

本資料のうち、枠囲みの内容は  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-919 改0
提出年月日	平成 30 年 7 月 13 日

V-2-11-2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用基準	3
2.5 記号の説明	4
2.6 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	8
4. 地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.3 設計用地震力	12
4.4 解析モデル及び諸元	21
4.5 計算方法	23
4.6 計算条件	27
4.7 応力の評価	29
5. 評価結果	31
5.1 設計基準対策施設としての評価結果	31

## 1. 概要

本資料は、V-2-11-1「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評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン（以下「DC建屋クレーン」という。）が設計用地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、下部に設置された上位クラス施設である使用済燃料プール、使用済燃料貯蔵ラック等に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、DC建屋クレーンの地震応答解析により行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

DC建屋クレーンは、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器の上部に設置されており、落下時に使用済燃料乾式貯蔵容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

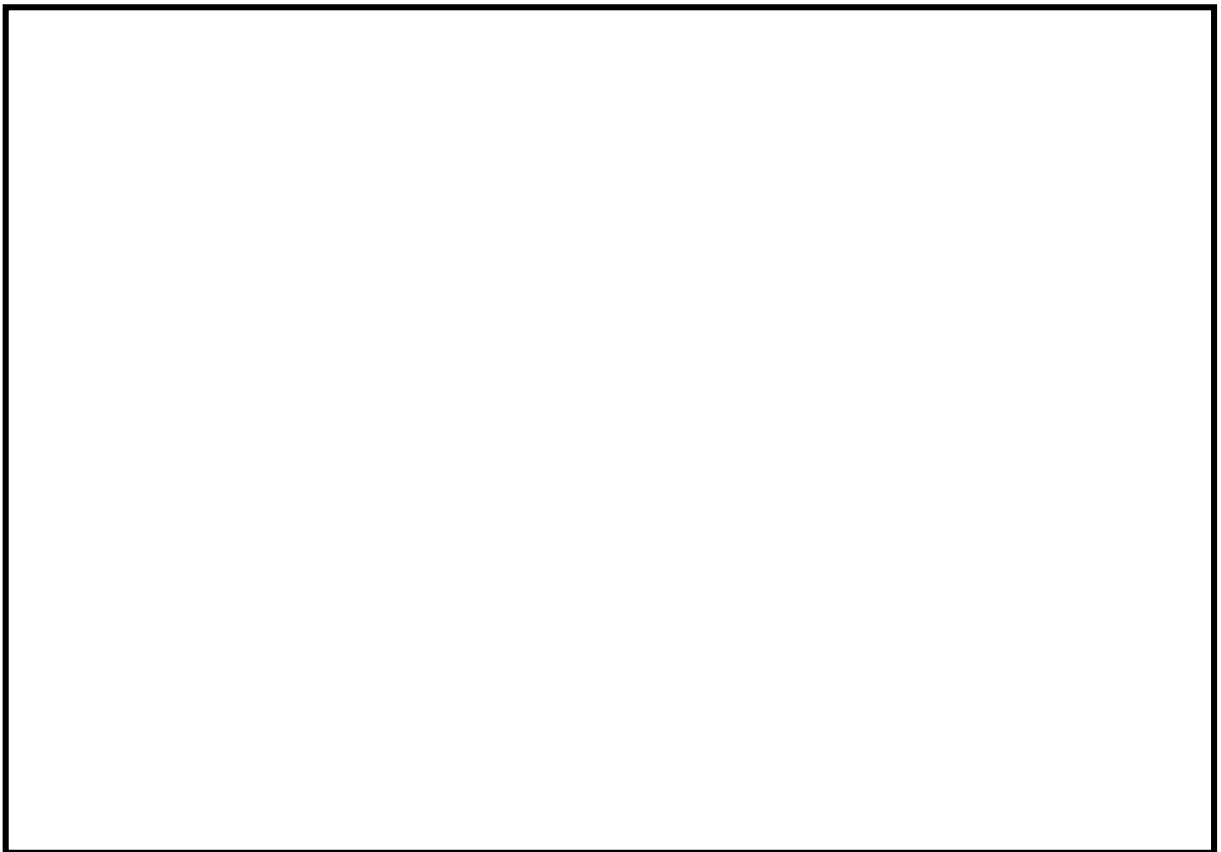


図 2-1 DC建屋クレーンと使用済燃料乾式貯蔵容器の位置関係図

2.2 構造計画

DC建屋クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 DC建屋クレーンの構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
DC建屋 クレーン	DC建屋クレーンは使用済燃料貯蔵建屋クレーンウォールに設置された走行レールにより支持される。トロリは、ガーダに設置された横行レールにより支持される。	クレーン本体 ガーダ トロリ	

### 2.3 評価方針

DC建屋クレーンの応力評価は、資料V-11-1「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評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示すDC建屋クレーンの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において応力等が許容限界内に収まることを「5. 評価結果」に示す。

DC建屋クレーンの耐震評価フローを第2-2図に示す。

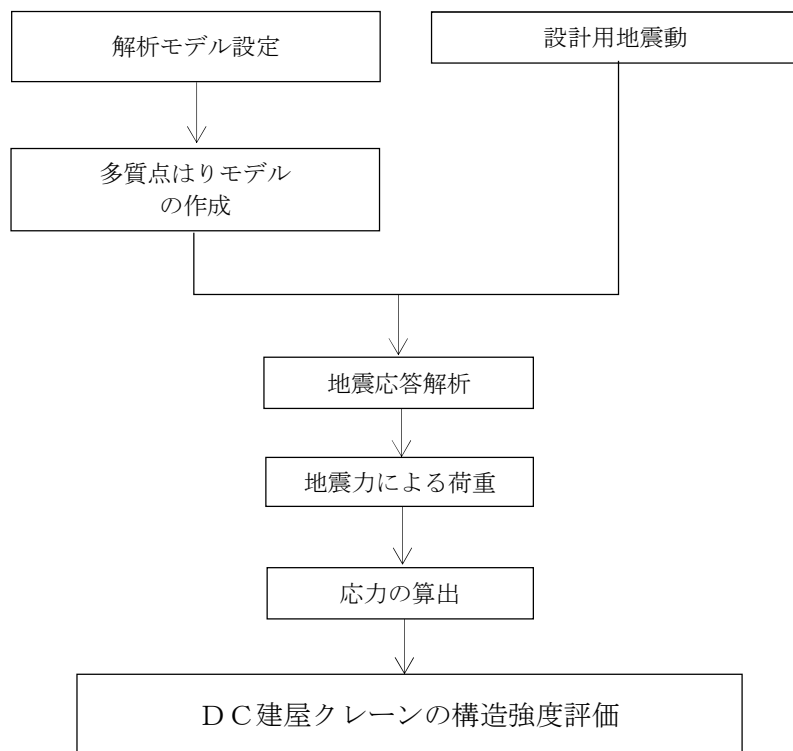


図 2-2 DC建屋クレーンの耐震評価フロー

### 2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987及びJ E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.5 記号の説明

### 2.5.1 クレーン本体（ガーダ中央部及びガーダ端部）

クレーン本体（ガーダ中央部及びガーダ端部）の評価で使用する記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$B_1$	ガーダ断面寸法	mm
$B_2$	ガーダ断面寸法	mm
$B_3$	ガーダ断面寸法	mm
$H_1$	ガーダ断面寸法	mm
$H_2$	ガーダ断面寸法	mm
$t_{w1}$	ガーダ断面寸法	mm
$t_{w2}$	ガーダ断面寸法	mm
$t_{f1}$	ガーダ断面寸法	mm
$t_{f2}$	ガーダ断面寸法	mm
$M_1$	水平軸まわり曲げモーメント	kN・cm
$M_2$	鉛直軸まわり曲げモーメント	kN・cm
$T$	ねじりモーメント	kN・cm
$F_1$	鉛直方向せん断力	kN
$F_2$	水平方向せん断力	kN
$Z_X$	X 軸まわり断面係数	cm <sup>3</sup>
$Z_Y$	Y 軸まわり断面係数	cm <sup>3</sup>
$\sigma_V$	水平軸まわり曲げ応力	MPa
$\sigma_H$	鉛直軸まわり曲げ応力	MPa
$\tau_V$	鉛直方向せん断応力	MPa
$\tau_H$	水平方向せん断応力	MPa
$\tau_J$	ねじり応力	MPa
$\sigma$	曲げ応力の組合せ	MPa
$\tau$	せん断応力の組合せ	MPa
$\sigma_{\text{comb}}$	組合せ応力（補正係数 A を含む）	MPa

## 2.5.2 浮上り防止装置

浮上り防止装置の評価で使用する記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$P_1$	クレーンの浮上り力 (補正係数Aを含む)	kN
$P_2$	浮上り防止装置つめ 1 個当たりの荷重	kN
$\sigma$	つめに作用する組合せ応力	MPa
$\sigma_b$	つめに作用する曲げ応力	MPa
$\tau_1$	つめに作用するせん断応力	MPa
$\tau_2$	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa
$A_2$	つめのせん断面積	mm <sup>2</sup>
$M_2$	つめに作用する $P_2$ による曲げモーメント	kN・mm
$Z_2$	つめの断面係数	mm <sup>3</sup>
$A_{b2}$	取付ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$l_2$	危険断面から $P_2$ 作用点までの距離	mm

