

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-028-10-28 改4
提出年月日	2020年9月1日

原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書に関する  
補足説明資料

2020年9月

東京電力ホールディングス株式会社

本書は、「耐震性に関する説明書に係る補足説明資料（耐震評価対象の網羅性、既工認との手法の相違点の整理について）」の「添付6-1 原子炉建屋クレーンの時刻歴応答解析の適用について」に続く原子炉建屋天井クレーンに関する補足説明資料の位置づけである。

資料1	時刻歴解析における建屋の地盤物性値等の不確かさに対する検討	・・・	2
資料2	ワイヤロープの長さや吊荷の速度変化及び衝撃荷重との関係について	・・・	10
資料3	原子炉建屋クレーンの地震時におけるすべり量	・・・	12
資料4	走行レール及び車輪つばの耐震評価結果	・・・	17
資料5	主巻ワイヤのブレーキ制動力	・・・	20
資料6	側面の接触による摩擦力の影響について	・・・	24
資料7	原子炉建屋クレーンガード鉄骨の基準地震動（Ss）地震力に対する検討	・・・	27

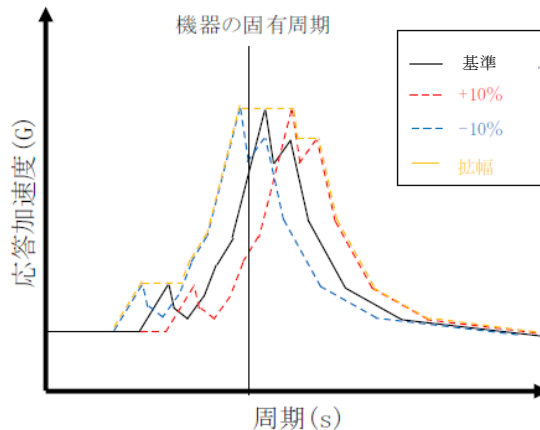
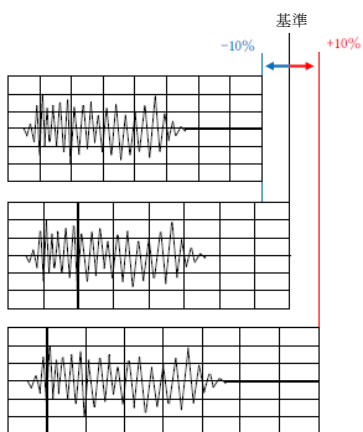
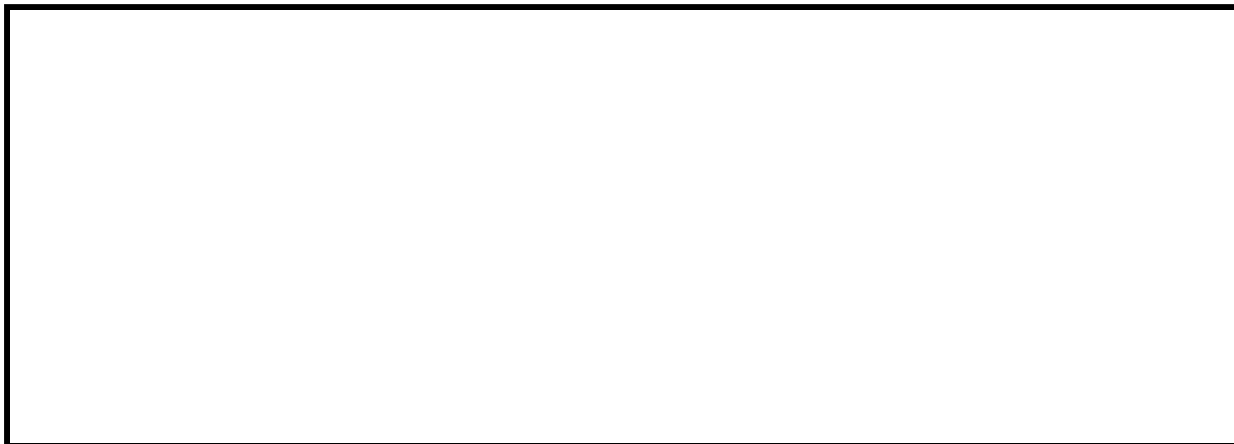
: 今回ご提示資料

