

【公開版】

|          |                |
|----------|----------------|
| 日本原燃株式会社 |                |
| 資料番号     | 耐震建物 17 R0     |
| 提出年月日    | 令和 3 年 2 月 9 日 |

設工認に係る補足説明資料

【建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の  
適用性について】

## 目 次

|   |   |
|---|---|
| 1. 概要   | 1 |
| 1.1 検討概要  | 2 |
| 1.2 評価対象部位及び検討方針                                  | 3 |
| 別紙 1 建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について（安全冷却水 B 冷却塔基礎） |   |
| 別紙 2 建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について（燃料加工建屋）        |   |

## 1. 概要

本資料は、建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について示すものである。

本資料の適用範囲は、再処理施設、廃棄物管理施設及びMOX燃料加工施設の建物・構築物（建屋及び屋外機械基礎）のうち、添付書類「耐震性に関する計算書」のうち耐震計算書とする。

また、本資料は、第1回申請（令和2年12月24日申請）における、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震性に関する計算書」のうち「b. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

## 1.1 検討概要

建物・構築物の耐震評価として行う，水平及び鉛直方向の荷重の組合せを考慮した評価において，水平及び鉛直方向のそれぞれの最大値をもとに組合せ係数法を適用した評価値（以下，組合せ係数法による評価値」という）と，水平及び鉛直方向の地震応答の時刻歴を時々刻々組み合わせて算定した時刻歴の最大値をもとにした評価値（以下「時刻歴和による評価値」という。）の比較を行うことで，組合せ係数法の適用性を確認する。

## 1.2 評価対象部位及び検討方針

建物・構築物の耐震評価に考慮する荷重の組合せにおいては、以下に示す組合せ係数法を適用し、水平及び鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして評価を実施している。

- ① : 1.0×水平地震力による荷重+0.4×鉛直地震力による荷重
- ② : 0.4×水平地震力による荷重+1.0×鉛直地震力による荷重

耐震評価に組合せ係数法を用いている建物・構築物及び評価対象部位を第 1.2-1 表に示す。評価部位のうち、地盤については地震応答解析に基づいて接地圧の評価を、耐震壁及び基礎スラブについては応力解析に基づいた断面の評価を実施している。

第 1.2-1 表 耐震評価に組合せ係数法を用いている建物・構築物及び評価対象部位

| 建物・構築物           | 評価対象部位 | 評価方法                    | 地震動         |
|------------------|--------|-------------------------|-------------|
| 燃料加工建屋           | 耐震壁    | 応力解析による評価<br>(断面の評価)    | 弾性設計用地震動 Sd |
|                  | 基礎スラブ  | 応力解析による評価<br>(断面の評価)    | 基準地震動 Ss    |
|                  | 地盤     | 地震応答解析による評価<br>(接地圧の評価) | 基準地震動 Ss    |
| 安全冷却水<br>B 冷却塔基礎 | 基礎スラブ  | 応力解析による評価<br>(断面の評価)    | 基準地震動 Ss    |
|                  | 地盤     | 地震応答解析による評価<br>(接地圧の評価) | 基準地震動 Ss    |

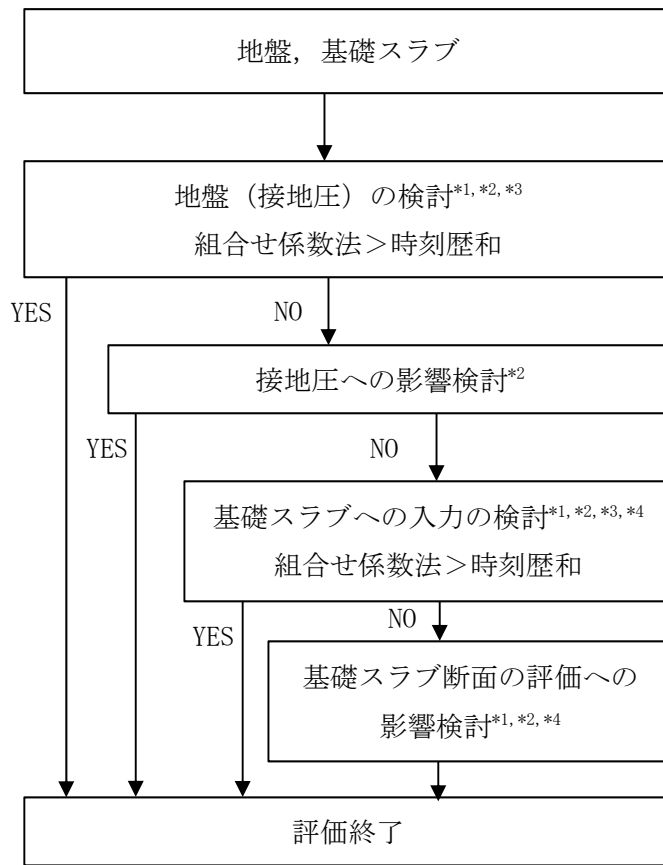
建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性を検討するにあたっては、まず、組合せ係数法による評価値が、時刻歴和による評価値と同等または保守的であることを確認する。その結果、同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による評価値に基づいた評価が及ぼす各部への影響を検討する。その結果、許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。検討のフローを第 1.2-1 図に示す。

組合せ係数法を用いて評価している部位は、地盤、基礎スラブ、耐震壁に分類される。以下に、分類された評価部位に対して、具体的な検討方針を示す。

地盤については、建物・構築物に対して実施する接地圧の評価について組合せ係数法の適用性を検討する。検討は、基準地震動  $S_s$  に対して実施することとし、地震応答解析の結果に基づき、応答スペクトルに基づく地震動 ( $S_s$ -A)、断層モデルに基づく地震動 ( $S_s$ -B) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_s$ -C) において、それぞれ接地圧が最も大きくなるものに対して実施する。検討においては、まず組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による最大接地圧と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による最大接地圧を用いた場合の接地圧の評価への影響検討を行う。

基礎スラブについては、基礎スラブへの地震荷重の入力と関連が深い接地圧において、組合せ係数法による評価値が、時刻歴和による評価値を下回る建物・構築物に対して検討を行う。検討は、基準地震動  $S_s$  に対して実施することとし、地震応答解析の結果に基づき、応答スペクトルに基づく地震動 ( $S_s$ -A)、断層モデルに基づく地震動 ( $S_s$ -B) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_s$ -C) において、それぞれ検定比が最も大きくなるものに対して実施する。また、基礎スラブへの地震荷重の入力という観点で、基準地震動  $S_s$  全波を包絡した上で算定する組合せ係数法による断面に関する評価値が、時刻歴和による評価値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による断面の評価が及ぼす、基礎の評価への影響検討を行う。

耐震壁については、発生する軸応力度に対する断面の評価について組合せ係数法の適用性を検討する。検討は、弾性設計用地震動  $S_d$  に対して実施することとし、地震応答解析の結果に基づき、応答スペクトルに基づく地震動 ( $S_d$ -A)、断層モデルに基づく地震動 ( $S_d$ -B) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_d$ -C) において、それぞれ検定比が最も大きくなるものに対して実施する。検討においては、耐震壁への地震荷重の入力という観点で、弾性設計用地震動  $S_d$  全波を包絡した上で算定する組合せ係数法による断面に関する評価値が、時刻歴和による評価値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による断面の評価が及ぼす、耐震壁の評価への影響検討を行う。



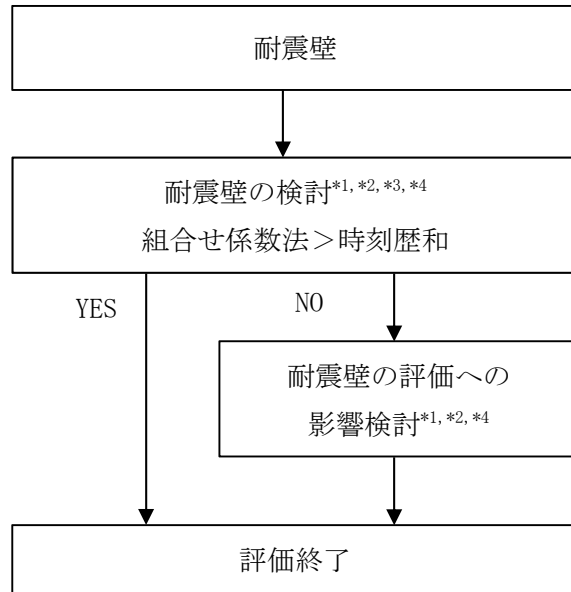
\*1 : 応答スペクトルに基づく地震動 (Ss-A) , 断層モデルに基づく地震動 (Ss-B) 及び震源を特定せず  
策定する地震動 (Ss-C) において, それぞれ接地圧が最も大きくなるものに対して検討

\*2 : 地盤物性のばらつきを考慮した検討

\*3 : Ss 各波に対する検討

\*4 : Ss 各波の地震荷重を包絡した検討

第 1.2-1 図 検討フロー (1/2)



- \*1：応答スペクトルに基づく地震動（Sd-A），断層モデルに基づく地震動（Sd-B）及び震源を特定せず策定する地震動（Sd-C）において，それぞれ接地圧が最も大きくなるものに対して検討
- \*2：地盤物性のばらつきを考慮した検討
- \*3：Sd 各波に対する検討
- \*4：Sd 各波の地震荷重を包絡した検討

第 1.2-1 図 検討フロー（2/2）



## 別紙 1

建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の  
適用性について（安全冷却水 B 冷却塔基礎）

## 目 次

|           |   |
|-----------|---|
| 1. 概要     | 1 |
| 2. 検討結果   | 2 |
| 2.1 地盤の検討 | 2 |
| 3. まとめ    | 6 |

付録 時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果

## 1. 概要

本資料は、安全冷却水 B 冷却塔基礎の耐震評価における組合せ係数法の適用性について示すものである。

## 2. 検討結果

### 2.1 地盤の検討

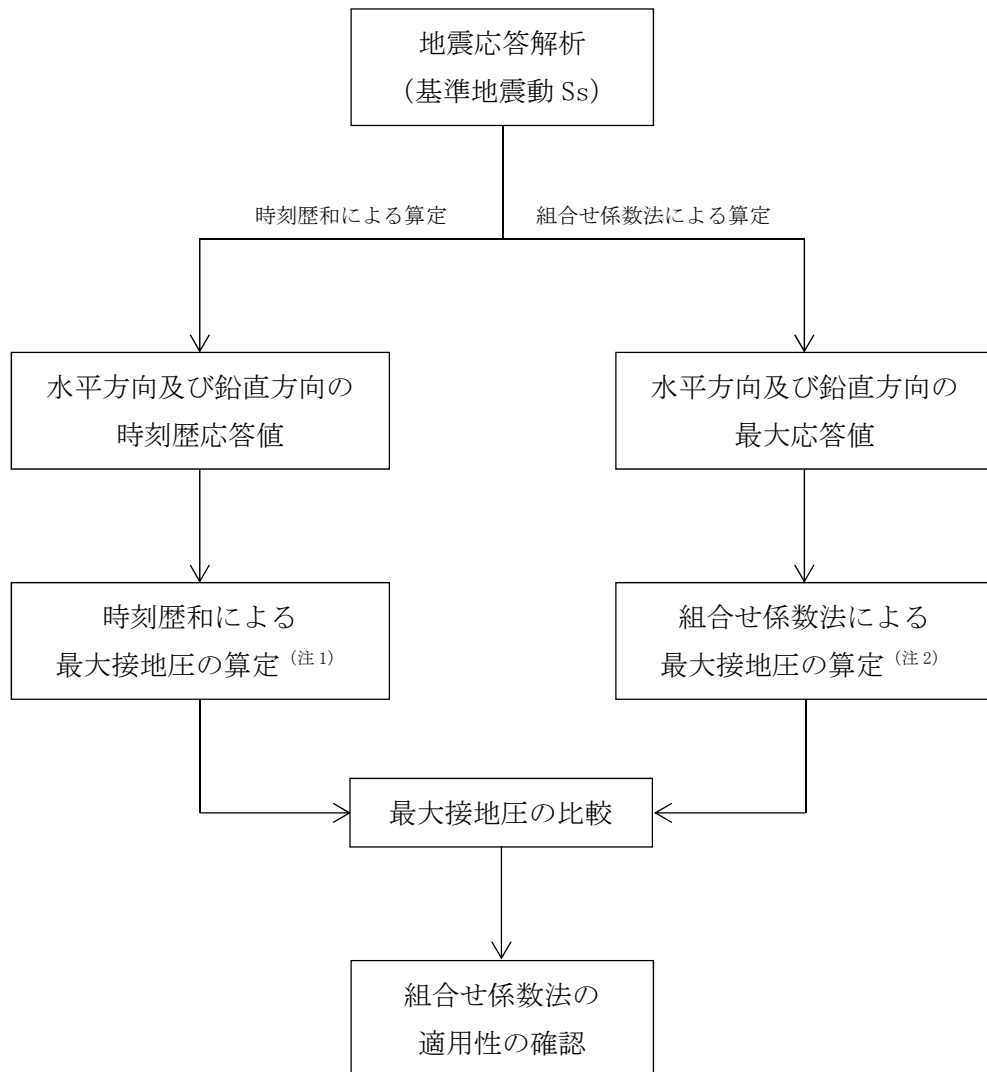
#### 2.1.1 検討内容

安全冷却水 B 冷却塔基礎について、組合せ係数法による最大接地圧と、時刻歴和による最大接地圧を比較して、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による最大接地圧と同等又は保守的であることを確認すること、同等又は保守的と言えない場合には時刻歴和による最大接地圧を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討は再処理施設の設工認申請書のうち、添付書類「IV-2-1-1-1 a. 安全冷却水 B 冷却塔の地震応答計算書」に示す安全冷却水 B 冷却塔基礎の接地圧の評価に合わせて、基準地震動  $S_s$  に対して実施することとし、応答スペクトルに基づく地震動 ( $S_s$ -A)、断層モデルに基づく地震動 ( $S_s$ -B) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_s$ -C) に対して実施する。

組合せ係数法による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による最大転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力に 0.4 (組合せ係数) を乗じた鉛直力から算定する。

これに対して、時刻歴和による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による時刻歴転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸力から時刻毎に算定した接地圧の最大値とする。



(注1) 【応答スペクトルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【断層モデルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【震源を特定せず策定する地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

(注2) 水平： $1.0 \times$ 最大転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 0.4 \times$ 最大応答軸力

第 2.1-1 図 地盤の検討フロー

### 2.1.2 検討結果

組合せ係数法による最大接地圧 (①), 時刻歴和による最大接地圧 (②) 及び両者の比 (①/②) を第 2.1-1 表に示す。なお, いずれも地盤物性のばらつきを考慮した結果を用いる。また, 参考として時刻歴和による最大接地圧の算定詳細を, 付録「時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果」に示す。

組合せ係数法による最大接地圧は, 時刻歴和による最大接地圧より大きい値になっていることから, 安全冷却水 B 冷却塔基礎における地盤及び基礎スラブの評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

第 2.1-1 表 最大接地圧の比較

(a) 基準地震動 S<sub>S</sub>-A<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> ) | ②時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/②) |
|----|--|---|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -A                       |   |                                   |
| NS | 107                                      | 102                                     | 1.04                              |
| EW | 95                                       | 90                                      | 1.05                              |

(b) 基準地震動 S<sub>S</sub>-B3(NS), S<sub>S</sub>-B5(EW)<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> ) | ②時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/②) |
|----|--|---|-----------------------------------|
|    | ① S <sub>S</sub> -B3, S <sub>S</sub> -B5 |   |                                   |
| NS | 86(S <sub>S</sub> -B3)                   | 80                                      | 1.07                              |
| EW | 82(S <sub>S</sub> -B5)                   | 78                                      | 1.05                              |

