

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 4
提出年月日	平成 30 年 4 月 9 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 4 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

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 3 H30. 4. 9]
 - 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 3 H30. 4. 9]
 - 1.4.3 屋外二重管の断面選定の考え方[改 0 H30. 3. 8]
 - 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 0 H30. 3. 8]
 - 1.4.11 格納容器圧力逃がし装置用カルバートの断面選定の考え方[改 3 H30. 4. 9]
 - 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
 - 1.4.14 S A用海水ピットの断面選定の考え方
 - 1.4.15 海水引込み管の断面選定の考え方
 - 1.4.16 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方
 - 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
 - 1.5 地盤物性・材料物性のばらつきの考慮方法
2. 取水構造物の耐震安全性評価[改 3 H30. 4. 9]
3. 屋外二重管の耐震安全性評価
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 3 H30. 4. 9]
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
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
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
8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価[改 4 H30. 4. 9]
9. 常設低圧代替注水系ポンプ室の耐震安全性評価
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
11. 格納容器圧力逃がし装置用カルバートの耐震安全性評価[改 4 H30. 4. 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

14. SA用海水ピットの耐震安全性評価
15. 海水引込み管の耐震安全性評価
16. SA用海水ピット取水塔の耐震安全性評価
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
18. 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震安全性評価

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
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. 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

屋外重要土木構造物は、Sクラスの機器・配管の間接支持構造物又は非常用取水設備であることを考慮し、その要求性能については、想定する地震動に対して次のように設定する。

- ① 支持性能：Sクラスの機器・配管を間接支持する構造物について、機器・配管の各機能を安全に支持できること。
- ② 通水性能：非常用取水設備のうち、通水断面を有する構造物について、通水機能を保持できること。
- ③ 貯水性能：非常用取水設備について、著しい漏水がなく、所要の海水を貯留できること。
- ④ 止水性能：津波防護施設、浸水防止設備を間接支持する構造物について、止水機能を有すること。

上記性能維持については、必ずしも同一の評価基準を満足することで確認できるものではないことから、以下のとおり、要求性能毎に条件を整理し、基本となる評価内容及び要求性能を踏まえた追加検討内容について定める。

なお、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は、以下の基本設計方針に基づく。

- ・資料V-2-1-1 耐震設計の基本方針
- ・資料V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針
- ・資料V-2-1-6 地震応答解析の基本方針
- ・資料V-2-1-9 機能維持の基本方針

1.2.1 支持性能

支持性能については、屋外重要土木構造物が間接支持する機器・配管による耐荷性能を維持できることと同義であることから、構造物が終局状態に至らないことを目標性能とする。したがって、屋外重要土木構造物の耐震安全性評価においては、構造部材の曲げ及びせん断について、終局状態に至らないこと（曲げについては全塑性モーメント又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度を許容限界とする。なお、全塑性モーメント及びせん断耐力の許容限界に対しては妥当な安全余裕を考慮する。）を確認する。

ただし、構造物が間接支持する機器・配管の機能維持のための与条件（変位や傾斜）がある場合は、当該項目について別途検討を行う。

1.2.2 通水性能

通水性能については、屋外重要土木構造物の構造部材が損傷した場合でも、所定の水量を確保できるだけの通水断面が保持されればよいため、「1.2.1 支持性能」と同様に、構造物が終局状態に至らないことを目標性能とする。

1.2.3 貯水性能及び止水性能

貯水性能及び止水性能について、鉄筋コンクリート部材においては、構造部材を貫通するような顕著なひび割れが生じていない状態であれば、構造部材からの漏水は無いと判断できることから、断面が降伏に至らないことを目標性能とする。鋼材においては、構造部材が破断していない状態であれば、構造部材からの漏水は無いと判断できることから、構造部材が終局状態に至らないことを目標性能とする。また、構造部材のせん断については、せん断破壊が脆性的な破壊形態を示すことから、せん断耐力に至るまでは部材を貫通するような顕著なひび割れは発生しないと判断し、終局状態に至らないことを目標性能とする。

1.2.4 屋外重要土木構造物の耐震安全性に関する整理

上述のとおり、屋外重要土木構造物の耐震安全性評価については、構造部材の曲げについては全塑性モーメント又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度を許容限界とすることを基本（全塑性モーメント及びせん断耐力の許容限界に対しては適切な安全余裕を持たせる。）とし、各設備の要求性能（支持性能、通水性能、貯水性能及び止水性能）を踏まえて照査項目・内容を追加することとする。なお、新設屋外重要土木構造物は、許容応力度法による評価を実施する。

表 1.2-1 に、屋外重要土木構造物の要求性能及び目標性能の整理表を示す。また、表 1.2-2 に屋外重要土木構造物の要求性能一覧を示す。

表 1.2-1 屋外重要土木構造物の要求性能及び目標性能の整理表

屋外重要土木構造物に求められる性能			
	①支持性能	②通水性能	③, ④貯水性能及び止水性能
要求性能	Sクラスの機器・配管を安全に指示できる	海水の通水断面を閉塞しない	漏水が無く、止水性を保持できる
目標性能	<p><鉄筋コンクリート部材及び鋼材></p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造物が終局状態に至らない ・機器・配管の制約条件を満足する 	<p><鉄筋コンクリート部材及び鋼材></p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造物が終局状態に至らない 	<p><鉄筋コンクリート部材></p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋が降伏しない <鋼材> ・鋼材が終局状態に至らない
設定理由	<p>機器・配管の支持性能は、耐荷性能を維持することと同義であり、構造物が終局状態に至らないことを目標性能とする。ただし、支持するSクラスの機器・配管の機能維持のための与条件がある場合は、別途確認を行う。</p>	<p>構造物が終局状態に至った場合でも、直ちに通水断面の閉塞に繋がる事象には至らないが、保守的に①と同様に、終局状態に至らないことを目標性能とする。</p>	<p>鉄筋コンクリート部材においては、断面が降伏に至らない状態及びせん断耐力以下であれば、漏水が生じるような顕著な（部材を貫通するような）ひび割れは発生しないことから、鉄筋が降伏しないこと及び発生せん断力がせん断耐力以下であることを目標性能とする。</p> <p>鋼材においては、構造部材が破断していない状態であれば、漏水は無いと判断できることから、①と同様に終局状態に至らないことを目標性能とする。</p>
許容限界	終局耐力（全塑性モーメント）以下	同左	降伏耐力以下
主な照査結果・許容限界	<p>曲げ</p> <p><鉄筋コンクリート部材></p> <p>発生曲率<限界曲率*1, *2</p> <p><鋼材></p> <p>発生曲率<限界曲率*1, *2</p>	同左	<p><鉄筋コンクリート部材></p> <p>鉄筋の引張応力<鉄筋の降伏強度</p> <p><鋼材></p> <p>発生曲率<限界曲率*1, *2</p>
	<p>せん断</p> <p><鉄筋コンクリート部材及び鋼材></p> <p>発生せん断力<せん断耐力*1</p>	同左	同左

注記 *1 許容限界として設定する全塑性モーメント（限界曲率）及びせん断耐力は、各種係数を見込むことで安全余裕を考慮する。

*2 限界曲率：全塑性モーメントに相当する曲率

表 1.2-2 屋外重要土木構造物の要求性能一覧

構造物名称	要求性能		
	① 支持性能	② 通水性能	③, ④ 貯水性能及び 止水性能
取水構造物	○	○	○
屋外二重管*1	○	—	—
常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備*1	○	—	○
常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）*1	○	—	—
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）*1	○	—	—
常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）*1	○	—	—
代替淡水貯槽*1	○	—	○
常設低圧代替注水系ポンプ室*1	○	—	—
常設低圧代替注水系配管カルバート*1	○	—	—
格納容器圧力逃がし装置用カルバート*1	○	—	—
緊急用海水ポンプピット*1	○	—	○
緊急用海水取水管*1	—	○	—
S A用海水ピット*1	○	—	○
海水引込み管*1	—	○	—
S A用海水ピット取水塔*1	—	○	—
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎*1	○	—	—
可搬型設備用軽油タンク基礎*1	○	—	—

注記 *1 許容応力度による評価を実施する。

8. 代替淡水貯槽の耐震安全性評価

8.1 評価方法

代替淡水貯槽は、重大事故等対処設備のうちの「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類され、常設低圧代替注水系における複数の代替淡水源の一つとして設置し、貯水機能と止水機能が要求される。代替淡水貯槽について基準地震動 S_0 による耐震安全性評価として、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

8.2 評価条件

8.2.1 適用基準

代替淡水貯槽の耐震評価にあたっては、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)」、「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)」に準拠する。

表 8.2-1 に適用する主な基準を示す。

表 8.2-1 適用する主な基準

項目	適用する主な基準	備考
使用材料及び材料定数	・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)	—
荷重及び荷重の組合せ	・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)	・終局限界状態を考慮し, 永久荷重+偶発荷重+従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	・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) ・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)	・曲げ及びせん断に対する照査は, 許容応力度以下であることを確認する。 ・接地圧が基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。
地震応答解析	・ J E A G 4 6 0 1 -1987	・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

8.2.2 耐震安全性評価フロー

図 8.2-1 に代替淡水貯槽の耐震安全性評価フローを示す。

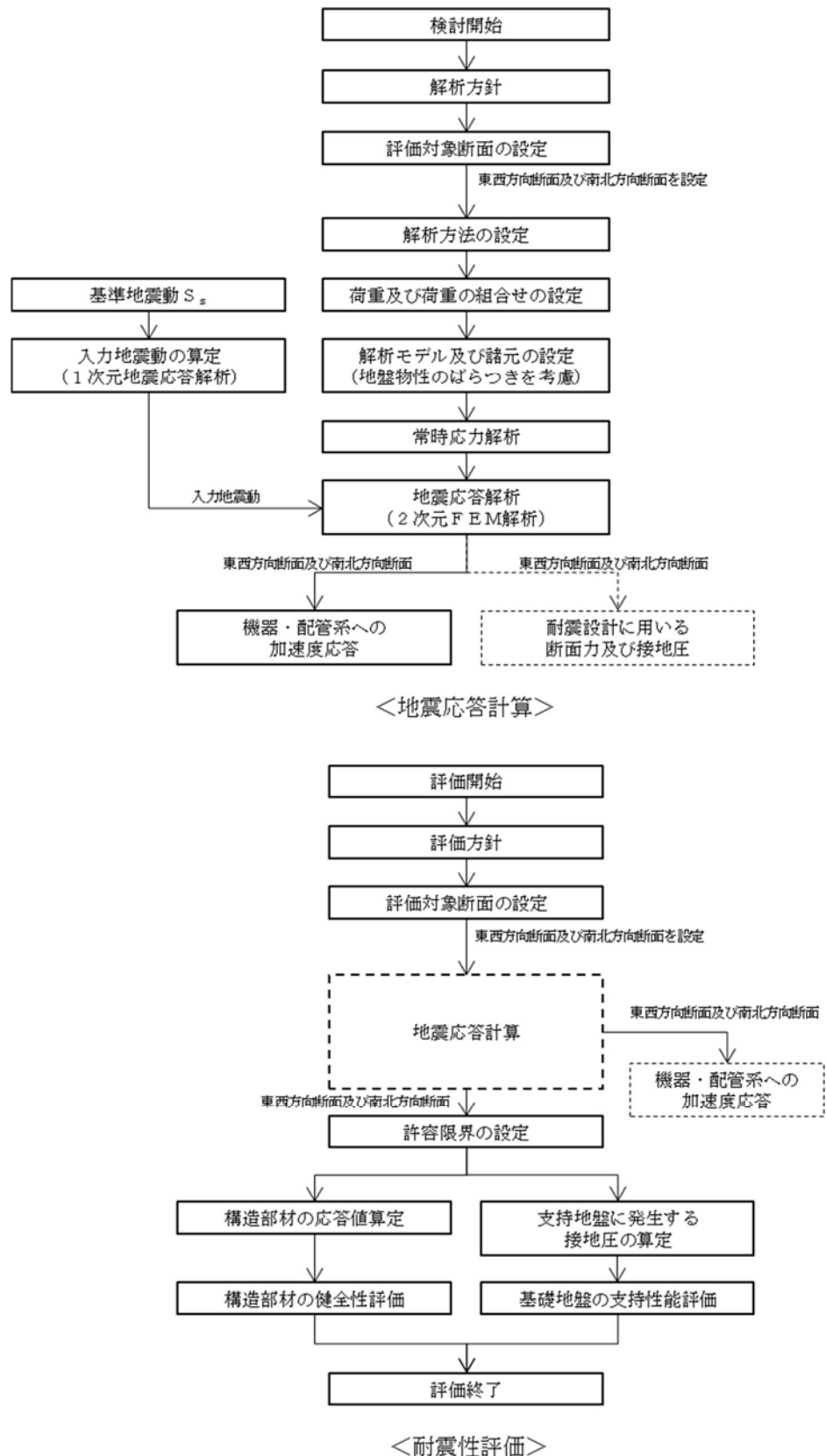


図 8.2-1 代替淡水貯槽の耐震安全性評価フロー

8.2.3 評価対象断面の方向

代替淡水貯槽の位置を図 8.2-2 に示す。

代替淡水貯槽は、内空 20.0 m、内空高さ 21.5 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物である。構造物本体には強軸及び弱軸の方向性を持たないが、構造物の周辺地盤は東西方向と南北方向で相違があるため、東西方向と南北方向の両方向を評価対象断面とする。

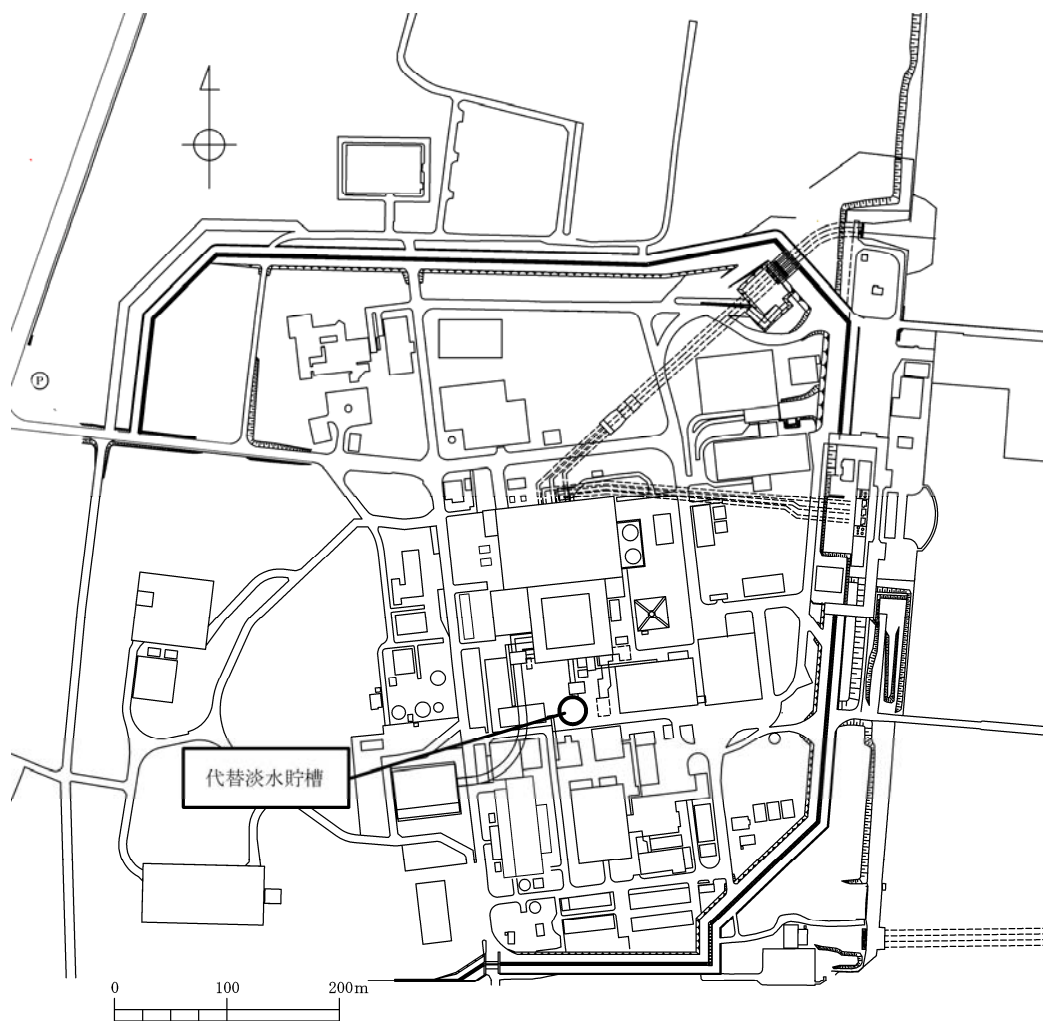


図 8.2-2 (1) 代替淡水貯槽位置図 (全体図)

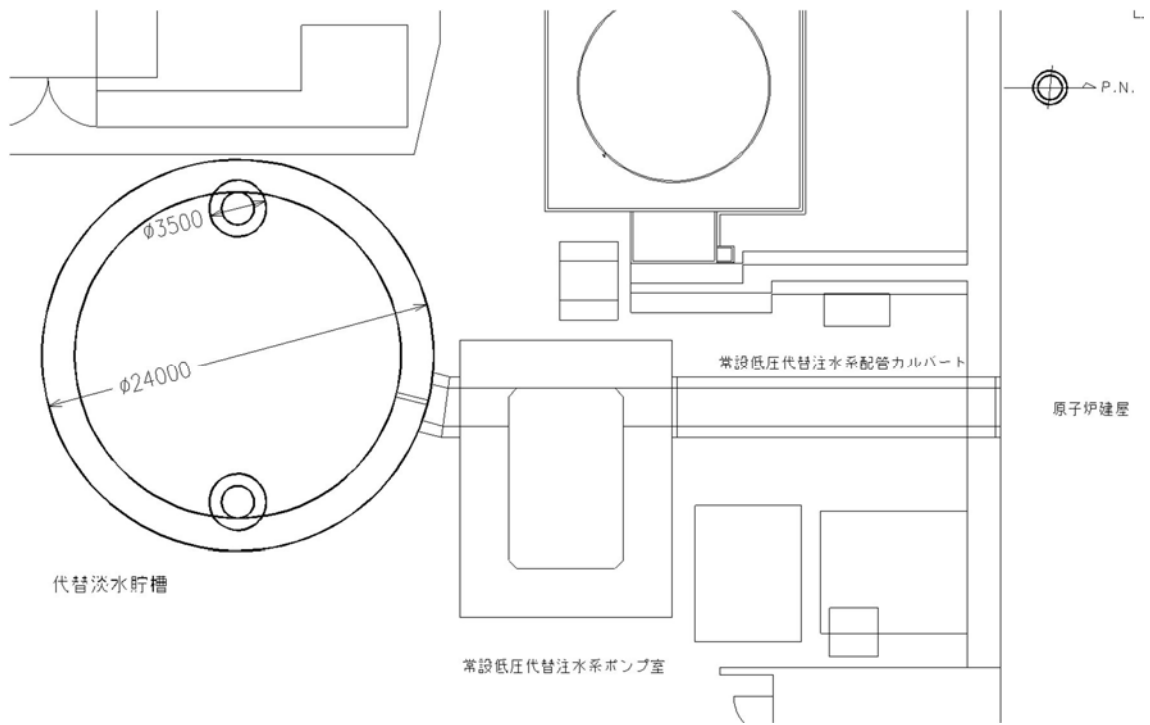


図 8.2-2 (2) 代替淡水貯槽位置図 (拡大図)

8.2.4 評価対象断面の選定

図 8.2-3 及び図 8.2-4 に代替淡水貯槽の平面図及び断面図を示す。

代替淡水貯槽は、内空 20.0 m、内空高さ 21.5 m の円筒形の鉄筋コンクリート造であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

評価対象断面は、「1.4.8 代替淡水貯槽の断面算定の考え方」で記載したとおり、円筒形の鉄筋コンクリート構造物であるが、構造物の周辺地盤は東西方向と南北方向で相違があるため、東西方向と南北方向の 2 断面を選定し、基準地震動 S_s に対する耐震性評価を実施する。

評価対象断面位置図を図 8.2-5 に、評価対象断面図を図 8.2-6 に示す。

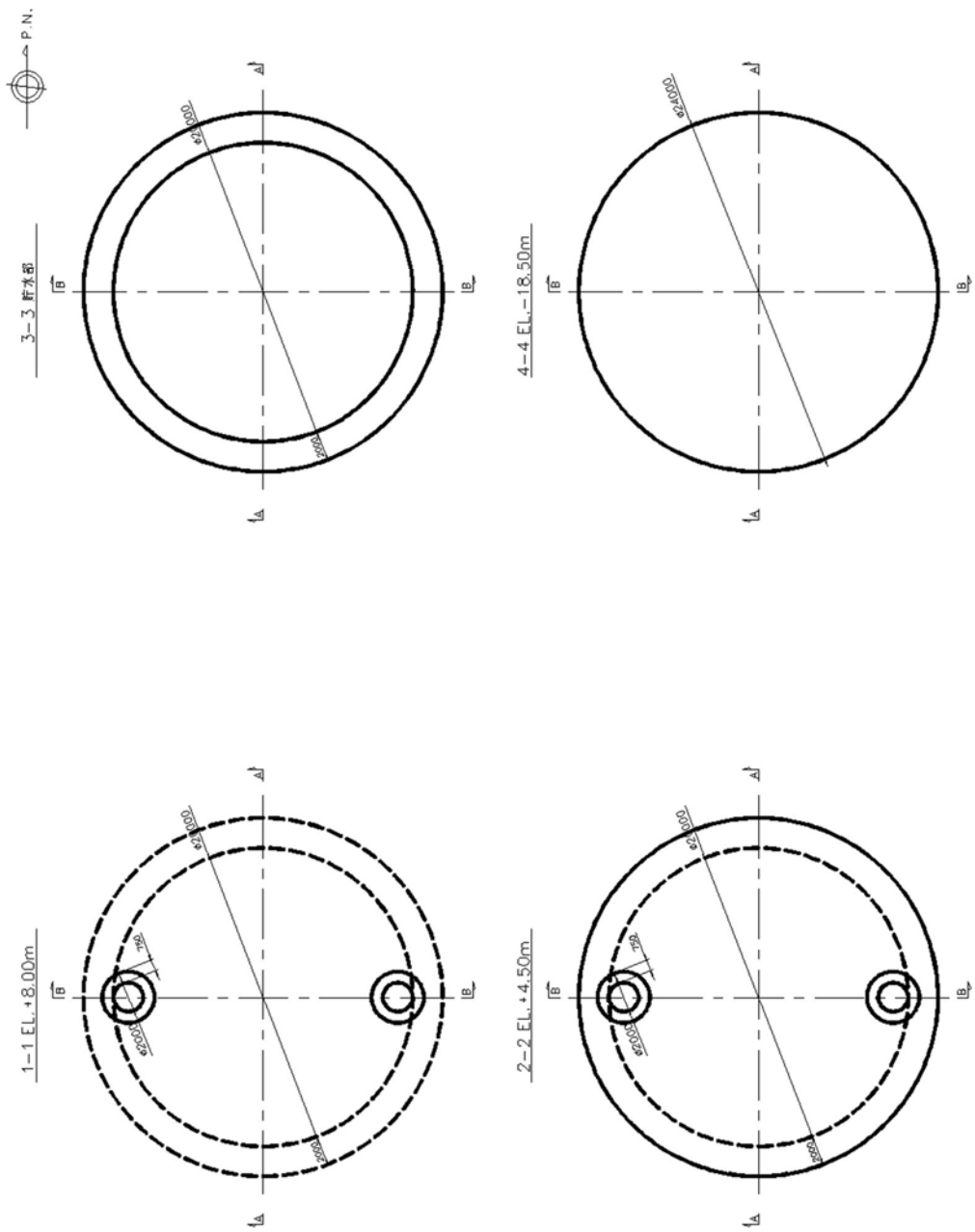


图 8.2-3 代替淡水贮槽 平面图

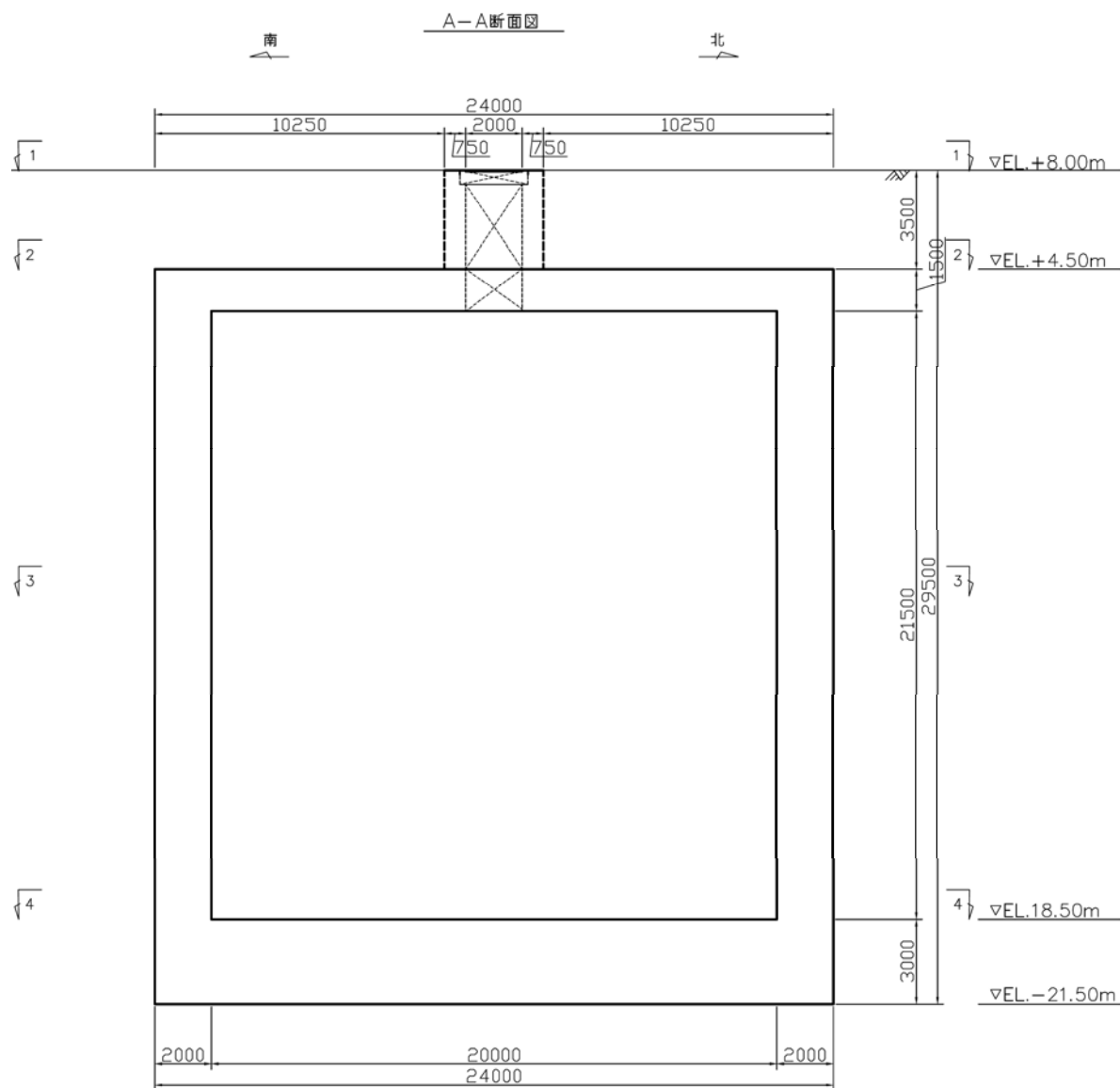


图 8.2-4 (2) 代替淡水贮槽断面图 (南北方向断面)

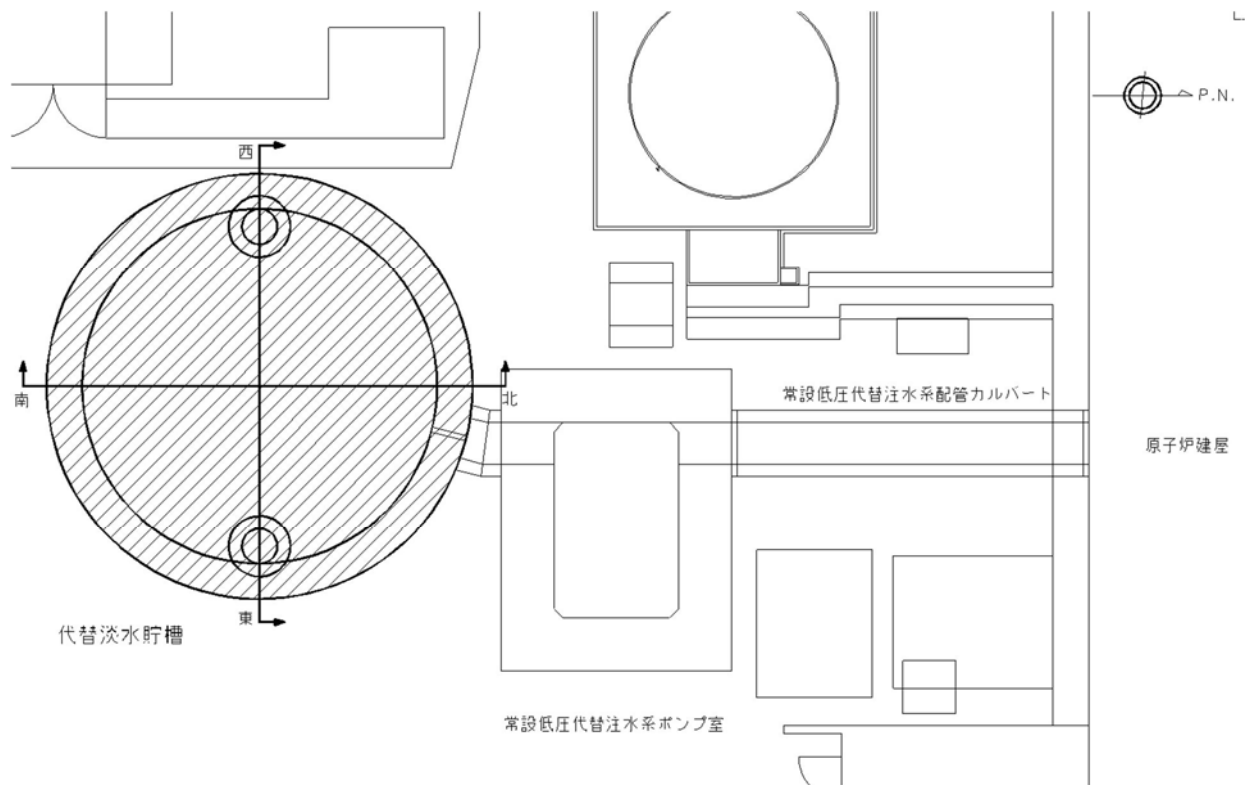


図 8.2-5 代替淡水貯槽 耐震評価対象断面選定位置

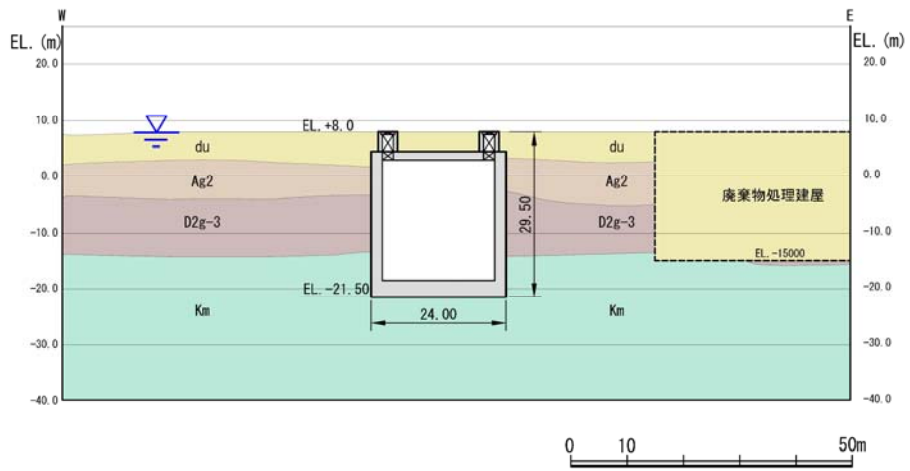


図 8.2-6 (1) 代替淡水貯槽評価対象断面図 (東西方向断面)

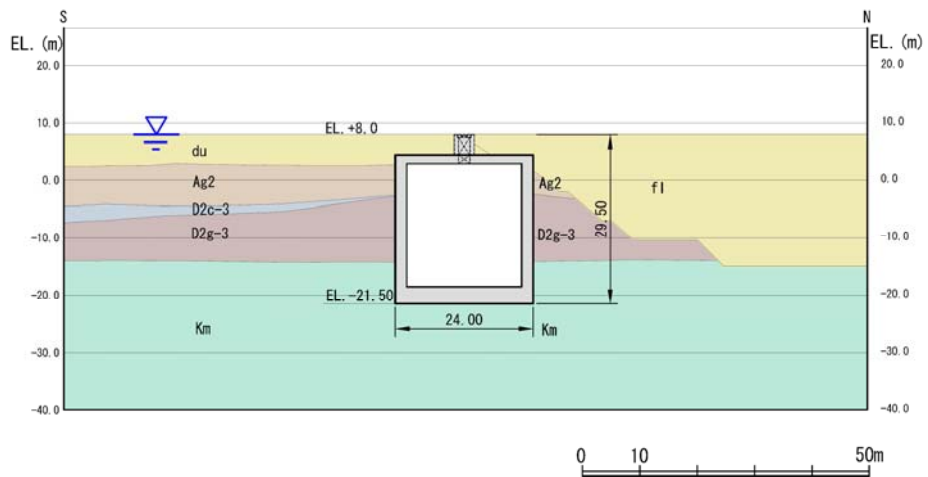


図 8.2-6 (2) 代替淡水貯槽評価対象断面図 (南北方向断面)

8.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献を基に設定する。構造物の使用材料を表 8.2-2 に、材料物性値を表 8.2-3 に示す。

地盤及び地盤改良体の諸定数は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表 8.2-4 に示す。

表 8.2-2 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD390, SD490

表 8.2-3 材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10 ⁴	0.2

表 8.2-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧(対象層)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系 (液状化検討対象層)							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

表 8.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧(非液状化層)

パラメータ				原地盤				
				第四系 (非液状化層)				新第三系
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1	Km
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ²	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	285223	
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186	
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026	$0.358-0.00603 \cdot z$
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$

z : 標高 (m)

表 8.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP (m) Z	通用深度 TP (m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{cp}	粘着力 C_{cp} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{cp} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma}	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ³)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 mG, mK	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν_d	硬密波 速度Vp (m/s)	1000*Vp
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640	1,640,000
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644	1,644,000
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648	1,648,000
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651	1,651,000
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651	1,651,000
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655	1,655,000
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638	1,638,000
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646	1,646,000
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650	1,650,000
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653	1,653,000
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	326,967	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	336,028	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	337,551	383,874	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654	1,654,000
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	342,139	389,092	504	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	346,754	394,347	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	348,300	396,105	498	0.0	0.113	0.461	1,680	1,680,000
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	350,851	397,867	498	0.0	0.113	0.460	1,684	1,684,000
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	352,407	399,633	498	0.0	0.114	0.460	1,672	1,672,000
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	353,967	401,405	498	0.0	0.114	0.460	1,675	1,675,000
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	355,531	403,181	498	0.0	0.115	0.460	1,683	1,683,000
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	357,100	404,961	498	0.0	0.115	0.459	1,667	1,667,000
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	358,674	406,745	498	0.0	0.115	0.459	1,675	1,675,000
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	360,253	408,533	498	0.0	0.116	0.459	1,678	1,678,000
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	361,867	410,325	498	0.0	0.116	0.459	1,685	1,685,000
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	363,486	412,121	498	0.0	0.117	0.459	1,689	1,689,000
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	365,110	413,921	498	0.0	0.117	0.458	1,678	1,678,000
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	366,739	415,725	498	0.0	0.117	0.458	1,681	1,681,000
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	368,373	417,533	498	0.0	0.118	0.458	1,688	1,688,000
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	370,012	419,345	498	0.0	0.118	0.458	1,696	1,696,000
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	371,656	421,161	498	0.0	0.118	0.458	1,699	1,699,000
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	373,305	422,981	498	0.0	0.118	0.457	1,688	1,688,000
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	374,959	424,805	498	0.0	0.119	0.457	1,692	1,692,000
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	376,618	426,633	498	0.0	0.119	0.457	1,699	1,699,000
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	378,281	428,466	498	0.0	0.120	0.457	1,702	1,702,000
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	379,948	430,303	492	0.0	0.120	0.457	1,709	1,709,000
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	381,620	432,145	492	0.0	0.120	0.456	1,695	1,695,000
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	383,297	433,991	492	0.0	0.120	0.456	1,702	1,702,000
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	384,979	435,845	492	0.0	0.121	0.456	1,705	1,705,000
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	386,666	437,701	492	0.0	0.121	0.456	1,712	1,712,000
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	388,357	439,561	492	0.0	0.121	0.456	1,719	1,719,000
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	390,052	441,425	492	0.0	0.122	0.455	1,705	1,705,000
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	391,751	443,293	492	0.0	0.122	0.455	1,712	1,712,000
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	393,454	445,165	492	0.0	0.122	0.455	1,716	1,716,000
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	395,161	447,041	492	0.0	0.122	0.455	1,723	1,723,000
57	-82	-83 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	396,872	448,921	492	0.0	0.123	0.455	1,726	1,726,000
58	-88	-89 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	404,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
59	-92	-93 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	408,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-98	-99 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	414,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
61	-104	-105 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	420,017	482,361	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
62	-112	-113 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	425,869	491,611	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
63	-118	-119 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	431,767	500,861	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
64	-126	-127 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	437,715	510,111	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000

8.2.6 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

8.2.7 地震応答解析手法

代替淡水貯槽の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。部材については、はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、付録24「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図8.2-7に示す。

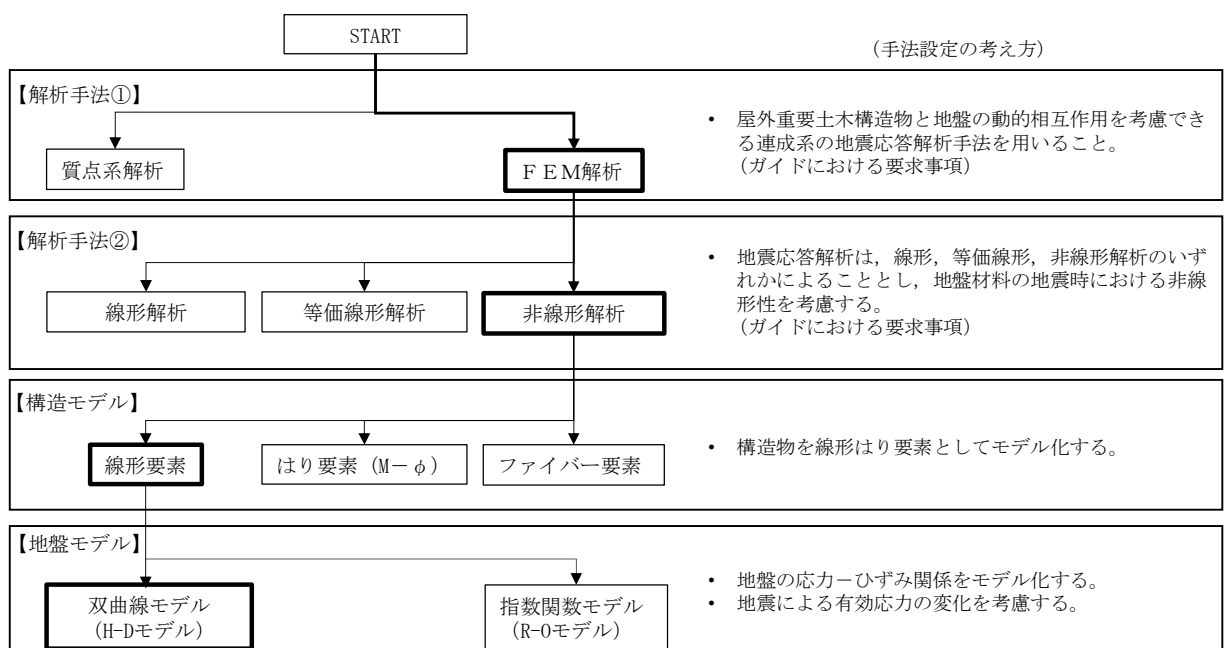


図 8.2-7 地震応答解析手法の選定フロー

(1) 双曲線モデル (H-D モデル) の選定について

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。一般に、地盤は荷重を与えることにより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。また、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。有効応力解析に適用する繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則には、これら2つの特徴を表現できるモデルを採用する方針とする。

繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線を表現する代表的な構成則には、双曲

線モデル (H-D モデル) と指数関数モデル (R-O モデル) がある。双曲線モデル (H-D モデル) は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力が漸近していくせん断応力の上限値をパラメータとして有していることから、上記の地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の上限値に係る特徴を表現でき、かつ、上限値を有効応力の関数とすることができる。一方、指数関数モデル (R-O モデル) は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力の上限値をパラメータとして有していないことから、上記の地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の上限値に係る特徴を表現するためにモデルの改良を行う必要がある。

以上のことから、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた上記の2つの特徴を適切に表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を選定する。

8.2.8 解析モデルの設定

(1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を参考に、図 8.2-8 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上を確保する。

代替淡水貯槽周辺の地質断面図を図 8.2-9 に示す。なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

要素分割については、土木学会マニュアルに基づき設定する。地盤については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長に対して 5 または 4 分割以上になるように要素高さを設定している（ただし、要素高さが 1m 以下となる場合は 1m としている）。構造物の要素分割は、過度に粗くすると、地震応答挙動を適切に評価できなくなり解析精度の低下を招くため、要素長さを部材の断面厚さの 2.0 倍以下になるように設定するよう土木学会マニュアルには記載しているが、構造物のモデル化については 1 倍程度以下になるように設定している。

代替淡水貯槽周辺の地震応答解析モデルを図 8.2-10 に示す。

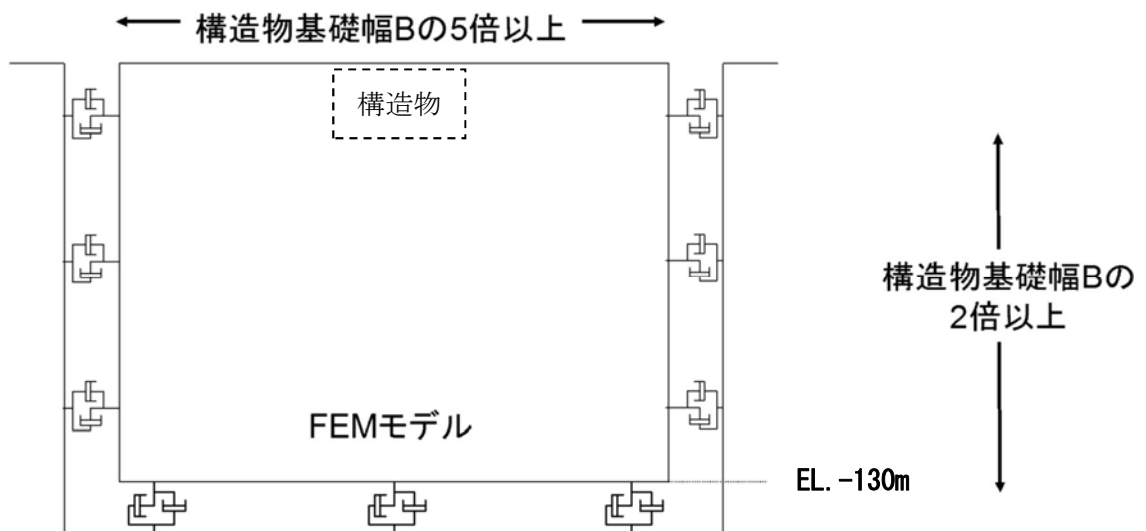


図 8.2-8 モデル範囲の考え方

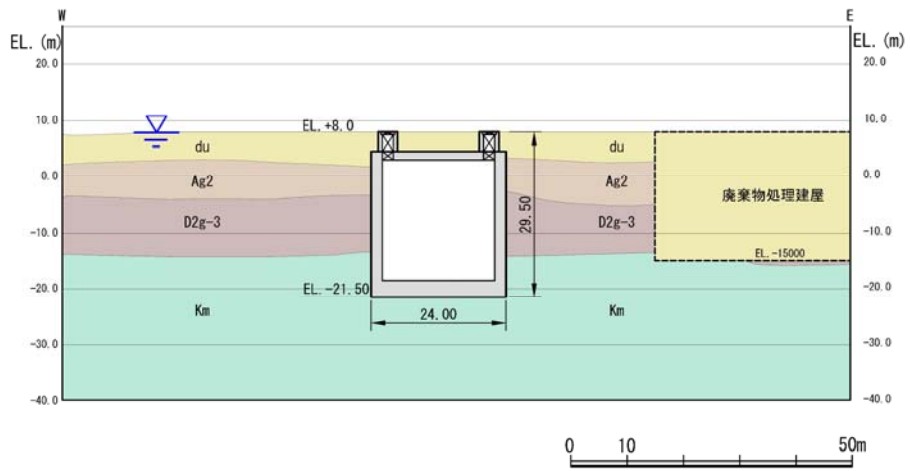


图 8.2-9(1) 地質断面图 (东西方向断面)

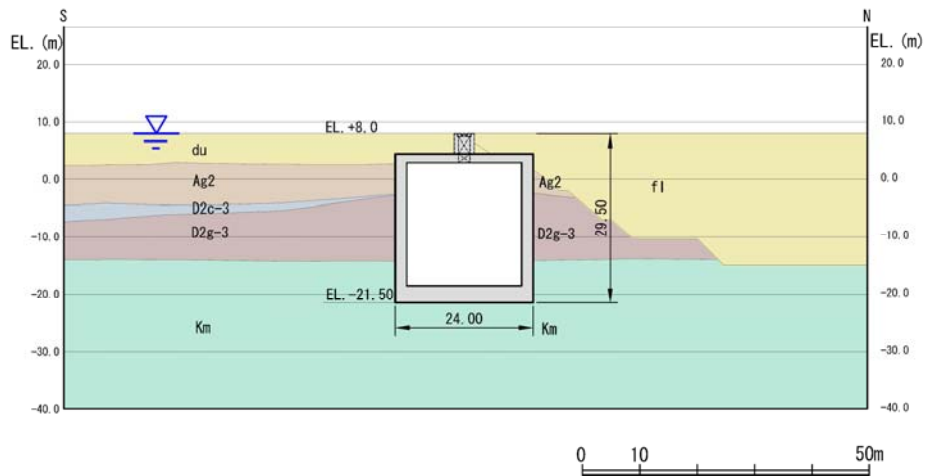


图 8.2-9(2) 地質断面图 (南北方向断面)

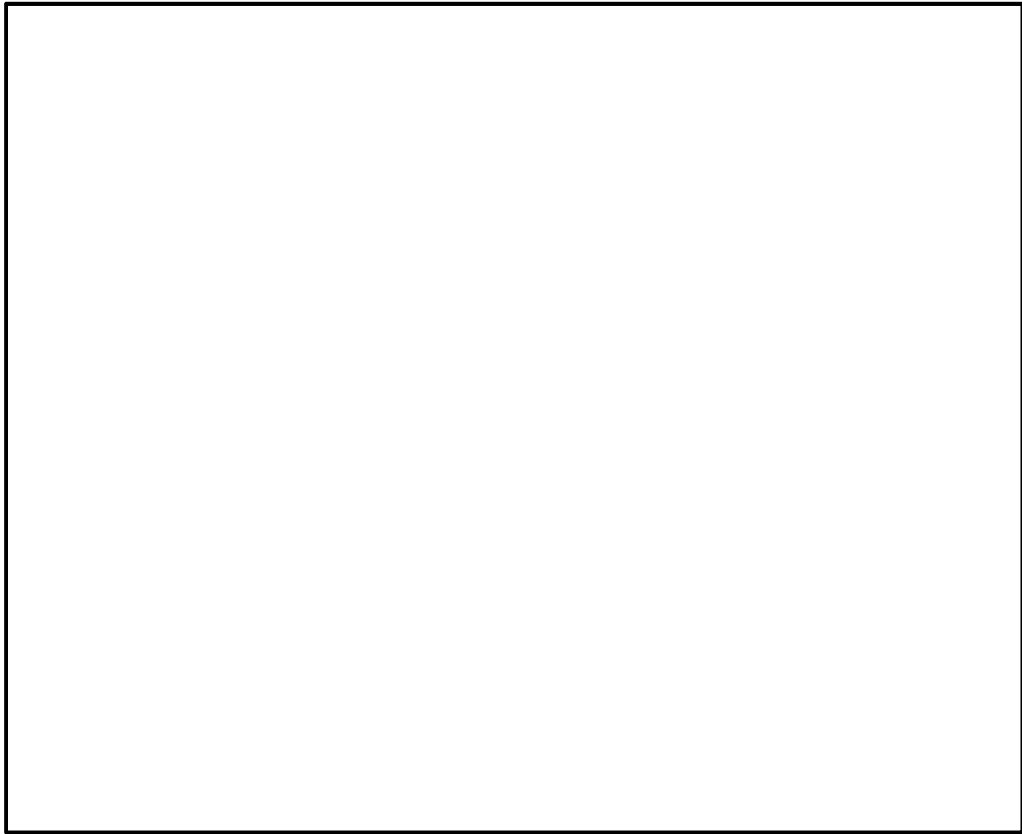


図 8.2-10 (1) 代替淡水貯槽の地震応答解析モデル (東西方向断面)

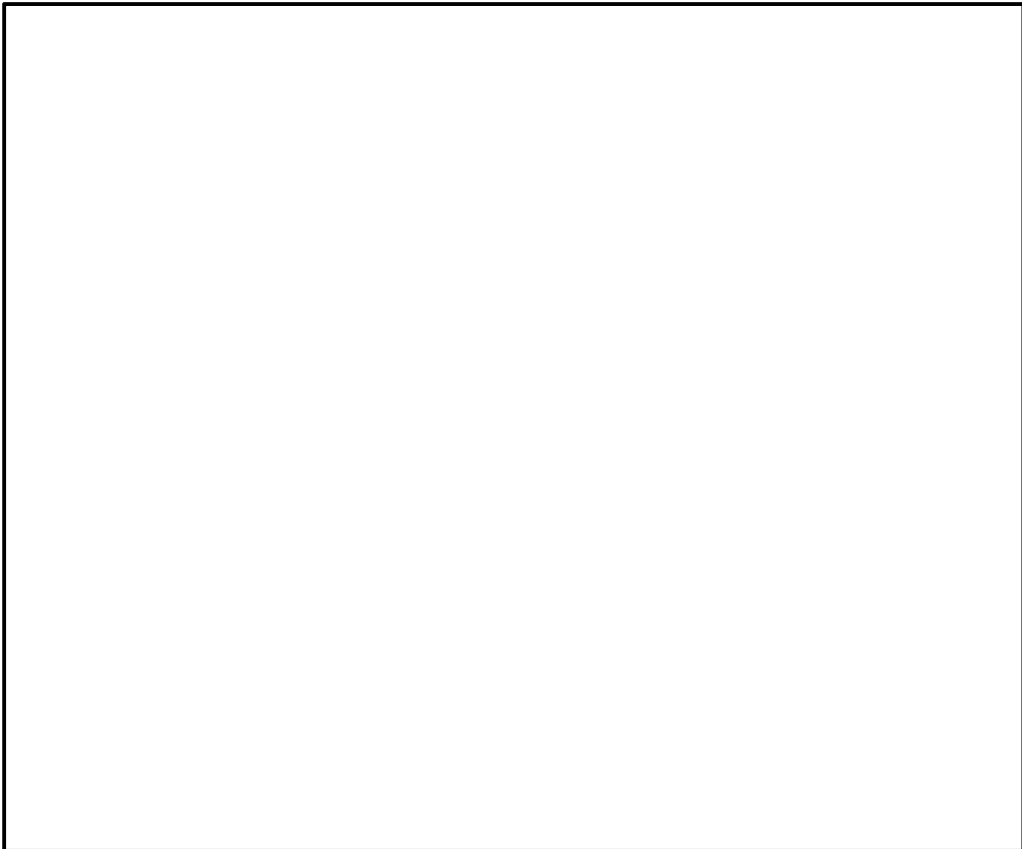


図 8.2-10 (2) 代替淡水貯槽の地震応答解析モデル (南北方向断面)

(2) ジョイント要素の設定

地盤と構造物の境界部にジョイント要素を設けることにより、地盤と構造物の剥離・すべりを考慮する。

ジョイント要素は法線方向、接線方向に分けて二重節点として設定する。法線方向では、常時状態以上の引張が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。接線方向では、地盤と構造物のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。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。(表 8.2-5 参照)

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 8.2-5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

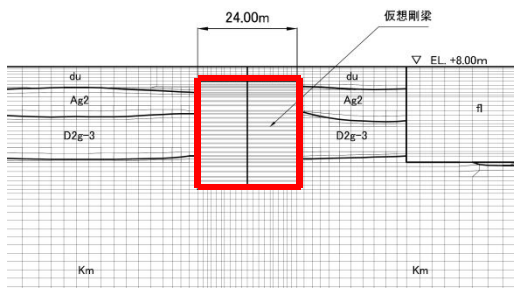
周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	f1 層	0	37.3	du 層で代用
	du 層	0	37.3	—
	Ag2 層	0	37.4	—
	D2c-3 層	0.026	35.6	—
	D2g-3 層	0	44.4	—
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—

z : 標高 (m)

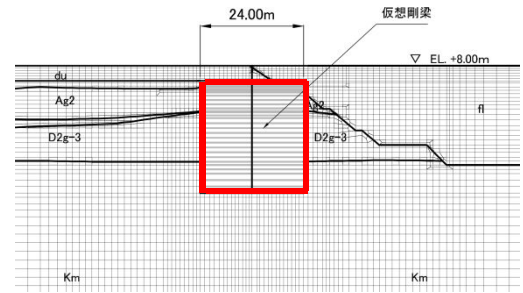
ジョイント要素のばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きな値として、港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い、表 8.2-6 のとおり設定する。図 8.2-11 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 8.2-6 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



(東西方向断面)



(南北方向断面)

— : ジョイント要素

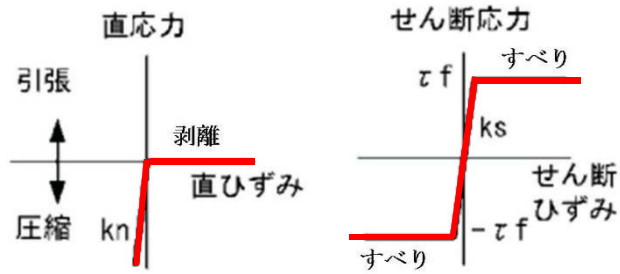


図 8.2-11 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

構造部材は、線形はり要素、及び、質点と地盤間をつなぐ仮想剛梁要素によりモデル化する。

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

8.2.9 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α, β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた1次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

減衰定数については、コンクリート5%（J E A G 4 6 0 1 -1987 記載）、地盤1%（解析における減衰は、ひずみ大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している）とする。

図8.2-13にRayleigh減衰の設定フローを、表8.2-6に固有値解析結果を示す。

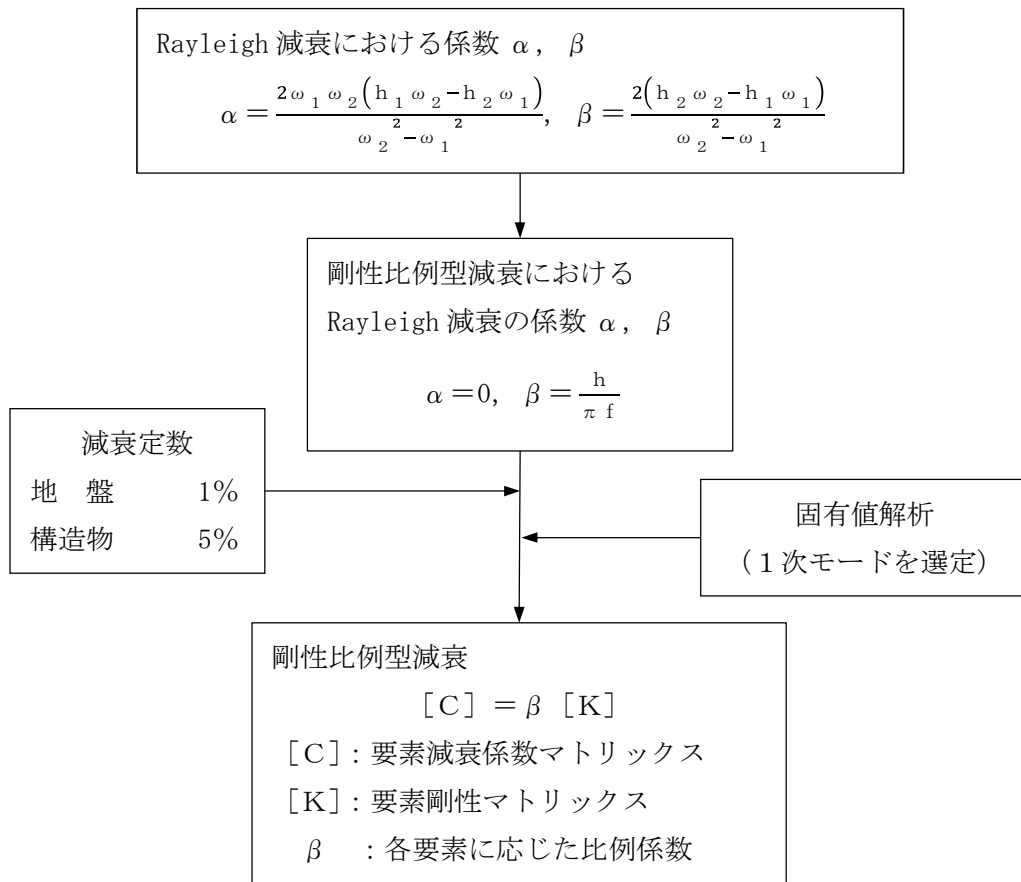


図 8.2-13 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 8.2-6 固有値解析結果 (追而)

8.2.10 荷重の組合せ

耐震安全性評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震時荷重を抽出し、それぞれ組合せて設定する。地震時荷重には、地震時土圧、動水圧からの反力による荷重が含まれるものとする。

雪荷重以外の変動荷重（風荷重・温度荷重）については、発電所の立地特性や代替淡水貯槽が地中に埋設された構造物であることを考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組合せる荷重としては除外した。

なお、代替淡水貯槽は、地盤内に埋設する構造物であることから運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 8.2-8 に示す。地震時に代替淡水貯槽に作用する内水圧については、内水圧を解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 8.2-8 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○	・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の単位体積重量を乗じて設定
		機器・配管荷重	○	・機器・配管荷重の重量に基づいて設定
		土被り荷重	—	・躯体天端が地表面にある構造物を参照
		永久上載荷重	—	・恒常的に配置された設備はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○	・常時応力解析により算定
	外水圧		○	・地下水位に応じた静水圧として設定 ・水の単位体積重量を考慮
	内水圧		○	・内水（淡水）の単位体積重量を考慮
変動荷重	雪荷重以外	—	・雪荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組合せるべき変動荷重はない	
	雪荷重	○	・雪荷重を考慮	
偶発荷重	水平地震動	○	・基準地震動 S_h による水平・鉛直同時加振 ・躯体の慣性力、動土圧を考慮	
	鉛直地震動	○		
	動水圧	○	・水位条件、密度、永久荷重と同様 ・外水の地震時動水圧を流体要素により考慮 ・内水の地震時動水圧は、自由水面がある動水圧として付加質量で考慮	

(1) 外水圧

水の密度として 1.00 g/cm^3 を考慮する。

(2) 内水圧

代替淡水貯槽内の内水圧水頭は、EL. +2.00 m（頂版下面から 1 m のクリアランス）とする。水の密度として 1.00 g/cm^3 を考慮する。頂版下面より 1.0 m のクリアランスがあることより、内水は自由水面のある動水圧としてモデル化する。図 8.2-14 に自由水面のある動水圧のモデル化の概念図を示す。

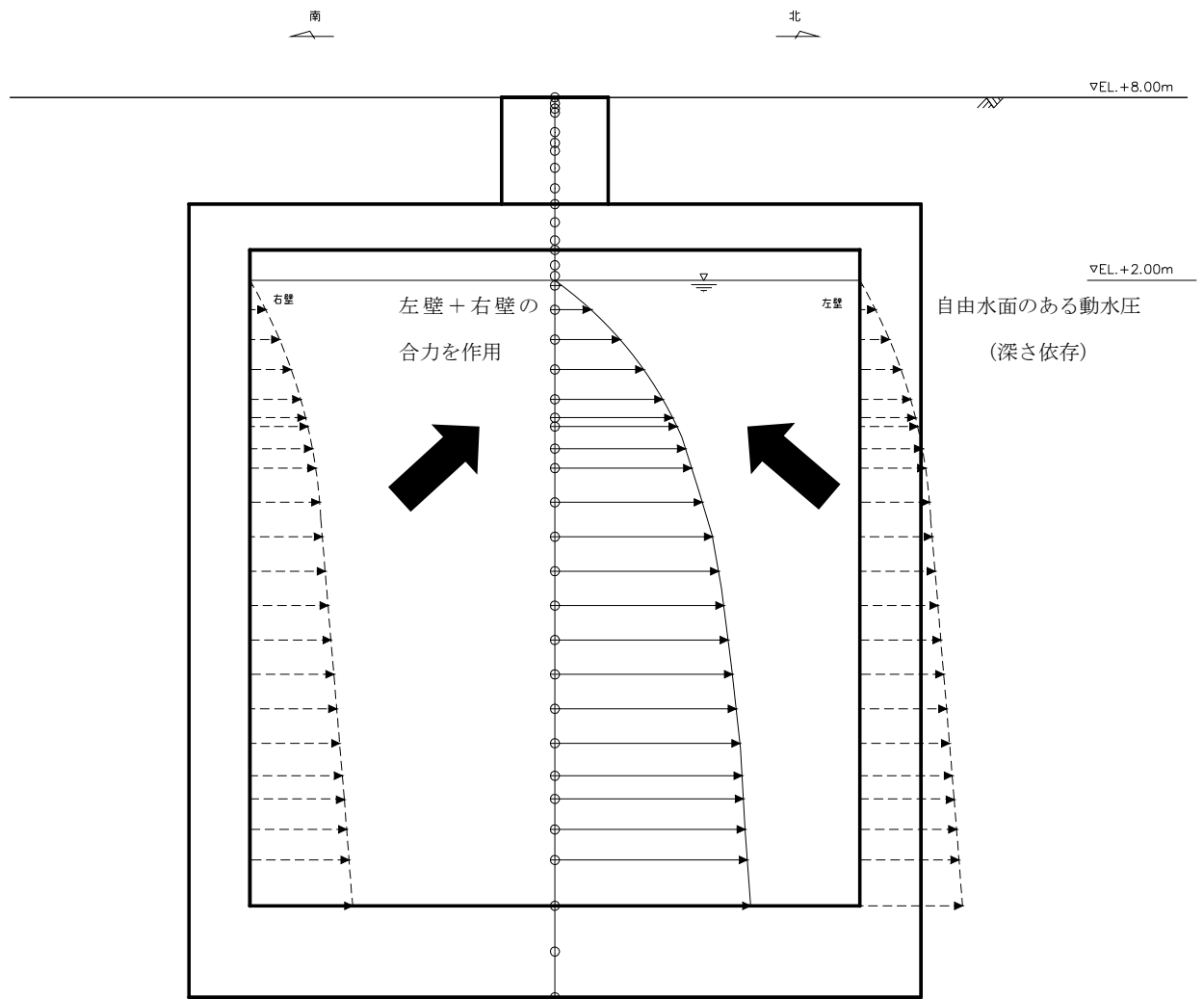


図 8.2-14 内水圧のモデル化

(3) 雪荷重

雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施行細則 第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたり の荷重を 20 N/m² として、積雪量は 30 cm としていることから常時の積雪荷重は 600 N/m² となる。地震時は、常時の雪荷重の 0.35 倍となることから 210 N/m² として設定する。解析上は、頂版の重量に雪荷重を見込んでモデル化している。図 8.2-15 に代替淡水貯槽への雪荷重の考慮方法を示す。

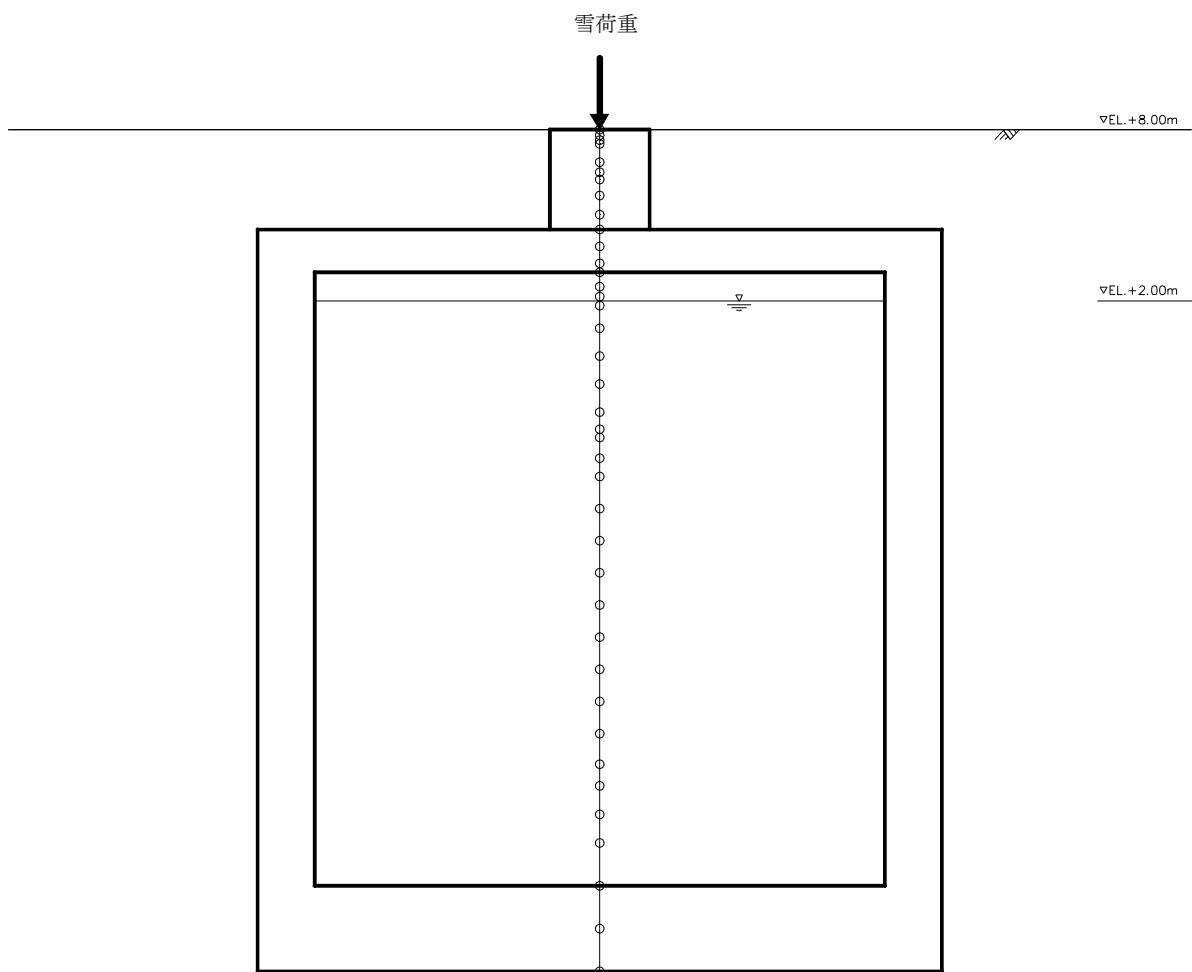


図 8.2-15 雪荷重の作用方法

8.2.11 地震応答解析の検討ケース

(1) 耐震設計における検討ケース

代替淡水貯槽の耐震設計における検討ケースを表 8.2-9 に示す。

表 8.2-9 代替淡水貯槽の耐震設計における検討ケース

検討ケース		① 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)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定		原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用
地震波(位相)	S _s -D 1	(++)	1	1	1	1	1
		(+-)	1				
		(-+)	1				
		(--)	1				
	S _s -1 1	(++)	1				
	S _s -1 2	(++)	1				
	S _s -1 3	(++)	1				
	S _s -1 4	(++)	1				
	S _s -2 1	(++)	1				
	S _s -2 2	(++)	1				
S _s -3 1	(++)	1					
	(-+)	1					
計		12	1	1	1	1	1

①の検討において、最も厳しい(許容限界に対する余裕が最も小さい)地震動を用いて実施

(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答抽出における検討ケースを表 8.2-10 に示す。

表 8.2-10 機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

検討ケース		④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース	
液状化強度特性の設定		敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用	
地震波 (位相)	S _s -D 1	(++)	2 ⑤において機器の周期帯で加速度応答が最も大きい地震波 1 波と変位量が最も大きくなる地震波 1 波の計 2 波分で実施	1	2 ⑤において機器の周期帯で加速度応答が最も大きい地震波 1 波と変位量が最も大きくなる地震波 1 波の計 2 波分で実施
		(+-)		1	
		(-+)		1	
		(--)		1	
	S _s -1 1	(++)		1	
	S _s -1 2	(++)		1	
	S _s -1 3	(++)		1	
	S _s -1 4	(++)		1	
	S _s -2 1	(++)		1	
	S _s -2 2	(++)		1	
	S _s -3 1	(++)		1	
		(-+)		1	
	計			2	

8.3 評価内容

8.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を 1 次元波動論によって、地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 8.3-1 に入力地震動算定の概念図を、東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 8.3-2 に、南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 8.3-3 に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である $S_s-11 \sim S_s-22$ については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

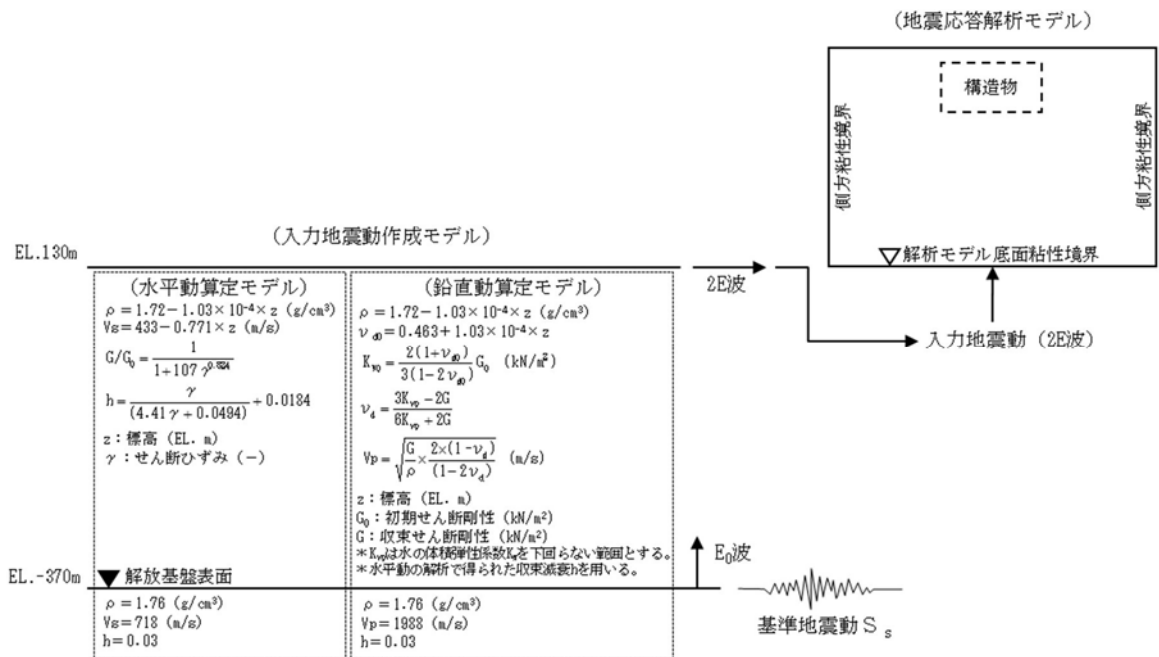
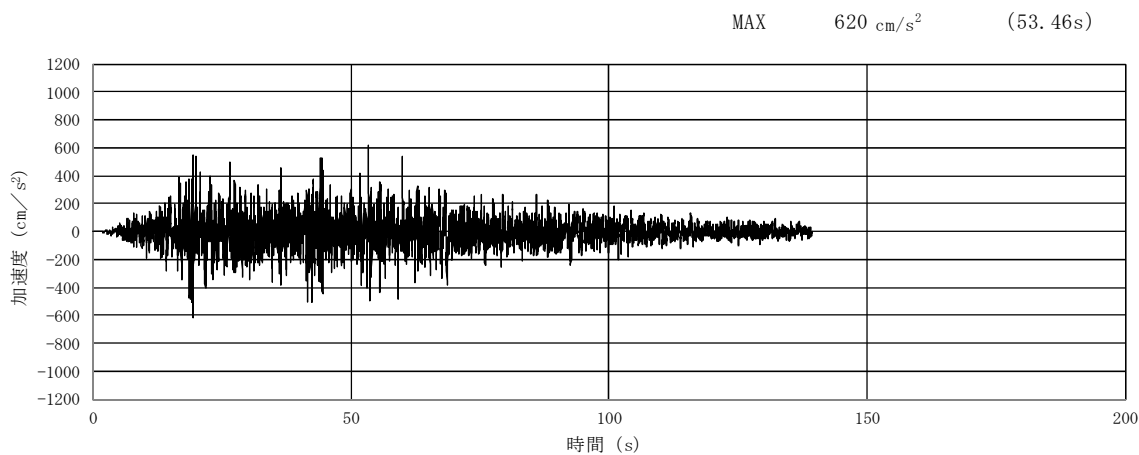
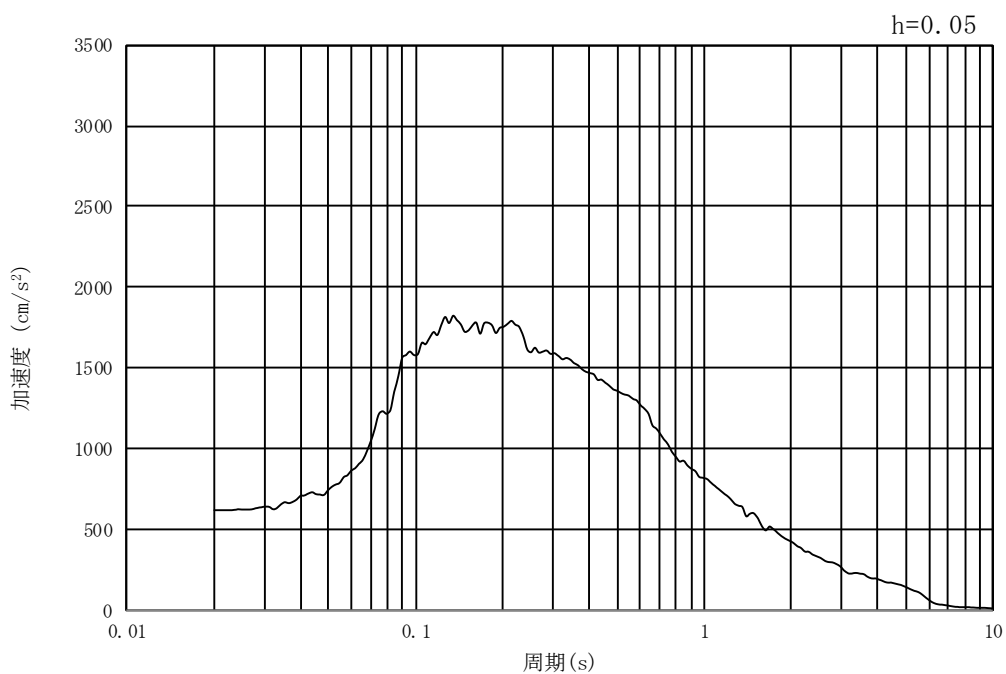


図 8.3-2 入力地震動算定の概念図

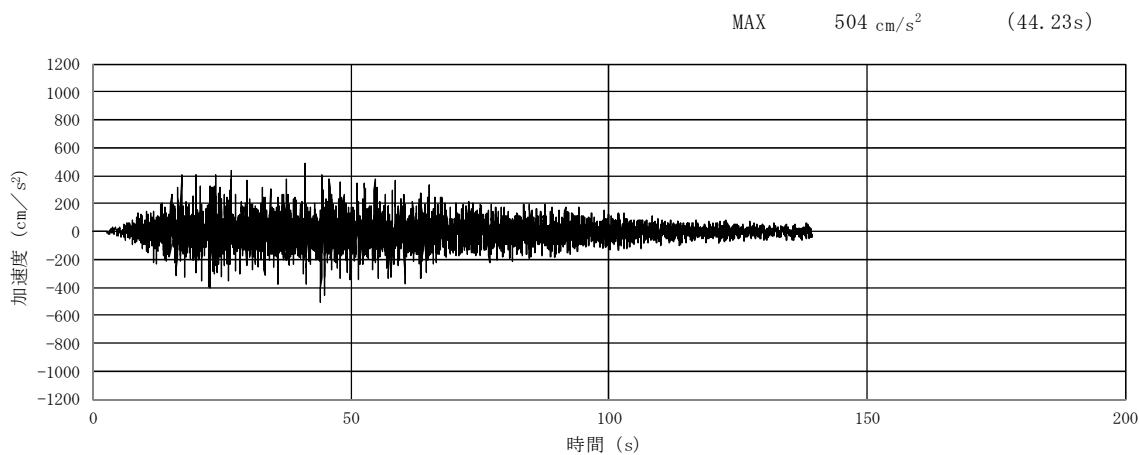


(a) 加速度時刻歴波形

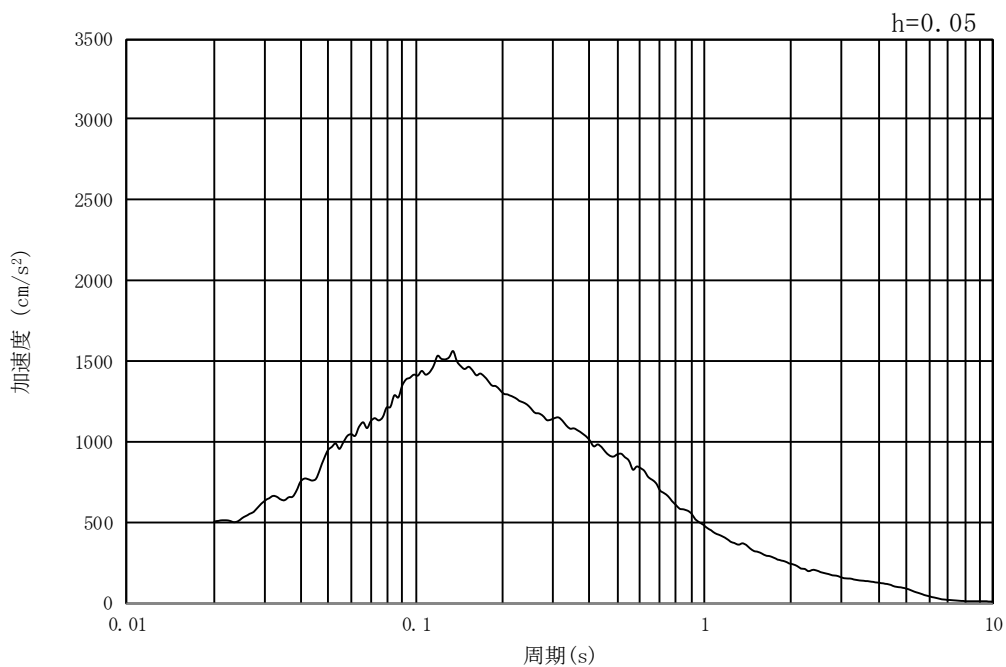


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (1) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - D1$)

