

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	補足-340-15 改0
提出年月日	平成30年6月20日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-15【常設代替高圧電源装置の耐震性についての計算書
に関する補足説明資料】

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 常設代替高圧電源装置置場における入力地震動	2
2.1 入力地震動	2
2.2 常設代替高圧電源装置の減衰定数	2
2.3 床応答曲線の包絡性	3
3. 常設代替高圧電源装置の耐震評価について	6
3.1 常設代替高圧電源装置の固縛装置について	6
3.2 評価手順	7
3.3 評価条件	8
3.4 加振試験	8
3.5 機能維持評価	12
3.6 すべり	13
3.7 保守性・不確実さのトータルバランスについて	14
別紙 3-1 加振試験で模擬できていない固縛装置の部材の健全性について	23
別紙 3-2 加振試験に用いた常設代替高圧電源装置及び固縛装置の仕様について	26
別紙 3-3 加振試験における設備評価用 F R S に対する加振波の F R S の裕度について	27

1. 概要

本補足説明資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、耐震評価を実施し、添付書類「V-2-10-1-4 常設代替高圧電源装置の耐震性についての計算書」に評価結果をとりまとめている常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に該当する常設代替高圧電源装置の耐震評価について補足するものである。

2. 常設代替高圧電源装置置場における入力地震動

2.1 入力地震動

常設代替高圧電源装置は、常設代替高圧電源装置置場に設置している。

常設代替高圧電源装置の入力地震動算定における地盤モデル及び解析用物性値については、添付書類「V-2-2-22 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」に示すとおりである。

入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_0 を基に、常設代替高圧電源装置置場での地盤条件及び土木構造物の構造を考慮し、地盤及び土木構造物の地震応答解析により算定する。

2.2 常設代替高圧電源装置の減衰定数

加振試験における加振台の床応答曲線（以下「FRS」という。）が、各保管エリアの設備評価用FRSを上回ることを確認する際に用いる車両型設備の減衰定数は、8%としている。常設代替高圧電源装置はトレーラタイプの車両であり、トレーラタイプの車両については、既往の試験結果である国土交通省の国土技術政策総合研究所資料 第180号「大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に関する研究（Ⅱ）」（2004年5月）（以下「国総研資料」という。）の人工段差落下試験により、トレーラ前部（トラクタヘッド後部）において計測された常設代替高圧電源装置と同型のリーフサスペンションの減衰比の結果を用いて設定する。ここで、国総研資料の減衰比のばらつきを考慮し、最下端の約10%より保守的な評価となるよう8%を用いる。図2-2-1に人工段差落下試験の概念図を、図2-2-2に人工段差落下試験の結果を示す。

国総研資料で実施されている人工落下試験結果は、複数のメーカーのトレーラタイプの車両を対象としており、本文献の試験データは適用できる。

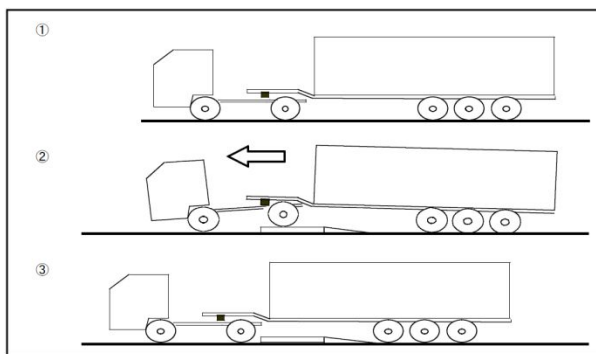


図 2-2-1 人工段差落下試験の概念図

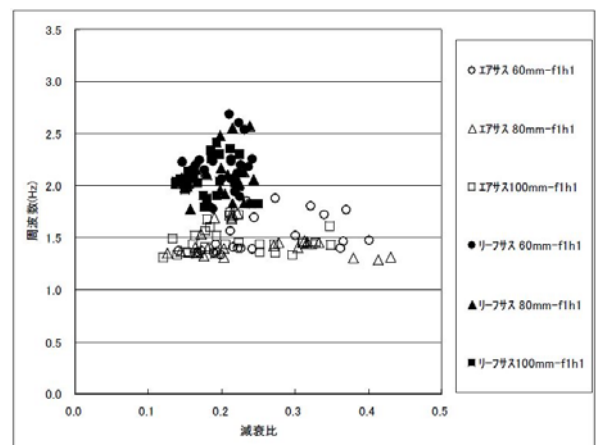


図 2-2-2 人工段差落下試験の結果
(減衰比と周波数の関係)

2.3 床応答曲線の包絡性

加振台の床応答曲線と常設代替高圧電源装置置場の床応答曲線の比較及び常設代替高圧電源装置の固有周期を図 2-3-1 に示す。

常設代替高圧電源装置の 1 次固有周期より小さい領域に対して、加振台の床応答曲線が常設代替高圧電源装置置場の床応答曲線を上回っていること、及び加振台の最大加速度が、常設代替高圧電源装置置場の最大加速度を上回っていることを確認した。

