

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 28 RO
提出年月日	令和 3 年 6 月 16 日

設工認に係る補足説明資料
耐震計算書に関する
竜巻防護対策設備の組合せ係数法の適用性について

目 次

1. 概要	1
2. 検討内容	1
2.1 検討方針	1
2.2 検討方法	3
3. 検討結果	5
4. まとめ	5
・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 飛来物防護ネット)
・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 (安全冷却水 A 冷却塔 飛来物防護ネット)
・別紙 3	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 (第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネット)
・別紙 4	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 (第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネット)
・別紙 5	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 (使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネット)
・別紙 6	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 (使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネット)
・別紙 7	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 (主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板 (主排気筒周り))
・別紙 8	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 (主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板 (精製建屋屋外))
・別紙 9	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 (排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板 (分離建屋屋外))
・別紙 10	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 (主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板 (高レベル廃液ガラス固化建屋屋外))

1. 概要

本資料は、再処理施設の設計基準対象施設の設備に対する後次回申請を含めた耐震計算書を補足説明するものである。

ここでは建物・構築物のうち、竜巻防護対策設備の耐震計算書について、組み合わせ係数法の適用性を補足説明する。なお、本検討については、補足説明資料「耐震建物 07 建物・構築物の耐震評価における組み合わせ係数法の適用性について」にて示した検討内容と同様の手法を用いる。

また本資料は、第1回申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-4-2 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」

2. 検討内容

2.1 検討方針

添付書類「IV-2-1-4-2 波及的影響をおよぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」のうち、竜巻防護対策設備の耐震計算書については、評価対象部位である上部構造の地震応答解析又は応力解析による評価において、組み合わせ係数法を適用している。

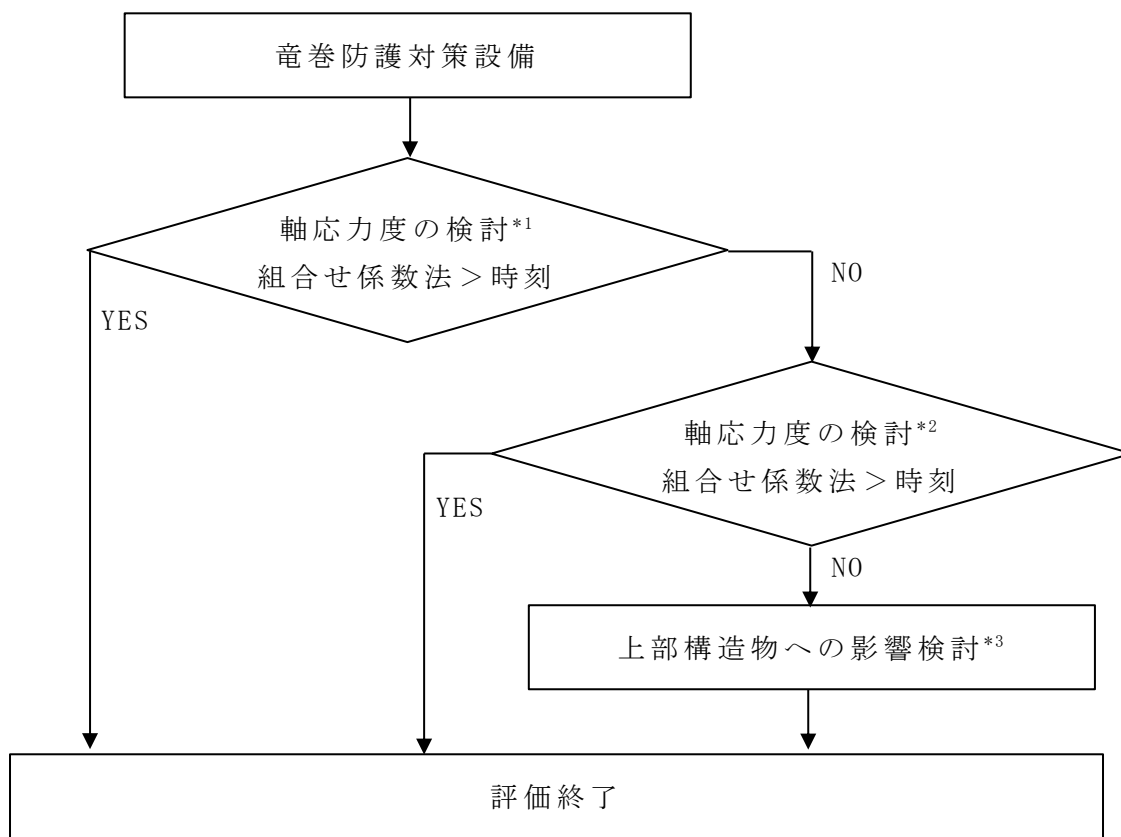
竜巻防護対策設備の耐震評価における組み合わせ係数法の適用性の確認にあたっては、水平及び鉛直方向の荷重の組み合わせを考慮した評価において、水平及び鉛直方向のそれぞれの最大値をもとに組み合わせ係数法を適用した評価値（以下、「組み合わせ係数法による評価値」という。）と水平及び鉛直方向の地震応答の時刻歴を時々刻々組み合わせで算定した時刻歴の最大値をもとにした評価値（以下、「時刻歴和による評価値」という。）の比較を実施する。