(c) 基準地震動 S<sub>S</sub>-C3(NS), S<sub>S</sub>-C2(EW)<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )        | ②時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/②) |
|----|---|---|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -C3(NS), S <sub>S</sub> -C2(EW) |   |                                   |
| NS | 97(S <sub>S</sub> -C3(NS))                      | 95                                      | 1.02                              |
| EW | 79(S <sub>S</sub> -C2(EW))                      | 79                                      | 1.00                              |

※1：地盤特性のばらつきを考慮した結果

※2：小数第3位を保守的に切捨て

### 3. まとめ

安全冷却水 B 冷却塔基礎の耐震評価において、組合せ係数法の適用性を確認する目的で、水平及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合と水平及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果の比較を行い、組合せ係数法による最大接地圧は、時刻歴接地圧の最大値より大きい値になっていることから、安全冷却水 B 冷却塔基礎における地盤及び基礎スラブの評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。



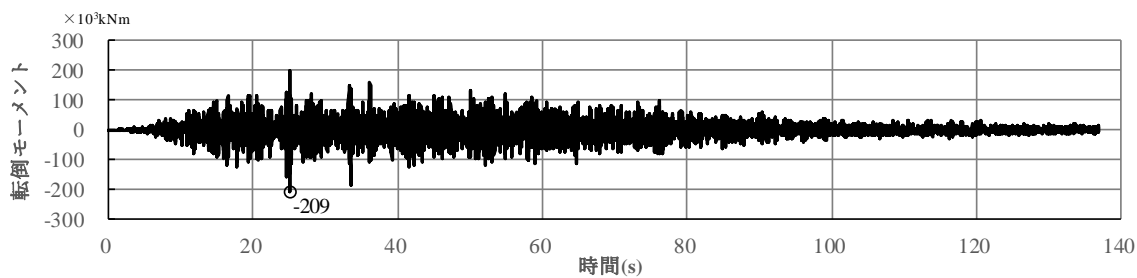
付録 時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果  
(安全冷却水 B 冷却塔基礎)

目 次

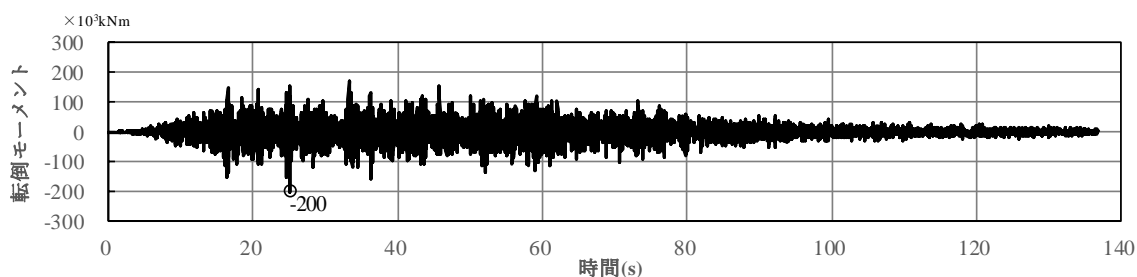
1. 時刻歴接地圧の算定 ..... 1

## 1. 時刻歴接地圧の算定

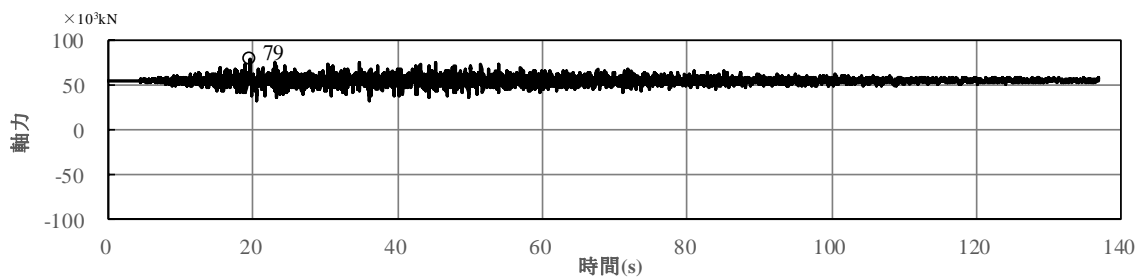
基準地震動 Ss-A、Ss-B3、Ss-B5、Ss-C2(EW)及び Ss-C3(NS) に対する時刻歴接地圧の算定に用いる時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力を～第 1.-5 図に示す。ここで、応答スペクトルに基づく地震動 Ss-A では自重±時刻歴応答軸力とする。また、時刻歴接地圧の算定結果を第 1.-6 図～第 1.-10 図に示す。



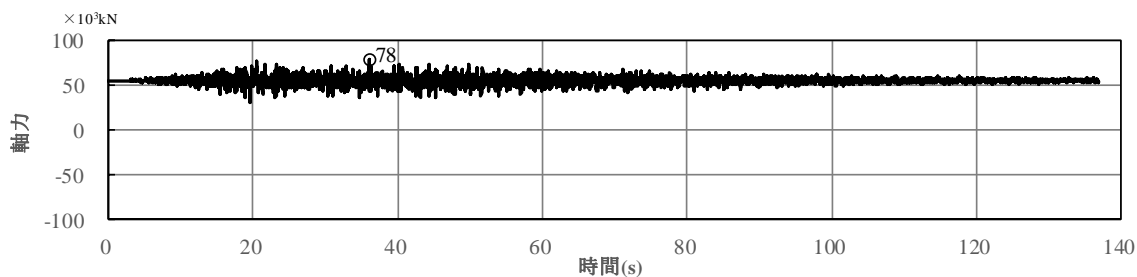
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

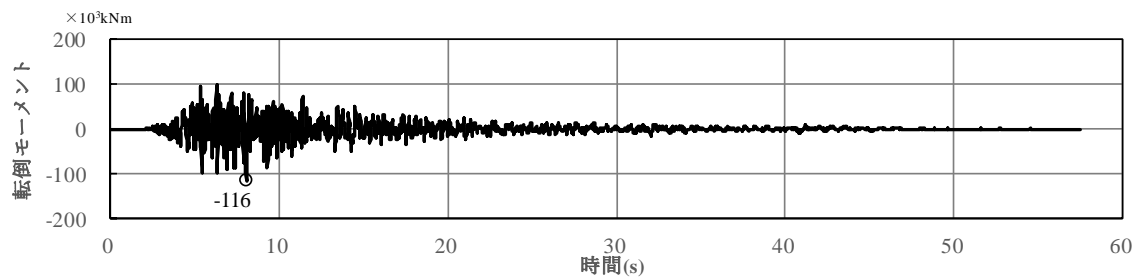


(c) 自重+時刻歴応答軸力

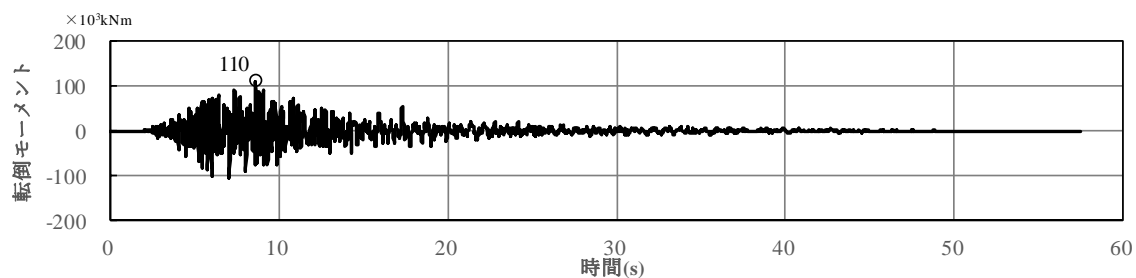


(d) 自重-時刻歴応答軸力

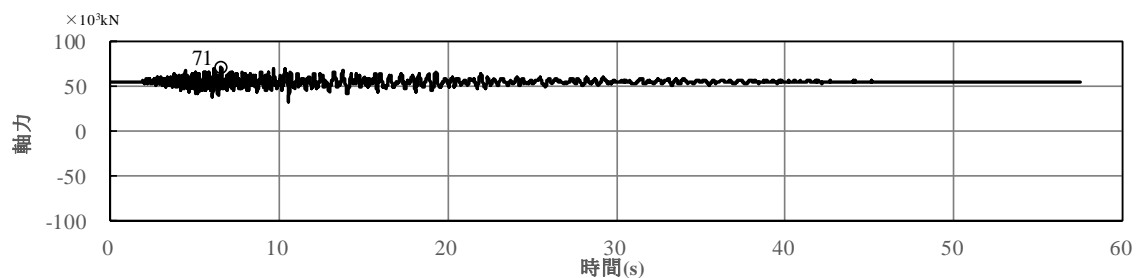
第 1. - 1 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-A)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

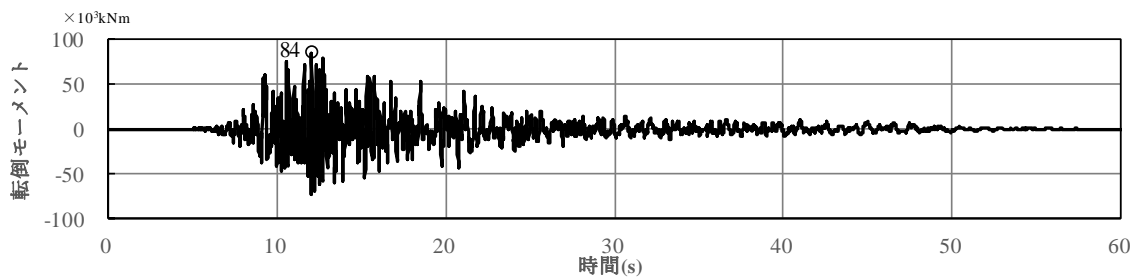


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

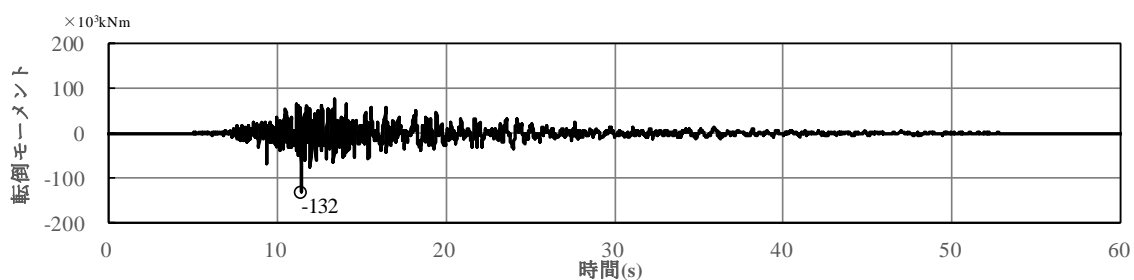


(c) 自重+時刻歴応答軸力

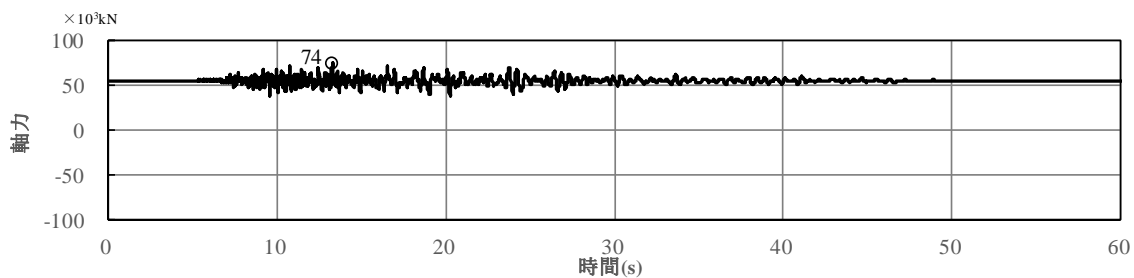
第 1. - 2 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-B3)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

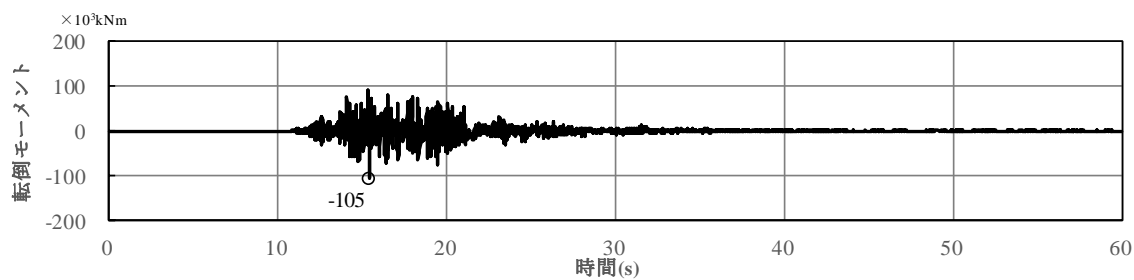


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

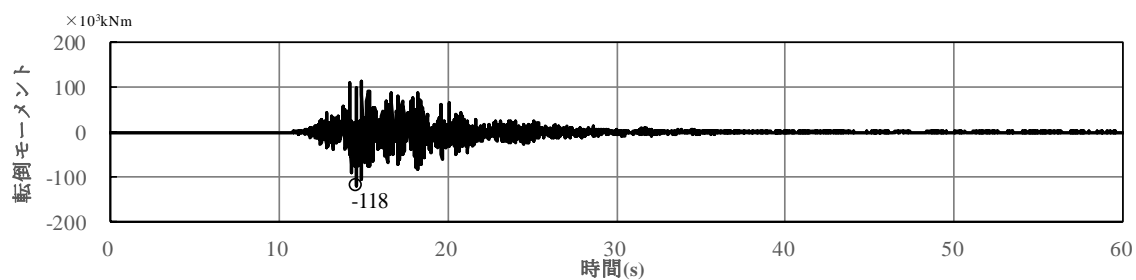


(c) 自重+時刻歴応答軸力

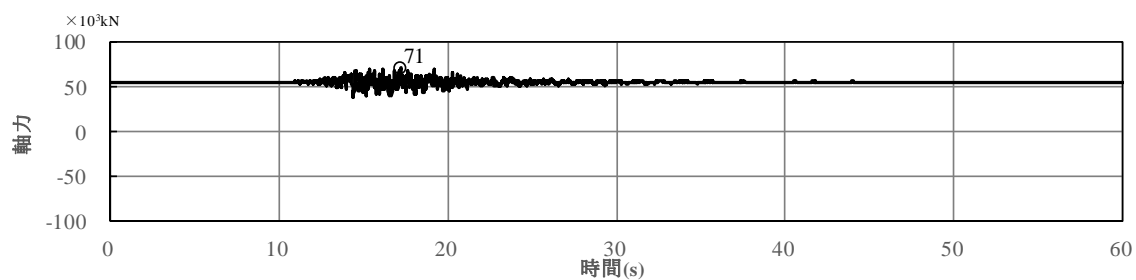
第 1. - 3 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-B5)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