設備名：常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)

保管場所：常設代替高圧電源装置置場

凡例

- 設置場所における設備評価用 F R S (水平方向は X, Y 包絡) (標準ケース)
- 設置場所における設備評価用 F R S (水平方向は X, Y 包絡) (ばらつきの最大値)
- 加振台の F R S (出力)
- 観測された設備の固有値



X方向 (走行直角方向)

Y方向 (走行方向)

Z方向 (鉛直方向)

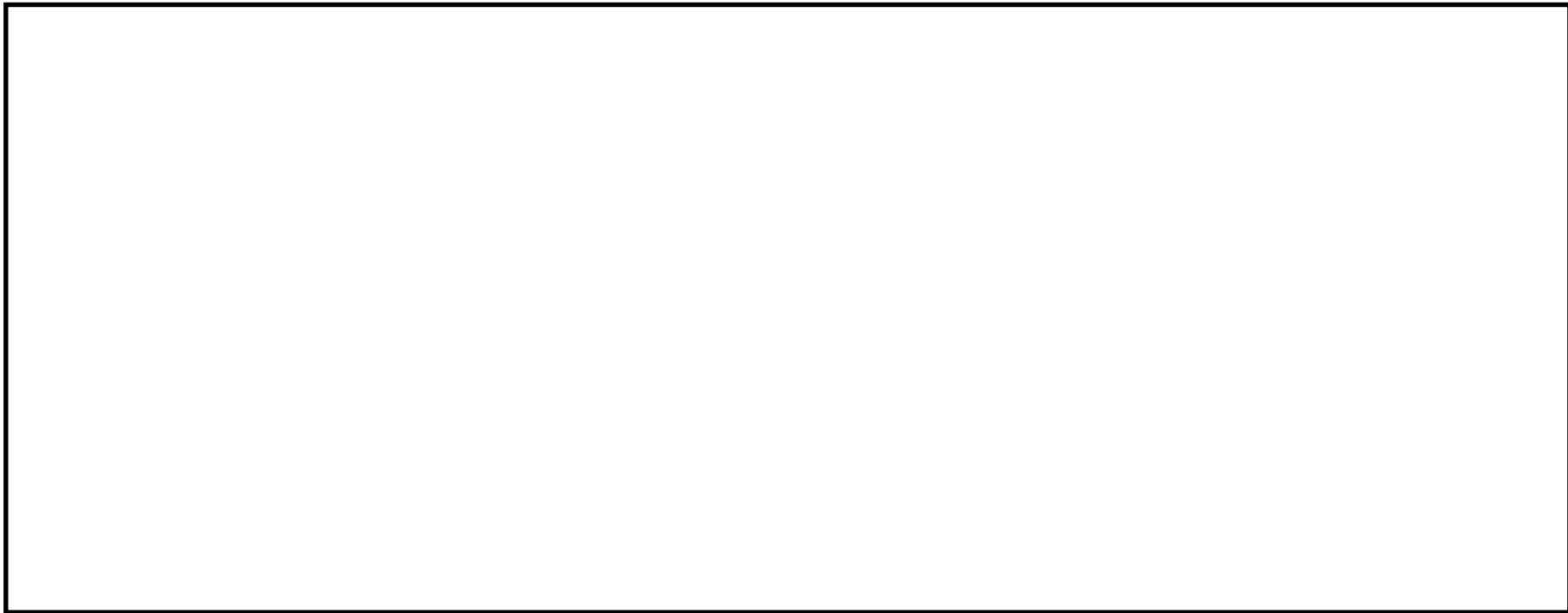


図 2-3-1 加振台の床応答曲線と設備評価用床応答曲線との比較 (1/2)

設備名：常設代替高圧電源装置 (No. 6)

保管場所：常設代替高圧電源装置置場

凡例

- 設置場所における設備評価用 F R S (水平方向は X, Y 包絡) (標準ケース)
- 設置場所における設備評価用 F R S (水平方向は X, Y 包絡) (ばらつきの最大値)
- 加振台の F R S (出力)
- 観測された設備の固有値



X方向 (走行直角方向)

Y方向 (走行方向)

Z方向 (鉛直方向)