## 資料1 時刻歴解析における建屋の地盤物性値等の不確かさに対する検討

### 1. 目的

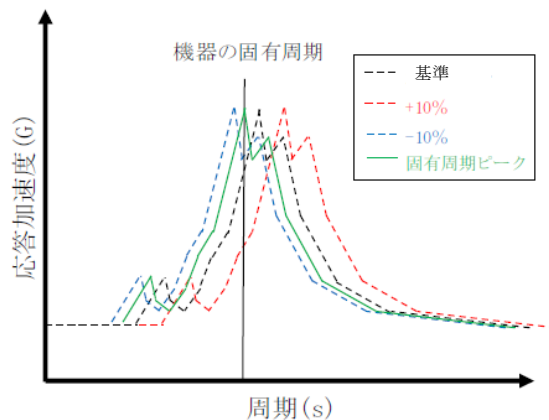
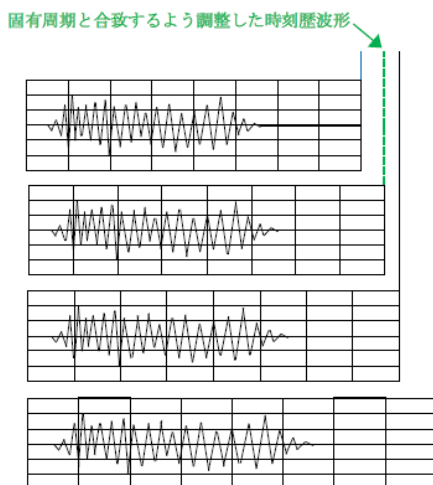
設計用床応答曲線は、建屋の地盤物性等の不確かさによる固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものを採用している。原子炉建屋クレーン（以下「クレーン」という。）の評価では、設計用床応答曲線を用いない時刻歴解析手法を採用していることから、建屋の固有周期シフトに対する不確かさを考慮する必要がある。

本評価では、上記の不確かさの考慮として、固有周期シフトを考慮していない時刻歴加速度波による解析以外に A S M E Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadeningの規定を参考に時刻歴加速度波を時間軸方向に設計用床応答曲線の拡幅分の考慮分として時間刻みを±10%シフトさせた時刻歴加速度波による解析で評価する。また、±10%シフトさせた設計用床応答曲線の間にはピークが存在する場合は、A S M Eの規定に基づきピーク位置を考慮した評価も行う。Time History Broadeningの概念を図1-1に示す。



- ・基準の時刻歴波に加えて時間刻みを±10%シフトさせた時刻歴波を作成

- ・各時刻歴波を床応答スペクトル化



- ・機器の固有周期が床応答スペクトルピークの谷間に存在する場合、ピークと合うような時刻歴波を作成し、時刻歴応答解析を実施

図 1-1 Time History Broadening 概念図

## 2. 時刻歴解析の保守性の評価フロー

評価部位はクレーンの主要構造であり、耐震計算書で評価しているクレーン本体ガーダで検討する。この時の計算方法は耐震計算書と同様に、非線形挙動を考慮した時刻歴解析で評価する。また、時刻歴解析の保守性の評価フローを図1-2に示す。なお、解析モデルはV-2-11-2-4「原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書」に基づくものである。

