

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	補足-340-8 改 26
提出年月日	平成 30 年 7 月 26 日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-8

【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】

平成 30 年 7 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	補足-348 改0として提出 ・1.1章, 1.4.1章, 1.4.4~1.4.7章を提出
改1	H30.2.15	補足-348 改1として提出 ・1.5章を新規作成し, 改0に追加
改2	H30.2.19	補足-348 改2として提出 ・改1のうち, 1.1章, 1.4.4~1.4.7章を修正
改0	H30.3.7	資料番号を修正 補足-340-8 改0 ・「1.4. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方」のうち, 1.4.3章, 1.4.8~1.4.10章, 1.4.12章を新規作成し, 追加
改1	H30.3.26	・P.3~5に補足説明資料と添付書類との関連を記載 ・1.4.1章, 1.4.4章~1.4.7章を修正 ・4章を新規作成し, 追加
改2	H30.4.6	・1.4.2章, 1.4.11章, 1.4.17章を新規作成し, 追加 ・4章を修正 ・12章を新規作成し, 追加
改3	H30.4.9	・1.3章, 2章を新規作成し, 追加 ・4.4章を修正
改4	H30.4.9	・1.2章, 8章, 11章を新規作成し, 追加
改5	H30.4.12	・10章を新規作成し, 追加
改6	H30.4.13	・1.4.13章, 1.4.14章, 1.4.15章, 1.4.16章, 1.4.18章を新規作成し, 追加 ・1.5章, 1.6章を新規作成し, 追加 ・5章, 6章, 7章, 9章, 14章, 16章, 17章を新規作成し, 追加
改7	H30.4.23	・10章, 11章, 17章を修正 ・3章, 13章, 15章, 18章を新規作成し, 追加
改8	H30.4.27	・既提出分を一式取り纏めて, 再提出
改9	H30.5.2	・改6のうち, 1.6章及び5章を改定 ・改3のうち, 4章を改訂
改10	H30.5.14	・1.7章, 1.8章を新規作成し, 追加
改11	H30.5.23	・改0のうち, 1.4.10章を改定 ・改7のうち, 10章を改定 ・改9のうち, 1.6章を改定
改12	H30.5.28	・改3のうち, 1.4.2章を改定 ・改3のうち, 2章を改定
改13	H30.5.31	・改0のうち, 1.4.3章を改定
改14	H30.6.6	・1.9章を新規作成し, 追加 ・1.10章を新規作成し, 追加 ・改7のうち, 3章を改定
改15	H30.6.7	・改7のうち, 17章, 18章を改定 ・改14のうち, 3章を改定
改16	H30.6.12	・改14のうち, 1.10章を改定
改17	H30.6.18	・改13のうち, 1.4.3章を改定 ・改3のうち, 1.4.11章を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 18	H30. 6. 20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 6 のうち, 1. 4. 13 章及び 1. 4. 15 章を改定 ・改 7 のうち, 13 章及び 14 章を改定
改 19	H30. 6. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・改 7 のうち, 11 章を改定 ・改 15 のうち, 3 章を改定
改 20	H30. 6. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 6 のうち, 1. 5 章を改定 ・改 14 のうち, 1. 9 章を改定 ・改 19 のうち, 11 章を改定
改 21	H30. 7. 5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 9 のうち, 4 章及び 5 章を改定
改 22	H30. 7. 5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 12 のうち, 2 章を改定 ・改 20 のうち, 1. 9 章を改定
改 23	H30. 7. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 6 のうち, 7 章を改定
改 24	H30. 7. 9	<ul style="list-style-type: none"> ・改 6 のうち, 14 章及び 16 章を改定 ・改 11 のうち, 10 章を改定 ・改 15 のうち, 17 章及び 18 章を改定 ・改 18 のうち, 13 章及び 15 章を改定 ・改 19 のうち, 3 章を改定 ・改 20 のうち, 11 章を改定
改 25	H30. 7. 9	<ul style="list-style-type: none"> ・改 4 のうち, 8 章を改定
改 26	H30. 7. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 10 のうち, 1. 7 章を改定 ・改 11 のうち, 1. 6 章を改定