## 2.5.3 走行車輪

走行車輪評価で使用する記号を表 2-4 に示す。

表 2-4 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$P_1$	1 車輪当たりの水平方向荷重	kN
$A_1$	ツバのせん断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau$	ツバに作用するせん断応力	MPa

## 2.5.4 横行車輪

横行車輪評価で使用する記号を表 2-5 に示す。

表 2-5 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$P_1$	1 車輪当たりの水平方向荷重	kN
$A_1$	ツバ部のせん断面積	mm <sup>2</sup>
$\tau$	ツバに作用するせん断応力	MPa

### 2.5.5 走行レール

走行レールの評価で使用する記号を表 2-6 に示す。

表 2-6 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$P_1$	1 車輪当たりの鉛直方向荷重 (補正係数Aを含む)	kN
$P_2$	1 車輪当たりの水平方向荷重	kN
$A_b$	取付ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	レールストップ溶接部のせん断面積	mm <sup>2</sup>
$n_1$	取付ボルトの本数	—
$n_2$	ストップ个数	—
$\sigma_t$	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
$\tau_s$	受台溶接部に作用するせん断応力	MPa

### 2.5.6 横行レール

横行レールの評価で使用する記号を表 2-7 に示す。

表 2-7 記号の設備

記号	記号の説明	単位
$P_1$	1 車輪当たりの鉛直方向荷重 (補正係数Aを含む)	kN
$P_2$	1 車輪当たりの水平方向荷重	kN
$A_b$	取付ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$n_1$	引張荷重を受けるボルトの本数	—
$n_2$	せん断荷重を受けるボルトの本数	—
$\sigma_t$	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
$\tau_b$	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa



### 2.5.7 設備共通

設備共通の評価で使用する記号を表 2-8 に示す。

表 2-8 記号の設備

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	kN
M <sub>d</sub>	機械的荷重 (DB)	kN
P <sub>d</sub>	最高使用圧力による荷重 (DB)	kN
S <sub>s</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub> により定まる地震力	kN
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa

注 : 「設計・建設規格」とは, 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007) (日本機械学会 2007 年 9 月) をいう。

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-9に示すとおりである。

表2-9 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 * <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 * <sup>2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 * <sup>2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 * <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 * <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

## 3. 評価部位

DC建屋クレーンの耐震評価は、クレーン本体の落下により、使用済燃料乾式貯蔵容器が損傷することを防止するため、クレーン本体及び浮上り防止装置を選定して実施する。

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

DC建屋クレーンの応力評価に用いる地震荷重及び荷重評価に用いる加速度を算定するための地震応答解析について以下に示す。

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) クレーンと建屋との接合部分である車輪部はレール上に乗っており固定されておらず、すべりが発生する構造であることから、クレーンを構成する部材をはり要素にてモデル化した多質点はりモデルに、車輪・レール間のすべり条件を考慮した非線形時刻歴応答解析を適用する。
- (2) 解析コードは「CONDSLIP」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「CONDSLIP」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 表 4-1 に示すケースにて評価を実施する。

表 4-1 評価ケース

評価対象		クレーン本体ガーダ, 浮上り量, 吊具			
		1	2	3	4
評価ケース No.		1	2	3	4
トロリ位置	中央	●*	—	○	—
	端部	—	●*	—	○

●：吊荷有 ○：吊荷無

- (4) 応答解析の結果として、クレーン本体の評価に必要な曲げモーメント、ねじりモーメント及びせん断力の最大値、浮上り防止装置の評価に必要なつめ 1 個あたりに作用する浮上り力の最大値、レールの評価に必要な 1 車輪あたりの鉛直上向き荷重及び走行直角方向荷重の最大値を表 4-2 に示す。

表 4-2 応答解析結果

評価対象		種 類	解析結果
クレーン本体 の評価	ガーダ 中央	水平軸まわり曲げモーメント	889,152 kN・cm
		鉛直軸まわり曲げモーメント	76,559 kN・cm
		ねじりモーメント	41,155 kN・cm
		水平方向せん断力	127 kN
		鉛直方向せん断力	1,084 kN
	ガーダ 端部	水平軸まわり曲げモーメント	208,093 kN・cm
		鉛直軸まわり曲げモーメント	34,121 kN・cm
		ねじりモーメント	42,097 kN・cm
		水平方向せん断力	484 kN
		鉛直方向せん断力	2,437 kN
浮上り防止装置 の評価	ブリッジ浮上り防止装置つめ 1 個あたりに作用する浮上り力	0.0 kN	
	トロリ浮上り防止装置つめ 1 個あたりに作用する浮上り力	69.0 kN	
車輪の評価	走行車輪 1 車輪当たりの水平 方向荷重	399.5 kN	
	横行車輪 1 車輪当たりの水平 方向荷重	675.2 kN	
レールの評価	走行車輪 1 車輪当たりの水平 方向荷重	399.5 kN	
	走行車輪 1 車輪当たりの鉛直 方向荷重	0.0 kN	
	横行車輪 1 車輪当たりの水平 方向荷重	675.2 kN	
	横行車輪 1 車輪当たりの鉛直 方向荷重	275.9 kN	

## 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

クレーンの浮上りを拘束するため、ブリッジトラック及びトロリ下面に、図 4-1 に示すような浮上り防止装置が取り付けられ、クレーンが浮き上がった場合にはつめが引っ掛かり、浮上りを防止する構造となっている。

このつめとレールの隙間が 12mm であり、これを浮上り量の境界条件として非線形要素の浮上り方向の拘束条件とする。12mm 以上の浮上りが発生すれば、つめ及び取付ボルトに荷重が作用するため、応力評価を実施する。

本評価においては、地震応答解析の結果、ブリッジ側の浮上りは最大で10.1mmであり、浮上り量が12mm未満であることから、つめ及び取付ボルトに作用する荷重はない。

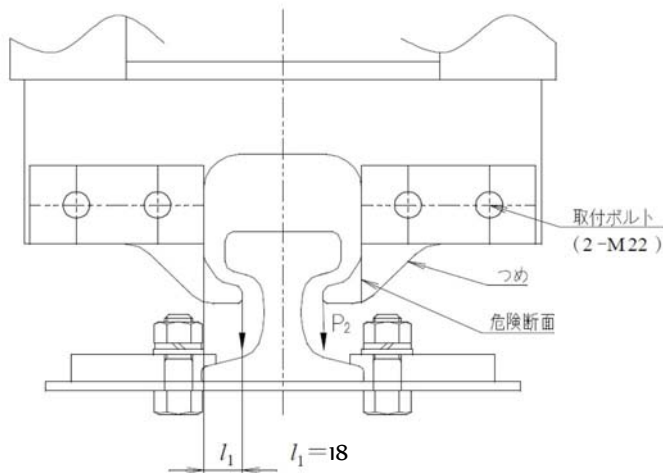


図 4-1 浮上り防止装置

クレーン本体、浮上り防止装置及びレールの評価における荷重の組合せ及び許容応力状態について、表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ (設計基準対象設備)

施設区分		機器名称	耐震クラス	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設	燃料取扱設備	DC建屋クレーン	B	その他の支持構造物	$D + P_D + M_d + S_s$	IV <sub>A</sub> S

#### 4.2.2 許容応力

クレーン本体、浮上り防止装置及びレールの許容応力を表 4-4 に示す。

表 4-4 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト等)
	1次応力			1次応力
	せん断	曲げ	組合せ	引張
IV <sub>A</sub> S	1.5fs*	1.5fb*	1.5ft*	1.5ft*

