

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画認可変更申請対応について

令和2年4月9日
再処理廃止措置技術開発センター

- 令和2年4月9日 面談の論点
 - TRPの廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方(案)
 - 東海再処理施設廃止措置段階における安全対策の実施に係る全体スケジュール(ドラフト版)
 - T21トレンチ及びガラス固化処理施設(TVF)の地震応答解析
 - 5月補正までの面談スケジュール(案)
 - その他

以上

TRP の廃止措置を進めていく上での地震対策の基本的考え方
(案)

令和 2 年 4 月 9 日

再処理廃止措置技術開発センター

再処理施設において耐震重要施設(S クラス施設)は、その供用期間中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼす恐れがある地震動による加速度によって作用する地震力(廃止措置計画にあつては廃止措置計画用設計地震動。以下、「設計地震動」という)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

廃止措置段階にある東海再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場(HAW 施設)と、これに付随して廃止措置全体の長期間ではないものの分離精製工場(MP)等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設(TVF)については、今後 20 年程度の維持期間を想定し認可された設計地震動に対し対策を講ずることとする。

具体的には、HAW 施設及び TVF の S クラス施設^{※1}が設計地震動に対して安全機能を維持できるようにすることを基本とし、外部から電源及びユーティリティを供給する設備が設計地震動によって機能喪失することを想定したとしても、HAW 施設及び TVF の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を維持できるようにするとともに、有効性を確認したうえで緊急安全対策関連の設備が使用できるよう必要な対策を実施するものとする。

さらに、今後設置を検討している HAW 施設及び TVF に対する津波防護設備についても S クラス施設としての耐震性を持つように設計する。

一方、東海再処理施設は今後新たな再処理は行わず、MP 等については工程洗浄や系統除染を行い先行して廃止措置に着手する計画であり、早期にリスク低減が見込まれるが、低放射性廃液の処理、低放射性固体廃棄物の貯蔵、ウラン製品の貯蔵等を行う施設については今後 50～70 年の長期にわたり維持管理していくことになる。これらの施設については、今後とも安全かつ安定して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう耐震重要度に応じた対策を講ずることとする。

上記の考え方に基づき、地震に対する対策を講じていくが、優先順位としては、リスクが集中している HAW 施設に引き続き TVF の安全対策を急ぐとともに、高放射性廃液のガラス固化処理を速やかに進める。また、並行して、HAW 施設及び TVF 以外

の施設について耐震重要度分類に応じた対策を優先順位を定め進めていく。

※1 TVFについては、再処理施設安全審査指針の制定後に認可された施設であることから、耐震重要度分類が明確に定まっており、「耐震設計に係る工認審査ガイド」に照らして認可時の A 類を S クラスで読み替える。

HAW 施設及びその関連施設(HAW 施設に安全上必要な電力及びユーティリティ等を供給する施設)については認可時に耐震重要度分類が明確化されていないことから、再処理事業指定基準規則の解釈の別記 2 第 2 項に示されているところの S クラスの例①～⑨に該当するものを廃止措置期間中に考慮する S クラス施設として選定する。

東海再処理施設 廃止措置段階における安全対策の実施に係る全体スケジュール(ドラフト版)

令和2年4月9日

実施項目	R元年度			R2年度												R3年度				R4年度				備考/特記
	第4四半期			第1四半期			第2四半期			第3四半期			第4四半期			第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3									
【安全対策方針等】																								
○基本方針																								
○安全対策実施全体スケジュール																								
① 地震による損傷の防止																								
○HAW耐震評価(建家・設備)																								
○TVF耐震評価(建家・設備)																								
② 津波による損傷の防止																								
○漂流物設定																								
UO3, 低放射性固体廃棄物の固縛処置																								
その他の漂流物となり得る設備等の固縛等																								
○HAW津波防護対策方針																								
建家貫通配管等の点検評価																								
○HAW建家健全性評価(波力、余震重畳)																								
○TVF建家健全性評価(波力、余震重畳)																								
③ 外部からの衝撃による損傷の防止																								
○HAW・TVF建家健全性評価(竜巻・森林火災・火山・外部火災)																								
④ 重大事故対処																								
○HAW事故対処の方法、設備及びその有効性評価																								
○TVF事故対処の方法、設備及びその有効性評価																								
⑤ その他施設(約40施設)の対策検討																								
【安全対策設計、工事】																								
① 地震による損傷の防止																								
○HAW施設周辺地盤改良(T21トレンチ含む)																								
・第2付属排気筒の補強工事																								
・主排気筒の補強工事																								
・TVF設備工事(冷却水配管耐震補強)																								
② 津波による損傷の防止																								
・防護柵の設置工事																								
・HAW開口部壁の補強工事																								
・TVF津波対策工事																								

第Ⅰ期工事：HAW施設周辺の地盤改良工事
第Ⅱ期工事：PPフェンス周辺の地盤改良工事

③-2と合わせて設計を実施

東海再処理施設 廃止措置段階における安全対策の実施に係る全体スケジュール(ドラフト版)

令和2年4月9日

実施項目	R元年度			R2年度									R3年度			R4年度		備考/特記			
	第4四半期			第1四半期			第2四半期			第3四半期			第4四半期			第1	第2		第3	第4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3						
③-1 火災等による損傷の防止 ・ TVF安全系ケーブルの系統分離																					
③-2 再処理施設内における溢水による損傷の防止 ・ TVF配管耐震補強、被水防止板設置、蒸気遮断弁設置																					
③-3 外部からの衝撃による損傷の防止 ・ HAW建家の竜巻対策（建家開口部閉止）																					
・ TVF建家の竜巻対策（建家開口部閉止）																					
③-4 制御室等 ・ TVF制御室の換気対策																					
④ 重大事故対処 ・ HAW事故対策（可搬設備の分散配置、接続口等の設置）																					
・ TVF事故対策（可搬設備の分散配置、接続口等の設置、影響緩和策等）																					
・ 事故対処設備保管場所斜面補強																					

- ◎：5月補正、
- ：説明状況を踏まえ5月の補正の可否を含の検討

核燃料サイクル工学研究所

再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書（案）

令和2年4月9日

再処理廃止措置技術開発センター

別添資料（案）

- ・配管トレンチ（T21）の地震応答計算書
- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）開発棟建家の地震応答計算書
- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）の機器・配管系の耐震性についての計算書

配管トレンチ (T21) の地震応答計算書

DRAFT

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	8
2.1 位置	8
2.2 構造概要	9
2.1 解析方針	13
2.2 準拠規格・基準	15
2.3 使用材料	15
3. 地震応答解析	16
3.1 解析方法	16
3.2 解析対象断面	17
3.3 入力地震動	19
3.4 解析モデル及び諸元	23
3.5 荷重及び荷重の組合せ	27
4. 地震応答解析結果	28
5. 耐震性評価	30
5.1 評価方針	30
5.2 許容限界	32
5.3 評価方法	33
6. 耐震性評価結果	34
6.1 構造部材の健全性に対する評価結果	34
6.2 基礎地盤の健全性に対する評価結果	34

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動(Ss)に対して、配管トレンチ(T21)が耐震余裕を有することを説明するものである。

廃止措置計画用設計地震動は、令和2年2月10日付け原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。策定した廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図1-1から図1-3に、時刻歴波形を図1-4から図1-6に示す。解放基盤表面は、S波速度が0.7 km/s以上であるT.P.*-303 m(G.L. -309 m)とする。

※T.P. : 東京湾平均海面

DRAFT

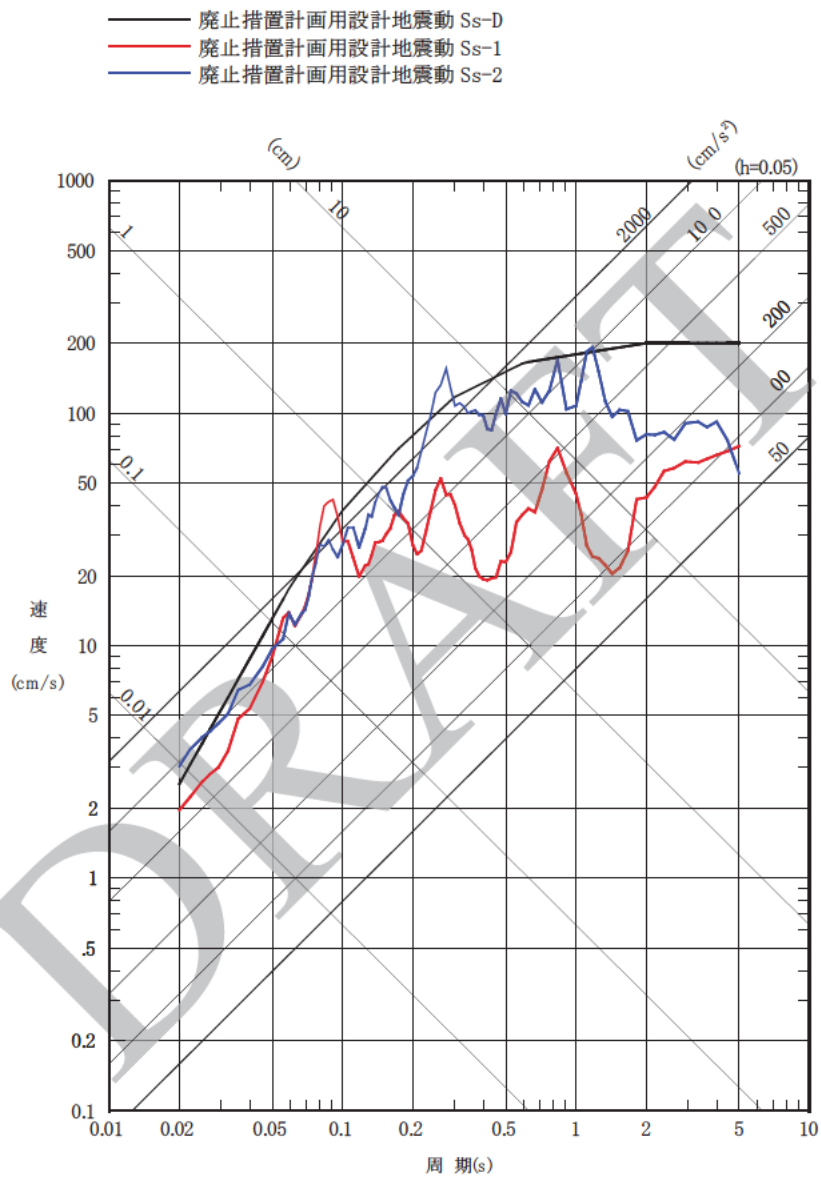


図 1-1 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(NS成分)

