

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 19 R0
提出年月日	令和 3 年 2 月 2 日

設工認に係る補足説明資料

【3次元FEMモデルによる地震応答解析】

目 次

1. 検討概要	1
1.1 構造概要	1
1.2 3次元 FEM モデルによる耐震性評価の方針	10
2. 建屋 3次元 FEM モデルの構築	12
2.1 燃料加工建屋の 3次元 FEM モデル	12
2.2 固有値解析	14
3. 3次元 FEM モデルによる評価	17
3.1 地震応答解析の概要	17
3.2 建屋応答性状の把握	22
3.3 建屋耐震評価への影響検討	42
3.4 床応答への影響検討	66
4. まとめ	70

1. 検討概要

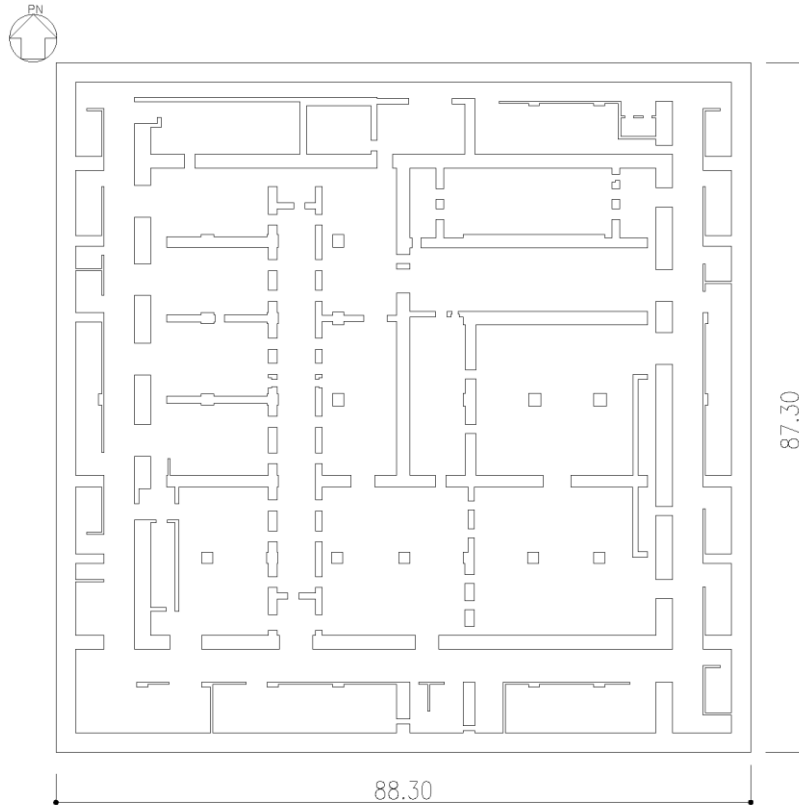
建屋の 3 次元的応答性状の把握及び質点系モデルによる地震応答解析の妥当性の確認の観点から、燃料加工建屋について 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を行い、建屋の局所的な応答を検討する。また、3 次元 FEM モデルによる挙動が、建屋及び機器・配管系の有する耐震性に及ぼす影響を検討する。

1.1 構造概要

本建屋は、地下3階、地上2階建て、主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で87.30m(NS)×88.30m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端から45.97mである。

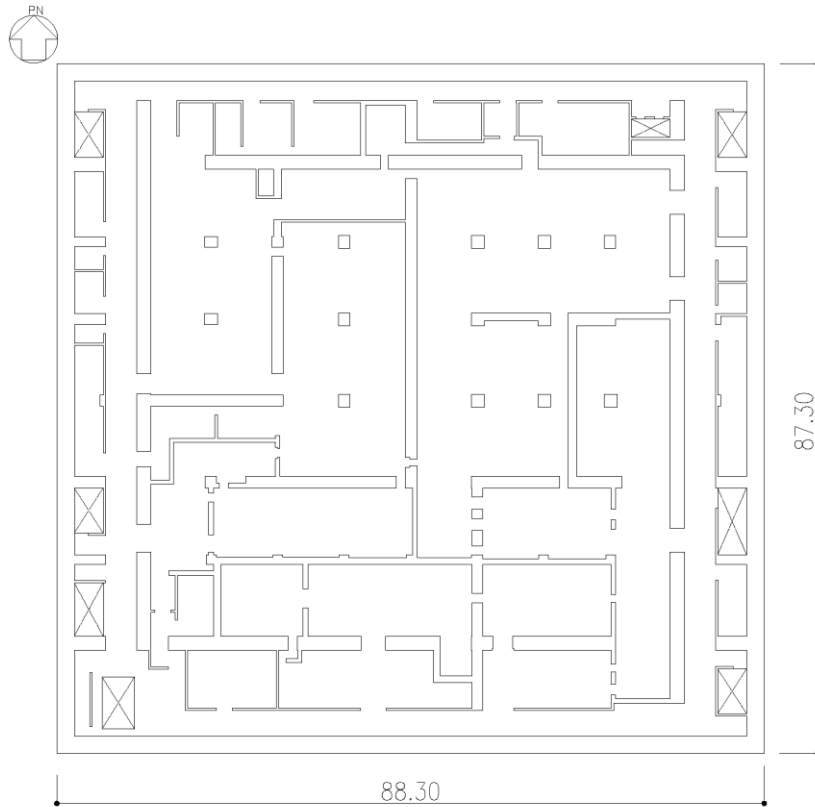
本建屋の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

燃料加工建屋の概略平面図を第1.1-1図に、概略断面図を第1.1-2図に示す。



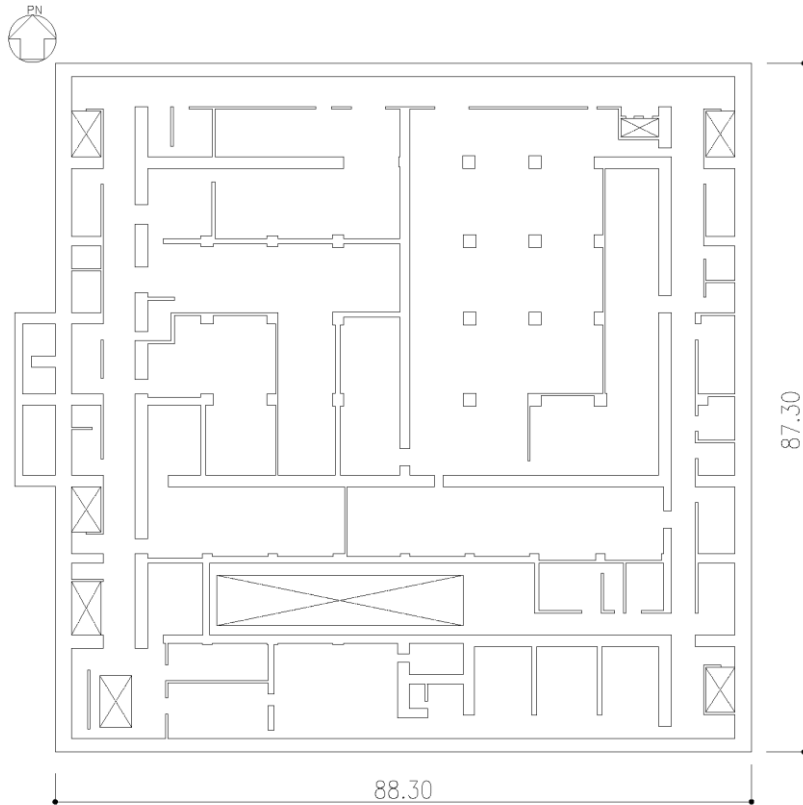
(単位：m)
 注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T.M.S.L. 35.00m) (1/7)



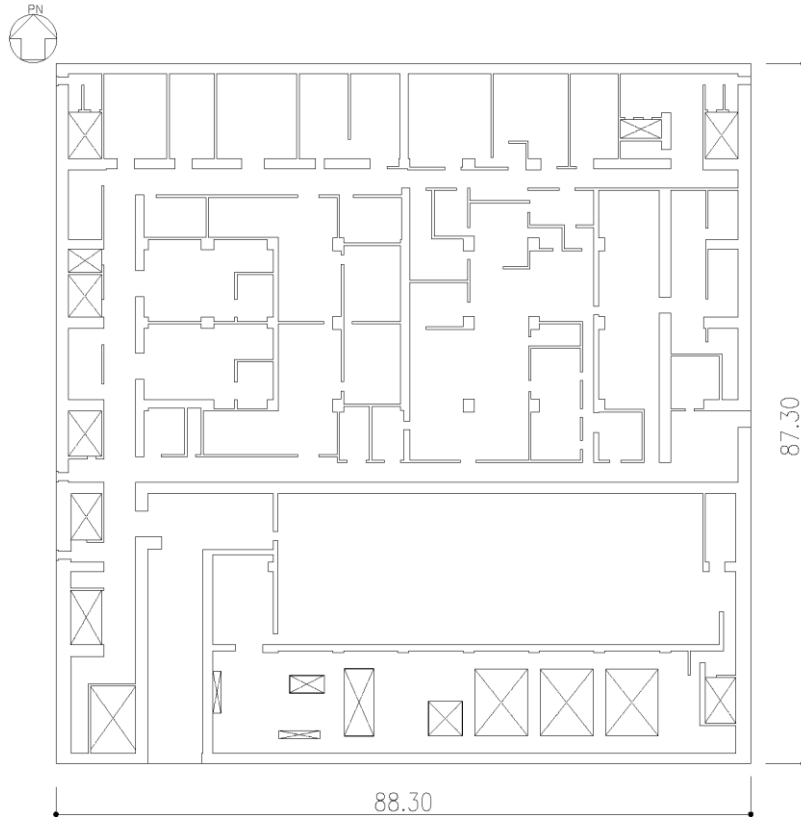
(単位：m)
 注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T. M. S. L. 43.20m) (2/7)



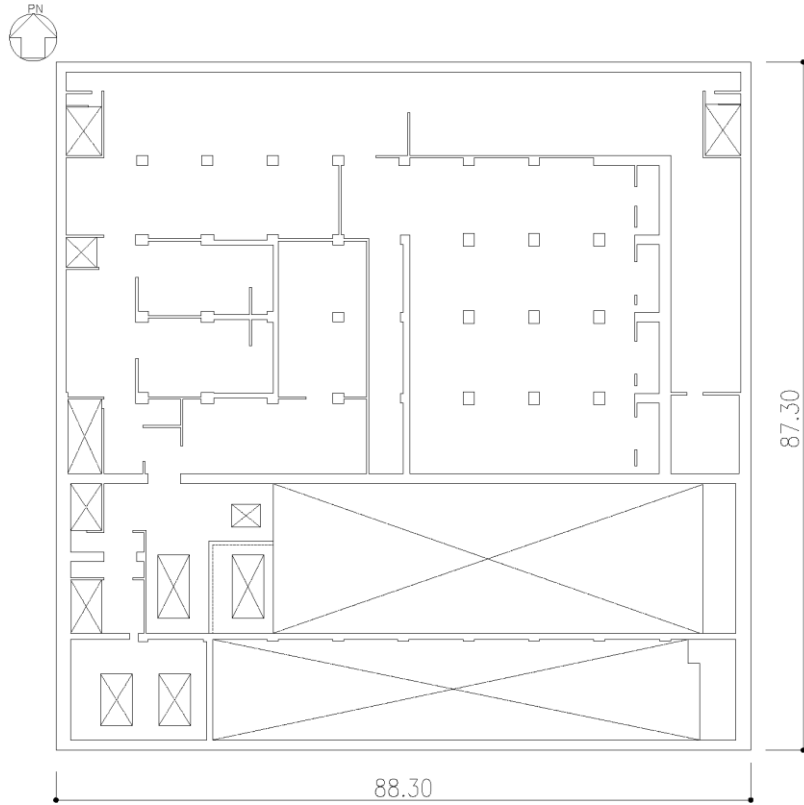
(単位：m)
 注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T.M.S.L. 50.30m) (3/7)



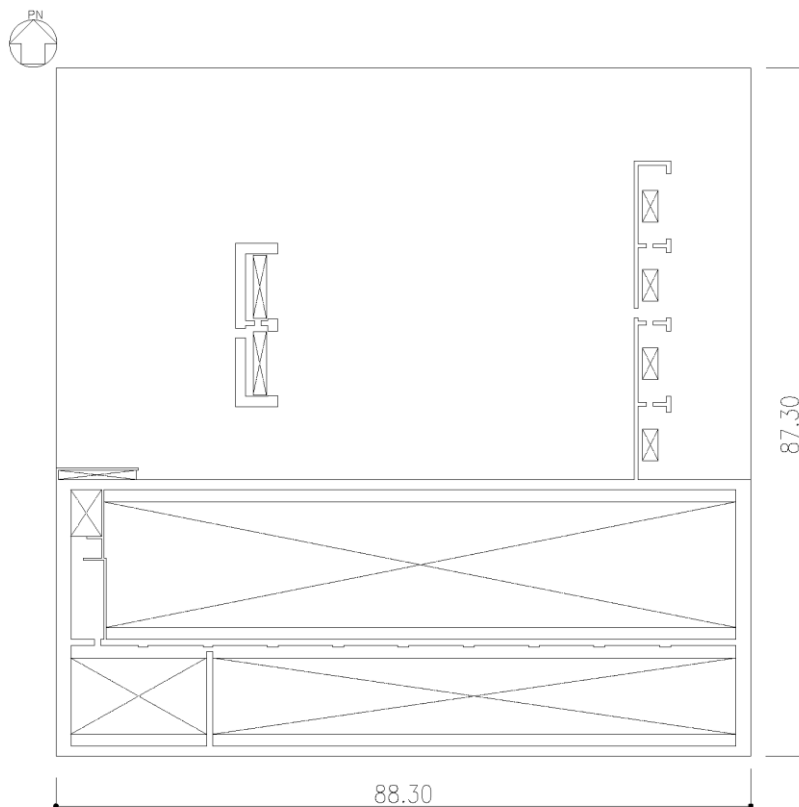
(単位：m)
 注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T.M.S.L. 56.80m) (4/7)



(単位：m)
 注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

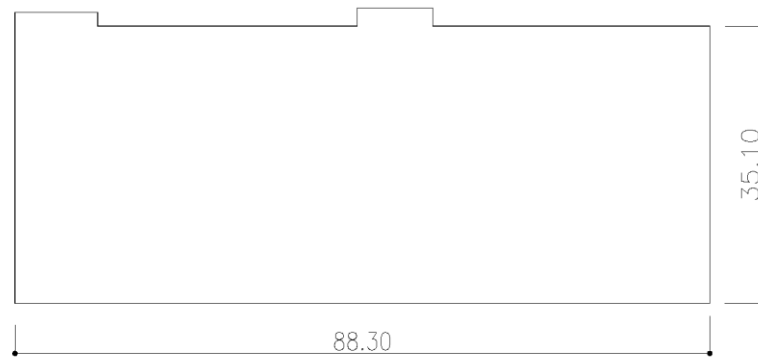
第 1.1-1 図 概略平面図 (T.M.S.L. 62.80m) (5/7)



(単位：m)

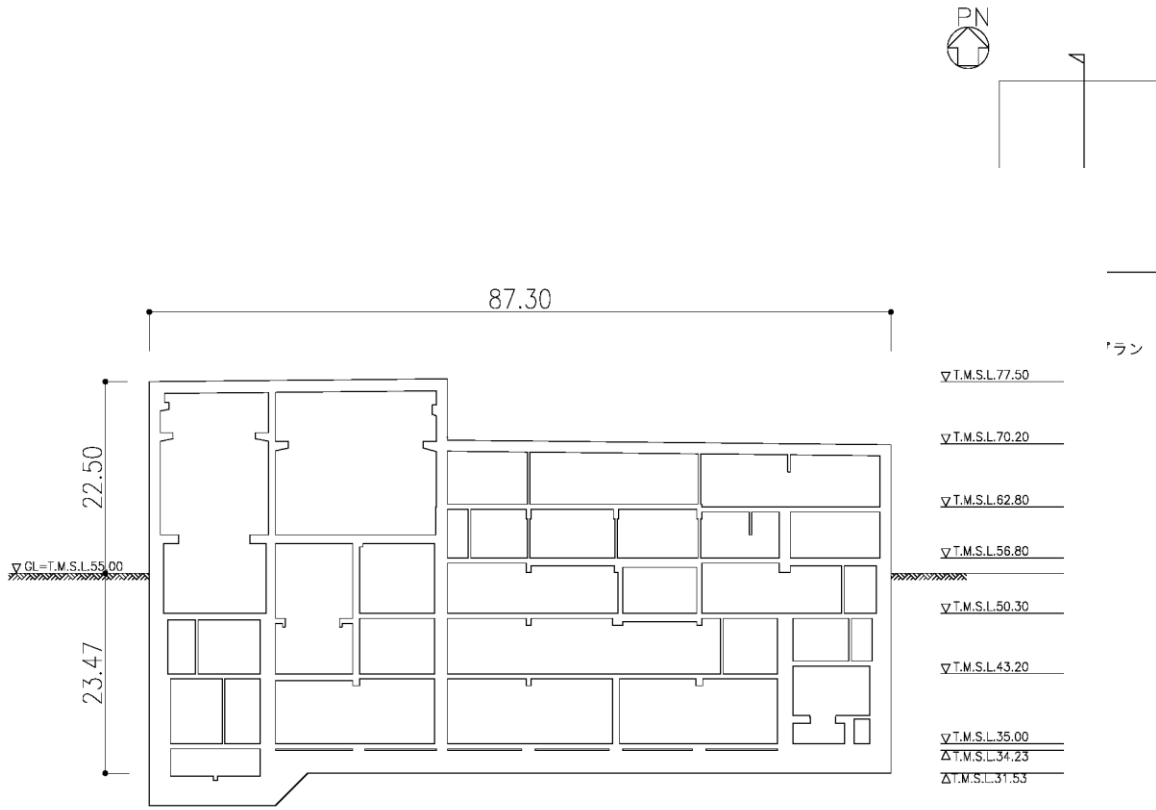
注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T. M. S. L. 70.20m) (6/7)



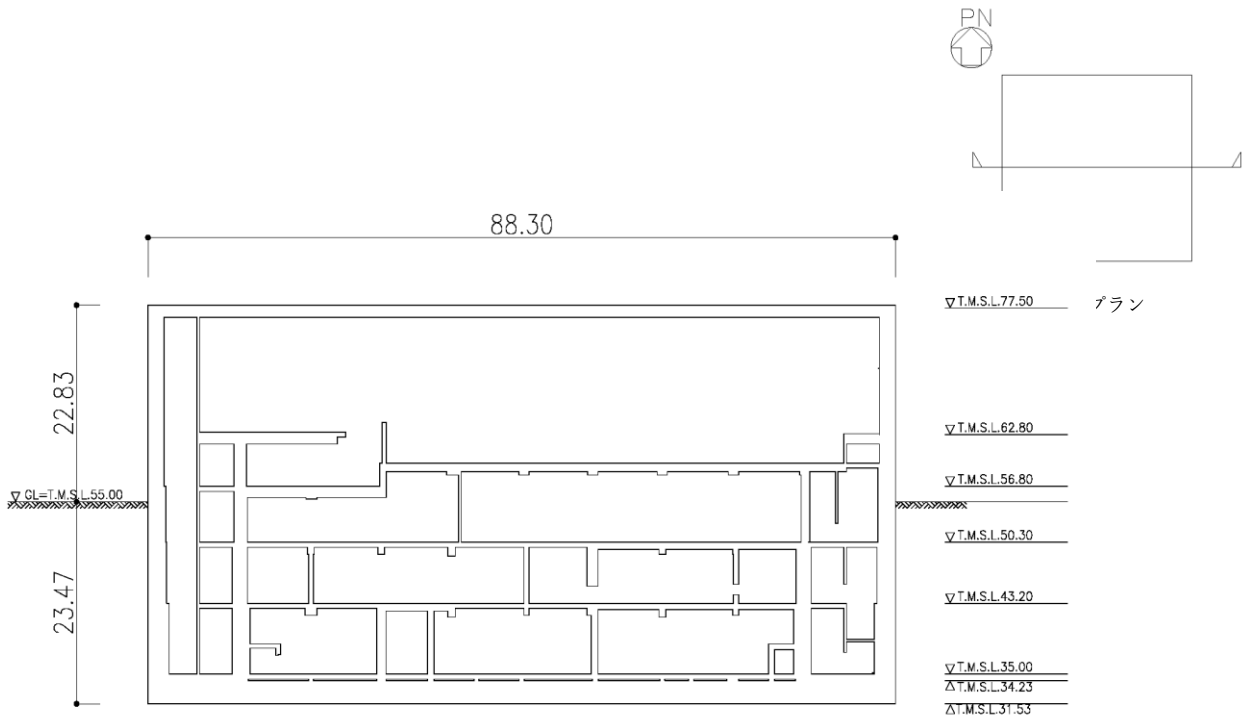
(単位：m)
注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 1.1-1 図 概略平面図 (T. M. S. L. 77.50m) (7/7)