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

クレーン本体、浮上り防止装置及びレールの使用材料の許容応力評価条件を表 4-5 に示す。

表 4-5 許容応力評価条件

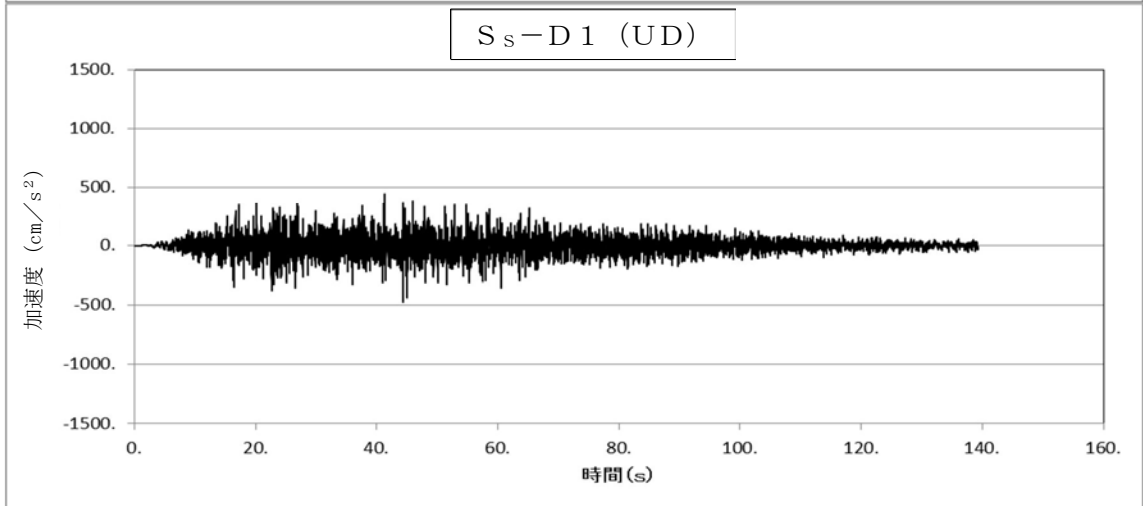
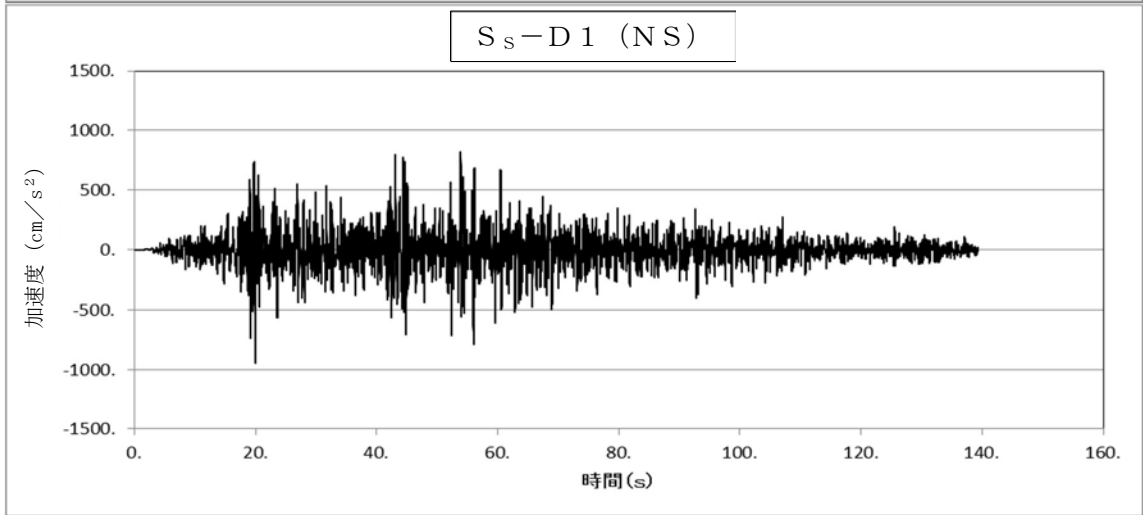
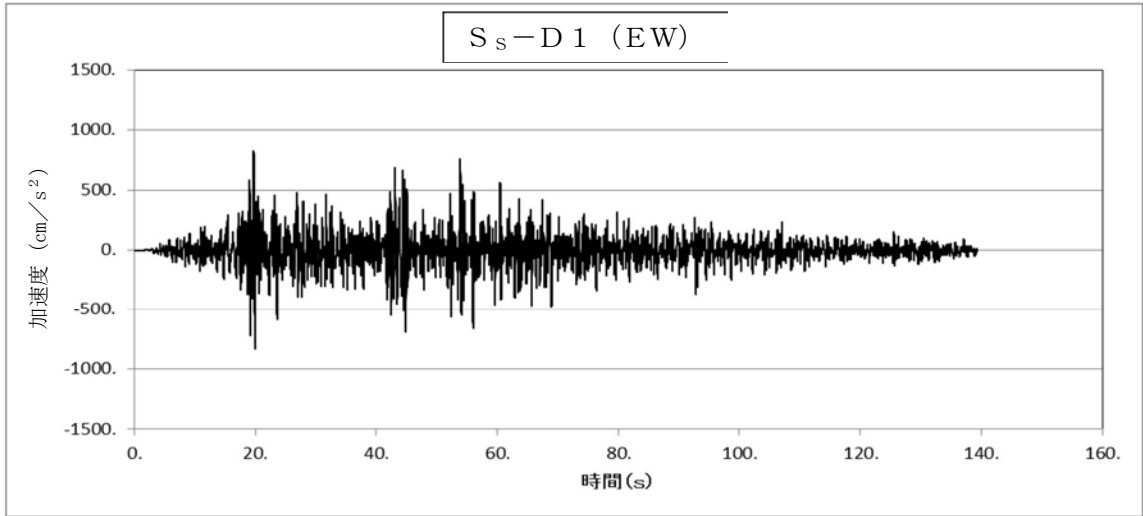
部材名		材 料	温 度 (°C)	Sy	Su
クレーン本体	ガーダ中央部			245	400
	ガーダ端部			245	400
ブリッジ浮き上がり防止装置	つめ			315	490
	取付ボルト			785	930
トロリ浮き上がり防止装置	つめ			315	490
	取付ボルト			785	930
走行車輪	ツバ			—	770* <sup>1</sup>
横行車輪	ツバ			—	770* <sup>1</sup>
走行レール	取付ボルト			785	930
横行レール	溶接部			245	400
	取付ボルト			785	930

注記 \*1 : JIS E5402-1:2005 に定める機械的性質（最小引張強さ）

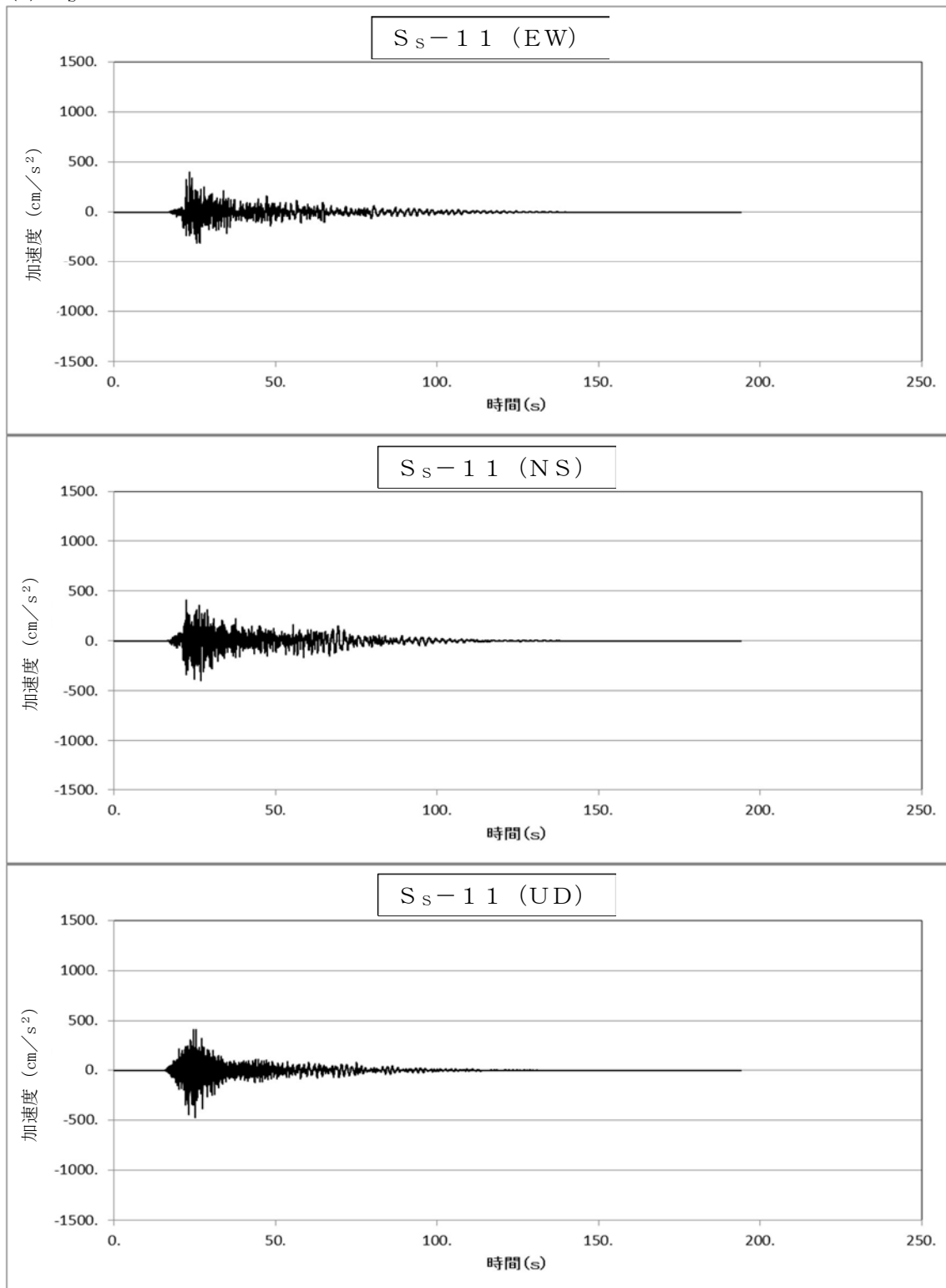
#### 4.3 設計用地震力

- (1) 耐震計算に用いる設計用地震動は、V-2-11-1「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評価方針」の「3.3 設計用地震動又は地震力」に従い、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力のうち、基準地震動  $S_s$  による地震動を用いる。設計用地震動は、V-2-2-4「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」にて算出されたDC建屋クレーン設置位置 (EL. 17.75m) の応答加速度時刻歴波を用いる。