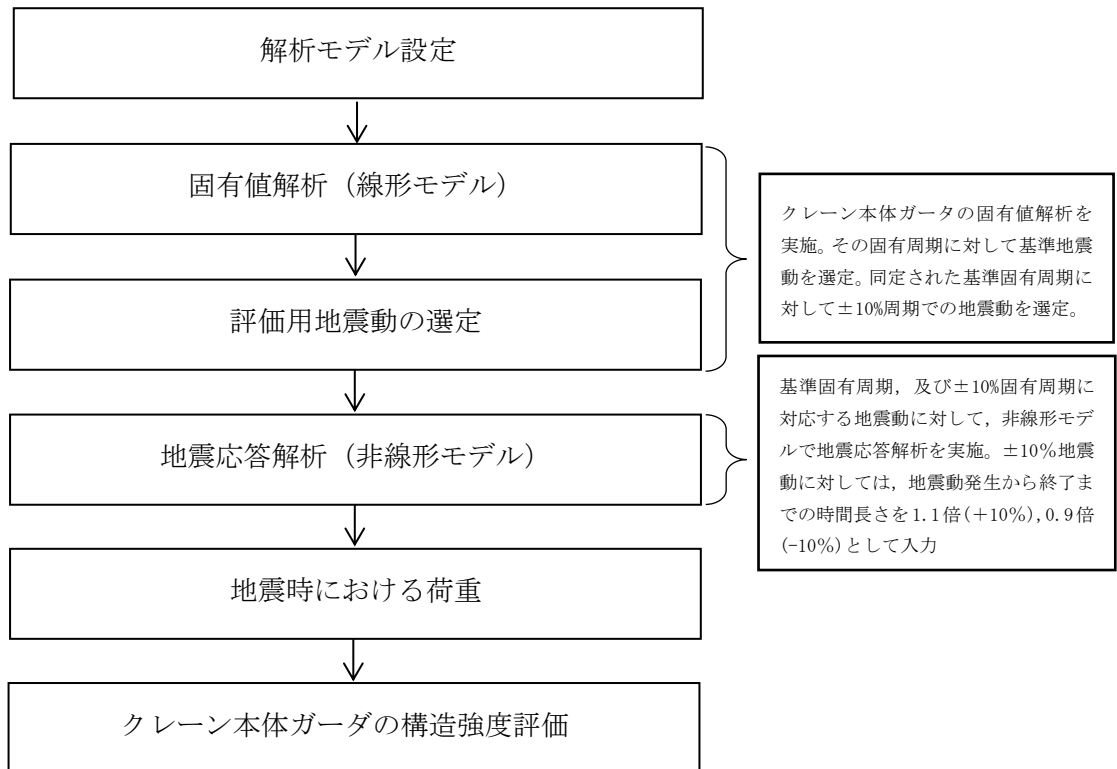


図 1-2 時刻歴解析の保守性の評価フロー

### 3. 評価用地震動の選定について

クレーンは、走行車輪部で支持された両端支持はりの構造をしていることから、鉛直動の影響を受け易い。そのため、クレーンにとって支配的となる鉛直方向の地震条件から、評価に用いる地震動を選定した。

クレーンは、トロリ位置（中央、端部）と吊荷の有無の組合せで固有周期が解析ケース毎で異なるため、組み合わせの各ケースで固有値解析（線形モデル）を行い、基準の固有周期を求める。基準の固有周期から周期±10%シフト（±10%の幅）で、評価に用いる地震動を各解析ケースに対して選定した。

設計用床応答曲線とクレーンの固有周期を重ね書きした結果を図1-3～図1-5に示す。

地震動Ss-2におけるEW+UD、EW-UDとは、鉛直方向モデル(単独)による鉛直応答に、EW方向加振による誘発上下動応答を加速度時刻歴上で加算/減算した設計用床応答曲線である。時刻歴加速度波の時間刻みを±10%シフトさせるため、地震動の選定時に設計用床応答曲線の周期を±10%シフトさせるのが望ましいと考えられるが、図1-3～図1-5では表記の簡素化のためにクレーンの固有周期を±10%シフトしている。