目次

[]内は、当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

1. 共通事項
 - 1.1 対象設備[改 7 H30. 4. 23]
 - 1.2 屋外重要土木構造物の要求性能と要求性能に対する耐震評価内容[改 4 H30. 4. 9]
 - 1.3 安全係数[改 3 H30. 4. 9]
 - 1.4 屋外重要土木構造部の耐震評価における断面選定の考え方
 - 1.4.1 方針[改 3 H30. 4. 9]
 - 1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方[改 12 H30. 5. 28]
 - 1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方[改 17 H30. 6. 18]
 - 1.4.4 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
 - 1.4.5 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
 - 1.4.6 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
 - 1.4.7 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の断面選定の考え方[改 1 H30. 3. 26]
 - 1.4.8 代替淡水貯槽の断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
 - 1.4.9 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
 - 1.4.10 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方[改 11 H30. 3. 8]
 - 1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方[改 17 H30. 6. 18]
 - 1.4.12 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
 - 1.4.13 緊急用海水取水管の断面選定の考え方[改 18 H30. 6. 20]
 - 1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
 - 1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方[改 18 H30. 6. 20]
 - 1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
 - 1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面選定の考え方[改 3 H30. 4. 9]
 - 1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方[改 6 H30. 4. 16]
 - 1.5 地盤物性のばらつきの考慮方法[改 20 H30. 6. 28]
 - 1.6 許容応力度法における許容限界について[改 26 H30. 7. 26]
 - 1.7 ジョイント要素のばね設定について[改 26 H30. 7. 26]
 - 1.8 有効応力解析モデルへの入力地震動の算定方法について[改 10 H30. 5. 14]
 - 1.9 地震応答解析における構造物の減衰定数について[改 22 H30. 7. 5]
 - 1.10 屋外重要土木構造物の地震応答解析結果及び耐震評価結果の記載方針について[改 16 H30. 6. 15]
2. 取水構造物の耐震安全性評価[改 22 H30. 7. 5]
3. 屋外二重管の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
4. 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震安全性評価[改 21 H30. 7. 5]
5. 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価[改 21 H30. 7. 5]
6. 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価[改 6 H30. 4. 16]
7. 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価[改 23 H30. 7. 6]

8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価[改 25 H30. 7. 9]
9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価[改 6 H30. 4. 16]
10. 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
11. 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価[改 3 H30. 4. 9]
13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
14. S A用海水ピットの耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
15. 海水引込み管の耐震安全性評価[改 18 H30. 6. 20]
16. S A用海水ピット取水塔の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価[改 24 H30. 7. 9]

本補足説明資料は、耐震性に関する説明書のうち屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての内容を補足するものである。本補足説明資料と添付書類との関連を以下に示す。

補足説明資料と添付書類との関連

工事計画に係る補足説明資料 耐震性に関する説明書のうち 補足-340-8 【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】		該当添付書類	
1. 共通事項	1.1 対象設備	共通事項	
	1.2 屋外重要土木構造物の要求性能と要求性能に対する耐震評価内容	共通事項	
	1.3 安全係数	共通事項	
	1.4 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方	1.4.1 方針	共通事項
		1.4.2 取水構造物の断面選定の考え方	V-2-2-6 取水構造物の地震応答計算書
		1.4.3 屋外二重管	V-2-2-8 屋外二重管の地震応答計算書
		1.4.4 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備	V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書
		1.4.5 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）	V-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書
		1.4.6 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）	V-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書
		1.4.7 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）	V-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書
		1.4.8 代替淡水貯槽	V-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書
		1.4.9 常設低圧代替注水系ポンプ室	V-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書
		1.4.10 常設低圧代替注水系配管カルバート	V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書
		1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書
		1.4.12 緊急用海水ポンプピット	V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書
		1.4.13 緊急用海水取水管	V-2-10-4-5 緊急用海水取水管の耐震性についての計算書
		1.4.14 SA用海水ピット	V-2-2-31 SA用海水ピットの地震応答計算書
		1.4.15 海水引込み管	V-2-10-4-3 海水引込み管の耐震性についての計算書
		1.4.16 SA用海水ピット取水塔	V-2-10-4-2 SA用海水ピット取水塔の耐震性についての計算書
1.4.17 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎		V-2-2-11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答計算書	
1.4.18 可搬型設備用軽油タンク基礎		V-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書	

	1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法	共通事項
	1.6 許容応力度法における許容限界について	共通事項
	1.7 ジョイント要素のばね設定について	共通事項
	1.8 有効応力解析モデルへの入力地震動の算定方法について	共通事項
2.	取水構造物の耐震安全性評価	V-2-2-6 取水構造物の地震応答計算書 V-2-2-7 取水構造物の耐震性についての計算書
3.	屋外二重管の耐震安全性評価	V-2-2-8 屋外二重管の地震応答計算書 V-2-2-9 屋外二重管の耐震性についての計算書
4.	常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震安全性評価	V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書 V-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の耐震性についての計算書
5.	常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書 V-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の耐震性についての計算書
6.	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書 V-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の耐震性についての計算書
7.	常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震安全性評価	V-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書 V-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の耐震性についての計算書
8.	代替淡水貯槽の耐震安全性評価	V-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書 V-2-2-28 代替淡水貯槽の耐震性についての計算書
9.	常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価	V-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書 V-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震性についての計算書
10.	常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震安全性評価	V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書 V-2-2-30 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震性についての計算書

11. 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価	V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書 V-2-2-20 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震性についての計算書
12. 緊急用海水ポンプピットの耐震安全性評価	V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書 V-2-2-34 緊急用海水ポンプピットの耐震性についての計算書
13. 緊急用海水取水管の耐震安全性評価	V-2-10-4-5 緊急用海水取水管の耐震性についての計算書
14. SA用海水ピットの耐震安全性評価	V-2-2-31 SA用海水ピットの地震応答計算書 V-2-2-32 SA用海水ピットの耐震性についての計算書
15. 海水引込み管の耐震安全性評価	V-2-10-4-3 海水引込み管の耐震性についての計算書
16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価	V-2-10-4-2 SA用海水ピット取水塔の耐震性についての計算書
17. 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価	V-2-2-11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の地震応答計算書 V-2-2-12 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価	V-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書 V-2-2-24 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書