(1) S<sub>s</sub>-D 1

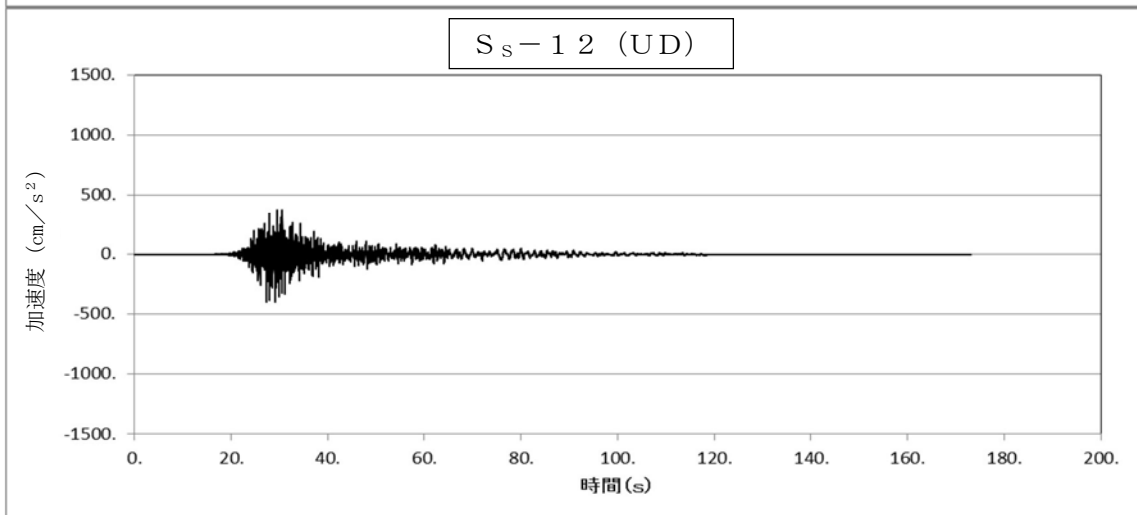
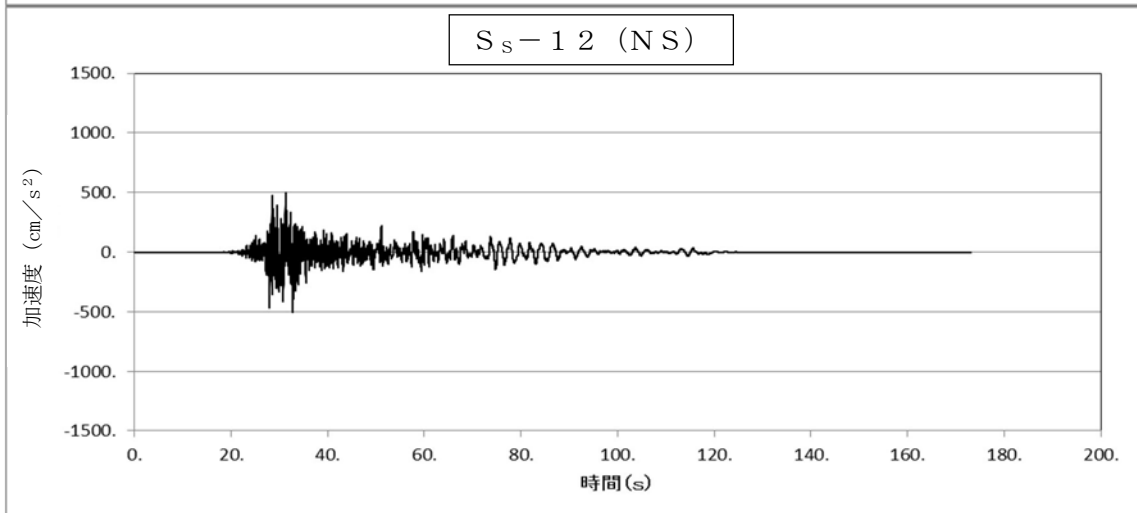
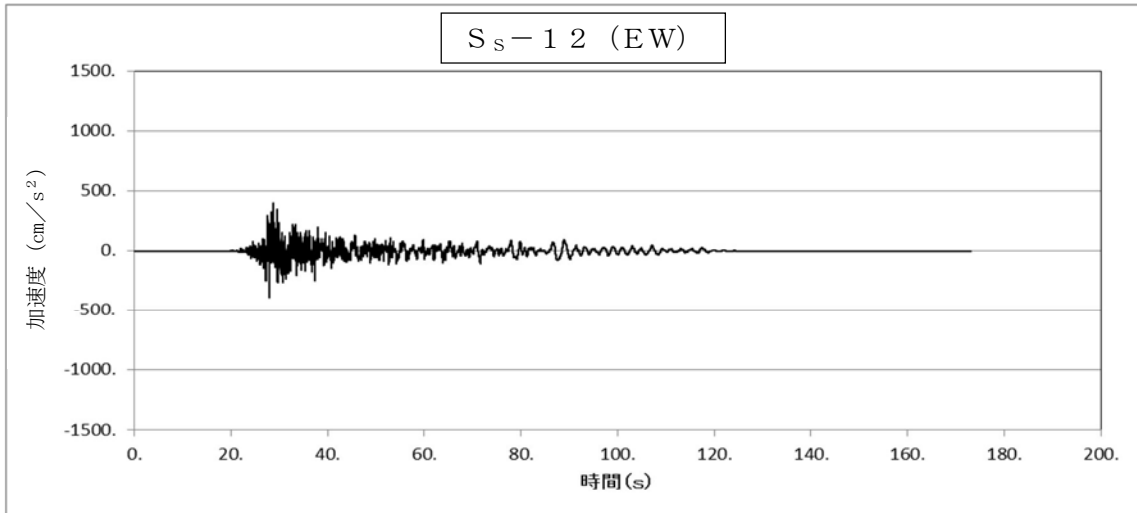