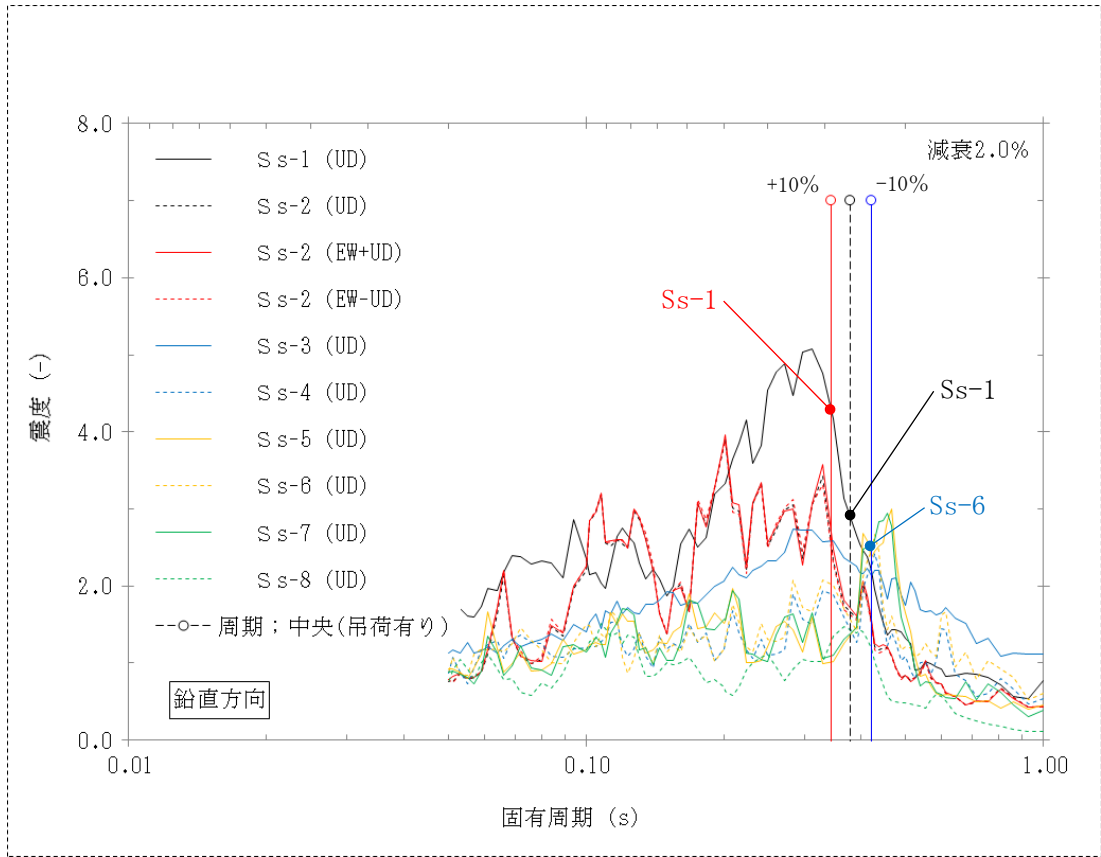


図1-3 設計用床応答曲線とクレーン固有周期（トロリ中央／吊荷有り）との重ね書き図

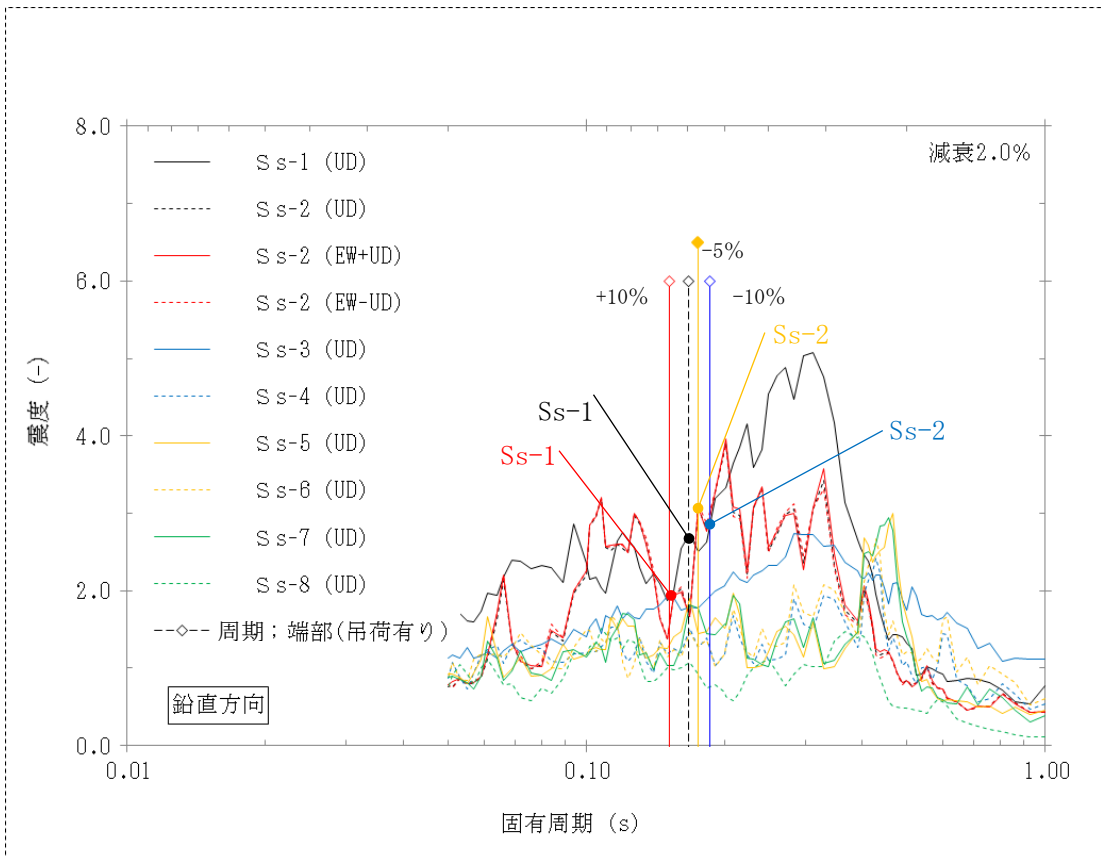


図1-4 設計用床応答曲線とクレーン固有周期（トロリ端部／吊荷有り）との重ね書き図

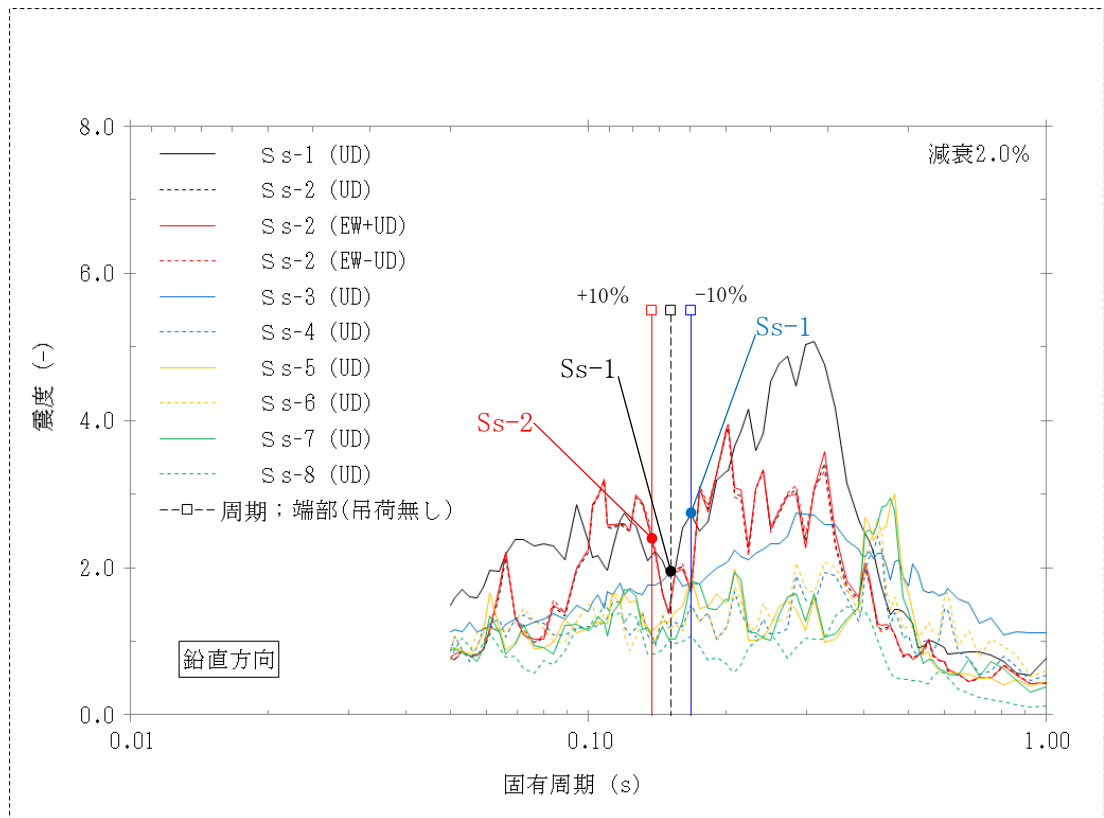


図1-5 設計用床応答曲線とクレーン固有周期（トロリ端部／吊荷無し）との重ね書き図