検討は、添付書類「IV-2-1-4-2 波及的影響をおよぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」に示す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 -B1, B2, B3, B4, B5）及び震源を特定せず策定する地震動（ S_s -C1, C2(NS), C2(EW), C3(NS), C3(EW)）に対して実施する。検討においては、まず地震動ごとに算出した組み合わせ係数法による最大軸応力度と時刻歴和による最大軸応力度を比較し、保守的であることを確認する。

地震動ごとの評価値で保守的といえない場合、設計における地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し組み合わせ係数法を適用して算出した軸応力度が時刻歴和による軸応力度の最大値が保守的であることを確認する。

保守的といえない場合は、時刻歴和による最大軸応力度が設備へ及ぼす影響を検討する。

本検討におけるのフローを第2-1図に示す。



*1：基本ケース（応答スペクトルに基づく地震動，断層モデルに基づく地震動及び震源を特定せず策定する地震動）による検討

*2：基本ケース（応答スペクトルに基づく地震動，断層モデルに基づく地震動及び震源を特定せず策定する地震動）の地震荷重を包絡した検討

*3：材料物性のばらつきを考慮した検討

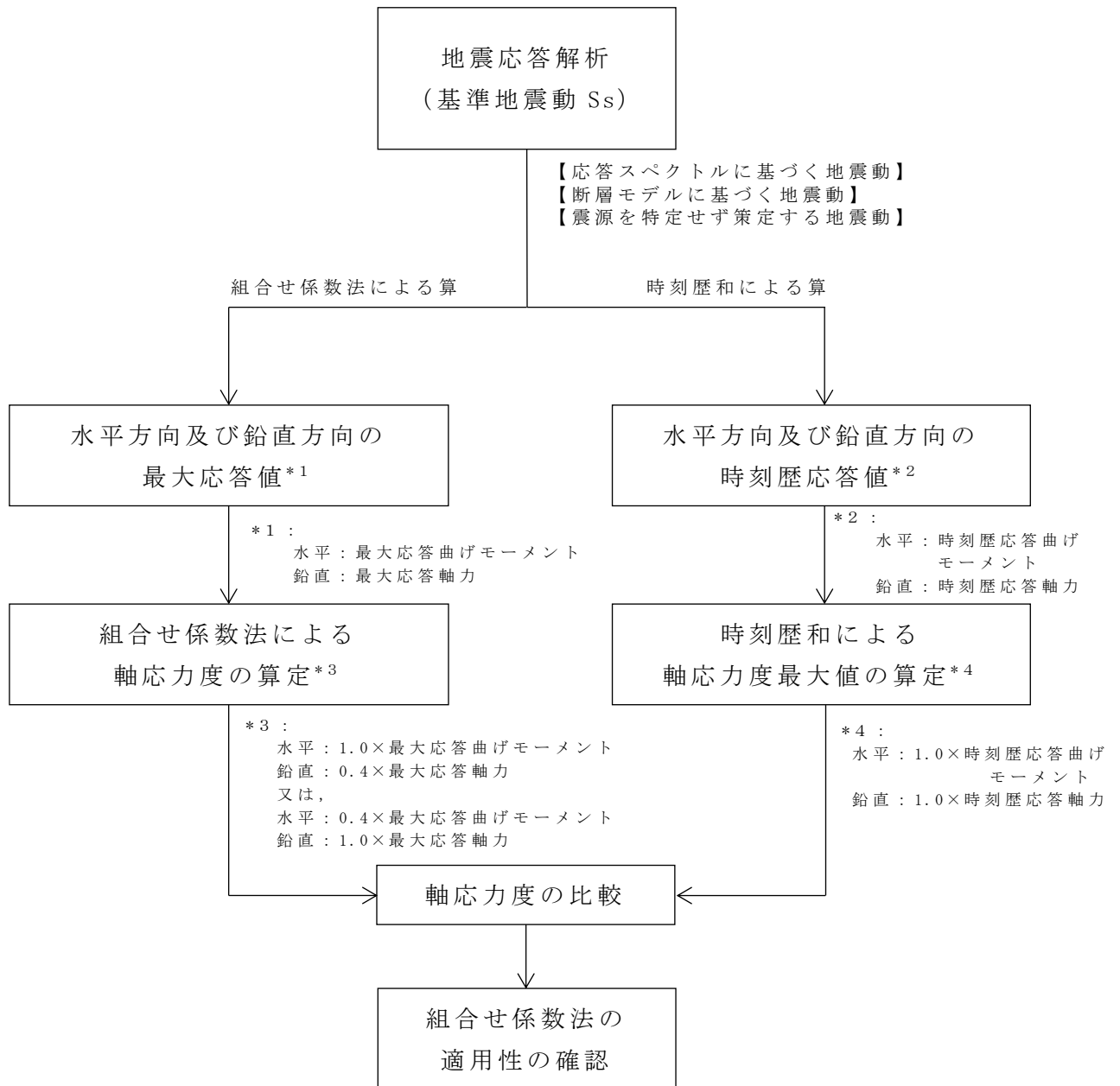
第 2 - 1 図 竜巻防護対策設備の検討フロー

2.2 検討方法

組合せ係数法による竜巻防護対策設備の軸応力度は、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により生じる軸応力度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）を乗じた軸応力度、又は水平方向の地震応答解析による最大曲げモーメントにより生じる軸応力度に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸応力度から算定している。

これに対して、時刻歴和による応答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和による応答軸応力度の和を算定し、軸応力度の最大値とする。

第 2-2 図に竜巻防護対策設備の組合せ係数法の適用性確認フローを示す。



第2-2図 竜巻防護対策設備の組合せ係数法の適用性確認フロー

3. 検討結果

2. の検討内容に基づいて影響検討した結果については、別紙にて示す。

4. まとめ

竜巻防護対策設備の耐震評価において、時刻歴和による軸応力度を用いた場合でも許容限界に対して十分な裕度を有することを確認した。

以上のことから、竜巻防護対策設備の耐震評価において、組合せ係数法を適用しても問題ないことを確認した。

別紙

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】

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
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 飛来物防護ネット)	6/16	0	
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(安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネット)			