(2) S<sub>s</sub>-11

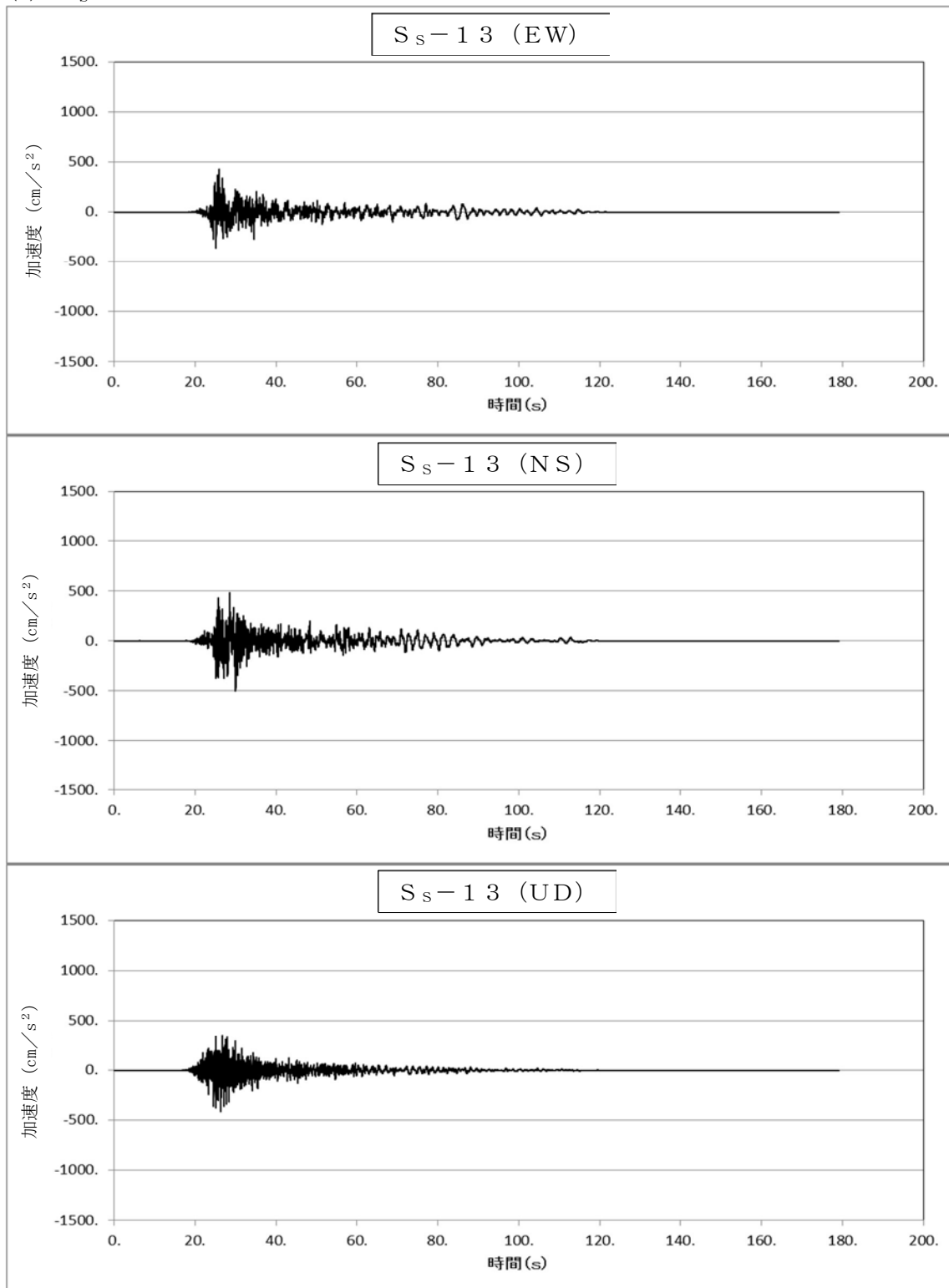




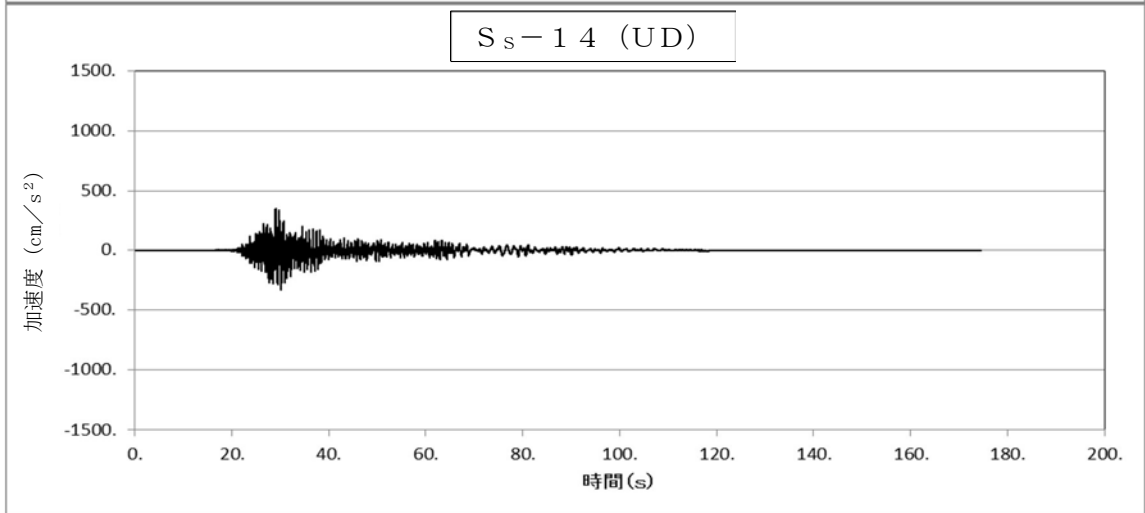
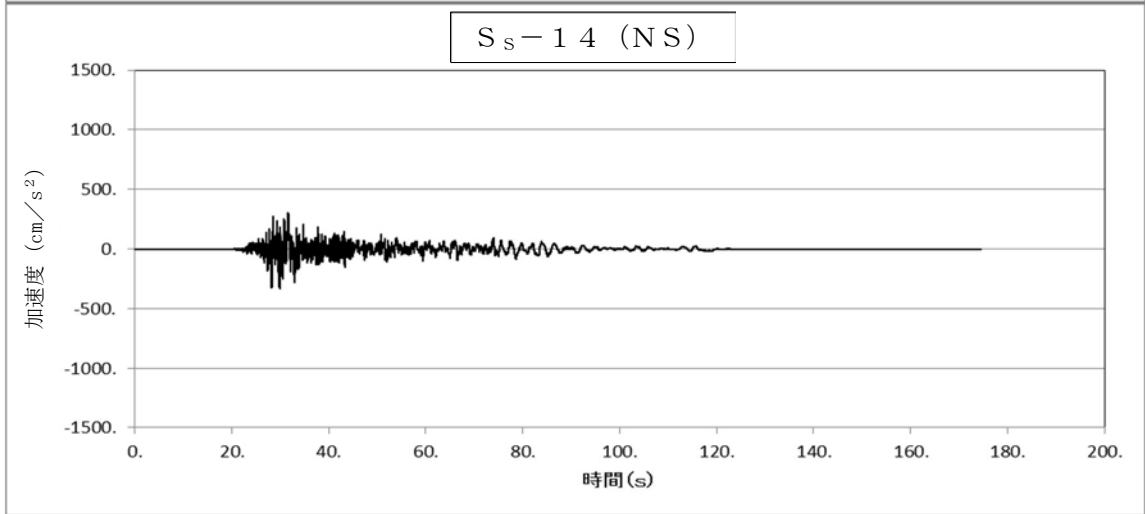
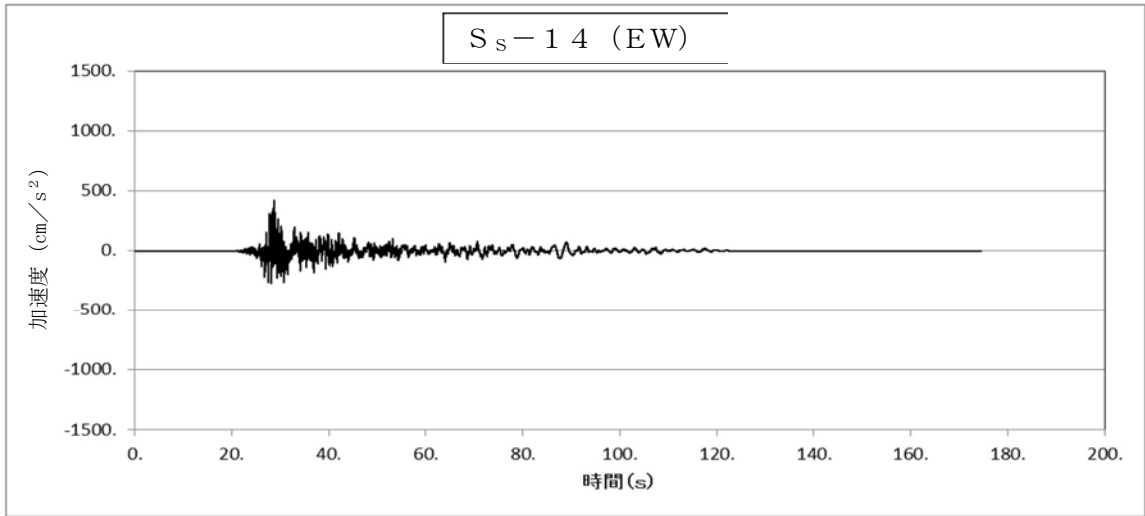
(3) S<sub>s</sub>-12