各解析ケースに対して、地震動の選定結果を以下に示す。

【地震動の選定結果】

トロリ中央／吊荷有り（図1-3）

- ・シフト無し : Ss-1
- ・+10%シフト : Ss-1
- ・-10%シフト : Ss-6

トロリ端部／吊荷有り（図1-4）

- ・シフト無し : Ss-1
- ・+10%シフト : Ss-1
- ・-5%シフト : Ss-2 (EW-UD) (FRSピーク考慮)
- ・-10%シフト : Ss-2 (EW-UD)

トロリ端部／吊荷無し（図1-5）

- ・シフト無し : Ss-1
- ・+10%シフト : Ss-2 (EW-UD)
- ・-10%シフト : Ss-1

トロリ端部／吊荷有りの解析ケースでは、0 ~ -10%間の設計用床応答曲線にピークを有することから、さらに評価に用いる地震動として、-5%シフトのSs-2 (EW-UD) も選定した。



#### 4. 時刻歴波の時刻刻み±10%シフトについて

図 1-3～図 1-5 で選定した地震動に対して、時刻刻み±10%シフトした例を図 1-6 に示す。  
+10%シフトについては各地震動の時刻歴波の時刻刻みを 1.1 倍、-10%シフトについては時刻刻みを 0.9 倍したものをを用いている。

