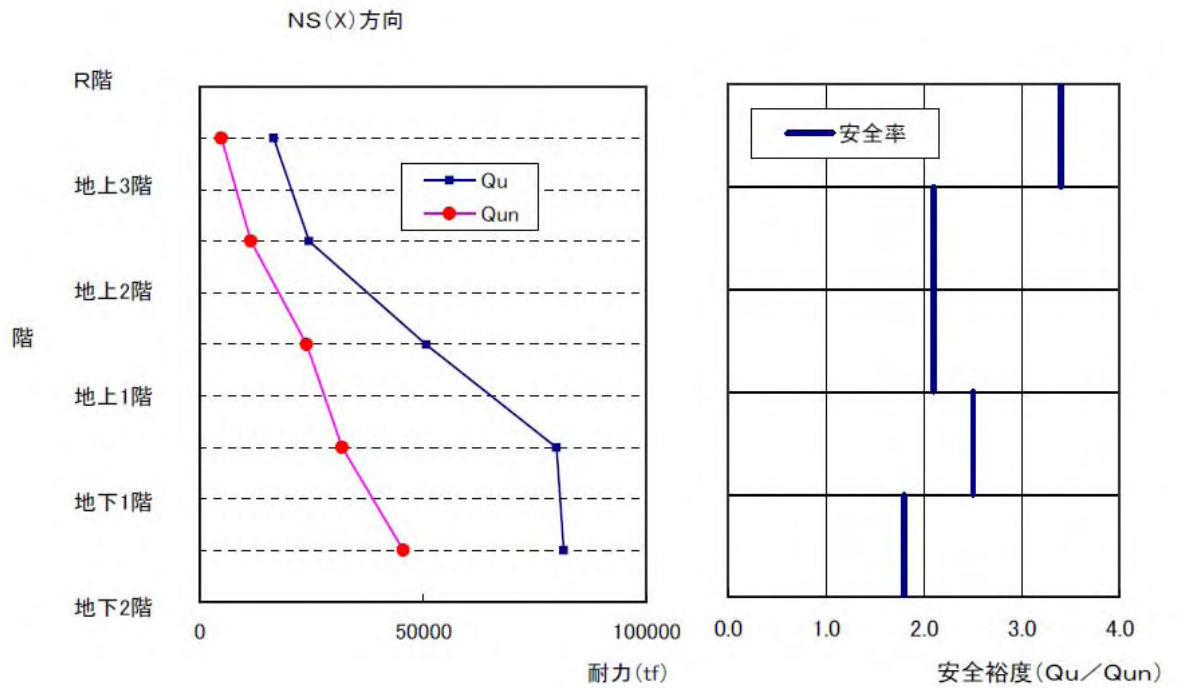
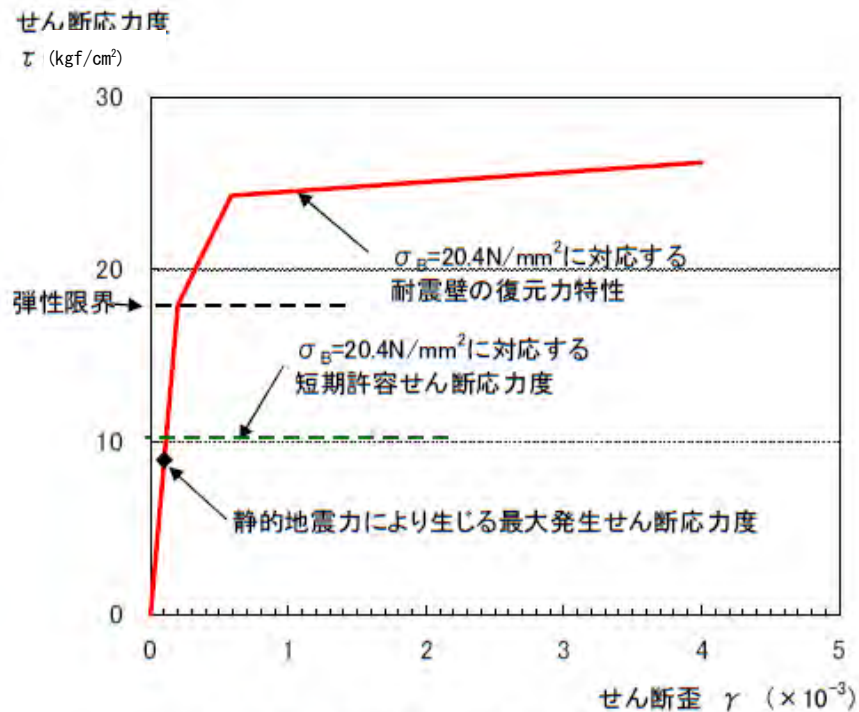
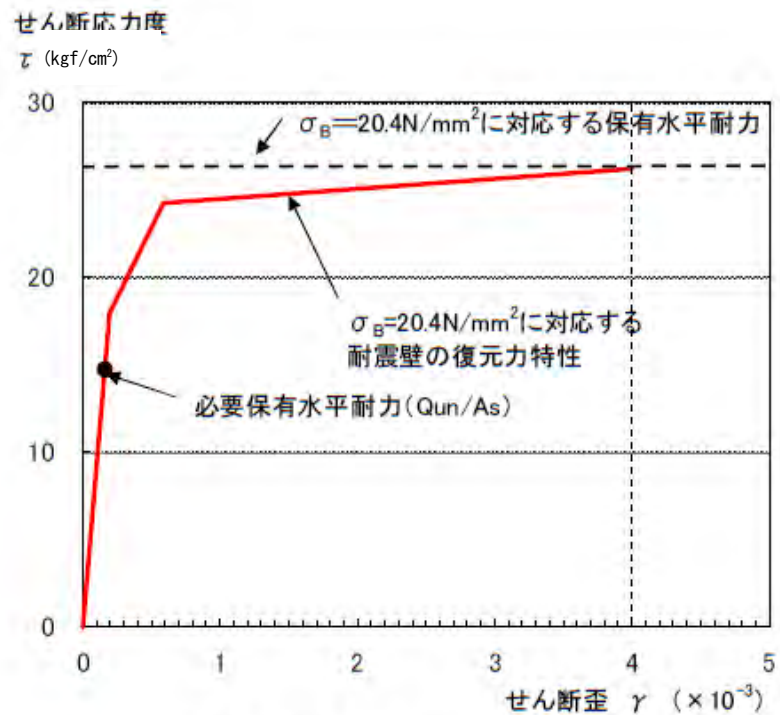