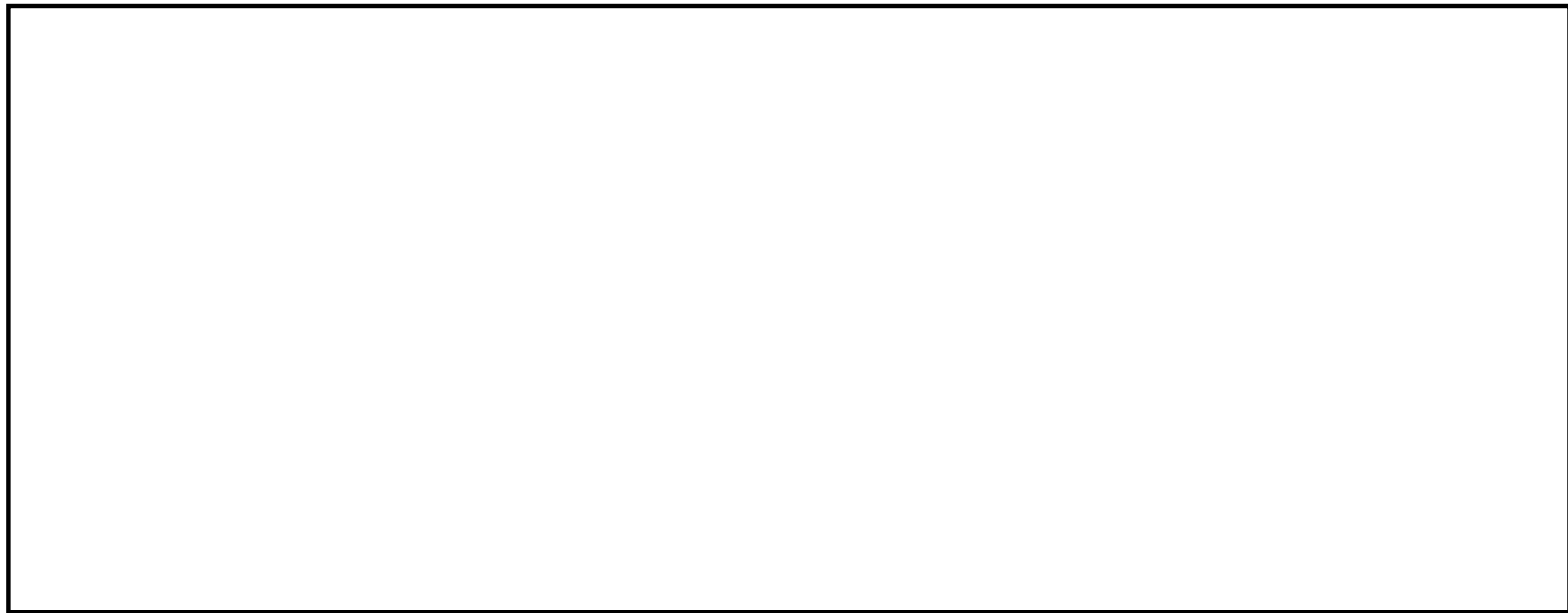


図 2-3-1 加振台の床応答曲線と設備評価用床応答曲線との比較 (2/2)

3. 常設代替高圧電源装置の耐震評価について

3.1 常設代替高圧電源装置の固縛装置について

常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5) については、東海第二発電所で現状保有している常設代替高圧電源装置 (海外製) を当社独自に試験したものであり、加振試験の際の転倒防止を図る目的で、固縛装置を設置した状態で加振試験を実施している。

常設代替高圧電源装置 (No. 6) については、他社が保有している常設代替電源装置 (国内製) の加振試験の成果について開示を受けたものであり、固縛装置を設置しない状態で加振試験を実施している。

常設代替高圧電源装置については、設置場所が壁に囲まれた水密区画内となっており、竜巻の影響を受けないことから、竜巻による悪影響防止を目的とした固縛装置の設置は不要であるが、常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5) については、固縛装置を設置した状態で加振試験を実施していることから、実際に現地に設置する際にも、固縛装置を設置する。

常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5) に設置する固縛装置の構造を、以下に示す。固縛装置は、「連結材」と連結材を固定するための「固定材」及び「基礎」から構成される。図 3-1-1 に固縛装置の構造概要を示す。

「連結材」は、常設代替高圧電源装置を胴巻きにするメインロープと固定材との取り合いとなるサイドロープで構成され、材質は高強度繊維ロープを使用している。サイドロープは、常設代替高圧電源装置の特徴であるサスペンションの耐震性 (振動抑制効果) を損なわないよう余長を持たせている。「固定材」は、アンカープレートとフレノリンクボルトで構成され、「基礎部」は固定材と基礎を定着する接着系アンカーボルト及び基礎で構成されている。