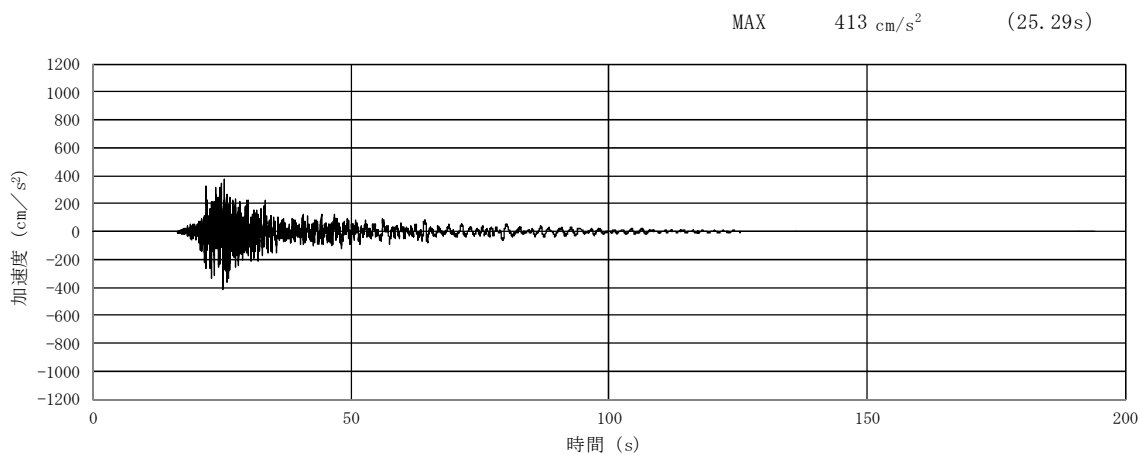


(a) 加速度時刻歴波形

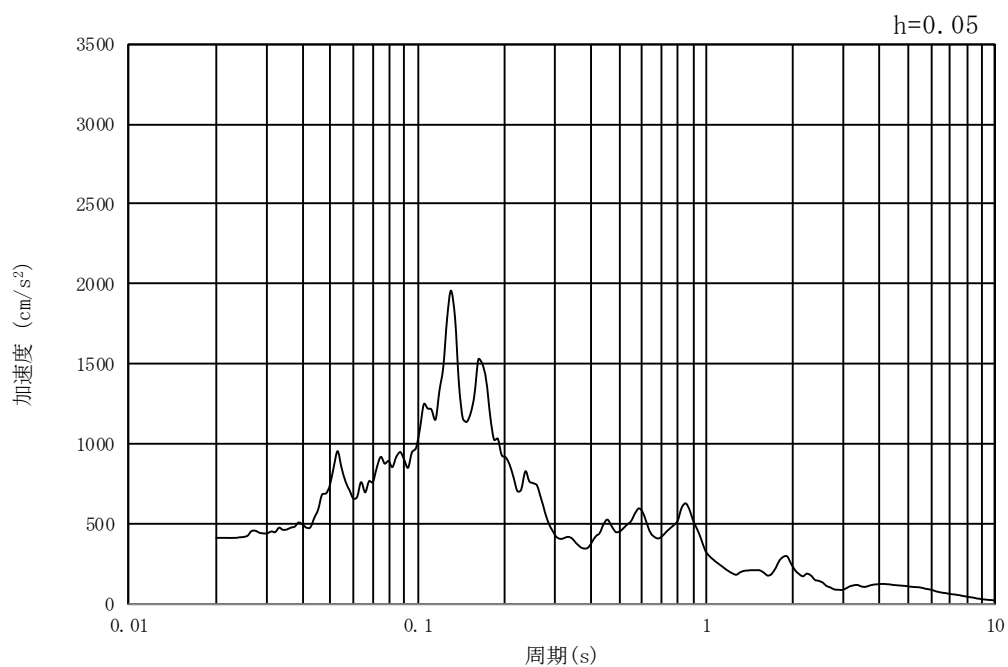


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (2) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S_s-D1)

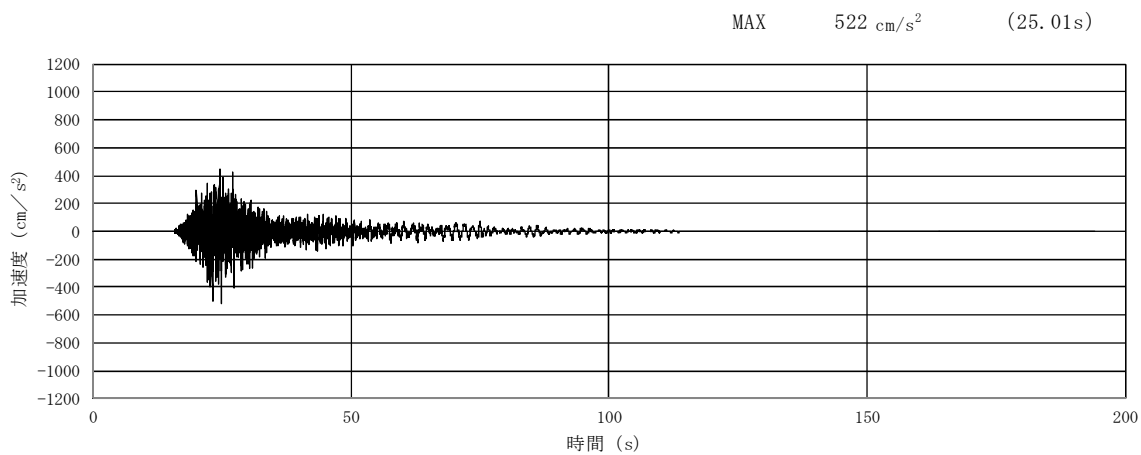


(a) 加速度時刻歴波形

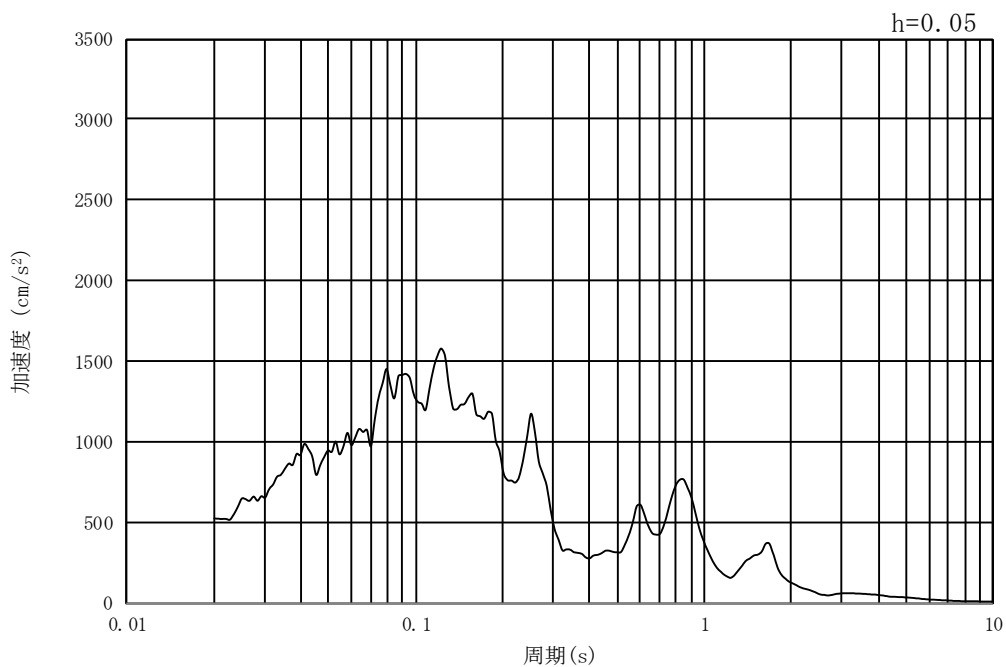


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (3) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 11$)

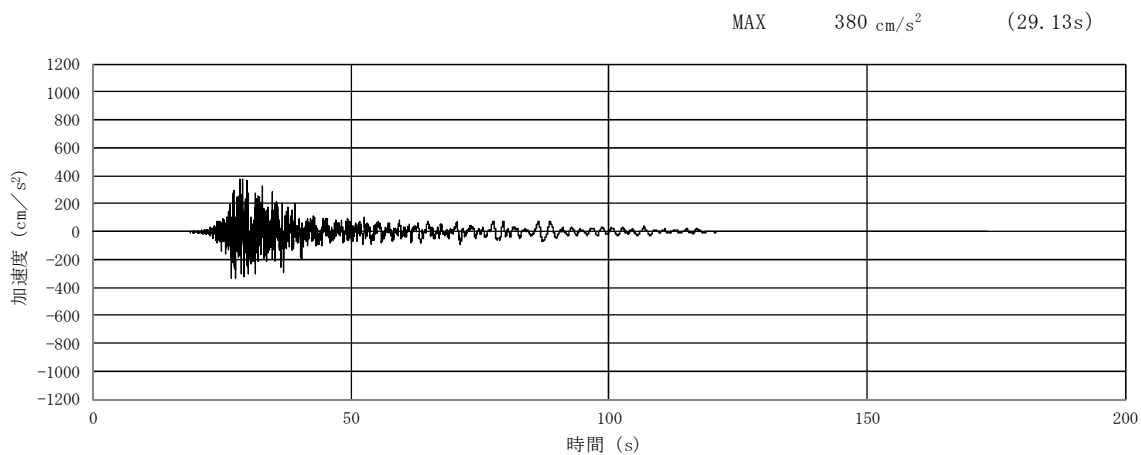


(a) 加速度時刻歴波形

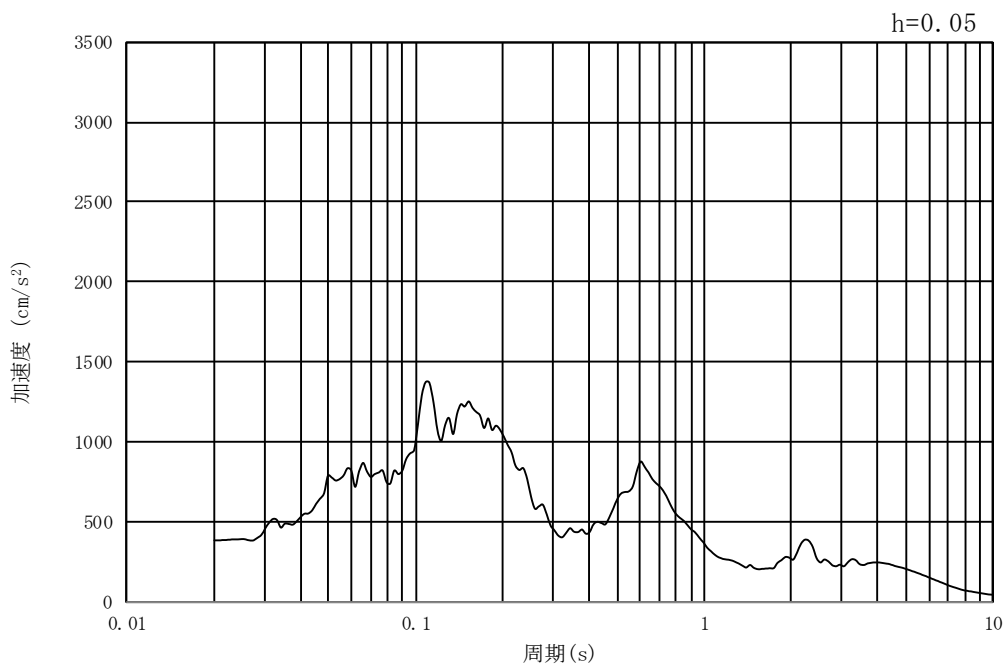


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (4) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.1$)

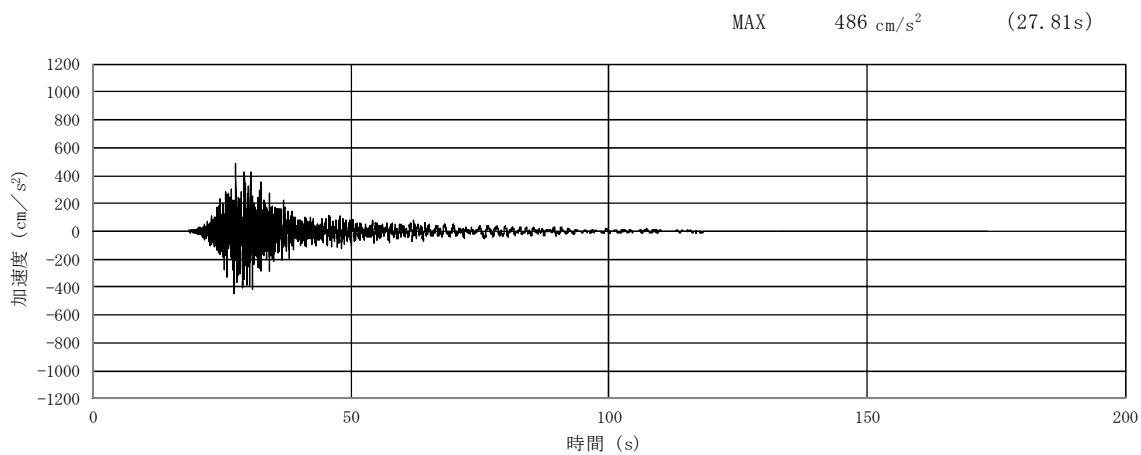


(a) 加速度時刻歴波形

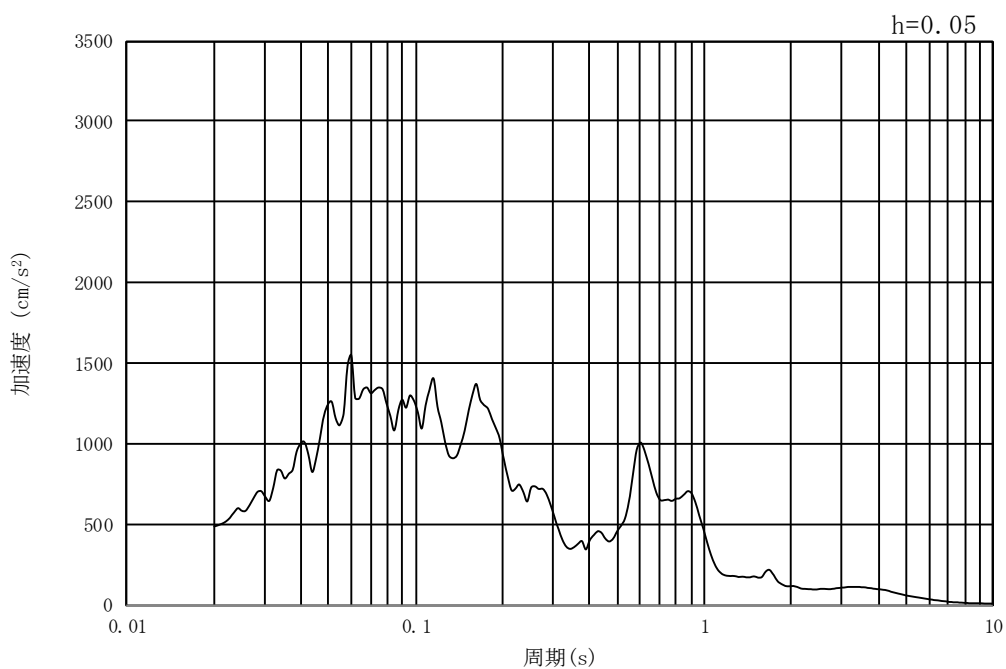


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (5) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.2$)

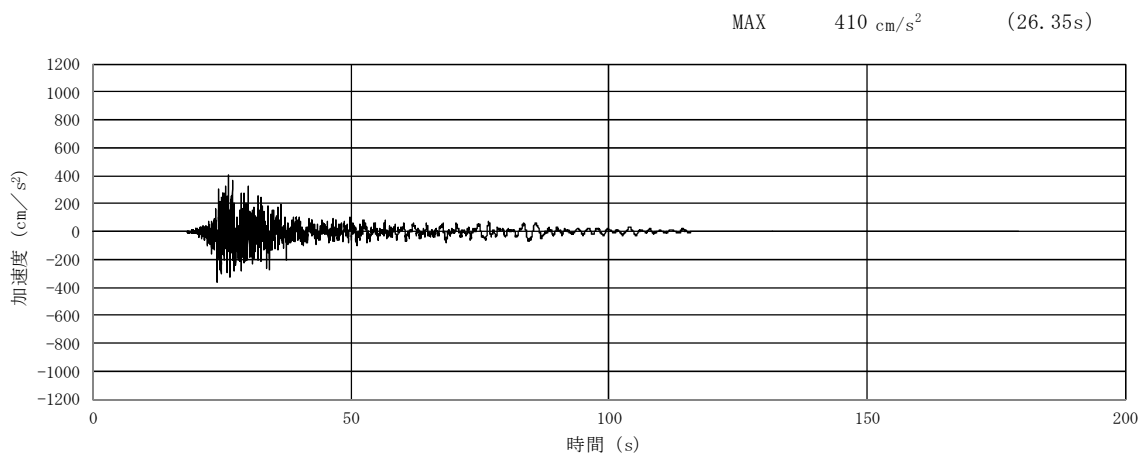


(a) 加速度時刻歴波形

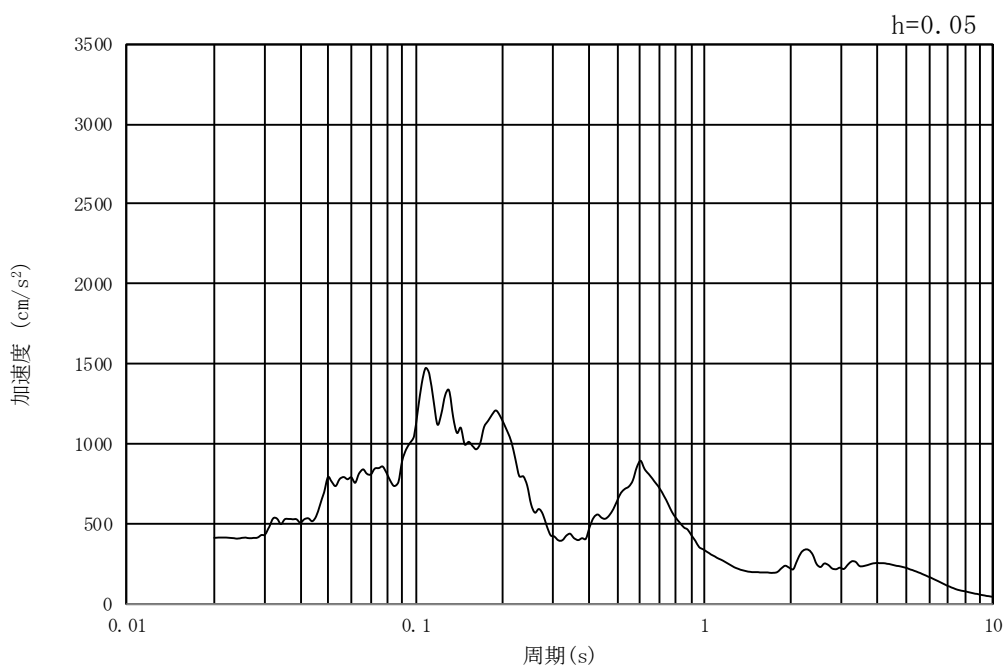


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (6) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.2$)

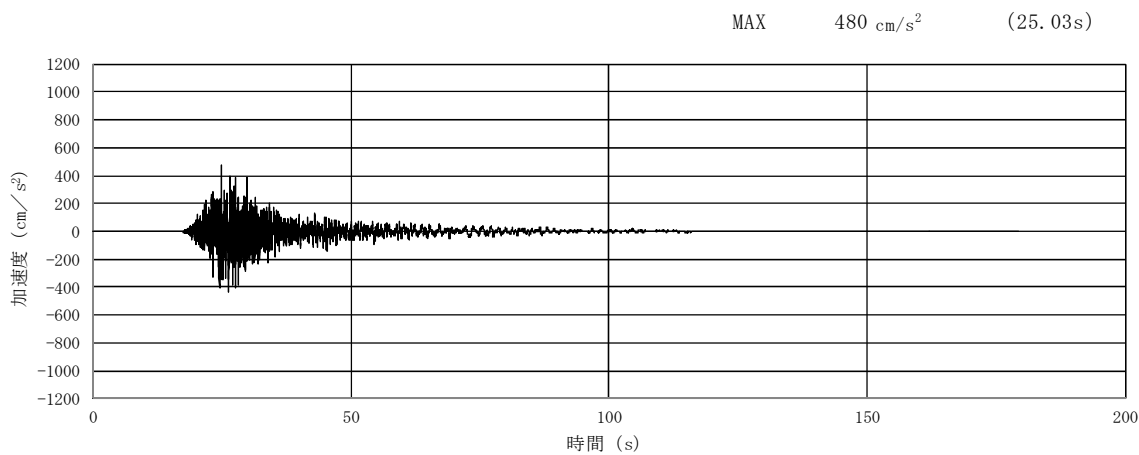


(a) 加速度時刻歴波形

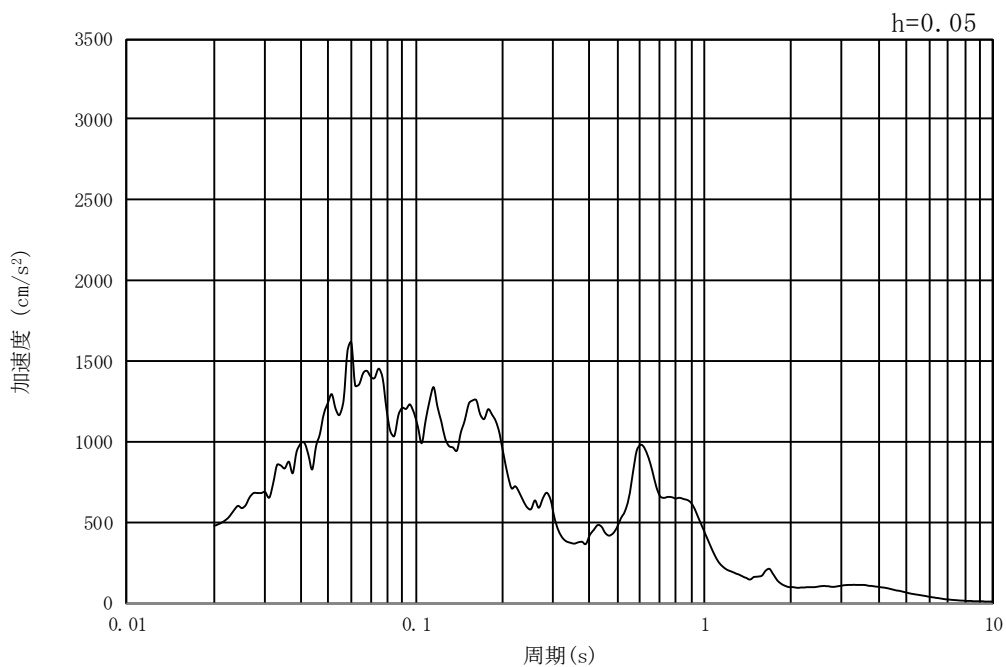


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (7) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.3$)

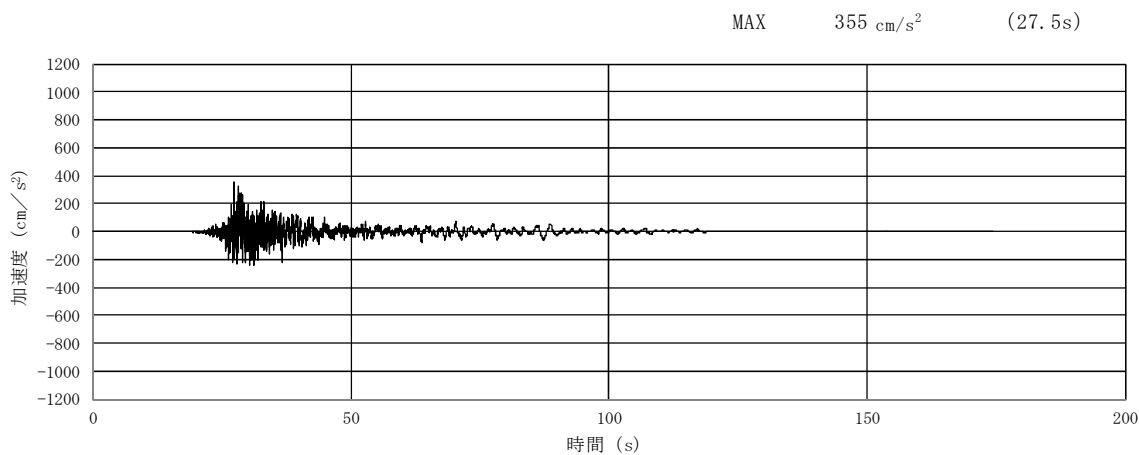


(a) 加速度時刻歴波形

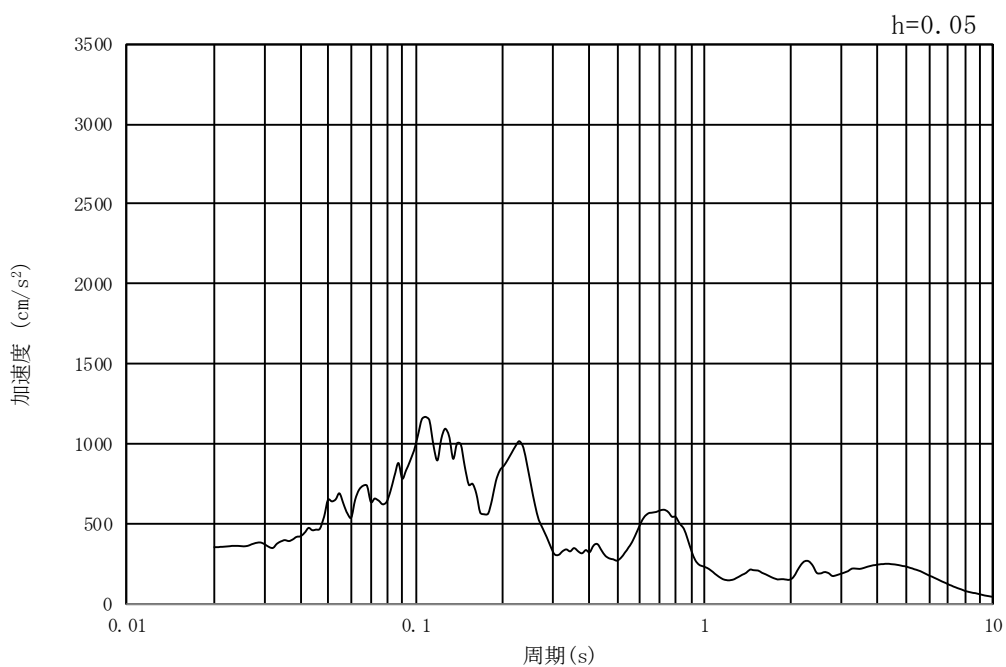


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (8) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.3$)

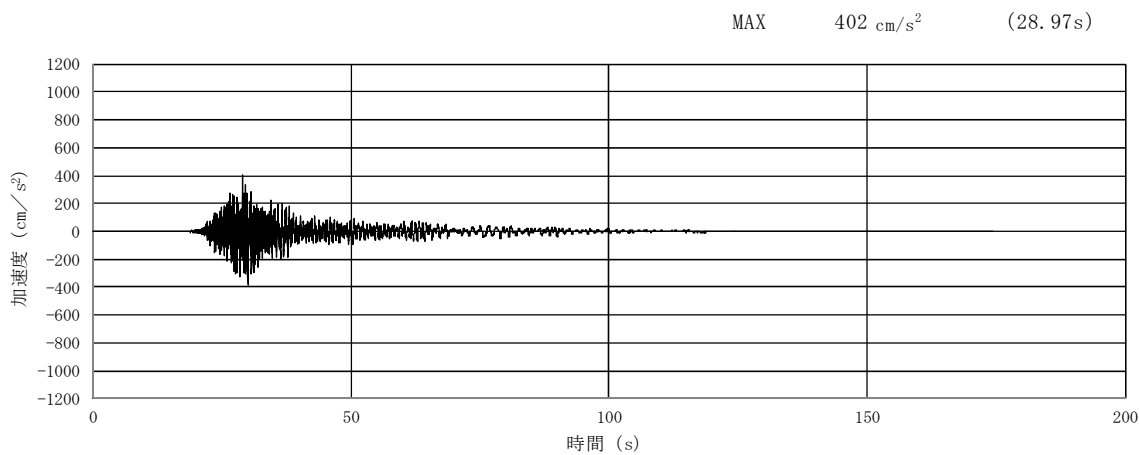


(a) 加速度時刻歴波形

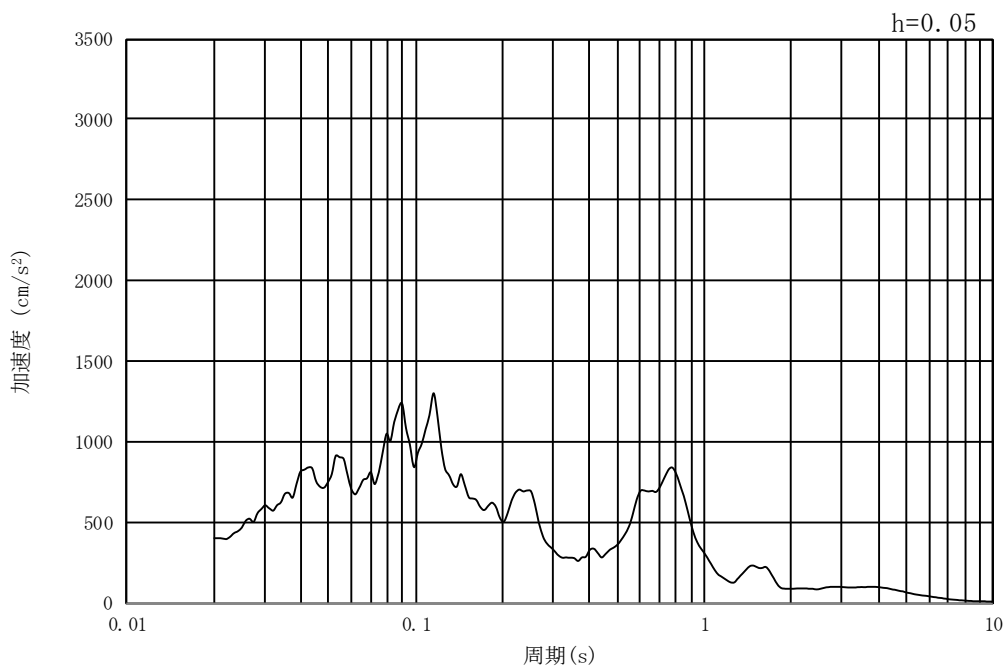


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (9) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.4$)

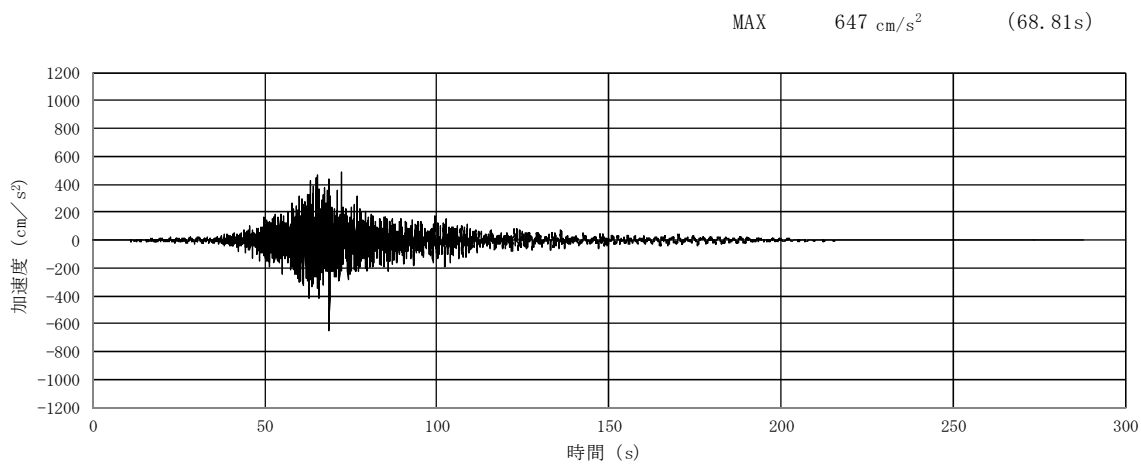


(a) 加速度時刻歴波形

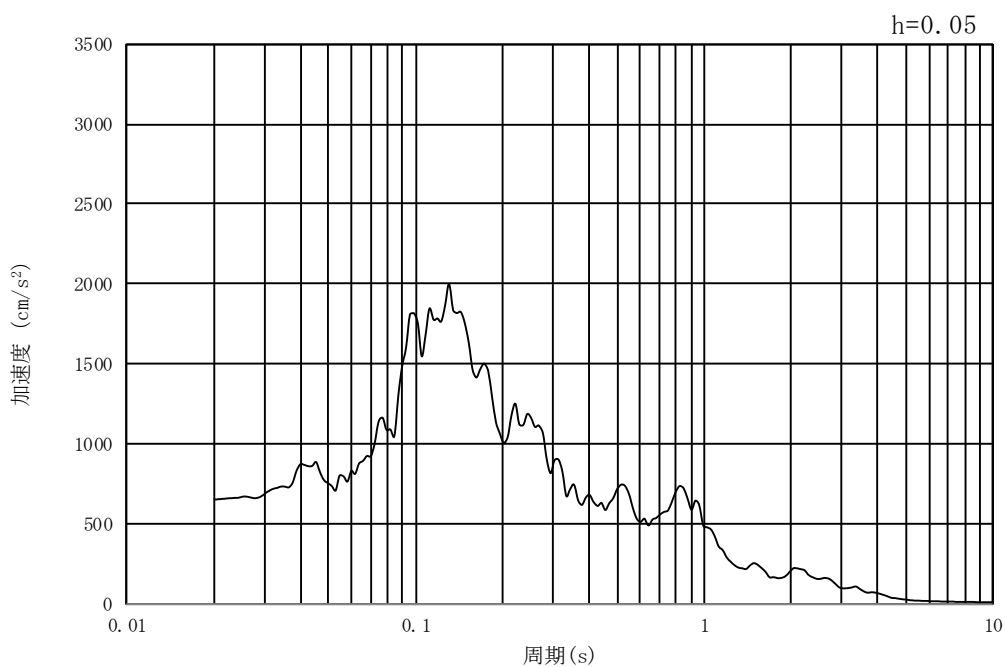


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (10) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

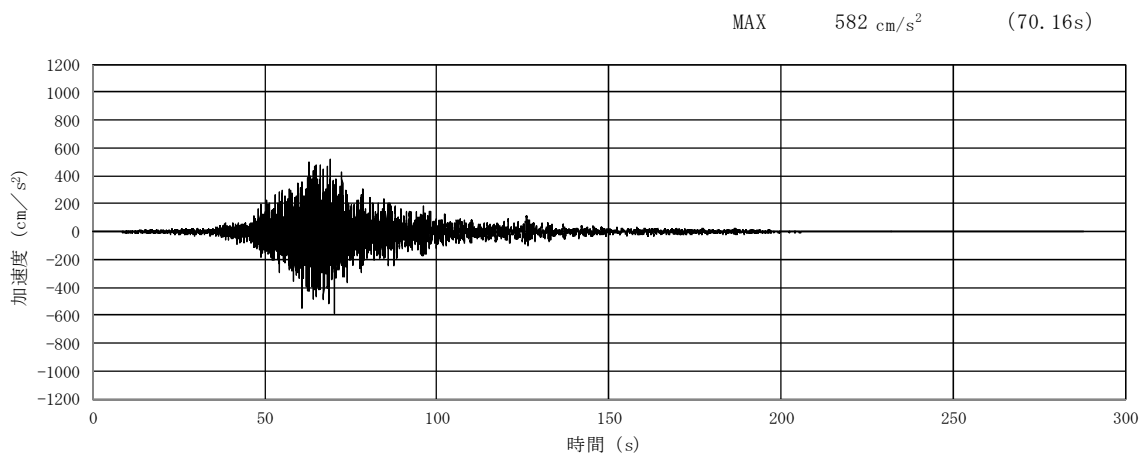


(a) 加速度時刻歴波形

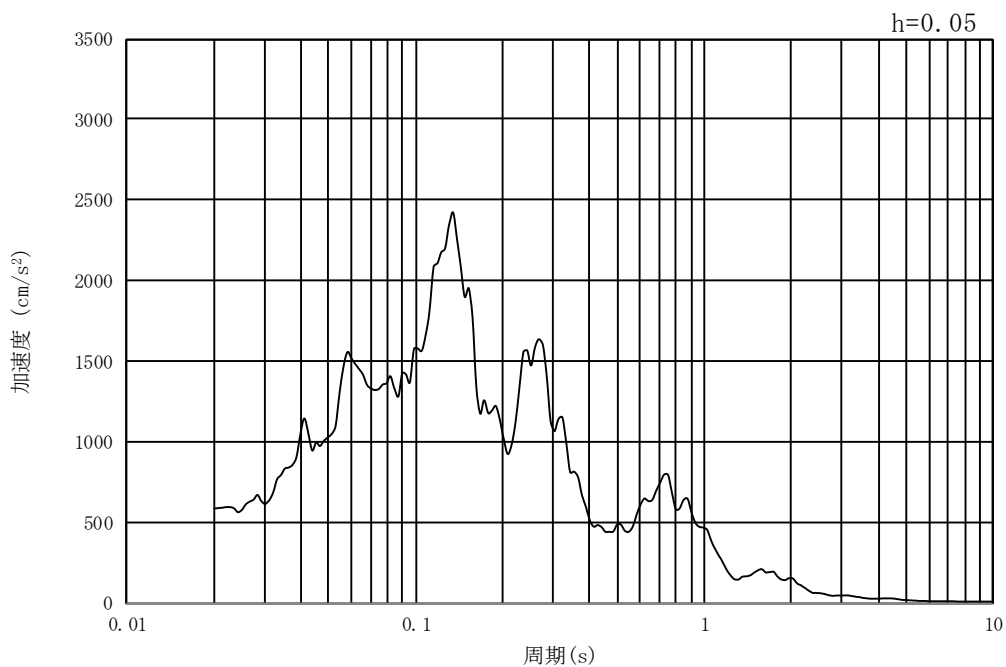


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (11) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 21$)

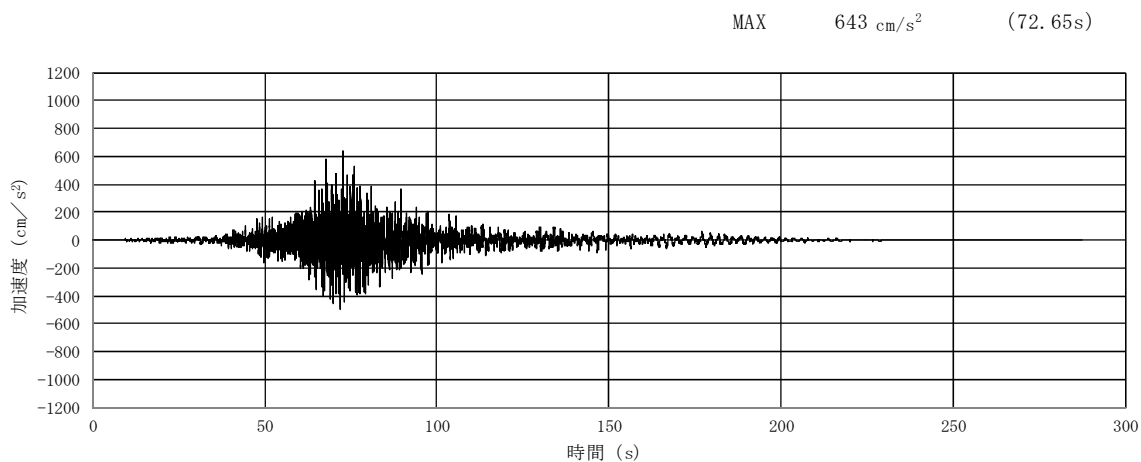


(a) 加速度時刻歴波形

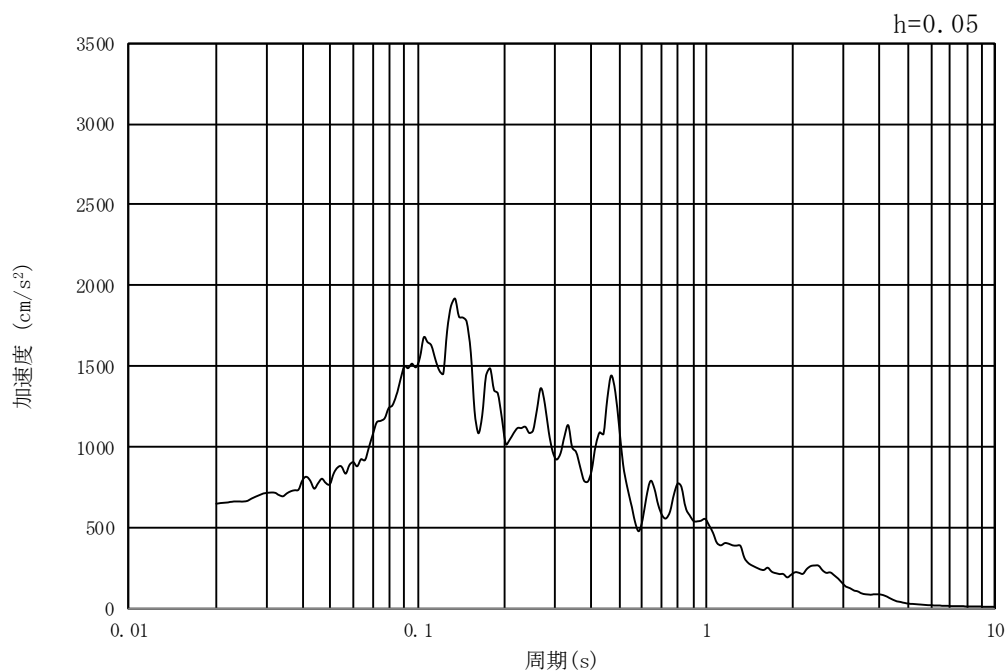


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (12) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : S_s-2 1)