図4 保有水平耐力に対する評価結果

※ Qu: 保有水平耐力
 Qun: 必要保有水平耐力



静的地震力(1.5Ci)により耐震壁に生じる最大発生せん断応力度と許容値の関係



必要保有水平耐力と耐震壁の復元力特性の関係

図5 耐震壁の復元力特性

※:最も厳しい評価結果となったEW方向、地上2階耐震壁の発生応力度と短期許容応力度の比較

4. 建設時の(旧)建築基準法による静的地震力に対する評価結果

建設時の(旧)建築基準法による静的地震力に対する評価結果を表 6、7 に示す。静的地震力に耐震壁に生じるせん断応力度は最大で 10.81 (NS方向地下 2 階)であり、耐震壁の短期許容せん断応力度 11.71 を下回っている。

表 6 (1) せん断応力度の算定結果 NS(X)方向

階	旧建築基準法による水平震度	各階重量 W(tf)	K・W(tf)	静的地震力 Σ K・W(tf)	有効断面積 Aw(m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	振れ補正 α	τ (kgf/cm ²)
	K(1.5・Co×0.8)							
地上3階	0.300	4444	1333	2112	62.8	3.36	1.098	3.69
	0.300	2595	779					
地上2階	0.288	12392	3569	5681	103.7	5.48	1.162	6.37
地上1階	0.264	16927	4469	10149	214.1	4.74	1.342	6.36
地下1階	0.252	30601	7711	17861	333.8	5.35	1.271	6.80
地下2階	0.240	35626	8550	26411	324.6	8.14	1.329	10.81

表 6 (2) せん断応力度の算定結果 EW(Y)方向

階	旧建築基準法による水平震度	各階重量 W(tf)	K・W(tf)	静的地震力 Σ K・W(tf)	有効断面積 Aw(m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	振れ補正 α	τ (kgf/cm ²)
	K(1.5・Co×0.8)							
地上3階	0.300	4444	1333	2112	61.0	3.46	1.249	4.32
	0.300	2595	779					
地上2階	0.288	12392	3569	5681	78.3	7.25	1.071	7.77
地上1階	0.264	16927	4469	10149	153.7	6.60	1.204	7.95
地下1階	0.252	30601	7711	17861	280.3	6.37	1.119	7.13
地下2階	0.240	35626	8550	26411	319.1	8.28	1.198	9.92

表-7 静的地震力に対する評価結果

(kgf/cm²)

階	NS(X)方向				EW(Y)方向			
	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}
地上 3 階	3.69	10.40	9.53	10.40	4.32	10.40	9.53	10.40
地上 2 階	6.37	10.40	9.53	10.40	7.77	10.40	9.53	10.40
地上 1 階	6.36	11.03	9.53	11.03	7.95	11.03	9.95	11.03
地下 1 階	6.80	11.37	9.03	11.37	7.13	11.37	8.47	11.37
地下 2 階	10.81	11.71	9.03	11.71	9.92	11.71	9.03	11.71

※ 1:コンクリート強度から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度

※ 2:鉄筋及び柱から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度(ただし、耐震壁で水平地震力を 100%負担する設計としているため、柱は無視する)

※ 3:「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」により、τ_{A1}、τ_{A2}のいずれか大きいほうを許容せん断応力度とした。

[仮定的試算]原子炉補助建屋の耐震性の評価について

(各階壁の推定強度の最低値を仮定した場合の計算書)

1. 評価方針

「ふげん」原子炉補助建屋はBクラスの施設であるため、「耐震設計審査指針」に示される静的地震力（ $1.5C_i$ ）及び保有水平耐力の検討を行う。

「ふげん」原子炉補助建屋の設計は、静的地震力に対して、耐震壁が100%受け持つ設計としているため、保守側の評価として、今回の健全性の評価においても、耐震壁が水平地震力を100%受け持つものとして検討した。図1に耐震性確認のためのフローを示す。