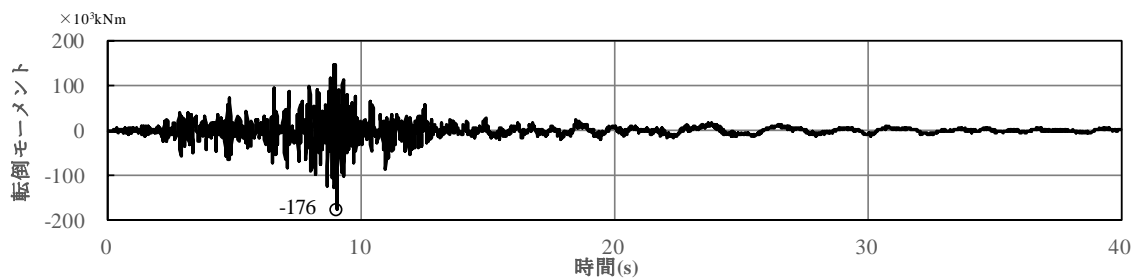


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

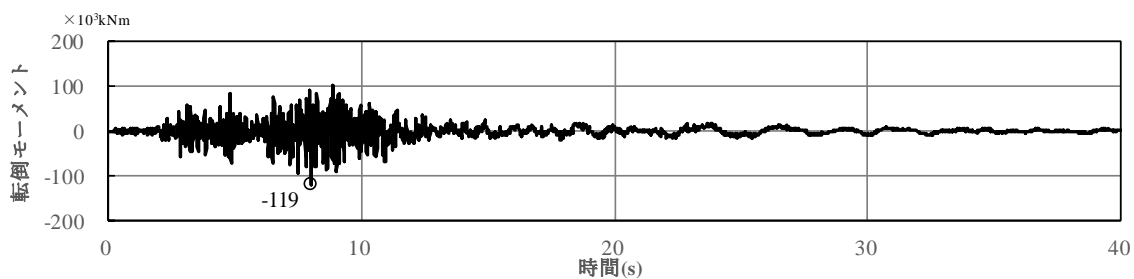


(c) 自重+時刻歴応答軸力

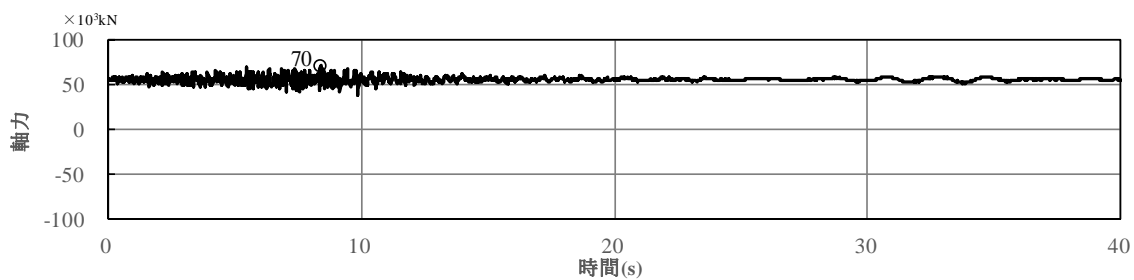
第 1. - 4 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-C2(EW))



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



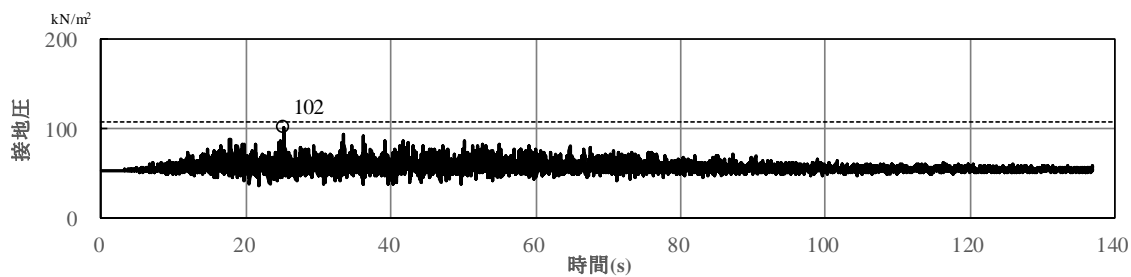
(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)



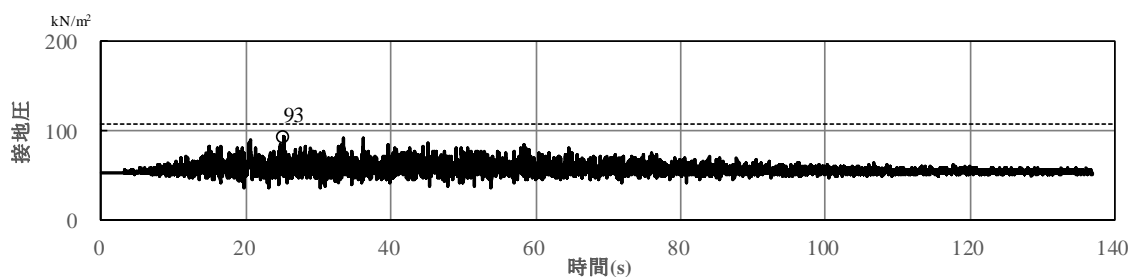
(c) 自重+時刻歴応答軸力

第 1. - 5 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-C3(NS))

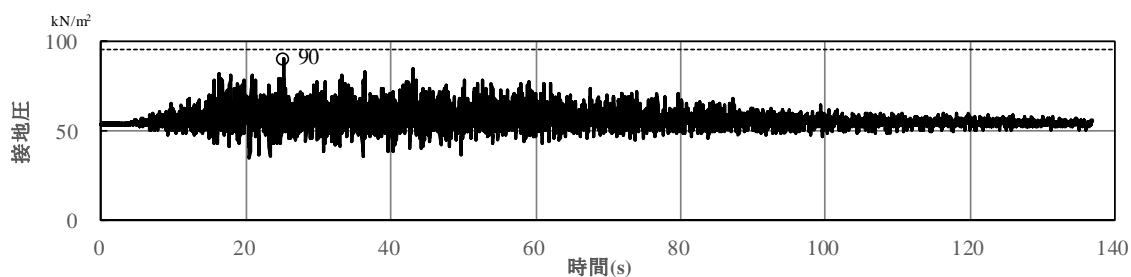




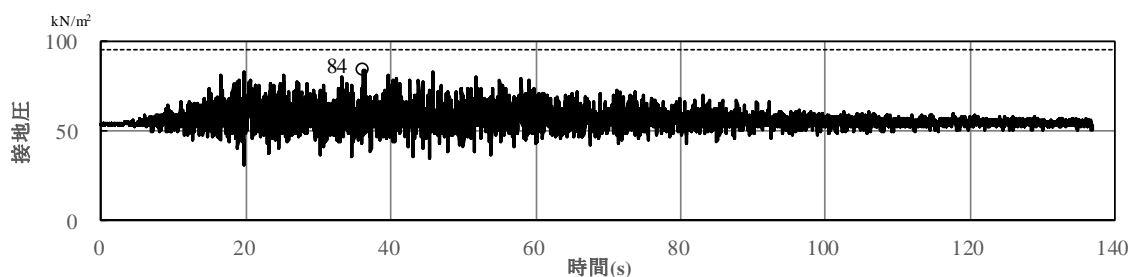
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+NS 方向-鉛直方向



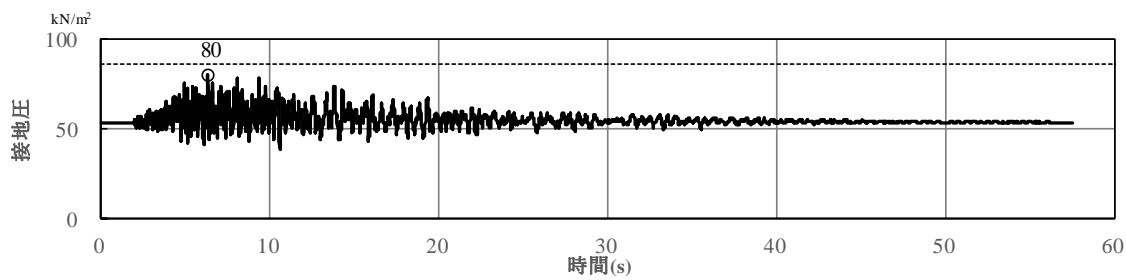
(c) 自重+EW 方向+鉛直方向



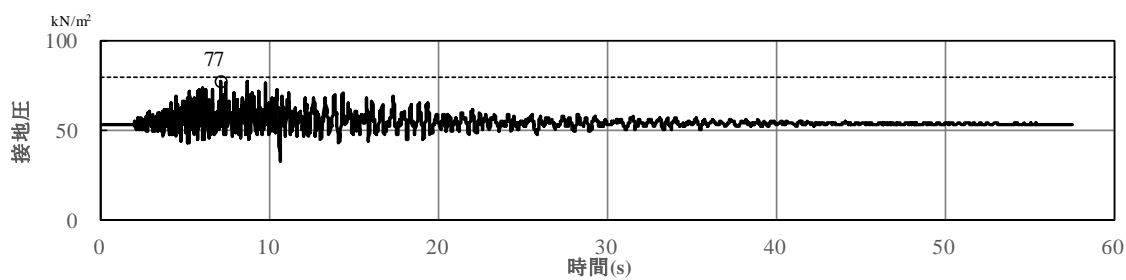
(d) 自重+EW 方向-鉛直方向

【参考】 ---- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1.-6 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-A)



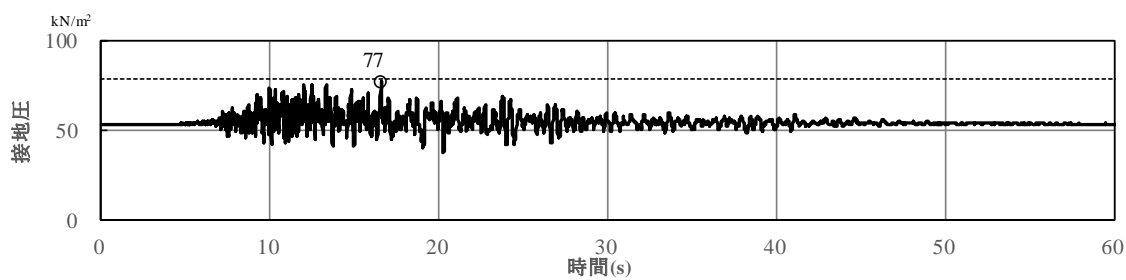
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



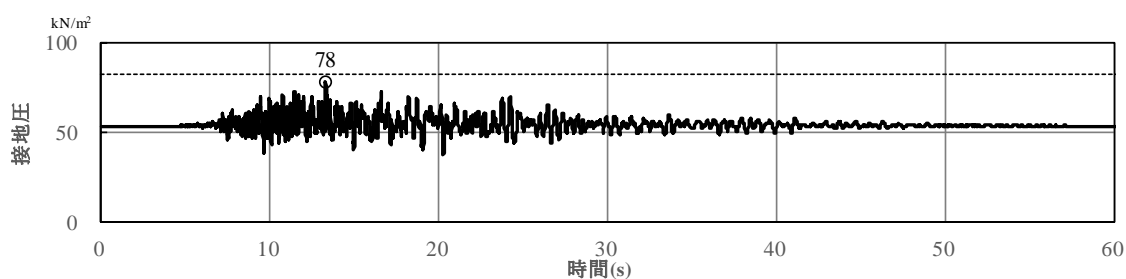
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1. - 7 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-B3)



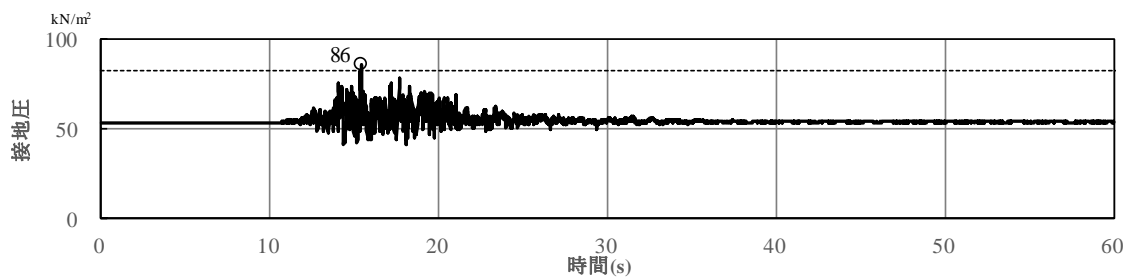
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



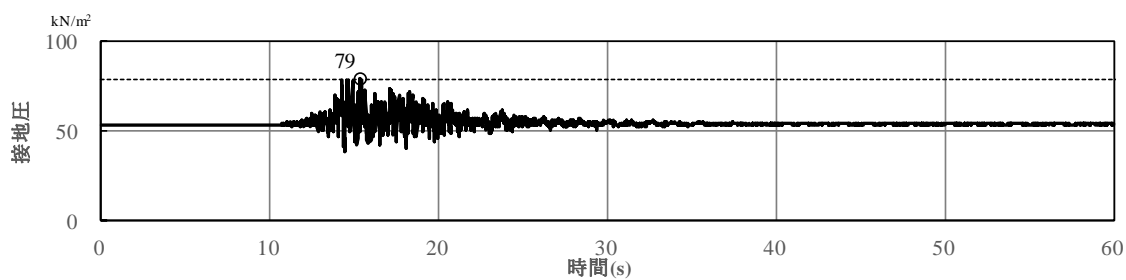
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1. - 8 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-B5)



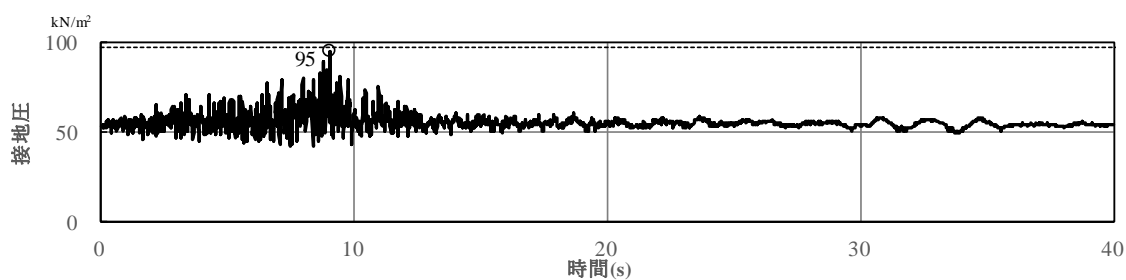
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



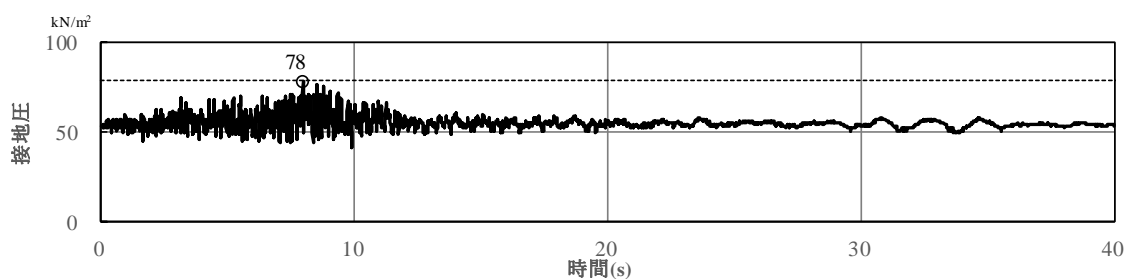
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1.-9 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-C2(EW))



(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1.-10 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-C3(NS))

## 別紙 2

建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の  
適用性について（燃料加工建屋）

## 目 次

|              |    |
|--------------|----|
| 1. 概要        | 1  |
| 2. 検討結果      | 2  |
| 2.1 地盤の検討    | 2  |
| 2.2 基礎スラブの検討 | 7  |
| 2.3 耐震壁の検討   | 11 |
| 3. まとめ       | 16 |