1.6 許容応力度法における許容限界について

屋外重要土木構造物の許容応力度法による耐震設計にあたり、部材に適用する許容応力度及び短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき設定することを基本とする。「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」において対象部材に直接適用できる値が無い場合は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき設定する。また、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」においても対象部材に直接適用できる値が無い場合は、その他の規格・基準等を検討し、適切に設定する。

表 1.6-1 に各部材の許容応力度，短期許容応力度及び適用する規格・基準類を，表 1.6-2 に各屋外重要土木構造物に適用する規格，基準類を示す。

表 1.6-1 各部材の許容応力度，短期許容応力度及び適用する規格，基準類

部材(材料)	規格	項目	許容応力度 (N/mm ²)	割増し係数*2	短期許容応力度 (N/mm ²)	適用する規格，基準類
コンクリート	設計基準強度 f'ck=40 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度	14	1.5	21	コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会, 2002年制定)
		許容せん断応力度*1	0.55	1.5	0.825	
		許容押抜きせん断応力度	1.1	1.5	1.65	
		許容支圧応力度	12	1.5	18	
	設計基準強度 f'ck=30 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度	11	1.5	16.5	
		許容せん断応力度	0.5	1.5	0.75	
鉄筋	SD490	許容引張応力度	290	1.5	435	道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説((社)日 本道路協会, 平成24年3月)
		許容引張応力度(せん断補強筋)	200	1.5	300	
	SD390	許容引張応力度	206	1.5	309	コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会, 2002年制定)
		許容引張り応力度(せん断補強筋)	206	1.5	309	
	SD345	許容引張応力度	196	1.5	294	
		許容引張り応力度(せん断補強筋)	196	1.5	294	
鋼材	SM570	許容引張応力度	255	1.5	382.5	道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説((社)日 本道路協会, 平成14年3月)
		許容せん断応力度	145	1.5	217.5	
	SM490Y	許容引張応力度	210	1.5	315	
		許容せん断応力度	120	1.5	180	
	SM490	許容引張応力度	185	1.5	277.5	
		許容せん断応力度	105	1.5	157.5	
SS400	許容引張応力度	140	1.5	210		
	許容せん断応力度	80	1.5	120		

注記 *1:耐震壁に対する短期許容せん断応力度は $1.35 \text{ N/mm}^2 (= \text{許容応力度} 0.9 \text{ N/mm}^2 \times 1.5 (\text{割増し係数}))$ を適用する。

許容応力度 0.9 N/mm^2 は「 $F_c \times (1/30)$ かつ $0.5 + F_c \times (1/100)$ 以下」より算出(F_c :コンクリートの設計基準強度(N/mm²))

(鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—(日本建築学会, 1999年))

*2:設計に用いる許容応力度は地震の影響を考慮した荷重の組み合わせに対して割増し係数を乗じた値とすることがそれぞれの規格，基準類に記載されている。

表 1.6-2 各屋外重要土木構造物に適用する規格、基準類

	規格、基準類	コンクリート f' c k (N/mm ²)		鉄筋			鋼材					
		40	30	SD490	SD390	SD345	SM570	SM490Y	SM490	SS400		
		コンクリート標準示方書〔構造成能照査編〕(2002年制定)		道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (平成14年3月)			コンクリート標準示方書〔構造成能照査編〕(2002年制定)				道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (平成14年3月)	
屋外重要土木構造物	屋外二重管	-	-	-	-	-	○	-	-	○		
	常設代替高压電源装置場及び西側淡水貯水設備	○	-	○	○	-	-	-	-	-		
	常設代替高压電源装置用カルバート (トンネル部)	-	○	○	-	○	-	-	-	-		
	常設代替高压電源装置用カルバート (立坑部)	○	-	○	-	○	-	-	-	-		
	常設代替高压電源装置用カルバート (カルバート部)	○	-	○	-	○	○	-	-	-		
	代替淡水貯槽	○	-	○	○	○	-	-	-	-		
	常設低圧代替注水系ポンプ室	○	-	○	○	○	-	-	-	-		
	常設低圧代替注水系配管カルバート	○	-	-	○	○	-	-	-	-		
	格納容器圧力逃がし装置用カルバート	○	-	○	-	-	-	-	-	-		
	緊急用海水ポンピット	○	-	○	-	○	-	-	-	-		
	緊急用海水取水管	-	-	-	-	-	○	-	-	-		
	S A用海水ピット	○	-	○	○	○	-	-	-	-		
	海水引込み管	-	-	-	-	-	○	-	-	-		
	S A用海水ピット取水塔	○	-	○	○	○	-	○	-	-		
	緊急時対策用発電機燃料油貯蔵タンク基礎	○	-	○	-	-	-	-	○	-		
可搬型設備用軽油タンク基礎	○	-	○	-	-	-	-	○	-			