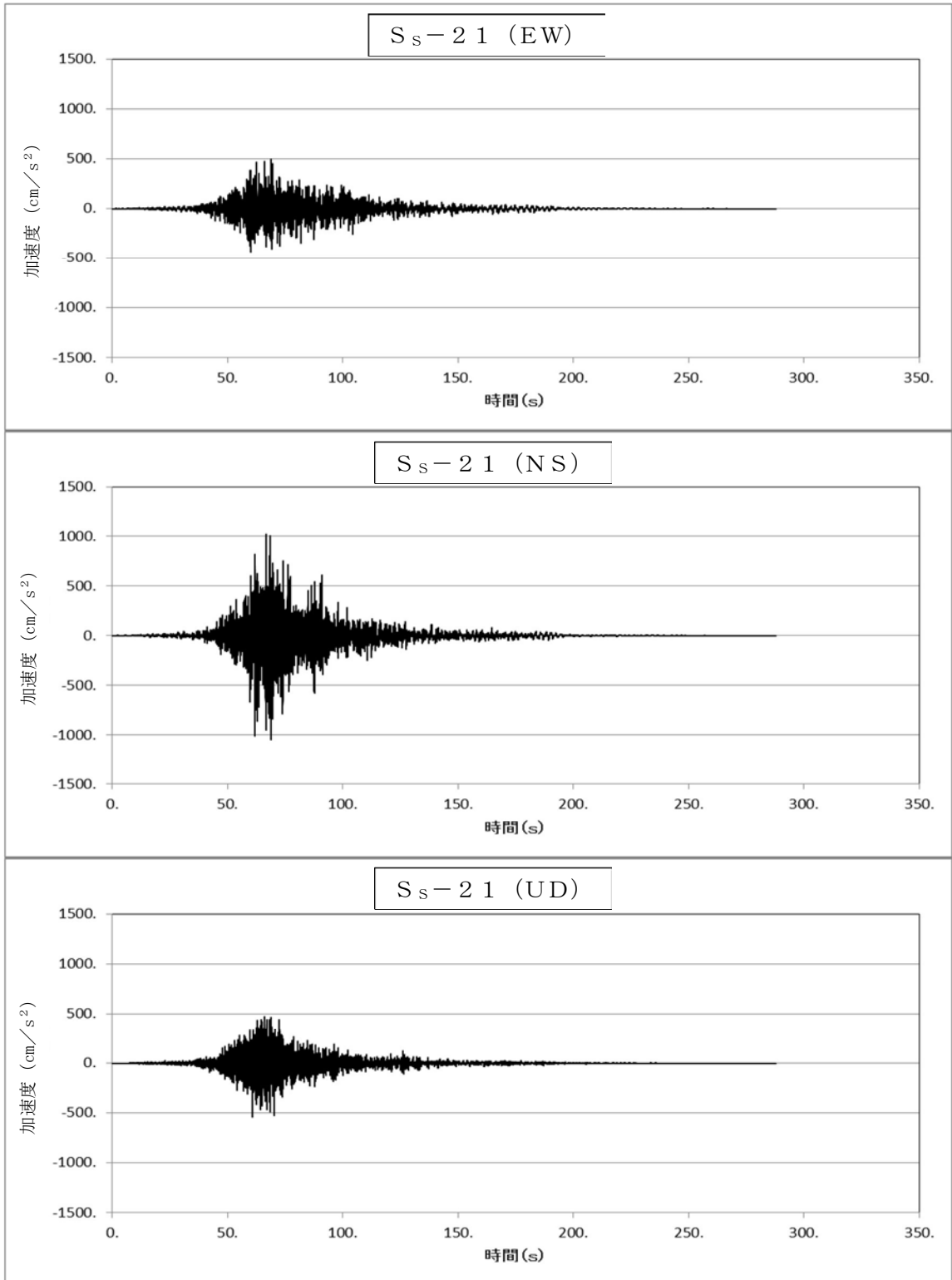
(4) S<sub>s</sub>-13



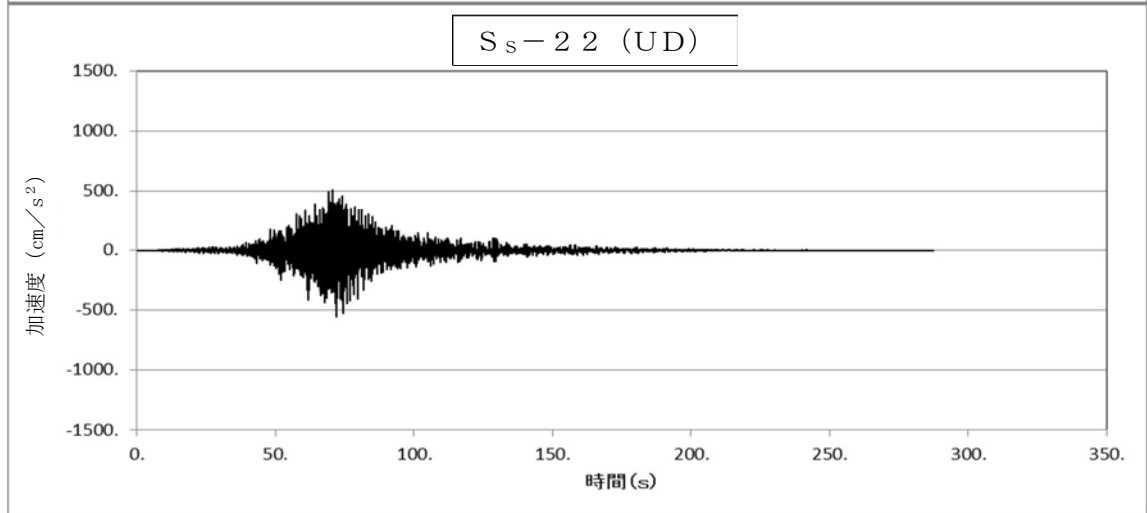
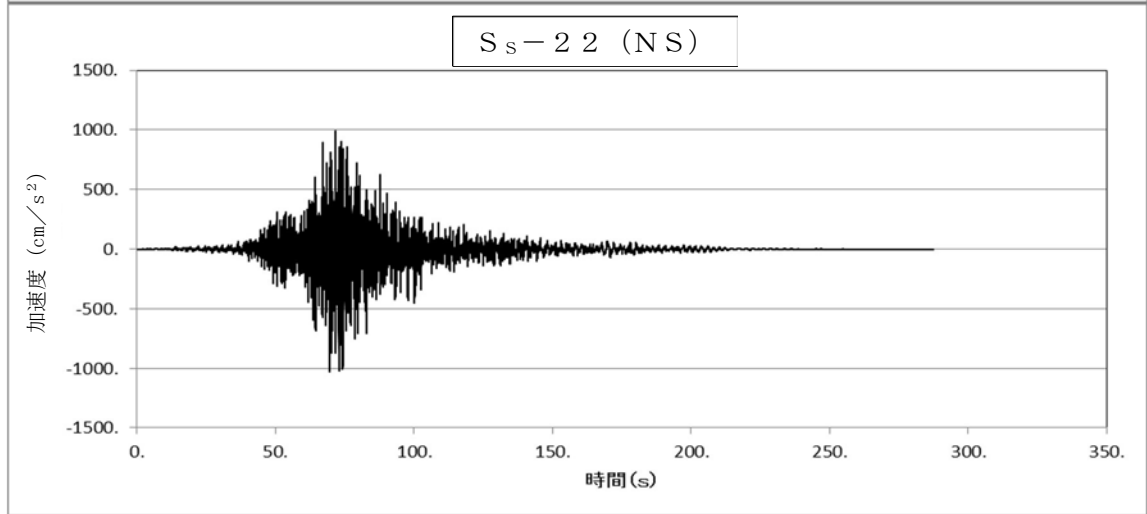
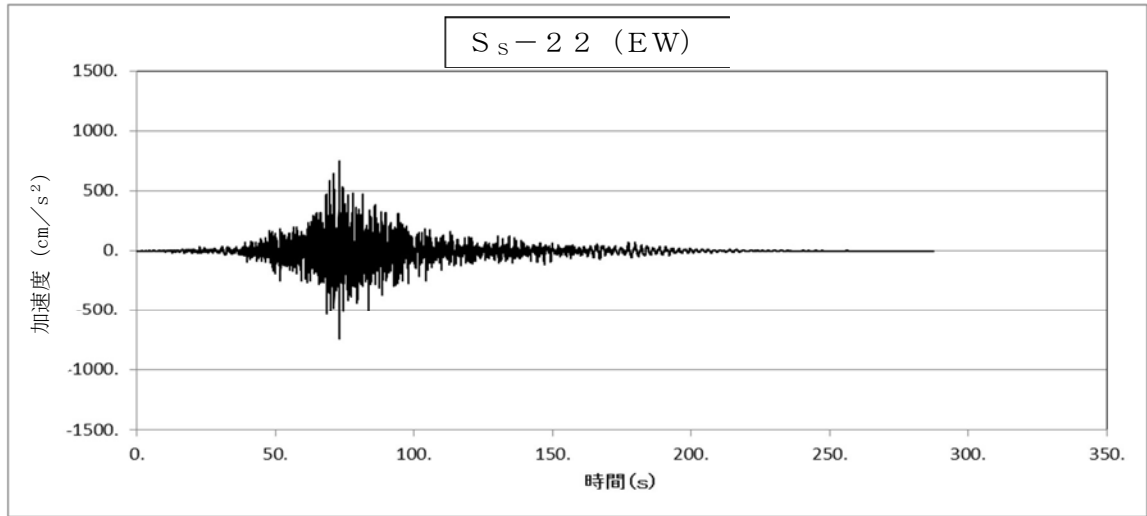
(5) S<sub>s</sub>-14