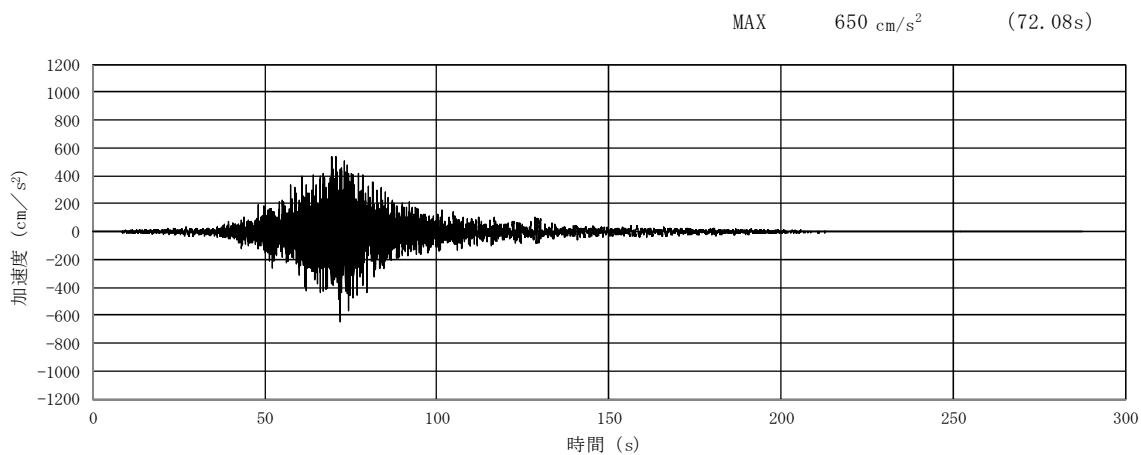


(a) 加速度時刻歴波形

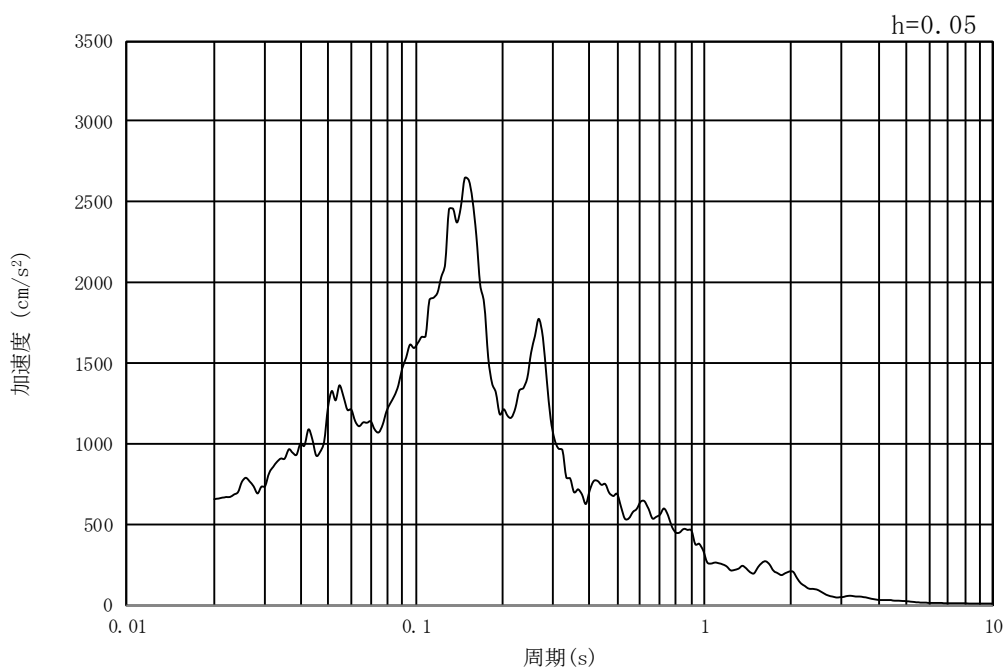


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (13) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 2.2$)

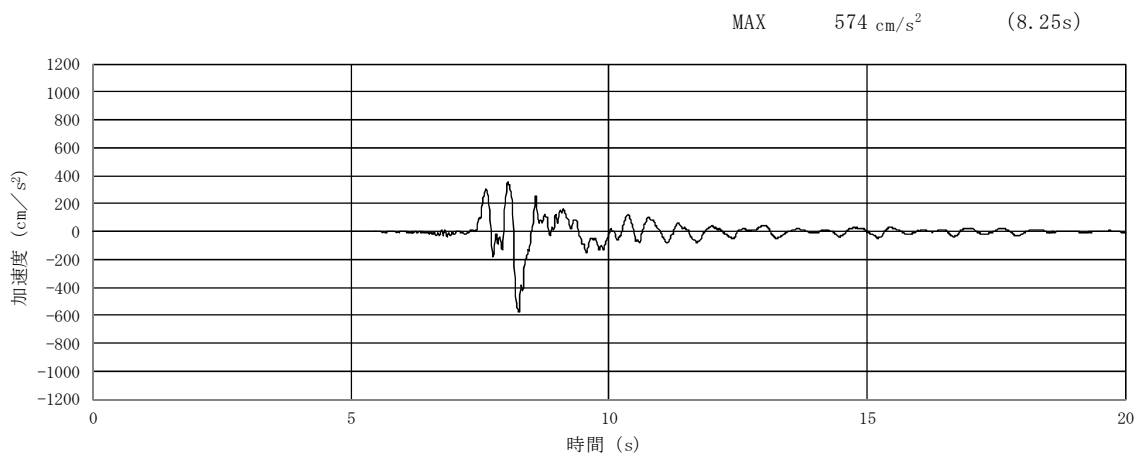


(a) 加速度時刻歴波形

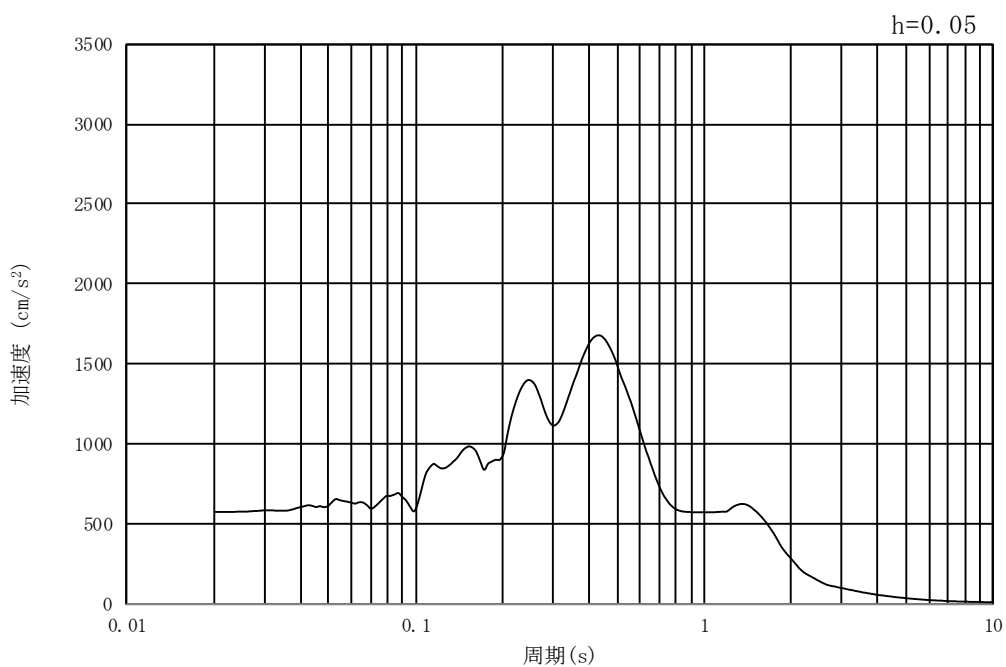


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (14) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 22$)

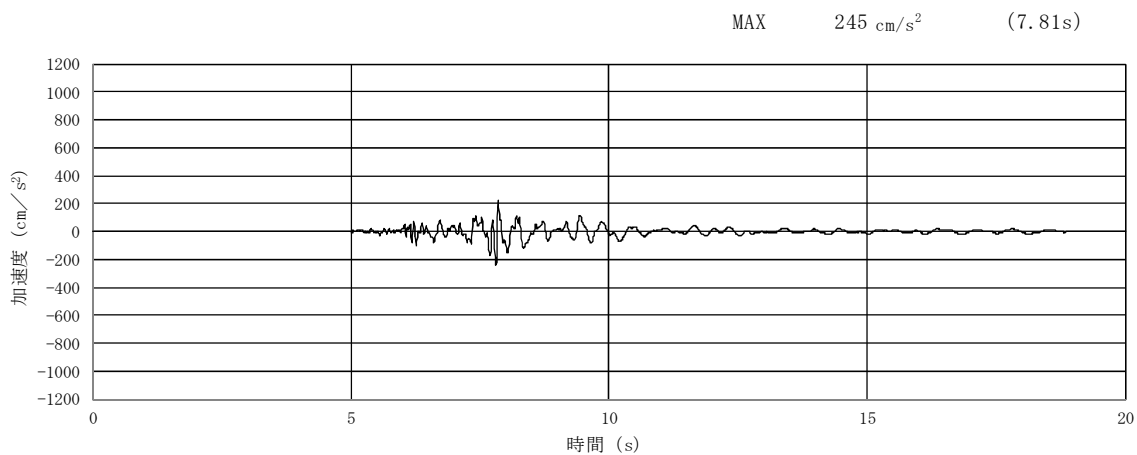


(a) 加速度時刻歴波形

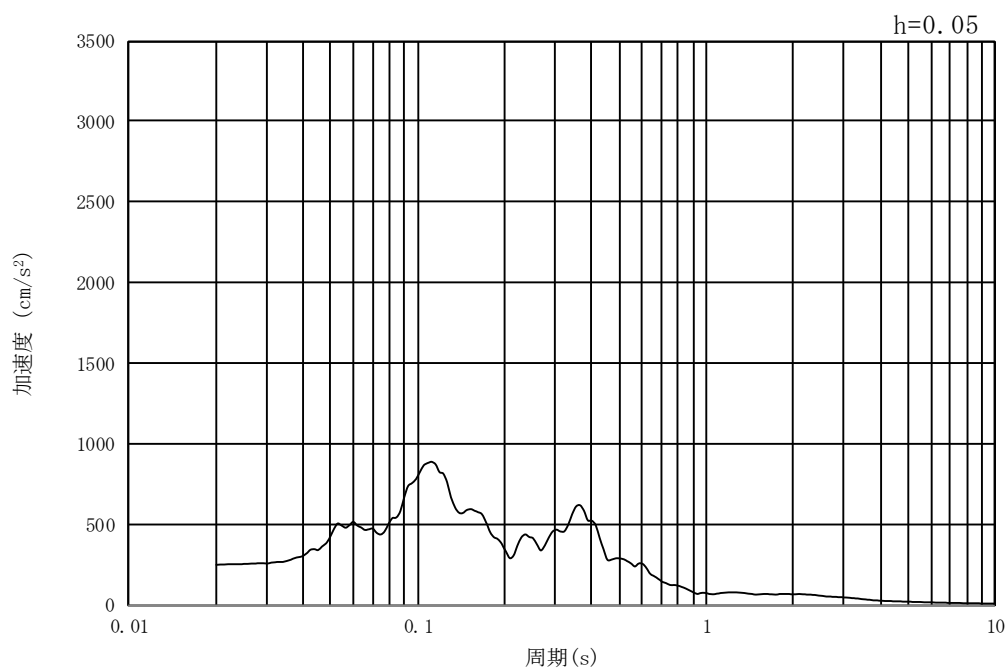


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (15) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 31$)

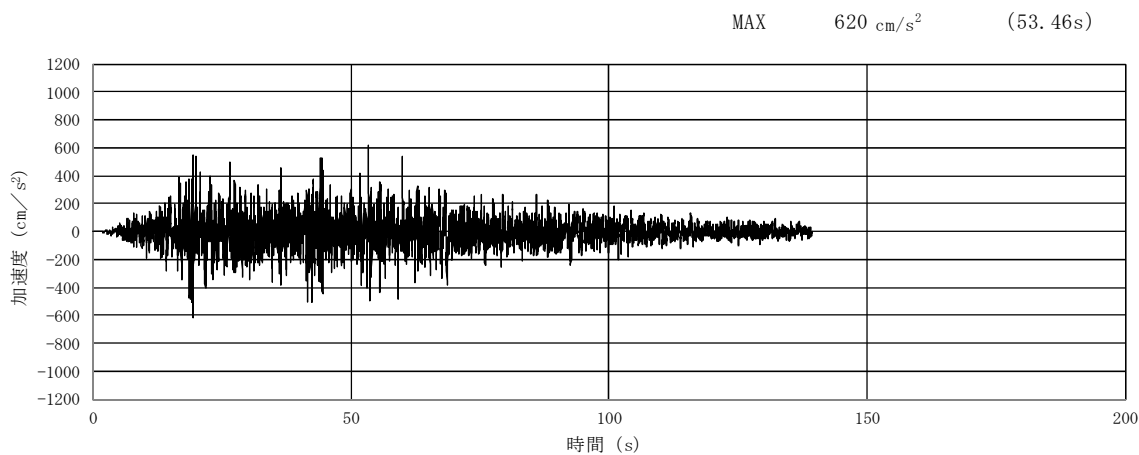


(a) 加速度時刻歴波形

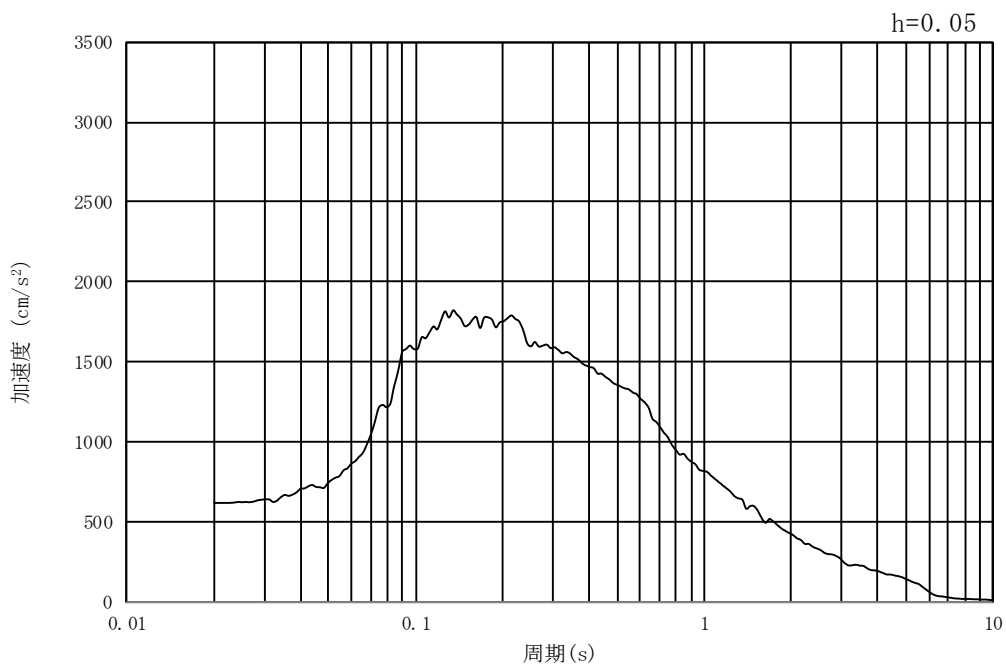


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-2 (16) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

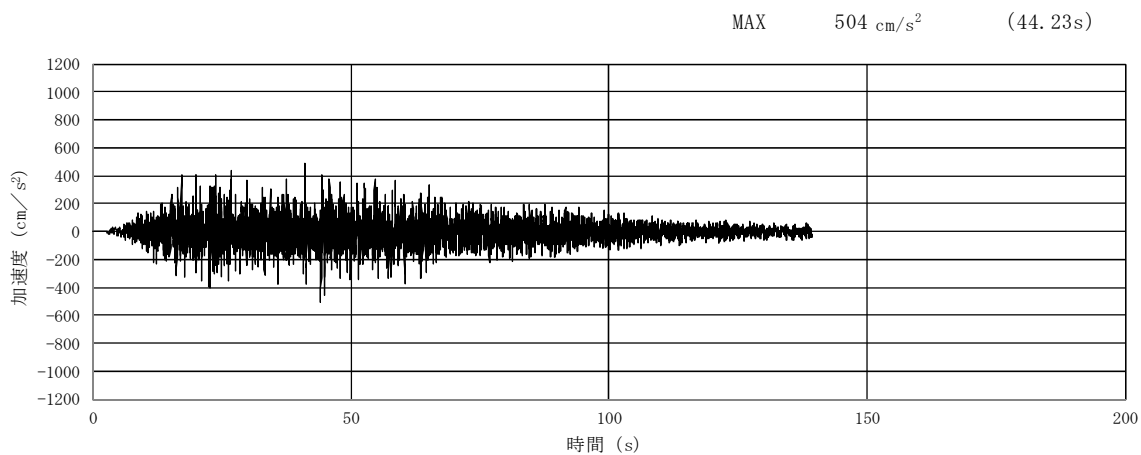


(a) 加速度時刻歴波形

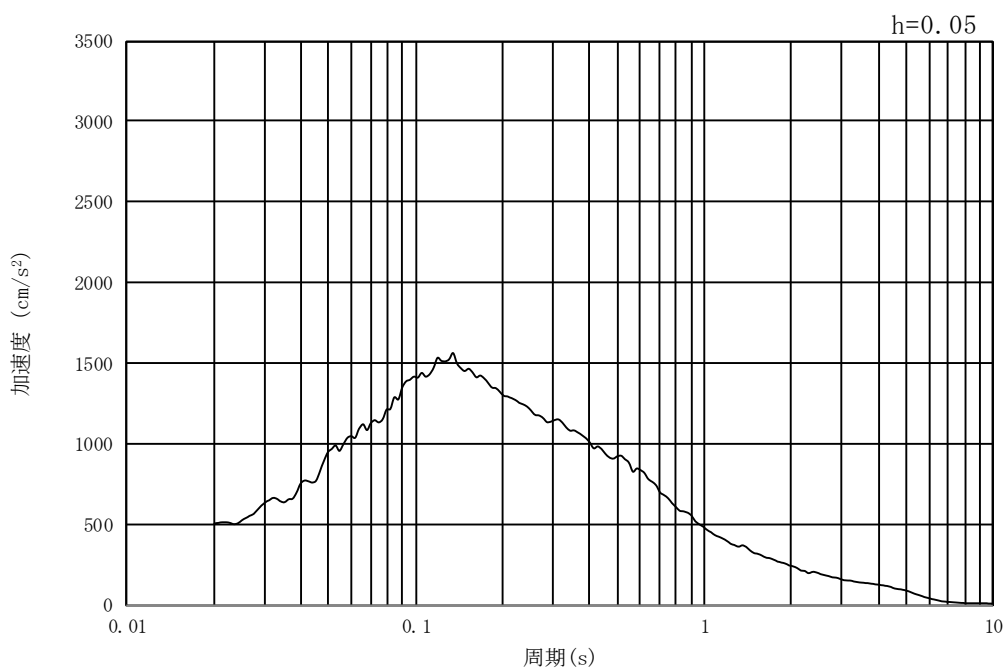


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (1) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - D1$)

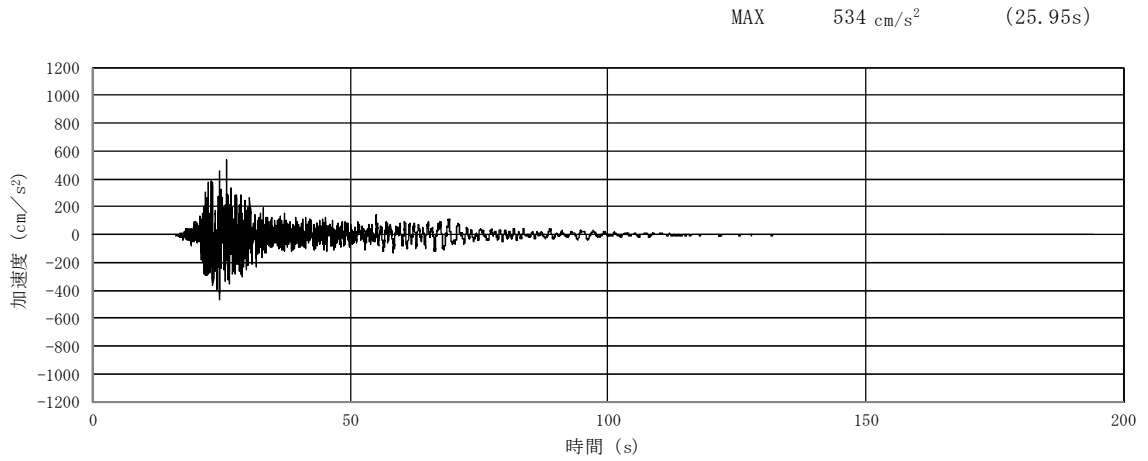


(a) 加速度時刻歴波形

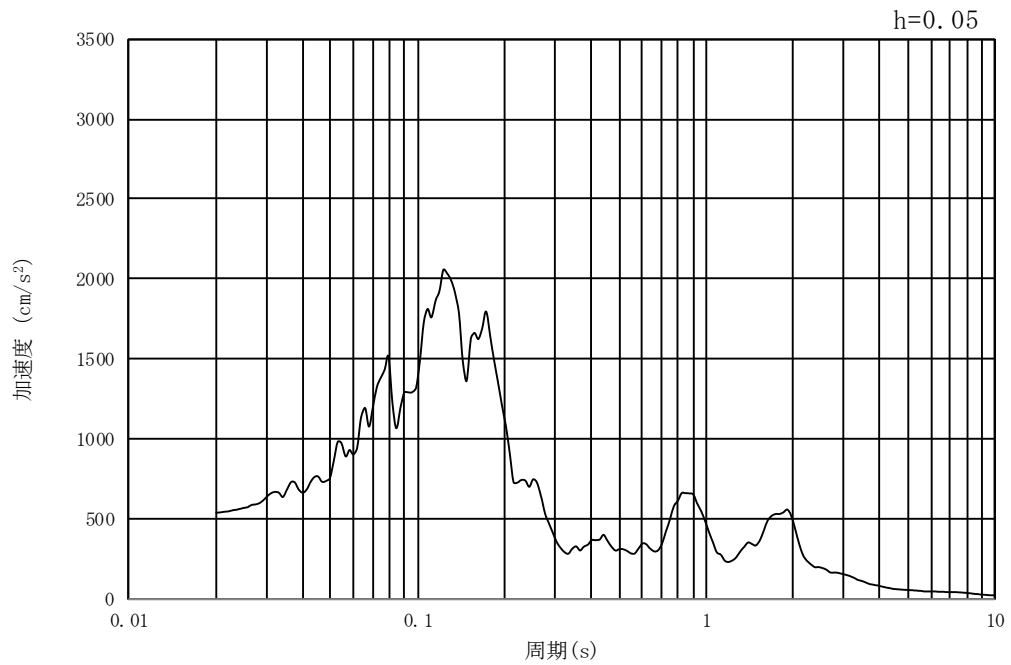


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (2) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S_s-D1)



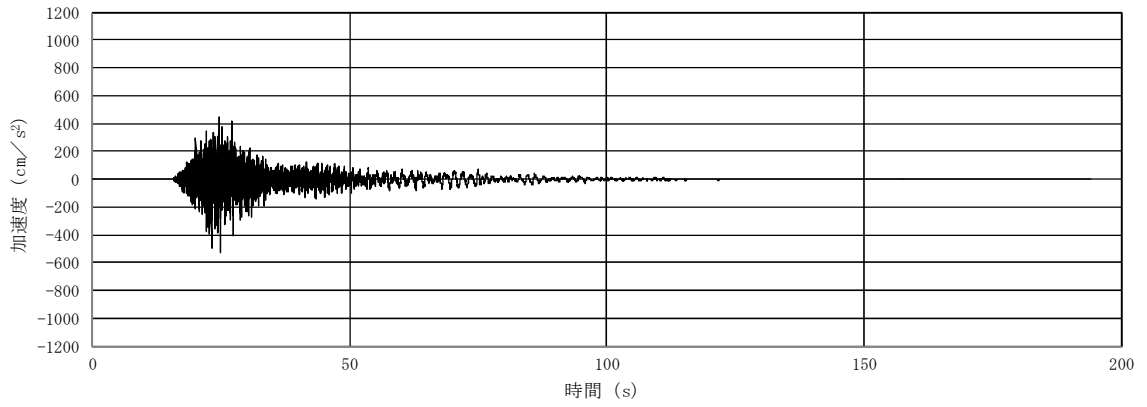
(a) 加速度時刻歴波形



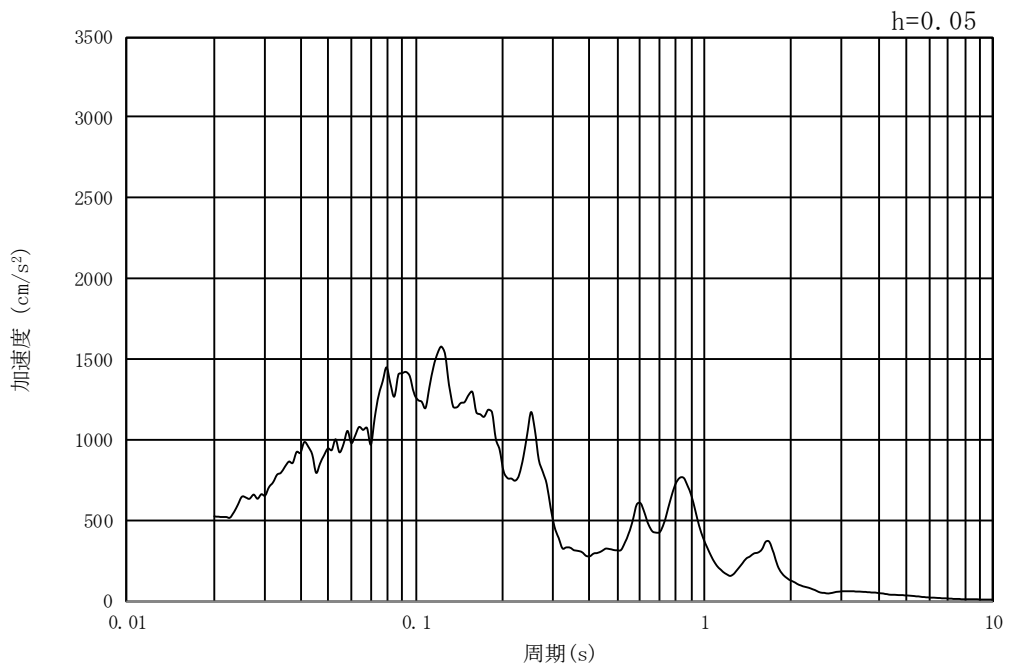
(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (3) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.1$)

MAX 523 cm/s^2 (25.01s)

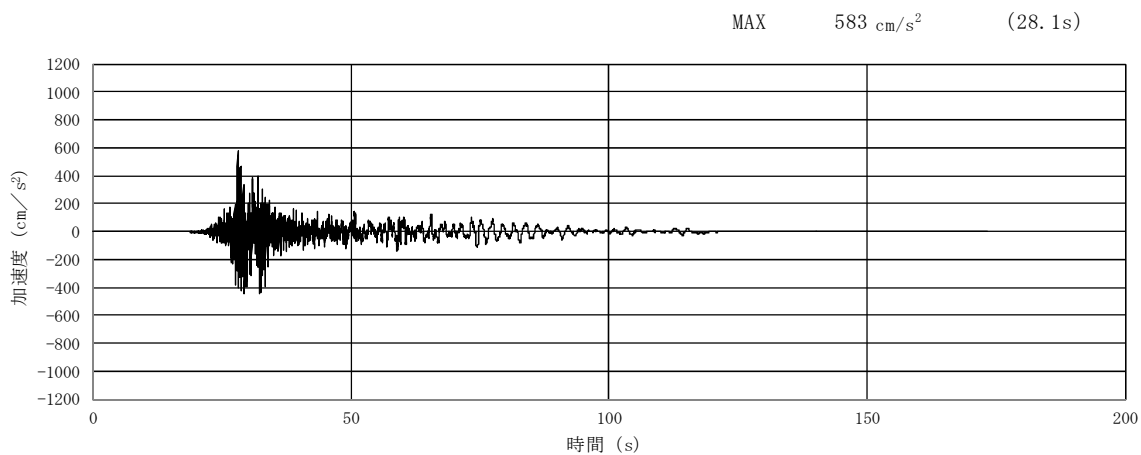


(a) 加速度時刻歴波形

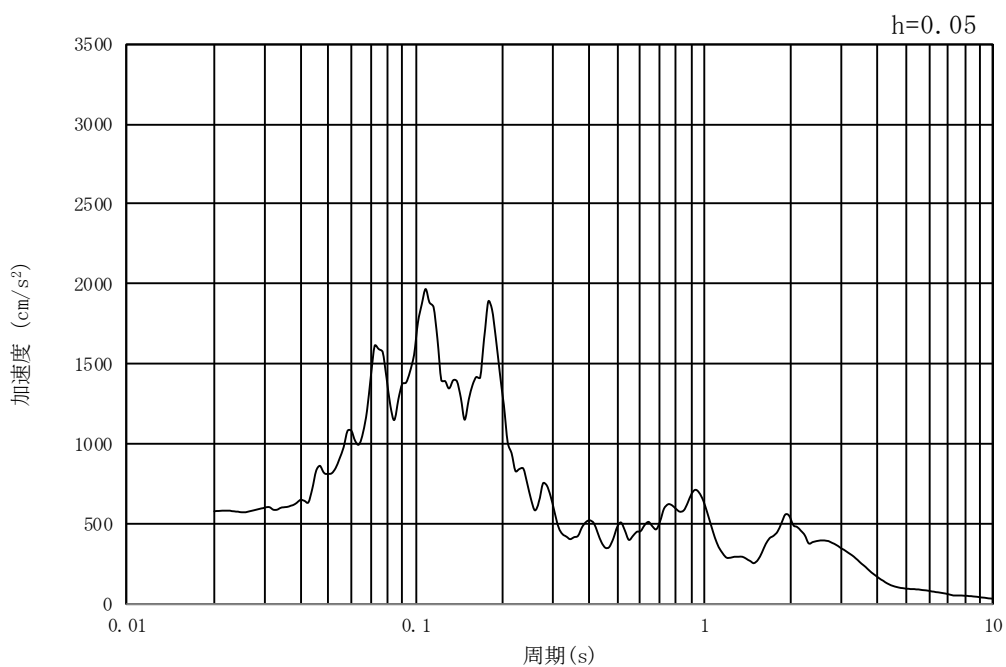


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (4) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.1$)

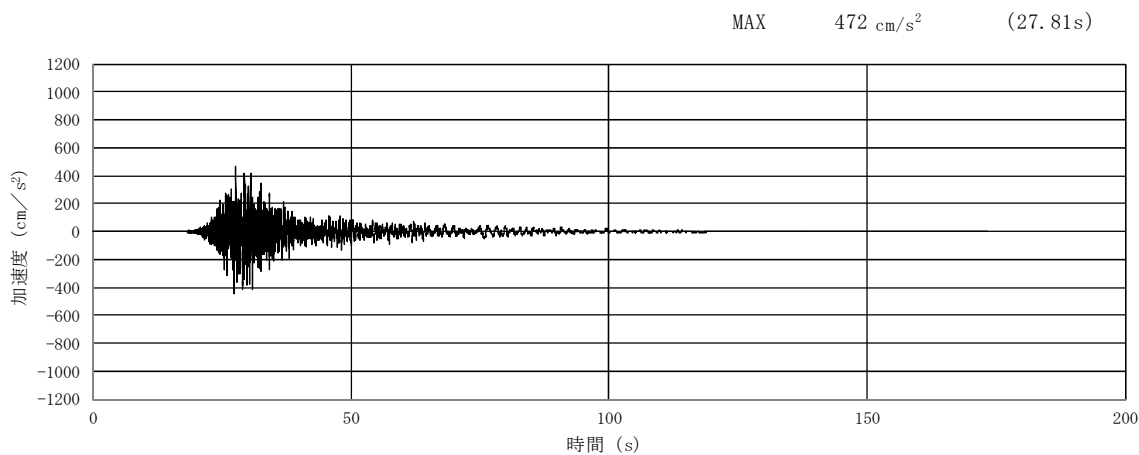


(a) 加速度時刻歴波形

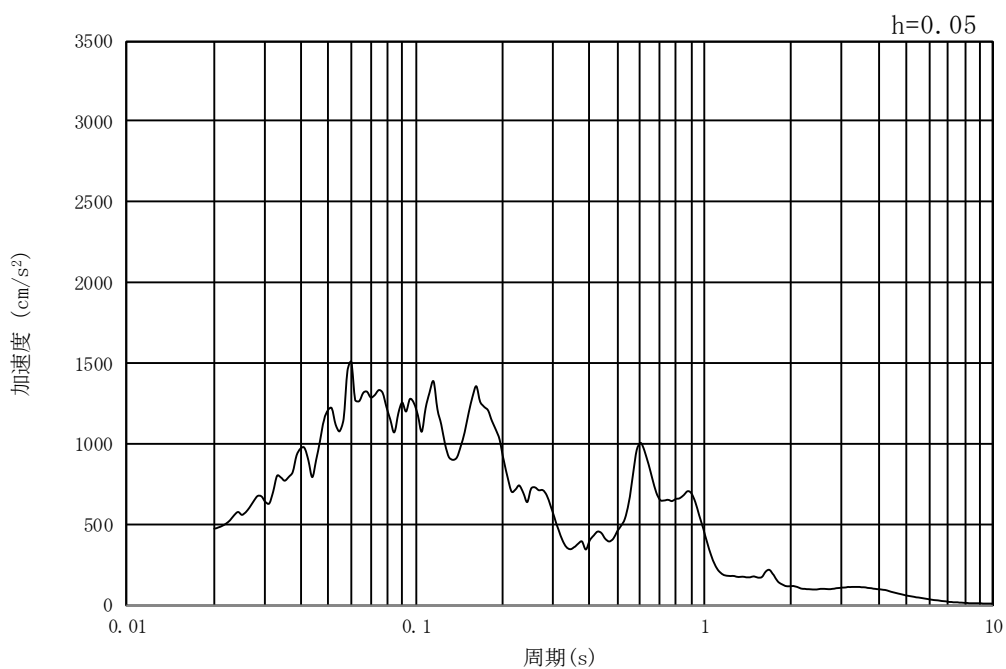


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (5) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.2$)

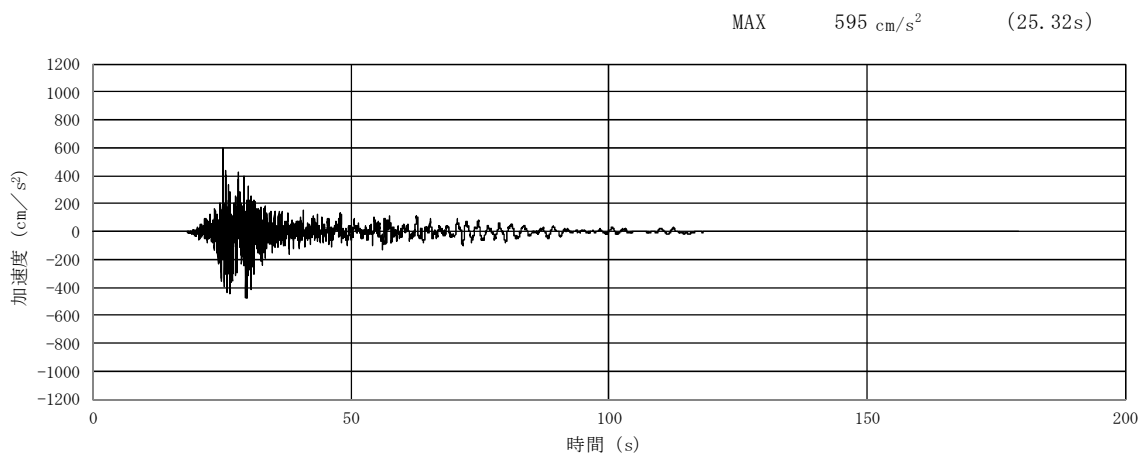


(a) 加速度時刻歴波形

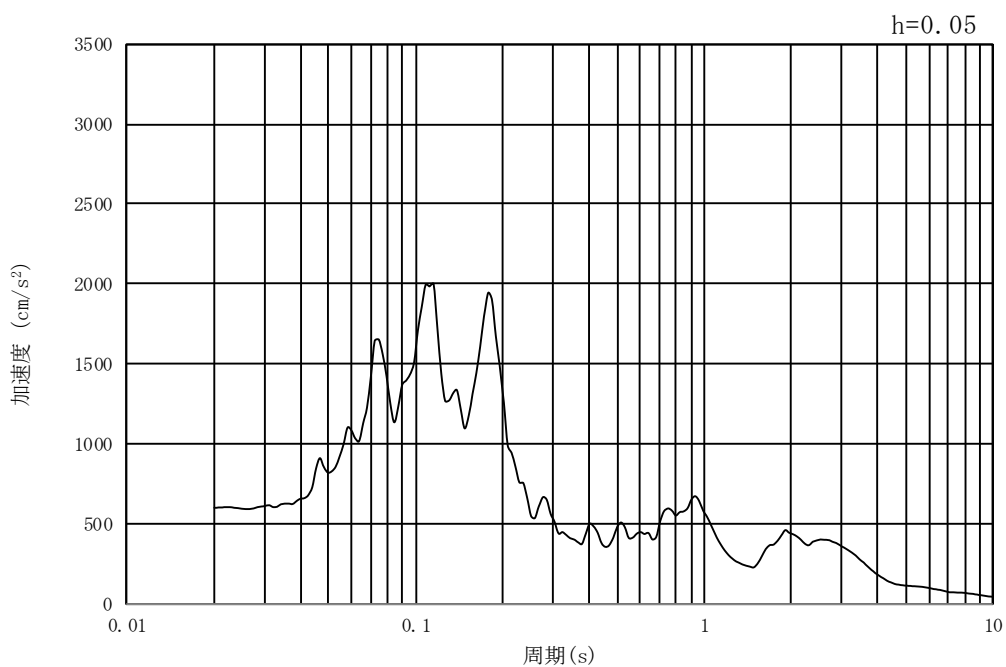


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (6) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.2$)