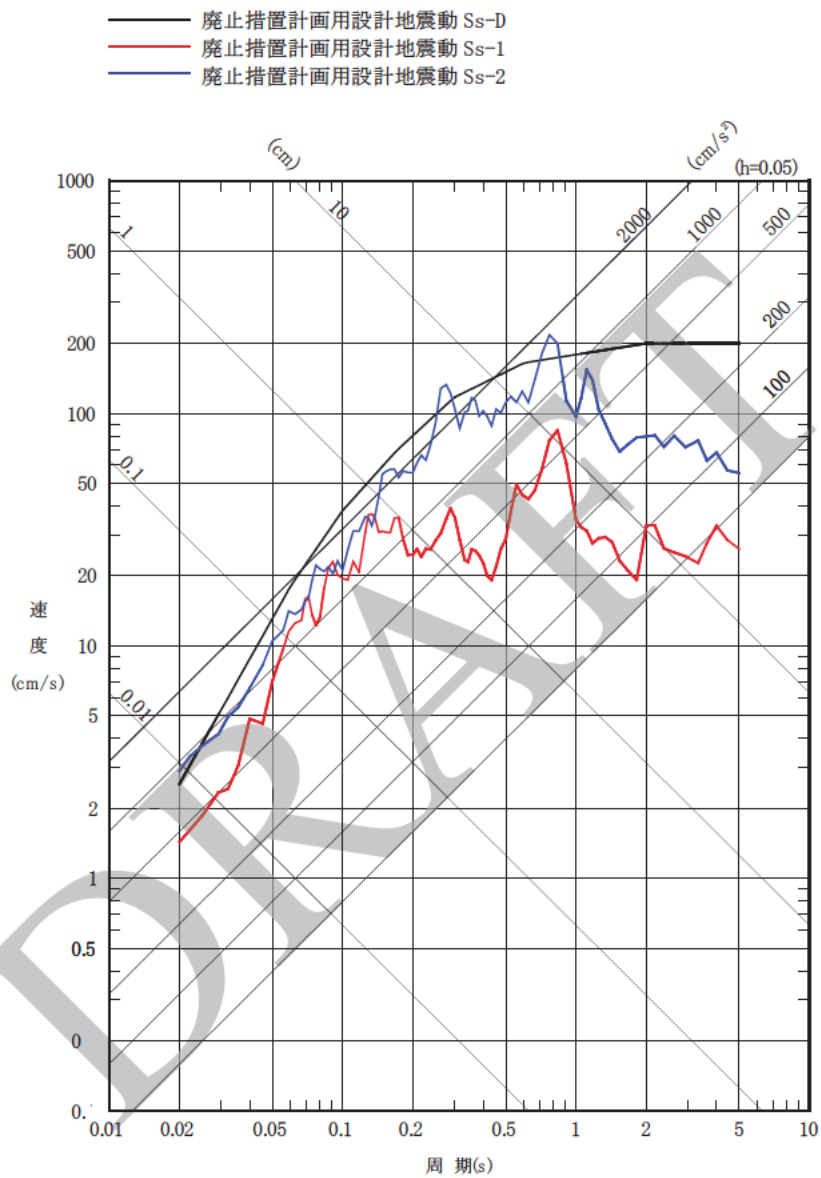


図 1-2 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(EW 成分)

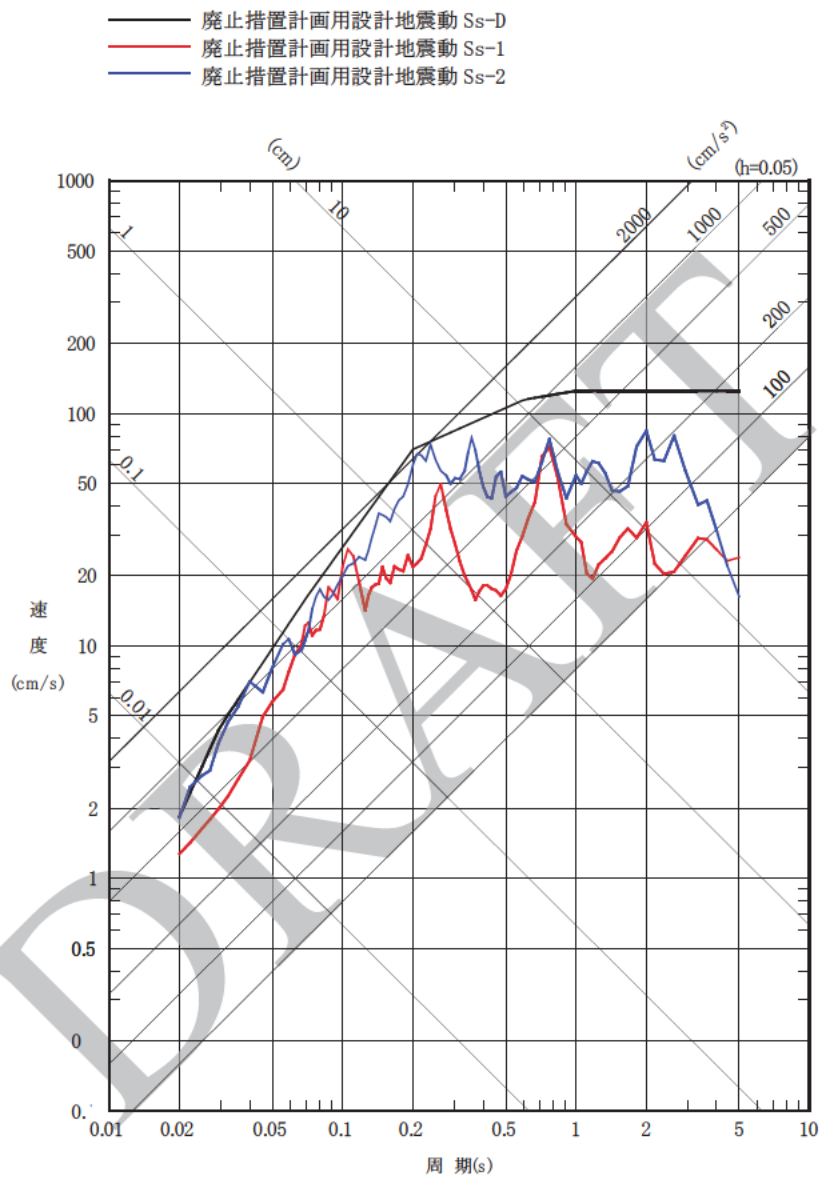


図 1-3 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(UD成分)