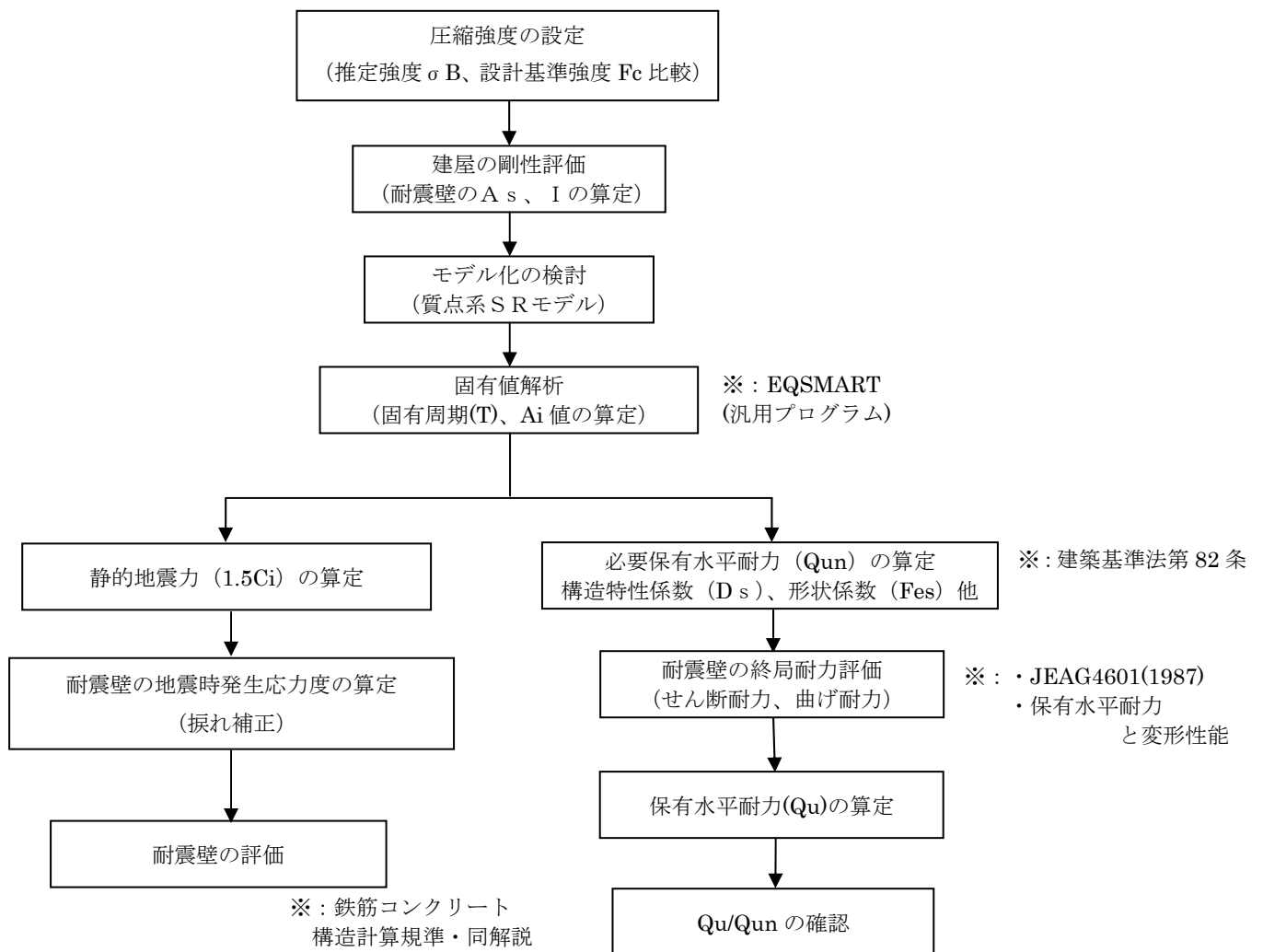


図1 耐震健全性確認フロー

2. コア試験結果に基づく解析モデルの作成

評価に用いるコンクリート圧縮強度を表1に示す。圧縮強度は、壁厚毎の推定強度の最低値を各階の強度と仮定した。

各階壁の推定強度の最低値は下記のとおりである。

- ・地下2階（非常用電気室の壁） : Xmean=34.9、 $\sigma=1.3$ 、 $\sigma_B=34.2$ ※
- ・地下1階（放射性廃棄物処理室及び貯蔵タンク室の壁） : Xmean=25.7、 $\sigma=5.2$ 、 $\sigma_B=23.1$ ※
- ・地上1階（常用エアロック通路の壁） : Xmean=17.9、 $\sigma=6.6$ 、 $\sigma_B=14.5$
- ・地上2階（原子炉補機室の壁） : Xmean=19.0、 $\sigma=0.6$ 、 $\sigma_B=18.7$
- ・地上3階（ホット計器修理室の壁） : Xmean=12.9、 $\sigma=1.0$ 、 $\sigma_B=12.4$

ここで、Xmean: 壁の平均値 (N/mm²)、 σ : 標準偏差 (N/mm²)、 σ_B : 推定強度 (N/mm²)