建築学会基準における耐震壁の許容せん断応力度の適用範囲について

鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説—許容応力度法—（日本建築学会，1999年）において，以下の通りコンクリートの設計基準強度 $F_c=60\text{N/mm}^2$ まで同基準に基づきコンクリートの許容応力度を設定できる記述になっていることを確認した。

鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説—許容応力度法—（日本建築学会，1999年）

P. 41

6条 許容応力度

	長期			短期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コンクリート	$\frac{1}{3}F_c$	—	$\frac{1}{30}F_c$ かつ $(0.5 + \frac{1}{100}F_c)$ 以下	長期に対する値の2倍	—	長期に対する値の1.5倍
軽量コンクリート 1種および2種			普通コンクリートに対する値の0.9倍			

[注] F_c は，コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) を表す。

P. 43

(4) コンクリートの許容せん断応力度

曲げとせん断の組合せ応力によって生じる引張主応力（すなわち斜張力）がある値に達すると，材軸に斜めにせん断ひび割れが生じる。

せん断ひび割れ発生後は，部材のせん断剛性が低下し，特にせん断補強筋量が少ない場合には靱性に乏しく，破壊を起こしやすいので，長期設計荷重時にはせん断ひび割れの発生はできるだけ避けたい。

また，せん断ひび割れが発生しても，ひび割れ幅が拡大しないようにせん断補強筋を配置すべきである。この補強計算の要否を判定する目安として，許容せん断応力度が定められている。梁に関する実験によれば，せん断ひび割れ強度 (τ_c) には，コンクリート強度 (σ_B) のほか，曲げモーメントとせん断力の比を有効せいで除した値 ($M/(Qd)$) および断面寸法が関係する。すなわち，長期に対しては，せん断ひび割れを発生させないことを前提として， $M/(Qd)=3$ における τ_c のほぼ下限として $(0.5 + F_c/100)$ (N/mm²) をとった。この値によれば，従来値 $F_c/30$ は， F_c が 21.4 N/mm² 以下では，十分に安全なので， $F_c/30$ はそのまま残すことにした。

また，短期に対しては，せん断ひび割れは予期するが，せん断補強筋比が 0.1% の場合では破壊しないことを条件に $M/(Qd)=3$ における τ_c の下限値をとった。また，ここに定めた短期許容せん断応力度は，耐震壁のせん断ひび割れ強度（実験値）のほぼ下限値にも相当する。

以上の記述は $F_c \leq 36 \text{ N/mm}^2$ の場合のものであるが， $36 \text{ N/mm}^2 < F_c \leq 60 \text{ N/mm}^2$ の範囲においても本許容応力度で安全側の評価を与えることが確認されている¹⁾。

軽量コンクリートの許容せん断応力度は，普通コンクリートに比べて 0.9 倍と低減させているが，

1) 例えば 香田伸次・黒瀬行信・山野辺宏治・金本清臣：超高強度鉄筋コンクリート造架構の構造特性(その2 柱実験)，日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994)。

1.7 ジョイント要素のばね設定について

一般に、地盤と構造体の接合面の法線方向に対して強震時の引張荷重を与えると、地盤は構造体から剥離する特徴がある。また、地盤と構造体の接合面のせん断方向に対して強震時のせん断荷重を与え、せん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。さらに、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

有効応力解析では、強震時の地盤と構造体の接合面におけるこれらの力学特性の特徴を適切に構成則としてモデル化するため、地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 1.7-1 にジョイント要素の考え方を示す。

なお、せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。c、 ϕ は周辺地盤の c、 ϕ とする。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角



— : ジョイント要素

常設代替高圧電源装置置場（南北方向⑤-⑤断面）（例）

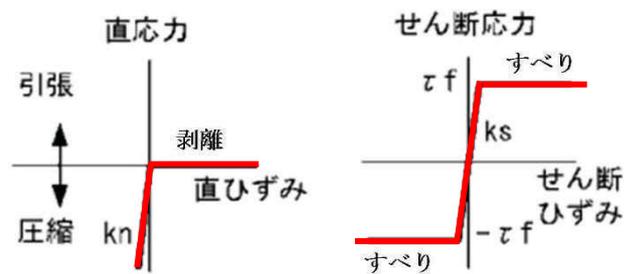


図 1.7-1 ジョイント要素の考え方

ジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い、表 1.7-1 の通り設定する。

表 1.7-1 ジョイント要素のばね定数

	せん断剛性 k_s (kN/m^3)	圧縮剛性 k_n (kN/m^3)
側方及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6

本資料においては、表 1.7-1 の通り設定しているジョイント要素のばね定数が数値計算上不安定な挙動を起こさず、かつ、地盤から構造物への圧縮荷重、せん断荷重が確実に伝達され得る適切な設定値であることを確認する。