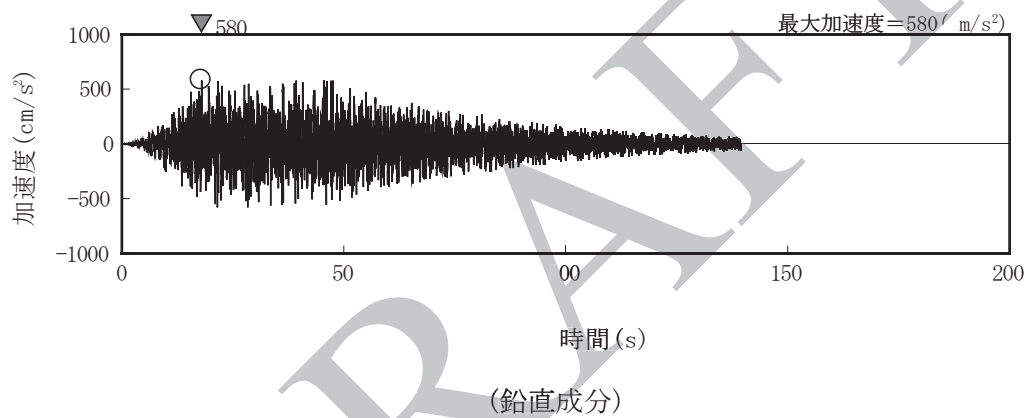
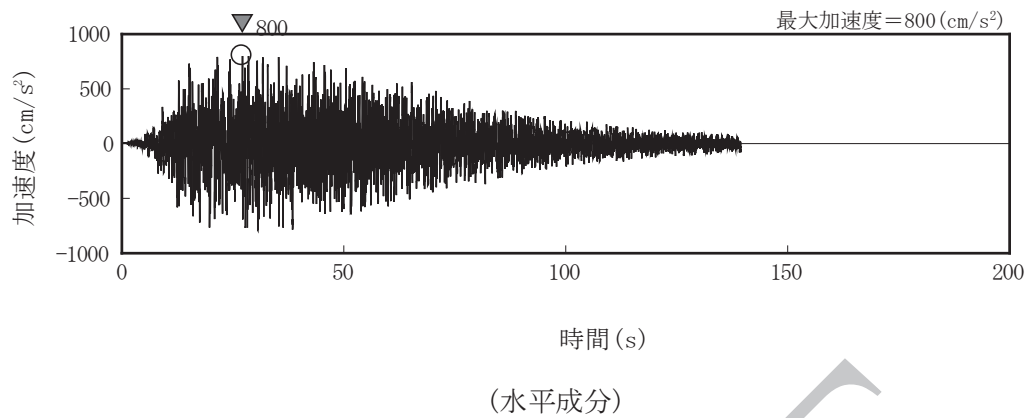
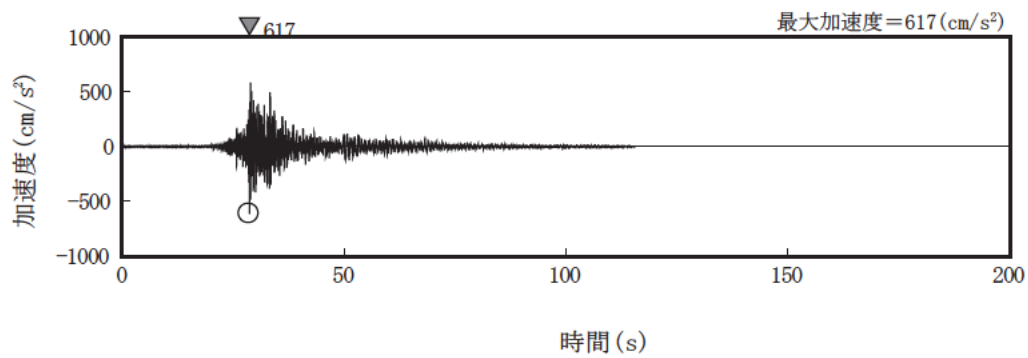
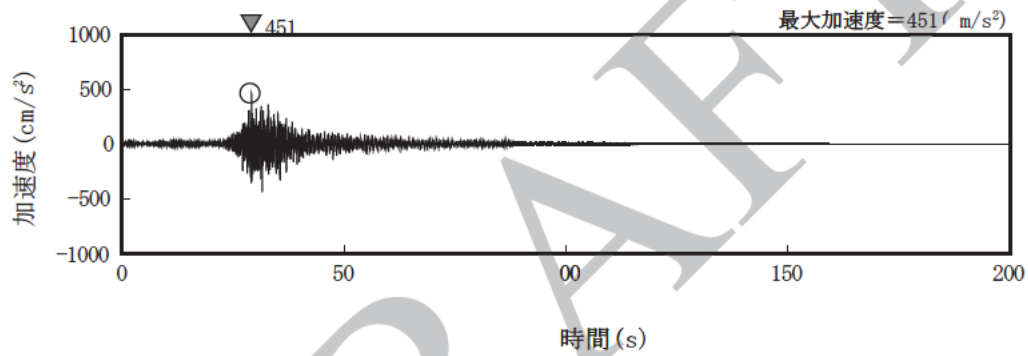


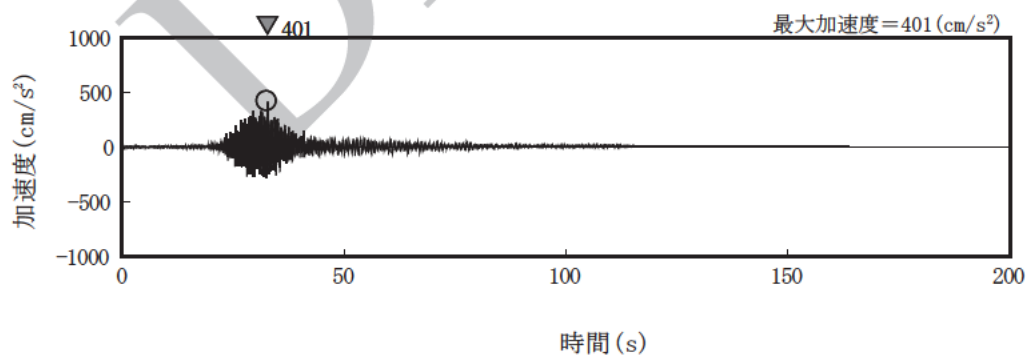
図 1-4 廃止措置計画用設計地震動(Ss-D)の時刻歴波形



(NS 成分)

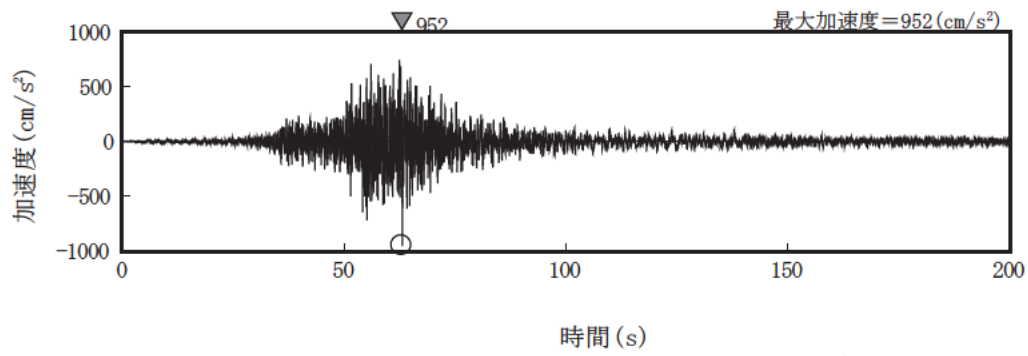


(EW 成分)

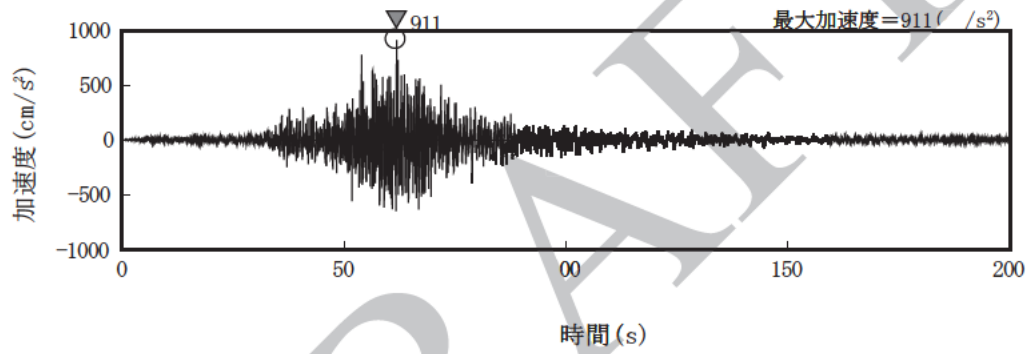


(UD 成分)

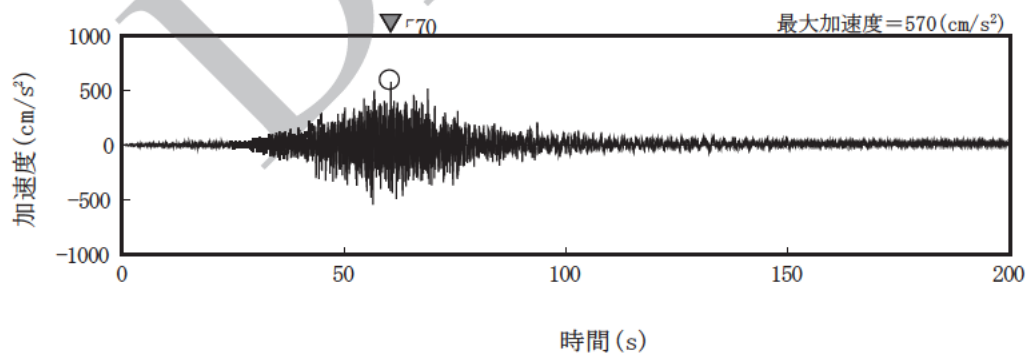
図 1-5 廃止措置計画用設計地震動(Ss-1)の時刻歴波形



(NS 成分)



(EW 成分)



(UD 成分)

図 1-6 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-2) の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