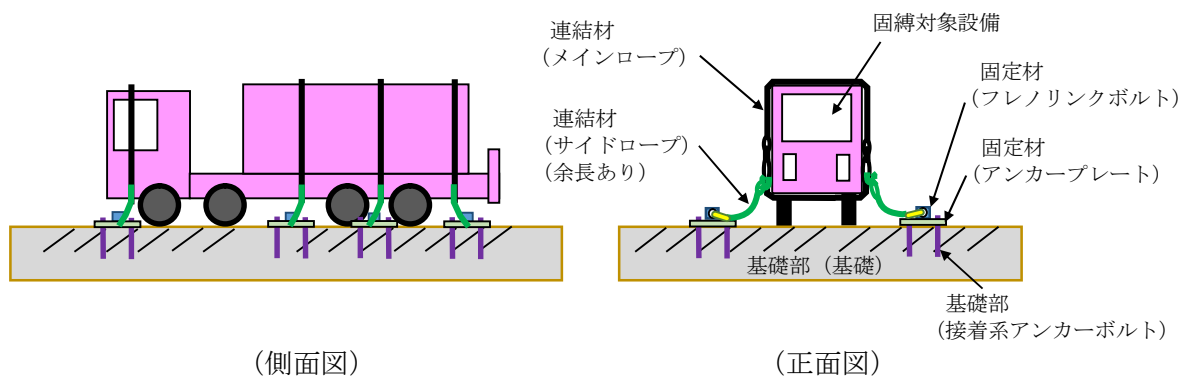


図 3-1-1 固縛装置の構造概要

3.2 評価手順

常設代替高圧電源装置の評価にあたっては、常設代替高圧電源装置に要求される機能を踏まえ、必要となる性能目標を設定し、評価方法及び評価内容を決定する。評価に関する概要を表した評価体系図を図 3-2-1 に示す。

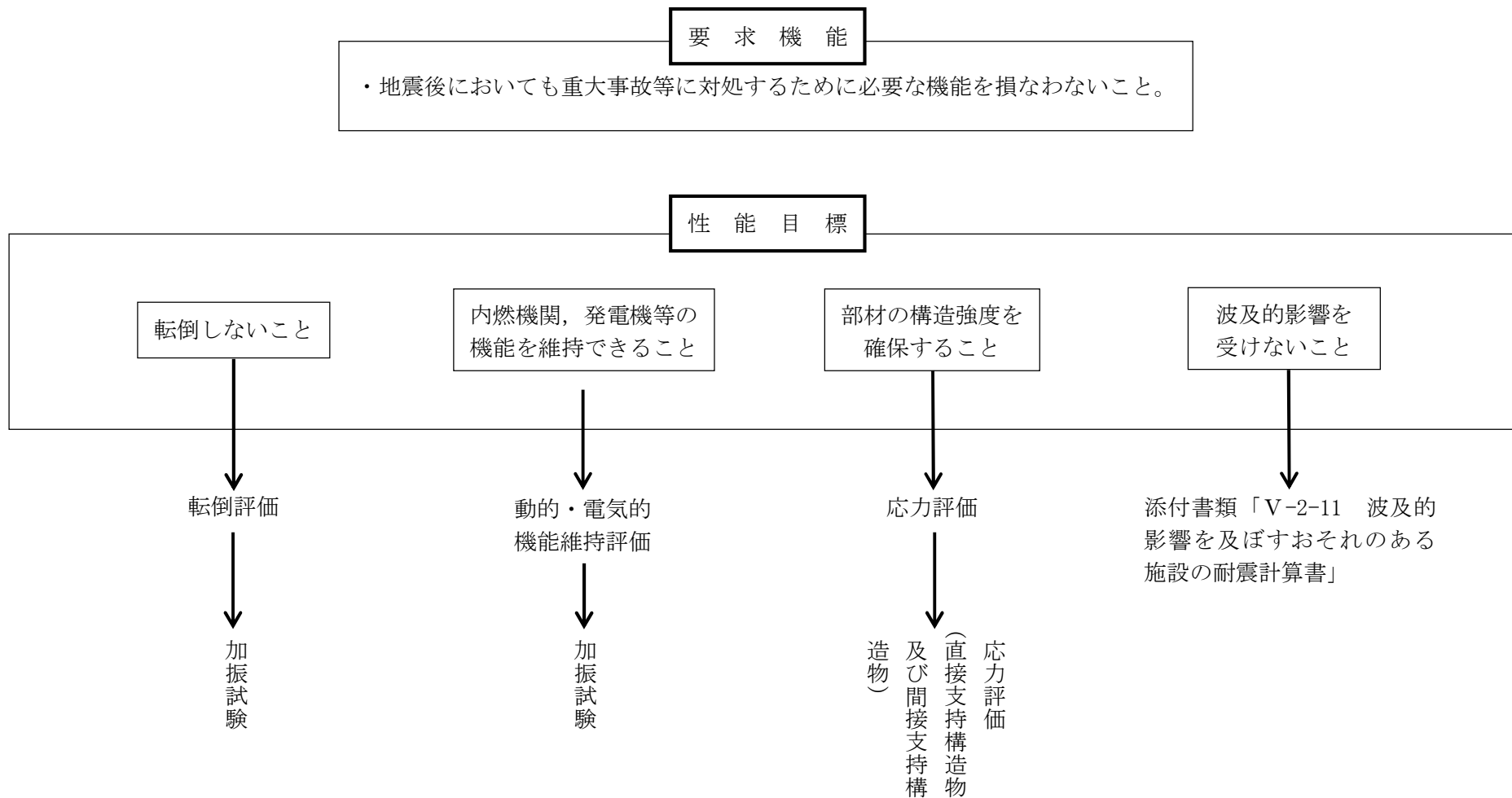


図 3-2-1 評価体系図

3.3 評価条件

3.3.1 常設代替高圧電源装置の地震力に対する風荷重及び積雪荷重について

常設代替高圧電源装置については、壁に囲まれた水密区画内に設置することから、風は壁により遮られるため、風荷重による影響は受けない。よって、風荷重については考慮しない。