1.7.1 評価方法

表 1.7-1 の通り設定しているジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさず、かつ、地盤から構造体への圧縮荷重、せん断荷重が確実に伝達され得る適切な設定値であるか確認するため、ジョイント要素のばね定数についてケーススタディを実施する。具体的には、この度の工事計画認可申請にて、港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い設定しているジョイント要素のばね定数に対して、ばね定数の値を 1/100 倍、1/10 倍、1 倍、10 倍、100 倍とした場合の解析を実施し、構造物の照査値の比較を行う。

評価対象施設は、屋外重要土木構造物において構造体が接している地盤の地層の種類が多いことから、ジョイント要素のばね定数の影響を総合的に評価可能となる観点で常設代替高圧電源装置置場とする。

地盤物性値には、原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)の解析用物性値を用いる。

地震動には、全周期帯にわたって加速度応答スペクトルが大きい S_s-D1 を用いる。

その他の解析条件は、この度の工事計画認可申請における耐震計算書と同じである。

表 1.7-2 にジョイント要素のばね定数に係るケーススタディの検討ケース、図 1.7-2 に常設代替高圧電源装置置場の位置、図 1.7-3 に耐震評価対象断面 (NS 方向、⑤-⑤断面)、図 1.7-4 に解析モデルをそれぞれ示す。

表 1.7-2 検討ケース

検討ケース	側方及び底面の ジョイント要素のばね定数 (kN/m ³)
①	$k_s = k_n = 1.0 \times 10^4$
②	$k_s = k_n = 1.0 \times 10^5$
③	$k_s = k_n = 1.0 \times 10^6$
④	$k_s = k_n = 1.0 \times 10^7$
⑤	$k_s = k_n = 1.0 \times 10^8$