(a) NS 方向

(単位 : m)



(b) EW 方向

(単位 : m)

第 1.1-2 図 概略断面図

1.2 3次元 FEM モデルによる耐震性評価の方針

燃料加工建屋について 3 次元 FEM モデルを構築し、固有値解析や地震応答解析の結果から、同モデルの妥当性を確認する。その上で、3 次元的な応答特性を把握する。また、弾性設計用地震動 Sd による地震応答解析を行い、建屋の平均的な応答や局所的な応答を把握する。更に、3 次元的な応答特性から建屋及び機器・配管系の耐震評価への影響を確認する。

解析モデルのケースを第 1.2-1 表に示す。解析モデルのケースは、床の柔性、地盤のモデル化及びコンクリート剛性を変動要因とする以下の 4 ケースとした。

第 1.2-1 表 解析モデルのケース

モデルケース	床のモデル化	地盤のモデル化	コンクリート剛性
建屋模擬モデル	床柔	相互作用考慮	実強度
比較用モデル 1	床柔	基礎下鉛直方向拘束	実強度
比較用モデル 2	床剛	相互作用考慮	実強度
質点系対応モデル	床剛	相互作用考慮	設計基準強度

建屋模擬モデルは、床の柔性を考慮し、地盤のモデル化に相互作用を考慮し、コンクリート強度として実強度を用いることで、建屋の実状を模擬したモデルとしている。なお、コンクリートの実強度については、燃料加工建屋における既認可での使用前検査の実績であるコンクリートの圧縮強度試験結果を踏まえた値とする。

比較用モデル 1 は建屋模擬モデルにおける地盤のモデル化「相互作用考慮」を「基礎下鉛直方向拘束」に変更している。

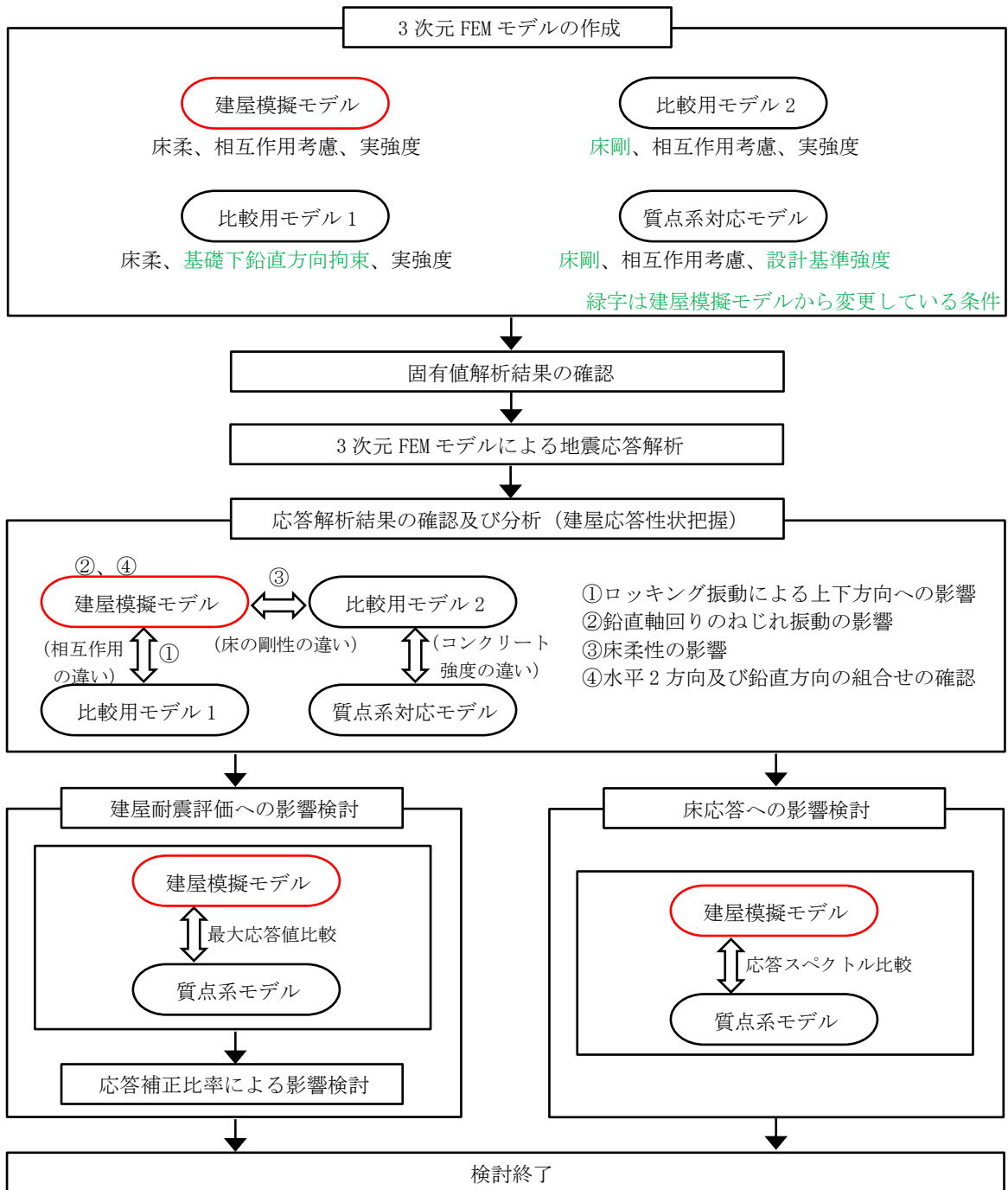
比較用モデル 2 は建屋模擬モデルにおける床のモデル化「床柔」を「床剛」に変更している。

質点系対応モデルは比較用モデル 2 のコンクリート剛性の「実強度」を「設計基準強度」に変更することにより、「床剛、相互作用考慮、設計基準強度」の組合せとなり、質点系モデルに対応したモデルとなっている。

これら 4 ケースについて、固有値解析及び地震応答解析を実施し、その結果を比較することにより、全体的な 3 次元的応答特性、ロッキング振動の影響、ねじれの影響及び床の剛性の影響について検討を実施する。

3 次元 FEM モデルによる耐震性評価フローを第 1.2-1 図に示す。

解析には「MSC Nastran ver. 2012. 1. 0」を用いる。



○ : 検討対象モデル

第 1.2-1 図 3次元 FEM モデルによる耐震評価フロー

2. 建屋 3次元 FEM モデルの構築

2.1 燃料加工建屋の 3次元 FEM モデル

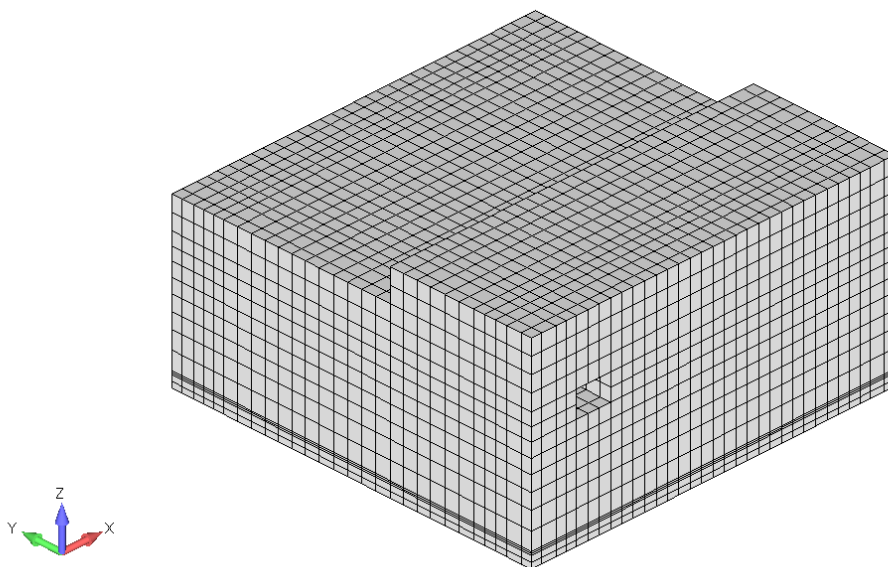
燃料加工建屋の 3次元 FEM モデルを構築する。解析モデルを第 2.1-1 図に示す。

壁及び床はシェル要素，柱及び梁は梁要素，基礎はソリッド要素とする。解析モデルの節点数は 11341，要素数は 11842 である。要素の大きさは，質点系モデルの質点位置と対応する位置に節点を設け，高さ方向及び水平方向で 2～3m 程度とする。

使用材料及び地盤の物性値をそれぞれ第 2.1-1 表及び第 2.1-2 表に示す。コンクリート強度は，建屋模擬モデル，比較用モデル 1 及び比較用モデル 2 に対しては実強度を，質点系対応モデルに対しては，設計基準強度を用いるものとする。

荷重については，固定荷重，積載荷重，積雪荷重及び機器・配管荷重を考慮する。各部について，質点系モデルの質量と整合するよう質量を調整する。

建屋－地盤の相互作用は，添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における質点系モデルの弾性設計用地震動 S_d での基礎底面地盤ばね及び側面地盤ばねと整合するよう地盤をばね要素でモデル化することで考慮する。基礎底面地盤ばねについては，質点系モデルで考慮したスウェイ，ロックンク及び鉛直ばねの値をもとに，3次元 FEM モデルの基礎底面の各節点位置に支配面積に応じて離散化する。ただし，鉛直ばねのうち水平方向加振用は，基礎底面回転ばねをもとに設定する。側面の地盤ばねについては，質点系モデルで考慮している側面水平ばねの値をもとに，各質点レベルに対応する各節点位置に要素面積に応じて離散化する。



第 2.1-1 図 解析モデル

第 2.1-1 表 使用材料の物性値

部位		単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート部	設計基準強度	24.0	2.44×10^4	3.0
	実強度	24.0	2.77×10^4	3.0

第 2.1-2 表 地盤の物性値

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h
造成盛土	*1	*2	*2	*3
48.6				
六ヶ所層	17.0	*4	*4	*5
▽基礎スラブ底面				
31.53	15.7	580	1710	0.03
23.0	15.3	740	1870	
鷹架層				
-18.0	17.4	890	2030	
▽解放基盤表面				
-70.0	18.1	930	2050	

*1：造成盛土の単位体積重量 γ_t は $\gamma_t = 16.3 + 0.0324D_p$ (kN/m³) から設定する。

ここで、 D_p は地表面からの深さ (m) を示す。

*2：造成盛土の速度構造 V_s 、 V_p は初期せん断剛性 $G_0 = 32400 + 4020D_p$ (kN/m²) 及び剛性低下率

$G/G_0 = 1/(1 + 9.27\gamma^{0.992})$ から、下式にて設定する。

$$V_s = \sqrt{(G/\gamma_t) \times g}, \quad V_p = \sqrt{(G/\gamma_t) \times g \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$$

ここで、 γ は造成盛土のせん断ひずみを示す。

また、 ν は造成盛土のポアソン比を示し、 $\nu = 0.42$ である。

*3：造成盛土の減衰定数はひずみ依存特性を考慮し、下式にて設定する。

$$h = \gamma / (0.0438\gamma + 0.0150) + 1.74$$

ここで、 γ は造成盛土のせん断ひずみを示す。

*4：六ヶ所層の速度構造 V_s 、 V_p は初期せん断剛性 $G_0 = 303000$ (kN/m²) 及び剛性低下率

$G/G_0 = 1/(1 + 5.91\gamma^{0.758})$ から、下式にて設定する。

$$V_s = \sqrt{(G/\gamma_t) \times g}, \quad V_p = \sqrt{(G/\gamma_t) \times g \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$$

ここで、 γ は六ヶ所層のせん断ひずみを示す。

また、 ν は六ヶ所層のポアソン比を示し、 $\nu = 0.41$ である。

*5：六ヶ所層の減衰定数はひずみ依存特性を考慮し、下式にて設定する。

$$h = \gamma / (0.0829\gamma + 0.00582) + 1.18$$

ここで、 γ は六ヶ所層のせん断ひずみを示す。

2.2 固有値解析

建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮，実強度），比較用モデル1（床柔，基礎下鉛直方向拘束，実強度），比較用モデル2（床剛，相互作用考慮，実強度）及び質点系対応モデル（床剛，相互作用考慮，設計基準強度）の4つの解析モデルケースについて，固有値解析を実施した。

各モデルの固有値解析結果を第2.2-1表に示す。また，質点系モデルと建屋模擬モデルの1次の固有モード図を第2.2-2表に示す。

建屋模擬モデルと比較用モデル1とでは，モデル設定において，鉛直方向の建屋－地盤相互作用の考慮の有無に差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると，建屋－地盤相互作用を考慮した建屋模擬モデルの方が，比較用モデル1よりも固有振動数が小さくなる傾向である。

建屋模擬モデルと比較用モデル2とでは，モデル設定において，床を柔とするか剛とするかに差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると，床を剛とした比較用モデル2の方が建屋模擬モデルよりも固有振動数が大きくなる傾向である。

比較用モデル2と質点系対応モデルとでは，モデル設定において，コンクリートの強度に差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると，コンクリートの強度を設計基準強度とした質点系対応モデルの方が比較用モデル2よりも固有振動数が小さくなる傾向である。

上記のモデル設定の差と固有値解析で得られた固有振動数の関係については，工学的に類推される結果と対応しており，各モデルの設定は妥当なものと考えられる。

第 2.2-1 表 固有値解析結果

方向	振動数 (Hz)				
	建屋模擬 モデル	比較用 モデル 1	比較用 モデル 2	質点系対応 モデル	質点系 モデル
NS	3.15	3.42	3.33	3.29	3.24
EW	3.18	3.45	3.36	3.32	3.28
UD	4.90	-	5.05	5.02	5.02

第 2.2-2 表 質点系モデル及び 3 次元 FEM モデルのモード比較

方向	質点系モデル	建屋 3 次元 FEM モデル
NS	<p>T.M.S.L. (m)</p> <p>77.50m</p> <p>70.20m</p> <p>62.80m</p> <p>56.80m</p> <p>50.30m</p> <p>43.20m</p> <p>35.00m</p> <p>34.23m</p> <p>31.53m</p> <p>3.24Hz</p>	<p>3.15Hz</p>
EW	<p>T.M.S.L. (m)</p> <p>77.50m</p> <p>70.20m</p> <p>62.80m</p> <p>56.80m</p> <p>50.30m</p> <p>43.20m</p> <p>35.00m</p> <p>34.23m</p> <p>31.53m</p> <p>3.28Hz</p>	<p>3.18Hz</p>
UD	<p>T.M.S.L. (m)</p> <p>77.50m</p> <p>70.20m</p> <p>62.80m</p> <p>56.80m</p> <p>50.30m</p> <p>43.20m</p> <p>35.00m</p> <p>34.23m</p> <p>31.53m</p> <p>5.02Hz</p>	<p>4.90Hz</p>

3. 3次元FEMモデルによる評価

3.1 地震応答解析の概要

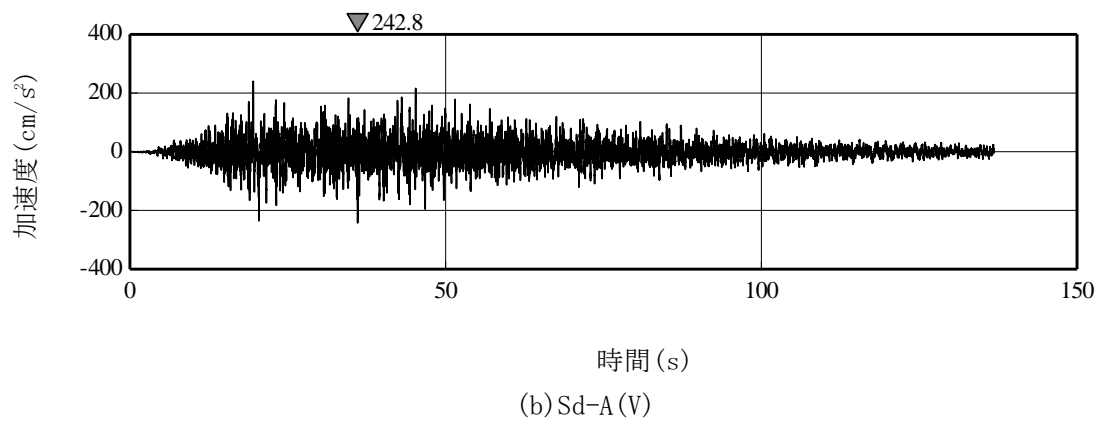
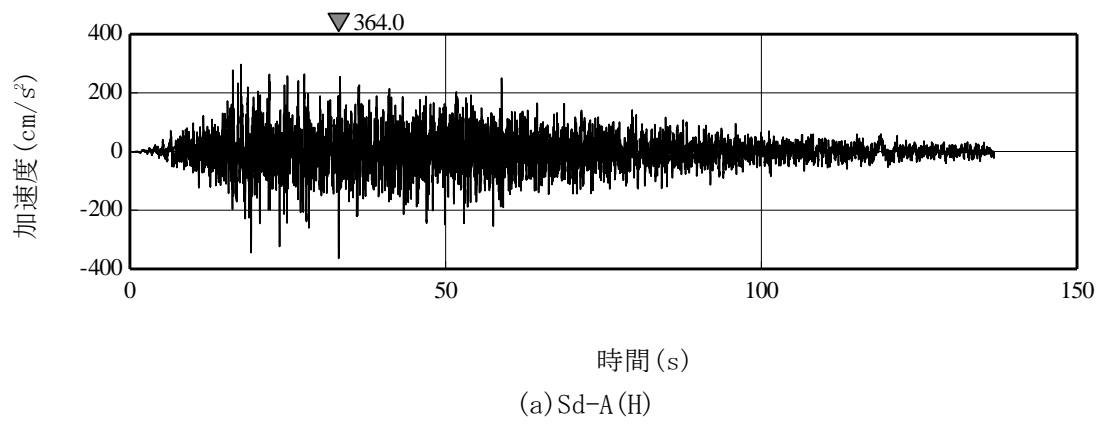
燃料加工建屋の3次元的な応答性状を把握し、それらが建屋耐震評価及び床応答へ及ぼす影響を検討するため、建屋模擬モデル（床柔、相互作用考慮、実強度）、比較用モデル1（床柔、基礎下鉛直方向拘束、実強度）、比較用モデル2（床剛、相互作用考慮、実強度）、質点系対応モデル（床剛、相互作用考慮、設計基準強度）の4つの3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動Sdに対する地震応答解析を実施する。

3次元FEMモデルによる地震応答解析は周波数応答解析とし、弾性応答解析としていることから、地震動は弾性設計用地震動Sdの内、広帯域に周期成分を持つSd-Aを用いる。ただし、「3.3 (3) 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討」においては、建屋への影響の大きいSd-C1を用いることとする。これらの地震動に対する建屋基礎底面及び側面地盤ばねレベルでの地盤の応答を、地盤ばねを介して入力し、3次元的な応答性状の把握を行う。