また、積雪については、気象予報により事前の予測が十分可能であり、あらかじめ体制を強化した上で、積雪状況を見計らいながら除雪することとしていることから、積雪荷重について考慮しない。

3.4 加振試験

3.4.1 加振試験結果

(1) 試験方法

常設代替高圧電源装置を図3-4-1に示すように加振台に設置し、以下に示す模擬地震波によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないこと、加振試験後に動的または電氣的機能が維持されること等を確認する。

- ・加振波：常設代替高圧電源装置置場の床応答曲線を包絡するように設定したランダム波。加振試験に用いた加振波（振動台上での観測データ）の時刻歴波形の例を図3-4-2に示す。
- ・加振方向：常設代替高圧電源装置（No. 1～No. 5）（海外製）
「水平（走行方向）＋水平（走行直角方向）＋鉛直」（3軸加振）
常設代替高圧電源装置（No. 6）（国内製）
「水平（走行方向）＋鉛直」及び「水平（走行直角方向）＋鉛直」（2軸加振）
- ・計測内容：評価対象部位の頂部に加速度計を設置し、応力評価対象部位の評価に用いる加速度応答の最大値を計測した。
- ・固縛装置：常設代替高圧電源装置（No. 1～No. 5）については、固縛装置を設置した状態で加振試験を実施した。

(2) 加速度測定結果

常設代替高圧電源装置の加振試験時において、加振台の加速度を測定し、加振台の最大加速度が各対象機器設置床における最大加速度を上回っていたことを表3-4-1のとおり確認した。