k_s : せん断剛性, k_n : 圧縮剛性



図 1.7-2 常設代替高圧電源装置置場の位置図

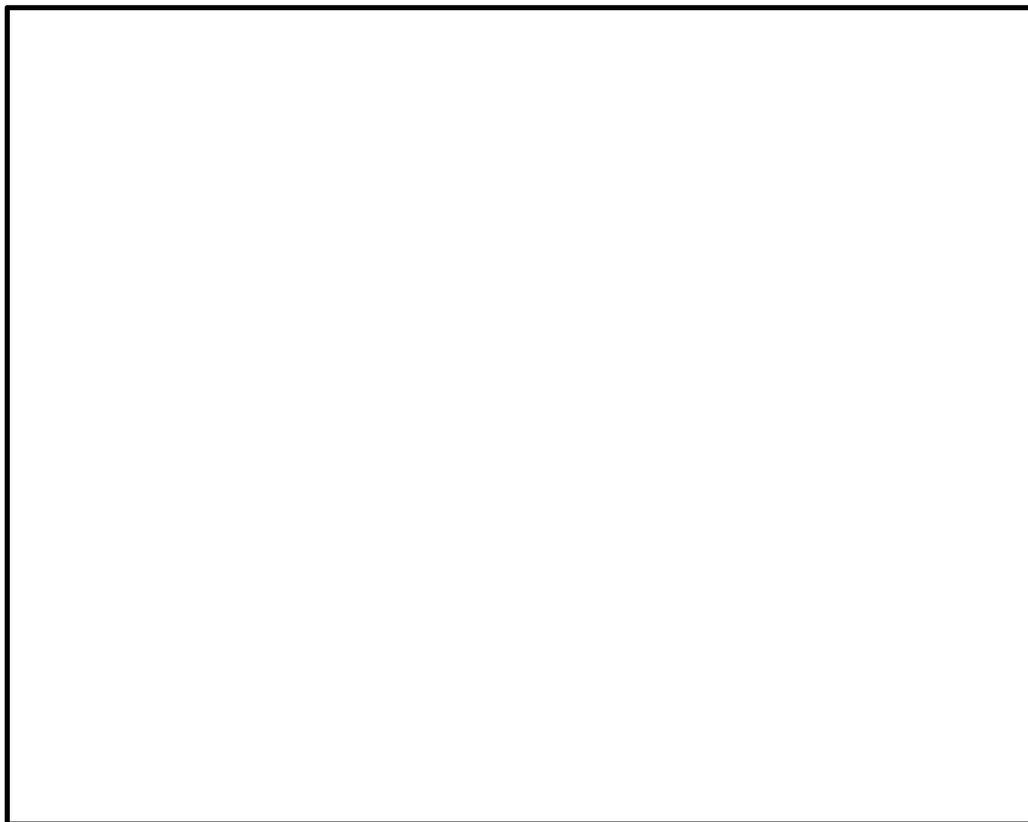
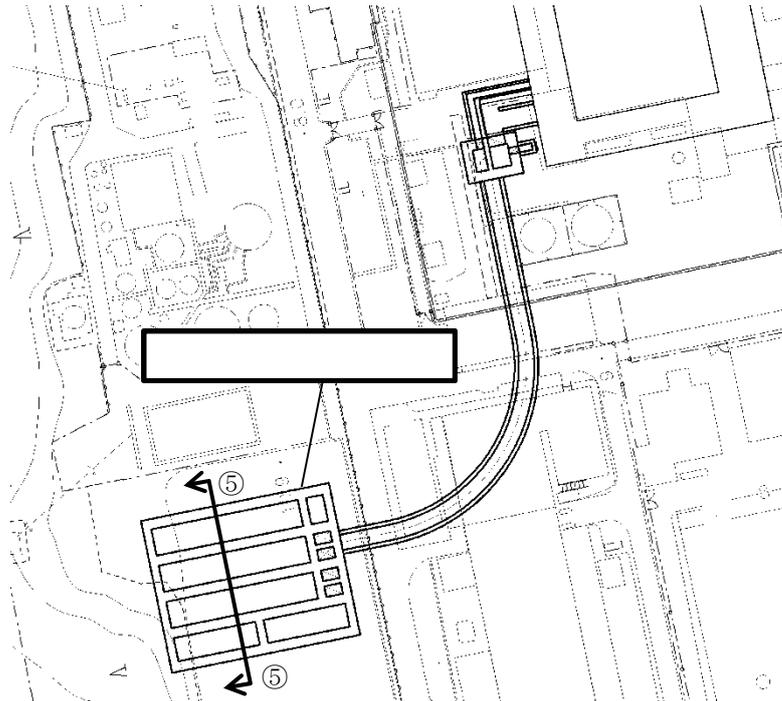
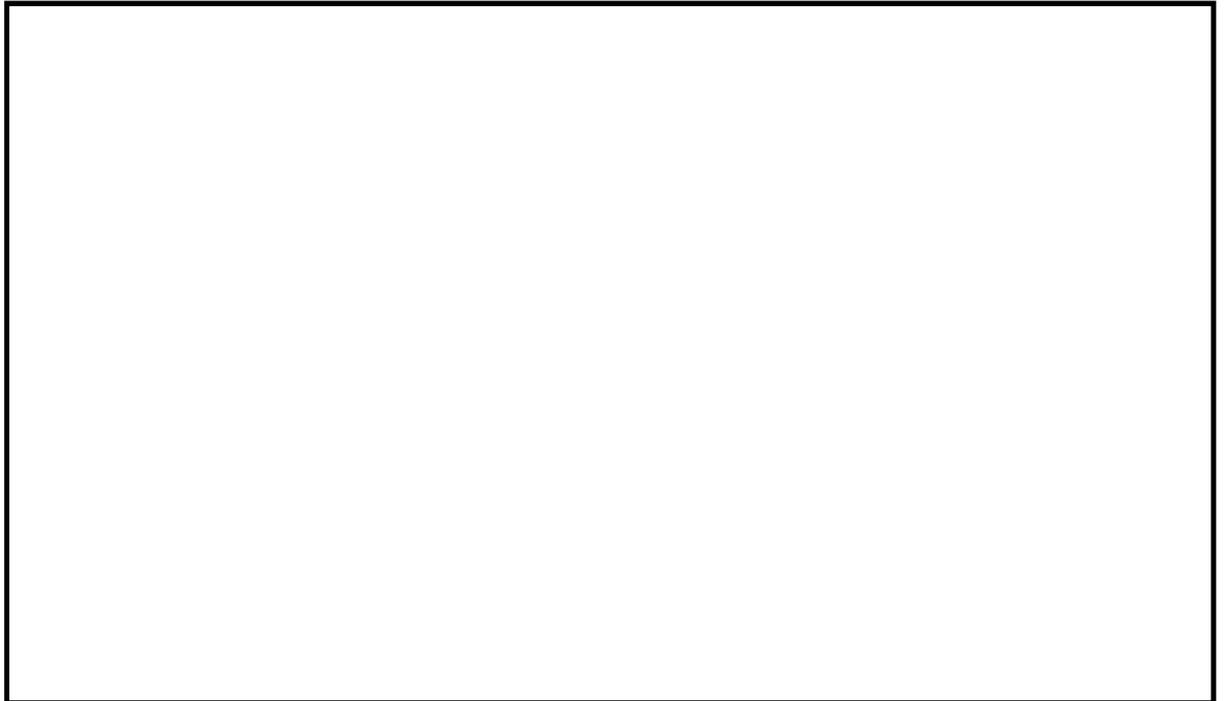


图 1.7-3 耐震評価対象断面 (NS 方向, ⑤-⑤断面)