入力地震動Sd-Aの加速度時刻歴波形を第3.1-1図に、加速度応答スペクトルを第3.1-2図に示す。

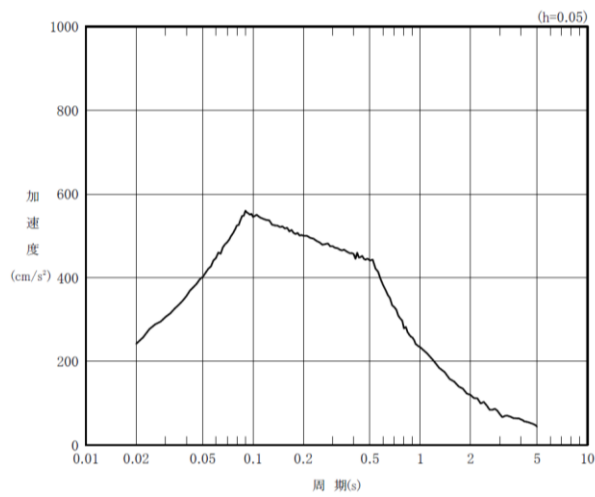
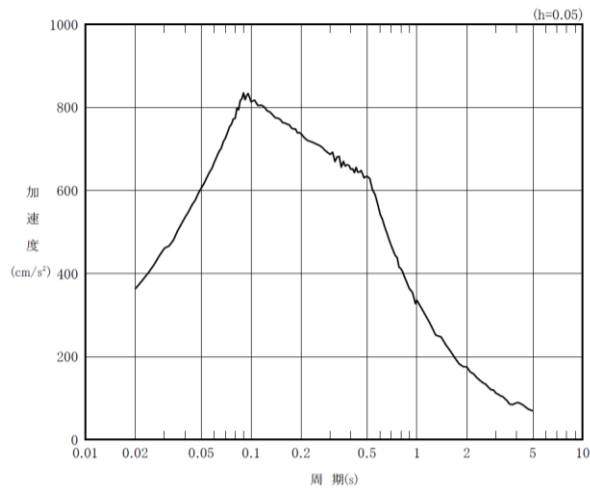
3次元FEMモデルによる地震応答解析は、NS方向、EW方向及び鉛直方向の各々に対して行う。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認する際には、各方向に入力して得られた各成分の応答を時刻歴で足し合わせるにより算出する。

3次元FEMモデルの応答評価位置を第3.1-3図、3次元FEMモデルの評価点に対応する質点系モデルの質点を第3.1-4図に示す。



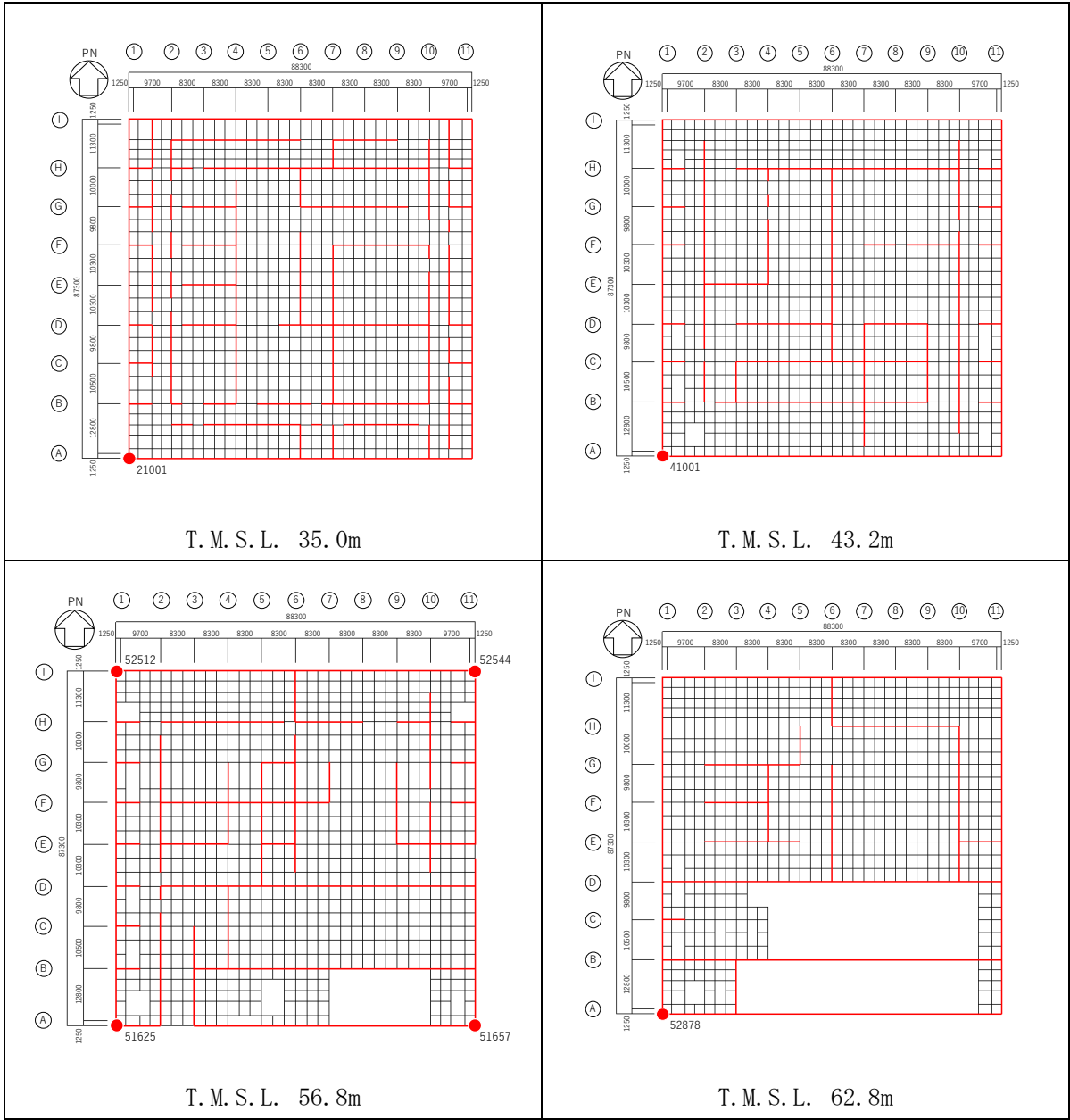
注記：「H」は水平方向、「V」は鉛直方向を示す。

第 3. 1-1 図 弾性設計用地震動 Sd-A の加速度時刻歴波形



注記：「H」は水平方向，「V」は鉛直方向を示す。

第 3.1-2 図 弾性設計用地震動 Sd-A の加速度応答スペクトル



第 3. 1-3 図 応答評価位置

(単位：m)

T.M.S.L. 77.50

T.M.S.L. 70.20

T.M.S.L. 62.80

T.M.S.L. 56.80

T.M.S.L. 50.30

T.M.S.L. 43.20

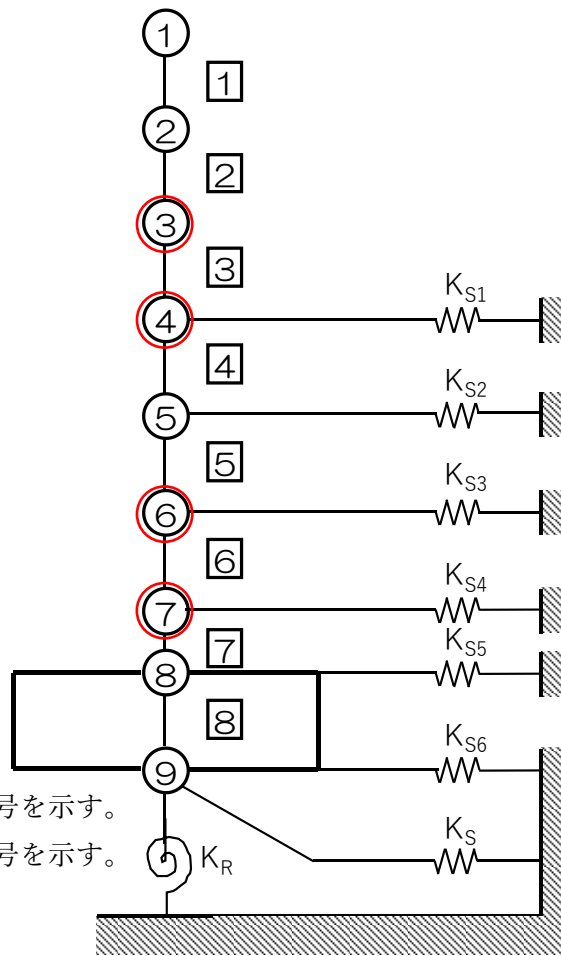
T.M.S.L. 35.00

T.M.S.L. 34.23

T.M.S.L. 31.53

注記 1：○数字は質点番号を示す。

注記 2：□数字は要素番号を示す。



○：対応質点

第 3.1-4 図 3次元 FEM モデルの評価点に対応する質点系モデルの質点

3.2 建屋応答性状の把握

建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮，実強度），比較用モデル1（床柔，基礎下鉛直方向拘束，実強度）及び，比較用モデル2（床剛，相互作用考慮，実強度）の3つの3次元FEMモデルを用いて，第1.2-1図の評価フローに基づき，建屋応答性状の把握を行う。

具体的には，以下の(1)～(4)の応答性状について，分析・考察する。

- (1) 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響：建屋模擬モデルー比較用モデル1間で比較
- (2) 鉛直軸回りのねじれ振動の影響：建屋模擬モデルの加振方向及び直交方向の応答で比較
- (3) 床柔性の影響：建屋模擬モデルー比較用モデル2間で比較
- (4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響：建屋模擬モデルの水平1方向入力と3方向入力で比較

(1) 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響

基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響については，ロッキング振動を考慮している建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮，実強度）及びロッキング振動を考慮していない比較用モデル1（床柔，基礎下鉛直方向拘束，実強度）の鉛直方向応答を比較することで検討する。鉛直方向の応答を比較するため，地震動は弾性設計用地震動 Sd-A を水平1方向及び鉛直方向に入力する。

応答比較に用いる評価点はロッキング振動の影響が出やすいと考えられる建屋端部の評価点 No. 21001 (T. M. S. L. 35.0m) を抽出した。評価点 No. 21001 は，ロッキング振動の影響が現れる部位であり，比較用モデル1は基礎下鉛直方向を拘束しているため，基礎のロッキング振動は発生しないことから，建屋模擬モデルと比較用モデル1を比較することにより，基礎のロッキング振動の影響について考察する。

評価結果を第3.2-1表に示す。

第3.2-1表より，建屋模擬モデル及び比較用モデル1の応答を比較すると，建屋模擬モデルでは端部の応答がやや大きいことから，建屋模擬モデルを検討対象モデルとすることは保守的である。

第 3.2-1 表 建屋模擬モデル及び比較用モデル 1 の鉛直方向応答 (h=3%)

T. M. S. L. 35.0m No. 21001		
	<p>NS+鉛直 方向 加振時 鉛直応答</p>	<p style="text-align: right;">— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 1</p>
	<p>EW+鉛直 方向 加振時 鉛直応答</p>	<p style="text-align: right;">— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 1</p>

(2) 鉛直軸回りのねじれの影響

鉛直軸回りのねじれの影響は、建屋模擬モデル（床柔、相互作用考慮、実強度）を用いた地震応答解析により確認する。

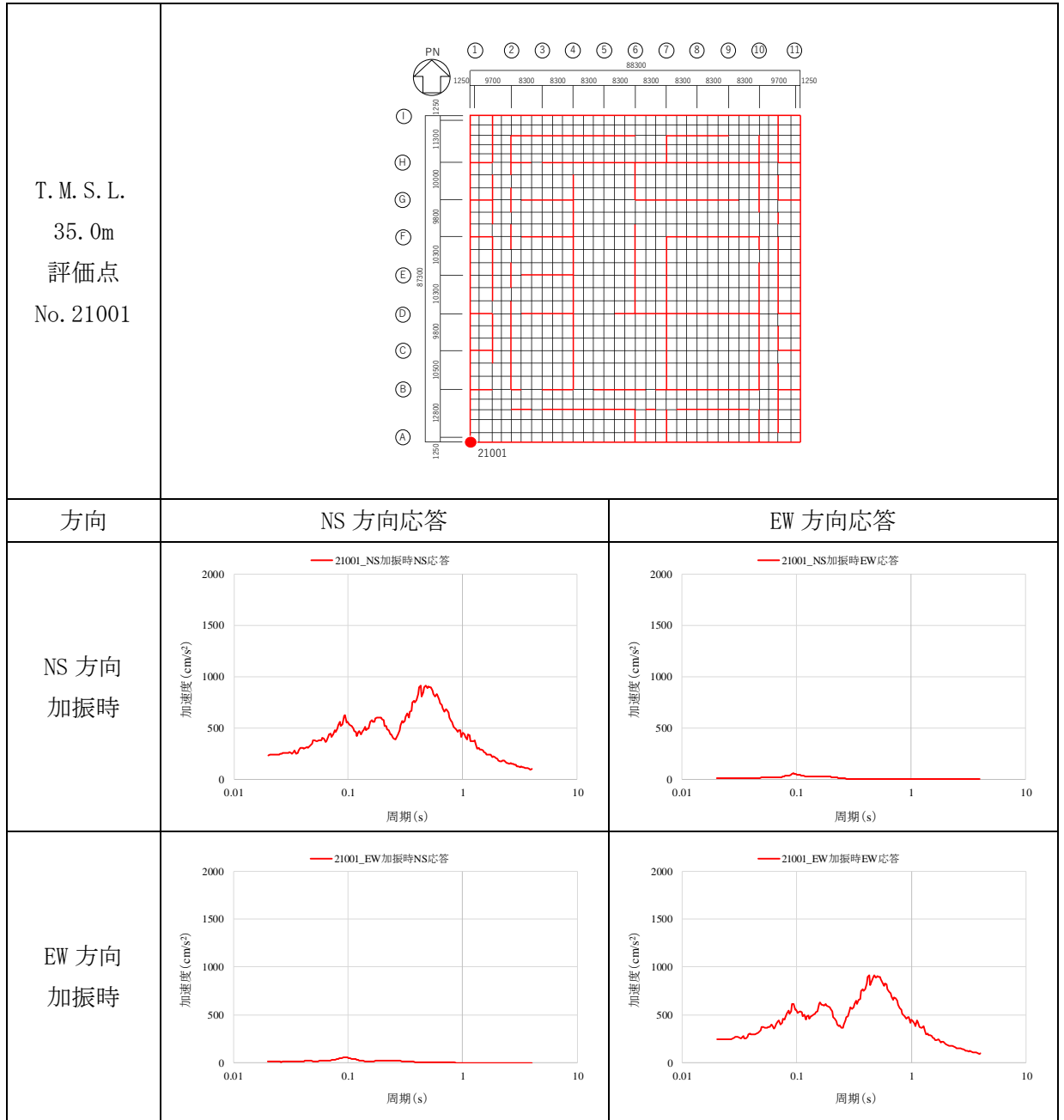
応答比較に用いる評価点は、No. 21001 (T. M. S. L. 35.0m), No. 41001 (T. M. S. L. 43.2m), No. 51625 (T. M. S. L. 56.8m), No. 52878 (T. M. S. L. 62.8m) とし、弾性設計用地震動Sd-Aを水平1方向に入力し、加振方向と加振直交方向の応答を比較検討する。

評価結果を第 3.2-2 表に示す。

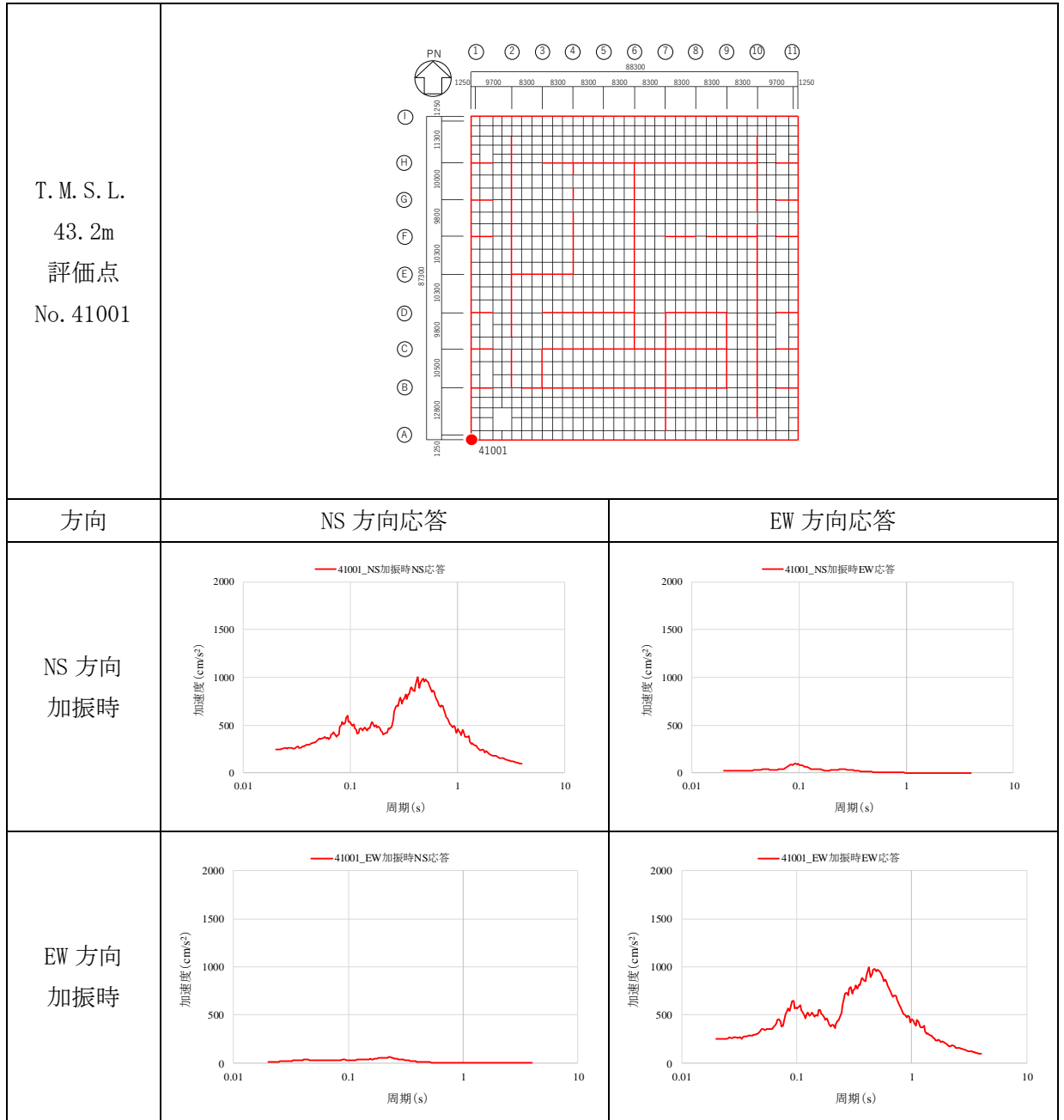
第 3.2-2 表より、選定した評価点において、加振直交方向の応答は発生しているものの加振方向の応答と比較して小さくなっている。したがって、水平 1 方向入力を考慮する場合、加振方向の応答に対して設計を行えば、耐震安全性上問題にはならないと考えられるが、水平 2 方向の入力を考えた場合ねじれ応答の影響による応答が増幅する可能性がある。

以上より、水平 2 方向の入力によるねじれ応答の影響は「(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響」において確認する。

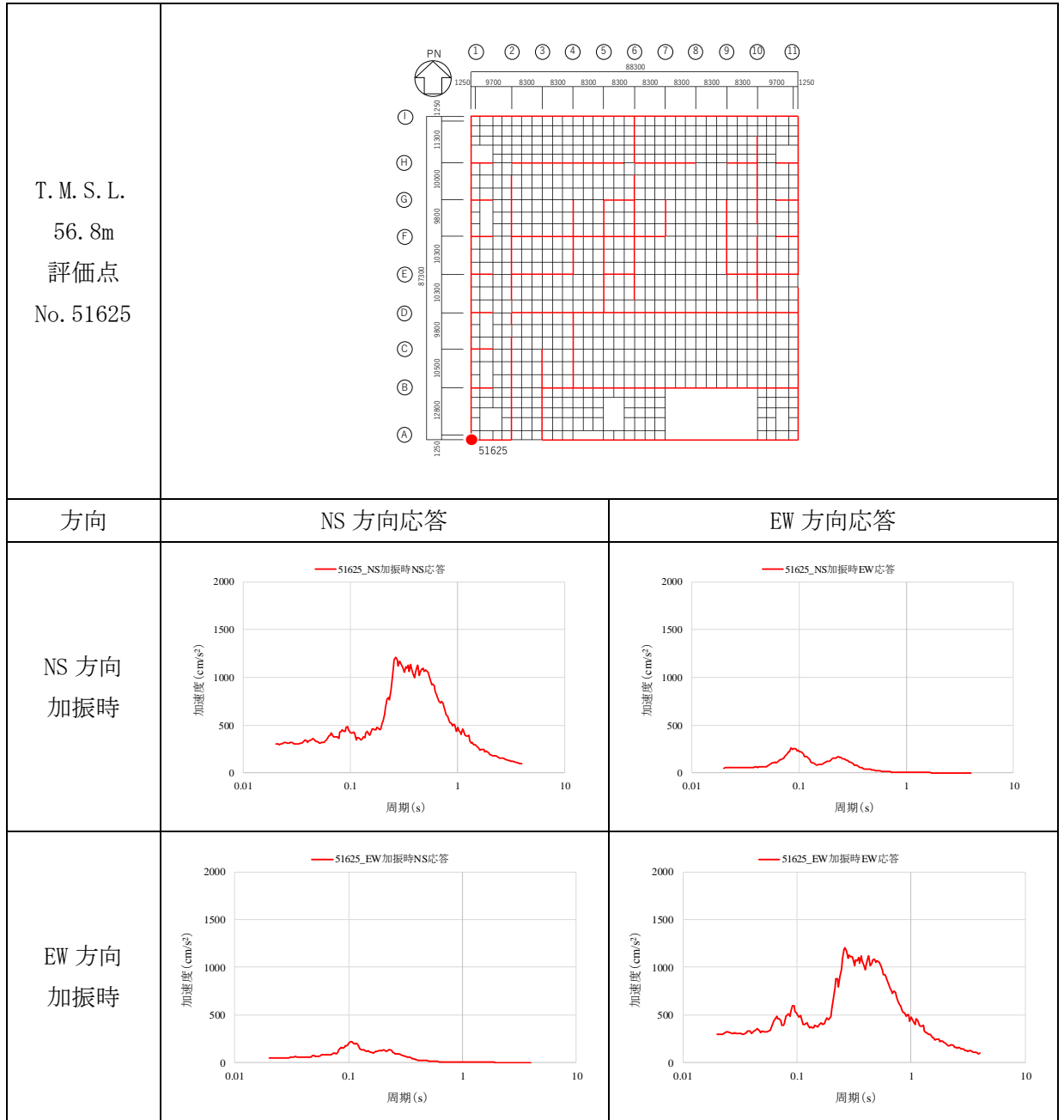
第 3.2-2 表 建屋 3 次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較 (h=3%) (1/4)