配管トレンチ(T21)の平面配置図を図 2-1 に示す。

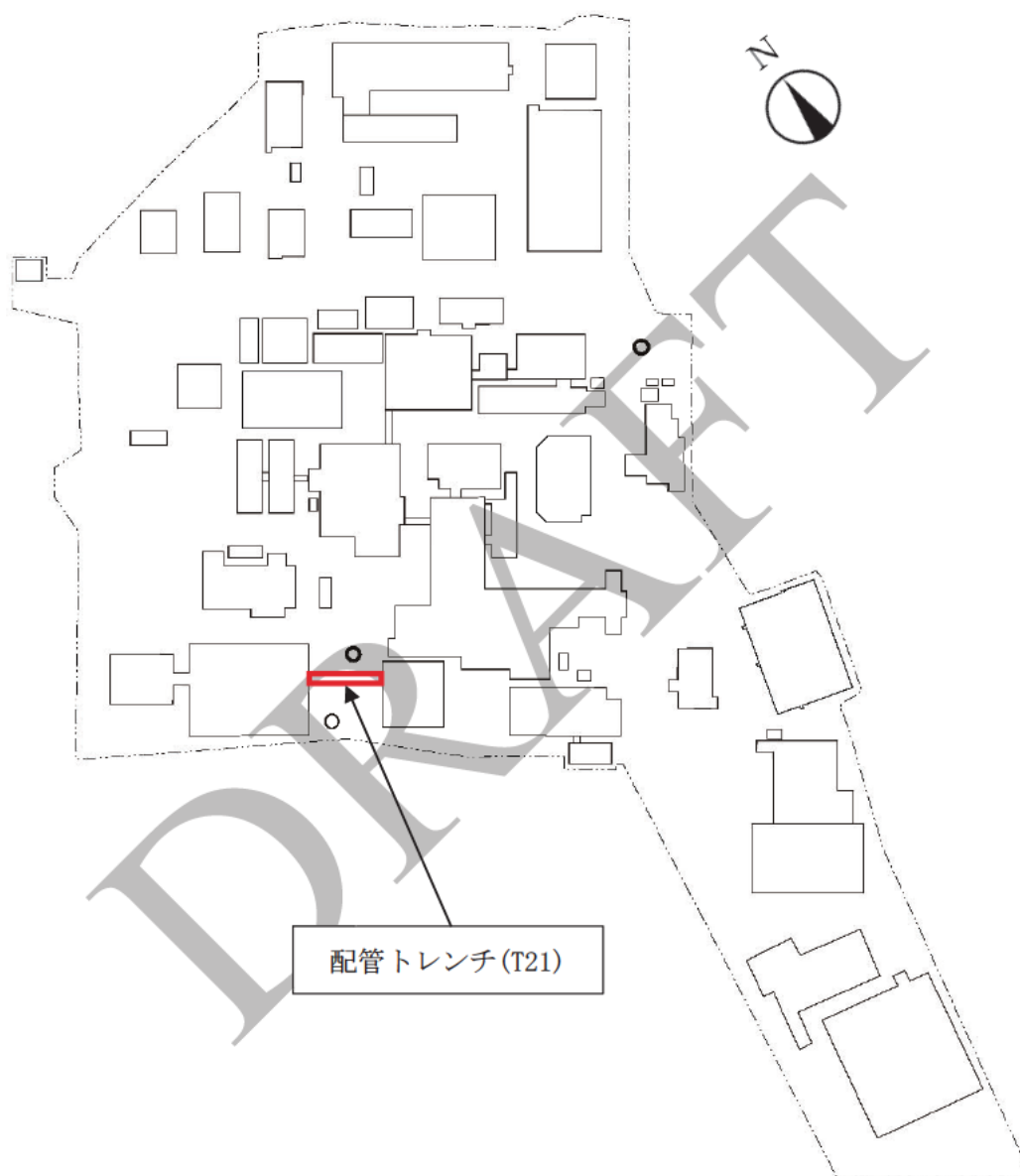
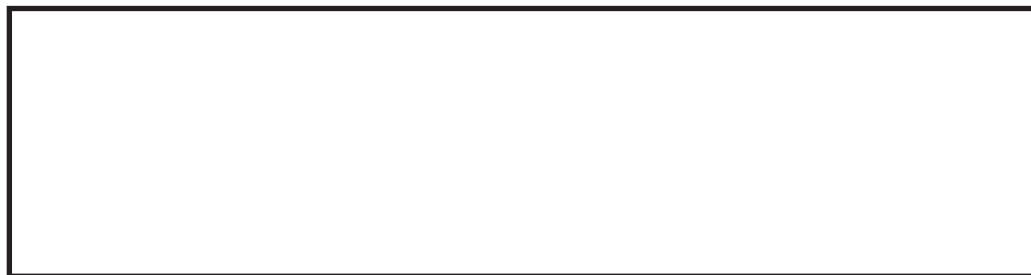


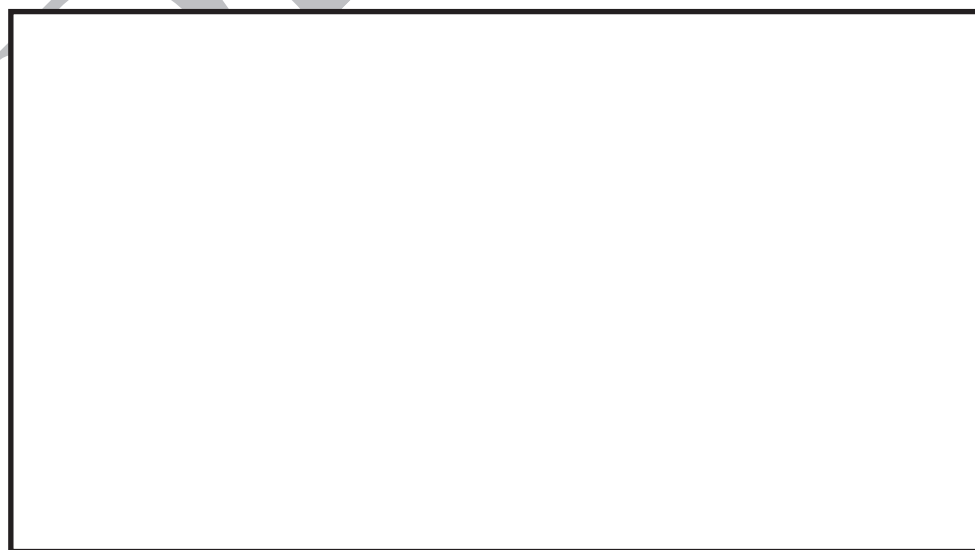
図 2-1 配管トレンチ(T21) 平面配置図

2.2 構造概要



(単位：mm)

図 2-2 管トレンチ(T21)の平面図



(単位：mm)

図 2-3 配管トレンチ(T21)の断面図(NS断面)