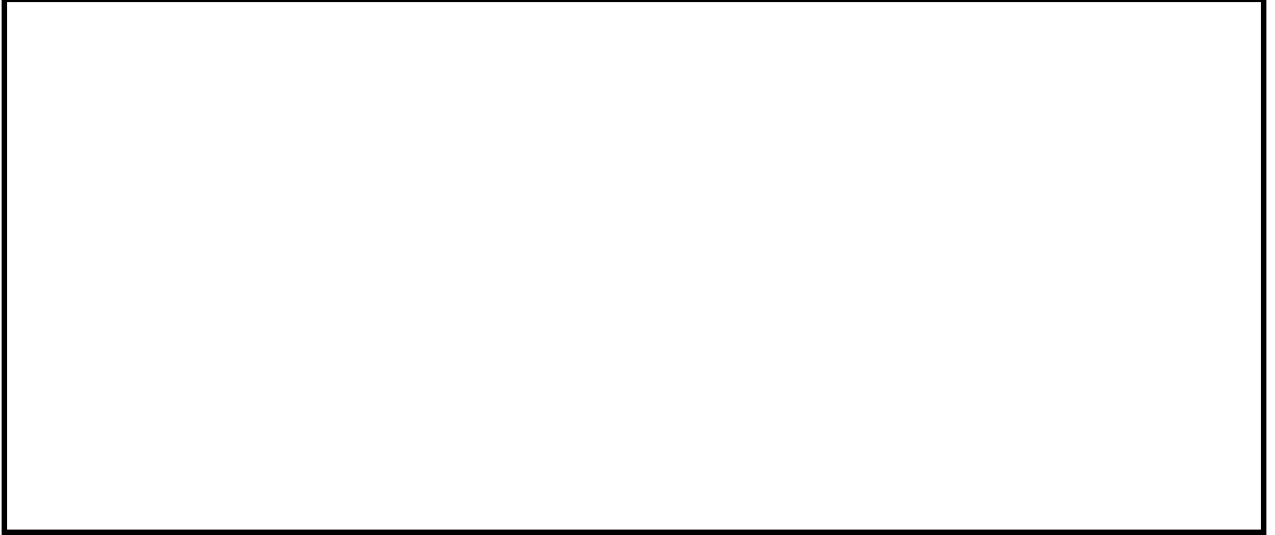


図 3-4-1 試験構成（常設代替高圧電源装置（No. 1～No. 5）（海外製））（1/2）



図 3-4-1 試験構成（常設代替高圧電源装置（No. 6）（国内製））（2/2）



図 3-4-2 加振試験に用いた加振波の時刻歴波形の例（3 軸加振用）（1/2）



図 3-4-2 加振試験に用いた加振波の時刻歴波形の例（2 軸加振用）（2/2）

表3-4-1 転倒評価及び機能維持評価確認結果

評価対象設備	常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)			常設代替高圧電源装置 (No. 6)		
	常設代替高圧電源装置置場					
加振方向*1	水平		鉛直	水平		鉛直
	X	Y	Z	X	Y	Z
S _s -D1(++) (G) ^{*2,3}	0.38	0.45	0.37	0.38	0.45	0.37
S _s -D1(+-) (G) ^{*2,3}	0.38	0.46	0.38	0.38	0.46	0.38
S _s -D1(-+) (G) ^{*2,3}	0.37	0.46	0.39	0.37	0.46	0.39
S _s -D1(--) (G) ^{*2,3}	0.37	0.45	0.38	0.37	0.45	0.38
S _s -11(++) (G) ^{*2,3}	0.15	0.15	0.31	0.15	0.15	0.31
S _s -12(++) (G) ^{*2,3}	0.21	0.24	0.35	0.21	0.24	0.35
S _s -13(++) (G) ^{*2,3}	0.20	0.24	0.34	0.20	0.24	0.34
S _s -14(++) (G) ^{*2,3}	0.15	0.17	0.28	0.15	0.17	0.28
S _s -21(++) (G) ^{*2,3}	0.17	0.34	0.42	0.17	0.34	0.42
S _s -22(++) (G) ^{*2,3}	0.23	0.39	0.40	0.23	0.39	0.40
S _s -31(++) (G) ^{*2,3}	0.33	0.39	0.18	0.33	0.39	0.18
S _s -31(-+) (G) ^{*2,3}	0.43	0.45	0.16	0.43	0.45	0.16
S _s -MAX (G) ^{*2,3}	0.43	0.46	0.42	0.43	0.46	0.42
加振台の最大加速度(G) ^{*2,4}	3軸加振			2軸加振		
	1.41	1.37	1.41	2.05	—	1.14
				—	2.11	1.19
転倒評価結果*5	○			○		
機能維持評価結果*6	○			○		

注記 *1：地震応答波のX方向，Y方向はそれぞれ，NS方向，EW方向を示す。

加振台の最大加速度のX方向，Y方向はそれぞれ，走行直角方向，走行方向を示す。

*2：G=9.80665 (m/s²)

*3：地震応答解析により求めた常設代替高圧電源装置置場床面の最大加速度値。

*4：「水平（走行）＋水平（走行直角）＋鉛直」（3軸加振），「水平（走行）＋鉛直」及び「水平（走行直角）＋鉛直」（2軸加振）の加振試験により計測された加振台の加速度値。

*5：固縛装置を設置する常設代替高圧電源装置（No. 1～No. 5）は，加振試験後に固縛装置が健全であることの確認を含む。

*6：加振試験後の支持機能，移動機能及び表3-5-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。

3.5 機能維持評価

常設代替高圧電源装置は、加振試験後の機能維持確認として、各設備の機能に応じた試験を実施し、機器が問題なく動作することを確認している。加振試験後の機能維持確認方法と結果を、表 3-5-1 に示す。

表 3-5-1 加振試験後の機能維持確認方法と結果

設備名称	確認事項
常設代替 高圧電源装置	<ul style="list-style-type: none">・加振試験により、車両型設備が転倒していないことを確認した。また、常設代替高圧電源装置（No. 1～No. 5）については、加振時に固縛装置が作用していることから、固縛装置も健全であることを確認した。・外観点検を行い、常設代替高圧電源装置の必要な機能に影響する損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。・定格運転状態において、異常な振動、異音等の不具合が無いこと、発電機能が維持されていることを確認した。

3.6 すべり

地震の影響によるすべりが発生し周囲と干渉すると、耐震評価への影響があることから、すべりにより周囲との干渉がないことを確認している。加振試験により得られた実機のすべり量、傾きによる変位量、車両の最大変位量及び離隔距離について、表 3-6-1 及び表 3-6-2 に示す。

また、周囲に設置されている設備のうち、接続されている電源ケーブル、給油用フレキシブルホース等については、すべり及び傾きが発生しても影響を受けないように余長を設けている。

表 3-6-1 すべり及び傾きによる周囲との干渉確認結果（走行直角方向）

設備名称	すべり量 (mm)	傾きによる 変位量 (mm)	車両の最大変位量 (走行直角方向) (mm)	離隔距離 (走行直角方向) (mm)	結果
常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)	430	779	1209	2400	干渉なし
常設代替高圧電源装置 (No. 6)	1110	779	1889	2400	干渉なし

表 3-6-2 すべり及び傾きによる周囲との干渉確認結果（走行方向）

方向	すべり量 (mm)	傾きによる 変位量 (mm)	車両の最大変位量 (走行方向) (mm)	許容限界 (走行方向) (mm)	結果
常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)	160	—*1	160	600	干渉なし
常設代替高圧電源装置 (No. 6)	650	—*1	650	1400	干渉なし

注記 *1：走行方向に関しては、地震による車両の傾きがほとんど生じないことから、「—」と記載する。このため、すべり量が車両の最大変位量となる。

3.7 保守性・不確実さのトータルバランスについて

3.7.1 保守性・不確実さのトータルバランスの検討方針

常設代替高圧電源装置の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さ（非保守性を含む。以下、同様。）の全体的な釣り合い（以下「トータルバランス」という。）の検討は、以下の手順により実施する。

- (1) 保守性及び不確実さの要因の抽出
- (2) 保守性及び不確実さの要因のスクリーニング
- (3) 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析
- (4) 各要因の保守性及び不確実さの定量化
- (5) 保守性・不確実さのトータルバランスの検討