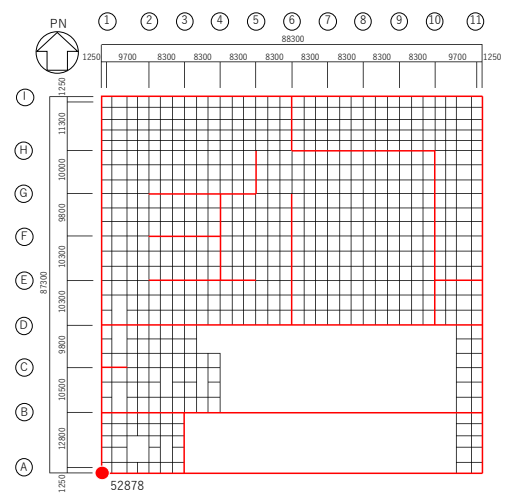
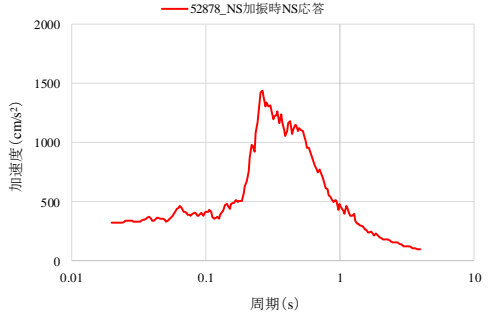
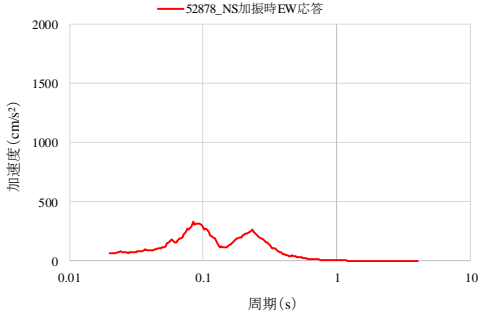
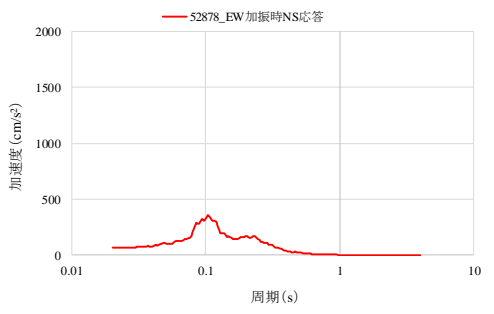
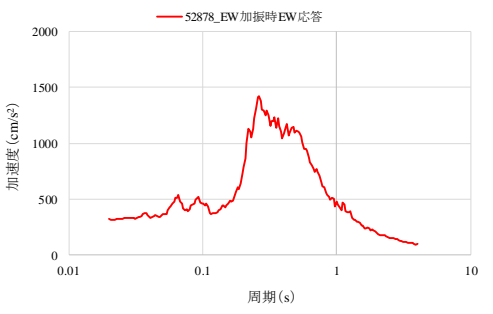
第 3.2-2 表 建屋 3 次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較 (h=3%) (2/4)



第 3.2-2 表 建屋 3 次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較 (h=3%) (3/4)



第 3.2-2 表 建屋 3 次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較 (h=3%) (4/4)

<p>T. M. S. L. 62.8m 評価点 No. 52878</p>		
<p>方向</p>	<p>NS 方向応答</p>	<p>EW 方向応答</p>
<p>NS 方向 加振時</p>		
<p>EW 方向 加振時</p>		

(3) 床柔性の影響

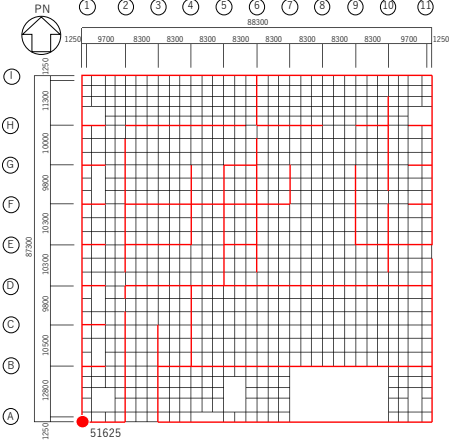
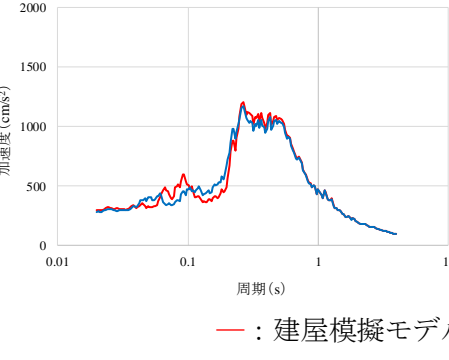
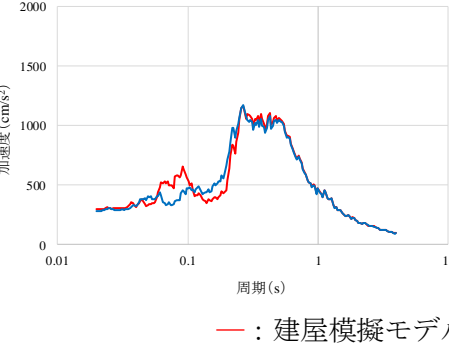
床柔性の影響は、建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮，実強度）と床を剛とした比較用モデル2（床剛，相互作用考慮，実強度）を比較することにより確認する。

応答比較に用いる評価点は，1階床面である T.M.S.L. 56.8m の建屋四隅について，弾性設計用地震動 Sd-A を水平 1 方向に入力した際の応答を比較する。

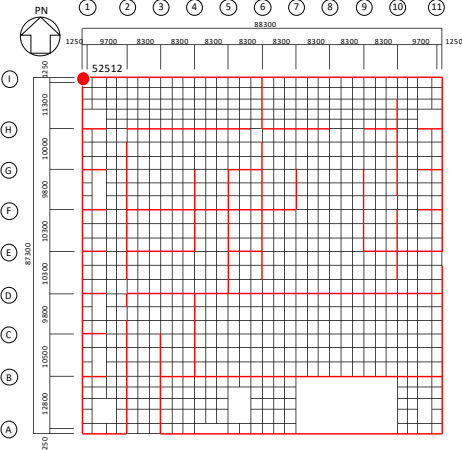
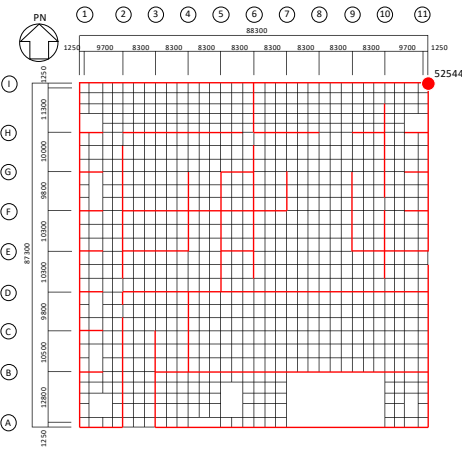
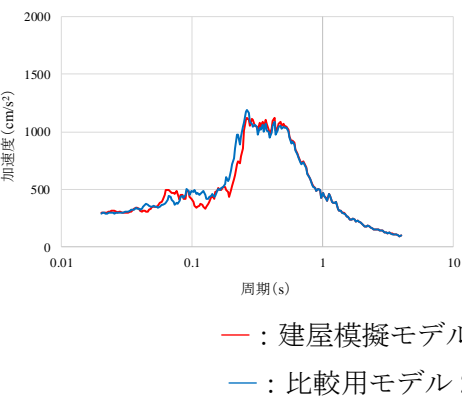
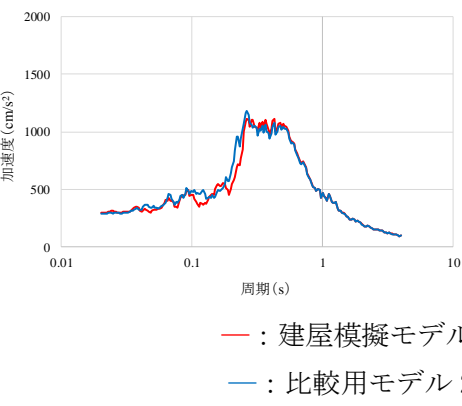
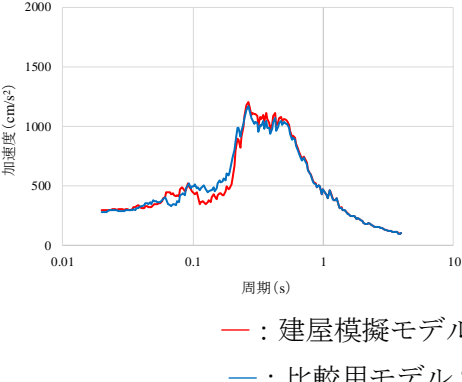
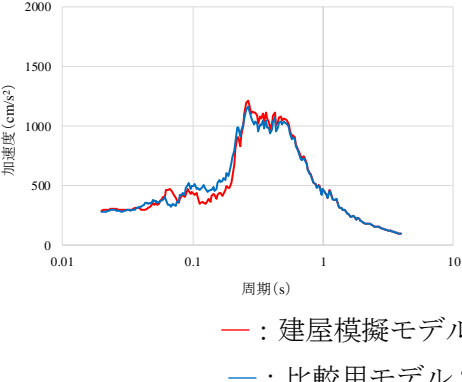
評価結果を第 3.2-3 表に示す。

第 3.2-3 表より，選定した評価点において，建屋模擬モデル及び比較用モデル 2 を比較すると，概ね同等であることから，建屋模擬モデルを検討対象とすることは妥当である。

第 3. 2-3 表 建屋模擬モデルと比較用モデル 2 の応答比較 (h=3%) (1/2)

評価点	T. M. S. L. 56.8m 南西 No. 51625	T. M. S. L. 56.8m 南東 No. 51657
	NS 方向 加振時 NS 方向応答	
EW 方向 加振時 EW 方向応答	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>

第 3. 2-3 表 建屋模擬モデルと比較用モデル 2 の応答比較 (h=3%) (2/2)

	T. M. S. L. 56.8m 北西 No. 52512	T. M. S. L. 56.8m 北東 No. 52544
評価点		
NS 方向 加振時 NS 方向応答	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>
EW 方向 加振時 EW 方向応答	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>	 <p>— : 建屋模擬モデル — : 比較用モデル 2</p>

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響

a. 地震動の入力方法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として、建屋模擬モデルに弾性設計用地震動 S_d を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した場合について検討する。

地震動の組合せを第 3.2-4 表に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討は、弾性設計用地震動 S_d を水平 2 方向及び鉛直方向に組み合わせた地震力に対して実施する。具体的には、弾性設計用地震動 S_d-A を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した検討を実施する。

ただし、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的ではないことから、弾性設計用地震動 S_d-A については、水平 2 方向の地震動のうち 1 方向は弾性設計用地震動 $S_d-A(H)$ (ここで、水平方向の地震動は $S_d-A(H)$ 、鉛直方向の地震動は $S_d-A(V)$ とする。)を入力し、直交する方向は弾性設計用地震動 $S_d-A(H)$ の設計用応答スペクトルには適合するが、 $S_d-A(H)$ とは位相特性の異なる模擬地震波を入力する。鉛直方向の地震動は、弾性設計用地震動 $S_d-A(V)$ を入力する。

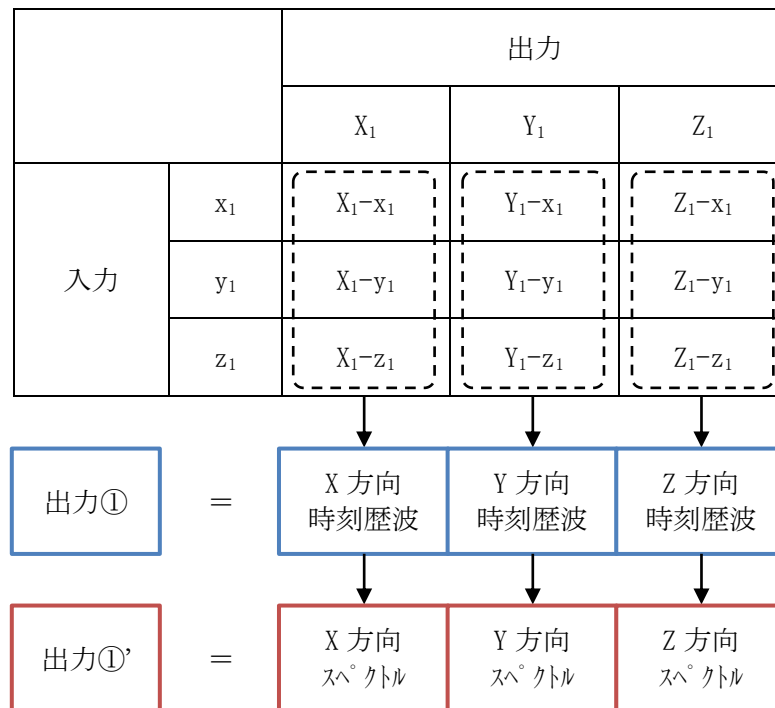
各方向への入力地震動に対して算出された各成分の応答を時刻歴で足し合わせることで、水平 2 方向及び鉛直方向の地震動に対する方向ごとの応答を算出する。応答算出の考え方を第 3.2-1 図に示す。

検討に用いた $S_d-A(H)$ 、 $S_d-A(V)$ 及び模擬地震波の加速度時刻歴波形を第 3.2-2 図に、加速度応答スペクトルを第 3.2-3 図に示す。

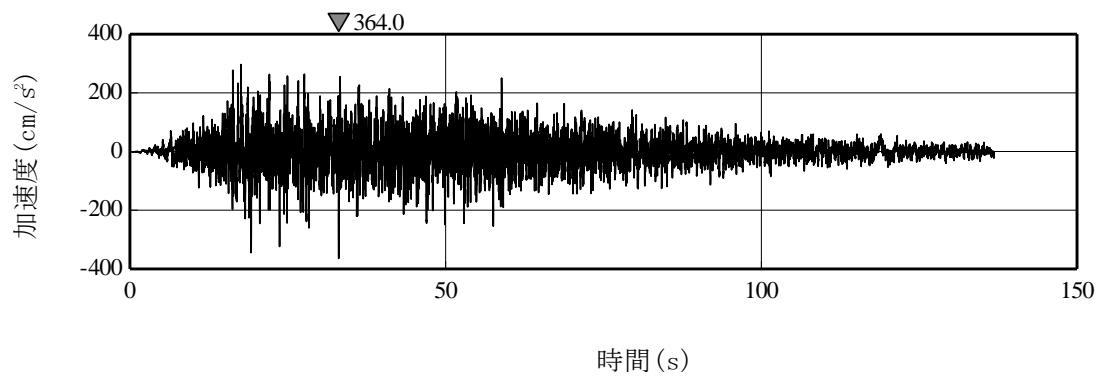
第 3.2-4 表 地震動の組合せ

		地震動組合せ		
		NS 方向	EW 方向	UD 方向
NS 方向 応答評価	水平 1 方向	Sd-A(H)	—	—
	水平 2 方向 +鉛直方向	Sd-A(H)	模擬地震波*	Sd-A(V)
EW 方向 応答評価	水平 1 方向	—	Sd-A(H)	—
	水平 2 方向 +鉛直方向	模擬地震波*	Sd-A(H)	Sd-A(V)

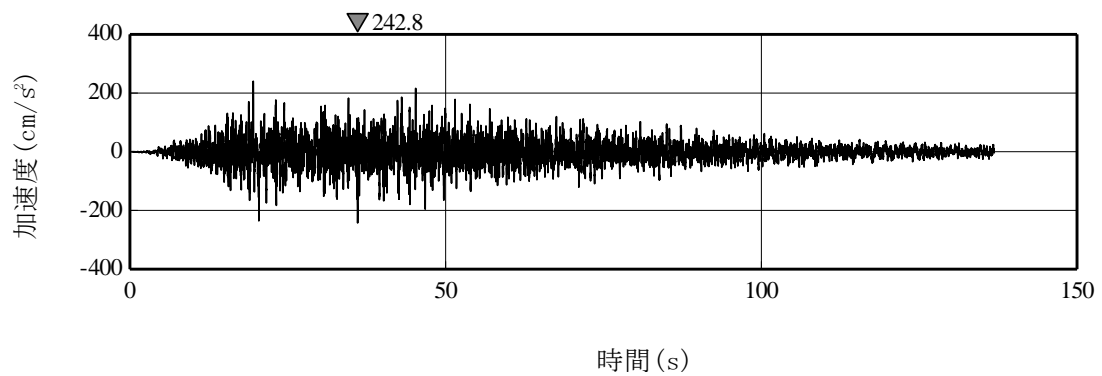
注記 *：弾性設計用地震動 Sd-A(H) の設計用応答スペクトルに適合するが、Sd-A(H) とは位相特性が異なる地震波



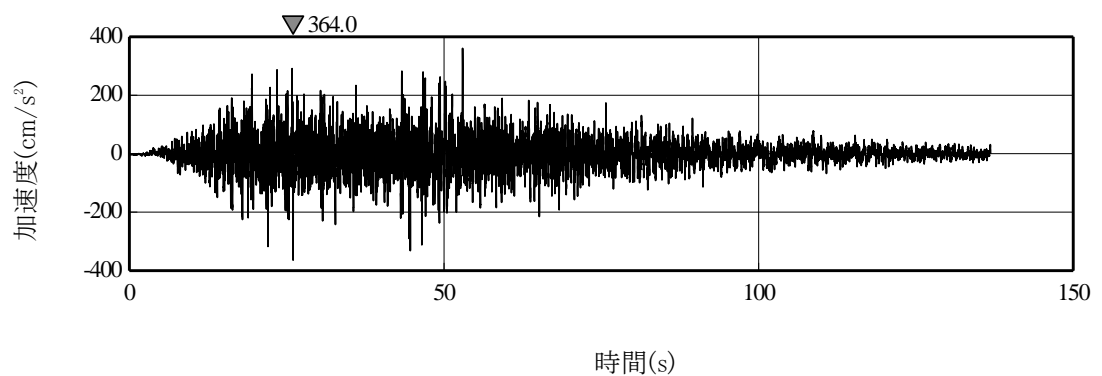
第 3.2-1 図 3次元 FEM モデルによる応答算出の考え方



(a) Sd-A(H) (再掲)