※: 地下2階及び地下1階は全て $\sigma_B \geq F_c(22.06\text{N/mm}^2)$ となるため F_c を採用する。

また、健全性のためのコアを採取しない区分の壁は、保守的な扱いとして耐震壁と見なさず（せん断断面積、断面二次モーメントを0と見なす）、耐震性の評価を行うこととした。

「ふげん」原子炉補助建屋の断面及び固有値解析を考慮して作成した、固有値解析モデルを図2～3に、固有値解析結果を表2に、 A_i 値の算定結果を表3に示す。

表1 耐震評価用コンクリート圧縮強度

階	評価用圧縮強度		ヤング係数 E _c (kgf/cm ²)	せん断弾性係数 G (kgf/cm ²)
	(N/mm ²)	(kgf/cm ²)		
地上3階（R'階含む）	12.4	126	167	72
地上2階	18.7	191	205	88
地上1階	14.5	148	181	77
地下1階	22.06	225	223	95
地下2階	22.06	225	223	95

※1: ヤング係数 : $E_c = 2.1 \times 10^2 \times \left(\frac{\gamma}{2.3}\right)^{1.5} \times \sqrt{\frac{F_c}{200}}$ (kgf/cm²)
 $\gamma = 2.3\text{tf/m}^3$

※2: せん断弾性係数 : $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ (kgf/cm²)
 $\nu = 1/6$