(1) 保守性及び不確実さ要因の抽出

常設代替高圧電源装置の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さの要因となり得る項目を抽出する。

基準地震動 S_0 による地震力に対する常設代替高圧電源装置の機能維持の評価は、「転倒評価」、「応力評価」及び「機能維持評価」の各段階に分けて実施されるが、これらの評価は常設代替高圧電源装置の加振試験の結果を用いて実施される。

したがって、保守性・不確実さ要因の抽出にあたっては、常設代替高圧電源装置の耐震設計及び評価を以下の各段階に分けて検討する。

- ①加振試験
- ②転倒評価
- ③応力評価
- ④機能維持評価

なお、①加振試験の検討対象範囲は、試験結果を出す段階までとし、これらの結果を用いた評価における評価手法そのものや評価条件の設定に含まれる保守性・不確実さ要因はそれぞれ②～④の中で抽出する。

上記の各段階を基本的に以下の要素に分割し、要素毎に試験及び評価結果へ影響を与える可能性のある要因、即ち、保守性・不確実さ要因を抽出する。

- ・手法（試験方法、評価方法）
- ・入力条件（加振試験入力波、設計用地震力等）
- ・評価モデル・評価条件（評価モデル、評価条件、試験条件等）

なお、各評価の特性を踏まえ、要素分類に当てはまらない評価要素があれば必要に応じて当該要素を追加する。

以上の設計・評価の段階・要素に対する保守性及び不確実さの要因の抽出は、実機との差異、各種条件設定の根拠となるデータの不確実さ等に注目して実施する。

(2) 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング

(1)項により抽出された保守性及び不確実さの要因、特に不確実さに関連する要因について、他の設備の耐震評価において J E A G 4601 や工認（今回工認において妥当性確認済み

の項目を含む)と同様の取り扱いを行っている場合は、当該要因が評価結果に与える不確実さは無いと考え、以降の検討の対象外とする。

(3) 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

(2)項までに抽出された保守性及び不確実さの各要因について、保守性及び不確実さそれぞれの観点で常設代替高圧電源装置の耐震評価上及ぼす影響を定性的に分析する。

(4) 各要因の保守性及び不確実さの定量化

保守性及び不確実さの各要因について、その保守性や不確実さ・非保守性が定量化可能なものについて、その定量化を行う。

(5) 保守性・不確実さのトータルバランスの検討

「転倒評価」、「応力評価」及び「機能維持評価」の評価毎に、評価に関連する不確実さ要因を抽出し、不確実さ要因に対して、同じ要因が有する保守性や他の要因の保守性により、当該不確実さによる非保守性が包絡されることを確認する。

以上までの検討を基に、「転倒評価」、「応力評価」及び「機能維持評価」の評価毎に、評価全体として保守性が確保されていることを確認する。

3.7.2 検討結果

(1) 保守性及び不確実さ要因の抽出結果

保守性及び不確実さの要因の抽出結果を表 3-7-1 に示す。表 3-7-1 では、当該項目が保守性の要因と不確実さの要因のいずれに該当するかを併せて示している。

(2) 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング結果

上記(1)項抽出された保守性及び不確実さ要因について、工認や J E A G 4601 での適用実績の有無を表 3-7-1 に併せて示す。

なお、「実績あり」(表中凡例“○”)の場合は下記(3)項以降の検討対象外とするが、その場合であっても、常設代替高圧電源装置の耐震評価上において保守性や不確実さの観点で重要な場合や評価結果に影響が大きいと考えられる場合は検討対象として追加する。

(3) 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

(2)項までに抽出された保守性及び不確実さ要因に関し、その影響に対する定性的な検討を以下の要領で行った。検討結果を表 3-7-2 に示す。

- ・同じ保守性及び不確実さ要因であっても、その保守性や不確実さの影響は、耐震評価にて使用する応答値の項目(加速度・変位・すべり量)毎に異なる。したがって、これらの項目毎に、保守性や不確実さが与える影響を定性的に分析した。
- ・車両型設備の耐震評価は、「転倒評価」、「応力評価」及び「機能維持評価」に分けられる。各評価において使用する応答値の項目が異なるため、各評価で使用する応答値を整理した。

- ・以上の整理を踏まえて、保守性及び不確実さに関する各要因が各応答値に与える保守性や不確実さの内容を整理した。
- ・また、当該要因が評価上与える相対的な影響度を定性的に検討し、「相対的に影響が大きい」、「相対的に影響が小さい」及び「影響は有意でない」の3種類に分類した。
- ・各保守性及び不確実さ要因について、その影響が定量化可能なものは定量化し、その結果を上記(3)項の影響度合い分類結果に反映した。

ここで、定量的あるいは定性的に評価結果に与える影響が概ね10%を超えると判断される場合は「相対的に影響が大きい」に、影響が概ね10%以下であると判断される場合は「相対的に影響が小さい」に分類する。また、影響が数%程度以下と判断される場合は「影響は有意でない」に分類した。「影響は有意でない」項目については、以降の検討の対象外とした。