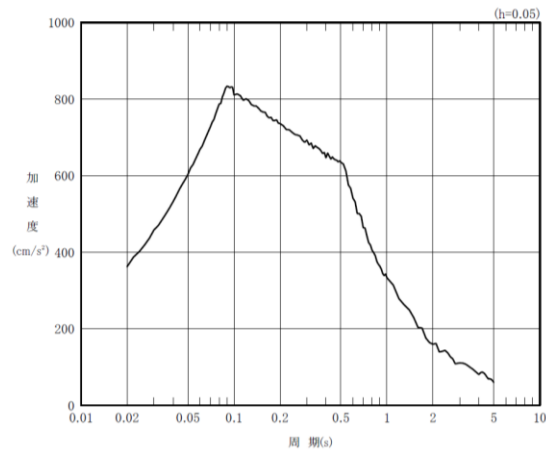
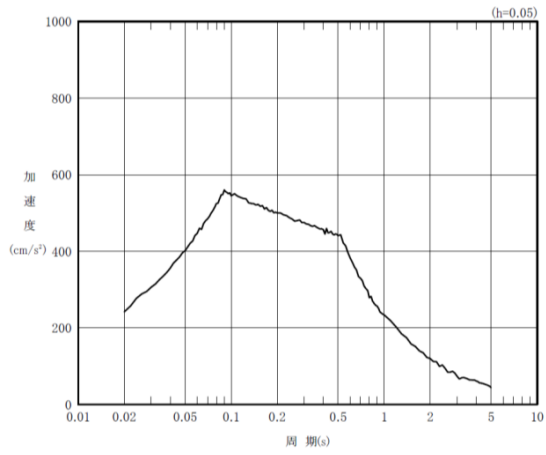
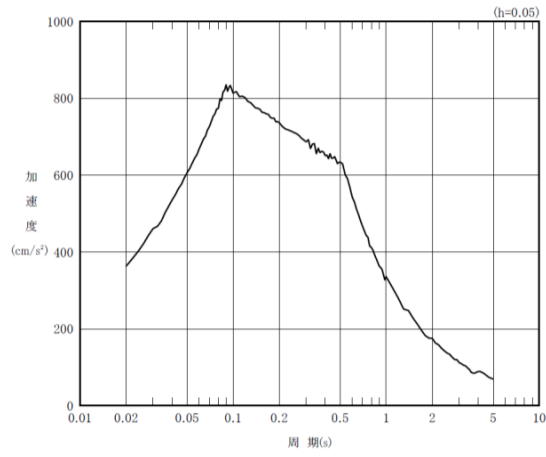


(b) Sd-A(V) (再掲)



(c) 模擬地震波

第 3. 2-2 図 弾性設計用地震動 Sd-A の加速度時刻歴波形



第 3.2-3 図 弾性設計用地震動 Sd-A の加速度応答スペクトル

b. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認は、第3.2-4表の地震動を対象に、NS方向に入力した場合及びEW方向に入力した場合の応答と、3方向入力した場合の応答とを比較することにより実施する。

応答比較に用いる評価点は、建屋端部の No.21001 (T.M.S.L. 35.0m)、No.41001 (T.M.S.L. 43.2m)、No.51625 (T.M.S.L. 56.8m) 及びNo.52878 (T.M.S.L. 62.8m) とする。

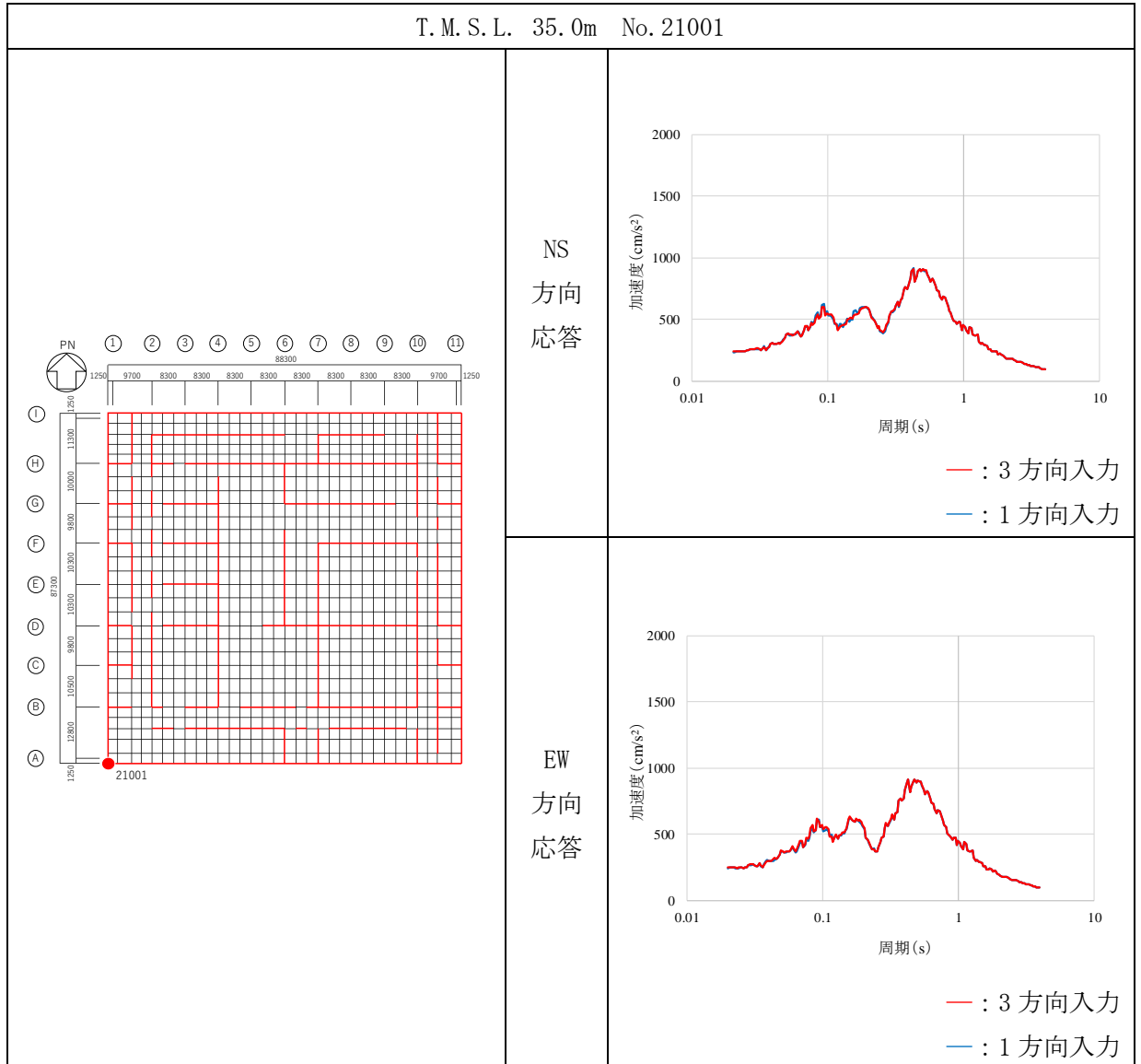
評価結果を第3.2-5表に示す。

第3.2-5表より、いずれの評価点においても、1方向入力時及び3方向同時入力時の応答の差は小さく、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないことを確認した。

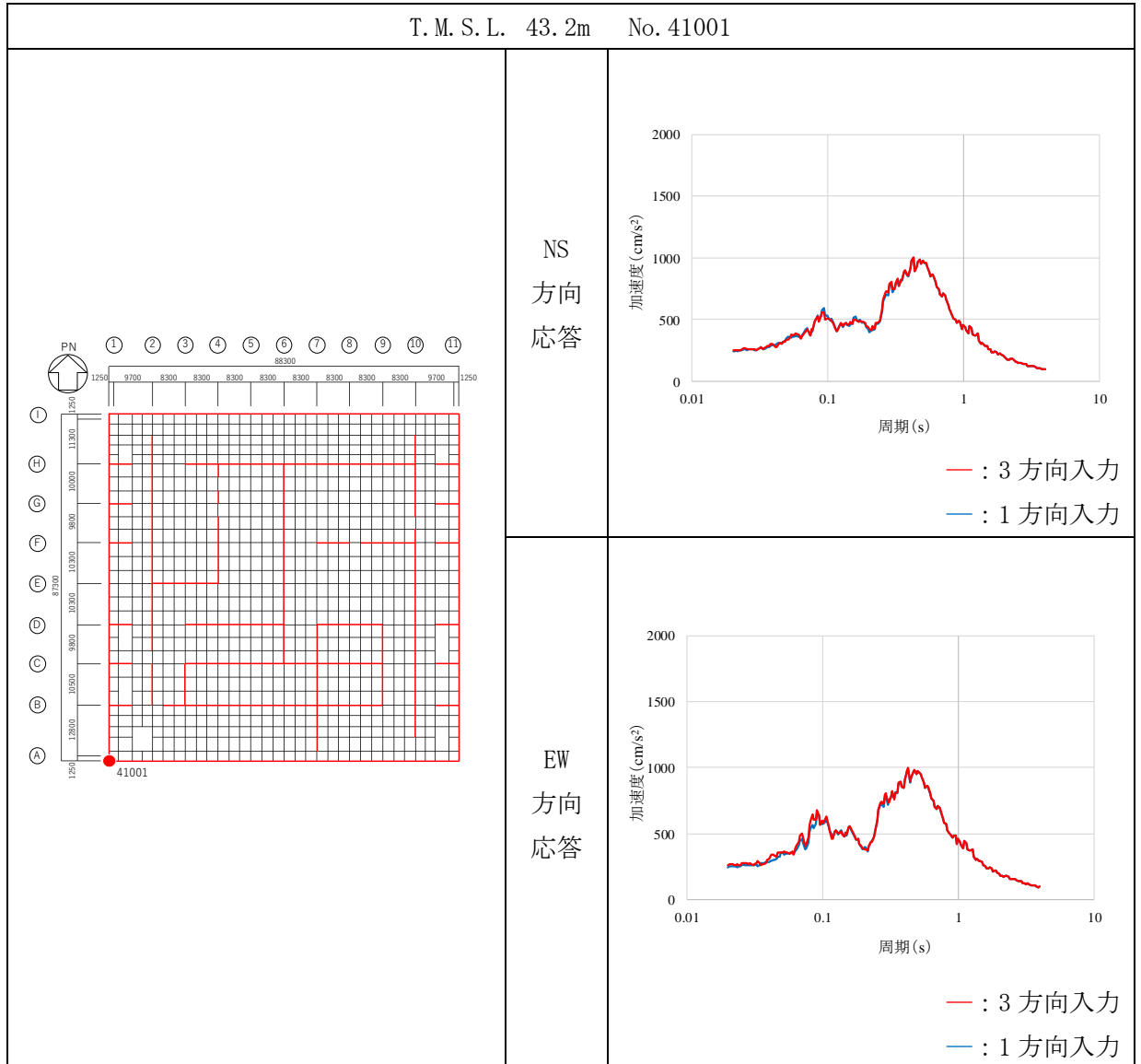
「(2) 鉛直軸周りのねじれの影響」では、水平2方向の入力を考えた場合に、ねじれの影響によって相互に応答増幅する可能性が示唆されたが、ねじれ振動の影響による応答増幅は見られなかった。

以上より、燃料加工建屋の質点系モデルを用いた耐震検討では、水平1方向入力時の入力方向の応答に対する検討を行っているが本検討により妥当と考えられる。

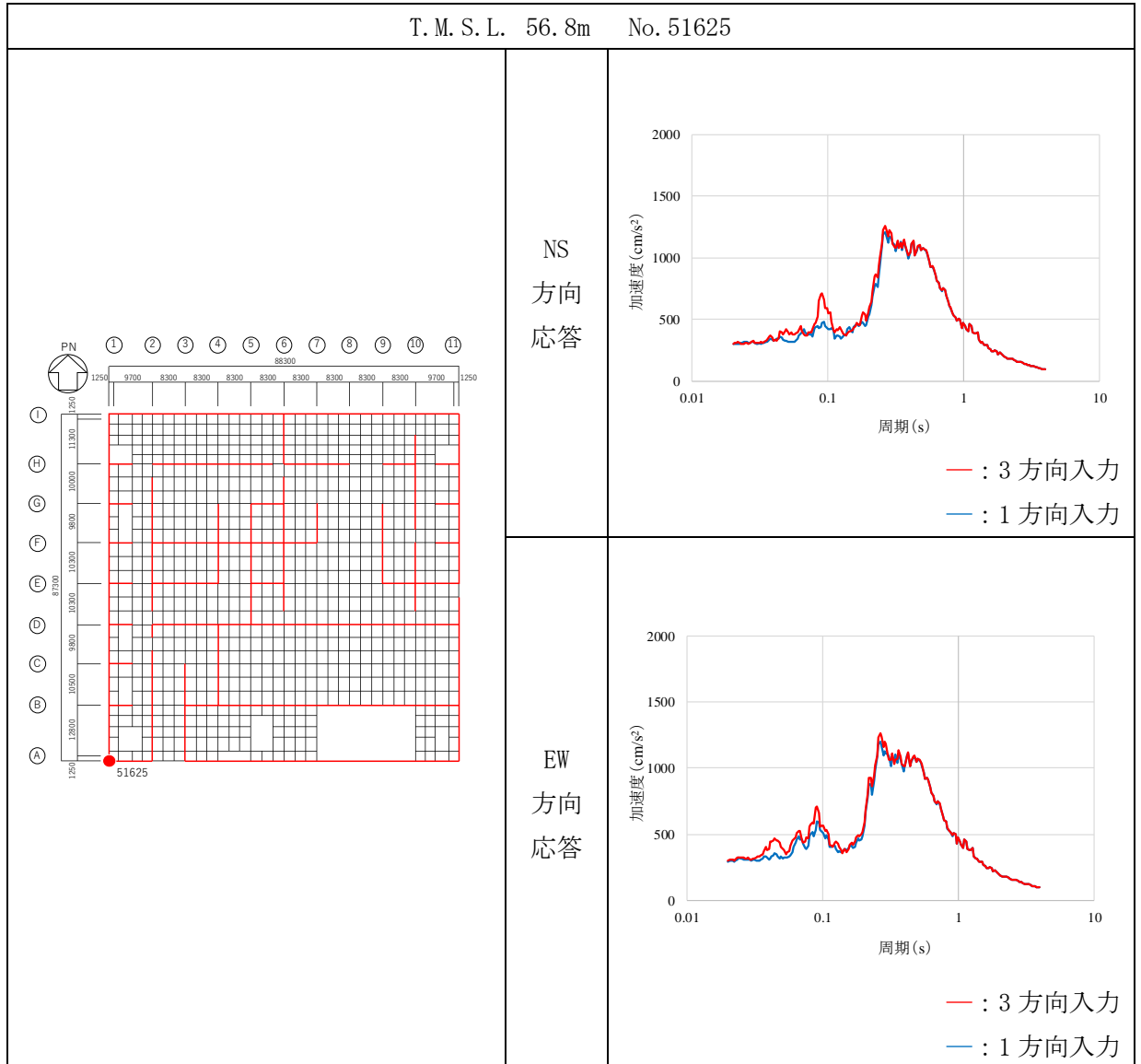
第 3.2-5 表 建屋 3 次元 FEM モデルの 3 方向入力及び 1 方向入力の応答比較 (h=3%) (1/4)



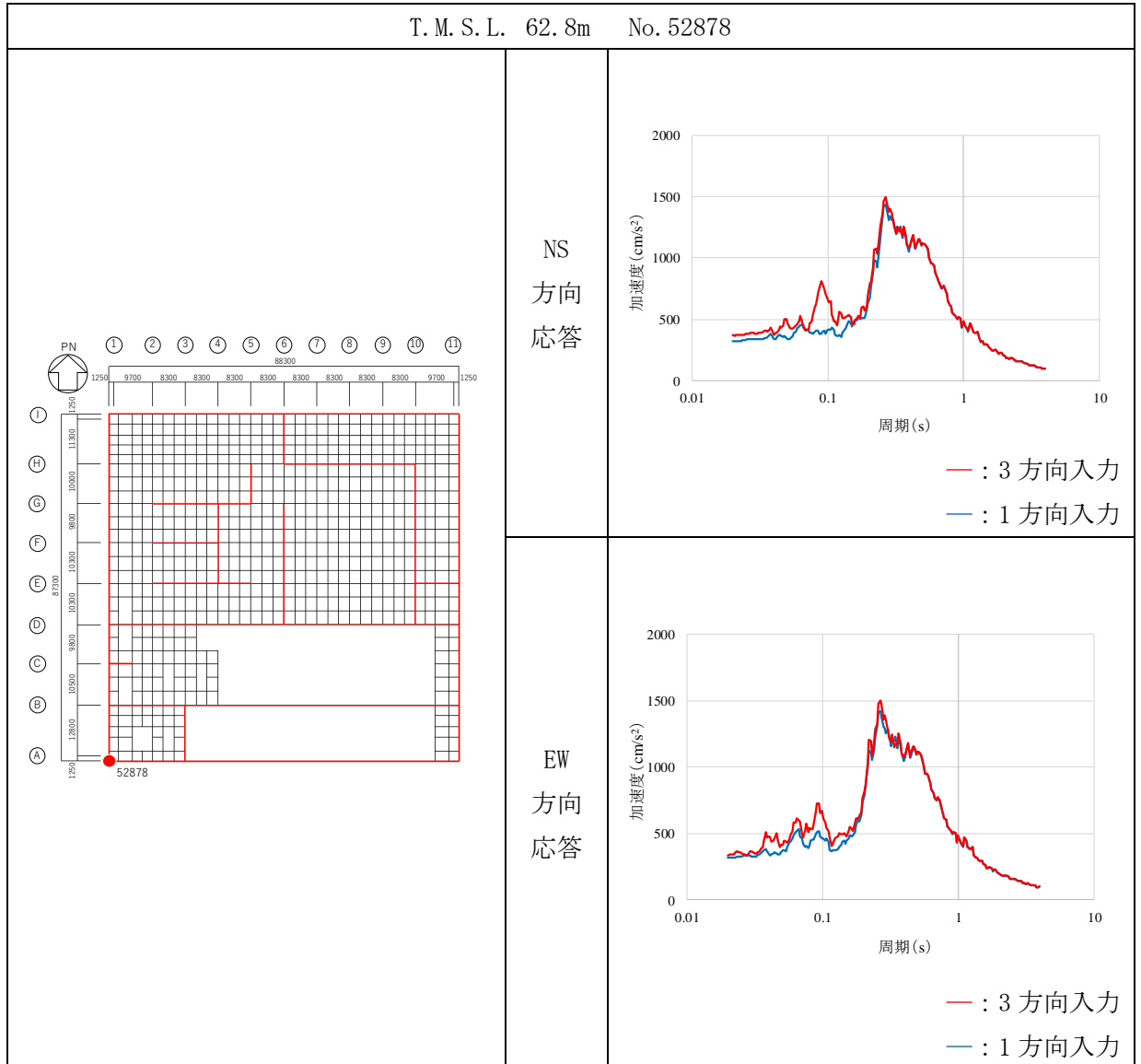
第 3.2-5 表 建屋 3 次元 FEM モデルの 3 方向入力及び 1 方向入力の応答比較 (h=3%) (2/4)



第 3.2-5 表 建屋 3 次元 FEM モデルの 3 方向入力及び 1 方向入力の応答比較 (h=3%) (3/4)



第 3.2-5 表 建屋 3 次元 FEM モデルの 3 方向入力及び 1 方向入力の応答比較 (h=3%) (4/4)



(5) まとめ

建屋模擬モデル，比較用モデル1及び比較用モデル2を用いて，地震応答解析を実施し，応答性状について分析・考察を行った。

基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響について，建屋模擬モデルと比較用モデル1での応答比較をした結果，ロッキング振動の影響はほとんど見られないこと，及び建屋模擬モデルにより保守的な評価が可能であることを確認した。

床柔性の影響について，建屋模擬モデルと比較用モデル2での応答比較をした結果，大きな相違がないこと及び建屋模擬モデルにより保守的な評価が可能であることを確認した。

鉛直軸回りのねじれ振動の影響及び水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について，建屋模擬モデルを用いて評価した結果，3方向入力時と1方向入力時での応答の差異がほとんどないことから，1方向入力時の応答に対し，これらの影響がほとんどないことを確認した。

以上の3次元的な応答特性に関する分析・考察を踏まえて，次節以降では建屋模擬モデルを用いて，局所的な応答による建屋耐震評価及び床応答への影響を検討する。

3.3 建屋耐震評価への影響検討

(1) 検討方針

建屋耐震評価への影響検討として、3次元FEMモデルの応答及び質点系モデルの応答を比較する。

検討において、弾性設計用地震動Sdに対する地震応答解析を実施し、以下の2項目について検討を行う。

- ①建屋模擬モデル（3次元FEMモデル）及び質点系モデルの最大応答値（最大応答加速度）の比較検討
- ②3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