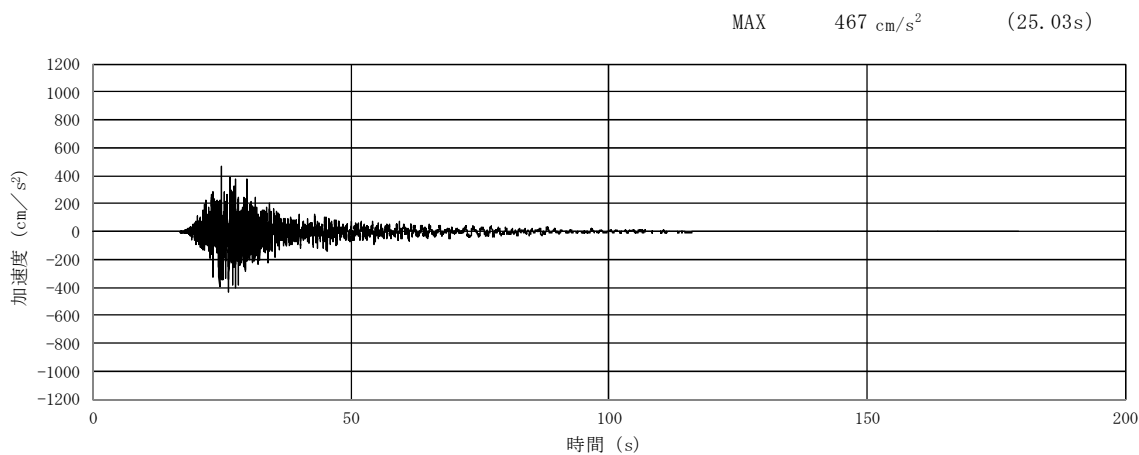


(a) 加速度時刻歴波形

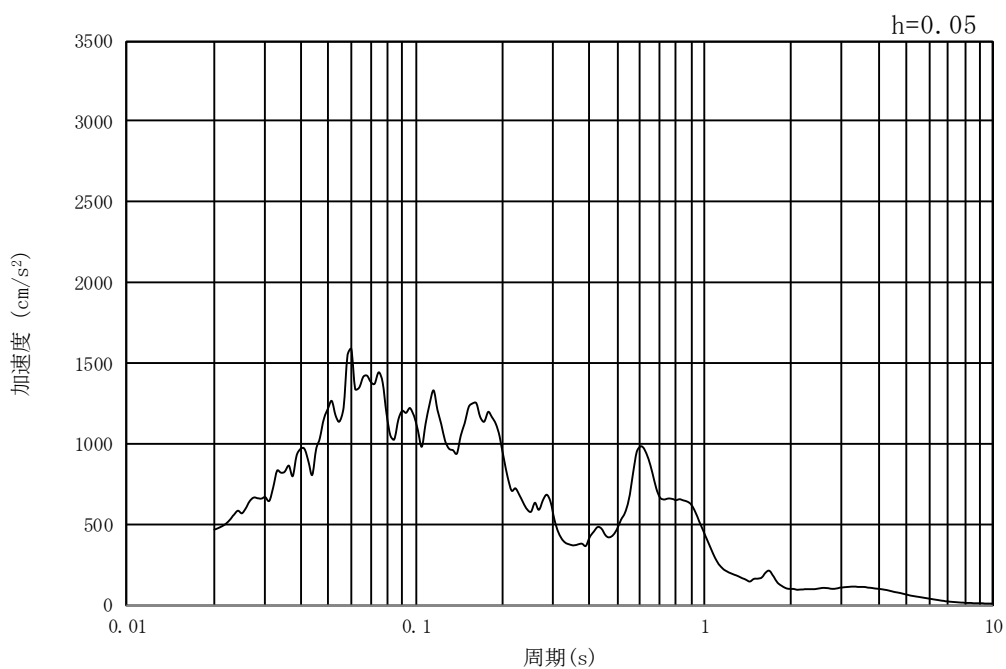


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (7) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 13$)

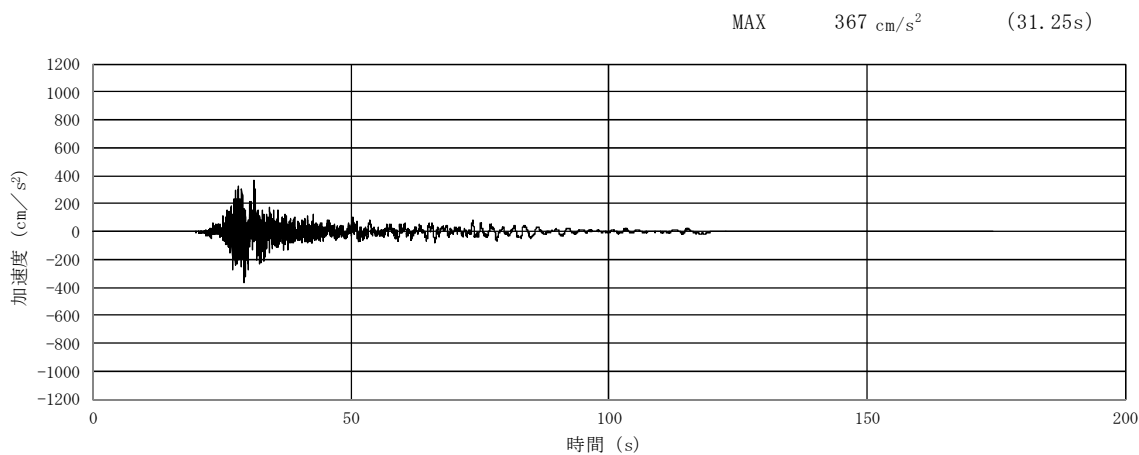


(a) 加速度時刻歴波形

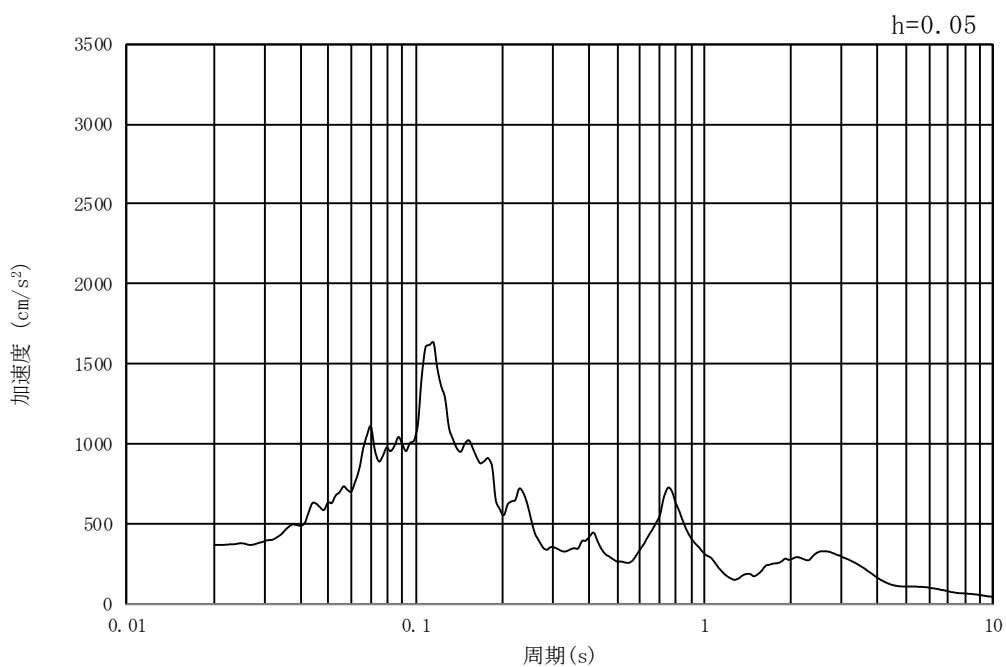


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (8) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 13$)

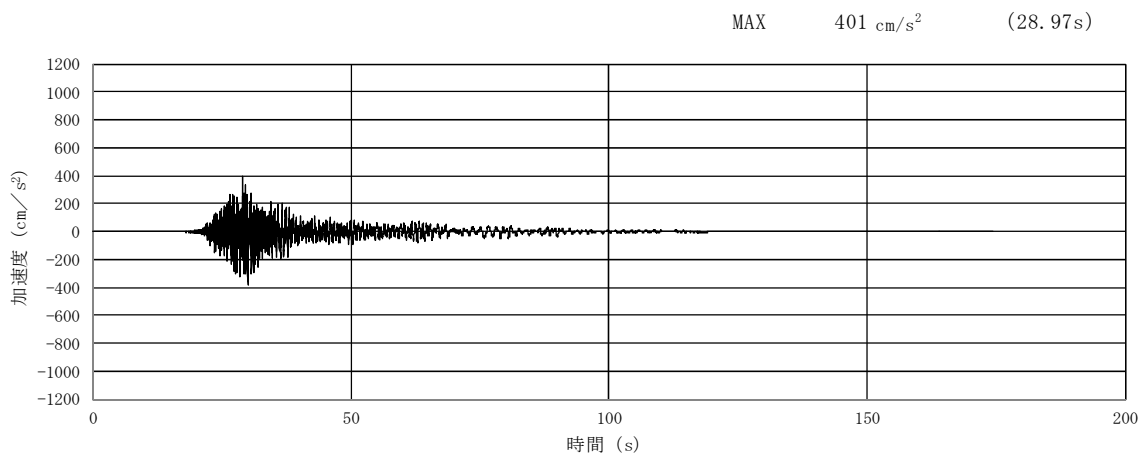


(a) 加速度時刻歴波形

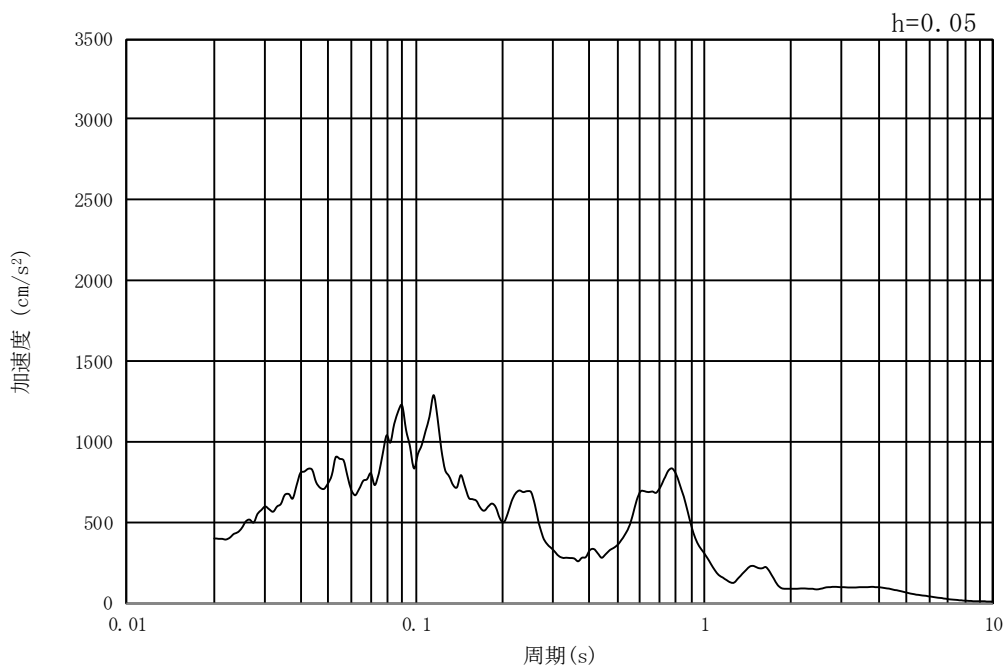


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (9) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.4$)

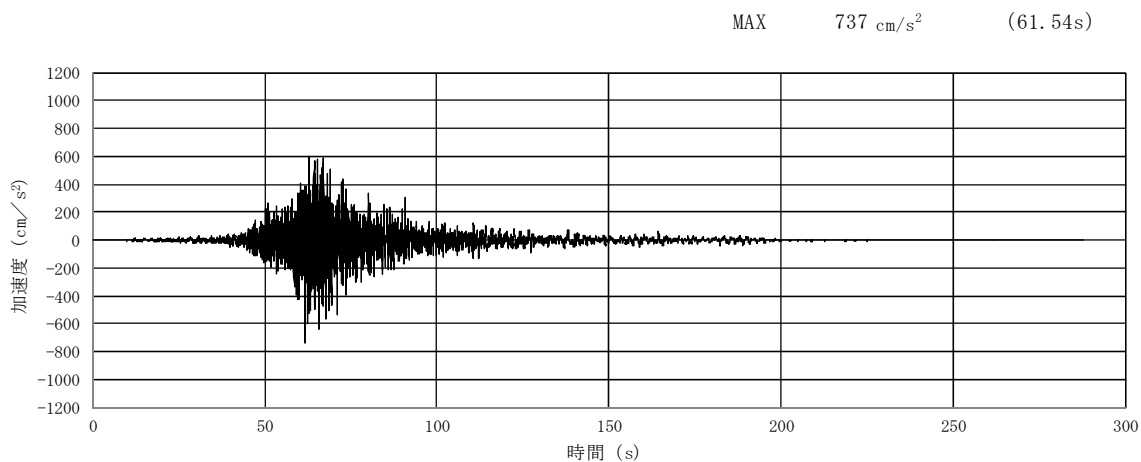


(a) 加速度時刻歴波形

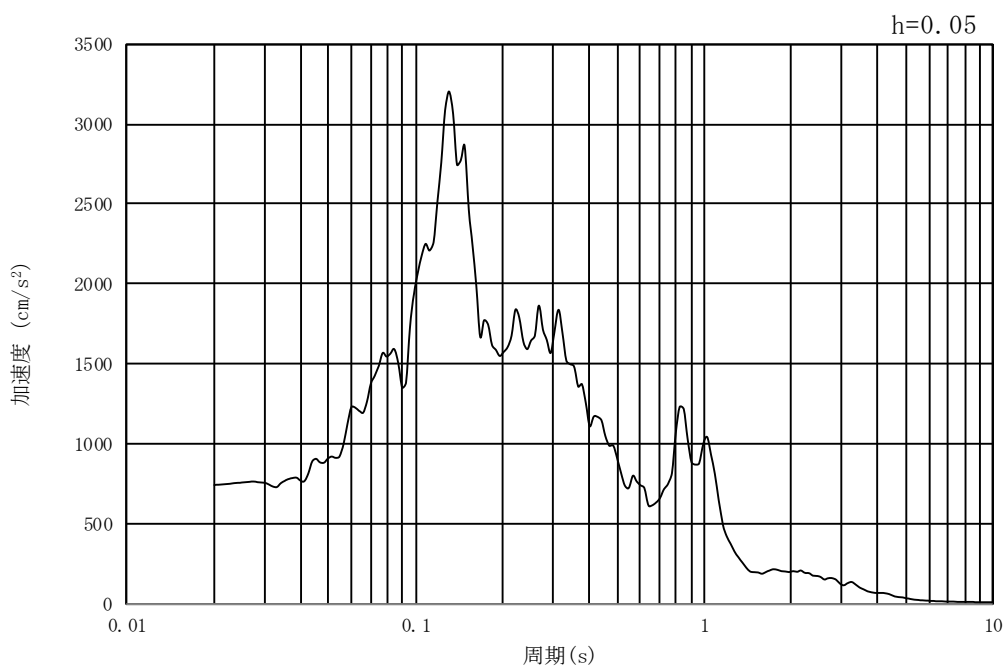


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (10) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

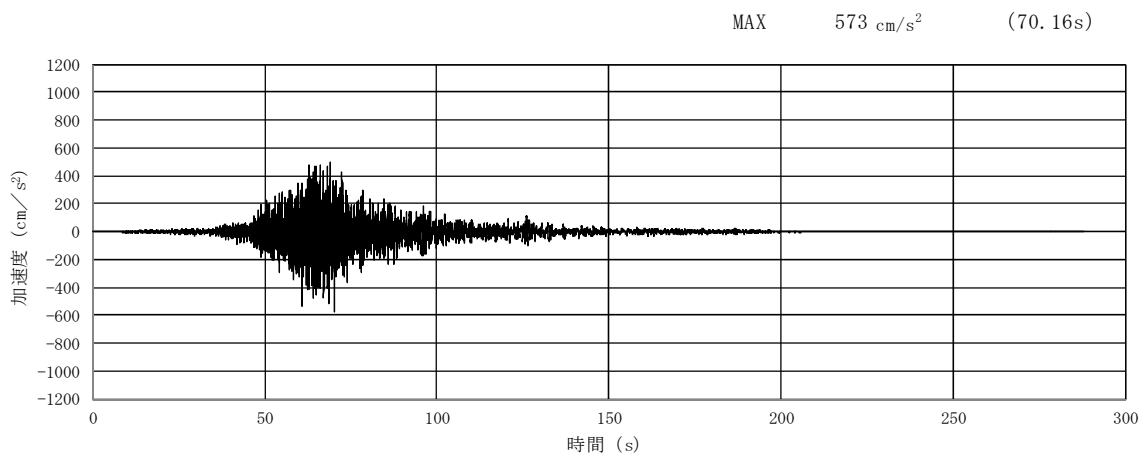


(a) 加速度時刻歴波形

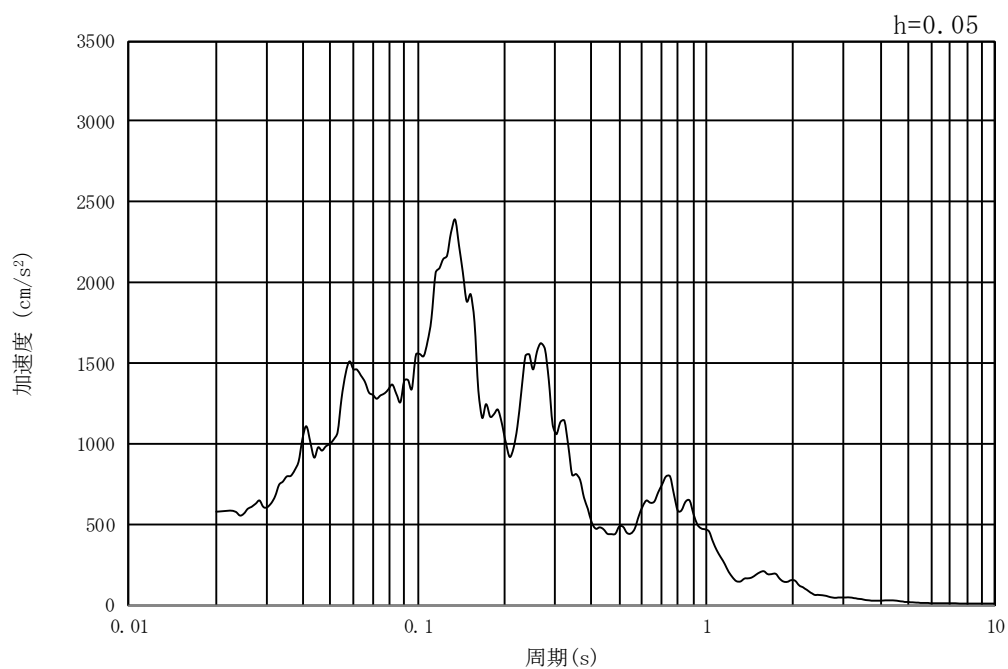


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (11) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 21$)

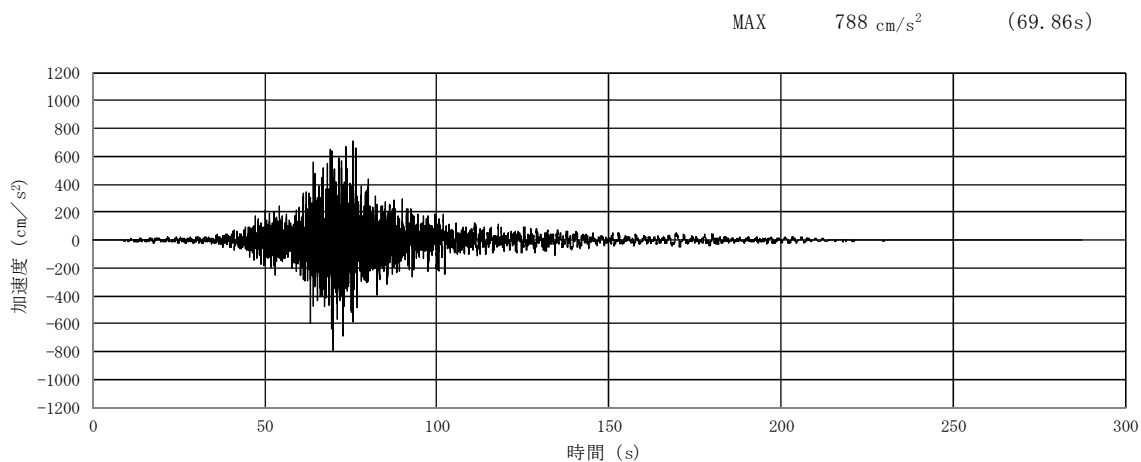


(a) 加速度時刻歴波形

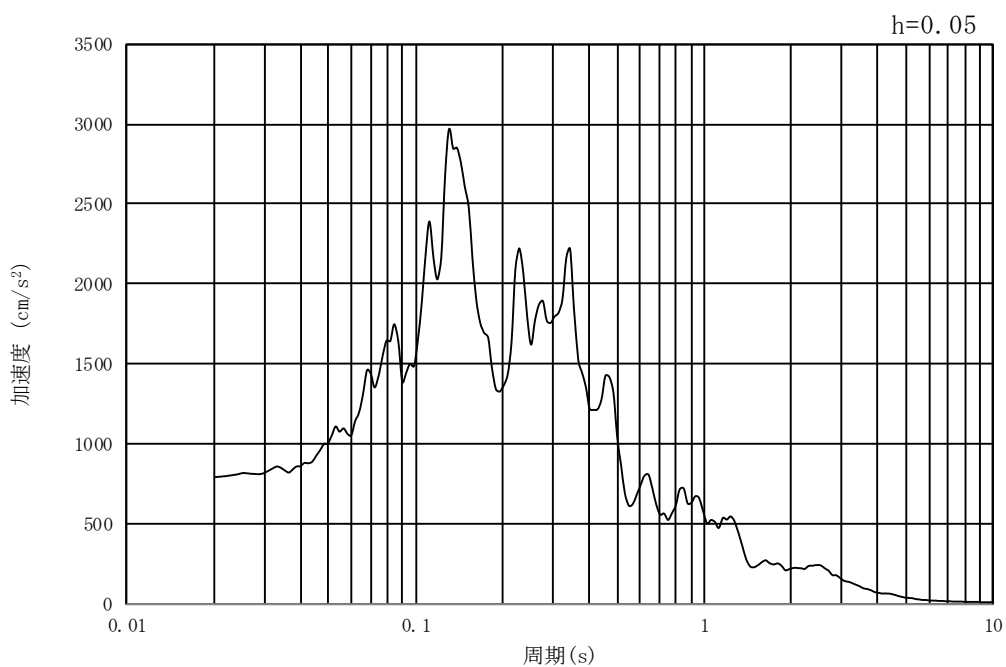


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (12) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 21$)

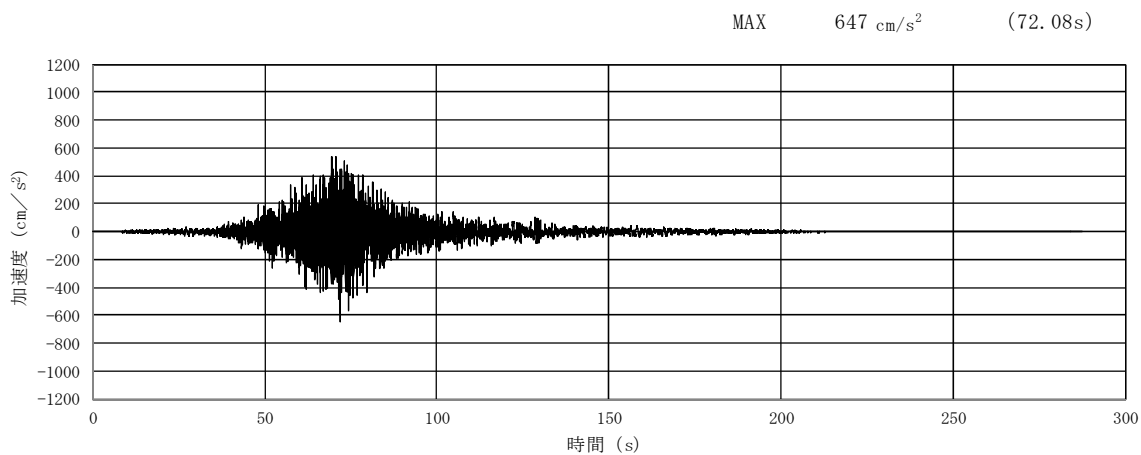


(a) 加速度時刻歴波形

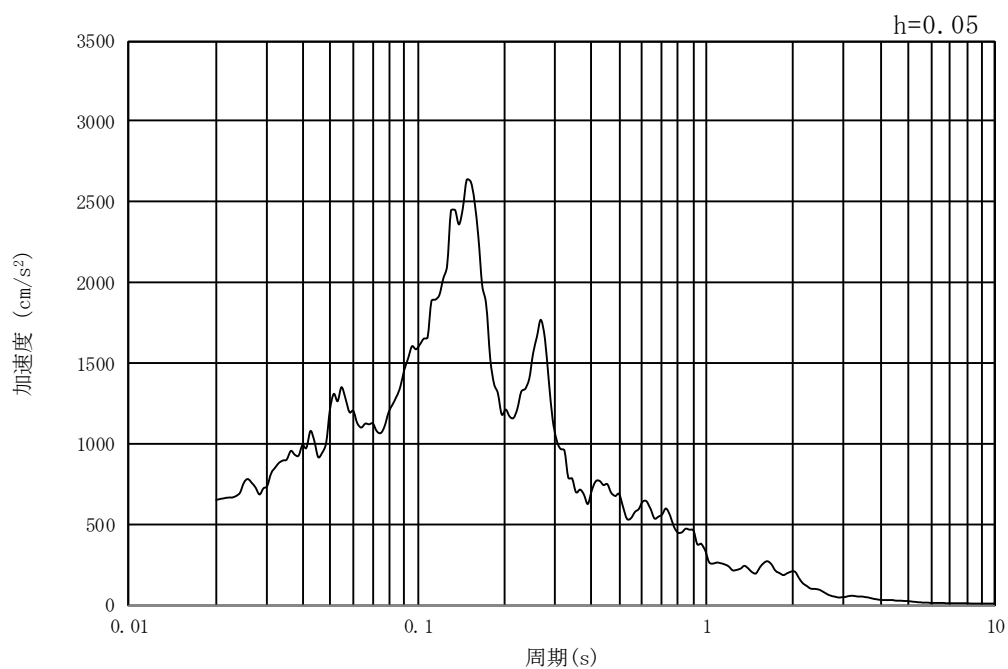


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (13) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 22$)

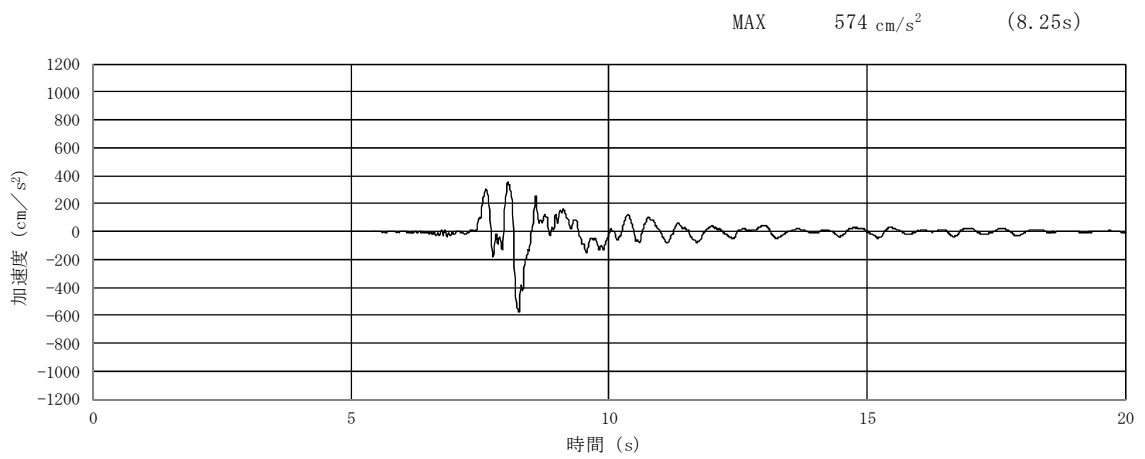


(a) 加速度時刻歴波形

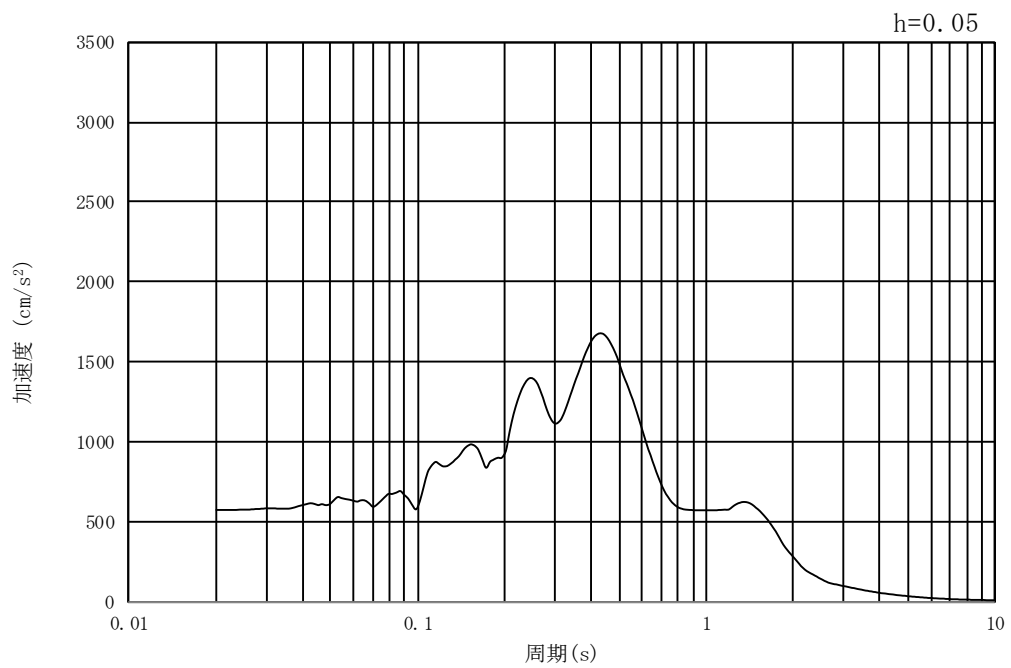


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (14) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 22$)

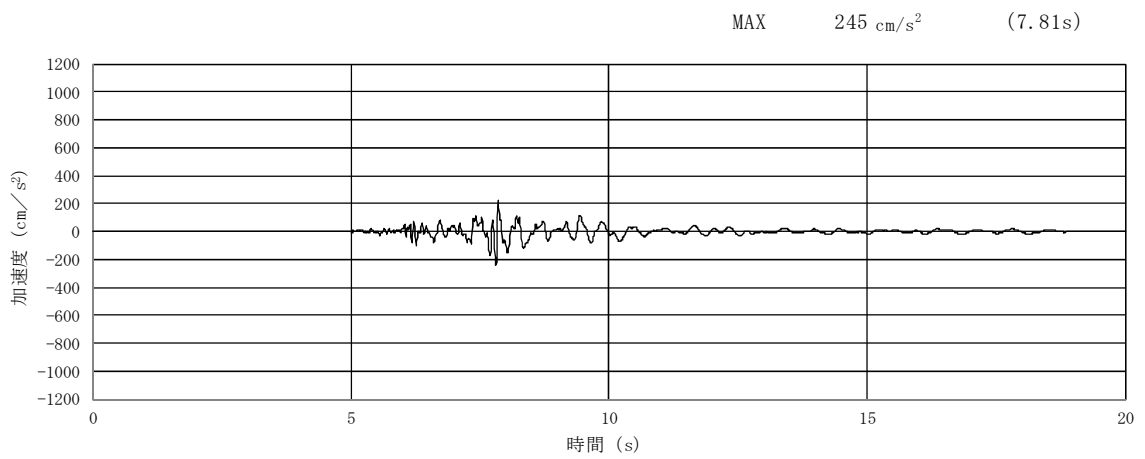


(a) 加速度時刻歴波形

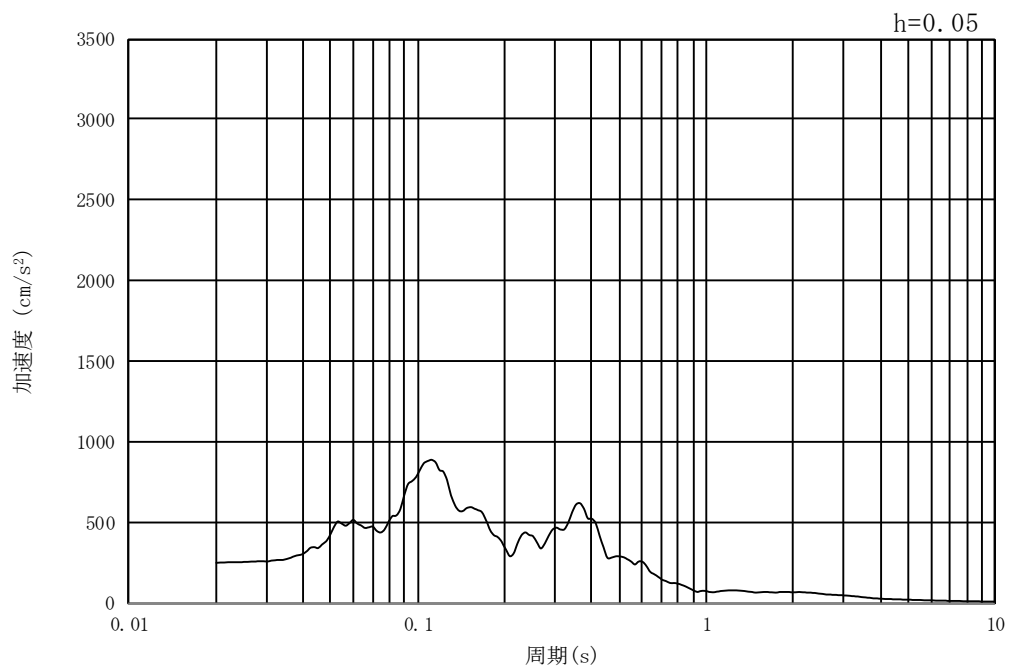


(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (15) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S_s-31)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 8.3-3 (16) 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : S_s-31)

8.3.2 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

代替淡水貯槽の構造部材は、許容応力度法による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度、鉄筋の引張応力度、コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

許容応力度については、「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）」及び「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）」に基づき、表 8.3-1 のとおり設定する。

表 8.3-1 許容応力度

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート ($f'_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0	
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*	
鉄筋	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	294
	SD390	許容引張応力度 σ_{sa}	309
	SD490	許容引張応力度 σ_{sa}	435

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。各部材における許容限界を表 8.3-2 に示す。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、 V_{ca} ：コンクリートの負担するせん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} ：斜め引張鉄筋の負担するせん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} ：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w ：有効幅

j ：1/1.15

d ：有効高さ

A_w ：斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} ：鉄筋の許容引張応力度

s ：斜め引張鉄筋間隔

表 8.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (追而)

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤の支持性能については、構造物の接地圧が基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。

代替淡水貯槽の基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、代替淡水貯槽の基礎地盤を構成する新第三系 Km 層の極限支持力を用いる。極限支持力については、「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 24 年 3 月)」のケーソン基礎の設計に基づき、以下の通り設定する。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで、

- q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度
- c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力
- γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- γ_2 : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- α, β : 表 8.3-1 に示す基礎底面の形状係数
- D : 基礎幅
- D_f : 基礎の有効根入れ深さ
- N_c, N_q, N_γ : 図 8.3-4 に示す支持力係数

表 8.3-1 基礎底面の形状係数

形状係数	基礎底面の形状	帯状	正方形, 円形	長方形, 小判形
α		1.0	1.3	$1+0.3\frac{B}{D}$
β		1.0	0.6	$1-0.4\frac{B}{D}$

D : ケーソン前面幅 (m), B : ケーソン側面幅 (m)
 ただし, $B/D > 1$ の場合, $B/D=1$ とする。

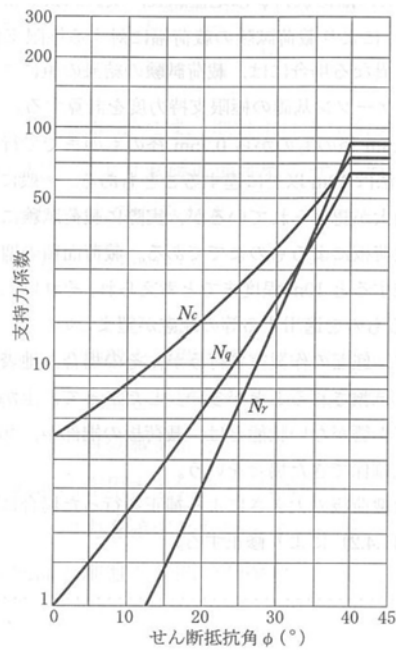


図 8.3-4 支持力係数を求めるグラフ

代替淡水貯槽における許容限界を表 8.3-2 に示す。

表 8.3-2 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

8.4 評価結果

8.4.1 地震応答解析結果

代替淡水貯槽の基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図8.4-1及び図8.4-2に示す。本図は構造部材の曲げ，せん断照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。

また，最大せん断ひずみ分布図を図8.4-3及び図8.4-4に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図8.4-5及び図8.4-6に示す。これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

- 図 8.4-1 (1) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (2) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (3) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (4) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t=00. 00s$)

- 図 8.4-1 (5) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (6) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (7) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (8) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (9) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t=00. 00s$)

- 図 8.4-1 (10) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t=00. 00s$)

- 図 8.4-1 (11) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-1 (12) 東西方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

- 図 8.4-2 (1) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (2) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H+, V-]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (3) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (4) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - D 1 [H-, V-]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (5) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 1$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (6) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 2$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (7) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 3$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (8) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 1 4$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (9) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 1$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (10) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 2 2$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (11) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$, $t=00. 00s$)
- 図 8.4-2 (12) 南北方向断面の地震時断面力 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$, $t=00. 00s$)

図 8.4-3 (1) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 8.4-3 (2) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 8.4-3 (3) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 8.4-3 (4) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 8.4-3 (5) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)

図 8.4-3 (6) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)

図 8.4-3 (7) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)

図 8.4-3 (8) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)

図 8.4-3 (9) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)

図 8.4-3 (10) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)

図 8.4-3 (11) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 8.4-3 (12) 東西方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

- 図 8.4-4 (1) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-4 (2) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)
- 図 8.4-4 (3) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
- 図 8.4-4 (4) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)
- 図 8.4-4 (5) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)
- 図 8.4-4 (6) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)
- 図 8.4-4 (7) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)
- 図 8.4-4 (8) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)
- 図 8.4-4 (9) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)
- 図 8.4-4 (10) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)
- 図 8.4-4 (11) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-4 (12) 南北方向断面の最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

- 図 8.4-5 (1) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-5 (2) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)
- 図 8.4-5 (3) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
- 図 8.4-5 (4) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)
- 図 8.4-5 (5) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)
- 図 8.4-5 (6) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)
- 図 8.4-5 (7) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)
- 図 8.4-5 (8) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)
- 図 8.4-5 (9) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)
- 図 8.4-5 (10) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)
- 図 8.4-5 (11) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-5 (12) 東西方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

- 図 8.4-6 (1) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-6 (2) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)
- 図 8.4-6 (3) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
- 図 8.4-6 (4) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

- 図 8.4-6 (5) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)
- 図 8.4-6 (6) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)
- 図 8.4-6 (7) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)
- 図 8.4-6 (8) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)
- 図 8.4-6 (9) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

- 図 8.4-6 (10) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

- 図 8.4-6 (11) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)
- 図 8.4-6 (12) 南北方向断面の過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

8.4.2 耐震評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 8.4-1 及び表 8.4-2 に、鉄筋の曲げ照査結果を表 8.4-3 及び表 8.4-4 にそれぞれ示す。

代替淡水貯槽における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の構造部材の応答値は、許容限界以下であることを確認した。概略配筋図を図 8.4-7 に、断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 8.4-5 に示す。

表 8.4-1 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-1 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-1 (3) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-1 (4) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-1 (5) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-1 (6) コンクリートの曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (1) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (2) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (3) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (4) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (5) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (6) コンクリートの曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-2 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (3) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (4) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (5) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-2 (6) 鉄筋の曲げ照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-4 (1) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-4 (2) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-4 (3) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-4 (4) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-4 (5) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-4 (6) 鉄筋の曲げ照査結果 (南北断面方向)

図 8.4-7 (1) 概略配筋図 (東西断面方向)

図 8.4-7 (2) 概略配筋図 (南北断面方向)

表 8.4-5 (1) 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

表 8.4-5 (2) 断面諸元一覧表 (南北断面方向)

(2) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 8.4-6 及び表 8.4-7 にせん断に対する照査結果を示す。

代替淡水貯槽における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ($V_{c,a}$) と、斜め引張鉄筋の許容せん断力 ($V_{s,a}$) を合わせた許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の構造部材の応答値は、許容限界以下であることを確認した。

図 8.4-8 に概略配筋図を、表 8.4-8 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

表 8.4-6 (1) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-6 (2) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-6 (3) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-6 (4) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-6 (5) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-6 (6) せん断照査結果 (東西断面方向)

表 8.4-7 (1) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-7 (2) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-7 (3) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-7 (4) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-7 (5) せん断照査結果 (南北断面方向)

表 8.4-7 (6) せん断照査結果 (南北断面方向)

図 8.4-8 (1) 概略配筋図 (東西断面方向)

図 8.4-8 (2) 概略配筋図 (南北断面方向)

表 8.4-8 (1) 断面諸元一覧表 (東西断面方向)

表 8.4-8 (2) 断面諸元一覧表 (南北断面方向)