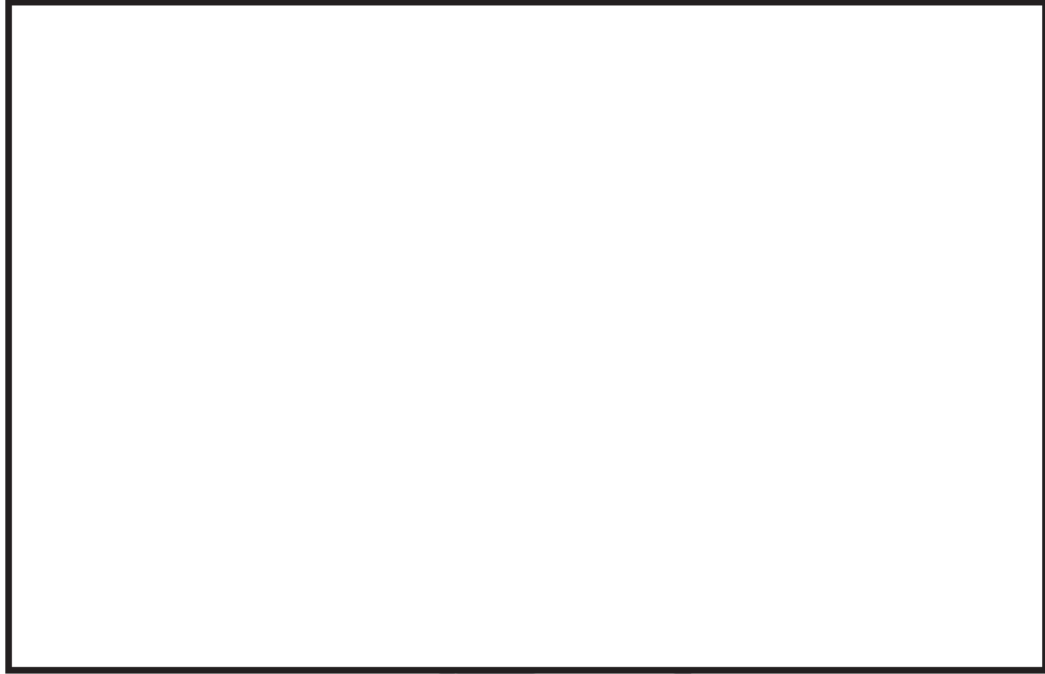


図 2-4 支持地（久米層）の等高線図

DRY

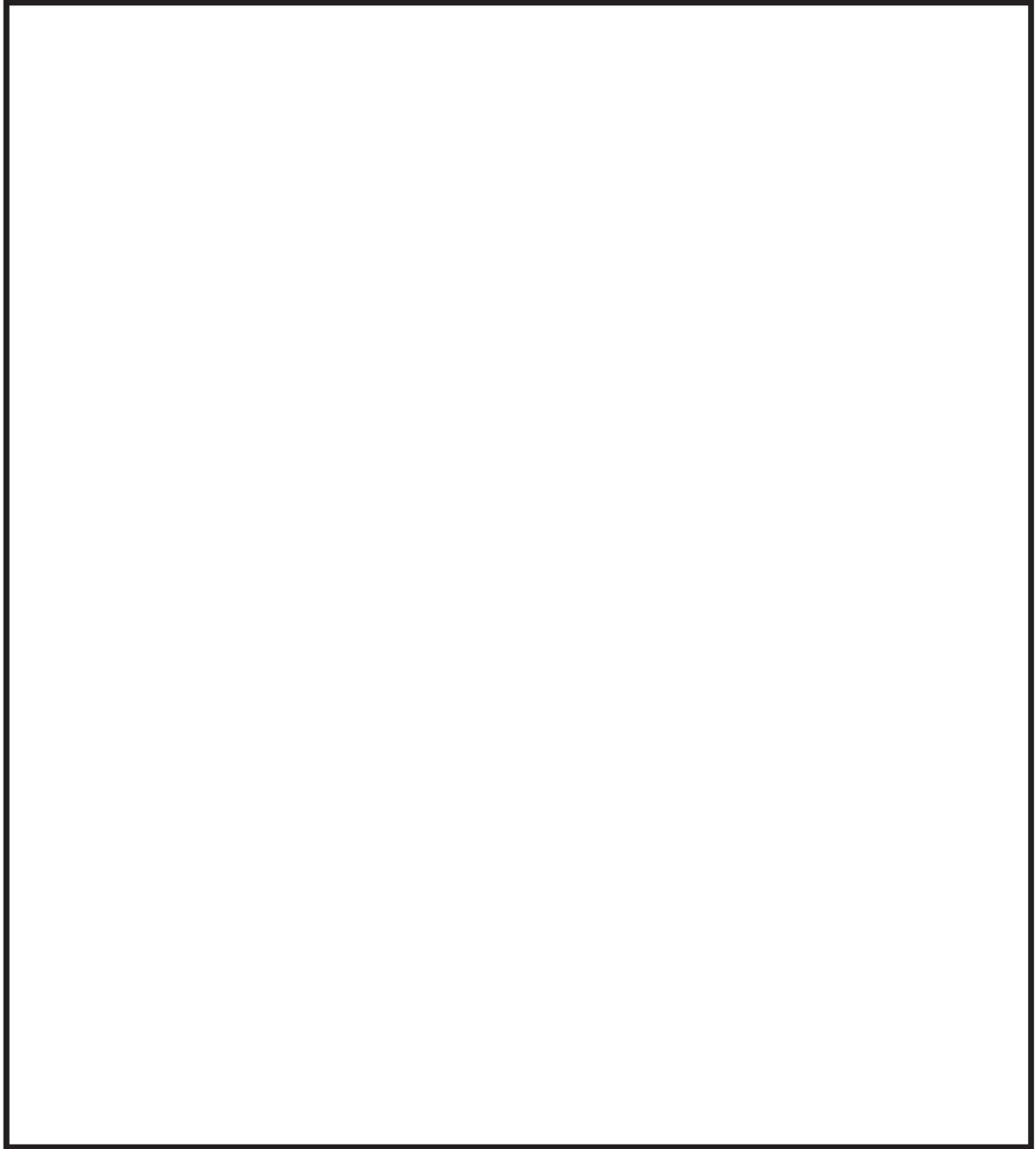


図 2-5 支持地盤(久米層)の断面図

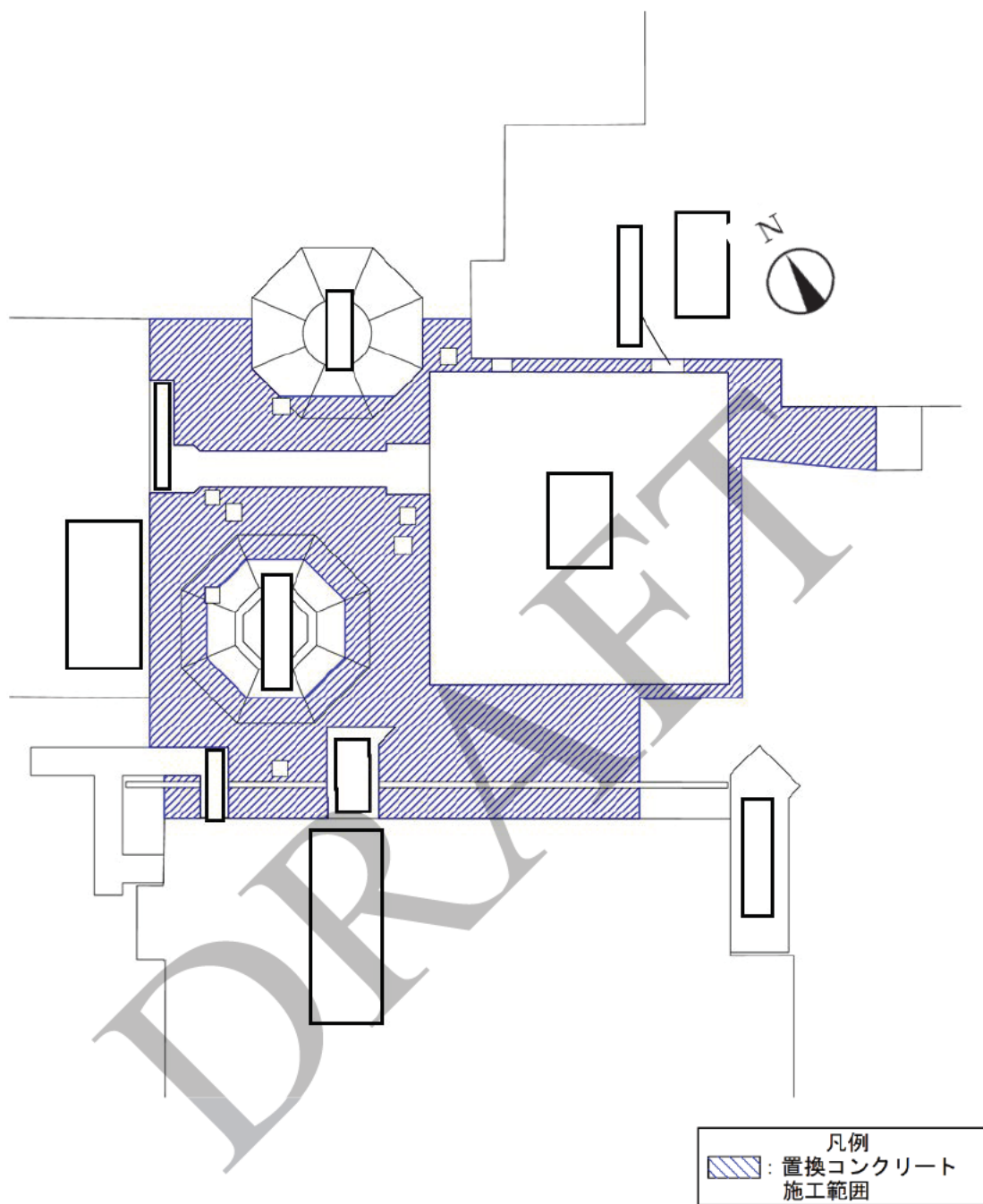


図 2-6 配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良範囲

2.1 解析方針

配管トレンチ(T21)は、廃止措置計画用設計地震動(S_s)に対して地震応答解析を実施する。

地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる地盤の液化強度特性は、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、ばらつき(-1σ)を考慮して設定する。

図 2-7 に配管トレンチ(T21)の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 一般事項」に基づき、「3.2 解析対象面」にて設定する断面において、「3.1 解析方法」に示す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。

時刻歴非線形解析は、「3.4 解析モデル及び諸元」及び「3.5 荷重及び荷重の組合せ」に示す条件を基に、「3.3 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、断面力及び接地圧は、配管トレンチ(T21)の耐震性評価に用いる。