なお、質点系モデルは添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」に記載の燃料加工建屋の地震応答解析モデルと同じである。

(2) 建屋模擬モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討

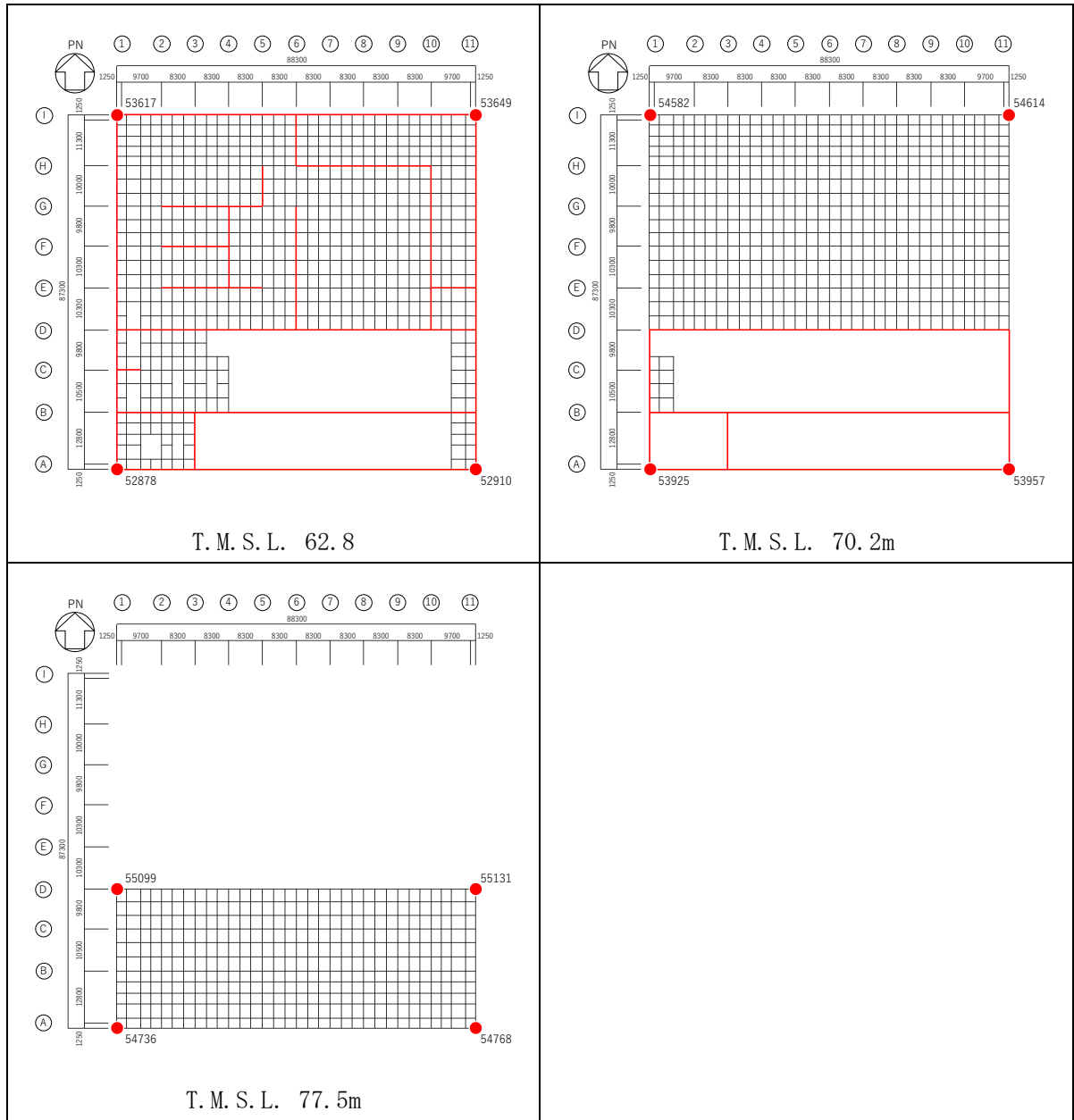
建屋模擬モデル及び質点系モデルの弾性設計用地震動 Sd-A に対する最大応答加速度の比較を行い、3次元的な影響について確認する。

評価に当たっては、質点系モデルの全質点での応答を評価対象とし、質点系モデルの各質点に対応する3次元FEMモデルの節点としては、第3.3-1図に示す節点（赤丸の節点）とした。

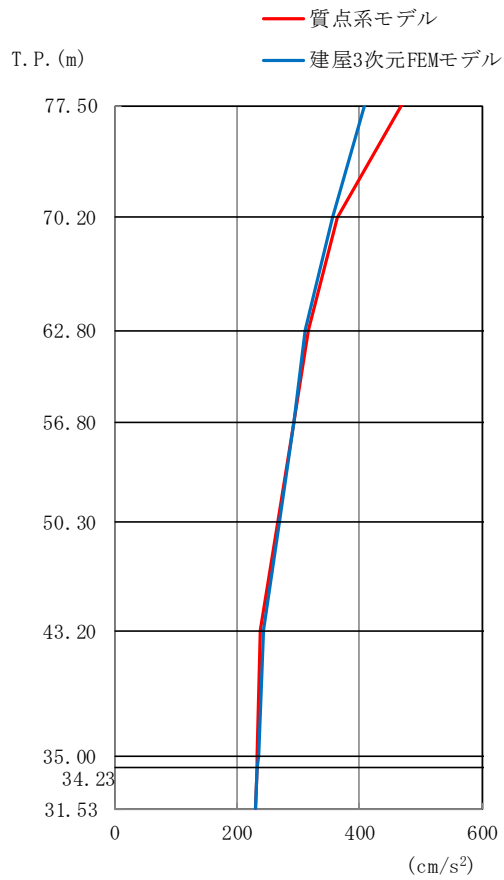
評価結果を第3.3-2図～第3.3-4図及び第3.3-1表～第3.3-3表に示す。

両モデル間で、最大応答加速度は概ね対応しているが、建屋模擬モデルは3次元的な応答性状が考慮されているため、完全には一致しない。

したがって、以降の「3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討」により、建屋への影響検討を実施する。



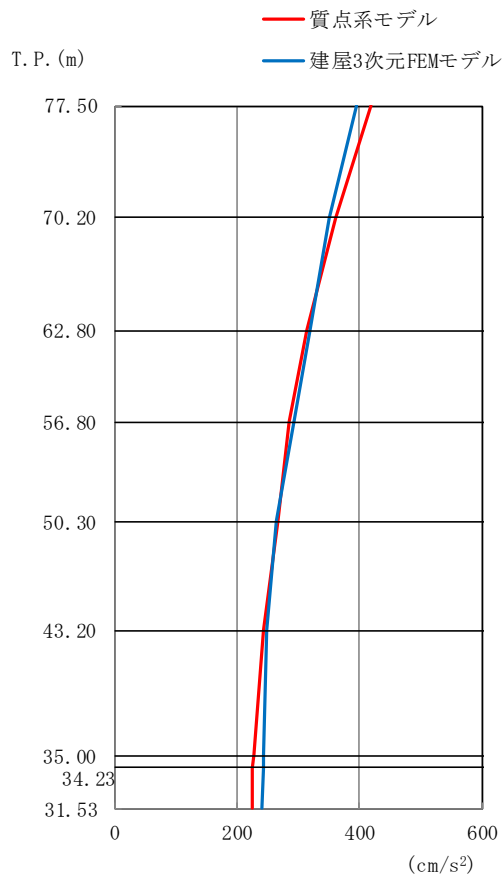
第 3.3-1 図 応答評価位置 (2/2)



第 3.3-2 図 最大応答加速度 (Sd-A, NS 方向)

第 3.3-1 表 最大応答加速度一覧表 (Sd-A, NS 方向)

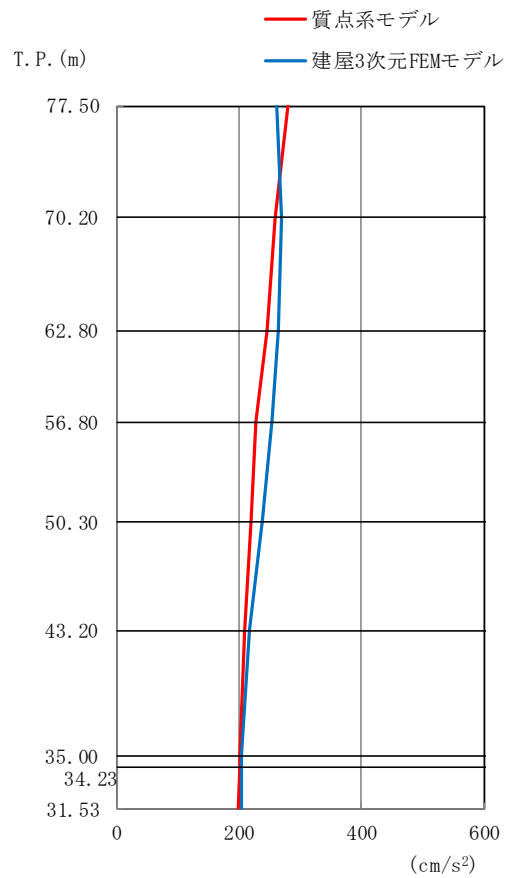
T. P. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)	
		質点系モデル	建屋3次元FEMモデル
77.50	1	468	407
70.20	2	364	355
62.80	3	316	312
56.80	4	292	292
50.30	5	266	270
43.20	6	239	243
35.00	7	233	234
34.23	8	233	233
31.53	9	230	230



第 3.3-3 図 最大応答加速度 (Sd-A, EW 方向)

第 3.3-2 表 最大応答加速度一覧表 (Sd-A, EW 方向)

T. P. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)	
		質点系モデル	建屋3次元FEMモデル
77.50	1	419	396
70.20	2	362	351
62.80	3	313	319
56.80	4	285	293
50.30	5	266	264
43.20	6	244	247
35.00	7	227	245
34.23	8	226	244
31.53	9	224	241



第 3.3-4 図 最大応答加速度 (Sd-A, 鉛直方向)

第 3.3-3 表 最大応答加速度一覧表 (Sd-A, 鉛直方向)

T.P. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)	
		質点系モデル	建屋3次元FEMモデル
77.50	1	279	263
70.20	2	258	269
62.80	3	247	264
56.80	4	228	253
50.30	5	221	238
43.20	6	210	218
35.00	7	201	203
34.23	8	201	203
31.53	9	199	203

(3) 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

「(2) 建屋模擬モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討」の結果を踏まえて、質点系モデルに対して、3次元FEMモデルを用いて3次元的な応答補正を考慮し、建屋耐震評価への影響検討を実施する。

評価に当たっては、質点系モデルにおいて、基準地震動 S_s に対する層レベルでの評価を行う部位を対象とし、3次元FEMモデルにおける当該部での代表的な節点を複数選定する。

第3.3-5図に検討フローを示す。

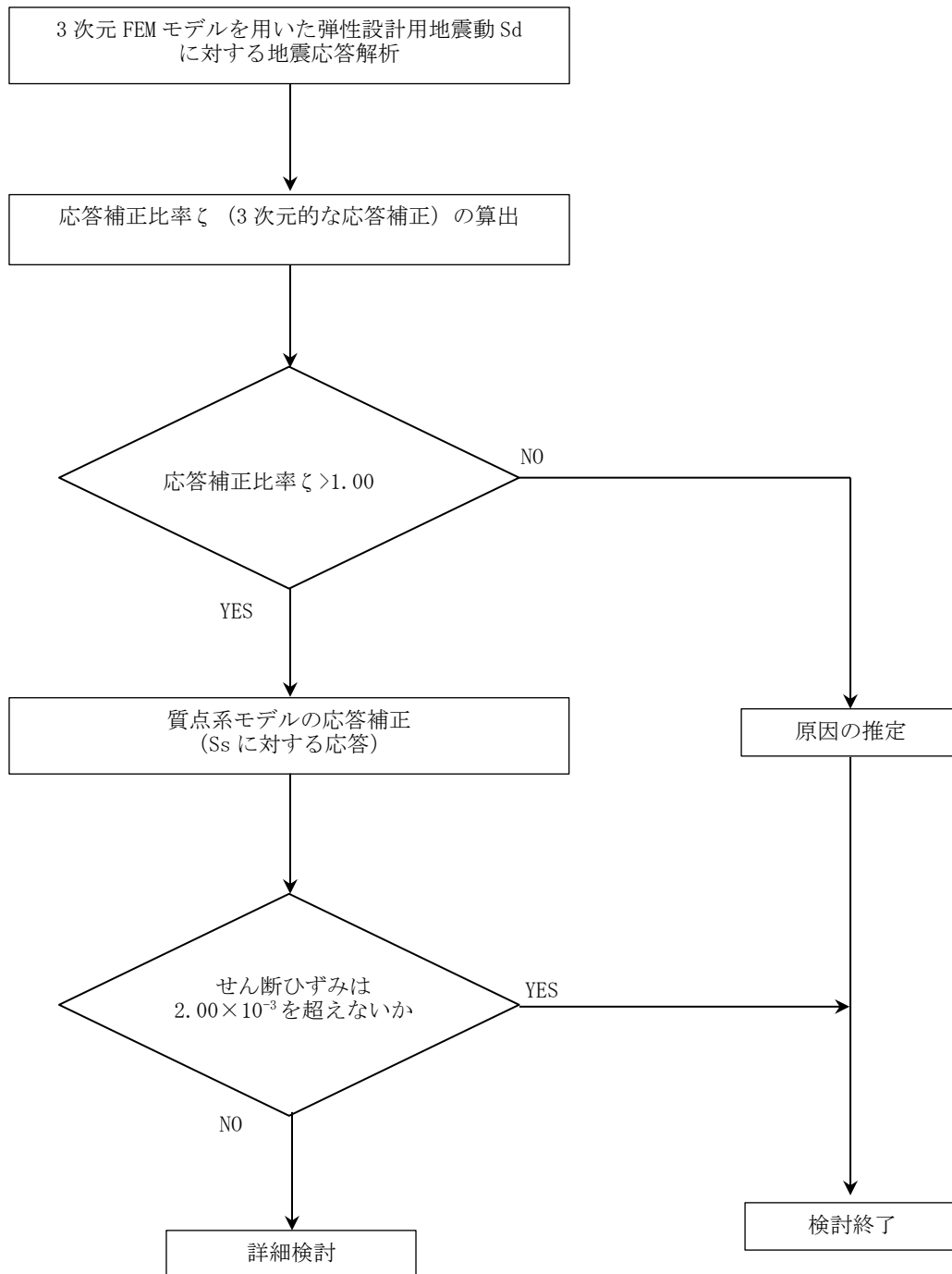
具体的には、質点系モデルの基準地震動 S_s に対するせん断応力度 τ に応答補正比率 ζ を乗じて、3次元的な応答特性を踏まえたせん断応力度を算定する。得られた値を質点系モデルの各層のせん断スケルトンカーブ上にプロットし、せん断ひずみが評価基準値（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する。ここで、第1折点を超える場合は、エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法を第3.3-6図に示す。せん断ひずみを確認した結果、評価基準値を超えるものは詳細検討を実施する。

評価において選定した3次元FEMモデルにおける代表節点を第3.3-1図に、質点系モデルでの評価節点を第3.3-7図に示す。

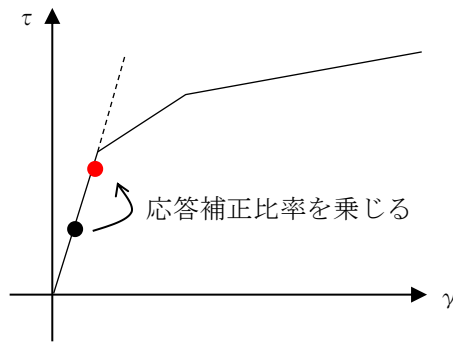
選定した3次元FEMモデルでの評価点において、弾性設計用地震動 S_d に対する最大応答加速度をもとに、3次元的な応答補正率 ζ を算出し、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する応答補正を行い、耐震評価への影響検討を行う。入力地震動は建屋への影響の大きい S_d-C1 とする。 S_d-C1 の3方向入力に際しては、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的ではないことから、2004年北海道留萌支庁南部地震の記録を用いて求めた基盤地震動(NS方向、EW方向、鉛直方向)を0.5倍したもの(以下、「 S_d-C1' 」という。)を入力する。

入力地震動 S_d-C1' の加速度時刻歴波形を第3.3-8図に、加速度応答スペクトルを第3.3-9図に示す。

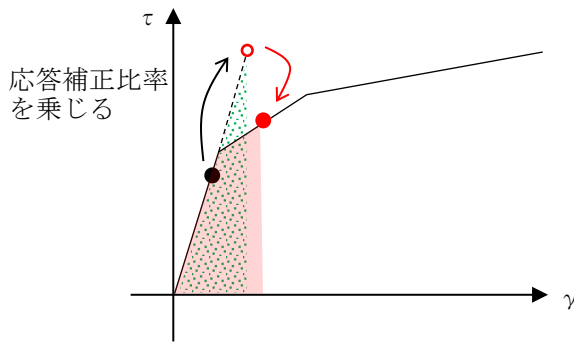
なお、入力地震動の組合せについては、 S_d-C1' の水平成分はEW方向がNS方向に比べて大きいいため、入力の際には評価方向に S_d-C1' (EW)を入力し、評価方向の直交方向に S_d-C1' (NS)を入力する。入力地震動の組合せについて第3.3-4表に示す。



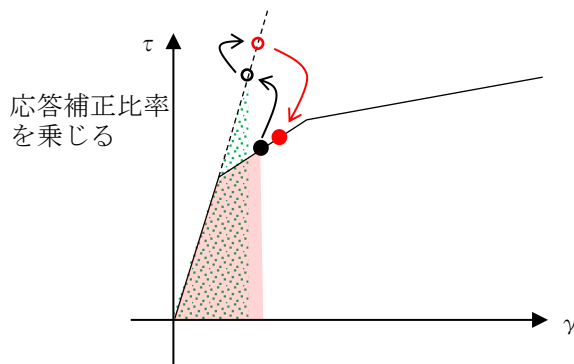
第 3.3-5 図 検討フロー



弾性直線上において、現設計による
応答結果に応答補正比率を乗じる。



応答補正比率を乗じた際、第一折点を
超える場合、弾性直線の延長線上に補
正後の評価結果をプロットする。
その後、エネルギー一定則で、評価線
分上にプロットする。



現設計において第一折点を越えてい
る場合は、エネルギー一定則で弾性直
線の延長に戻した後、補正比率を乗じ
る。(以下、上記に準じる。)

第 3.3-6 図 エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法

(単位：m)