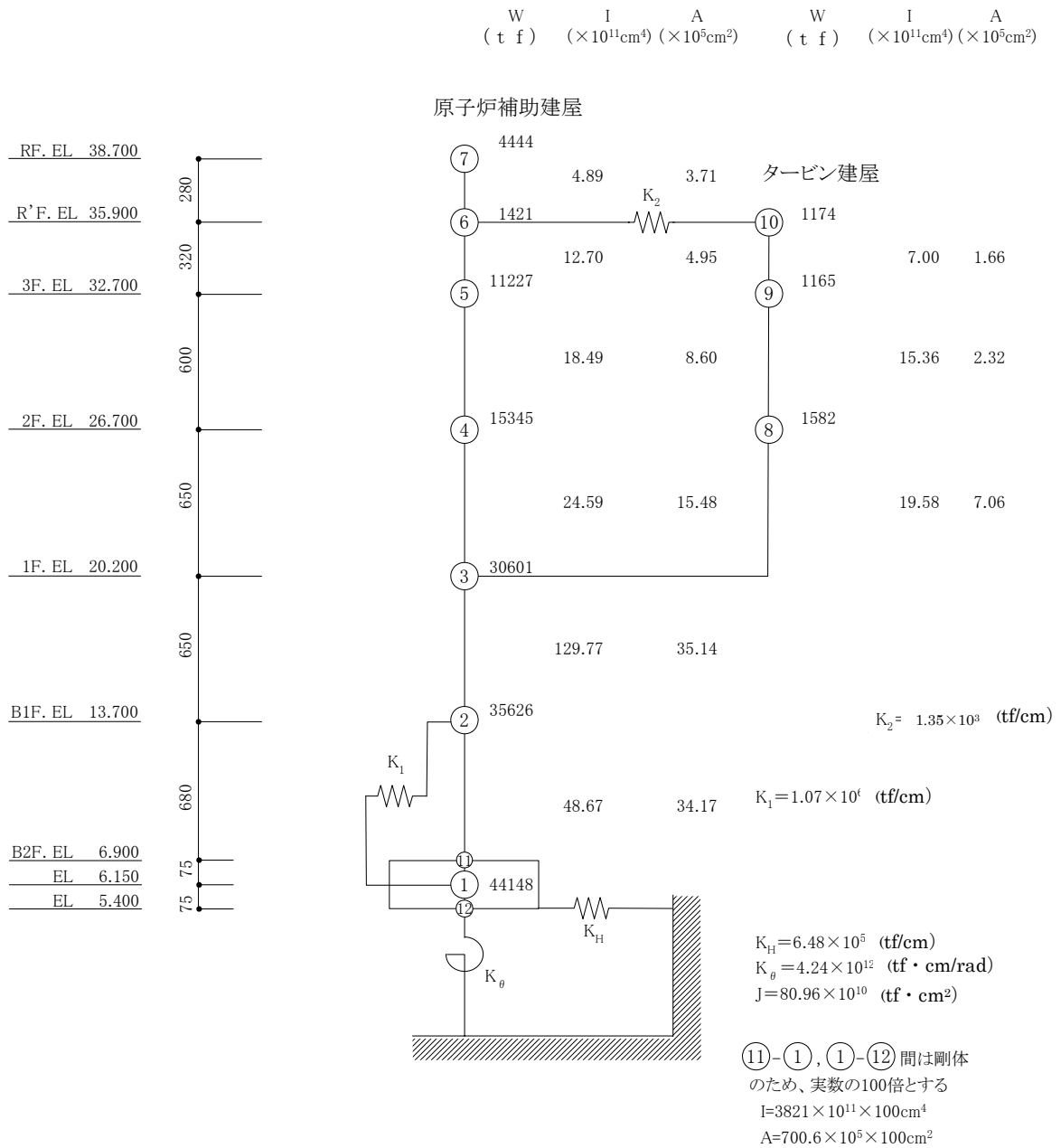


図2 固有値解析モデル
X (NS) 方向

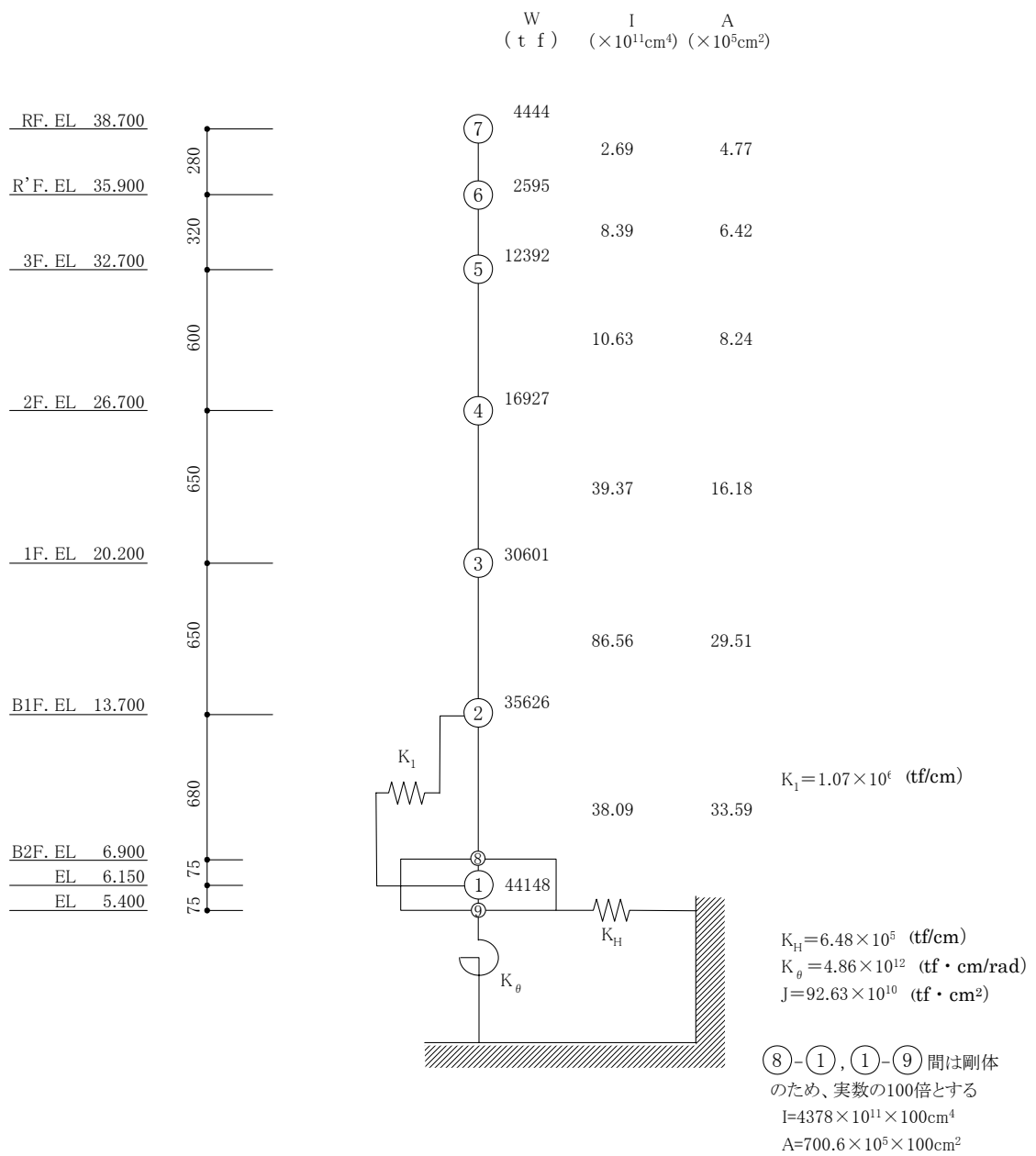


図3 固有値解析モデル
Y (EW) 方向

表 2 (1) 固有値解析結果 NS(X)方向

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.167	5.98	1.955
2	0.085	11.77	-1.377
3	0.083	12.03	-0.151
4	0.068	14.74	-1.563
5	0.054	18.55	0.704
6	0.041	24.56	0.268
7	0.035	28.82	0.131
8	0.026	38.74	0.085
9	0.021	48.43	-0.108
10	0.020	50.10	0.072

表 2 (2) 固有値解析結果 EW(Y)方向

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.176	5.67	1.859
2	0.084	11.90	-1.244
3	0.084	11.94	-0.085
4	0.053	18.73	0.703
5	0.042	24.06	-0.316
6	0.036	27.99	0.119
7	0.021	47.89	-0.086

表 3 Ai 算定結果 (小数点以下第 3 位を四捨五入して表示している)

階	NS(X)方向		EW(Y)方向	
	Ai'	Ai (Ai'/A1')	Ai'	Ai (Ai'/A1')
R'F	2.18	1.88	2.06	1.77
3F	1.79	1.54	1.91	1.64
2F	1.46	1.26	1.52	1.30
1F	1.16	1.00	1.17	1.00