(3) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 8.4-9 に基礎地盤の支持性能評価結果を、図 8.4-9 及び図 8.4-10 に接地圧分布図を示す。

代替淡水貯槽の接地圧は $S_s - D 1$ [H+, V+] (東西断面方向) で $\bigcirc\bigcirc$ kN/m^2 であり、基礎地盤の極限支持力 $\Delta\Delta$ kN/m^2 以下である。

以上のことから、代替淡水貯槽の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有する。

表 8.4-9 基礎地盤の支持性能評価結果

図 8.4-9 (1) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V+])

図 8.4-9 (2) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H+, V-])

図 8.4-9 (3) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V+])

図 8.4-9 (4) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1$ [H-, V-])

図 8.4-9 (5) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 8.4-9 (6) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 8.4-9 (7) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 8.4-9 (8) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 8.4-9 (9) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 8.4-9 (10) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 8.4-9 (11) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H+, V+])

図 8.4-9 (12) 東西断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1$ [H-, V+])

図 8.4-10 (1) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V+]$)

図 8.4-10 (2) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H+, V-]$)

図 8.4-10 (3) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)

図 8.4-10 (4) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)

図 8.4-10 (5) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 1$)

図 8.4-10 (6) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 2$)

図 8.4-10 (7) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 3$)

図 8.4-10 (8) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 1 4$)

図 8.4-10 (9) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 1$)

図 8.4-10 (10) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 2 2$)

図 8.4-10 (11) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

図 8.4-10 (12) 南北断面方向の接地圧分布図 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

8.5 まとめ (追而)

11. 格納容器圧力逃がし装置用カルバートの耐震安全性評価

11.1 評価方法

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、格納容器圧力逃がし装置用配管を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、内空寸法で延長約 37 m、幅約 3 m～9 m（東西方向）、高さ約 8 m である。また、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートについて基準地震動 S_s による耐震安全性評価として、構造部材の曲げ、せん断評価及び地盤の支持性能評価を実施する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

11.2 評価条件

11.2.1 適用基準

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）、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）、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（（社）日本建築学会、2005 年）に適用するが、鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については、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 24 年 3 月）に適用する。

表 11.2-1 に適用する主な基準を示す。

表 11.2-1 適用する主な基準

項目	適用する主な基準	備考
使用材料及び材料定数	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(2002年制定) ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2005年) 	—
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(2002年制定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(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 24 年 3 月） ・J E A G 4 6 0 1 -1987 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げに対する照査は，発生応力度が，許容応力度以下であることを確認する。 ・せん断に対する照査は，発生応力度又は発生せん断力が，許容応力度又は許容せん断力以下であることを確認する。 ・人工岩盤のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。
地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・J E A G 4 6 0 1 -1987 	<ul style="list-style-type: none"> ・有限要素法による 2 次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

11.2.2 耐震安全性評価フロー

図 11.2-1 に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フローを示す。

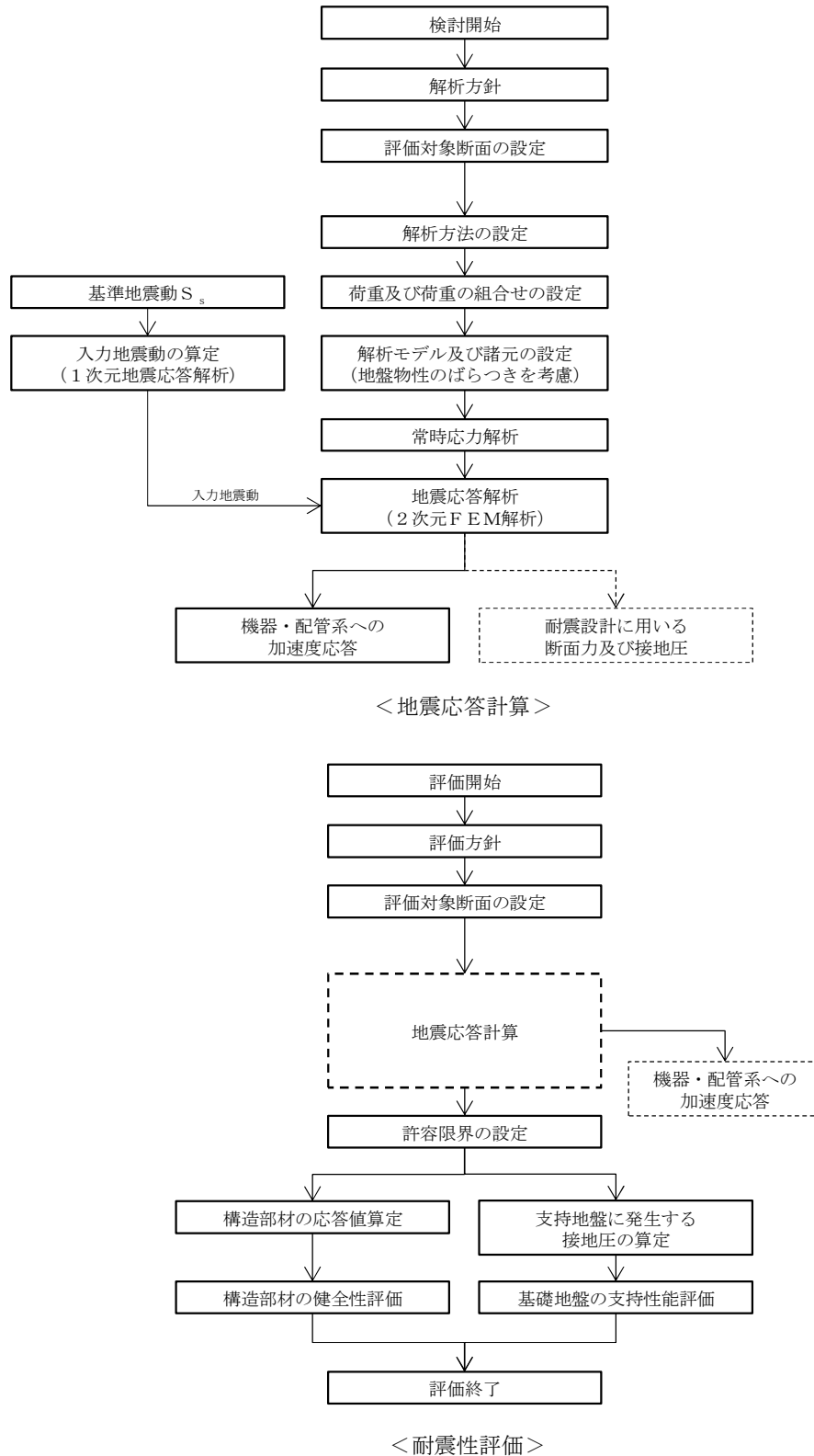


図 11.2-1 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震安全性評価フロー

11.2.3 評価対象断面の方向

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの位置を図 11.2-2 に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、延長約 37 m の鉄筋コンクリート造である。格納容器圧力逃がし装置用カルバートの縦断方向（南北方向）は、加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸断面方向となる。一方、横断方向（東西方向）は加振方向と平行に躯体が少ないことから、弱軸断面方向となる。

以上のことから、格納容器圧力逃がし装置用カルバートの耐震評価では、構造の安定性に支配的な東西方向を評価対象断面の方向とする。

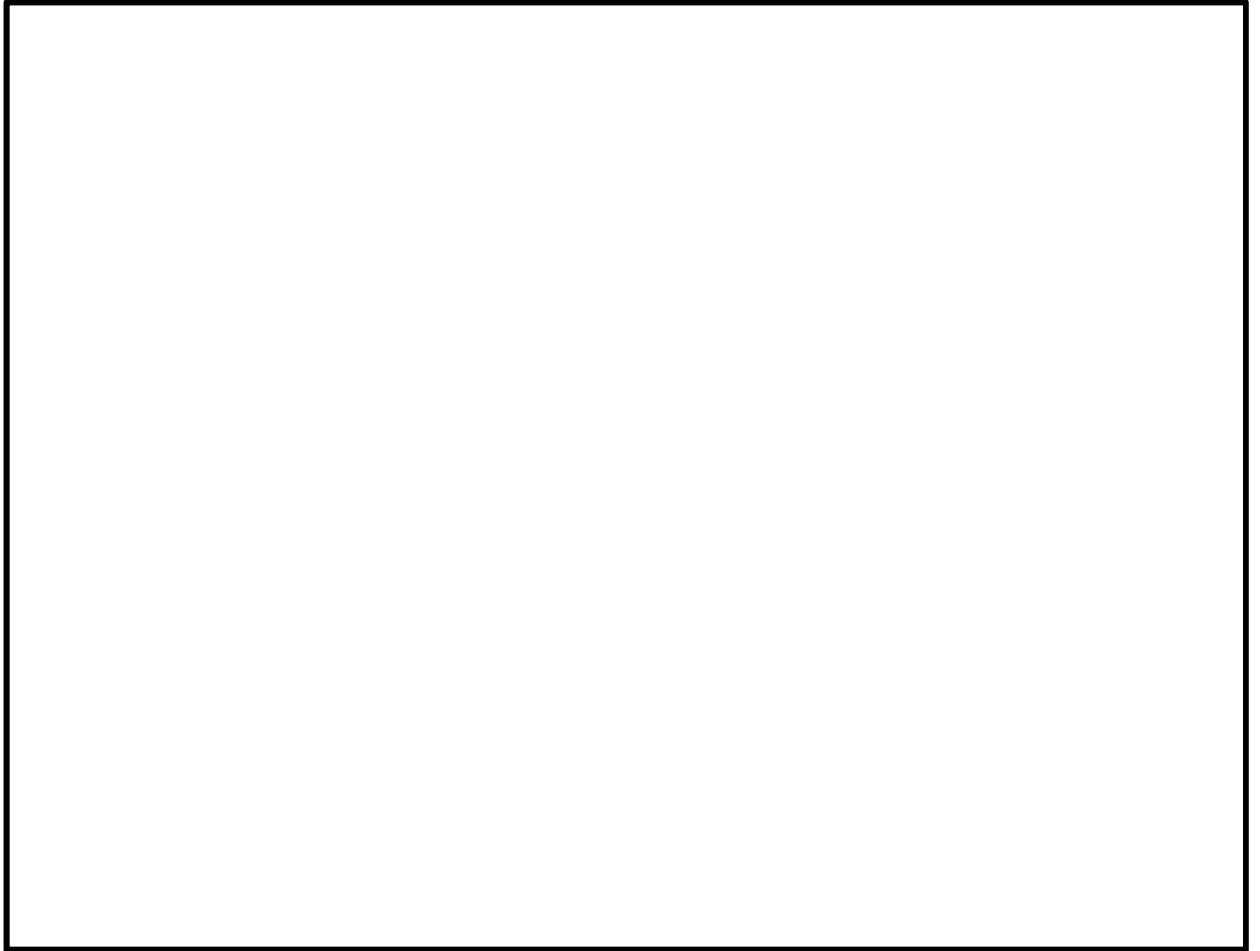


図 11.2-2 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの位置図（全体平面図）

11.2.4 評価対象断面の選定

図 11.2-3 及び図 11.2-4 に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面位置図及び断面図を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、延長約 37 m の鉄筋コンクリート造である。

評価対象断面は、「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」で記載したとおり、構造物のほぼ中央部の一般部であり、構造物の弱軸断面方向である A-A 断面を代表として耐震評価を実施する。

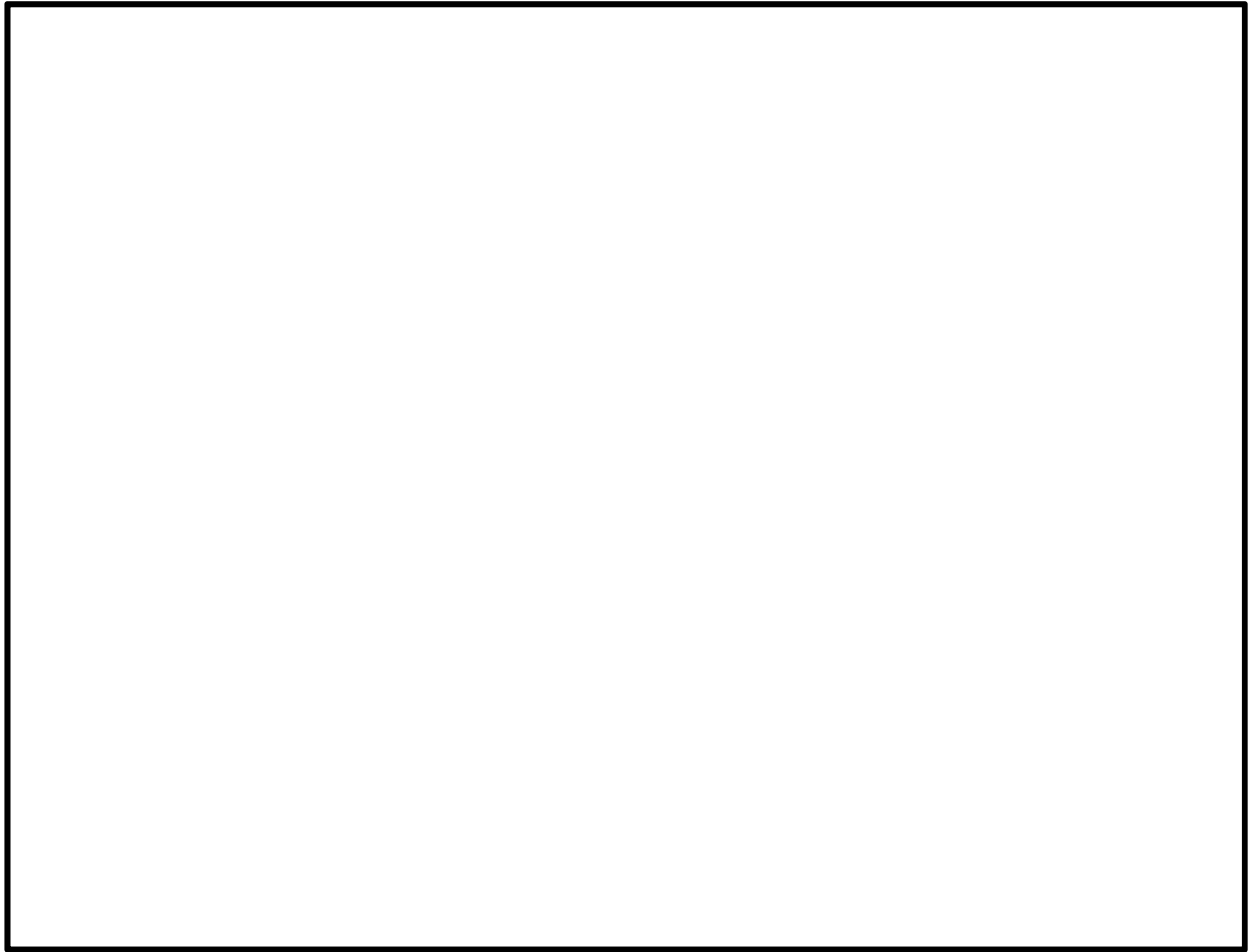


図 11.2-3 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面位置図

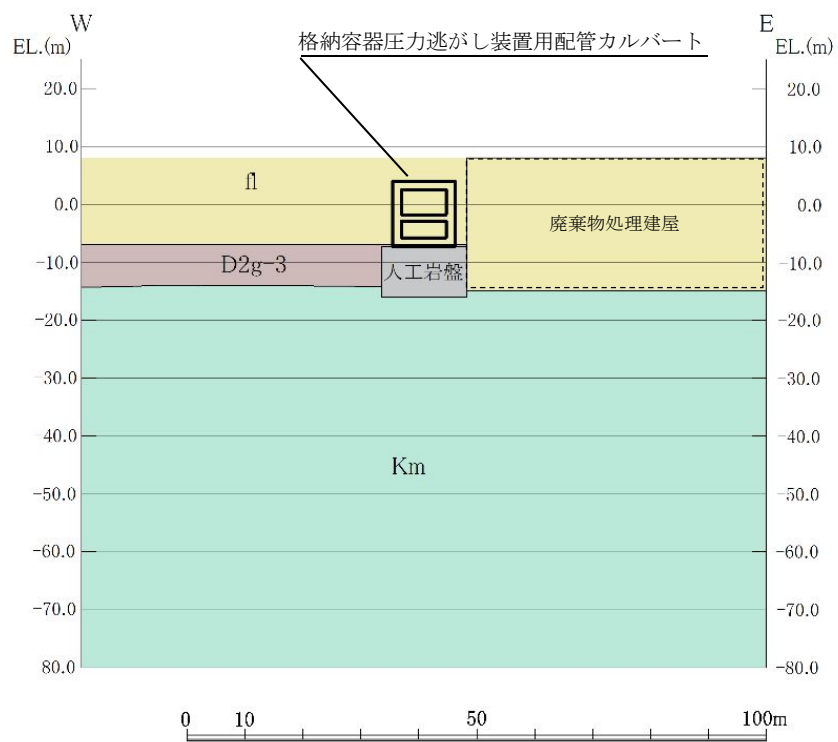


図 11.2-4 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面図 (A-A 断面)

11.2.5 使用材料及び材料定数

耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。構造物の使用材料を表 11.2-2 に、材料物性値を表 11.2-3 に示す。

地盤の諸定数は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表 11.2-4 に示す。

表 11.2-2 使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD490
人工岩盤（新設）	設計基準強度 18 N/mm ²

表 11.2-3 材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10 ⁴	0.2
人工岩盤（新設）	23.0	2.06×10 ⁴	0.2

表 11.2-4(1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
					f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

表 11.2-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤				
				第四系（非液状化層）				新第三系
				Ac	D2c-3	1m	D1c-1	Km
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ²	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z（標高）毎に物性値を 設定
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	285223	
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186	
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026	
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$

z : 標高 (m)

表 11.2-4 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν^{CD}	粘着力 C_{co} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{co} ($^{\circ}$)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 G _{ma} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 m ₆ , m ₆	最大履歴 減衰率 h _{max} (-)	動ポアソン比 ν^d	確密波 速度V _p (m/s)	1000*V _p
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640	1,640,000
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644	1,644,000
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648	1,648,000
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651	1,651,000
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651	1,651,000
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655	1,655,000
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638	1,638,000
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646	1,646,000
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650	1,650,000
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653	1,653,000
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661	1,661,000
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,664	1,664,000
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654	1,654,000
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662	1,662,000
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665	1,665,000
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680	1,680,000
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664	1,664,000
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672	1,672,000
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675	1,675,000
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683	1,683,000
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667	1,667,000
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675	1,675,000
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678	1,678,000
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685	1,685,000
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689	1,689,000
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678	1,678,000
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681	1,681,000
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688	1,688,000
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696	1,696,000
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699	1,699,000
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688	1,688,000
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692	1,692,000
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699	1,699,000
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702	1,702,000
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709	1,709,000
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695	1,695,000
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702	1,702,000
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705	1,705,000
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712	1,712,000
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719	1,719,000
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705	1,705,000
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712	1,712,000
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716	1,716,000
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723	1,723,000
57	-82	-85 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726	1,726,000
58	-88	-90 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
59	-92	-95 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
63	-118	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758	1,758,000

11.2.6 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

11.2.7 地震応答解析手法

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。部材については、はり要素を用いることとする。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については、解析コード「FLIP ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、付録24「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図11.2-5に示す。

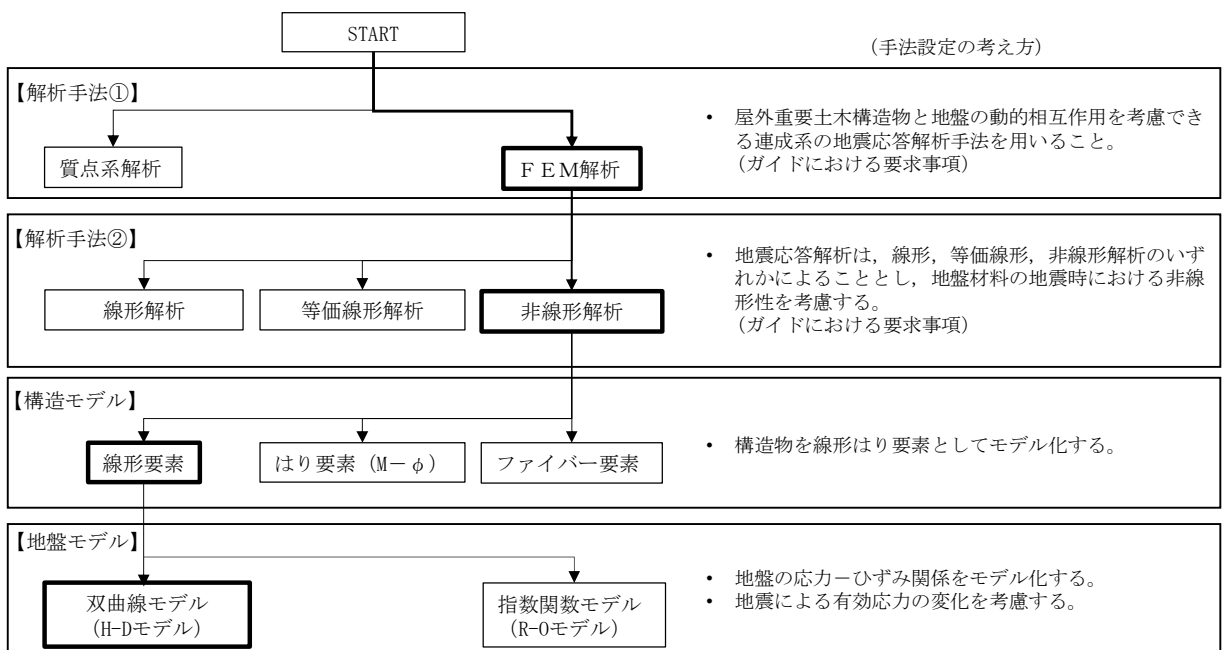


図 11.2-5 地震応答解析手法の選定フロー

(1) 双曲線モデル (H-D モデル) の選定について

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。一般に、地盤は荷重を与えることにより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。また、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。有効応力解析に適用する繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則には、これら2つの特徴を表現できるモデ

ルを採用する方針とする。

繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線を表現する代表的な構成則には、双曲線モデル（H-D モデル）と指数関数モデル（R-O モデル）がある。双曲線モデル（H-D モデル）は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力が漸近していくせん断応力の上限値をパラメータとして有していることから、上記の地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の上限値に係る特徴を表現でき、かつ、上限値を有効応力の関数とすることができる。一方、指数関数モデル（R-O モデル）は、せん断ひずみの増加に対して、せん断応力の上限値をパラメータとして有していないことから、上記の地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の上限値に係る特徴を表現するためにモデルの改良を行う必要がある。

以上のことから、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた上記の2つの特徴を適切に表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

11.2.8 解析モデルの設定

(1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 -1987 を参考に、図 11.2-6 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺の地質断面図を図 11.2-7 に示す。

なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

要素分割については、土木学会マニュアルに基づき設定する。地盤については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長に対して 5 または 4 分割以上になるように要素高さを設定している（ただし、要素高さが 1m 以下となる場合は 1m としている）。構造物の要素分割は、過度に粗くすると、地震応答挙動を適切に評価できなくなり解析精度の低下を招くため、要素長さを部材の断面厚さの 2.0 倍以下になるように設定するよう土木学会マニュアルには記載しているが、構造物のモデル化については 1 倍程度以下になるように設定している。

地震応答解析モデルを図 11.2-8 に示す。

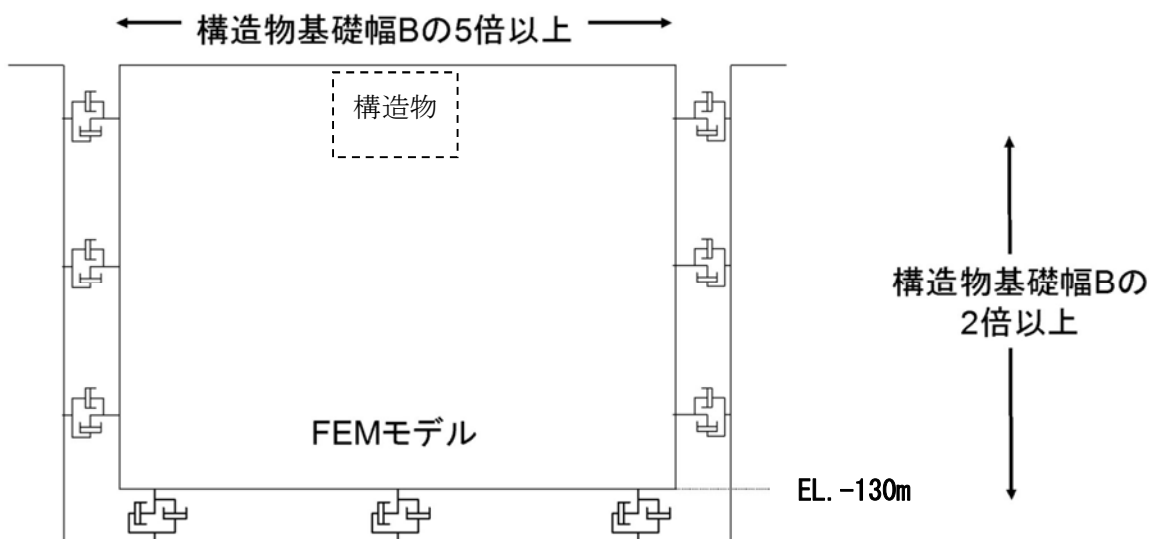


図 11.2-6 モデル範囲の考え方

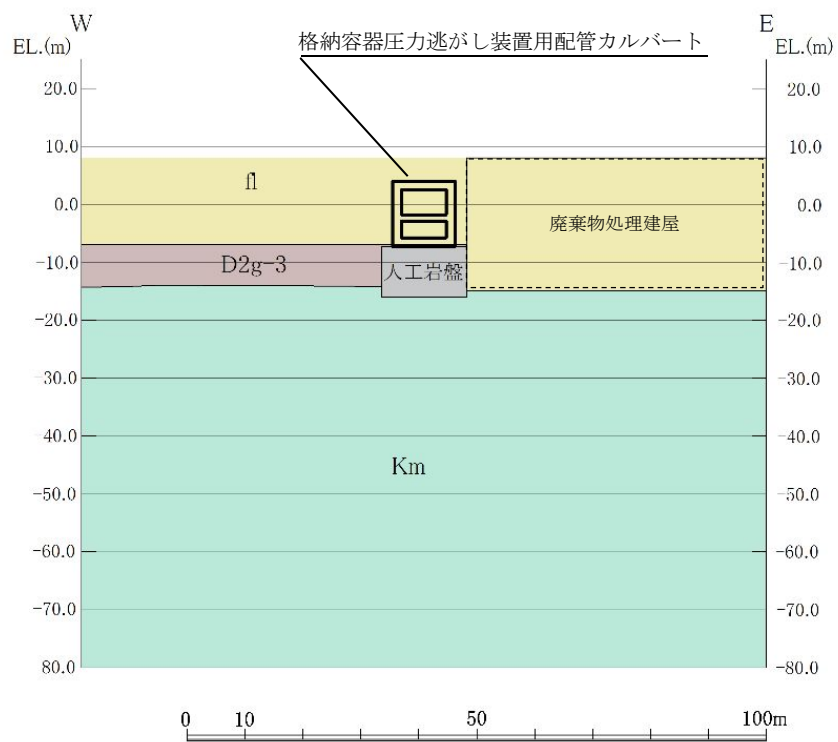


図 11.2-7 地質断面図 (A-A 断面)

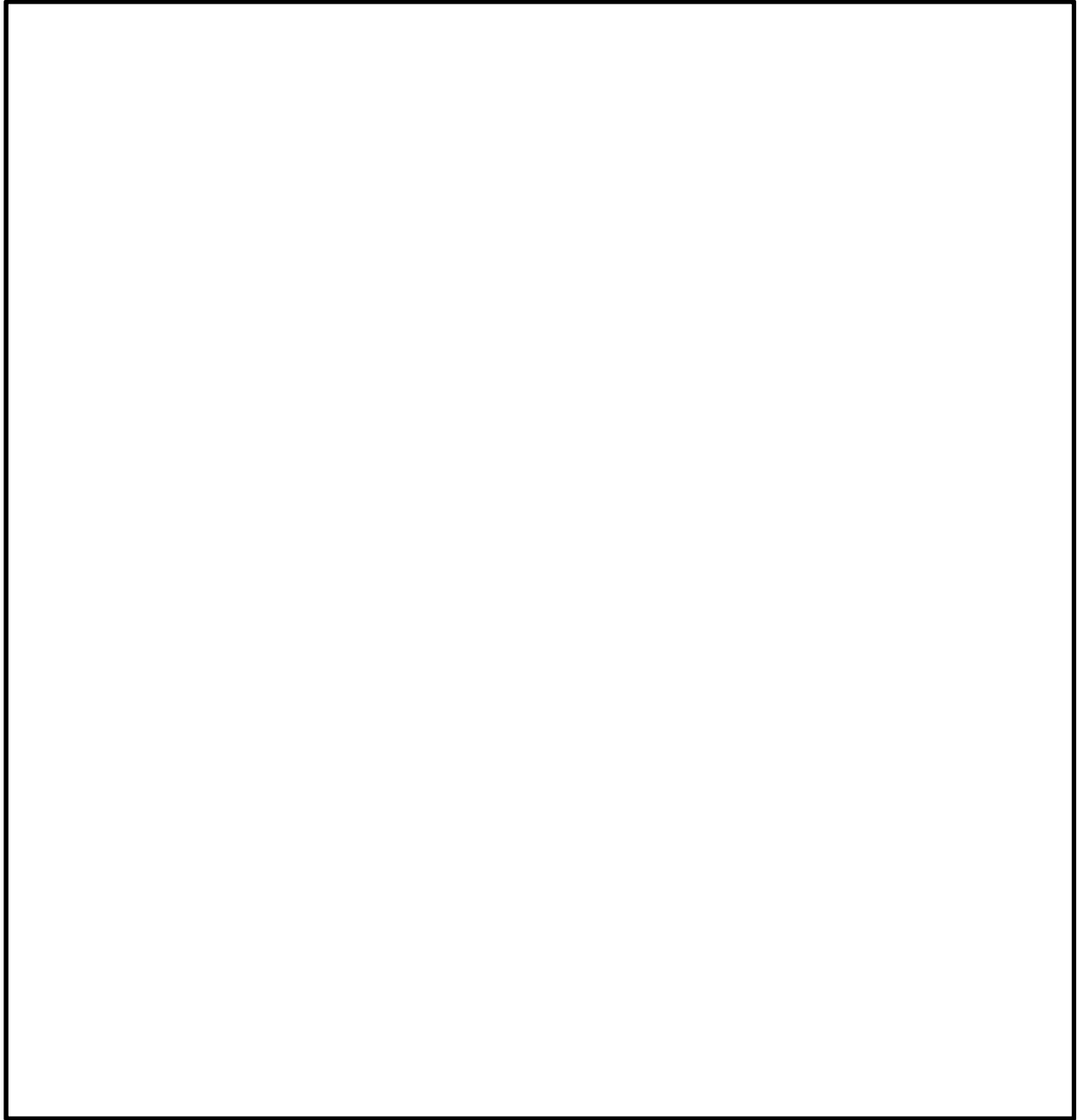


図 11.2-8 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル (A-A 断面)

(2) ジョイント要素の設定

地盤と構造物の境界部にジョイント要素を設けることにより、地盤と構造物の剥離・すべりを考慮する。

ジョイント要素は法線方向、接線方向に分けて二重節点として設定する。法線方向では、常時状態以上の引張が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。接線方向では、地盤と構造物のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。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。（表 11.2-5 参照）

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 11.2-5 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

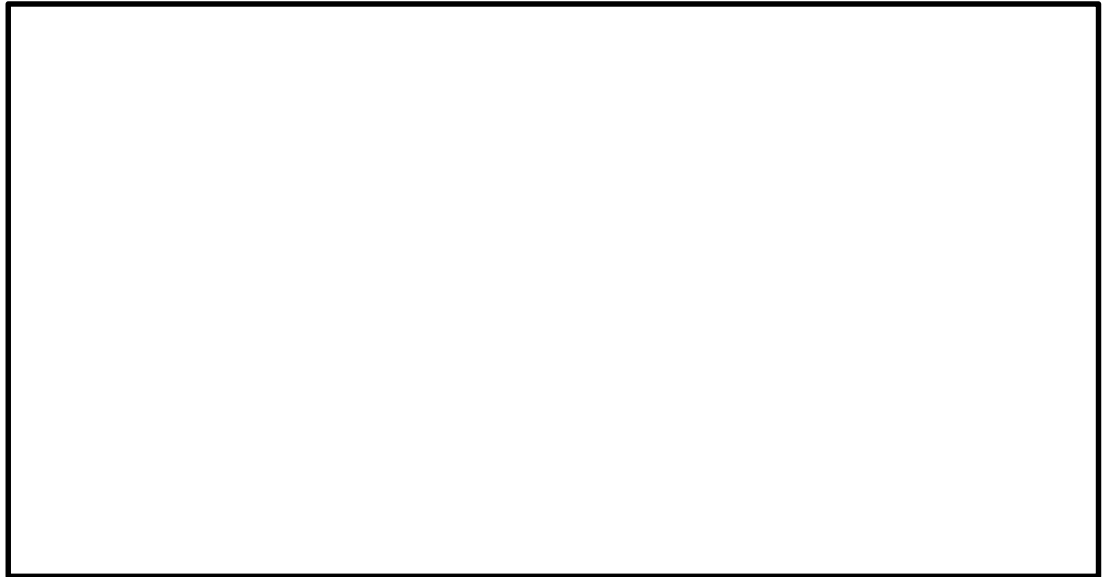
周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	f1 層	0	37.3	du 層で代用
	D2g-3 層	0	44.4	—
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—

z : 標高 (m)

ジョイント要素のばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きな値として、港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い、表 11.2-6 のとおり設定する。図 11.2-9 にジョイント要素設定の考え方を示す。

表 11.2-6 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



(A-A 断面)

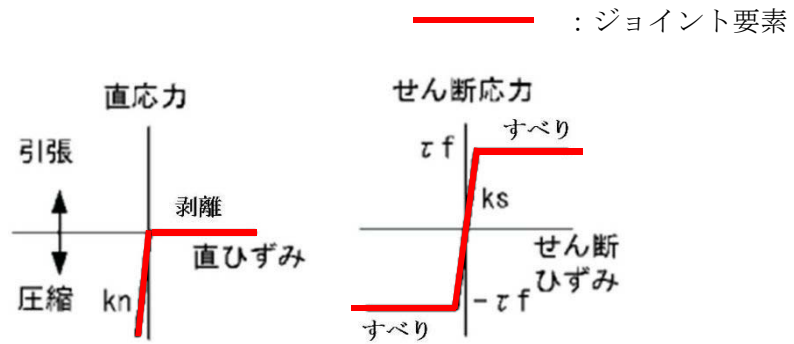


図 11.2-9 ジョイント要素の考え方

(3) 材料特性の設定

地震応答解析における鉄筋コンクリート部材は、線形のはり要素としてモデル化する。
 地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

11.2.9 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α, β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた1次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

減衰定数については、コンクリート5%（J E A G 4 6 0 1 -1987 記載）、地盤1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している。）とする。

図 11.2-10 に Rayleigh 減衰の設定フローを、表 11.2-8 に固有値解析結果を示す。

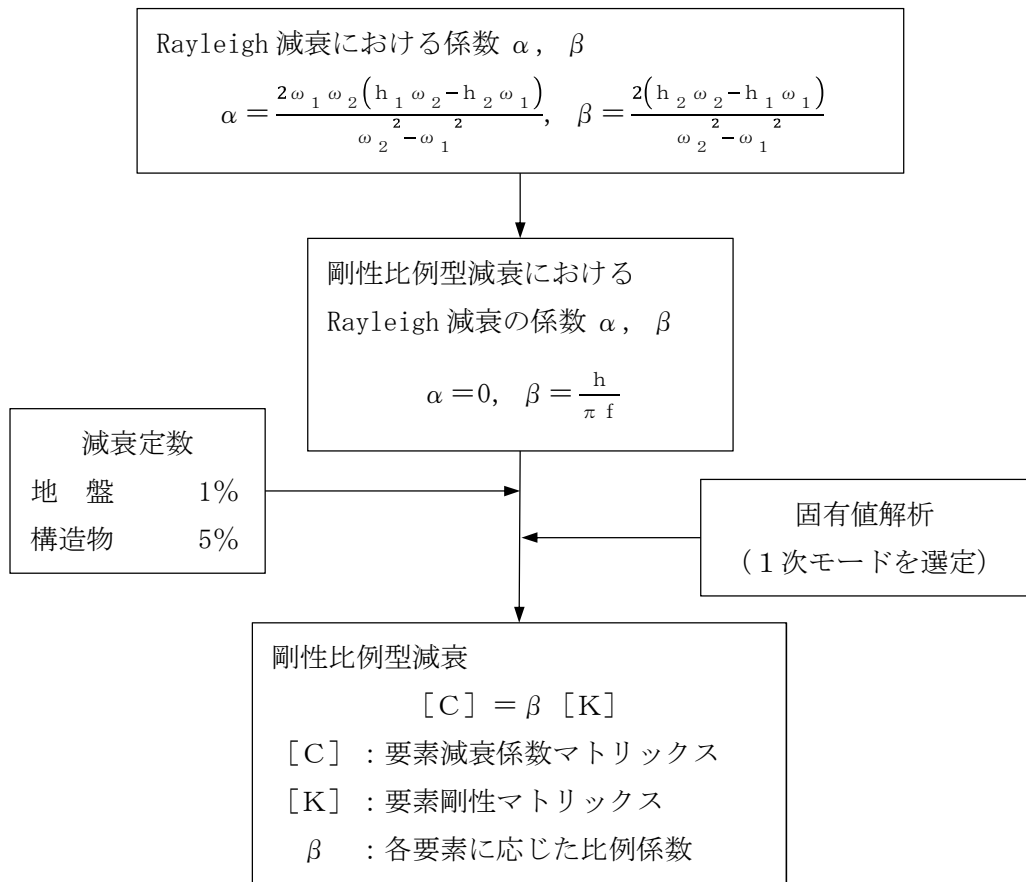


図 11.2-10 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 11.2-8 固有値解析結果 (追而)

11.2.10 荷重の組合せ

耐震性能照査にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせで設定する。地震荷重には、地震時土圧、動水圧、機器・配管からの反力による荷重が含まれるものとする。

変動荷重については、発電所の立地特性や格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートが埋設された構造物であると考慮すると、構造物に与える影響は軽微であると判断し、地震力と組合せる荷重としては除外した。

なお、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、地盤内に埋設されている構造物であることから運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられるため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また重大事故等対処時においても、地盤内で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表 11.2-9 に示す。地震時に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートに作用する機器・配管からの反力については、機器・配管を、解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

表 11.2-9 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○	・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定
		機器・配管自重	○	・機器・配管の重さに基づいて設定
		土被り荷重	○	・常時応力解析により設定
		永久上載荷重	—	・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない
	静止土圧		○	・常時応力解析により設定
	外水圧		○	・地下水位に応じた静水圧として設定 ・地下水の密度を考慮
	内水圧		—	・水を保有しない設備であることから、考慮しない
	雪荷重		—	・地中に埋設され地表面に構造物が現れないことから、考慮しない
変動荷重	風荷重以外		—	・風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（地震荷重）と組合せるべき変動荷重はない
	風荷重		—	・地中に埋設された構造物であるため、考慮しない
偶発荷重（地震荷重）	水平地震動		○	・基準地震動 S_s による水平・鉛直同時加振
	鉛直地震動		○	・躯体、機器・配管の慣性力、動土圧を考慮
	動水圧		○	・水位条件、密度は、永久荷重と同様