付録 時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果（燃料加工建屋）

## 1. 概要

本資料は、燃料加工建屋の耐震評価における組合せ係数法の適用性について示すものである。



## 2. 検討結果

### 2.1 地盤の検討

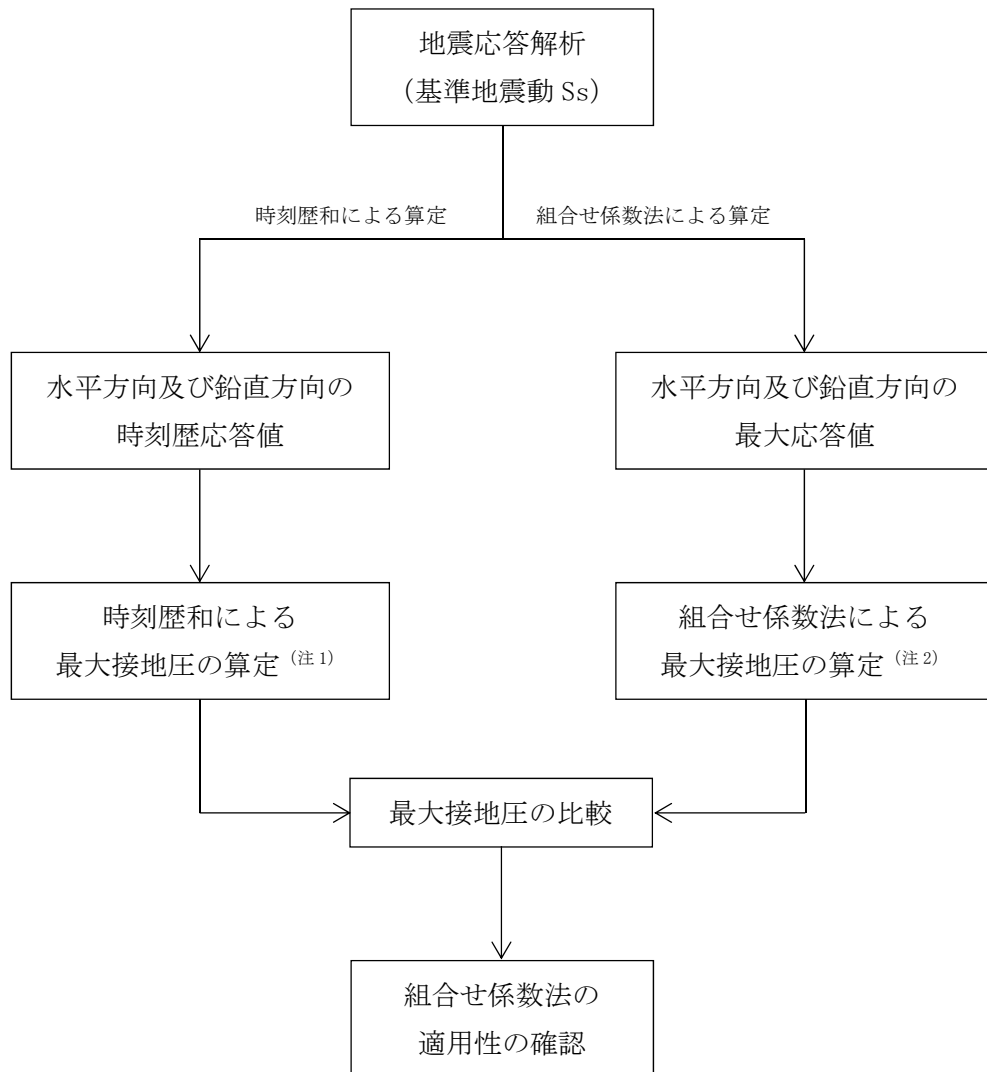
#### 2.1.1 検討内容

燃料加工建屋について、組合せ係数法による最大接地圧と、時刻歴和による最大接地圧を比較して、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による最大接地圧と同等または保守的であることを確認すること、同等または保守的と言えない場合には時刻歴和による最大接地圧を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討はMOX燃料加工施設の設工認申請書のうち添付書類「Ⅲ-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」に示す燃料加工建屋の接地圧の評価に合わせて、基準地震動  $S_s$  に対して実施することとし、応答スペクトルに基づく地震動 ( $S_s$ -A)、断層モデルに基づく地震動 ( $S_s$ -B) 及び震源を特定せず策定する地震動 ( $S_s$ -C) に対して実施する。

組合せ係数法による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による最大転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力に 0.4 (組合せ係数) を乗じた鉛直力から算定する。

これに対して、時刻歴和による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による時刻歴転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸力から時刻毎に算定した接地圧の最大値とする。



(注1) 【応答スペクトルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【断層モデルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【震源を特定せず策定する地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

(注2) 水平： $1.0 \times$ 最大転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 0.4 \times$ 最大応答軸力

第 2.1-1 図 地盤の検討フロー

### 2.1.2 検討結果

組合せ係数法による最大接地圧 (①), 時刻歴和による最大接地圧 (②) 及び両者の比 (①/②) を第 2.2-1 表に示す。なお, いずれも地盤物性のばらつきを考慮した結果を用いる。また, 参考として時刻歴和による最大接地圧の算定詳細を, 付録「時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果 (燃料加工建屋)」に示す。

組合せ係数法による最大接地圧は, 時刻歴和による最大接地圧と比べて小さい値 (Ss-A で最大接地圧比 (①/③) が NS 及び EW 方向で 0.97) となっている場合があるため, 接地圧評価への影響検討を行う。

接地圧評価への影響検討結果を第 2.1-2 表に示す。

第 2.1-1 表 最大接地圧の比較

(a) 基準地震動 S<sub>S</sub>-A<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> ) | ③時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) |
|----|--|---|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -A                       |   |                                   |
| NS | 998                                      | 1020                                    | 0.97                              |
| EW | 998                                      | 1027                                    | 0.97                              |

(b) 基準地震動 S<sub>S</sub>-B1 (EW), B3 (NS)<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> ) | ③時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) |
|----|--|---|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -B1, B3                  |   |                                   |
| NS | 920 (S <sub>S</sub> -B3)                 | 848                                     | 1.08                              |
| EW | 945 (S <sub>S</sub> -B1)                 | 874                                     | 1.08                              |

(c) 基準地震動 S<sub>S</sub>-C1<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における<br>最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> ) | ③時刻歴接地<br>圧の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) |
|----|--|---|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -C1                      |   |                                   |
| NS | 1229                                     | 1161                                    | 1.05                              |
| EW | 1231                                     | 1163                                    | 1.05                              |

※1：地盤特性のばらつきを考慮した結果

※2：小数第 3 位を保守的に切捨て

第 2.1-2 表 接地圧への影響検討

|  | 基準地震動 $S_s$ |
|--|-------------|
| ① 最大接地圧の比の最小値<br>(組合せ係数法による最大接地圧<br>／時刻歴接地圧の最大値) | 0.97        |
| ② 割増係数* (= 1 / ①)                                | 1.04        |
| ③ 地盤物性のばらつきを考慮した<br>最大接地圧                        | 1231        |
| 影響検討結果 (②×③)                                     | 1281        |
| 許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )                        | 38800       |

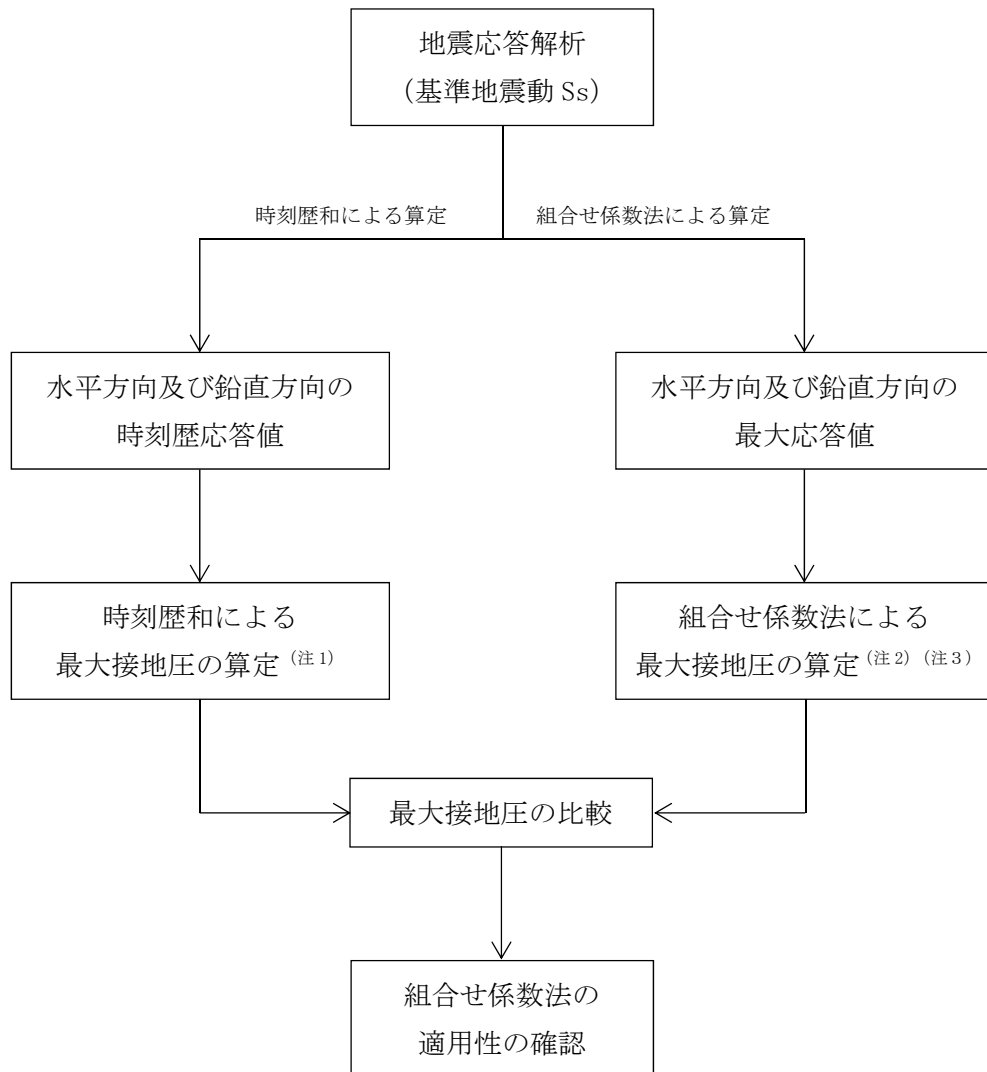
※：小数第 3 位を保守的に切り上げ

## 2.2 基礎スラブの検討

### 2.2.1 検討内容

基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動  $S_s$  を包絡し組合せ係数法を適用して算出した接地圧が時刻歴接地圧の最大値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、基礎スラブの応力評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。検討は、MOX燃料加工施設の設工認申請書のうち添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」に示す基礎スラブの応力評価に合わせて、基準地震動  $S_s$  に対して実施する。

基礎スラブの検討フローを第 2.2-1 図に示す。



(注1) 【応答スペクトルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【断層モデルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【震源を特定せず策定する地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴転倒モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

(注2) 水平： $1.0 \times$ 最大転倒モーメント 鉛直：自重 $\pm 0.4 \times$ 最大応答軸力

(注3) 基準地震動  $S_s$  を包絡した接地圧

第 2. 2-1 図 基礎スラブの検討フロー

### 2.2.2 検討結果

地震動ごと個別に組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (①) , 基準地震動  $S_s$  による地震力を全波包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (②) , 時刻歴接地圧の最大値 (③) , 接地圧の最大値の比 (①/③, ②/③) を第 2.2-1 表に示す。なお, いずれも地盤物性のばらつきを考慮した結果を用いる。

地震動ごと個別の組合せ係数法による最大接地圧が, 時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値 ( $S_s$ -A で最大接地圧比 (①/③) が NS 及び EW 方向で 0.97) となっている場合がある。ただし, 基礎スラブの評価においては, 基準地震動  $S_s$  による地震力を包絡し組合せ係数法を適用した地震荷重を入力しており, その際の最大接地圧が, 時刻歴の最大接地圧より大きい値 (②/③が 1.0 以上) になっている。このことから, 燃料加工建屋における基礎スラブの評価において包絡した地震荷重を用いる場合は, 組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。



第 2.2-1 表 最大接地圧の比較（燃料加工建屋）

(a) 基準地震動 S<sub>S</sub>-A<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |                    | ③時刻歴接<br>地圧の最大<br>値 (kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(②/③) |
|----|---|--------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -A                      | ②S <sub>S</sub> 包絡 |  |                                   |                                   |
| NS | 998                                     | 1307               | 1020                                     | 0.97                              | 1.28                              |
| EW | 998                                     | 1309               | 1027                                     | 0.97                              | 1.27                              |

(b) 基準地震動 S<sub>S</sub>-B1 (EW), B3 (NS)<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |                    | ③時刻歴接<br>地圧の最大<br>値 (kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(②/③) |
|----|---|--------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -B1, B3                 | ②S <sub>S</sub> 包絡 |  |                                   |                                   |
| NS | 920 (S <sub>S</sub> -B3)                | 1307               | 848                                      | 1.08                              | 1.54                              |
| EW | 945 (S <sub>S</sub> -B1)                | 1309               | 874                                      | 1.08                              | 1.49                              |

(c) 基準地震動 S<sub>S</sub>-C1<sup>※1</sup>

| 方向 | 組合せ係数法における最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |                    | ③時刻歴接<br>地圧の最大<br>値 (kN/m <sup>2</sup> ) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(①/③) | 最大接<br>地圧比 <sup>※2</sup><br>(②/③) |
|----|---|--------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
|    | ①S <sub>S</sub> -C1                     | ②S <sub>S</sub> 包絡 |  |                                   |                                   |
| NS | 1229                                    | 1307               | 1161                                     | 1.05                              | 1.12                              |
| EW | 1231                                    | 1309               | 1163                                     | 1.05                              | 1.12                              |

※1：地盤特性のばらつきを考慮した結果

※2：小数第 3 位を保守的に切捨て

## 2.3 耐震壁の検討

### 2.3.1 検討内容

燃料加工建屋の耐震壁について、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

燃料加工建屋の地震応答解析モデルを第 2.3-1 図、第 2.3-2 図にそれぞれ示す。

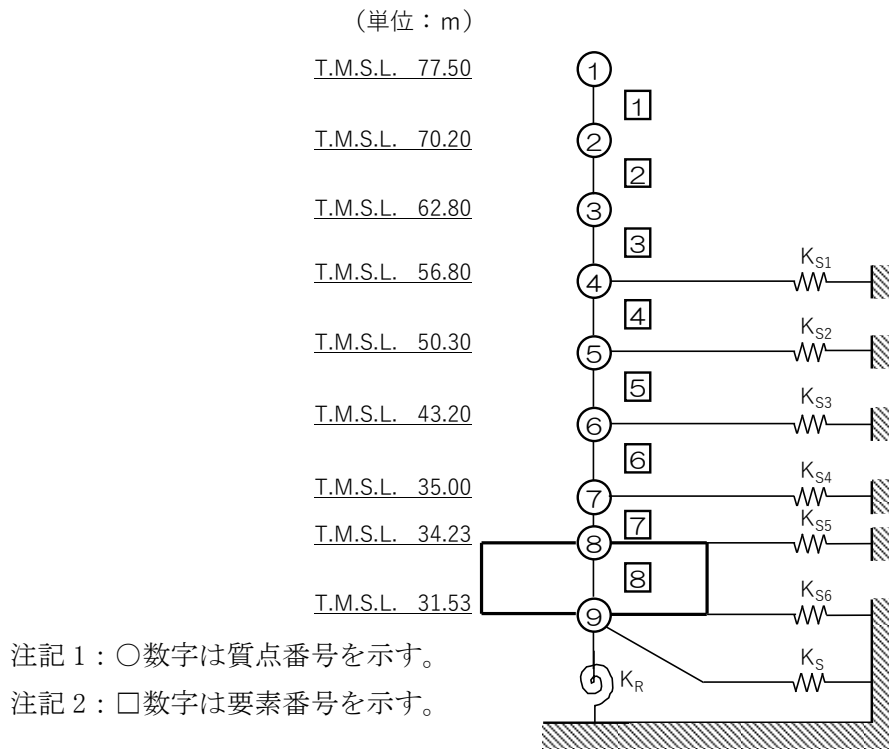
燃料加工建屋の重要区域の壁については、組合せ係数法により質点系モデルの重要区域のある地下3階および地下2階に該当する要素に発生する軸応力度が時刻歴軸応力度の最大値と同等または保守的であることを確認することにより、軸応力度評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討は、MOX燃料加工施設の設工認申請書のうち添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」に示す燃料加工建屋の重要区域の壁の応力評価に合わせて、弾性設計用地震動 Sd に対して実施することとし、地震応答解析の結果に基づき、応答スペクトルに基づく地震動 (Sd-A)、断層モデルに基づく地震動 (Sd-B) 及び震源を特定せず策定する地震動 (Sd-C) において、それぞれ軸応力度が最も大きくなる地震動に対して実施する。