3. 静的地震力に対する評価結果

1.5Ci 静的地震力に対する検討結果を表 4、5 に示す。1.5Ci 地震時に耐震壁に生じるせん断応力度は最大で、9.04（EW方向地上2階）であり、耐震壁の短期許容せん断応力度 9.54 を下回っている。

また、保有水平耐力は必要保有水平耐力の 1.7 倍以上（最小値、NS方向地下2階、EW方向地上2階）あり、十分な安全裕度を有している。

表 4 (1) せん断応力度の算定結果 NS(X)方向

階	静的地震力 Q(tf)	Aw (m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	α 補正	τ (kgf/cm ²)
地上3階	2822	62.8	4.49	1.098	4.93
地上2階	6377	103.7	6.15	1.162	7.14
地上1階	9489	214.1	4.43	1.342	5.95
地下1階	14079	333.8	4.22	1.271	5.36
地下2階	18568	324.6	5.72	1.329	7.60

表 4 (2) せん断応力度の算定結果 EW(Y)方向

階	静的地震力 Q(tf)	Aw (m ²)	τ 補正前 (kgf/cm ²)	α 補正	τ (kgf/cm ²)
地上3階	3007	61.0	4.93	1.249	6.16
地上2階	6611	78.3	8.45	1.071	9.04
地上1階	9489	153.7	6.17	1.204	7.43
地下1階	14079	280.3	5.02	1.119	5.62
地下2階	18568	319.1	5.82	1.198	6.97

表-5 静的地震力に対する検討結果

階	NS(X)方向				EW(Y)方向			
	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}	τ	τ _{A1} ^{※1}	τ _{A2} ^{※2}	許容せん断 応力度 ^{※3}
地上3階	4.93	6.32	9.53	9.53	6.16	6.32	9.53	9.53
地上2階	7.14	9.54	9.53	9.54	9.04	9.54	9.53	9.54
地上1階	5.95	7.40	9.53	9.53	7.43	7.40	9.95	9.95
地下1階	5.36	10.88	9.03	10.88	5.62	10.88	8.47	10.88
地下2階	7.60	10.88	9.03	10.88	6.97	10.88	9.03	10.88

※ 1:コンクリート強度から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度

※ 2:鉄筋及び柱から決まる耐震壁の短期許容せん断応力度(ただし、耐震壁で水平地震力を 100%負担する設計としているため、柱は無視する)

※ 3:「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」により、τ_{A1}、τ_{A2}のいずれか大きいほうを許容せん断応力度とした。

表 5 (1) 必要保有水平耐力算定結果 NS(X)方向

地上部

	Wi (tf)	ΣWi (tf)	Ai	Rt'	Ci	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
R'F	4,444	4,444	1.88	0.87	1.63	7,249	0.55	1.00	3,987
3F	2,595	7,039	1.54	0.87	1.34	9,407	0.55	1.00	5,174
2F	12,392	19,431	1.26	0.87	1.09	21,258	0.55	1.00	11,692
1F	16,927	36,358	1.00	0.87	0.87	31,631	0.55	1.38	24,008

地下部

	Wi (tf)	地下震度 K	ΔQ (tf)	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
B1F	30,601	0.50	15,301	46,932	0.55	1.24	32,008
B2F	35,626	0.42	14,999	61,931	0.55	1.34	45,643

表 5 (2) 必要保有水平耐力算定結果 EW(Y)方向

地上部

	Wi (tf)	ΣWi (tf)	Ai	Rt'	Ci	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
R'F	4,444	4,444	1.77	0.87	1.54	6,834	0.55	1.50	5,638
3F	2,595	7,039	1.64	0.87	1.42	10,023	0.55	1.20	6,615
2F	12,392	19,431	1.30	0.87	1.13	22,038	0.55	1.00	12,121
1F	16,927	36,358	1.00	0.87	0.87	31,631	0.55	1.09	18,963

地下部

	Wi (tf)	地下震度 K	ΔQ (tf)	Qud (tf)	Ds	Fes	Qun (tf)
B1F	30,601	0.50	15,301	46,932	0.55	1.00	25,813
B2F	35,626	0.42	14,999	61,931	0.55	1.09	37,128

注：Ai、Ci等の計算過程のものは、有効桁を詳細にとっているが、表記上は小数点2位としている。

表 6 保有水平耐力の検討結果

階	NS(X)方向			EW(Y)方向		
	Qun (tf)	Qu (tf)	Qu/Qun	Qun (tf)	Qu (tf)	Qu/Qun
地上3階	5174	14,592	2.8	6615	13,396	2.0
地上2階	11692	23,958	2.0	12121	21,005	1.7
地上1階	24008	44,370	1.8	18963	33,705	1.8
地下1階	32008	76,458	2.4	25813	68,847	2.7
地下2階	45643	76,666	1.7	37128	75,210	2.0