(1) 機器・配管荷重

図 11.2-10 に A-A 断面における機器・配管荷重図を示す。

機器・配管荷重は解析の単位奥行き (1 m) あたりの付加質量として考慮する。

EL. -1.80 m レベル及び EL. -5.80 m レベルに機器・配管質量として 110 kg/m^2 を考慮する。

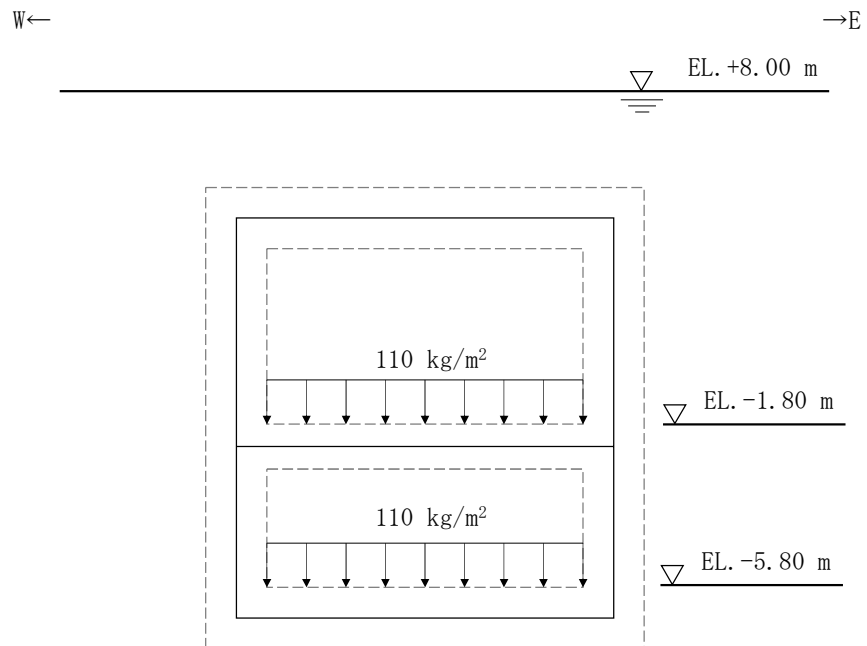


図 11.2-10 機器・配管荷重図 (A-A 断面)

(2) 外水圧

地下水位は地表面として設定する。設定の際は、地下水の密度として、 1.00 g/cm^3 を考慮する。

11.2.11 地震応答解析の検討ケース

(1) 耐震設計における検討ケース

耐震設計における検討ケースを表 11.2-10 に示す。

表 11.2-10 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震設計における検討ケース

検討ケース		① 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)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定		原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用
地震波(位相)	S _s -D 1	(++)	1	1	1	1	1
		(+-)	1				
		(-+)	1				
		(--)	1				
	S _s -1 1	(++)	1				
	S _s -1 2	(++)	1				
	S _s -1 3	(++)	1				
	S _s -1 4	(++)	1				
	S _s -2 1	(++)	1				
	S _s -2 2	(++)	1				
S _s -3 1	(++)	1					
	(-+)	1					
計		12	1	1	1	1	1

①の検討において、最も厳しい(許容限界に対する余裕が最も小さい)地震動を用いて実施

(2) 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 11.2-11 に示す。

表 11.2-11 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

検討ケース		④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定		敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用
地震波(位相)	S _s -D1	(++)	2 ⑤において機器の周期帯で加速度応答が最も大きい地震波1波と変位量が最も大きくなる地震波1波の計2波分で実施	1
		(+-)		1
		(-+)		1
		(--)		1
	S _s -11	(++)		1
	S _s -12	(++)		1
	S _s -13	(++)		1
	S _s -14	(++)		1
	S _s -21	(++)		1
	S _s -31	(++)		1
(-+)		1		
計		2	12	2

11.3 評価内容

11.3.1 入力地震動の設定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元波動論によって、地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 11.3-1 に入力地震動算定の概念図を、図 11.3-2 に入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である $S_s-11 \sim S_s-22$ については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には NS 方向及び EW 方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

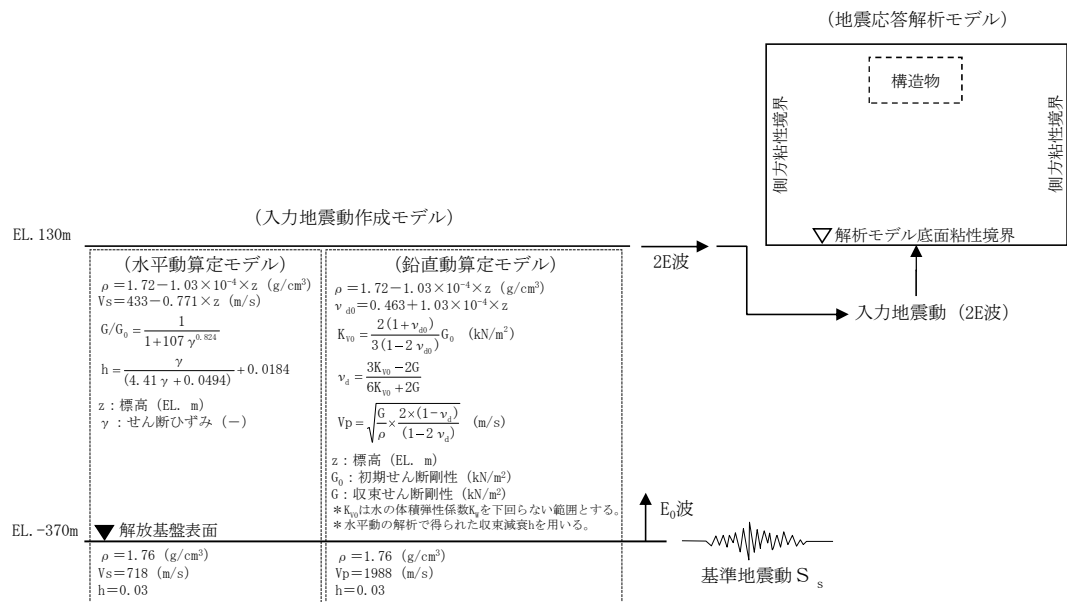
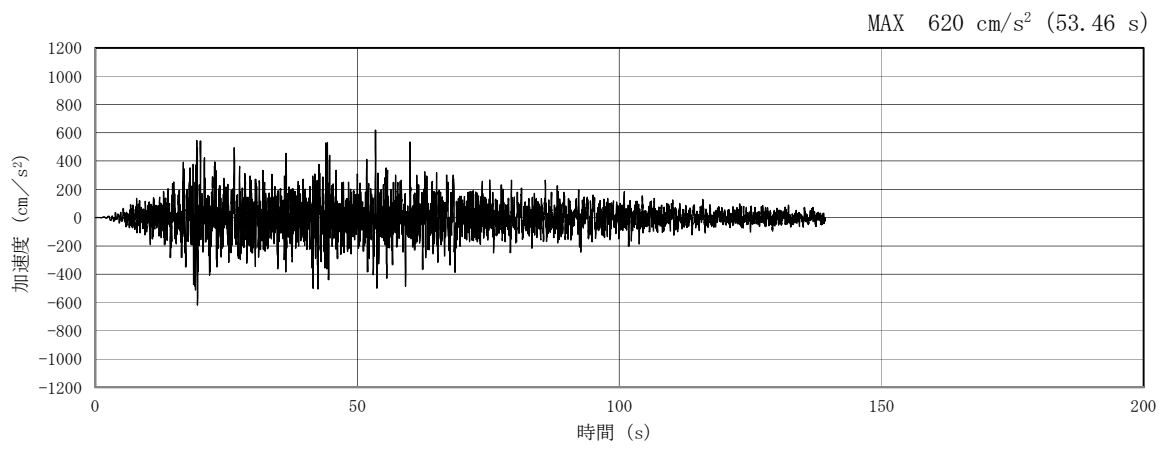
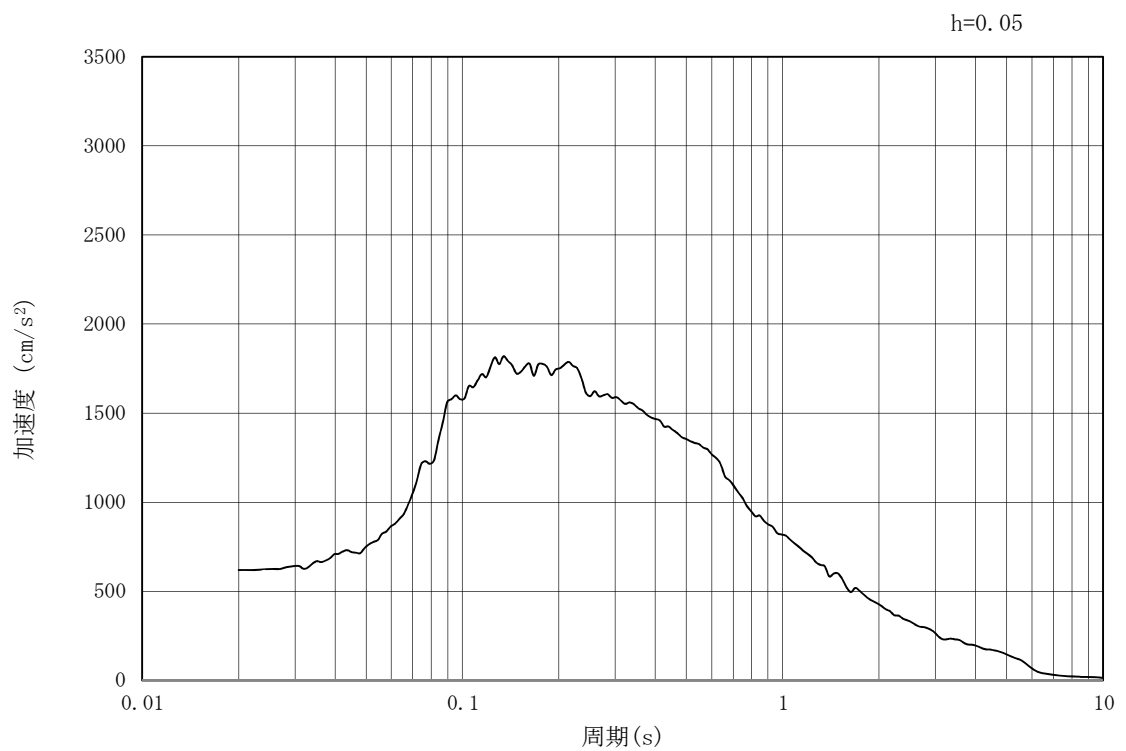


図 11.3-1 入力地震動算定の概念図

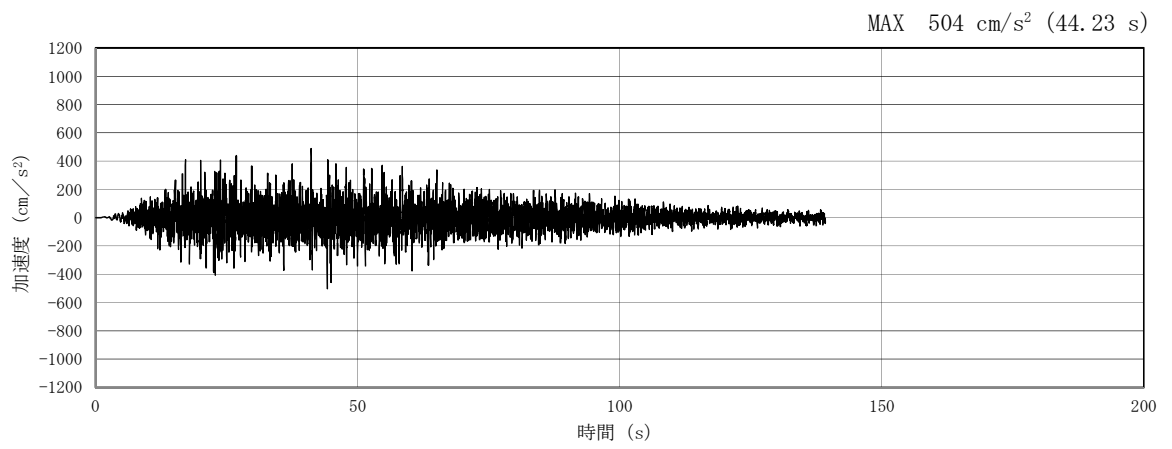


(a) 加速度時刻歴波形

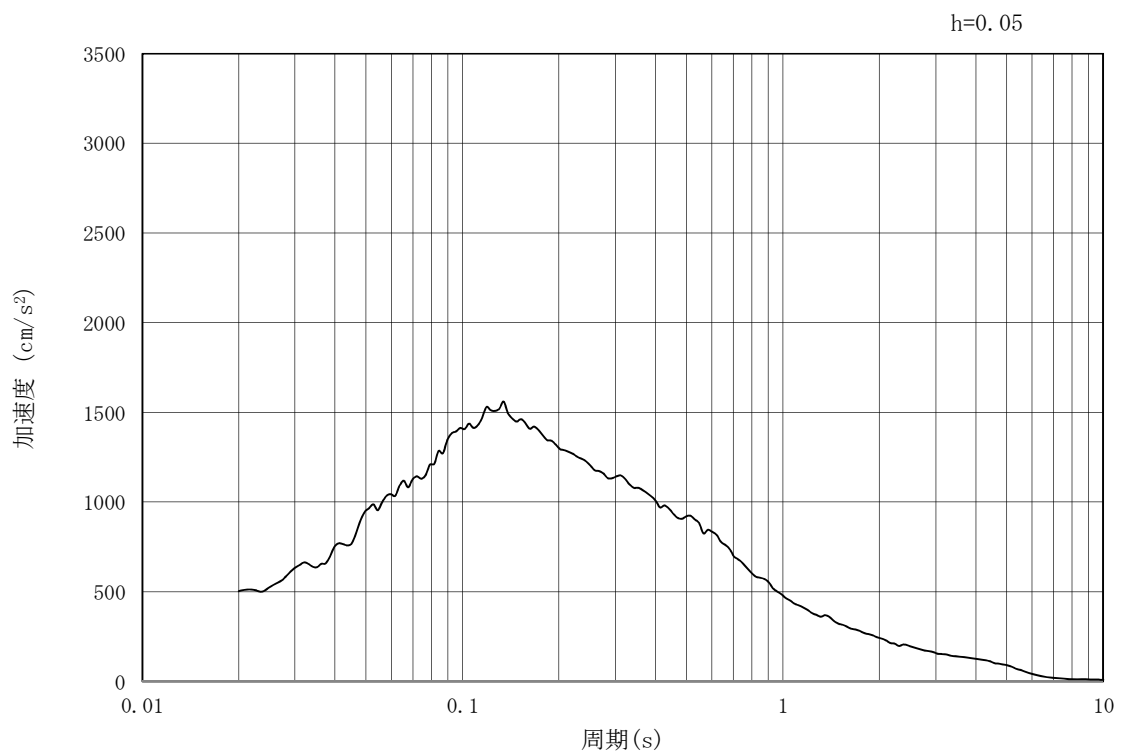


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (1) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - D 1$)

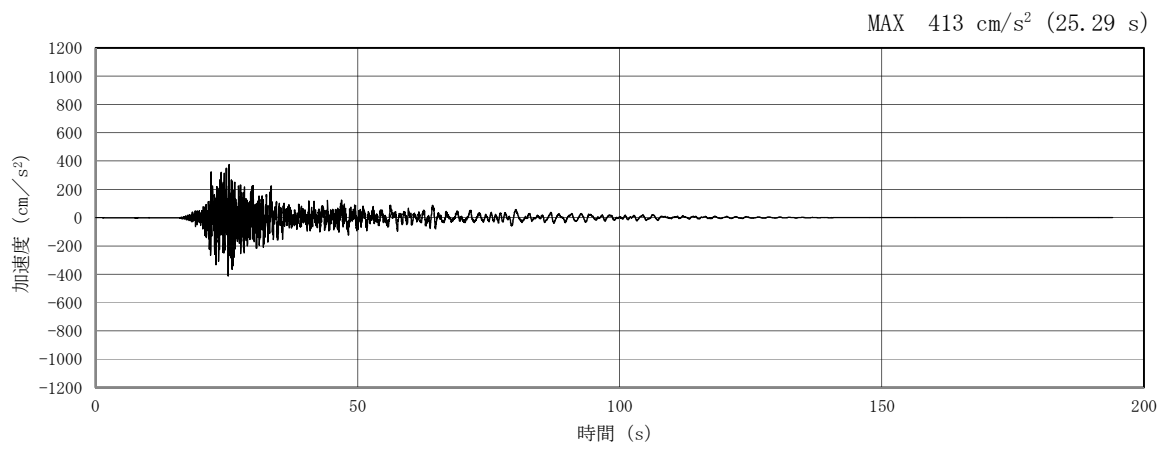


(a) 加速度時刻歴波形

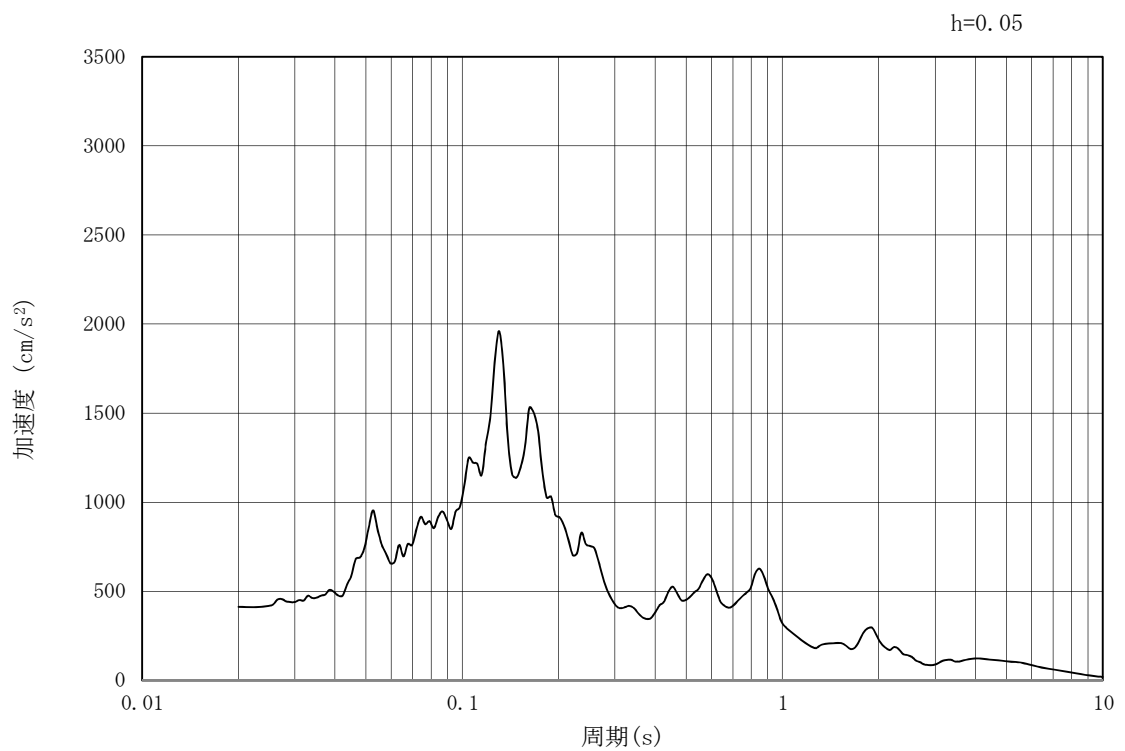


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (2) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S_s-D1)

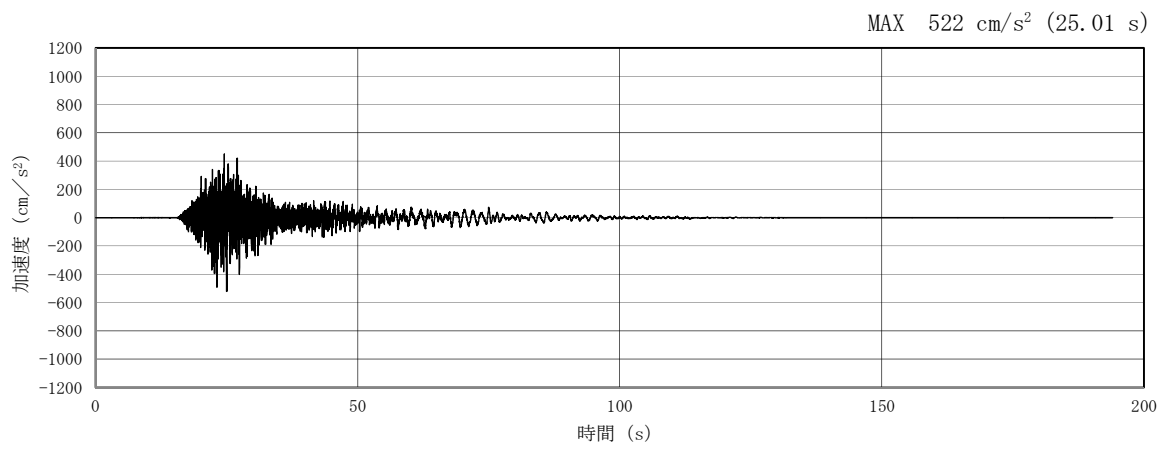


(a) 加速度時刻歴波形

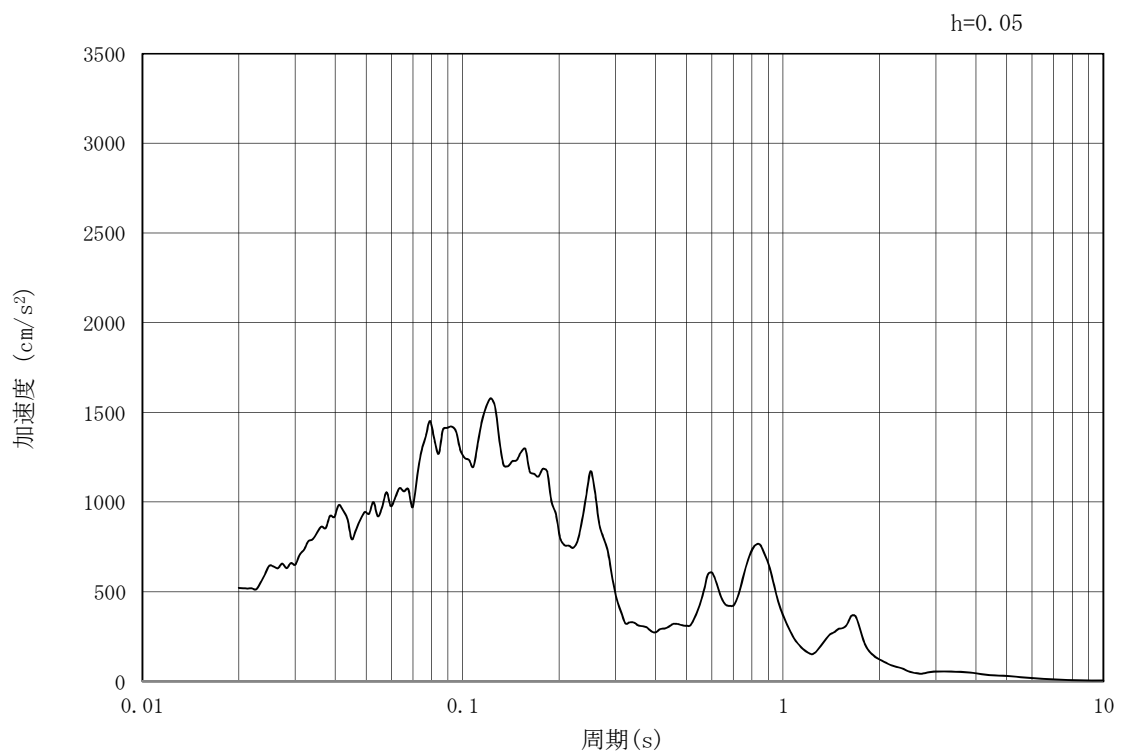


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (3) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向: $S_s - 1.1$)

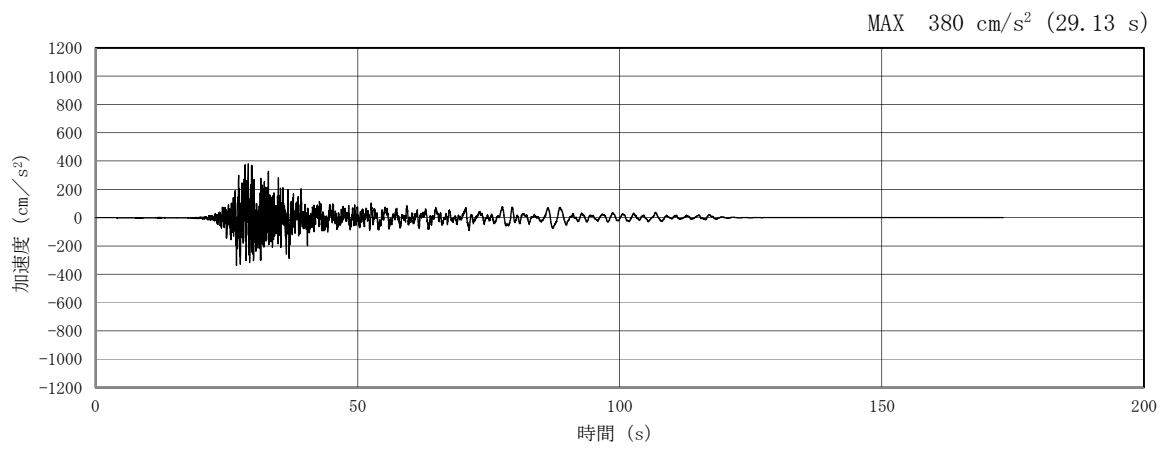


(a) 加速度時刻歴波形

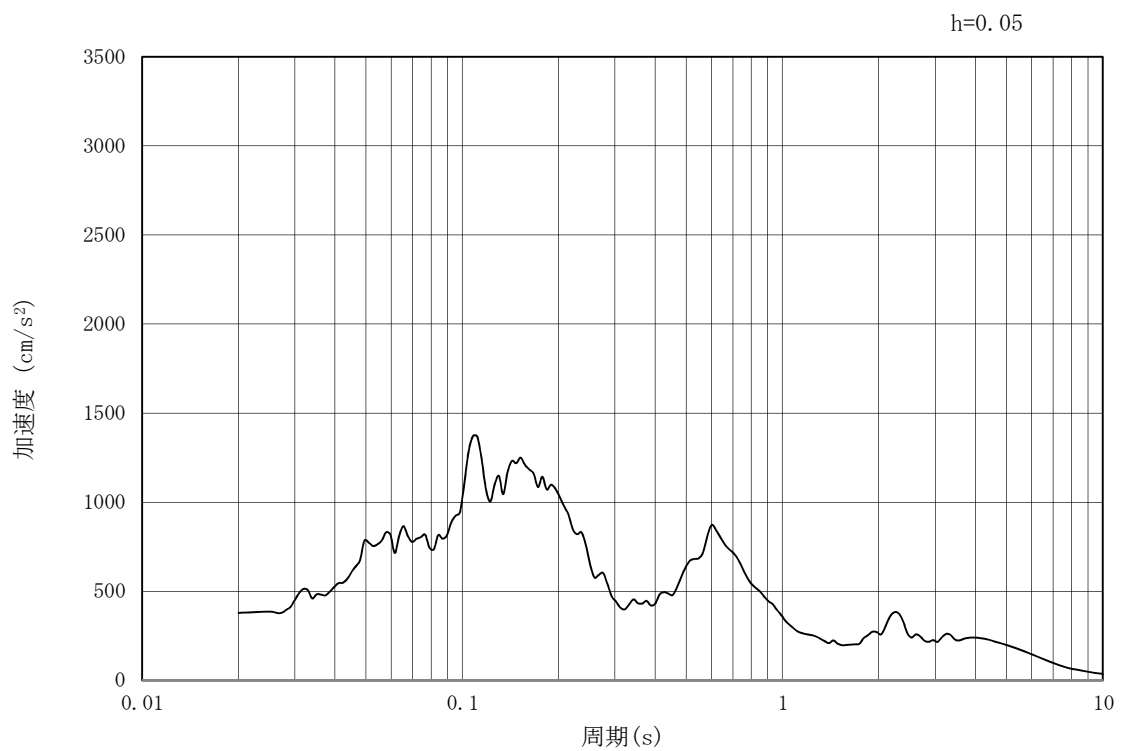


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (4) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.1$)

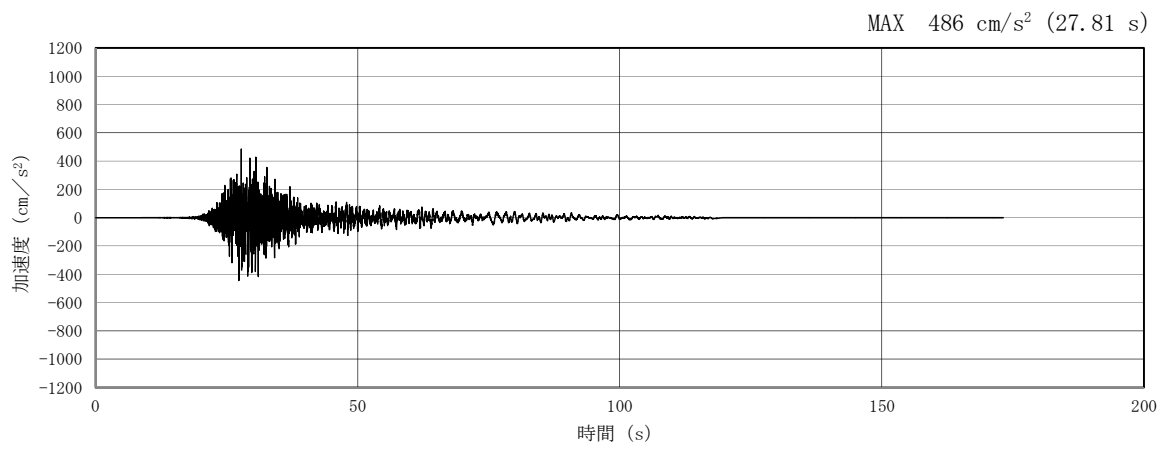


(a) 加速度時刻歴波形

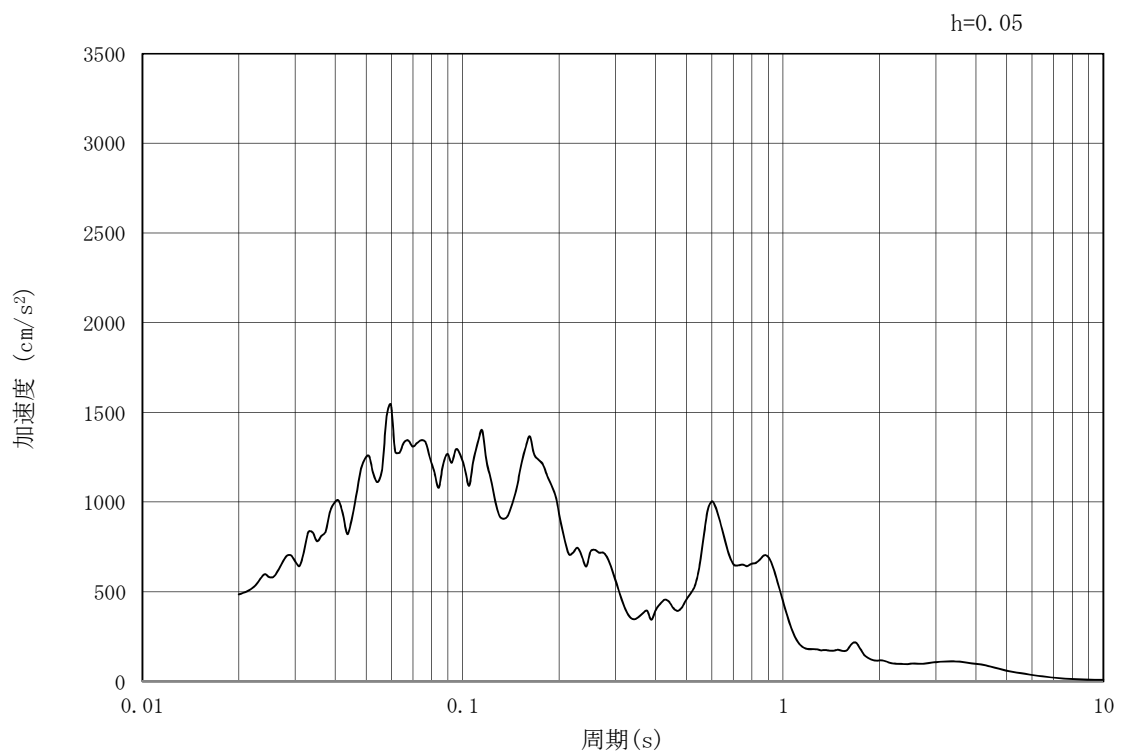


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (5) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.2$)

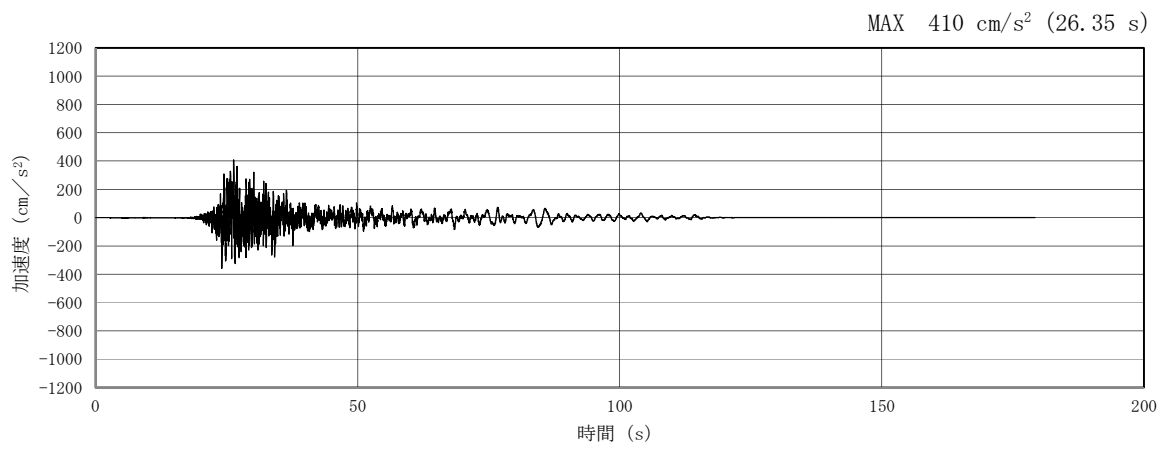


(a) 加速度時刻歴波形

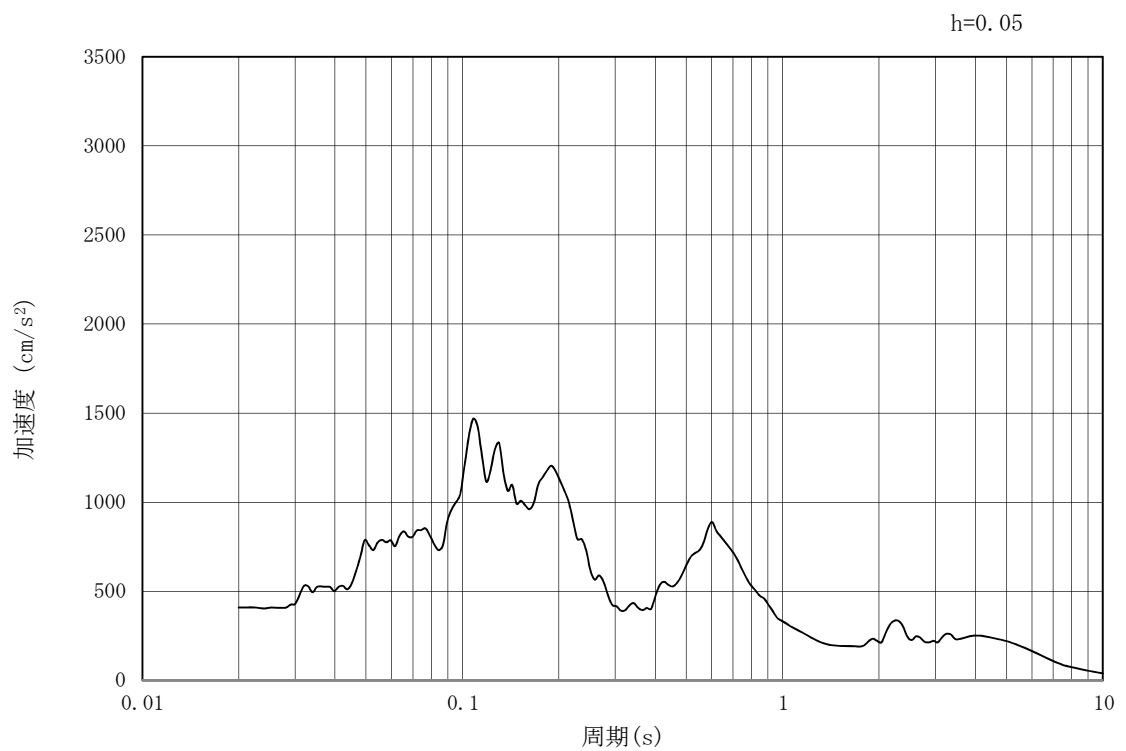


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (6) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.2$)

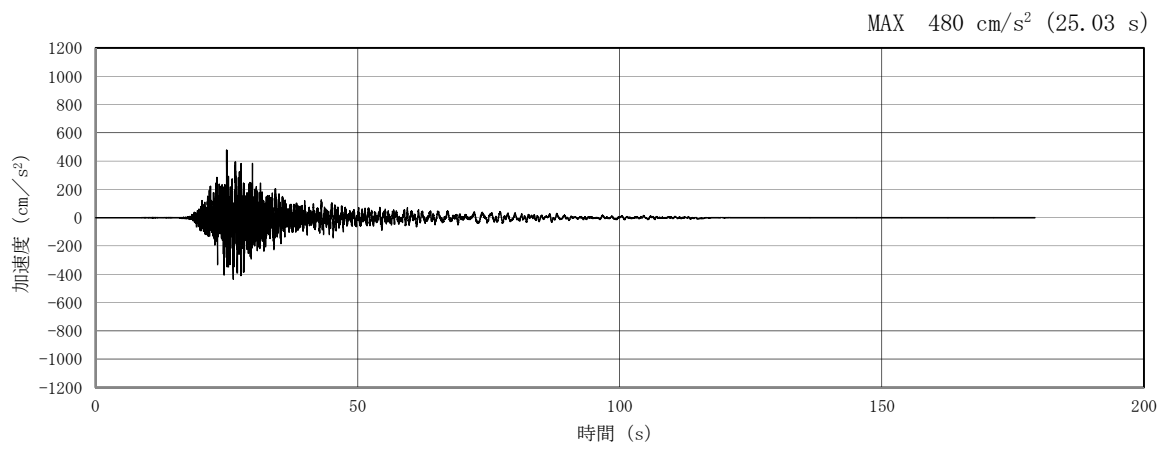


(a) 加速度時刻歴波形

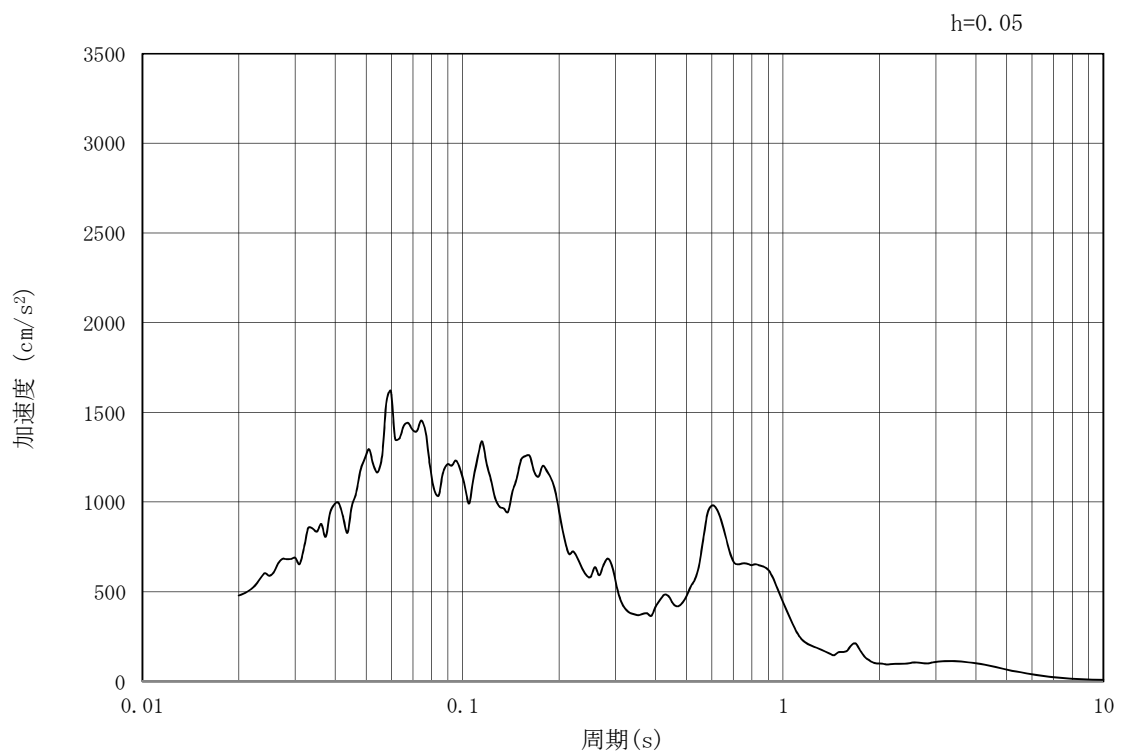


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (7) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.3$)