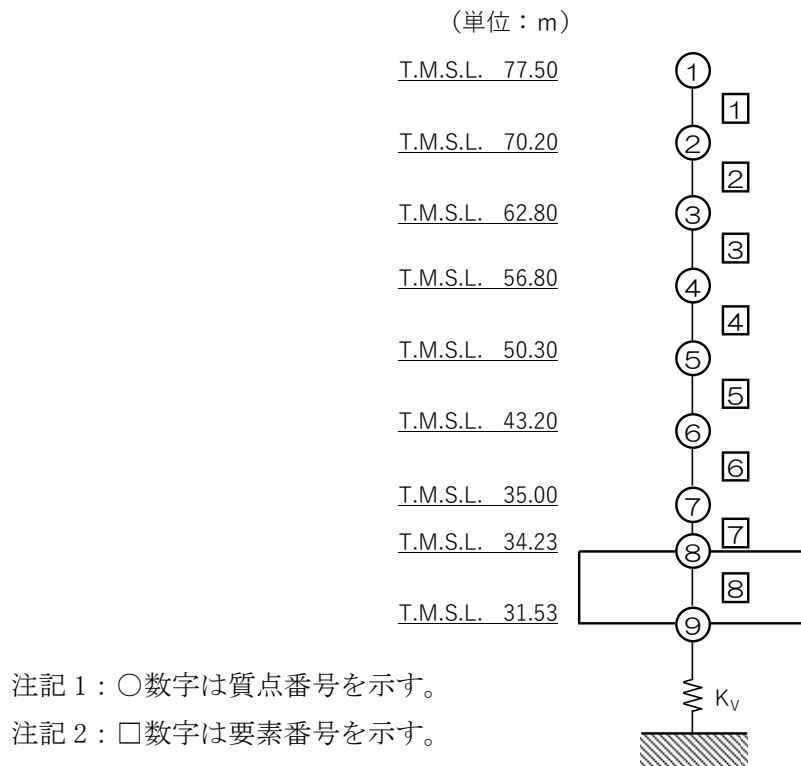
組合せ係数法における耐震壁の最大軸応力度は、水平方向の地震応答解析による最大応答曲げモーメント及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力に 0.4 (組合せ係数) を乗じた鉛直力から算定する。

これに対して、時刻歴軸応力度の最大値は、選定した地震波を用い、時刻毎に水平方向の地震応答解析による時刻歴応答曲げモーメントによる軸応力度と鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸応力度の和を算定し、軸応力度の最大値とする。

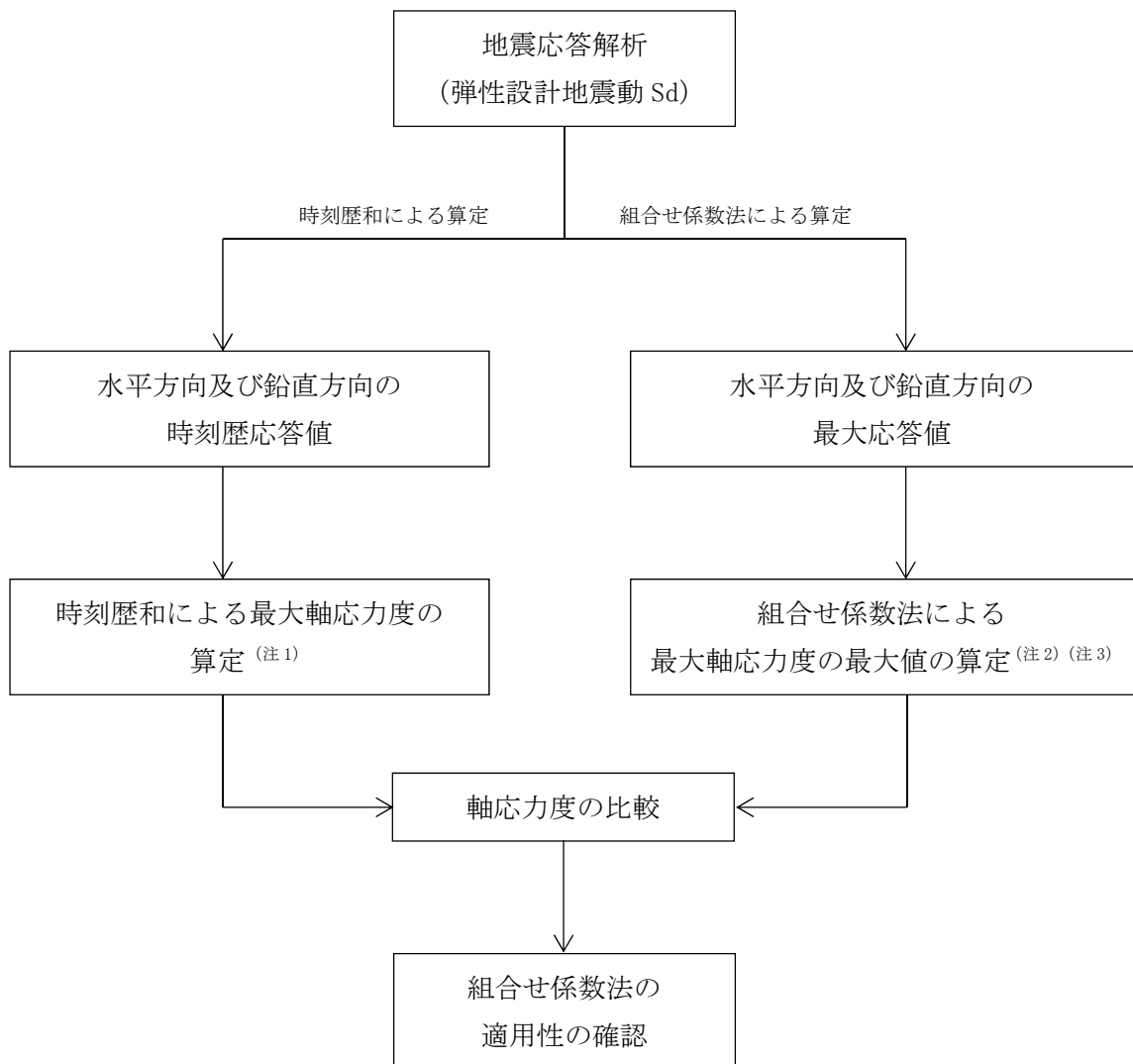
耐震壁の検討フローを第 2.3-3 図に示す。



第 2.3-1 図 地震応答解析モデル（水平方向）



第 2.3-2 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）



(注1) 【応答スペクトルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴応答モーメント 鉛直：自重 $\pm 1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【断層モデルに基づく地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴応答モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

【震源を特定せず策定する地震動】 水平： $1.0 \times$ 時刻歴応答モーメント 鉛直：自重 $+1.0 \times$ 時刻歴応答軸力

(注2) 水平： $1.0 \times$ 最大応答モーメント 鉛直：自重 $\pm 0.4 \times$ 最大応答軸力

(注3) 弾性設計用地震動 Sd を包絡した軸応力度

第 2.3-3 図 耐震壁の検討フロー

### 2.3.2 検討結果

地震動ごと個別に組合せ係数法を適用して算出した最大軸応力度 (①) , 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力を全波包絡し, 組合せ係数法を適用して算出した最大軸応力度 (②) , 時刻歴軸応力度の最大値 (③) および軸応力度比 (①/③, ②/③) を第 2.3-1 表に示す。なお, いずれも地盤物性のばらつきを考慮した結果を用いる。なお, 参考として時刻歴和による最大接地圧の算定詳細を, 付録「時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果 (燃料加工建屋)」に示す。

地震動ごと個別の組合せ係数法による最大軸応力度が, 時刻歴軸応力度の最大値よりやや小さい値 (①/③で 0.98) となっている場合がある。ただし, 耐震壁の評価においては, 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力を包絡し組合せ係数法を適用した地震荷重を入力しており, その際の最大軸応力度が, 時刻歴の最大軸応力度より大きい値となっている。このことから, 燃料加工建屋における耐震壁の評価において包絡した地震荷重を用いる場合は, 組合せ係数法を用いても安全上支障がないことを確認した。

第 2.3-1 表 最大軸応力度の比較

(1) 弾性設計用地震動 Sd-A<sup>※1</sup>

| 方向 | 部材<br>番号 <sup>※2</sup> | 組合せ係数法における<br>最大軸応力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |             | ③時刻歴軸応<br>力度の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(①/③) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(②/③) |
|----|------------------------|---|-------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|    |                        | ①<br>Sd-A                                 | ②<br>Sd 包絡波 |  |                                       |                                       |
| NS | 5                      | 1747                                      | 2307        | 1648                                     | 1.06                                  | 1.39                                  |
|    | 6                      | 2460                                      | 3271        | 2392                                     | 1.02                                  | 1.36                                  |
| EW | 5                      | 1620                                      | 2113        | 1521                                     | 1.06                                  | 1.38                                  |
|    | 6                      | 2145                                      | 2851        | 2076                                     | 1.03                                  | 1.37                                  |

(2) 弾性設計用地震動 Sd-B2, B3, B5<sup>※1</sup>

| 方向 | 部材<br>番号 <sup>※2</sup> | 組合せ係数法における<br>最大軸応力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |             | ③時刻歴軸応<br>力度の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(①/③) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(②/③) |
|----|------------------------|---|-------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|    |                        | ①<br>Sd-B2, B3, B5                        | ②<br>Sd 包絡波 |  |                                       |                                       |
| NS | 5                      | 1572 (Sd-B2)                              | 2307        | 1496                                     | 1.05                                  | 1.54                                  |
|    | 6                      | 2060 (Sd-B3)                              | 3271        | 2047                                     | 1.00                                  | 1.59                                  |
| EW | 5                      | 1525 (Sd-B5)                              | 2113        | 1425                                     | 1.07                                  | 1.48                                  |
|    | 6                      | 1891 (Sd-B5)                              | 2851        | 1807                                     | 1.04                                  | 1.57                                  |

(3) 弾性設計用地震動 Sd-C1<sup>※1</sup>

| 方向 | 部材<br>番号 <sup>※2</sup> | 組合せ係数法における<br>最大軸応力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |             | ③時刻歴軸応<br>力度の最大値<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(①/③) | 軸応力度の<br>最大値の比 <sup>※3</sup><br>(②/③) |
|----|------------------------|---|-------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|    |                        | ①<br>Sd-C1                                | ②<br>Sd 包絡波 |  |                                       |                                       |
| NS | 5                      | 2271                                      | 2307        | 2276                                     | 0.99                                  | 1.01                                  |
|    | 6                      | 3231                                      | 3271        | 3247                                     | 0.99                                  | 1.00                                  |
| EW | 5                      | 2077                                      | 2113        | 2100                                     | 0.98                                  | 1.00                                  |
|    | 6                      | 2811                                      | 2851        | 2841                                     | 0.98                                  | 1.00                                  |

※1：地盤特性のばらつきを考慮した結果

※2：地震応答解析モデルの要素番号

※3：小数第 3 位を保守的に切捨て

### 3. まとめ

燃料加工建屋の耐震評価において、組合せ係数法の適用性を確認する目的で、水平及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合と水平及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果の比較を行い、以下の結果が得られた。

#### (1) 地盤の検討結果

地盤（接地圧）の検討において、燃料加工建屋を対象として検討を行った。

燃料加工建屋については、基準地震動  $S_s$  において時刻歴による最大接地圧が、組合せ係数法の最大値より大きい値となる場合もあるが、仮に時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも、許容限界に対して十分な余裕を有することから、燃料加工建屋の接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

#### (2) 基礎スラブの検討結果

基礎スラブについては、基準地震動  $S_s$  において時刻歴による最大接地圧が、組合せ係数法の最大値より大きい値となる場合もある。ただし、基礎スラブの評価においては、基準地震動  $S_s$  による地震力を包絡し組合せ係数法を適用した地震荷重を入力しており、その際の最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より大きい値となっていることから、燃料加工建屋の基礎スラブの評価において包絡した地震荷重を用いる場合は、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

#### (3) 耐震壁の検討結果

耐震壁については、弾性設計用地震動  $S_d$  において時刻歴による最大軸応力度が、組合せ係数法の最大値より大きい値となる場合もある。ただし、耐震壁の評価においては、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力を包絡し組合せ係数法を適用した地震荷重を入力しており、その際の最大軸応力度が時刻歴軸応力度の最大値より大きい値となっていることから、燃料加工建屋の耐震壁の評価において包絡した地震荷重を用いる場合は、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

付録 時刻歴接地圧及び時刻歴軸応力度の算定結果  
(燃料加工建屋)

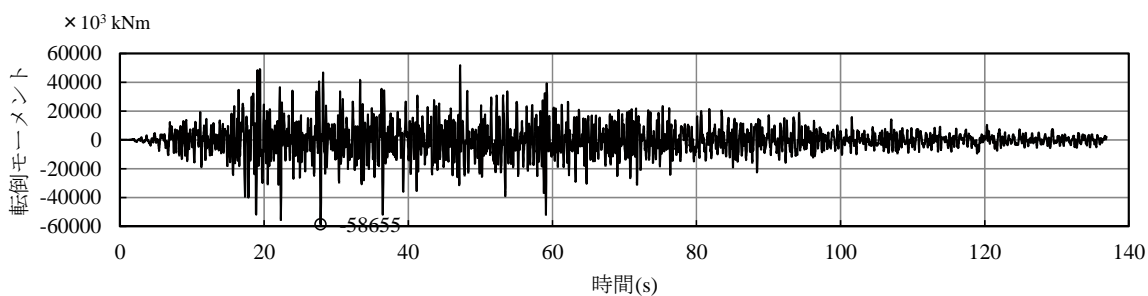


目 次

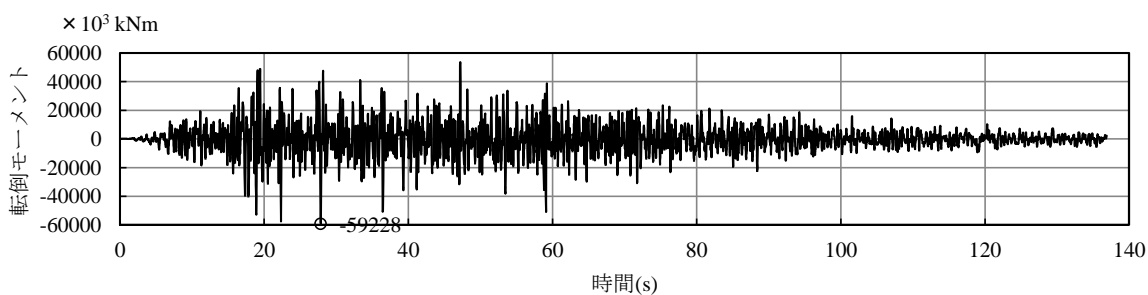
|                    |    |
|--------------------|----|
| 1. 時刻歴接地圧の算定 ..... | 1  |
| 2. 時刻歴軸応力度の算定..... | 10 |

## 1. 時刻歴接地圧の算定

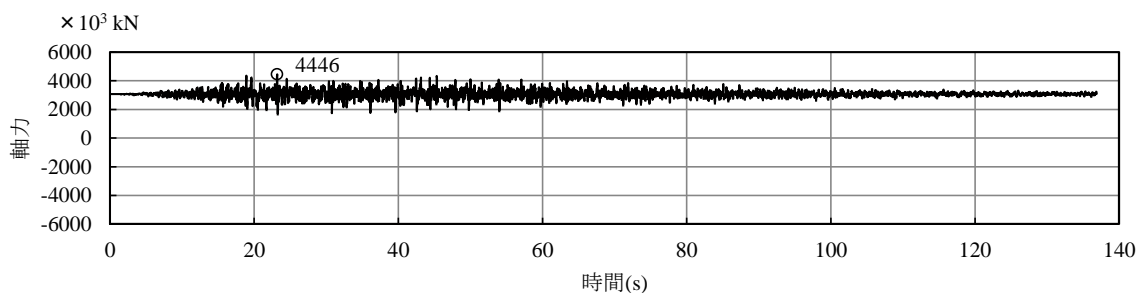
基準地震動 Ss-A、Ss-B1、Ss-B3 及び Ss-C1 に対する時刻歴接地圧の算定に用いる時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力を第 1.-1 図～第 1.-4 図に示す。ここで、応答スペクトルに基づく地震動 Ss-A では自重±時刻歴応答軸力とする。また、時刻歴接地圧の算定結果を第 1.-5 図～第 1.-8 図に示す。