別紙-3	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(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネット)			
別紙-4	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(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネット)			
別紙-5	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(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネット)			
別紙-6	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(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネット)			
別紙-7	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(主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(主排気筒周り))			
別紙-8	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(主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(精製建屋屋外))			
別紙-9	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(排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(分離建屋屋外))			
別紙-10	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(主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外))			

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 飛来物防護ネット）

目次

1. 概要	1
2. 検討内容	2
2.1 地震波の選定	2
2.2 検討結果	3
3. まとめ	6

付録 時刻歴和による評価値

1. 概要

再処理施設の屋外に設置している設備である第 1 回申請対象設備の安全冷却水 B 冷却塔飛来物防護ネット（以下「飛来物防護ネット」という。）において、組合せ係数法の適用性についての検討結果を示すものである。

飛来物防護ネットの支持架構における計算書において、耐震評価結果を示す部位としては柱、はり、及びブレース等があり、耐震評価には組合せ係数法を適用している。

このうち、柱について検討を実施する。

2. 検討内容

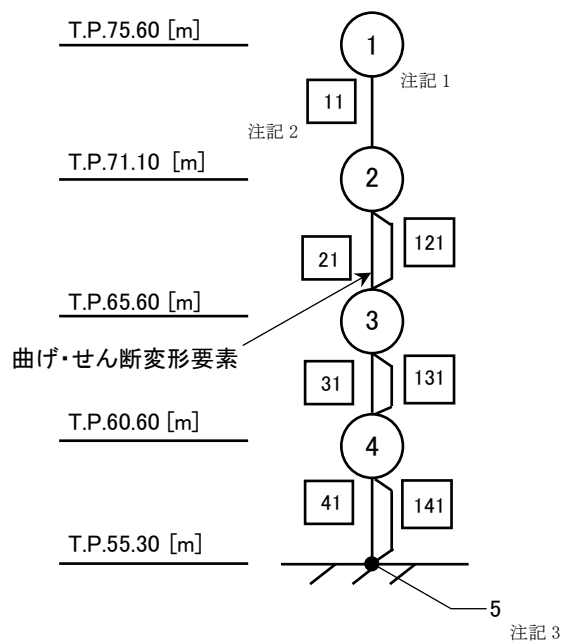
2.1 地震波の選定

添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」に示す評価に合わせて、基準地震動 S_s の中で応答値（応答変位、応答加速度、応答せん断力、応答曲げモーメント、応答軸力）のいずれかが最大となる、以下の地震動に対して実施する事とし、計3波に対して組合せ係数法の適用性確認を実施する。