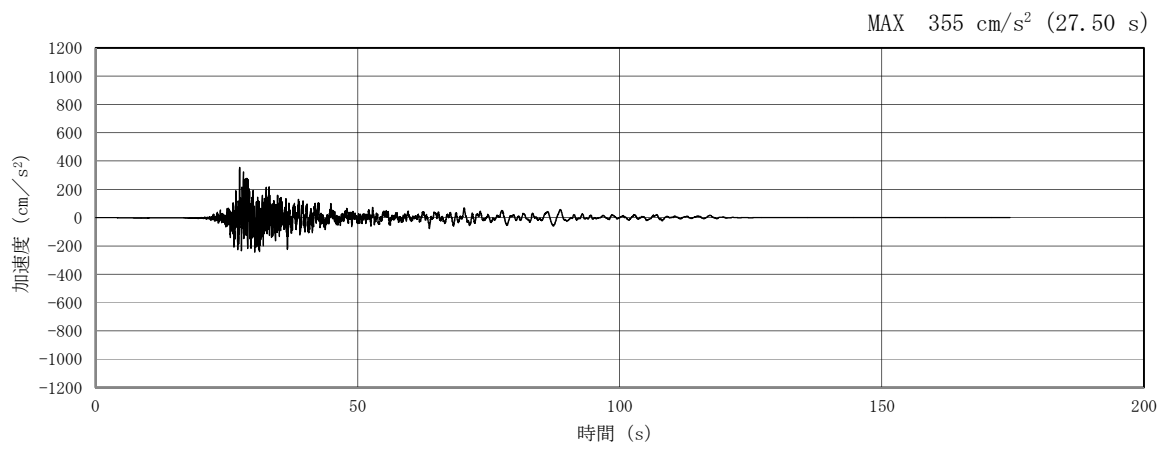


(a) 加速度時刻歴波形

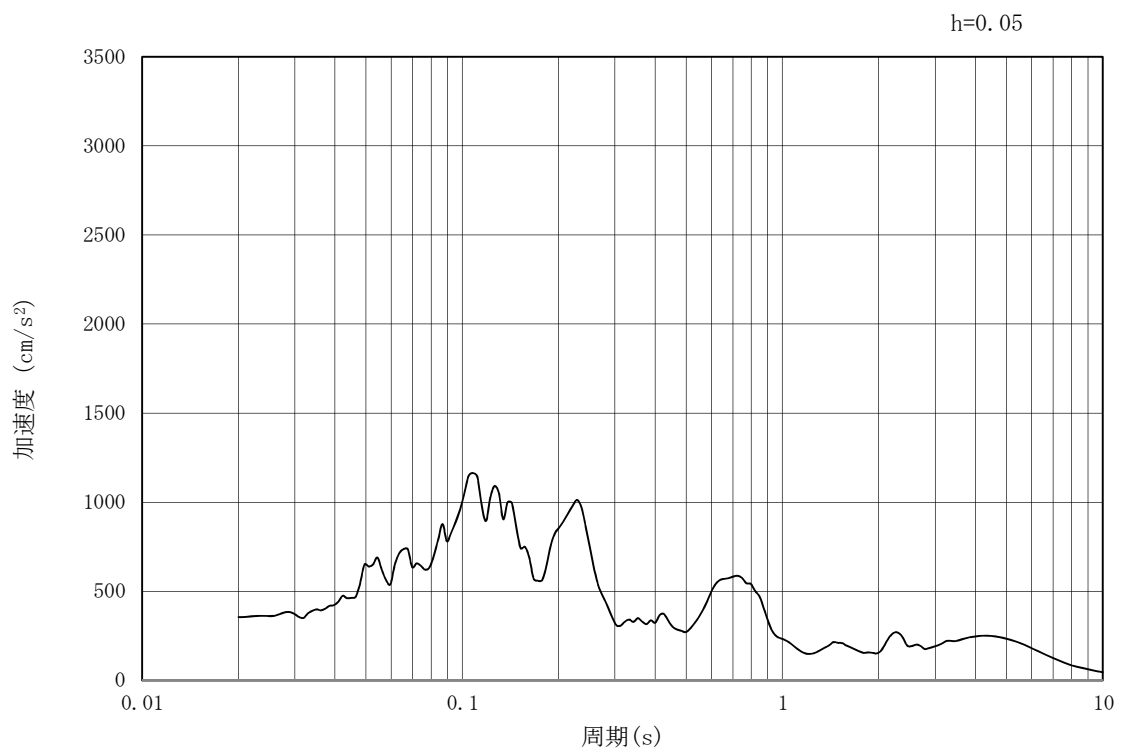


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (8) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.3$)

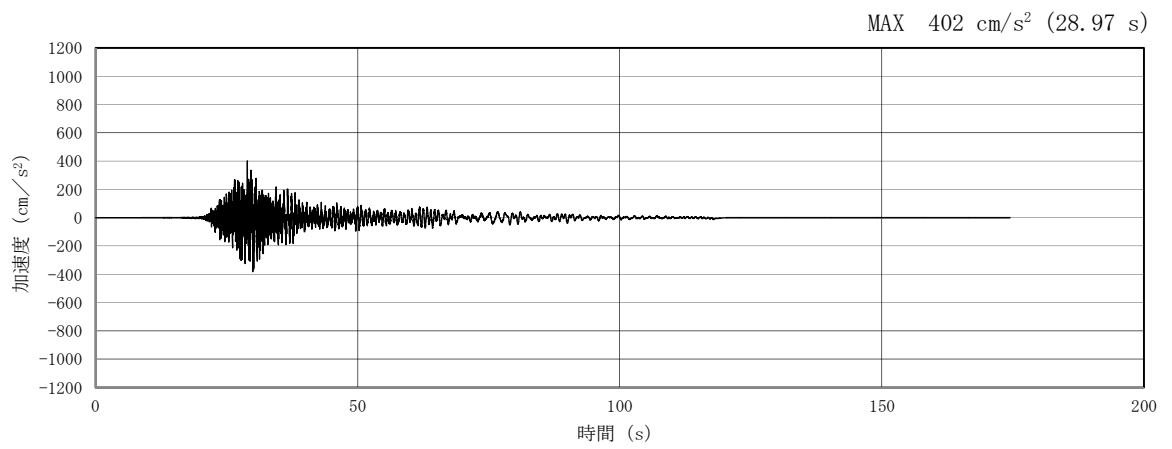


(a) 加速度時刻歴波形

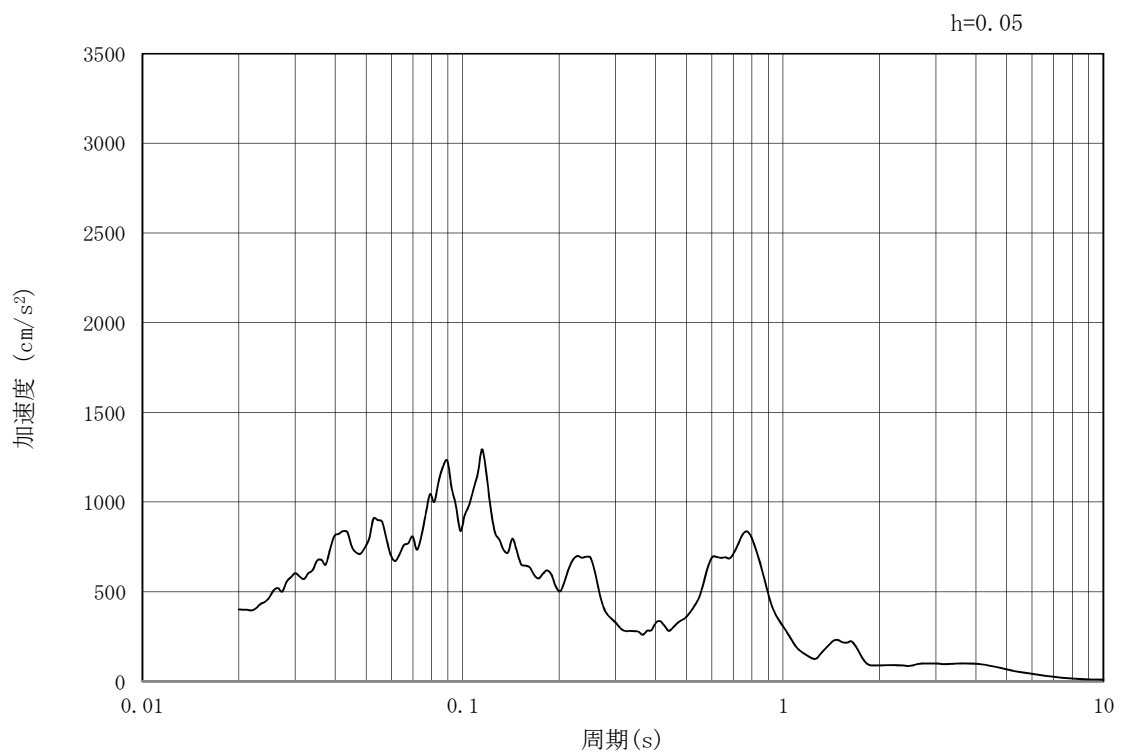


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (9) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 1.4$)

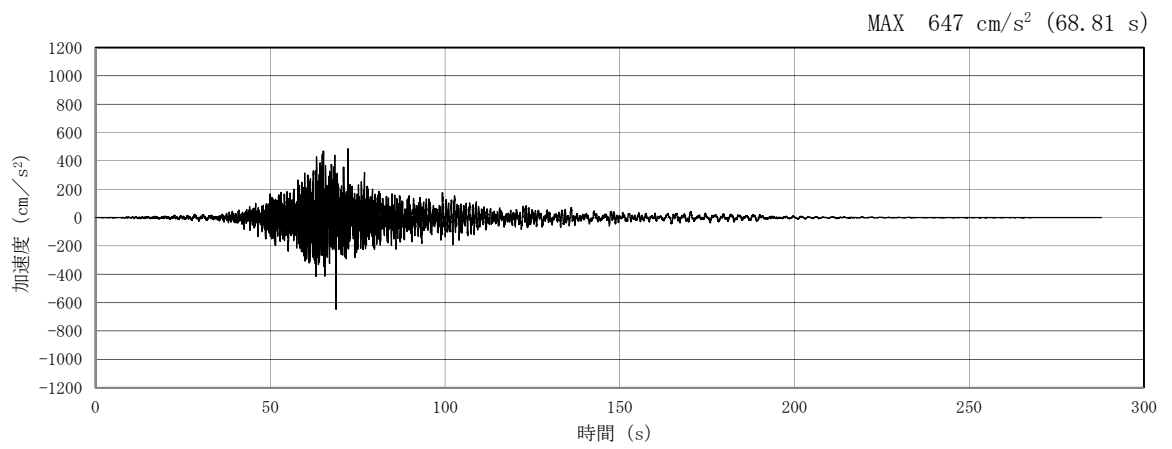


(a) 加速度時刻歴波形

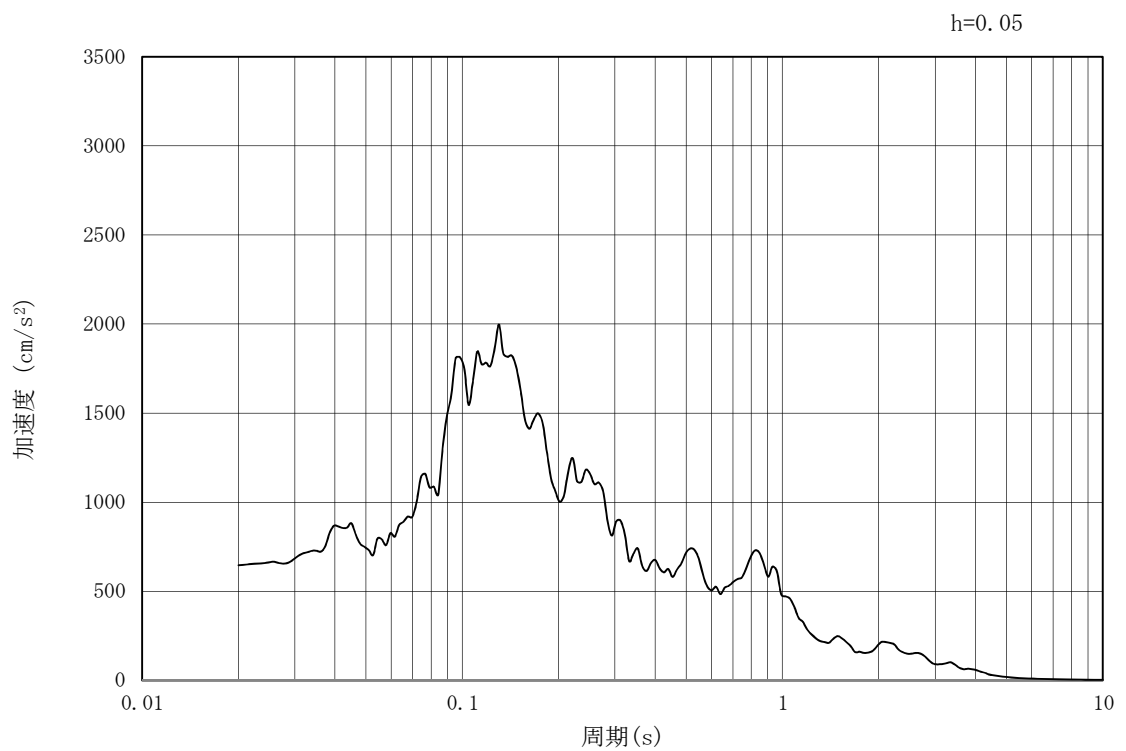


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (10) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

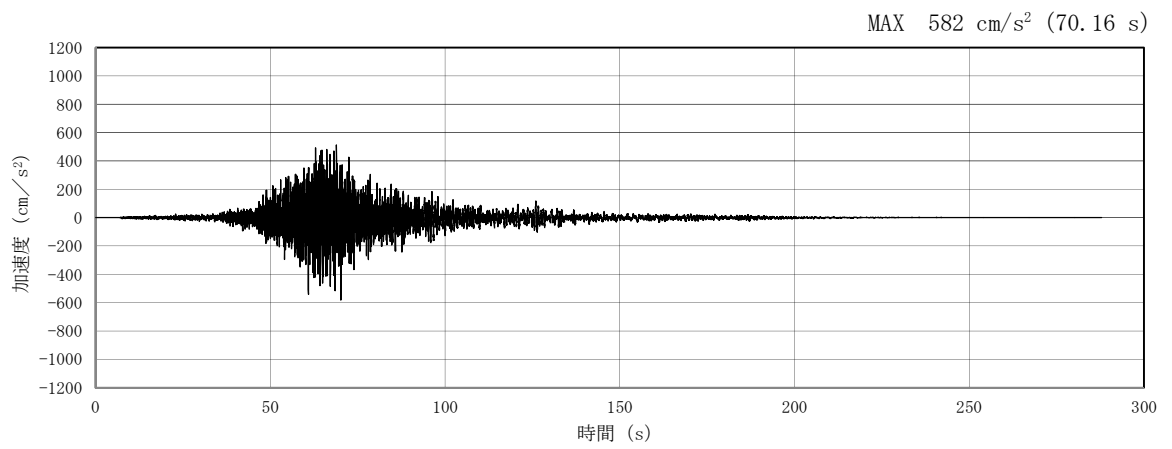


(a) 加速度時刻歴波形

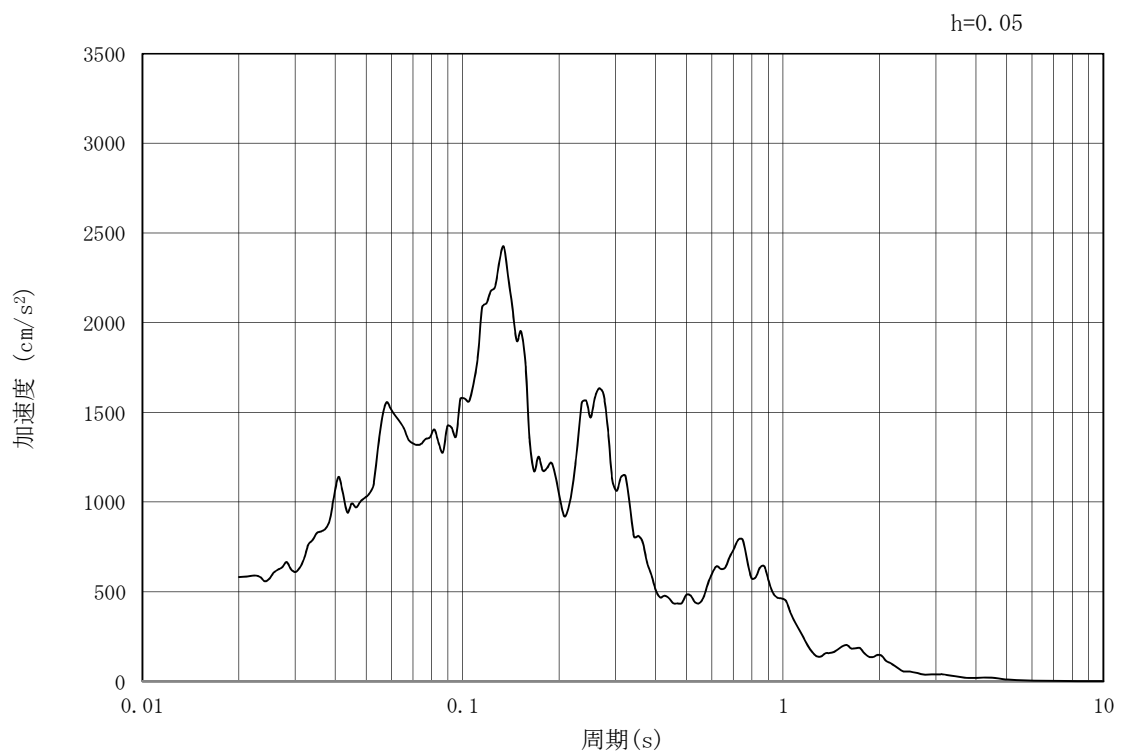


(b) 加速度応答スペクトル

第 11.3-4 図 (11) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 21$)

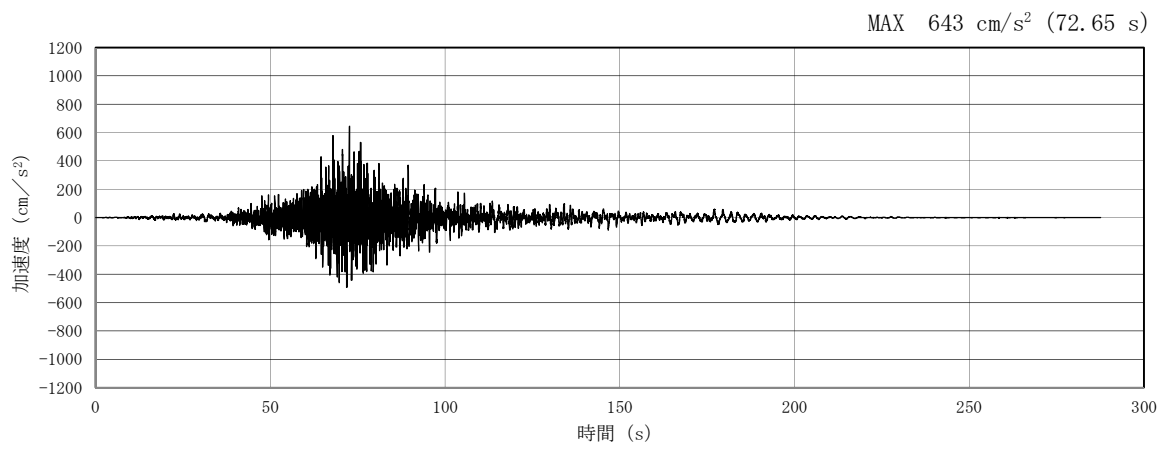


(a) 加速度時刻歴波形

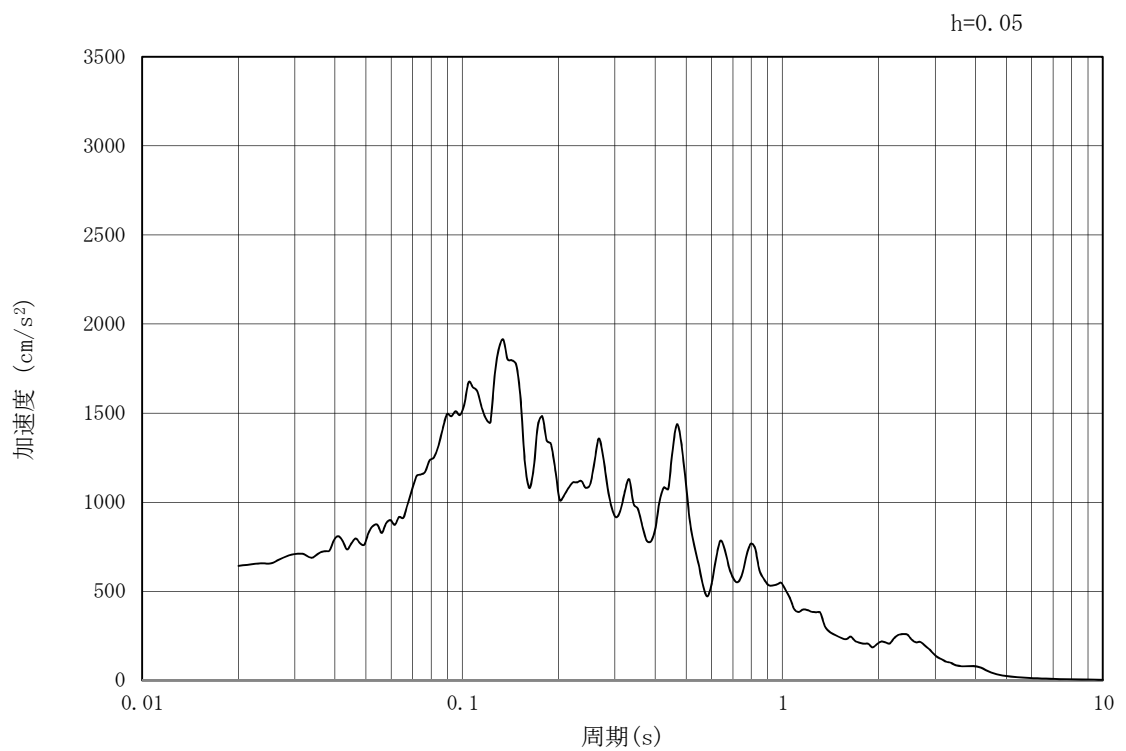


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (12) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 2.1$)

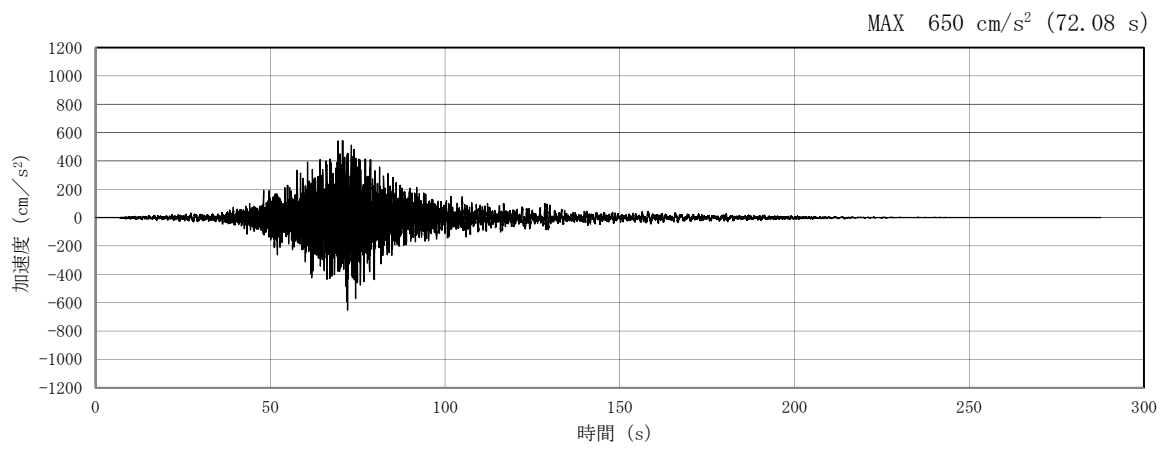


(a) 加速度時刻歴波形

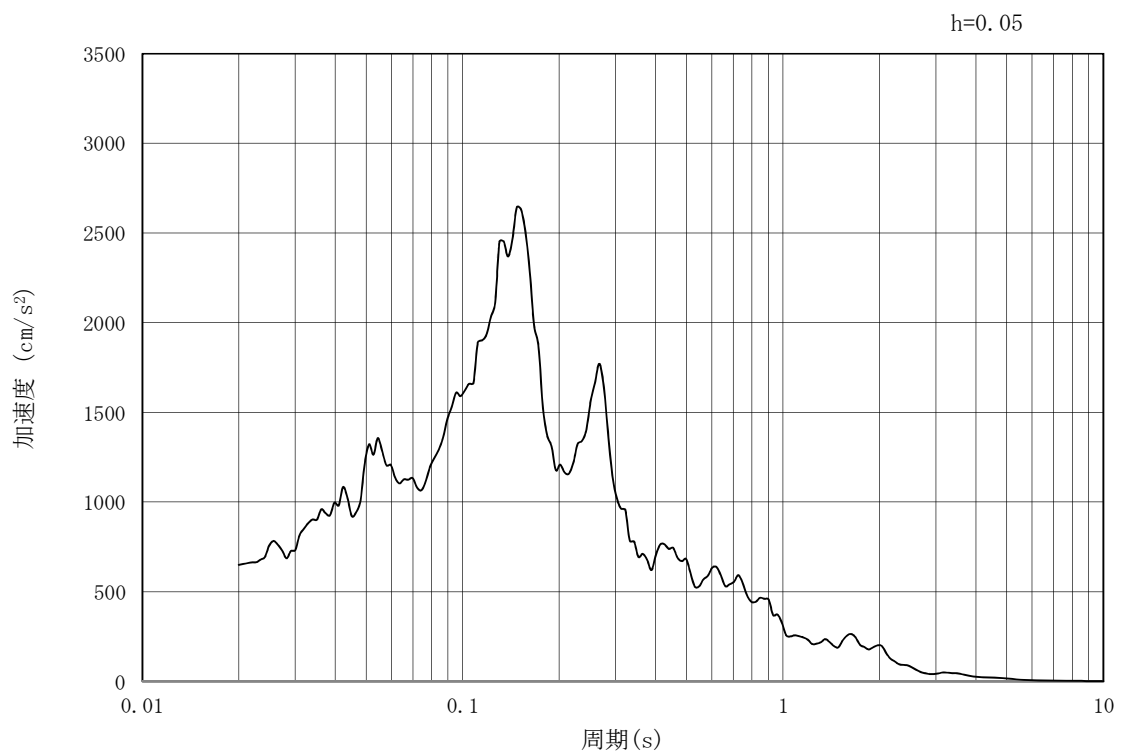


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (13) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 2.2$)

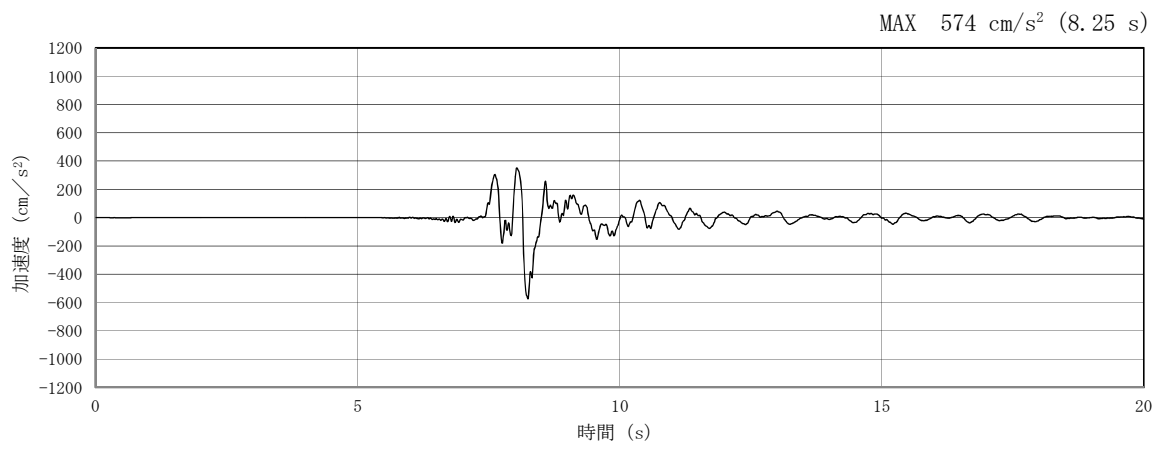


(a) 加速度時刻歴波形

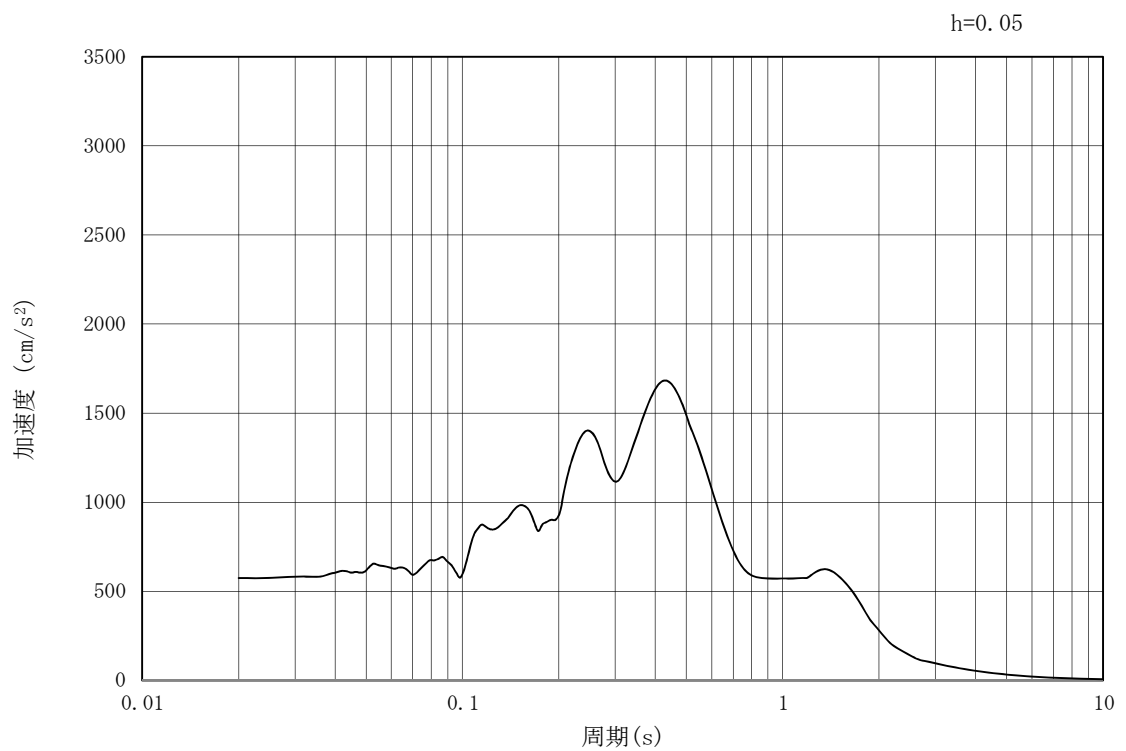


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (14) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 2.2$)

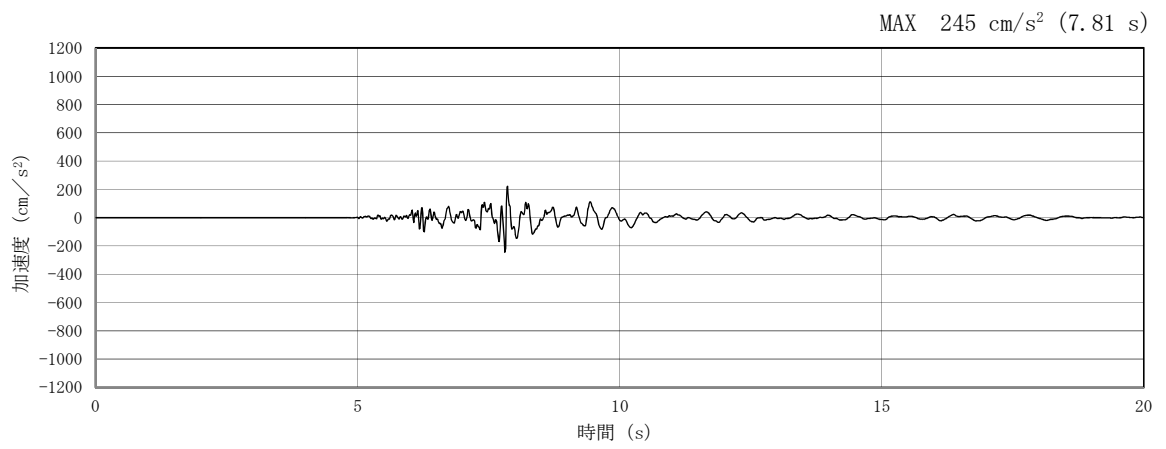


(a) 加速度時刻歴波形

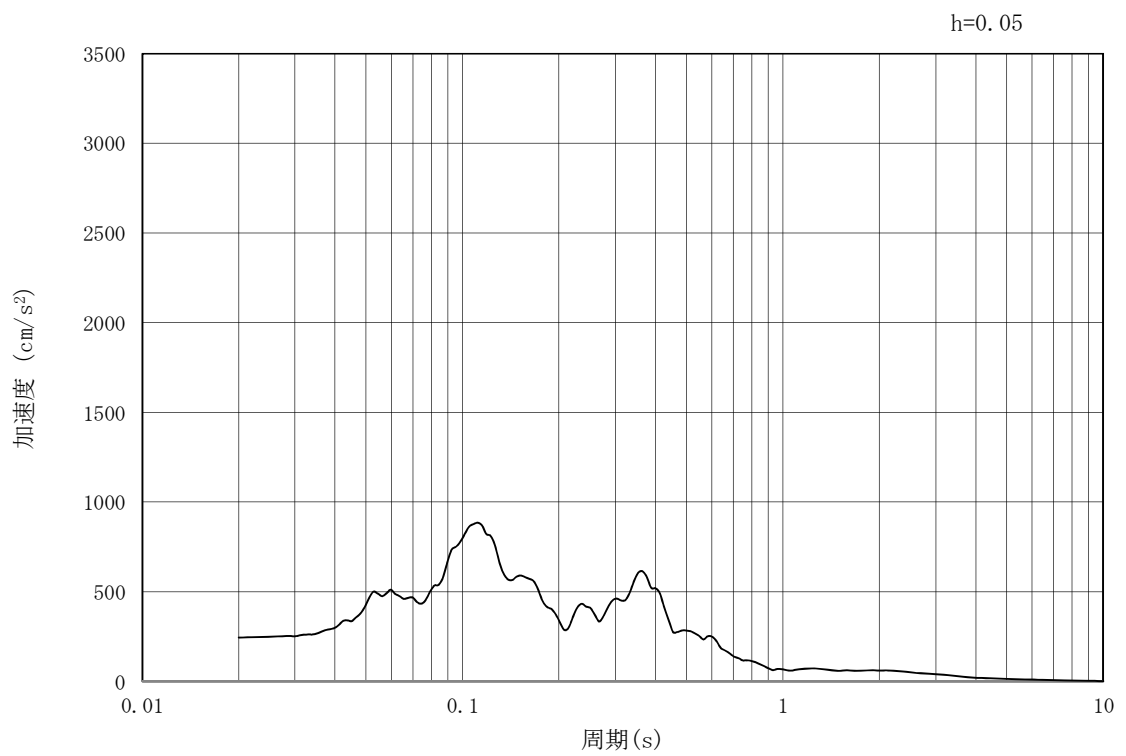


(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (15) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 11.3-2 (16) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

11.3.2 許容限界の設定

(1) 許容応力度による許容限界

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材は、許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度、鉄筋の引張応力度、コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

許容応力度については、「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）」及び「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）」に基づき，表 11.3-1 のとおり設定する。

表 11.3-1 許容応力度

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*
鉄筋(SD490)	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300

注記 * : 斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「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）」を適用し，次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

表 11.3-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界 (追而)

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤の支持性能については、構造物の接地圧が基礎地盤の極限支持力度以下であることを確認する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基礎地盤を構成する新第三系 Km 層の極限支持力度を用いる。極限支持力度については、「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 24 年 3 月)」のケーソン基礎の設計に基づき、以下の通り設定する。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで、

- q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度
- c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力
- γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- γ_2 : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量。ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする
- α, β : 図 11.3-3 に示す基礎底面の形状係数
- D : 基礎幅
- D_f : 基礎の有効値入深さ
- N_c, N_q, N_γ : 図 11.3-4 に示す支持力係数

表-解 11.4.1 基礎底面の形状係数

形状係数	基礎底面の形状	帯 状	正方形, 円形	長方形, 小判形
α		1.0	1.3	$1+0.3\frac{B}{D}$
β		1.0	0.6	$1-0.4\frac{B}{D}$

D : ケーソン前面幅 (m), B : ケーソン側面幅 (m)
 ただし, $B/D > 1$ の場合, $B/D = 1$ とする。

図 11.3-3 基礎底面の形状係数

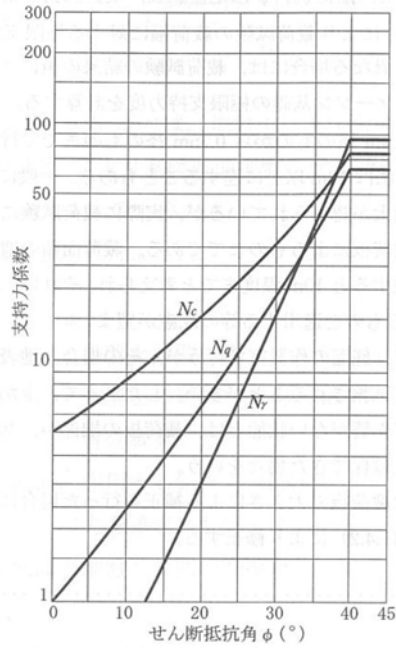


図-解 11.4.2 支持力係数を求めるグラフ

図 11.3-4 支持力係数を求めるグラフ

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける許容限界を表 11.3-3 に示す。

表 11.3-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界 (追而)

11.3.3 評価方法

(1) 人工岩盤

地震応答解析により、人工岩盤の応力分布を確認した上で、構造評価上、最も厳しいすべり線に対してすべり線上の応力状態を考慮したすべり評価において、妥当な安全余裕を有することを確認する。

11.4 評価結果

11.4.1 地震応答解析結果

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基準地震動 S_s による断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 11.4-1 及に示す。本図は構造部材の曲げ，せん断照査結果が最も厳しくなる部材の評価時刻における断面力を示したものである。

また，最大せん断ひずみ分布図を図 11.4-2 に示し，過剰間隙水圧比の分布図を図 11.4-3 に示す。これらの図は，各要素に発生したせん断ひずみ及び過剰間隙水圧比の全時刻における最大値の分布を示したものである。

11.4.2 耐震評価結果

コンクリートの曲げ照査結果を表 11.4-1 に，鉄筋の曲げ照査結果を表 11.4-2 にそれぞれ示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果，評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力度は各地震動，各部材において最大となる値を示している。

以上より，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材の応答値は，許容限界以下であることを確認した。

概略配筋図を図 11.4-4 に，断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 11.4-3 に示す。

(1) 構造部材のせん断に対する評価結果

表 11.4-4 にせん断に対する照査結果を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける許容応力度法による照査を行った結果，評価位置においてせん断応力度が許容せん断応力度以下又は発生せん断力がコンクリートの許容せん断力 ($V_{c,a}$) と，斜め引張鉄筋の許容せん断力 ($V_{s,a}$) を合わせた許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお，発生応力度及び発生断面力は各地震動，各部材において最大となる値を示している。

以上より，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材の応答値は，許容限界以下であることを確認した。図 11.4-4 に概略配筋図を，表 11.4-5 に断面計算に用いた断面諸元の一覧を示す。

(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

表 11.4-6 に基礎地盤の支持性能評価結果を，図 11.4-5 に接地圧分布図を示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの最大接地圧は S_s-D1 〔H+，V+〕（東西断面方向）で $\bigcirc\bigcirc$ kN/m^2 であり，基礎地盤の極限支持力 $\Delta\Delta$ kN/m^2 以下である。

以上のことから，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基礎地盤は，基準地震動 S_s に対し，支持性能を有する。

(3) 人工岩盤の健全性に対する評価結果

表 11.4-7 に人工岩盤の健全性に対する評価結果を示す。

11.5 まとめ