— : ジョイント要素

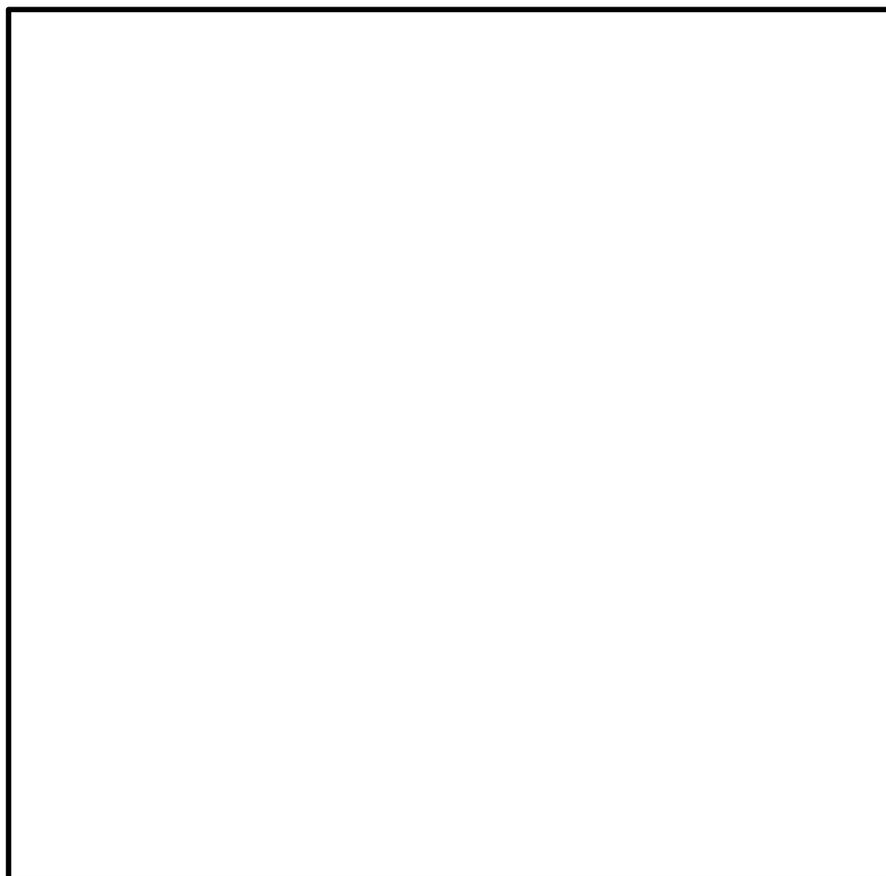


図 1.7-4 解析モデル

電源装置置場の南北方向⑤-⑤断面は、構造部材としての側壁、隔壁、底版、スラブ及び地上梁を線形はり要素でモデル化する。

それぞれの線形はり要素の交点には、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき、剛域を設ける。ただし、地上梁と側壁 (地上側壁及び地上隔壁) の交点の側壁側には剛域を設けない。これは、地上梁は梁構造であり、壁部材 (地上側壁及び地上隔壁) の曲げ剛性が地上梁の曲げ部材と比較して大きく、交点の壁部材側が剛域とはならないためである。ただし、剛域を設けない場合でも保守側の検討となるように、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に従い、側壁の全要素を照査対象とする。図 1.7-5 に地上梁に係る剛域の設定を示す。