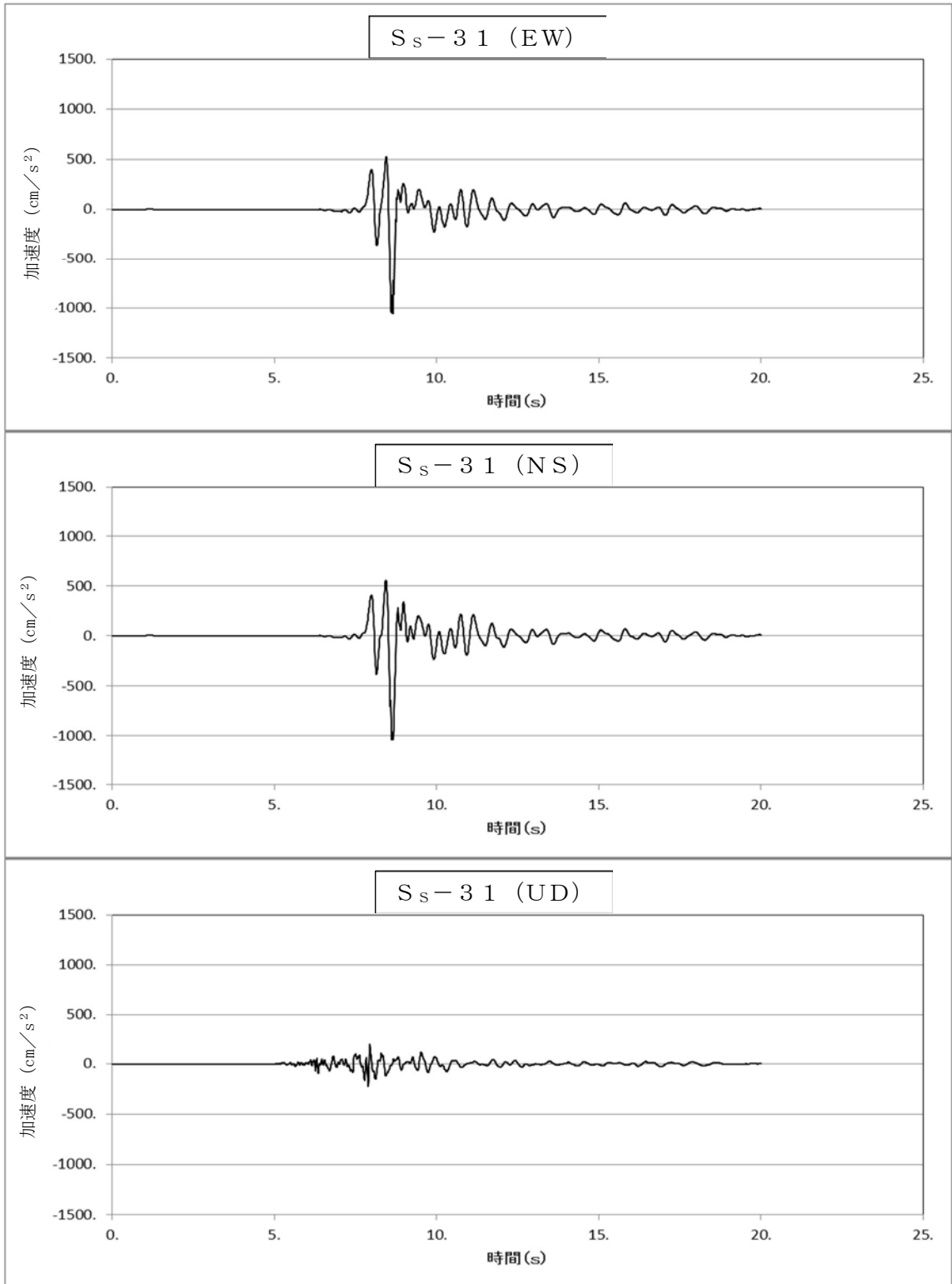
(6) S<sub>s</sub>-2 1



(7) S<sub>s</sub>-2 2



(8) S<sub>s</sub>-31



- (2) 時刻歴波の入力位置は、DC建屋クレーン設置高さEL. 17.75mとする。
- (3) 水平方向の地震波の入力は、使用済燃料貯蔵建屋に設置された建屋方向を踏まえて、DC建屋クレーンの走行方向にはNS方向、横行方向にEW方向を入力することにより評価を実施する。
- (4) 水平方向地震動と鉛直方向地震動の同時入力により解析を実施する。
- (5) 時刻歴解析手法の保守性については、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示すように、床応答加速度は建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものをしている。

本評価では、設計用床応答曲線を用いない時刻歴解析手法を採用していることから、建屋の固有周期のシフトに対する保守性を考慮することとする。

クレーンの評価においては、クレーンはレール上をすべることから、水平方向の応答加速度の影響は小さいが、鉛直方向の挙動は線形特性であるため鉛直方向の加速度のばらつきの影響を受ける可能性がある。

そのため、鉛直方向地震動については、床応答加速度の拡幅の考え方を準用して設定することとし、使用済燃料乾式貯蔵建屋EL. 17.75mの鉛直方向の設計用床応答曲線 $S_s$ （±10%拡幅）と、拡幅していない鉛直方向の設計用床応答曲線 $S_s$ に対して、クレーン本体のスペクトルモーダル解析を行い、ガーダに発生する応力を算出し、その比率の最大値を補正係数Aとして、クレーンの解析結果に係る以下に示す数値に乗じるものとする。補正係数Aを表4-6に示す。

- ・クレーン本体評価に用いる発生応力
- ・浮上り防止装置評価に用いるブリッジ又はトロリの浮上り力
- ・レール評価に用いる車輪荷重

表 4-6 補正係数A

状 態		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
トロリ	吊荷								
端部	なし	1.03	1.32	1.24	1.32	1.34	1.41	1.13	1.06
中央		1.04	1.27	1.17	1.17	1.23	1.10	1.25	1.25
端部	定格	1.03	1.11	1.06	1.05	1.07	1.04	1.26	1.03
中央		1.00	1.35	1.33	1.29	1.09	1.20	1.22	1.13

#### 4.4 解析モデル及び諸元

- (1) DC建屋クレーンの解析モデルは、クレーン本体をはり要素でモデル化した多質点はりモデルである。解析モデルを図4-2に、機器諸元を表4-7及び表4-8に示す。

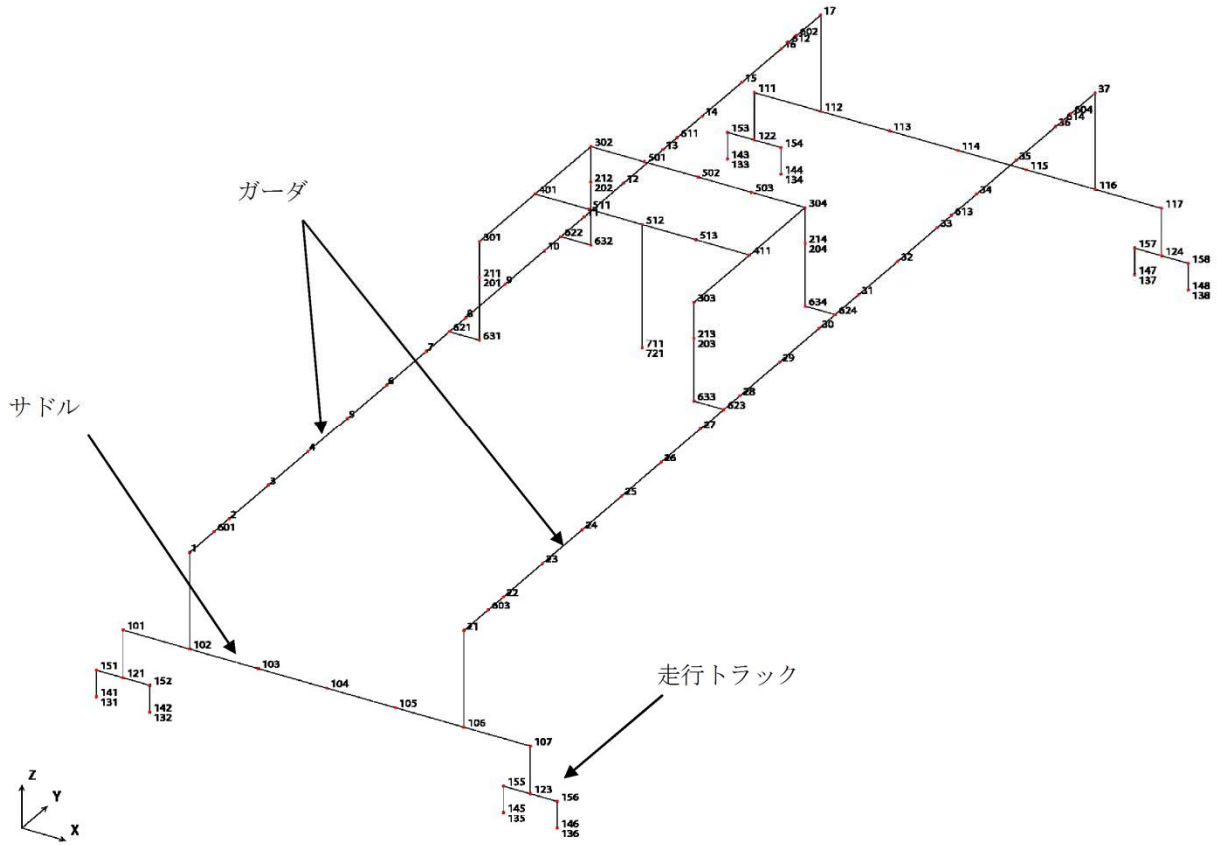


図 4-2 DC 建屋クレーン解析モデル図

表 4-7 機器諸元 (質量)

		質量(t)
クレーン	トロリ	33.0
	ブリッジ	67.0

表 4-8 機器諸元 (断面性状)

部 材	縦弾性係数 (MPa)	断面二次モーメント(cm <sup>4</sup> )		断面積 (cm <sup>2</sup> )
		水平軸廻り	鉛直軸廻り	
ガーダ中央				
ガーダ端部				
サドル				
走行トラック				



#### 4.5 計算方法

##### 4.5.1 応力の計算方法

##### 4.5.1.1 クレーン本体（ガーダ）の応力

###### (1) 曲げ応力

$$\sigma_V = \frac{M_1 \times 10^3 \times 10}{Z_x \times 10^3}$$

$$\sigma_H = \frac{M_2 \times 10^3 \times 10}{Z_y \times 10^3}$$

###### (2) せん断応力

$$\tau_V = \frac{F_1 \times 10^3}{H_1 \times (t_{w1} + t_{w2})}$$

$$\tau_H = \frac{F_2 \times 10^3}{B_1 \times t_{f1} + B_2 \times t_{f2}}$$

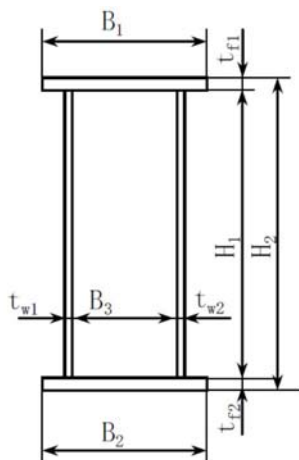
$$\tau_J = \frac{T \times 10^3 \times 10}{2 \left( B_3 + \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \right) \left( H_1 + \frac{t_{f1} + t_{f2}}{2} \right) t_{w1}}$$