T.M.S.L. 77.50

T.M.S.L. 70.20

T.M.S.L. 62.80

T.M.S.L. 56.80

T.M.S.L. 50.30

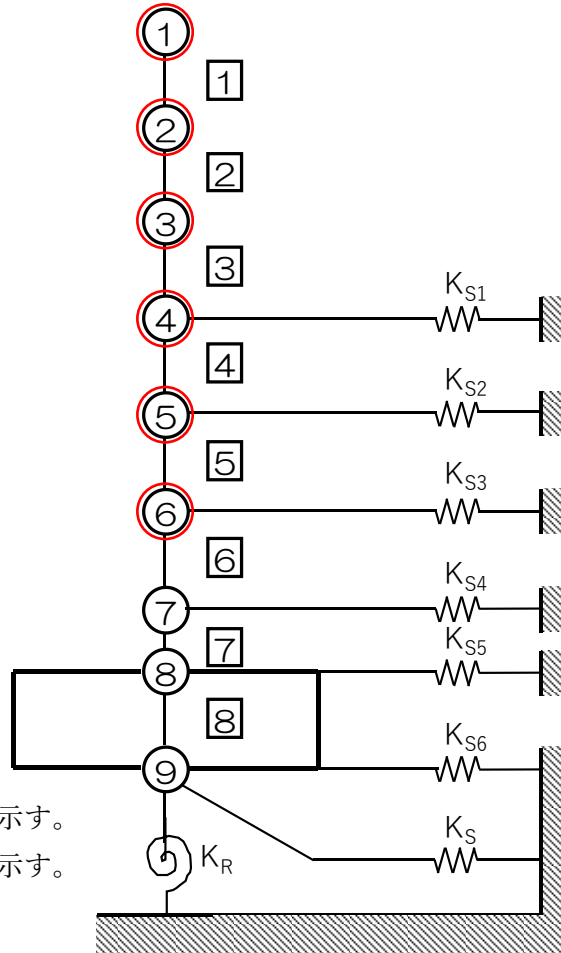
T.M.S.L. 43.20

T.M.S.L. 35.00

T.M.S.L. 34.23

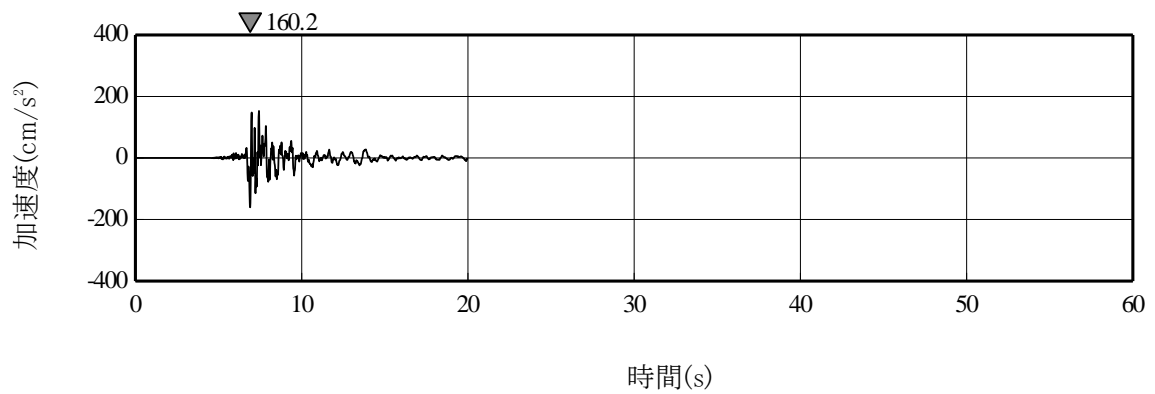
T.M.S.L. 31.53

注記 1：○数字は質点番号を示す。
注記 2：□数字は要素番号を示す。

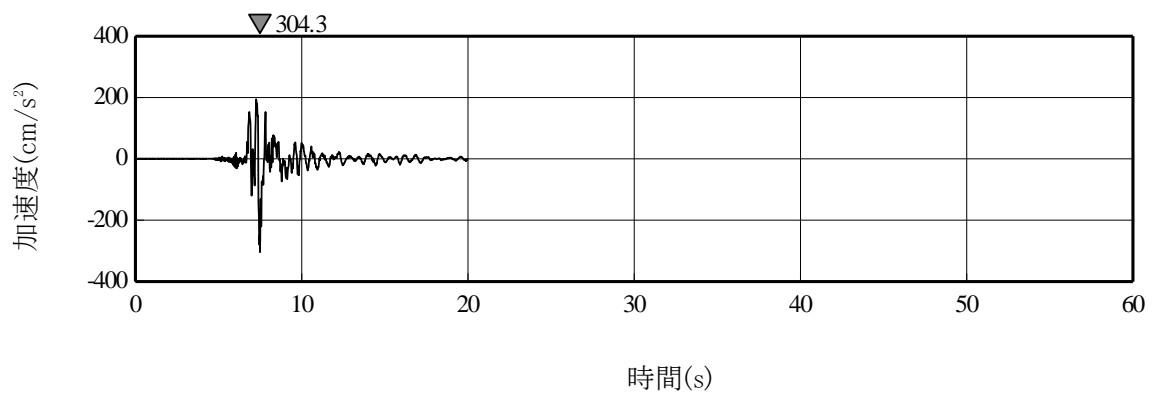


○：評価節点

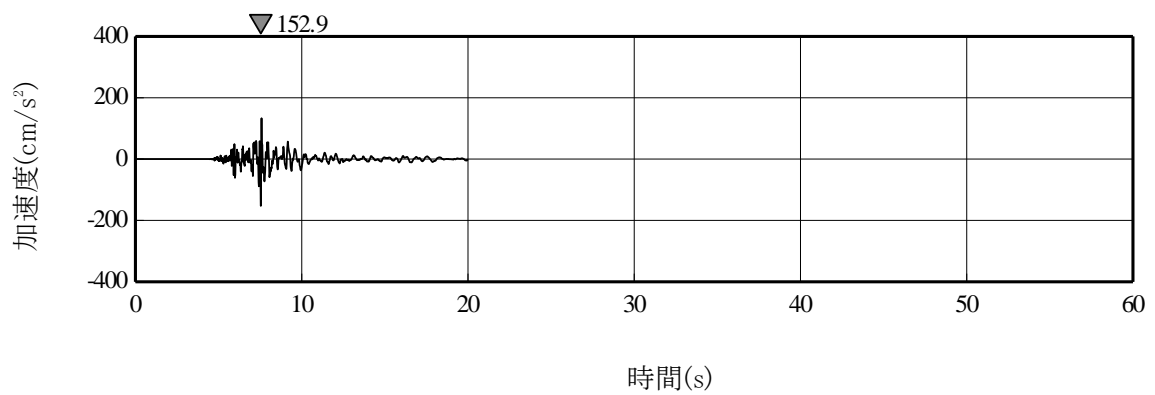
第 3.3-7 図 質点系モデルでの評価節点



(a) Sd-C1' (NS)

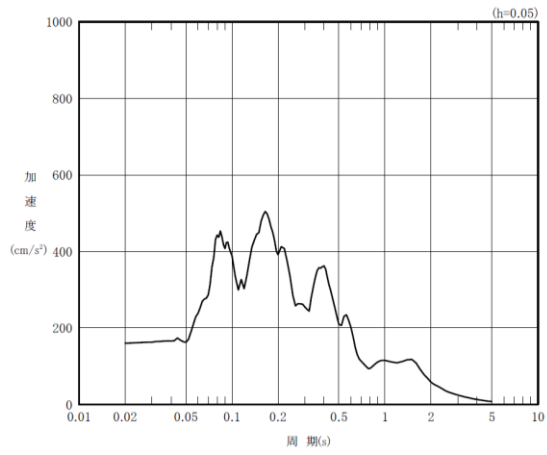


(b) Sd-C1' (EW)

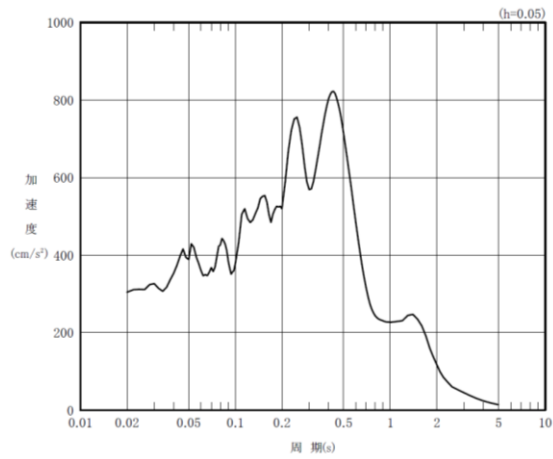


(c) Sd-C1' (UD)

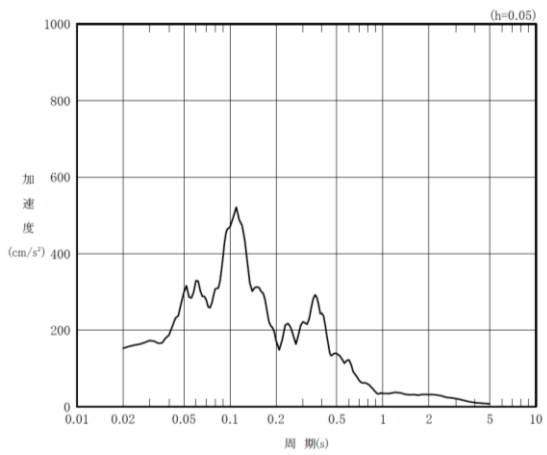
第 3.3-8 図 弾性設計用地震動 Sd-C1' の加速度時刻歴波形



(a) Sd-C1' (NS)



(b) Sd-C1' (EW)



(c) Sd-C1' (UD)

第 3.3-9 図 弾性設計用地震動 Sd-C1' の加速度応答スペクトル

第 3.3-4 表 地震動の組合せ

		地震動組合せ		
		NS 方向	EW 方向	UD 方向
NS 方向 応答評価	水平 1 方向	Sd-C1' (EW)	—	—
	水平 2 方向 +鉛直方向	Sd-C1' (EW)	Sd-C1' (NS)	Sd-C1' (UD)
EW 方向 応答評価	水平 1 方向	—	Sd-C1' (EW)	—
	水平 2 方向 +鉛直方向	Sd-C1' (NS)	Sd-C1' (EW)	Sd-C1' (UD)

a. 応答補正比率の算出

3次元 FEM モデルによる 3 次元的な応答性状を踏まえた定量的な耐震評価を行うため、質点系モデルの応答を補正する応答補正比率 ζ を算出する。

燃料加工建屋については、質点系モデルにおいて、3 次元的な応答性状を考慮した 3 方向入力への解析ができないことから、建屋模擬モデルにおいて、1 方向入力および 3 方向入力の最大応答加速度を比較し、応答補正比率 α を算出する。

また、質点系モデルにおいて、ねじれ振動を考慮していないことから、建屋模擬モデル及び質点系モデルと諸条件を整合させた質点系対応モデルの最大応答加速度を比較し、応答補正比率 β を算出する。

得られた α 及び β を乗じて、建屋評価用の応答補正比率 ζ を以下のように算出する。

- ① 応答補正比率 α 及び β はそれぞれ評価点ごとに定める。
- ② 応答補正比率 α 及び β は保守的な評価を実施するため、それぞれ 1.0 以上とする。
- ③ 応答補正比率 ζ は、層ごとの各評価点の $\alpha \times \beta$ の最大値を用いる。

応答補正比率 ζ の算出式を以下に示す。

$$\text{建屋評価用の応答補正比率 } \zeta = \text{Max} (\alpha \times \beta) \quad \dots (1) \text{ 式}$$

(Max ($\alpha \times \beta$): 層ごとの各評価点の $\alpha \times \beta$ の最大値)

ここで、

$$\text{3 方向入力の応答補正比率 } \alpha = \frac{\text{3 方向入力による最大応答加速度}}{\text{1 方向入力による最大応答加速度}} \quad \dots (2) \text{ 式}$$

(ただし、 ζ を算出する場合は、 $\alpha \geq 1.0$)

$$\text{ねじれ振動の応答補正比率 } \beta = \frac{\text{建屋模擬モデルの最大応答加速度}}{\text{質点系対応モデルの最大応答加速度}} \quad \dots (3) \text{ 式}$$

(ただし、 ζ を算出する場合は、 $\beta \geq 1.0$)

応答補正比率 α 、 β 、 ζ の算定結果を第 3.3-1 表～第 3.3-3 表に示す。応答補正比率 ζ は 1.00～1.19 の範囲にある。

第 3.3-5 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 α の算定 (1/2)

(a) NS 方向

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		比率 α 3 方向入力 / 1 方向入力
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点	1 方向 入力	3 方向 入力	
77.5	1	54736	567	632	1.11
		55099	566	623	1.10
		54768	575	548	0.953
		55131	573	551	0.962
70.2	2	53925	509	545	1.07
		54582	484	495	1.02
		53957	513	484	0.943
		54614	477	488	1.02
62.8	3	52878	455	459	1.01
		53617	441	456	1.03
		52910	450	428	0.951
		53649	435	457	1.05
56.8	4	51625	411	404	0.983
		52512	401	421	1.05
		51657	405	393	0.970
		52544	397	415	1.05
50.3	5	50331	368	347	0.943
		51232	360	380	1.06
		50363	361	355	0.983
		51264	360	366	1.02
43.2	6	41001	315	316	1.00
		43801	315	324	1.03
		41033	311	313	1.01
		43833	310	313	1.01

注記 1：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

注記 2：網掛け部分は質点番号に対応した FEM 節点のうち最大となる α を示す。

第 3.3-5 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 α の算定 (2/2)

(b) EW 方向

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		比率 α 3 方向入力 / 1 方向入力
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点	1 方向 入力	3 方向 入力	
77.5	1	54736	534	548	1.03
		55099	556	612	1.10
		54768	528	579	1.10
		55131	568	558	0.982
70.2	2	53925	501	497	0.992
		54582	493	498	1.01
		53957	486	521	1.07
		54614	507	518	1.02
62.8	3	52878	456	462	1.01
		53617	456	443	0.971
		52910	442	455	1.03
		53649	464	481	1.04
56.8	4	51625	410	415	1.01
		52512	416	405	0.974
		51657	409	418	1.02
		52544	420	434	1.03
50.3	5	50331	368	366	0.995
		51232	373	365	0.979
		50363	370	376	1.02
		51264	368	376	1.02
43.2	6	41001	319	327	1.03
		43801	319	313	0.981
		41033	319	320	1.00
		43833	316	321	1.02

注記 1：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

注記 2：網掛け部分は質点番号に対応した FEM 節点のうち最大となる α を示す。

第 3.3-6 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 β の算定 (1/2)

(a) NS 方向

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		比率 β 建屋模擬/質点系対応
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点	質点系 対応	建屋 模擬	
77.5	1	54736	538	567	1.05
		55099	538	566	1.05
		54768	541	575	1.06
		55131	541	573	1.06
70.2	2	53925	494	509	1.03
		54582	495	484	0.978
		53957	494	513	1.04
		54614	491	477	0.971
62.8	3	52878	451	455	1.01
		53617	451	441	0.978
		52910	448	450	1.00
		53649	448	435	0.971
56.8	4	51625	423	411	0.972
		52512	423	401	0.948
		51657	418	405	0.969
		52544	418	397	0.950
50.3	5	50331	379	368	0.971
		51232	379	360	0.950
		50363	376	361	0.960
		51264	376	360	0.957
43.2	6	41001	324	315	0.972
		43801	324	315	0.972
		41033	321	311	0.969
		43833	321	310	0.966

注記 1：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

注記 2：網掛け部分は質点番号に対応した FEM 節点のうち最大となる β を示す。

第 3.3-6 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 β の算定 (2/2)

(b) EW 方向

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		比率 β 建屋模擬/質点系対応
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点	質点系 対応	建屋 模擬	
77.5	1	54736	510	534	1.05
		55099	513	556	1.08
		54768	510	528	1.04
		55131	513	568	1.11
70.2	2	53925	482	501	1.04
		54582	484	493	1.02
		53957	480	486	1.01
		54614	484	507	1.05
62.8	3	52878	459	456	0.993
		53617	449	456	1.02
		52910	459	442	0.963
		53649	449	464	1.03
56.8	4	51625	421	410	0.974
		52512	412	416	1.01
		51657	421	409	0.971
		52544	412	420	1.02
50.3	5	50331	372	368	0.989
		51232	366	373	1.02
		50363	372	370	0.995
		51264	366	368	1.01
43.2	6	41001	320	319	0.997
		43801	323	319	0.988
		41033	320	319	0.997
		43833	323	316	0.978

注記 1：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

注記 2：網掛け部分は質点番号に対応した FEM 節点のうち最大となる β を示す。

第 3.3-7 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 ζ の算定 (1/2)

(a) NS 方向

評価点			比率 α	比率 β	$\alpha \times \beta$	応答補正比率 ζ
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点				
77.5	1	54736	1.11	1.05	1.17	1.17
		55099	1.10	1.05	1.16	
		54768	1.00	1.06	1.06	
		55131	1.00	1.06	1.06	
70.2	2	53925	1.07	1.03	1.10	1.10
		54582	1.02	1.00	1.02	
		53957	1.00	1.04	1.04	
		54614	1.02	1.00	1.02	
62.8	3	52878	1.01	1.01	1.02	1.05
		53617	1.03	1.00	1.03	
		52910	1.00	1.00	1.00	
		53649	1.05	1.00	1.05	
56.8	4	51625	1.00	1.00	1.00	1.05
		52512	1.05	1.00	1.05	
		51657	1.00	1.00	1.00	
		52544	1.05	1.00	1.05	
50.3	5	50331	1.00	1.00	1.00	1.06
		51232	1.06	1.00	1.06	
		50363	1.00	1.00	1.00	
		51264	1.02	1.00	1.02	
43.2	6	41001	1.00	1.00	1.00	1.03
		43801	1.03	1.00	1.03	
		41033	1.01	1.00	1.01	
		43833	1.01	1.00	1.01	

注記：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

第 3.3-7 表 建屋耐震評価用の応答補正比率 ζ の算定 (2/2)

(b) EW 方向

評価点			比率 α	比率 β	$\alpha \times \beta$	応答補正比率 ζ
T. M. S. L. (m)	質点 番号	FEM 節点				
77.5	1	54736	1.03	1.05	1.07	1.19
		55099	1.10	1.08	1.19	
		54768	1.10	1.04	1.14	
		55131	1.00	1.11	1.11	
70.2	2	53925	1.00	1.04	1.04	1.09
		54582	1.01	1.02	1.03	
		53957	1.07	1.01	1.09	
		54614	1.02	1.05	1.07	
62.8	3	52878	1.01	1.00	1.01	1.07
		53617	1.00	1.02	1.02	
		52910	1.03	1.00	1.03	
		53649	1.04	1.03	1.07	
56.8	4	51625	1.01	1.00	1.01	1.05
		52512	1.00	1.01	1.01	
		51657	1.02	1.00	1.02	
		52544	1.03	1.02	1.05	
50.3	5	50331	1.00	1.00	1.00	1.03
		51232	1.00	1.02	1.02	
		50363	1.02	1.00	1.02	
		51264	1.02	1.01	1.03	
43.2	6	41001	1.03	1.00	1.03	1.03
		43801	1.00	1.00	1.00	
		41033	1.00	1.00	1.00	
		43833	1.02	1.00	1.02	

注記：質点番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの質点番号とする。

b. 評価結果

各層の応答比率を乗じた最大応答せん断応力度及び最大せん断ひずみを第 3.3-8 表に示す。補正後の応答をプロットしたせん断スケルトンカーブを第 3.3-10 図に示す。

応答を補正したせん断ひずみは、評価基準値を超えないことを確認した。

以上のことから、燃料加工建屋については、3 次元的な応答特性による応答補正を考慮しても、建屋が有する耐震性への影響がないことを確認した。

第 3.3-8 表 せん断応力度及びせん断ひずみ
(a) NS 方向, Ss-C1

要素番号	質点系モデルの 最大応答値 (Ss)		応答補正 比率 ζ	応答補正後	
	τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)		τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)
1	1.35	0.133	1.17	1.58	0.156
2	1.30	0.127	1.10	1.43	0.140
3	1.61	0.159	1.05	1.69	0.167
4	1.82	0.179	1.05	1.91	0.188
5	2.72	0.494	1.06	2.79	0.535
6	2.56	0.382	1.03	2.59	0.397