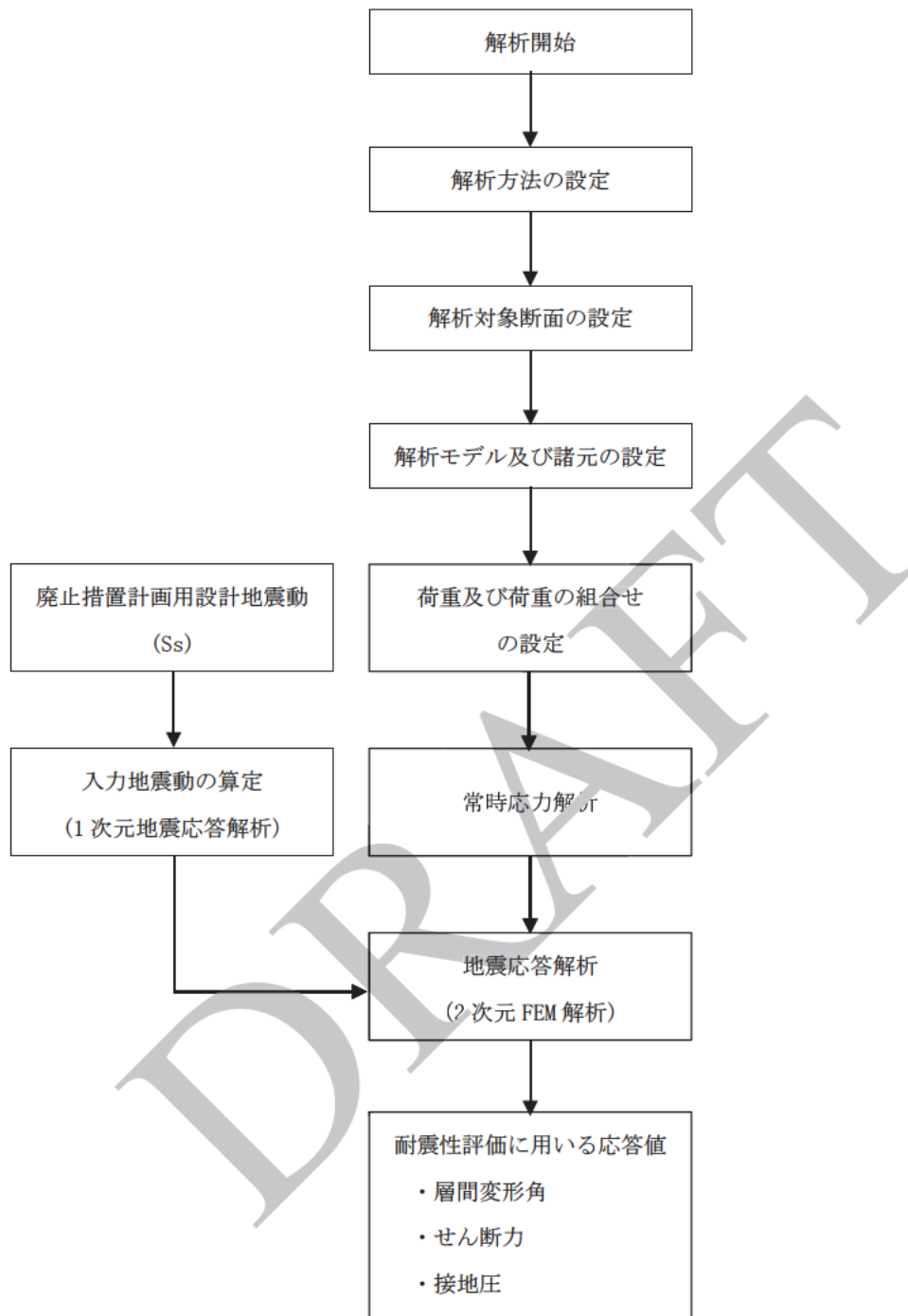


図 2-7 配管トレンチ(T21)の地震応答解析フロー

2.2 準拠規格・基準

配管トレンチ(T21)の地震応答解析において、準拠する規格、基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会)
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会)
(以下「土木学会マニュアル」という)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601(日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601(日本電気協会)
- ・ 道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編)・同解説(日本道路協会)

2.3 使用材料

配管トレンチ(T21)の使用材料を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造物の使用材料

コンクリート	設計基準 度(N/mm ²) 22.1
鉄筋	SD35 (SD345 相当)

3. 地震応答解析

3.1 解析方法

配管トレンチ(T21)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、廃止措置計画用設計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。

解析に用いる地盤剛性は、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線にて設定する。地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いて、液状化強度特性を (-1σ) にて設定する。

地震応答解析に使用する解析コードは、「FLIP(FLIP コンソーシアム)」である。

3.2 解析対象断面

配管トレンチ (T21) の解析対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震性評価における解析対象断面は図 3-1 の NS 方向断面 (A-A' 断面) とする。

解析対象断面を図 3-2 に示す。

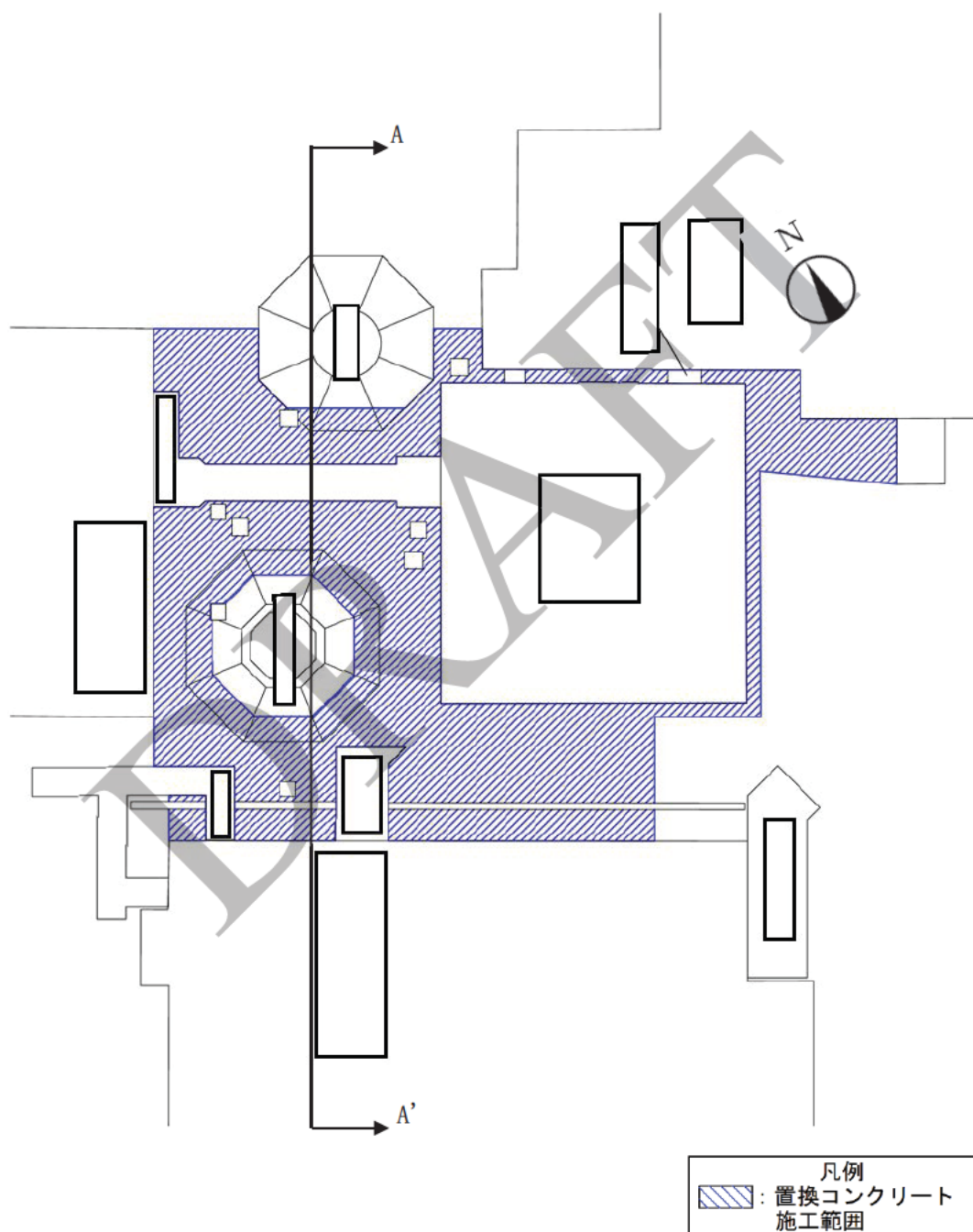


図 3-1 配管トレンチ (T21) の解析対象断面位置図

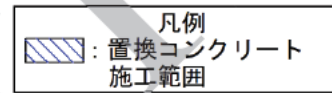


図 3-2 配管トレンチ(T2)の解析対象断面(A-A'断面)

DRAFT

3.3 入力地震動

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廃止措置計画用設計地震動(Ss)を1次元波動論により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3-3に入力地震動算定の概念図を、図3-4から図3-6に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示す。

入力地震動の算定に使用する解析コードは、「SoilPlus(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」である。