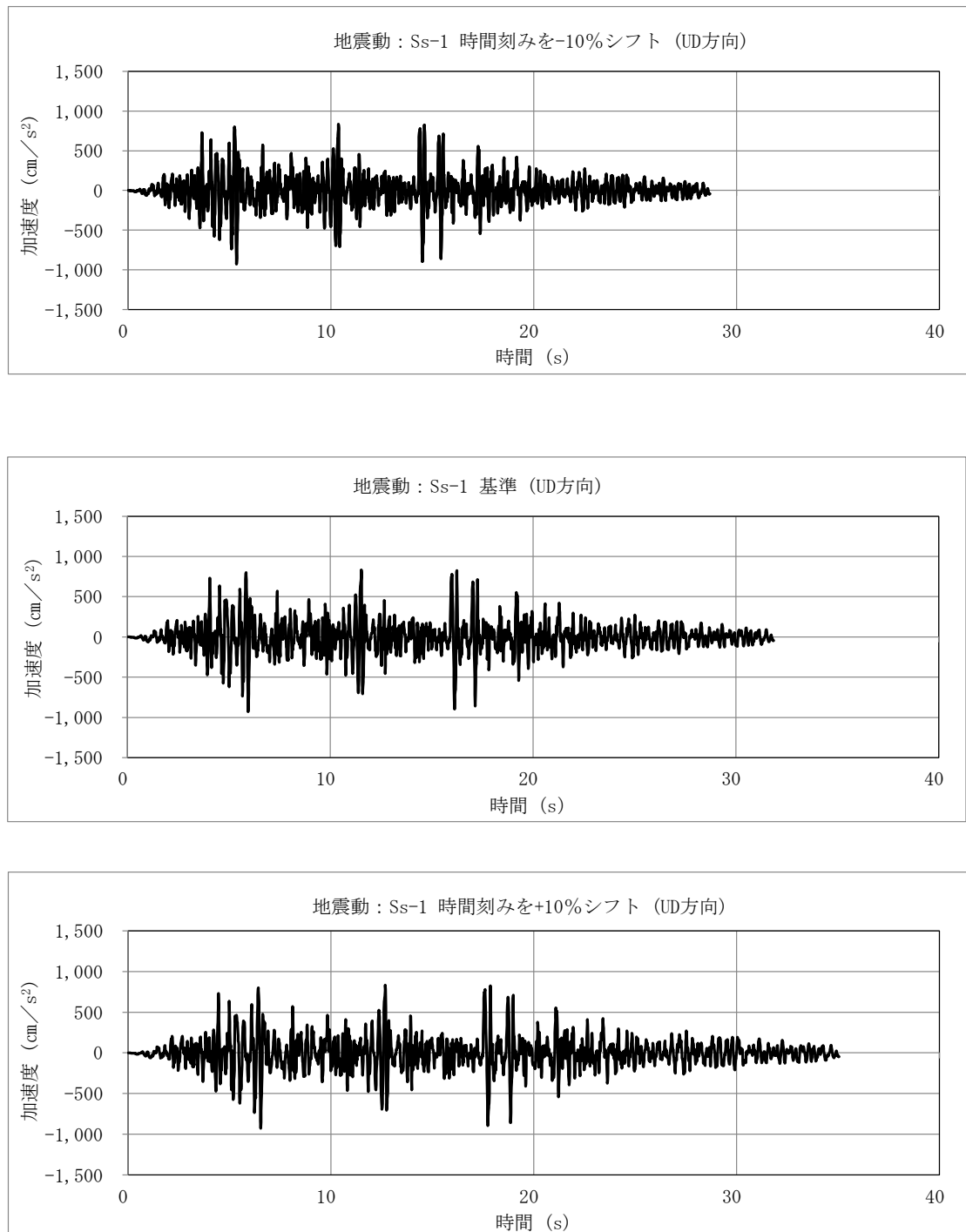


図 1-6 時刻歴波の時刻刻み±10%シフト

5. 地震応答解析結果

表 1-1 に非線形時刻歴解析である地震応答解析で、トロリ位置や吊荷有り無しの各組み合わせにおける解析結果を示す。

原子炉建屋クレーンは、車輪部を非線形要素としているため、トロリやクレーン本体の浮き上がりにより非線形な挙動が加わり、地震応答解析では複雑な挙動を示すため、設計用床応答曲線と発生応力の大きさの傾向は必ずしも一致していない。

基準の固有周期±10%シフト評価、及び±10%内の設計用床応答曲線ピークを評価した結果、基準の固有周期（シフト無し）の結果と大きな差がないため、地震応答解析の不確かさに関して問題ないことを確認した。また、全ての解析ケースにおいて発生応力が許容値以下である。

表 1-1 ±10%ピークシフトによる地震応答解析結果

No.	解析ケース				応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	トロリ位置	吊荷	地震動	ピークシフト			
1	中央	有り	Ss-1	シフト無し	曲げ 応力	262*	336
2			Ss-1	+10%シフト		252	
3			Ss-6	-10%シフト		210	
4	端部	有り	Ss-1	シフト無し		141	
5			Ss-1	+10%シフト		143	
6			Ss-2	-10%シフト		111	
7			Ss-2	-5%シフト		96	
8		無し	Ss-1	シフト無し		100	
9			Ss-2	+10%シフト		70	
10			Ss-1	-10%シフト		98	

注記\*：V-2-11-2-4「原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書」の記載値