注記 1：要素番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの要素番号とする。

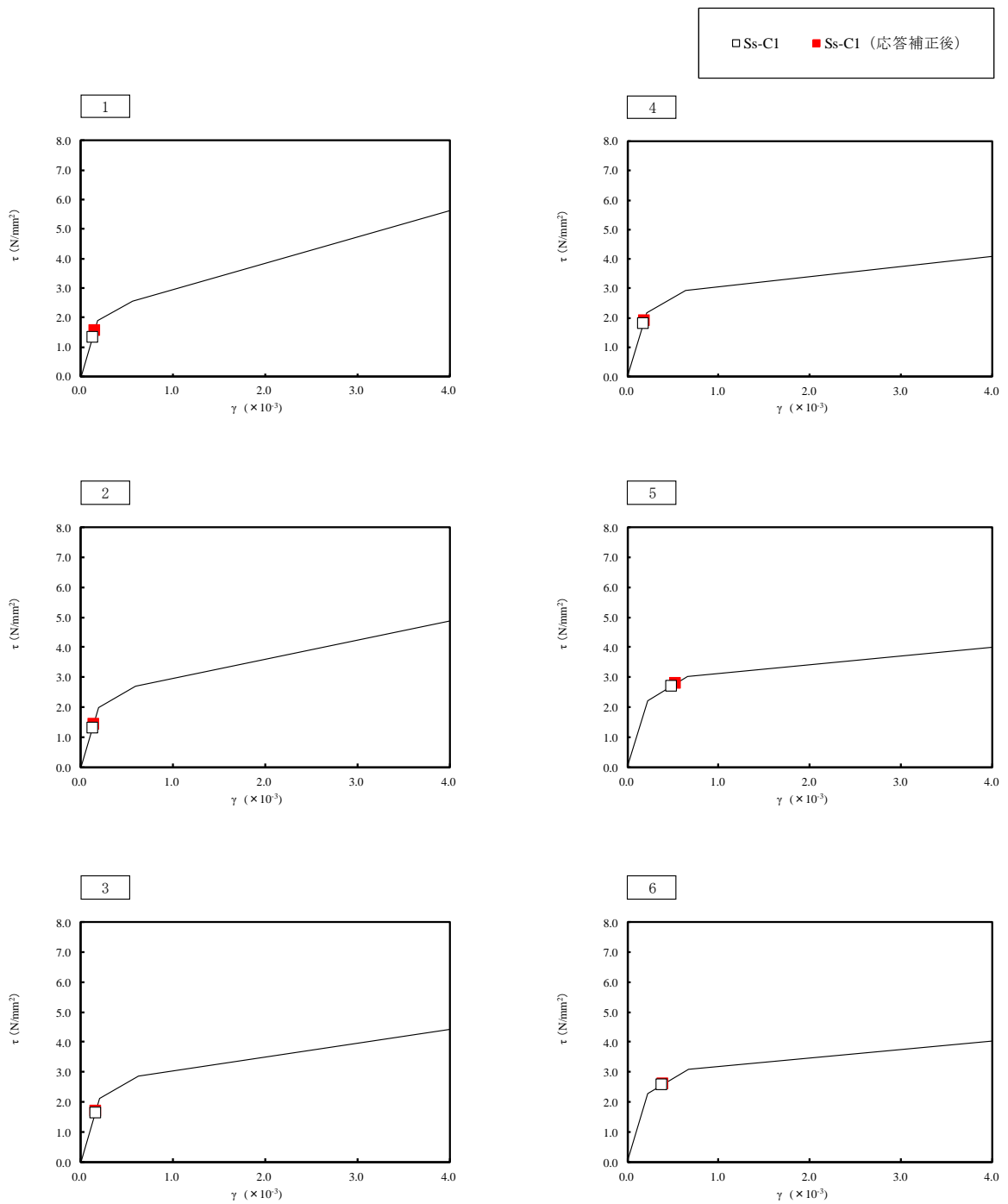
注記 2：応答補正比率 ζ は、第 3.3-3 表で算定した値のうち各レベルの最大値とする。
なお、応答補正比率 ζ が 1.0 未満の場合には 1.0 とする。

(b) EW 方向, Ss-C1

要素番号	質点系モデルの 最大応答値 (Ss)		応答補正 比率 ζ	応答補正後	
	τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)		τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)
1	0.59	0.058	1.19	0.70	0.069
2	1.16	0.114	1.09	1.27	0.125
3	1.53	0.151	1.07	1.64	0.162
4	1.88	0.185	1.05	1.98	0.194
5	2.59	0.428	1.03	2.63	0.445
6	2.30	0.237	1.03	2.32	0.244

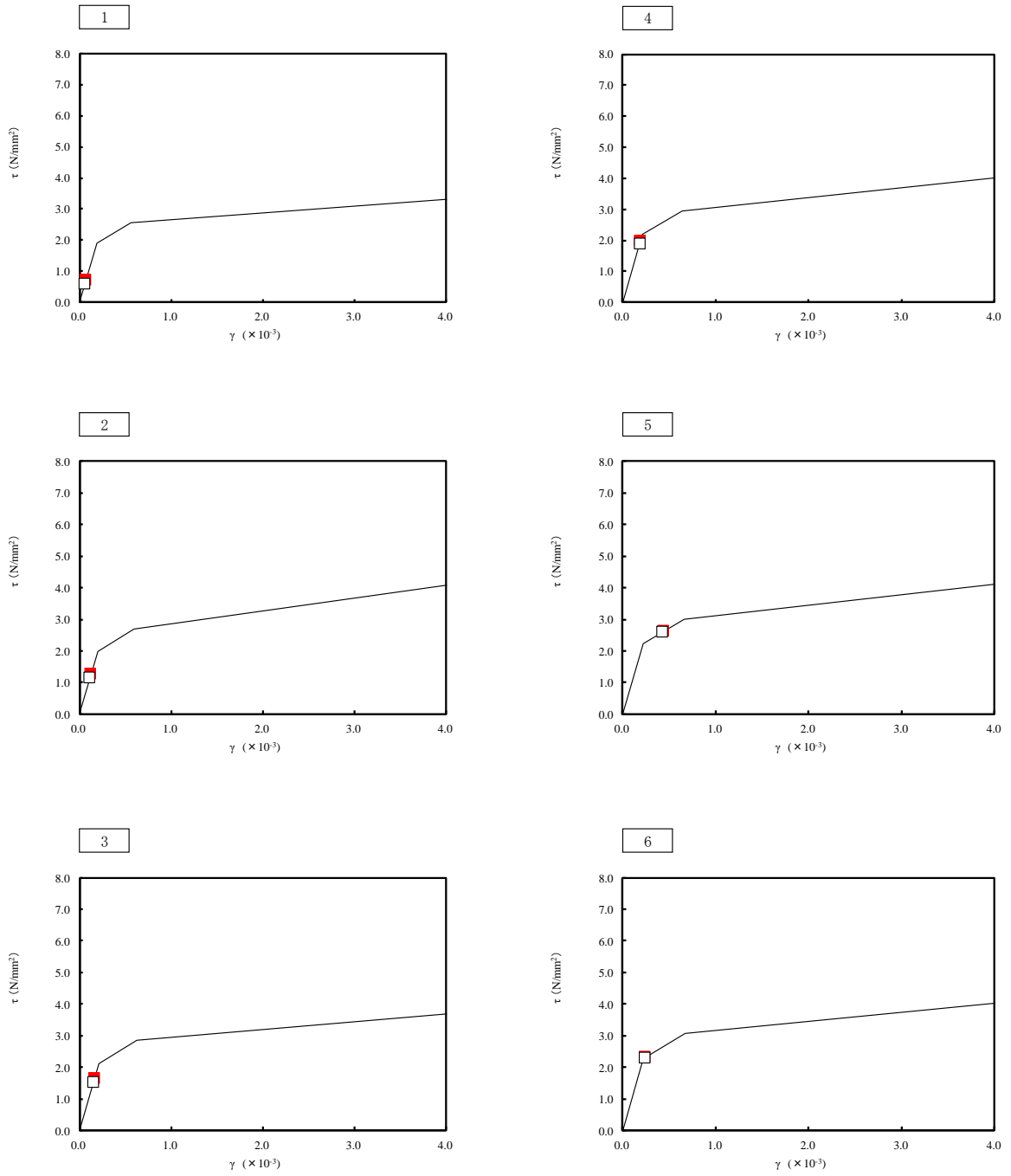
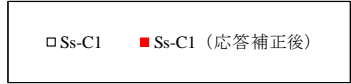
注記 1：要素番号は添付書類「燃料加工建屋の地震応答計算書」における地震応答解析モデルの要素番号とする。

注記 2：応答補正比率 ζ は、第 3.3-3 表で算定した値のうち各レベルの最大値とする。
なお、応答補正比率 ζ が 1.0 未満の場合には 1.0 とする。



(a) NS 方向

第 3.3-10 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値(1/2)



(b) EW 方向

第 3.3-10 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値(2/2)

3.4 床応答への影響検討

3次元FEMモデルによる地震応答解析結果から、3次元挙動が床応答に及ぼす影響について検討する。

評価部位は重要区域の範囲であるT.M.S.L. 35.0m～T.M.S.L. 50.3mの4隅の節点とする。

評価に当たっては、弾性設計用地震動Sd-Aに対して、3次元FEMモデルにおける1方向入力及び3方向入力時の床応答の比較、並びに質点系モデル及び3次元FEMモデルの床応答を比較し、3次元的な応答特性の影響を確認する。

ここで、1方向入力及び3方向入力時の床応答の比較については、「3.2(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」にて検討しており、評価部位において3方向入力による影響はほとんどないことを確認している。

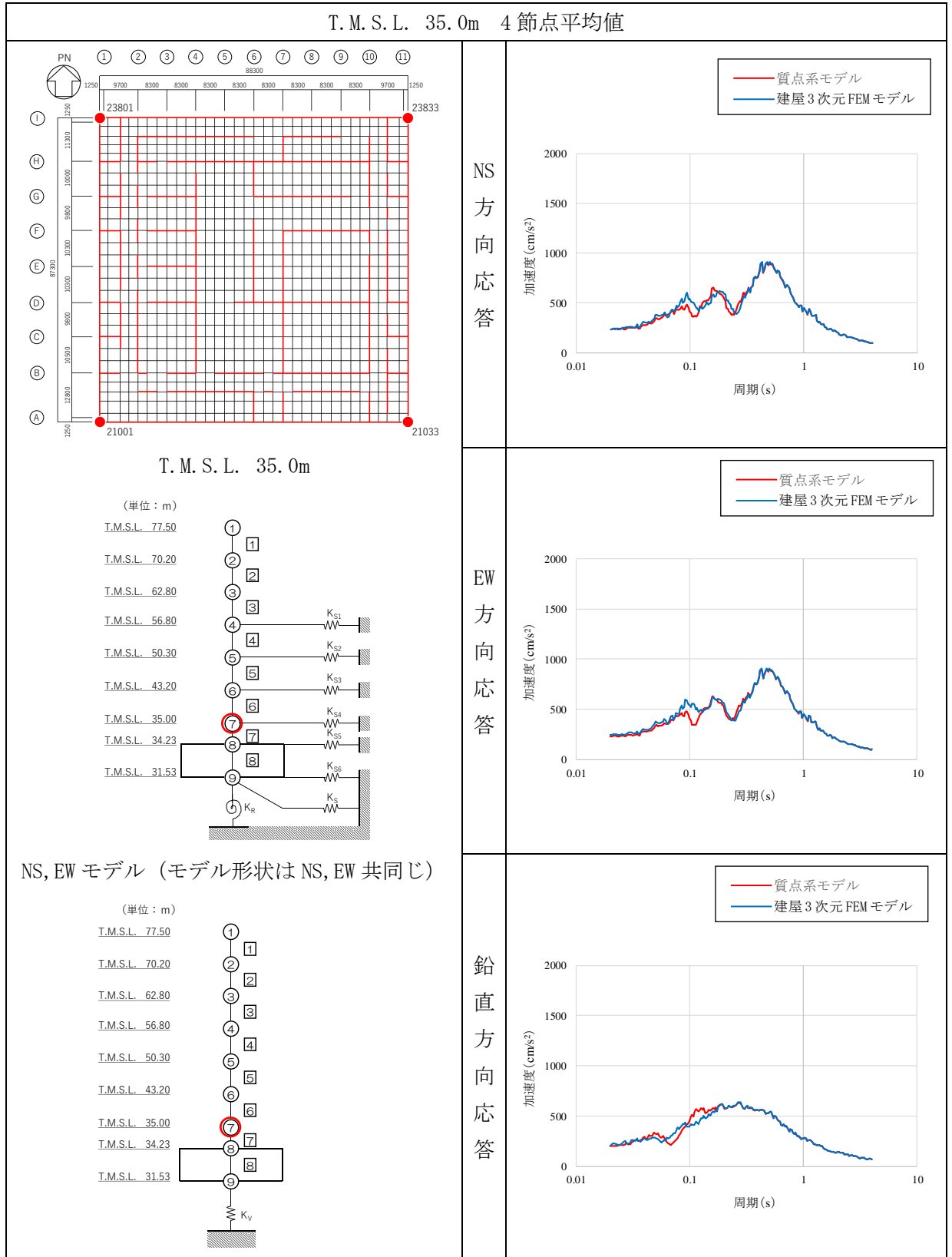
質点系モデル及び3次元FEMモデルの床応答の比較について、地震動の入力は質点系モデルで1方向入力していることから、3次元FEMモデルにおいても1方向入力と比較する。

評価結果を第3.4-1表に示す。

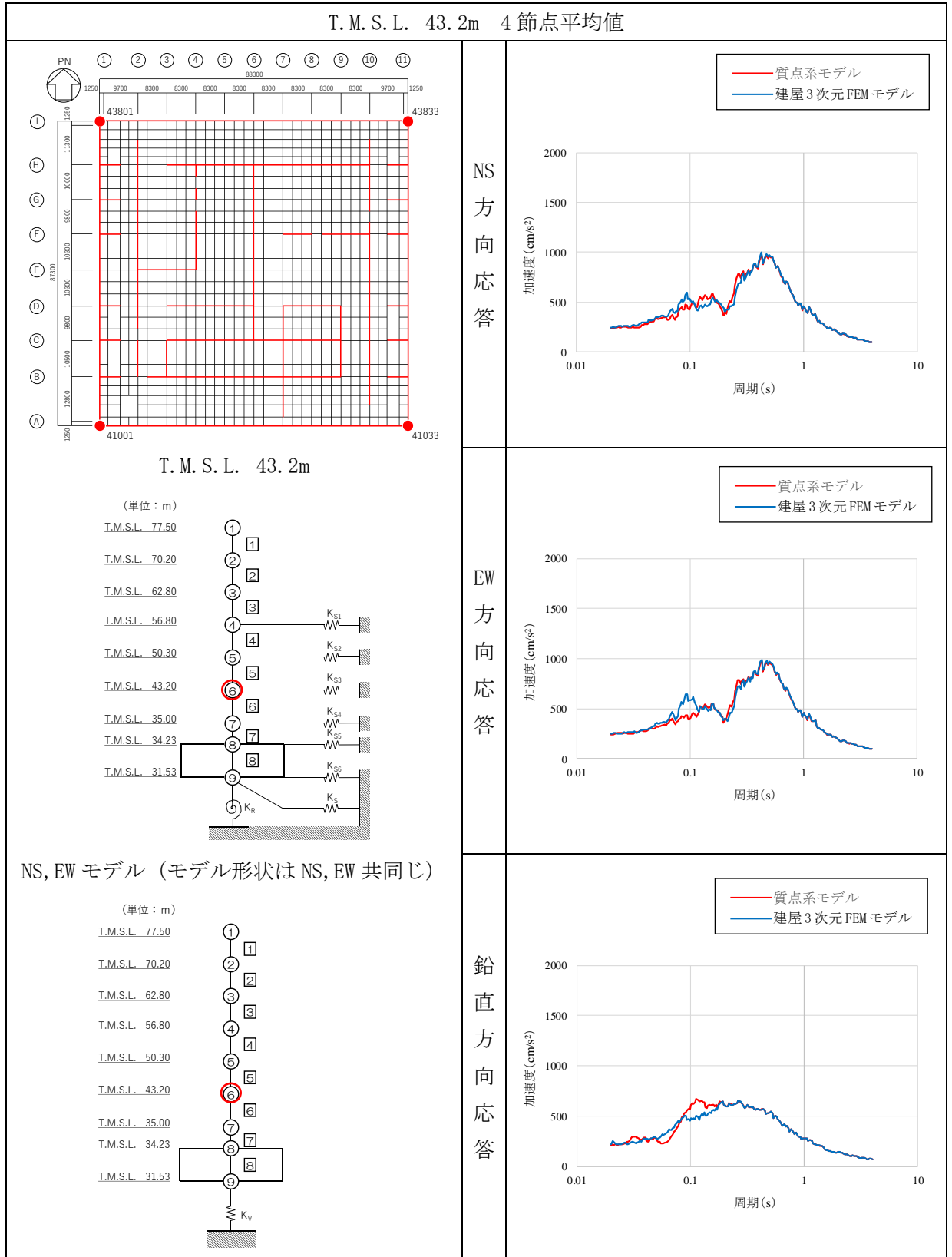
質点系モデルの応答と建屋模擬モデルの応答はよく一致していることが確認できた。

以上のことから、燃料加工建屋における質点系モデルの応答の妥当性を確認した。

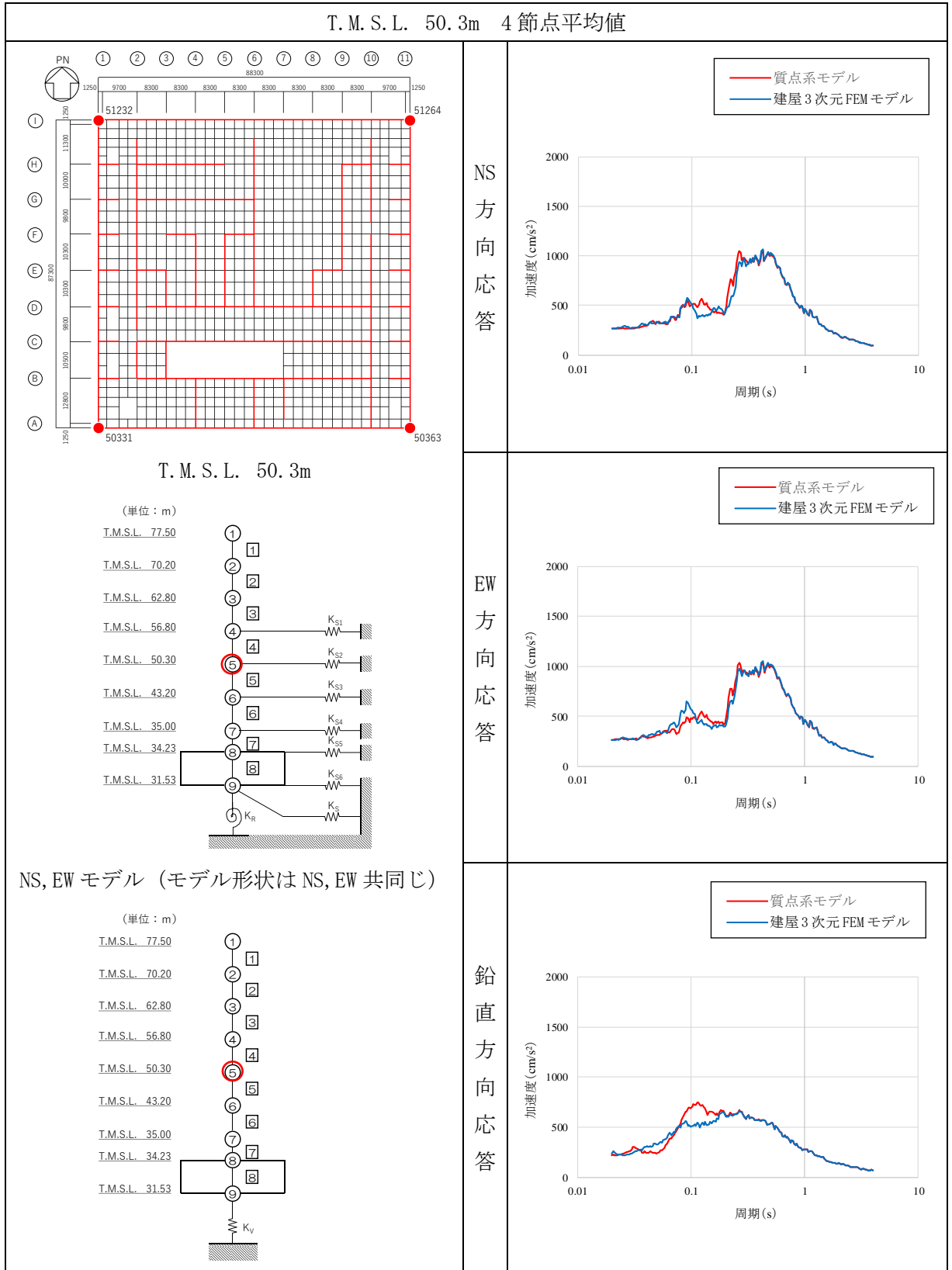
第 3.4-1 表 加速度応答スペクトル (h=3%) (1/3)



第 3.4-1 表 加速度応答スペクトル (h=3%) (2/3)



第 3.4-1 表 加速度応答スペクトル (h=3%) (3/3)



4. まとめ

燃料加工建屋について、建屋の3次元応答特性の影響確認及び建屋の質点系モデルによる応答性状の検証の観点から、3次元FEMモデルによる地震応答解析を行い建屋の局所的な応答を検討した。また、3次元FEMモデルによる挙動が、建屋及び機器・配管系の有する耐震性に及ぼす影響を検討した。

建屋については、3次元FEMモデルにより得られた3次元応答特性を質点系モデルに考慮して応答補正した結果、建屋が有する耐震性への影響はないことを確認した。

機器・配管系については、3次元FEMモデルにより得られた局所的な応答（床応答）と質点系モデルより得られた応答を比較した結果、機器・配管系が有する耐震性に及ぼす影響がないことを確認した。

以上のことから、燃料加工建屋の質点系モデルは、3次元応答特性による局所的な応答を考慮できないものの、3次元FEMモデルとの応答比較等の検証を踏まえて、妥当な解析モデルとなっている。