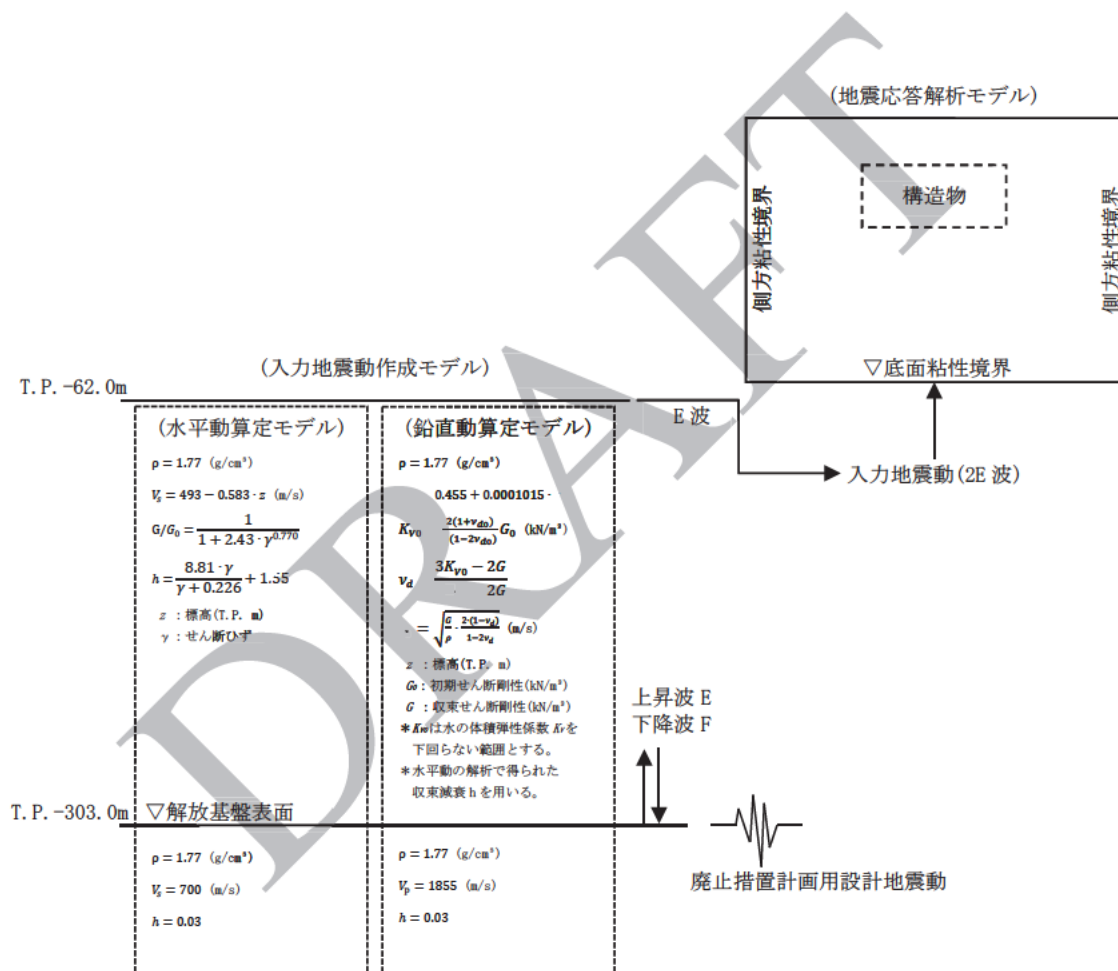


図3-3 入力地震動算定の概念図

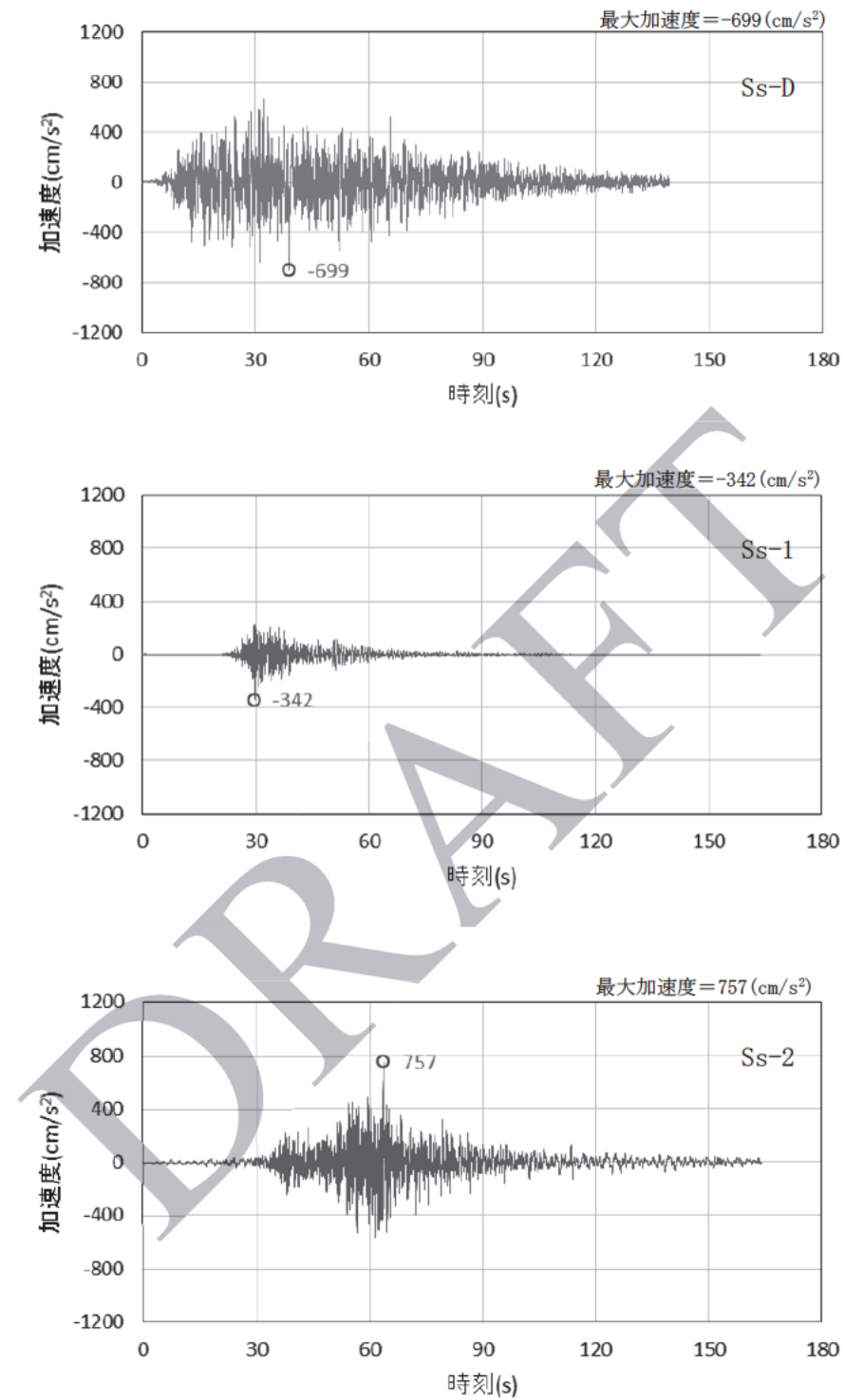


図 3-4 入力地震動の加速度時刻歴波形(水平方向)

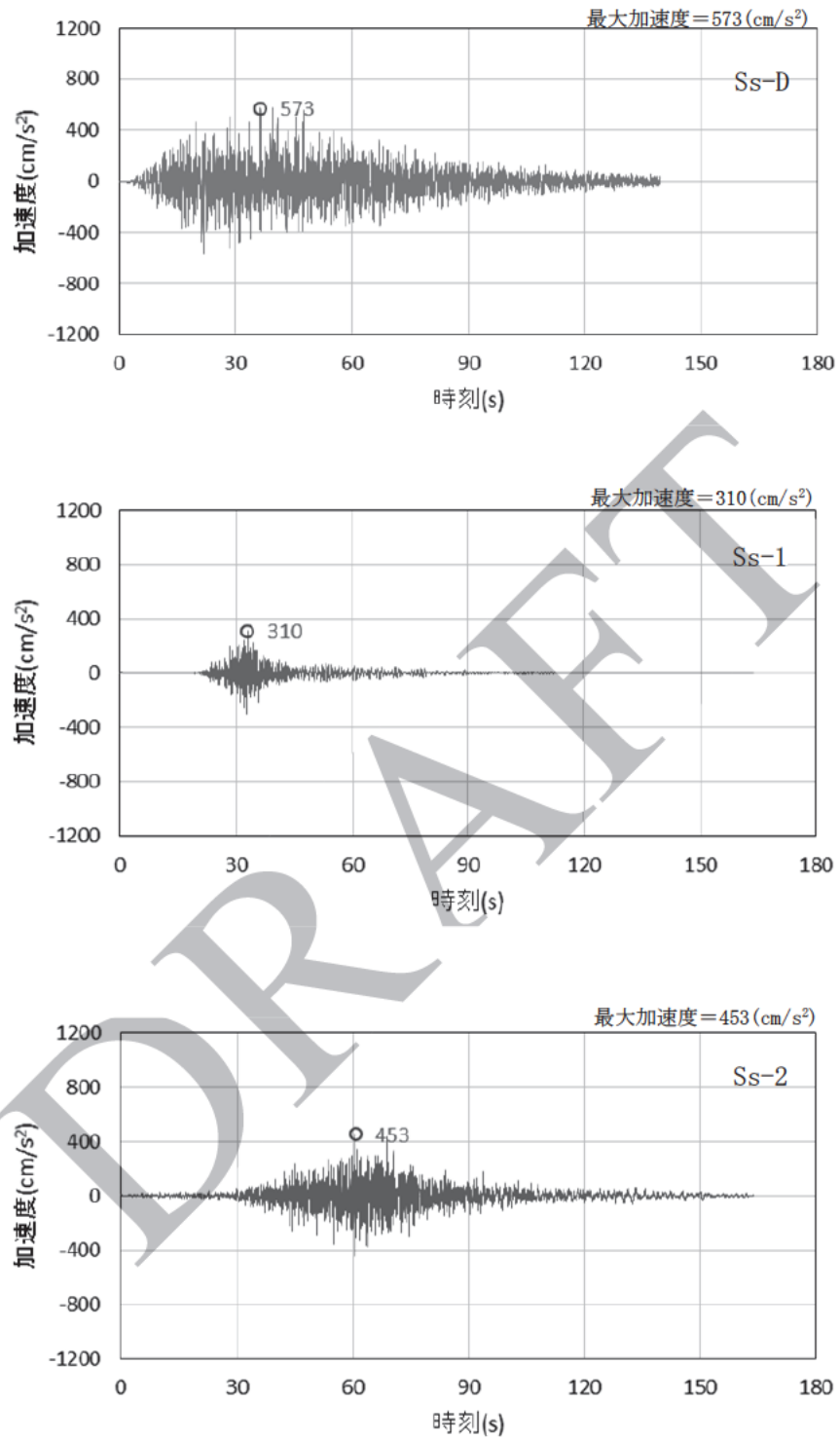


図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形(鉛直方向)