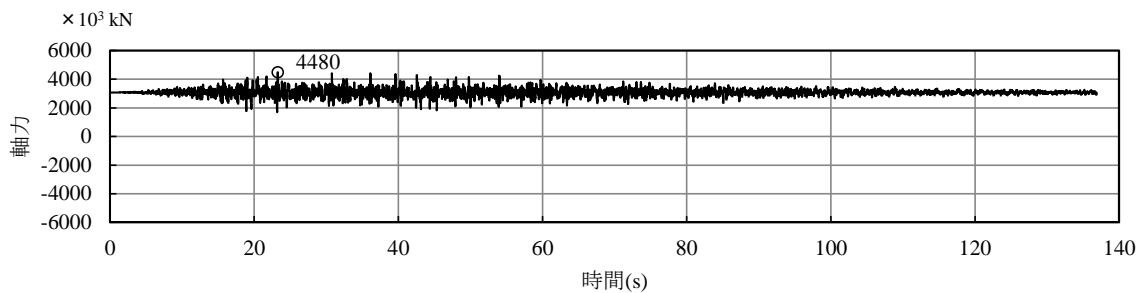
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

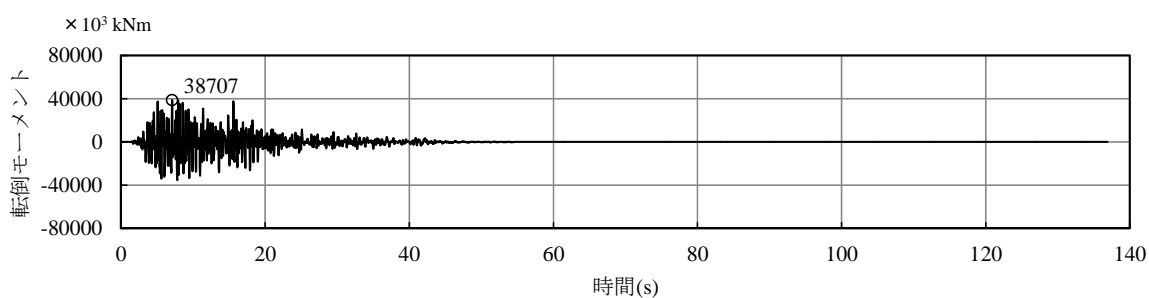


(c) 自重+時刻歴応答軸力

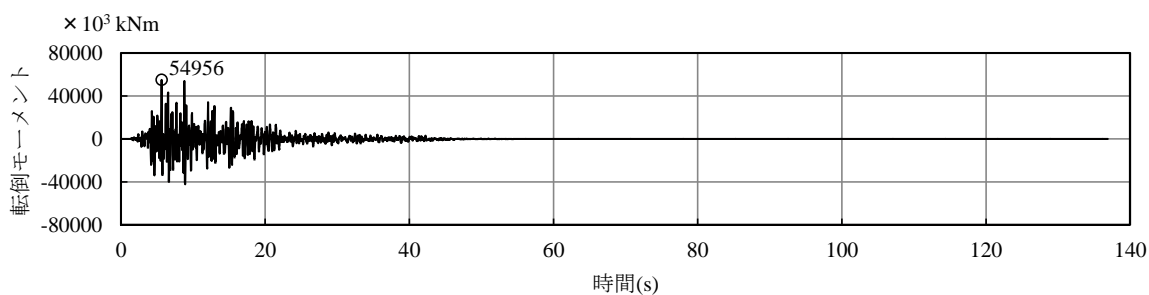


(d) 自重-時刻歴応答軸力

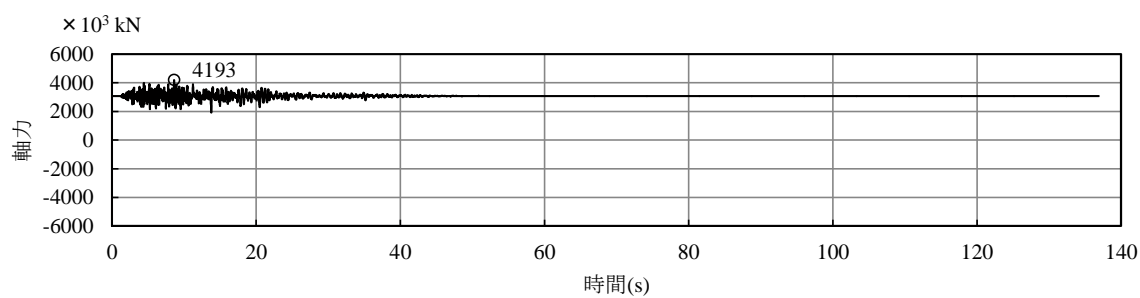
第 1. - 1 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-A(H))



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

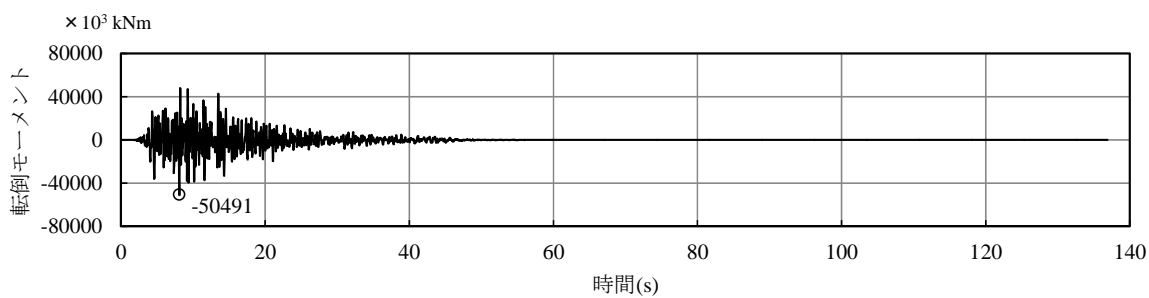


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

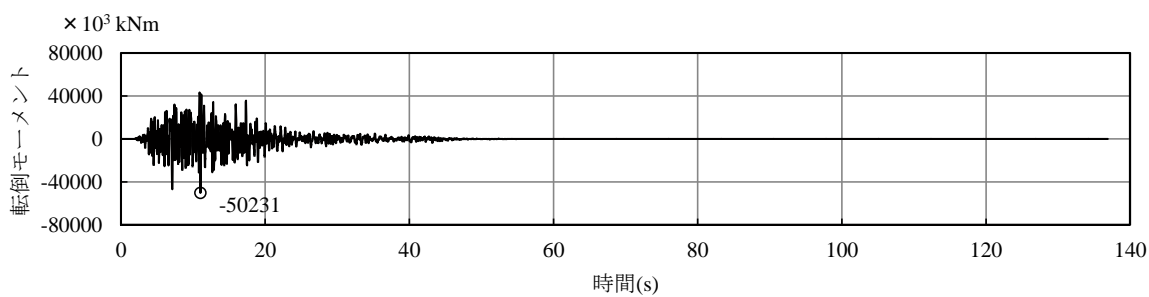


(c) 自重+時刻歴応答軸力

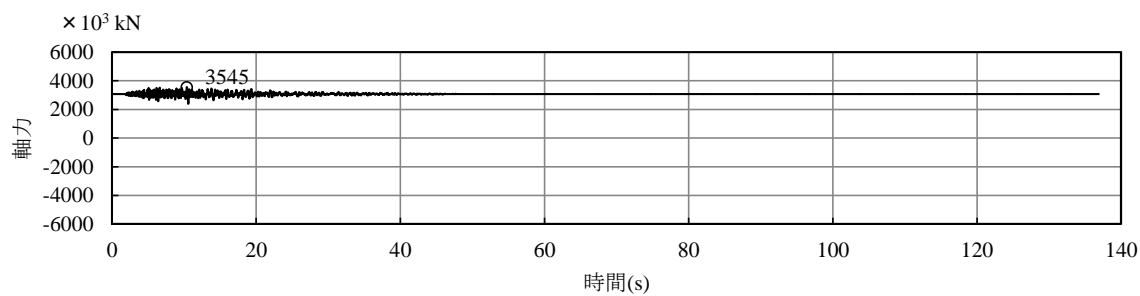
第 1. - 2 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-B1)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

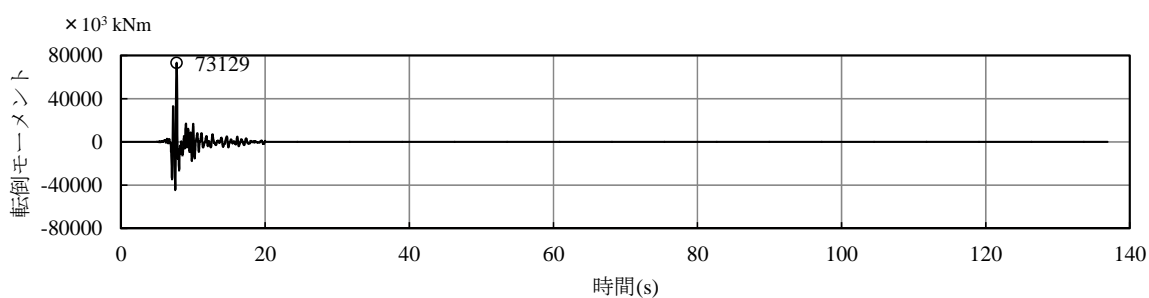


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

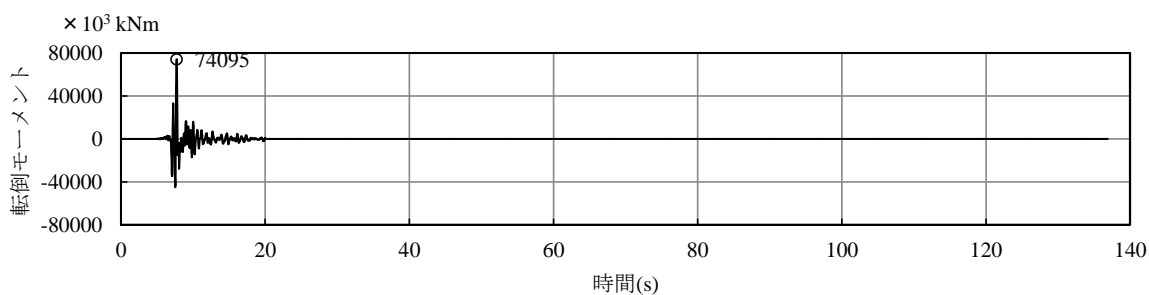


(c) 自重+時刻歴応答軸力

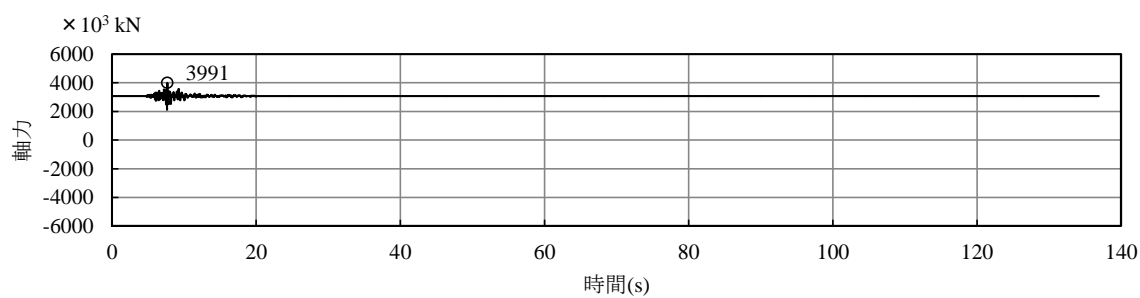
第 1. - 3 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-B3)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

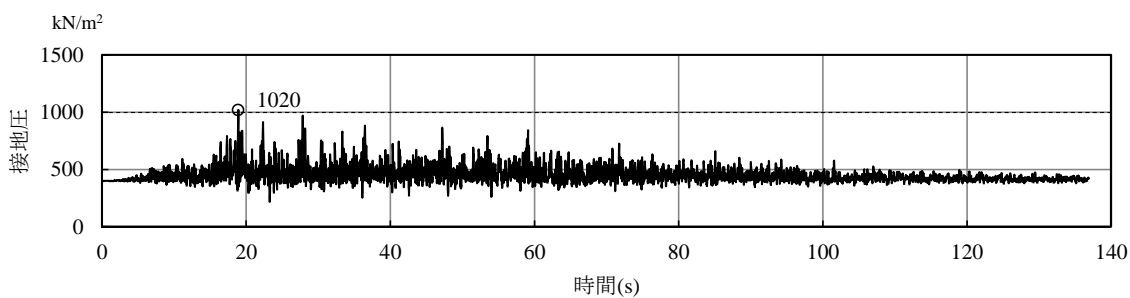


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

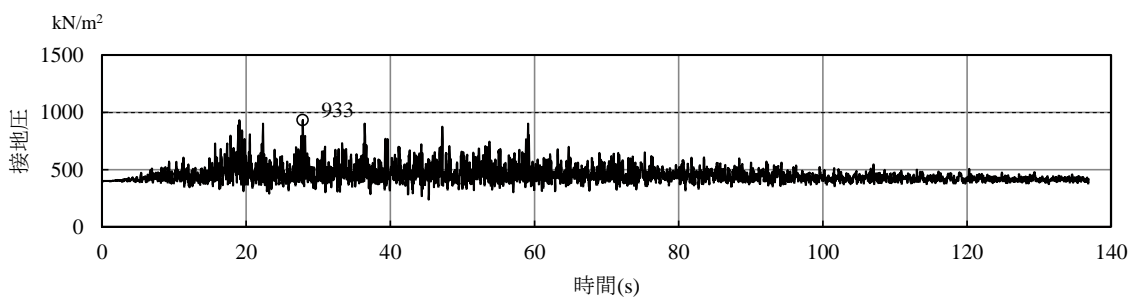


(c) 自重+時刻歴応答軸力

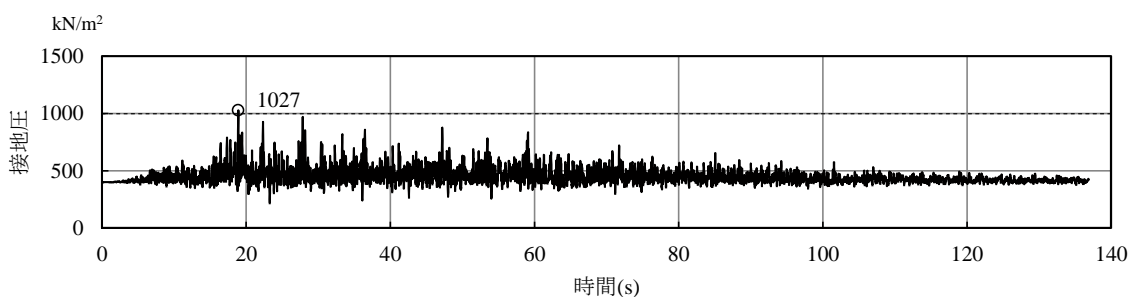
第 1. - 4 図 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (Ss-C1)