<検討地震波>

- (a) 応答スペクトルに基づく地震動として 『 S_s -A 』
- (b) 断層モデルに基づく地震動として 『 S_s -B5 』
- (c) 震源を特定せず策定する地震動として 『 S_s -C1 』

飛来物防護ネットの地震応答解析モデルを第2-1図に示す。



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。

注記 3 : 基礎上端(T.P. 55.30 [m])を固定点とし、節点番号は5とする。

第2-1図 地震応答解析モデル（水平方向）

2.2 検討結果

地震動ごとに組合せ係数法を適用して算出した最大軸応力度 (①) , 時刻歴和による軸応力度の最大値 (②) 及び軸応力度の最大値の比 (①/②) を確認した結果, 許容限界に対して十分な余裕を有することが確認できた。比較結果を第2-1表及び第2-2表に示す。

なお, 参考として時刻歴和による最大軸応力度の算定詳細を, 付録「時刻歴和による評価値」に示す。時刻歴和による軸応力度を用いた場合でも, 軸応力度の最大値の比 (①/②) が1.0を上回っており, 許容限界に対して十分な余裕を有することが確認できた。

第2-1表 最大軸応力度の比較 (NS 方向) *1

(a) Ss-A

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-A		
41, 141	12893*2	11153	1.15

(b) Ss-B5

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-B5		
41, 141	11965*2	10766	1.11

(c) Ss-C1

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-C1		
41, 141	14206*2	13163	1.07

*1 : NS 方向, 基本ケース時の数値。

*2 : 水平方向に 1.0×最大応答曲げモーメント, 鉛直方向に 0.4×最大応答軸力を考慮したケース。

*3 : 小数第3位を保守的観点から切捨てとする。

第2-2表 最大軸応力度の比較 (EW 方向) *1

(a) Ss-A

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-A		
41, 141	13531*2	12125	1.11

(b) Ss-B5

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-B5		
41, 141	12674*2	11683	1.08

(c) Ss-C1

部材 番号	組合せ係数法における 最大軸応力度 (kN/m ²)	②時刻歴軸応力度の 最大値 (kN/m ²)	軸応力度の最大値の比*3 (①/②)
	①Ss-C1		
41, 141	14548*2	13480	1.07

*1 : EW 方向, 基本ケース時の数値。

*2 : 水平方向に 1.0×最大応答曲げモーメント, 鉛直方向に 0.4×最大応答軸力を考慮したケース。

*3 : 小数第3位を保守的観点から切捨てとする。

3. まとめ

飛来物防護ネットの耐震評価において、時刻歴和による軸応力度を用いた場合でも許容限界に対して十分な裕度を有することを確認した。

以上のことから、飛来物防護ネットの評価対象部位について、組合せ係数法を適用しても評価結果に影響がないことを確認した。

付録

時刻歴和による評価値

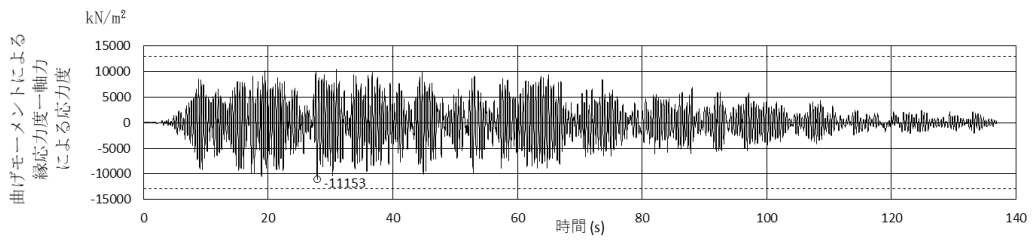
目 次

1. 時刻歴軸応力度の算定	1
---------------	---

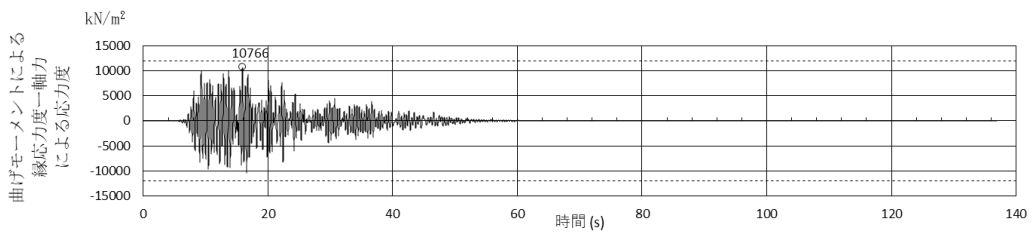
1. 時刻歴軸応力度の算定

竜巻防護対策設備について、基準地震動 Ss-A、Ss-B5 及び Ss-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 1-1 図、第 1-2 図に示す。ここで算定結果は、曲げモーメントによる縁応力度に、軸力による応力度を、正負を考慮して組み合わせた結果のうち、最大値が発生したケースを示している。