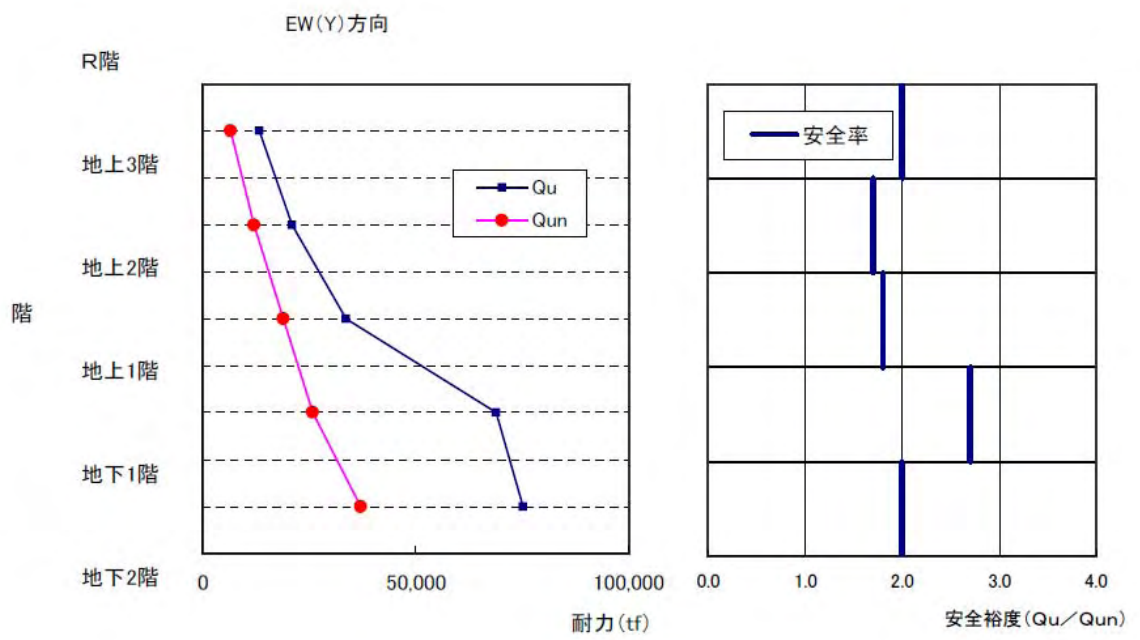
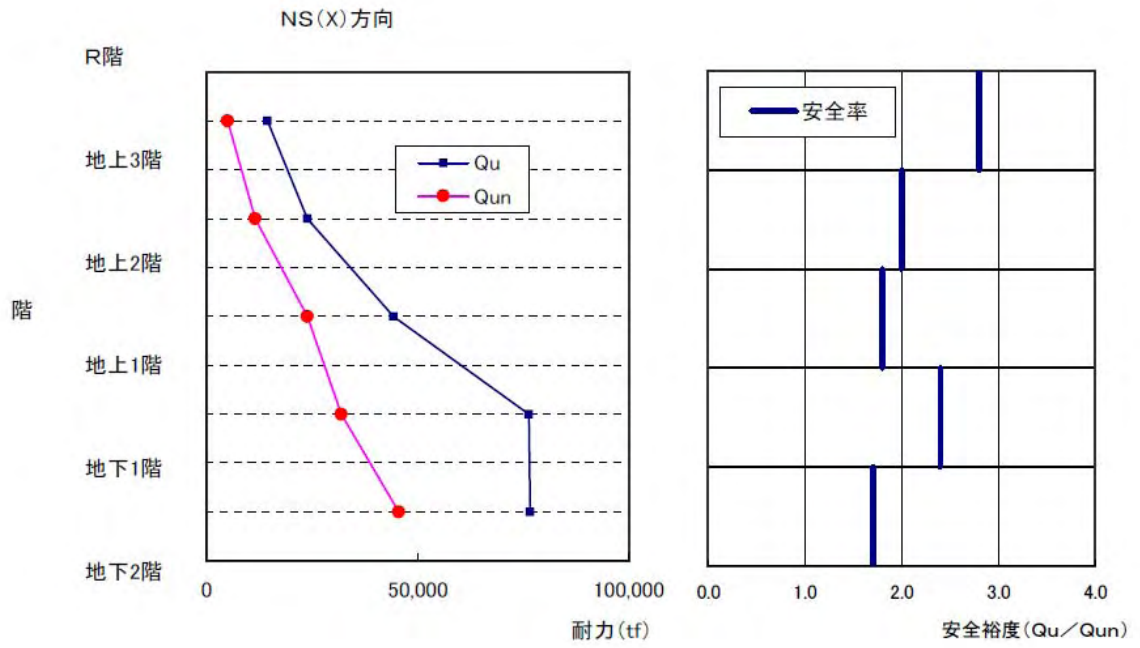
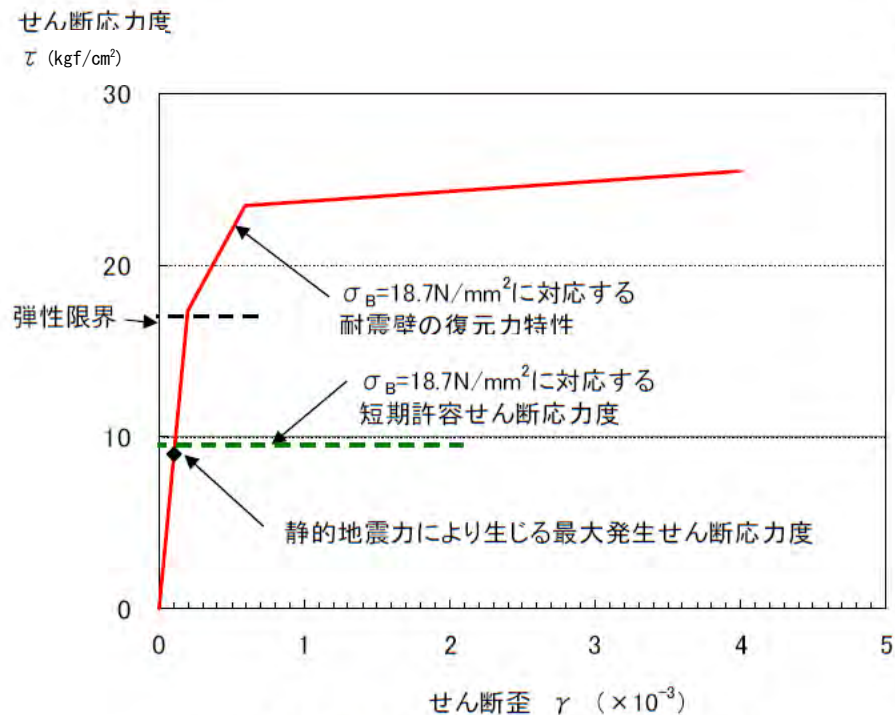