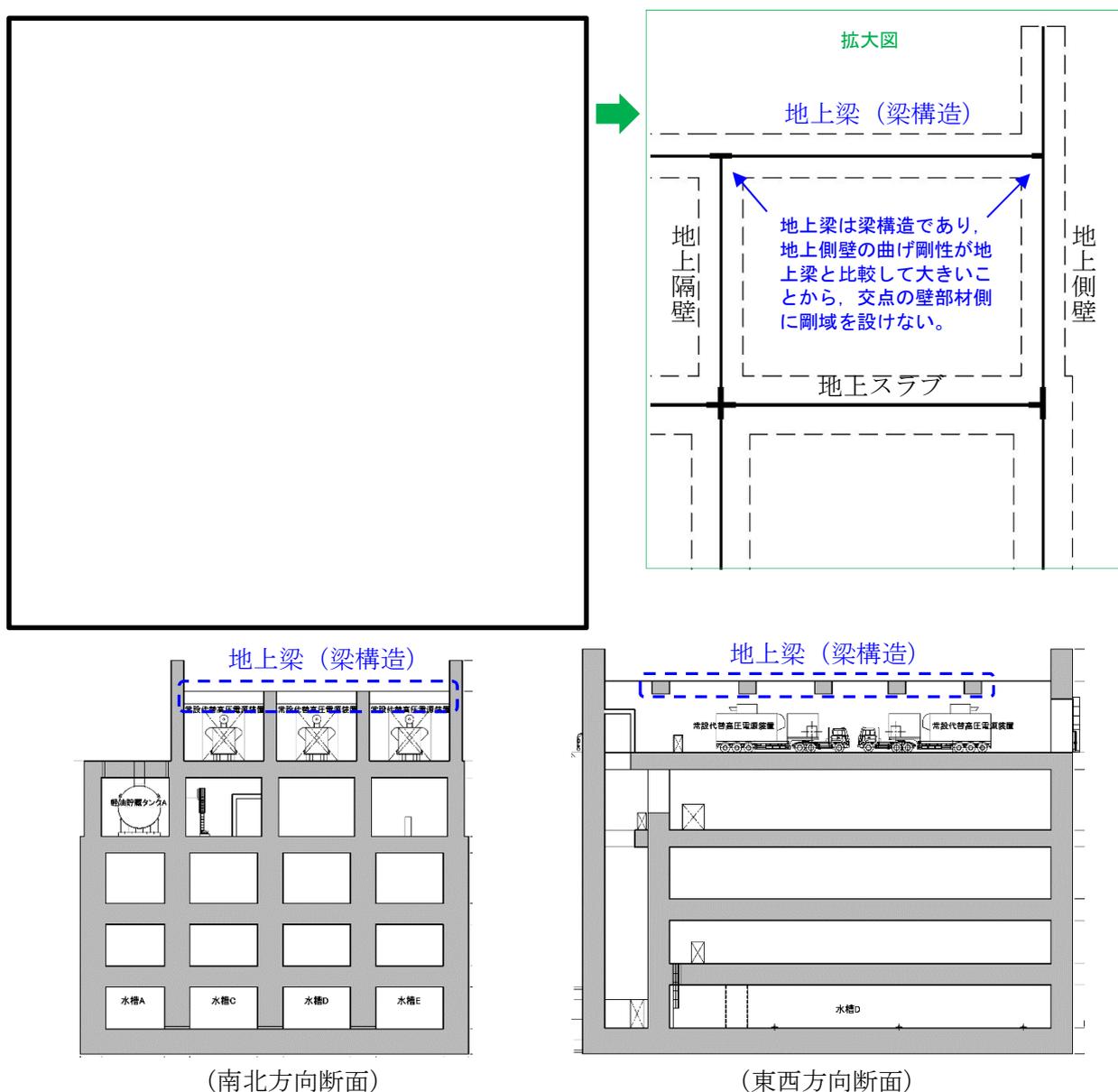
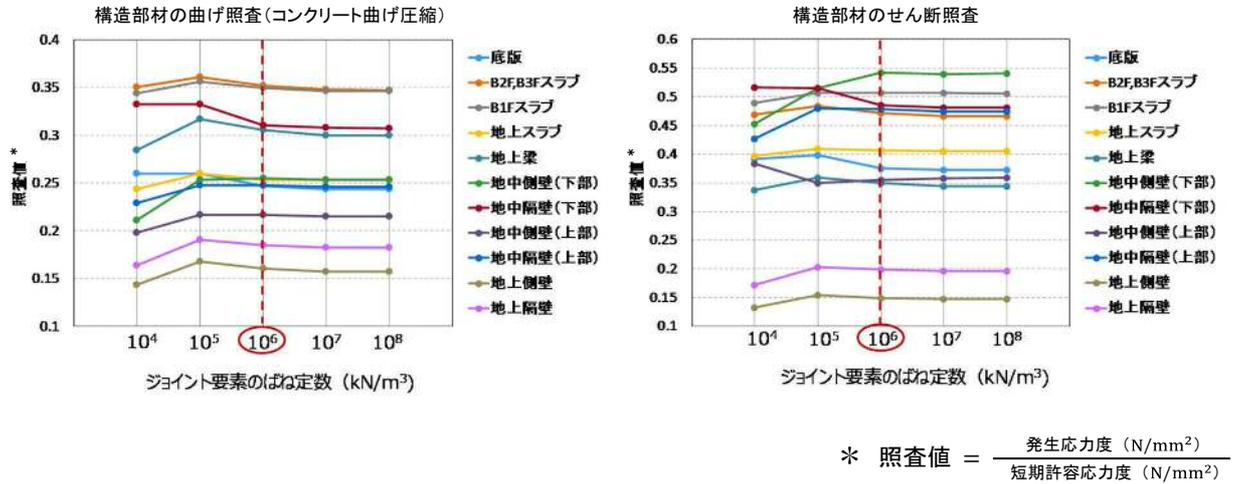


図 1.7-5 地上梁に係る剛域の設定

1.7.2 評価結果

ジョイント要素のばね定数に係るケーススタディの解析による構造物の照査値の比較結果を図1.7-6に示す。ジョイント要素のばね定数の設定値と、常設代替高圧電源装置置場の構造部材の曲げに関する照査値及びせん断に関する照査値との関係に着目して整理した。



$$* \text{照査値} = \frac{\text{発生応力度 (N/mm}^2\text{)}}{\text{短期許容応力度 (N/mm}^2\text{)}}$$

図 1.7-6 各ケースにおける構造部材の曲げ，せん断照査結果の比較
(原地盤に基づく液状化強度特性， S_s-D1)

図 1.7-6 に示す結果より，各構造部材の照査値は，ジョイント要素のばね定数が $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$ (kN/m³) の設定値の範囲においてはばらついているものの， 1.0×10^6 (kN/m³) 以上の設定値の範囲において安定し，ほぼ一定の照査値に収束している。

よって，港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い表 1.7-1 の通り設定しているジョイント要素のばね定数は，数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値となっており，ジョイント要素を介しての地盤から構造物への圧縮荷重及びせん断荷重が確実に伝達され得る適切な設定値であることを確認した。