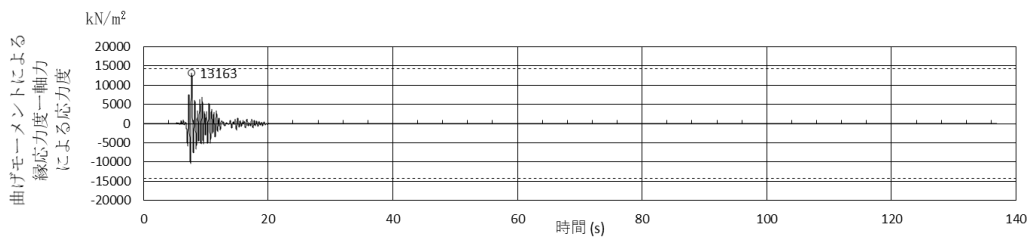
時刻歴和による軸応力度を用いた場合でも、許容限界に対して十分な裕度を有することを、別紙にて確認した。



(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-A) -軸力による応力度 (Ss-A)



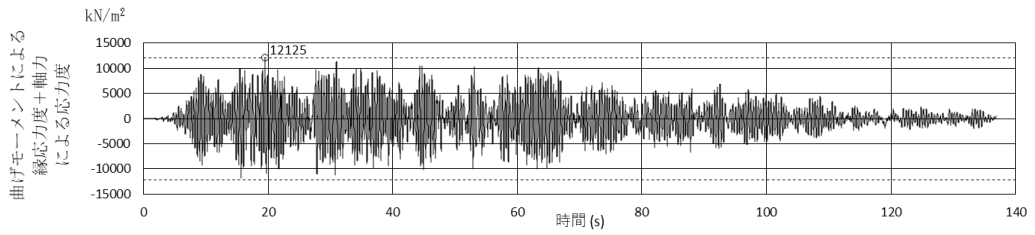
(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-B5) -軸力による応力度 (Ss-B5)



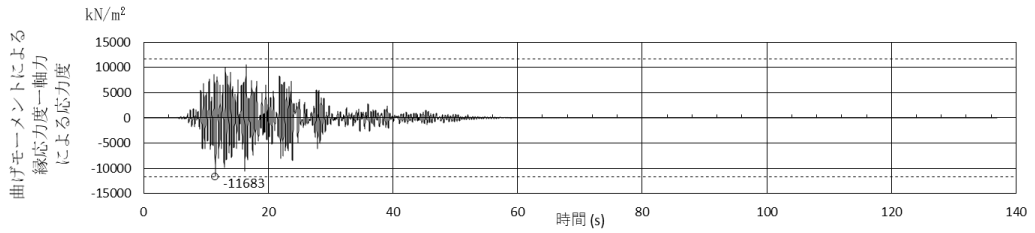
(c) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-C1) -軸力による応力度 (Ss-C1)

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

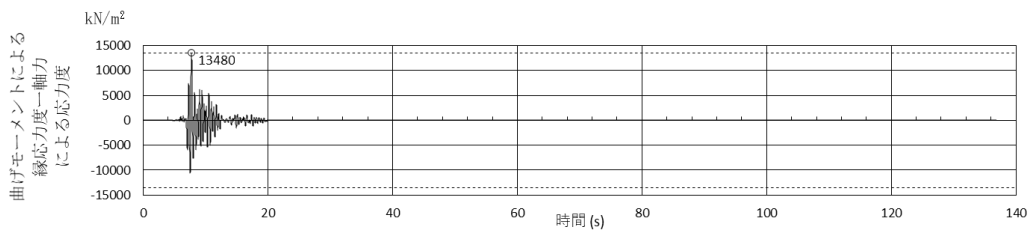
第 1-1 図 軸応力度の算定 (NS 方向, 部材番号 41、141)



(a) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-A) +軸力による応力度 (Ss-A)



(b) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-B5) -軸力による応力度 (Ss-B5)



(c) 曲げモーメントによる縁応力度 (Ss-C1) -軸力による応力度 (Ss-C1)

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大軸応力度

第1-2図 軸応力度の算定 (EW方向, 部材番号 41、141)