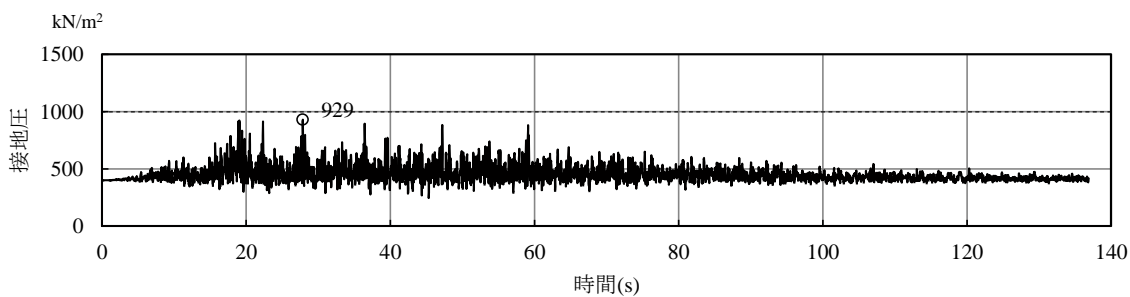
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+NS 方向-鉛直方向



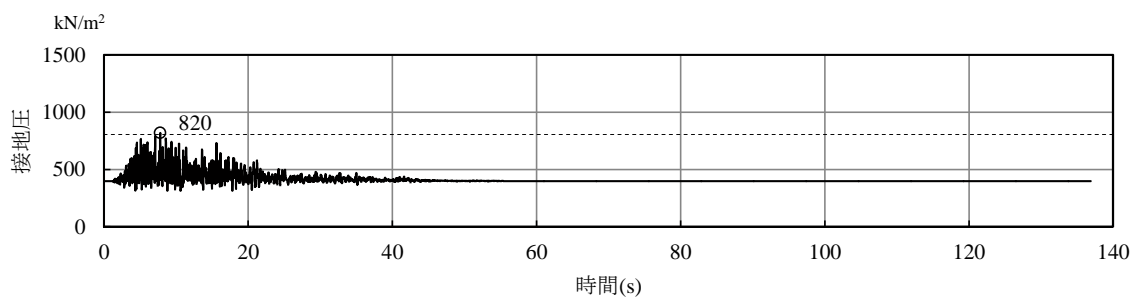
(c) 自重+EW 方向+鉛直方向



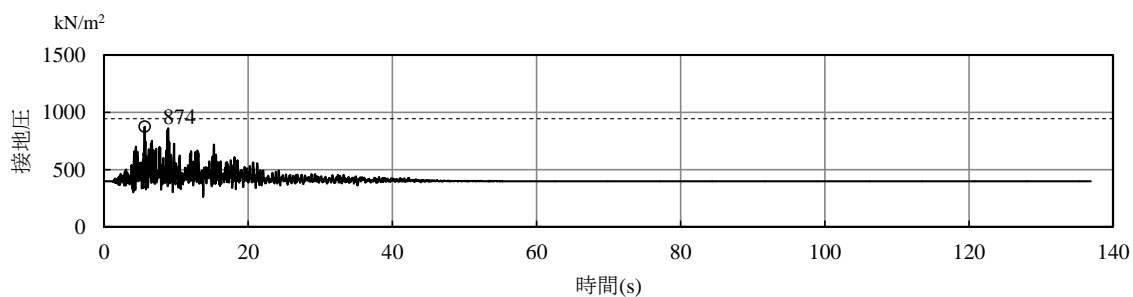
(d) 自重+EW 方向-鉛直方向

【参考】 ---- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1.-5 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-A)



(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

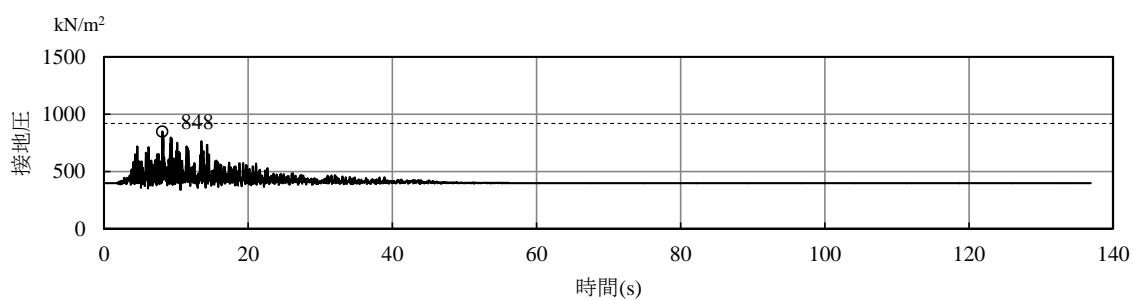


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

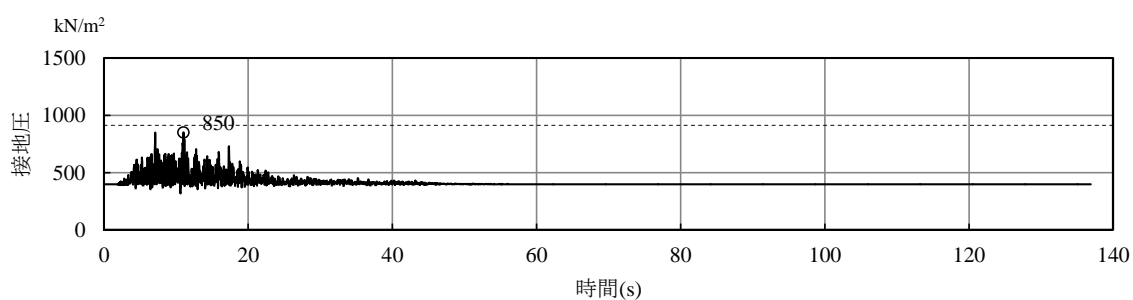
【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1.-6 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-B1)





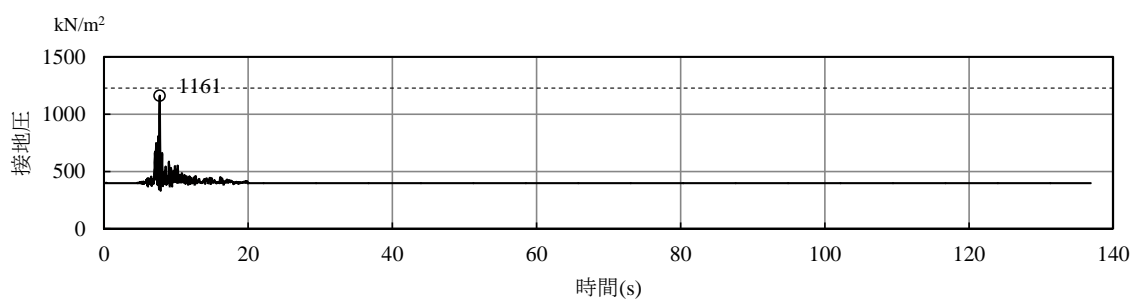
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



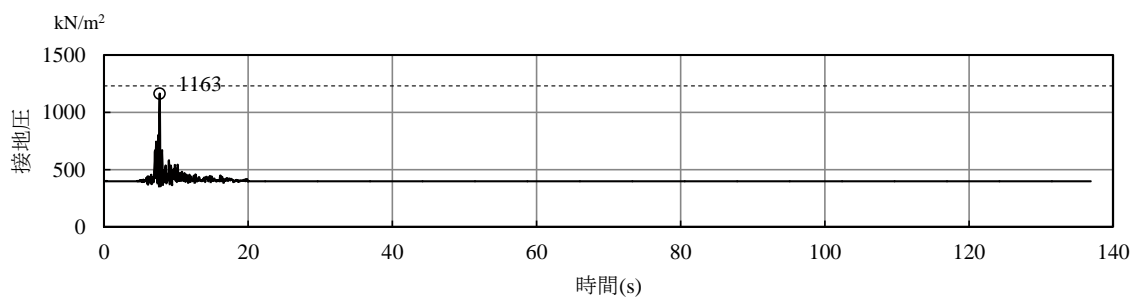
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

第 1. - 7 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-B3)



(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



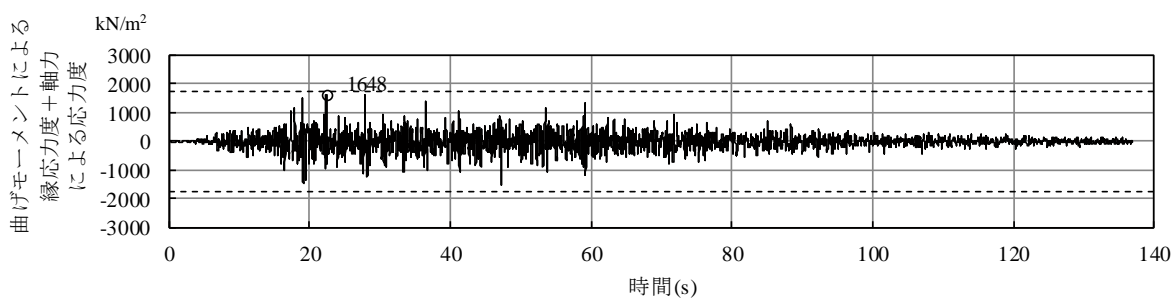
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧

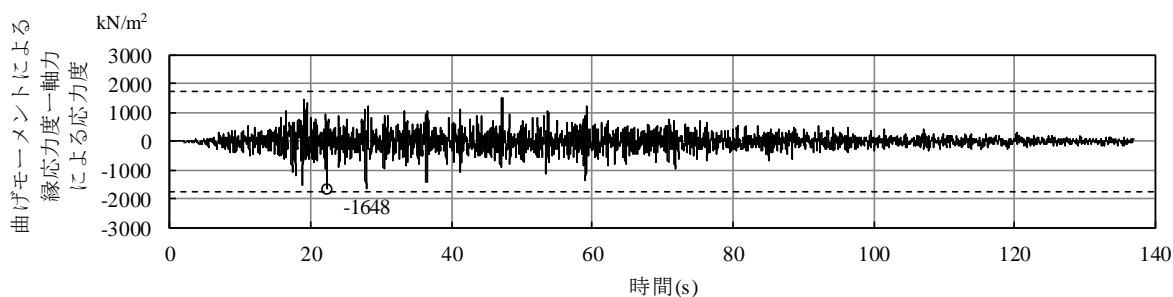
第 1. - 8 図 時刻歴接地圧の算定結果 (Ss-C1)

## 2. 時刻歴軸応力度の算定

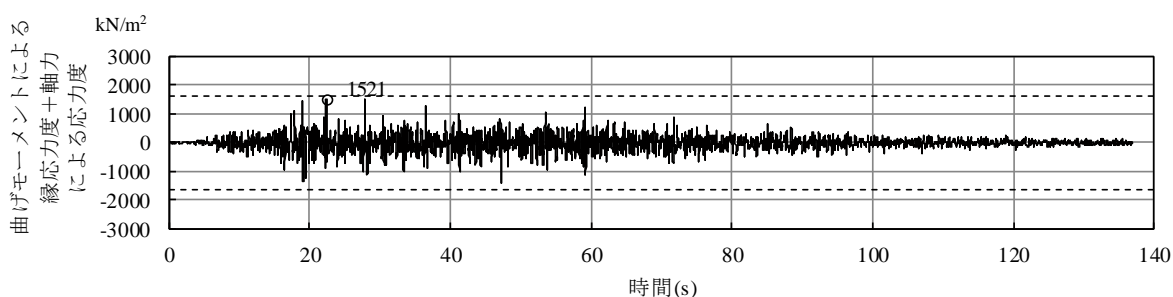
重要区域の壁について、弾性設計用地震動 Sd-A、Sd-B1、Sd-B3 及び Sd-C1 による時刻歴応答解析結果から算定した時刻歴軸応力度の算定結果を第 2.－1 図～第 2.－8 図に示す。



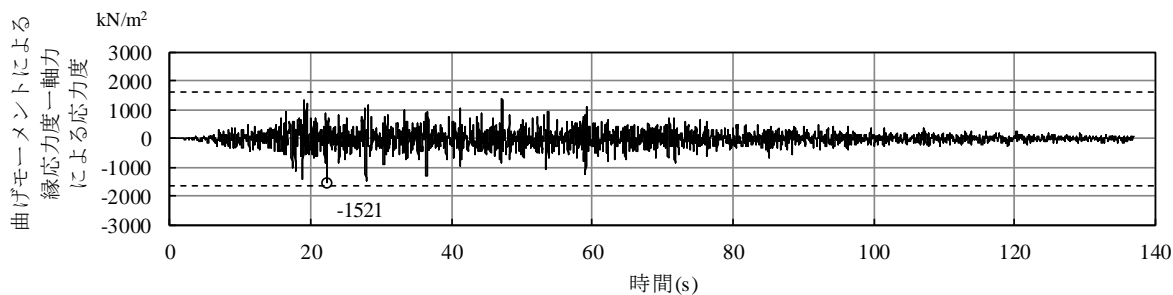
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) -軸力による応力度



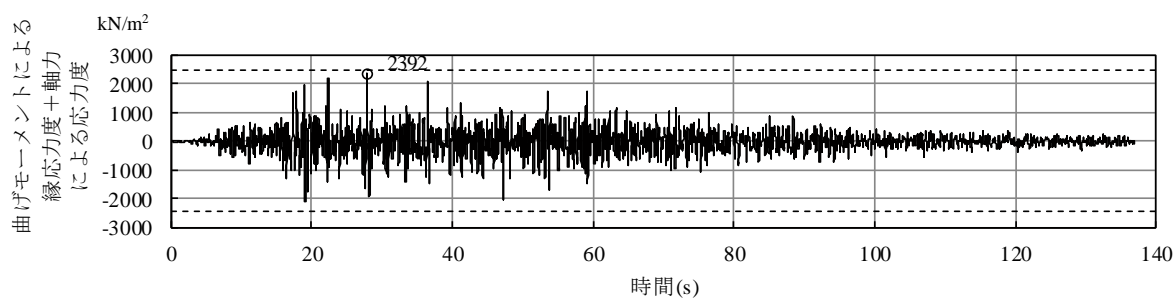
(c) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度



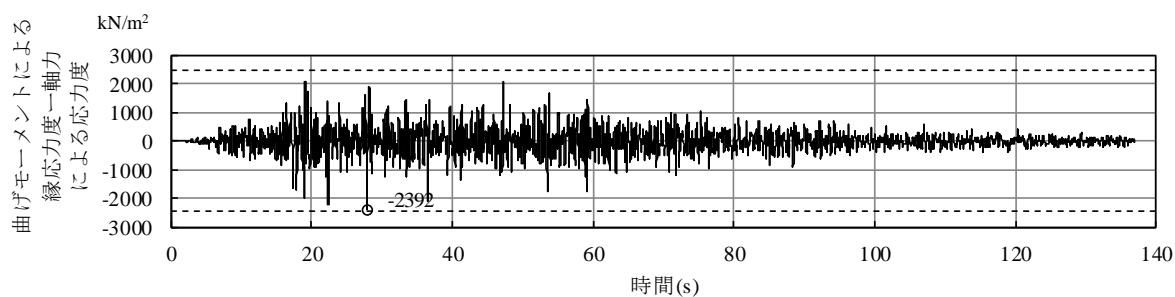
(d) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) -軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

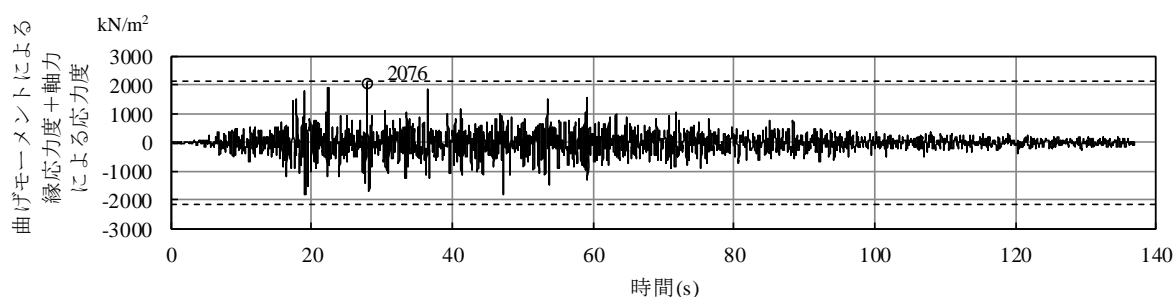
第 2. - 1 図 軸応力度の算定 (Sd-A、部材番号 5)