###### (3) 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_V^2 + \sigma_H^2}$$

$$\tau = \sqrt{\tau_V^2 + \tau_H^2 + \tau_J^2}$$

$$\sigma_{comb} = (\text{補正係数A}) \times \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2}$$



## 4.5.1.2 浮上り防止装置の応力

(1) 浮上り防止装置つめ 1 個当たりの荷重

$$P_2 = \frac{P_1}{4}$$

(2) 浮上り防止装置つめに生じる応力

① つめにかかる  $P_2$  による曲げモーメント

$$M_2 = P_2 \times l_2$$

② 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_2 \times 10^3}{Z_2}$$

③ せん断応力

$$\tau_1 = \frac{P_2 \times 10^3}{A_2}$$

④ 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \times \tau_1^2}$$

(3) 浮上り防止装置取付ボルトに生じる応力

$$\tau_2 = \frac{P_4}{A_{b2}}$$

#### 4.5.1.3 走行車輪の応力

(1) 車輪ツバに生じる応力

$$\tau = \frac{P_1}{A_1}$$

#### 4.5.1.4 横行車輪の応力

(1) 車輪ツバに生じる応力

$$\tau = \frac{P_1}{A_1}$$

#### 4.5.1.5 走行レールの応力

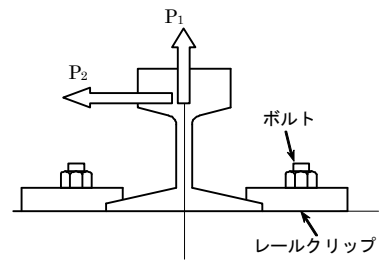
(1) 取付ボルトに生じる応力

①引張応力

$$\sigma_t = \frac{P_1}{A_b \times n_1}$$

②せん断応力

$$\tau_b = \frac{P_2}{A_b \times n_2}$$

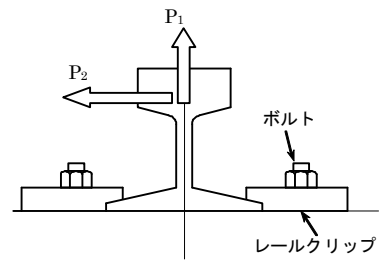


4.5.1.6 横行レールの応力

(1) 取付ボルトに生じる応力

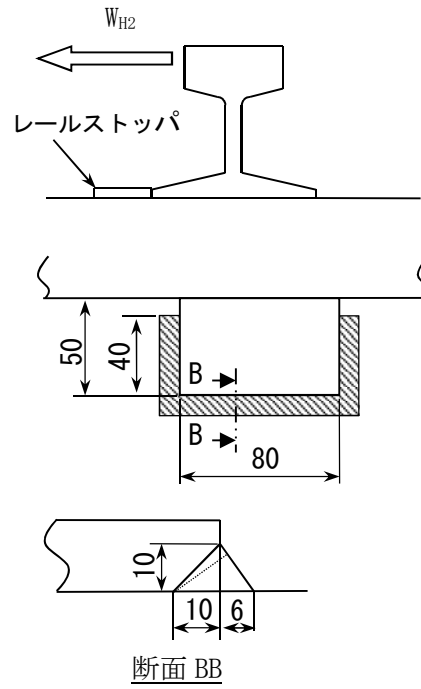
①引張応力

$$\sigma_t = \frac{P_1}{A_b \times n_1}$$



(2) レールストップパ溶接部に生じる応力

$$\tau_s = \frac{P_2}{A_s \times n_2}$$



#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 ガーダ中央部

項目	記号	単位	数値
ガーダ断面寸法	$B_1$	mm	
ガーダ断面寸法	$B_2$	mm	
ガーダ断面寸法	$B_3$	mm	
ガーダ断面寸法	$H_1$	mm	
ガーダ断面寸法	$H_2$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{w1}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{w2}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{f1}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{f2}$	mm	
X軸周り断面係数	$Z_X$	$\text{cm}^3$	
Y軸周り断面係数	$Z_Y$	$\text{cm}^3$	

##### 4.6.2 ガーダ端部

項目	記号	単位	数値
ガーダ断面寸法	$B_1$	mm	
ガーダ断面寸法	$B_2$	mm	
ガーダ断面寸法	$B_3$	mm	
ガーダ断面寸法	$H_1$	mm	
ガーダ断面寸法	$H_2$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{w1}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{w2}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{f1}$	mm	
ガーダ断面寸法	$t_{f2}$	mm	
X軸周り断面係数	$Z_X$	$\text{cm}^3$	
Y軸周り断面係数	$Z_Y$	$\text{cm}^3$	

## 4.6.3 トロリ浮上り防止装置つめの応力評価条件

項目	記号	単位	数値
つめのせん断面積	$A_2$	$\text{mm}^2$	
つめの断面係数	$Z_2$	$\text{mm}^3$	
取付ボルトの断面積	$A_{b2}$	$\text{mm}^2$	
危険断面から $P_2$ 作用点までの距離	$l_2$	$\text{mm}$	

## 4.6.4 走行車輪の応力評価条件

項目	記号	単位	数値
ツバの断面積	$A_1$	$\text{mm}^2$	

## 4.6.5 横行車輪の応力評価条件

項目	記号	単位	数値
ツバの断面積	$A_1$	$\text{mm}^2$	

## 4.6.6 走行レールの応力評価条件

項目	記号	単位	数値
取付ボルト (M24) の断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
取付ボルトの本数 (引張時)	$n_1$	—	
取付ボルトの本数 (せん断時)	$n_2$	—	

## 4.6.7 横行レールの応力評価条件

項目	記号	単位	数値
取付ボルト (M20) の断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
受台溶接部のせん断面積	$A_s$	$\text{mm}^2$	
取付ボルトの本数	$n_1$	—	
ストッパ個数	$n_2$	—	

#### 4.7 応力の評価

※本文中に記載なし

#### 4.7 応力の評価

##### 4.7.1 クレーン本体（ガーダ）の応力評価

4.5.1.1(3)項で求めたガーダの組合せ応力 $\sigma_{comb}$ は下記許容引張応力 $f_t$ 以下であること。

	許容組合せ応力 $f_t$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

##### 4.7.2 浮上り防止装置の応力評価

4.5.1.2(2)項で求めた浮上り防止装置つめに生じる組合せ応力 $\sigma$ は下記許容引張応力 $f_t$ 以下であること。

4.5.1.2(3)項で求めた浮上り防止装置取付ボルトに生じるせん断応力 $\tau_2$ は下記許容せん断応力 $f_s$ 以下であること。

	許容組合せ応力 $f_t$	許容せん断応力 $f_s$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

##### 4.7.3 車輪の応力評価

4.5.1.3(1)項および4.5.1.4(1)項で求めた走行車輪および横行車輪に生じるせん断応力 $\tau$ は下記許容せん断応力 $f_s$ 以下であること。

	許容せん断応力 $f_s$
計算式	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

##### 4.7.4 走行レールの応力評価

4.5.1.5(1)項で求めた走行レール取付ボルトに生じるせん断応力 $\tau_b$ は下記許容せん断応力 $f_s$ 以下であること。

	許容せん断応力 $f_s$
計算式	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

#### 4.7.5 横行レールの応力評価

4.5.1.6(1)項で求めた横行レール取付ボルトに生じる引張応力 $\sigma_t$ は下記許容引張応力 $f_t$ 以下であること。

4.5.1.6(2)項で求めた横行レールレールストップ溶接部に生じるせん断応力 $\tau_s$ は下記許容せん断応力 $f_s$ 以下であること。

	許容引張応力 $f_t$	許容せん断応力 $f_s$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



## 5. 評価結果

## 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

DC建屋クレーンの設計基準対象施設としての耐震評価結果を表 5-1 に示す。発生値は、許容応力を満足しており、耐震性を有することを確認した。

表 5-1 DC建屋クレーンの耐震評価結果

評価部位		応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ガーダ	中央	組合せ	242	279
	端部	組合せ	278	279
ブリッジ浮上 防止装置	つめ	組合せ	—*1	342
	取付ボルト	せん断	—*1	375
トロリ浮上 防止装置	つめ	組合せ	185	342
	取付ボルト	せん断	182	375
走行車輪		せん断	63	310
横行車輪		せん断	112	310
走行レール	取付ボルト	せん断	295	375
横行レール	溶接部	せん断	154	160
	取付ボルト	引張	440	487

注記 \*1: ブリッジ側のつめとレールの隙間が 12mm であり、地震応答解析の結果、ブリッジ側の浮上りは最大で 10.1mm であり、浮上り量が 12mm 未満であることから、つめ及び取付ボルトに作用する荷重はない。