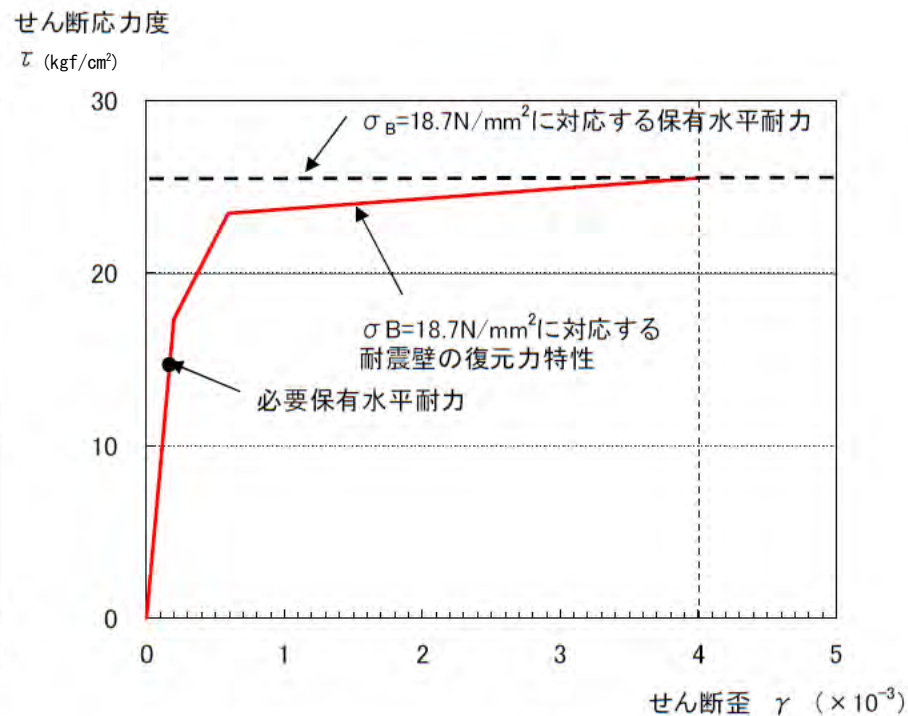
図4 保有水平耐力に対する評価結果

※ Qu: 保有水平耐力

Qun: 必要保有水平耐力



静的地震力(1.5Ci)により耐震壁に生じる最大発生せん断応力度と許容値の関係



必要保有水平耐力と耐震壁の復元力特性の関係

図5 耐震壁の復元力特性

※: 最も厳しい評価結果となったEW方向、地上2階耐震壁の発生応力度と短期許容応力度の比較

参考資料-3 使用前検査対象壁の圧縮強度測定結果

階	使用前検査時		今回調査（コア強度データ）	
	打設箇所	圧縮強度 平均値 (kg/cm ²)	圧縮強度 平均値 (kg/cm ²)	備考 (N/mm ² 換算)
地下1階	放射性廃棄物処理室 及び貯蔵タンク室 (遮へい壁) (S48.6.2 打設)	266	262	25.7 (20.2, 30.5, 26.4) ※1
地上1階	放射性廃棄物処理室 及び貯蔵タンク室 (遮へい壁) (S48.10.25 打設)	258	279	27.4 (27.9, 26.9, 27.3) ※1

*いずれも3本の平均値

※1：今回のコンクリートコア毎の圧縮強度測定値

【結果の評価】

使用前検査を実施した地下1階及び地上1階の遮へい壁の壁毎のコア強度の平均値は、上記に示すように、検査基準値（22.06N/mm²）を満足し、使用前検査データと同程度であることが確認できたことから、使用前検査の信頼性が再確認できた。