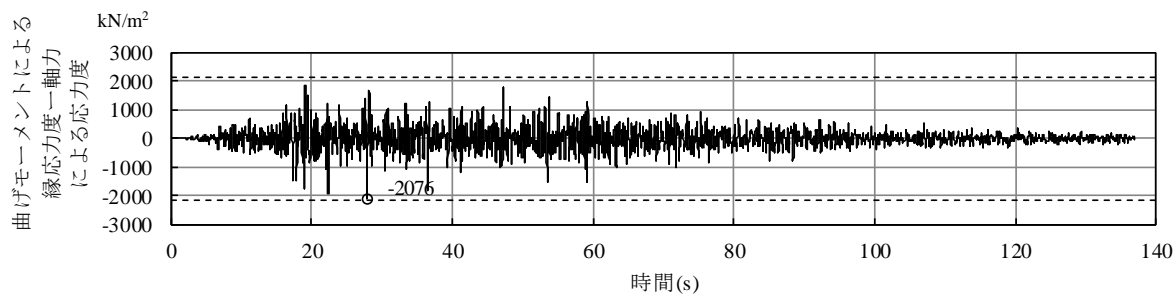
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) -軸力による応力度



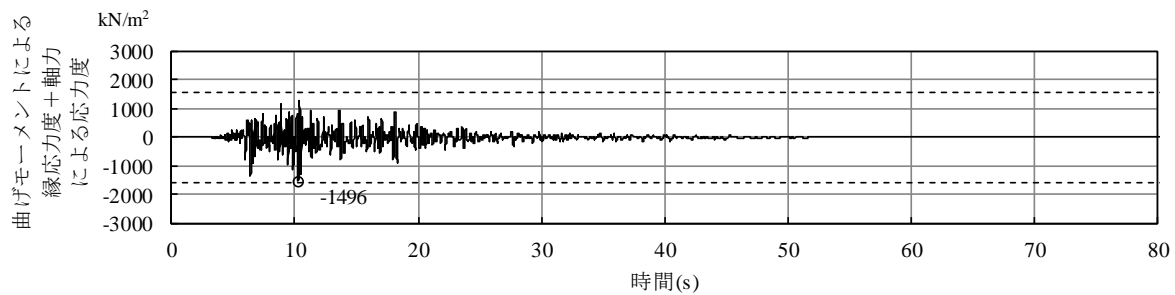
(c) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度



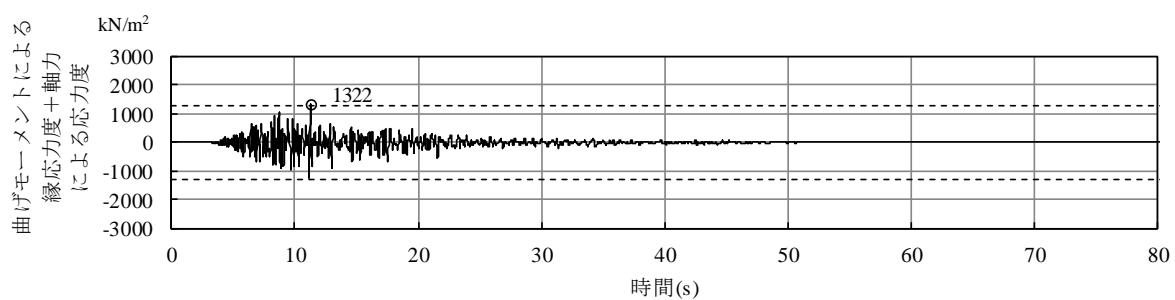
(d) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) -軸力による応力度

【参考】 ---- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2. - 2 図 軸応力度の算定 (Sd-A、部材番号 6)



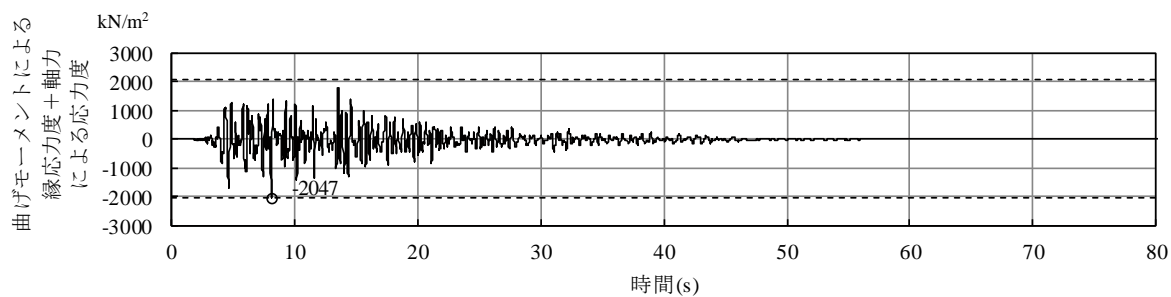
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



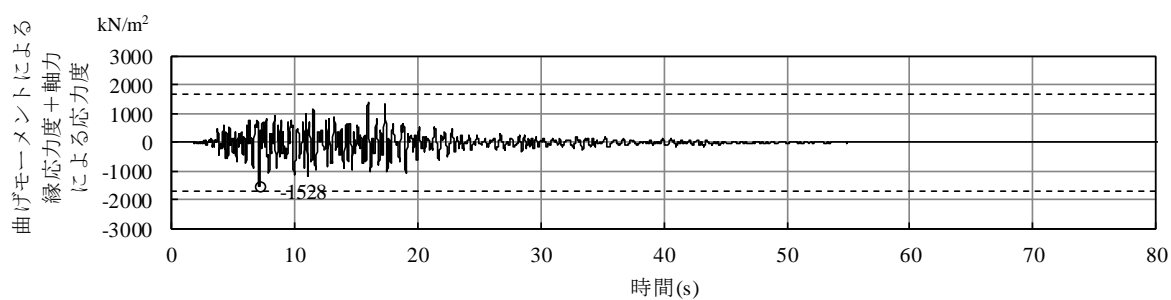
(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2. - 3 図 軸応力度の算定 (Sd-B2、部材番号 5)



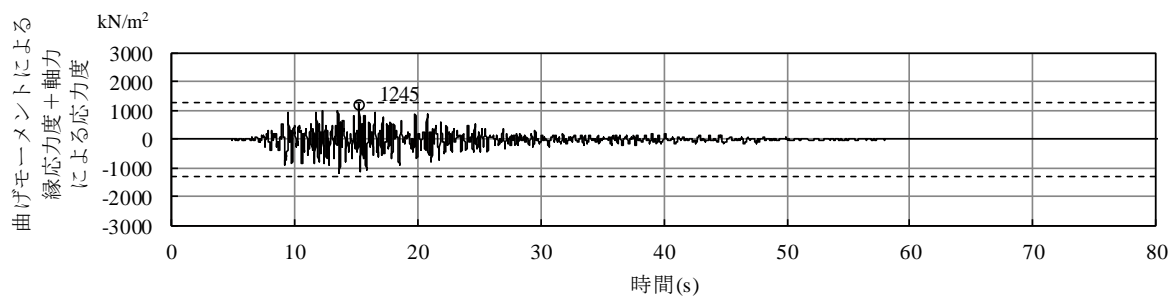
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



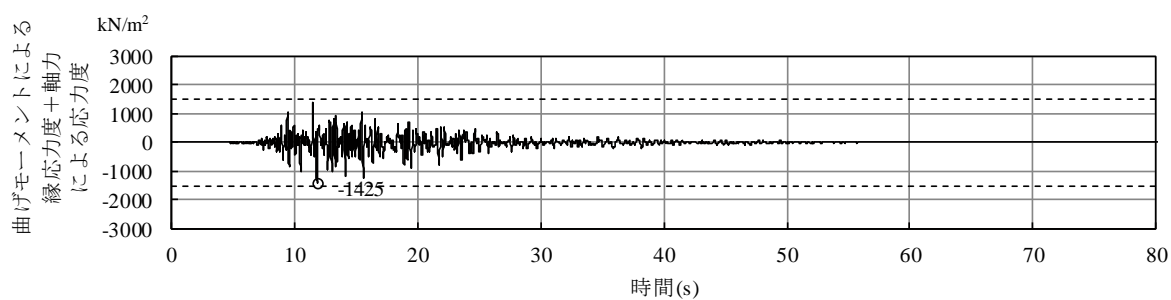
(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2. -4 図 軸応力度の算定 (Sd-B3、部材番号 6)



(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度

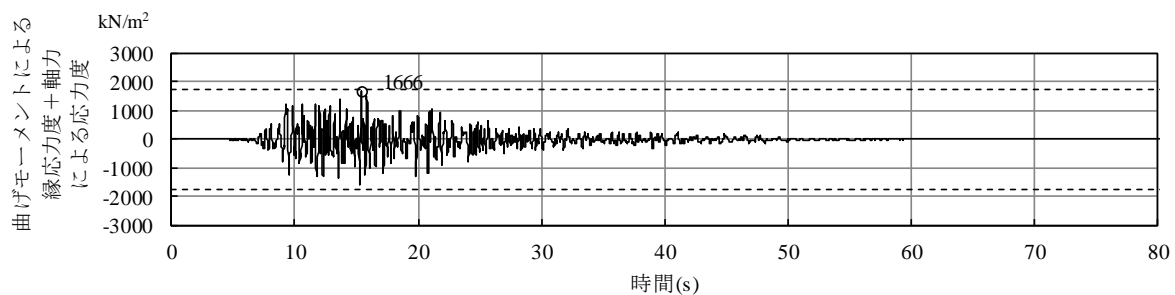


(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

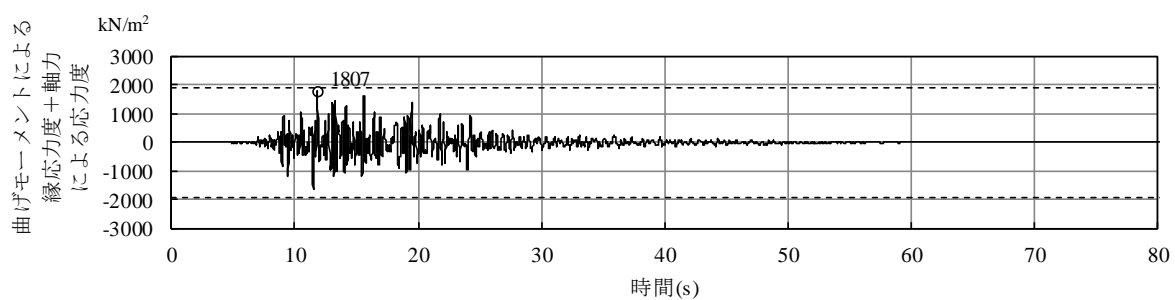
【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2. - 5 図 軸応力度の算定 (Sd-B5、部材番号 5)





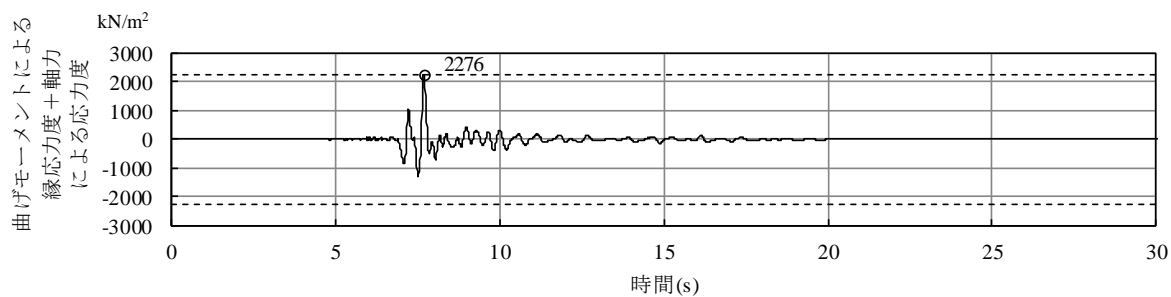
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



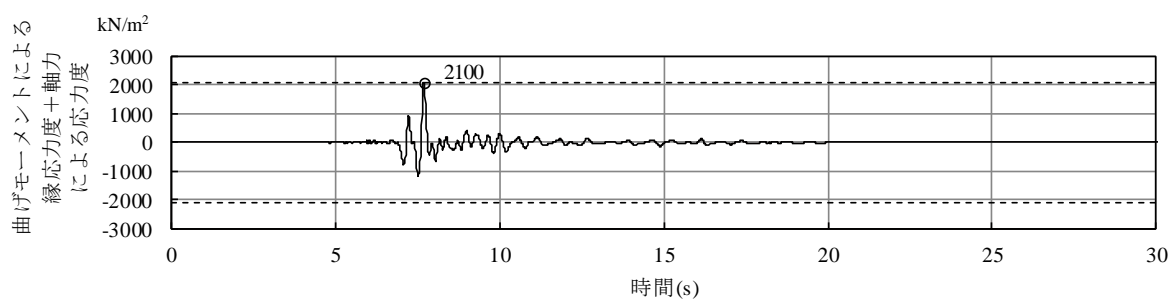
(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2.-6 図 軸応力度の算定 (Sd-B5、部材番号 6)



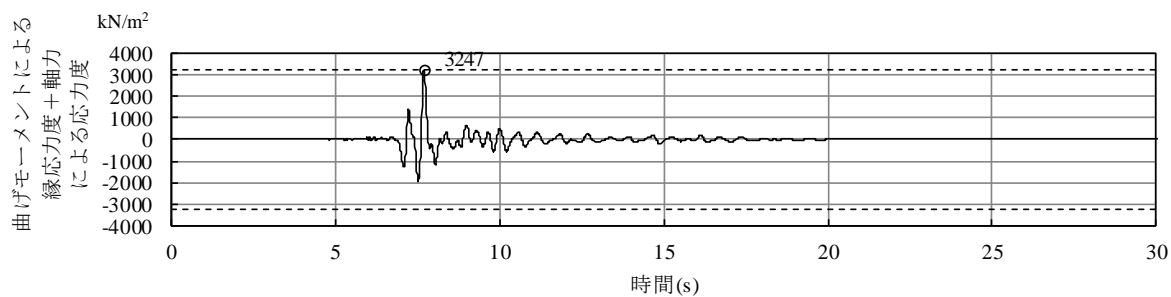
(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



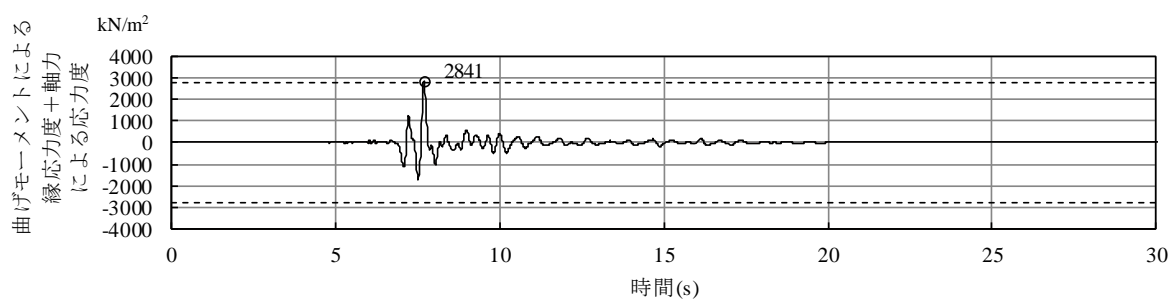
(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2-7 図 軸応力度の算定 (Sd-C1、部材番号 5)



(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (NS 方向) +軸力による応力度



(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (EW 方向) +軸力による応力度

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第 2.-8 図 軸応力度の算定 (Sd-C1、部材番号 6)