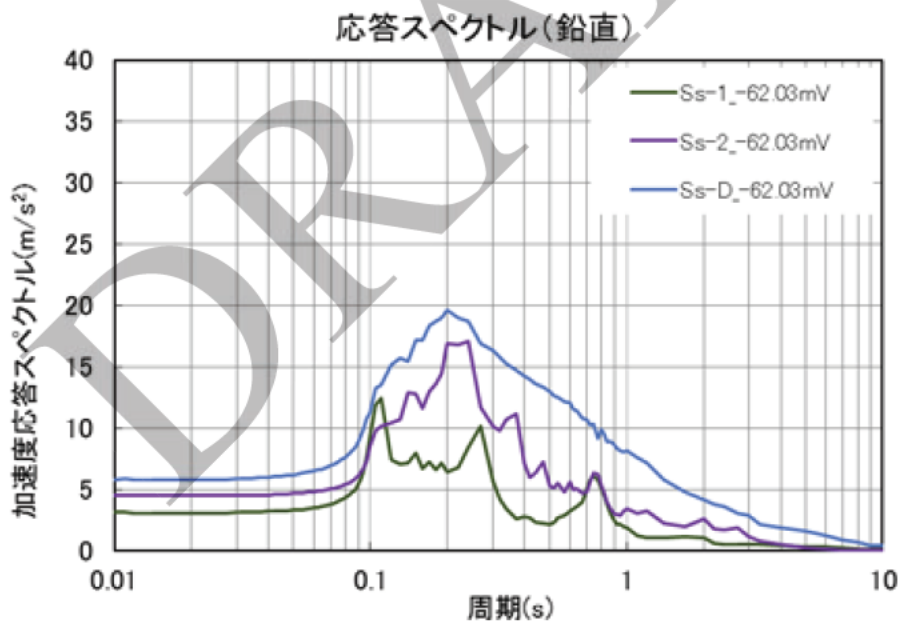
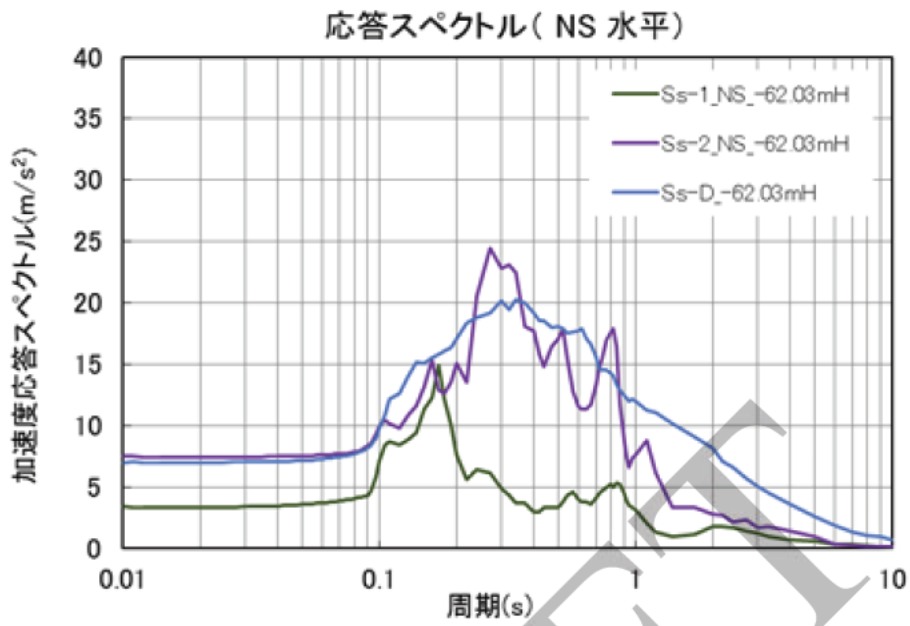


図 3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 解析モデル

配管トレンチ(T21)の地震応答解析モデルを図 3-7 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が、構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

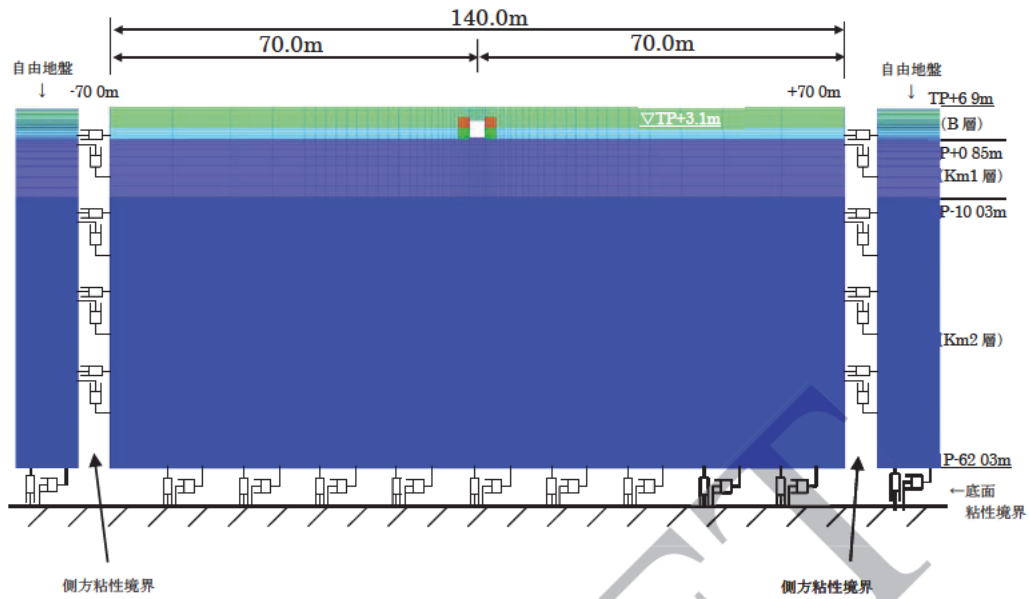
配管トレンチ(T21)躯体は、頂版、側壁及び底版の断面中心位置に線形梁要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

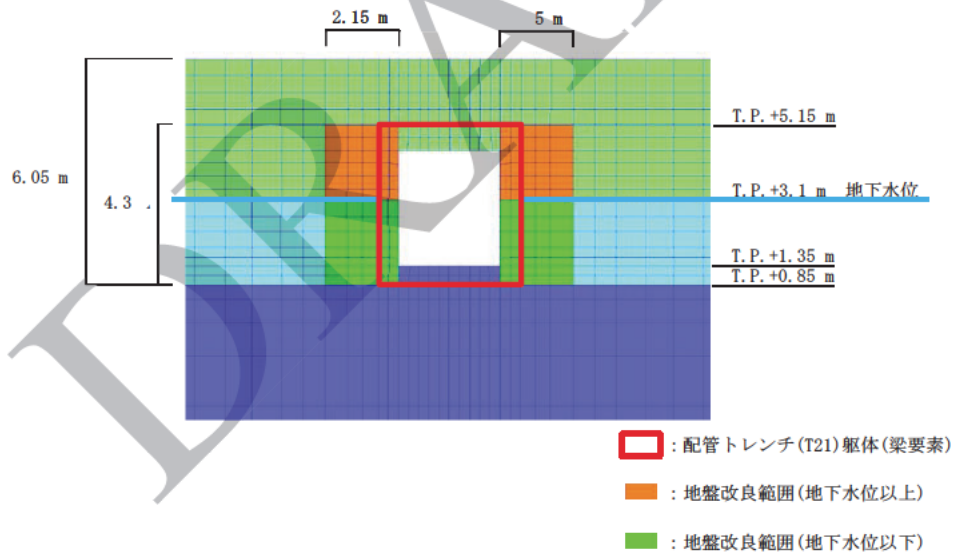
地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるよう、非線形せん断応力-せん断ひずみ関係を双曲線モデル(H-D モデル)によりモデル化する。

(5) 減衰定数

構造物の減衰は剛性比例型減衰とし、1次固有振動数で減衰定数 3%に一致するよう設定する。地盤の減衰はレーリー減衰とし、1次固有振動数を想定する 0.4Hz 及び 20Hz の 2 点で減衰定数 1%に一致するよう設定する。



(a) 全体図



(b) 配管トレンチ (T21) 周辺拡大図

図 3-7 配管トレンチ (T21) の地震応答解析モデル

3.4.2 材料の物性値

配管トレンチ(T21)の地震応答解析に用いる材料の物性値を表 3-1 に示す。

表 3-1 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	24.5	2.43×10 ⁴	0.2	3

3.4.3 地盤の物性値

地盤の物性値を表 3-2 に、液状化強度特性を図 3-8 に、地盤改良に用いる置換コンクリートの設計基準強度を表 3-3 に示す。

地盤改良範囲の要素は、久米層(Km1)以上の動せん断弾性係数 G_0 を持つコンクリートで地盤を改良するため、当該要素を、米層(Km1)でモデル化している。

表 3-2 地盤の物性値

標高 T.P. (m)	地名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	ポアソン比 ν	動せん断 弾性係数 G_0 (MN/m ²)
6.9					
0.85	埋土	B	1.76	0.22	75.3
-10.0	米層	Km1	1.77	0.455	428
-62.0		Km2	1.77	0.455	466

表 3-3 置換コンクリートの設計基準強度

	設計基準強度 (N/mm ²)
置換コンクリート	18