(4) 保守性・不確実さのトータルバランスの検討

転倒評価、応力評価及び機能維持評価の評価毎に、表3-7-2の検討結果を以下の要領で整理することにより各評価が全体として保守的であることを確認した。

まず、表3-7-2から、不確実さの影響度が「相対的に影響が大きい」(凡例：【○】)及び「相対的に影響が小さい」(凡例：【△】)となっている要因を抽出する。

抽出した各要因を、その不確実さの内容と不確実さに対する対応から、「不確実さの残る要因」、「保守性の残る要因」及び「保守性と不確実さが同等である要因」に分類した。各分類の位置付けは以下のとおりである。

「不確実さの残る要因」:

当該要因の不確実さが、当該要因自身の保守性もしくは当該要因の不確実さに直接的に関連する他の要因が有する保守性により完全に包絡できないもの。

「保守性の残る要因」:

当該要因の保守性が、当該要因自身の不確実さもしくは直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し、その上で更に保守性が残存するもの。

「保守性と不確実さが同等である要因」:

当該要因の不確実さと、当該要因自身の保守性もしくは直接的に関連する他の要因における保守性がほぼ同等で相殺し合うもの。

なお、「不確実さの残る要因」は、さらに「保守性を有する直接的な対応のない不確実さ要因」と「定性的な確認のみの不確実さ」に分類する。前者は、保守性を有する直接的な対応がないため、不確実さの残存を否定できないものである。後者は、定性的な検討において、不確実さの程度、保守性の程度あるいはその両者が不明確であるために不確実さの残存を否定できないもの(影響が有意でないもの以外)である。

「保守性の残る要因」は、「未適用の保守性要因」と「保守性の残存する保守性要因」に分類する。前者は、当該要因に不確実さがなく、かつ、直接的に関連するほかの要因もないものである。後者は、当該要因自身の不確実さもしくは直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し、その上でさらに保守性が残存するものである。

「保守性と不確実さが同等である要因」は、「設計にて対応済みの要因」と「定性的に確認した要因」に分類する。前者は、当該要因の不確実さに対し設計上の対応で保守性が担保されるものである。後者は、当該要因の不確実さに対して特設設計上の対応は行っていないが、当該要因の持つ性質から当該要因の不確実さに対する保守性が確認されるものである。

以上に基づく各評価に対する抽出・分析結果を表 3-7-3～表 3-7-5 に示す。

上記各分類のうち「不確実さの残る要因」と「保守性が残る要因」を総合的に分析することにより、各評価全体として保守性が確保されていることを確認した。確認結果を表 3-7-3～表 3-7-5 の「総合評価」欄に示す。

以上の検討の結果、車両型設備の耐震設計・評価全体として、各種不確実さを包絡する適切な保守性を有することを確認した。

表 3-7-1 保守性及び不確かさ要因抽出結果

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確かさを有する項目	車両型設備の設計・評価での取り扱いの概要	保守性の要因	不確かさの要因	工認・J E A G等での実績の有無（○：実績あり，●：実績なし）	備考
加振試験	試験方法	加振方向	水平方向（走行あるいは走行直角方向）及び鉛直方向の同時入力又は水平2方向及び鉛直方向の3方向同時入力。	-	-	○	
		試験回数	当該設備の保管場所全ての設備評価用床応答曲線を、車両の固有周期で包絡させた加振波で1回加振。	-	○	○	
	設計用地震力（入力地震動）	加振試験入力波	当該設備の保管場所全ての設備評価用床応答曲線を、車両の固有周期で包絡させたランダム波を使用。	○	○	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。
	試験体及び諸元	試験体	実機と同一の車両を使用。	-	-	○	
設置環境		実機保管場所と同等のコンクリート上に設置。	-	-	○		
転倒評価	荷重の組合せ及び許容限界	（該当なし）	（試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性・不確かさ等に該当する要素はない）	-	-	-	
	評価方法	（該当なし）	（試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、評価方法の観点で保守性・不確かさ等に該当する要素はない）	-	-	-	
	設計用地震力	（該当なし）	（試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、設計用地震力の観点で保守性・不確かさ等に該当する要素はない）	-	-	-	
応力評価	荷重の組合せ及び許容限界	許容限界	J E A G 4601 のその他の支持構造物の許容値を適用。	○	-	○	
	評価方法	ボルト応力評価法	J E A G 4601 のボンブ等のボルト応力評価法を適用。	○	-	○	
	設計用地震力	設置床での応答加速度	試験で得られた評価対象部位頂部での応答を設置床での応答としている。	○	-	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。
		設計用加速度	上記の設置床での応答加速度（評価対象部位頂部の応答加速度）に対し、更に1.2倍したものを設計用加速度としている。	○	-	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。
		F R S 拡幅誘発上下動	加振試験入力波作成の際に、拡幅を考慮したF R Sを用いている。	○	-	○	
		ローリング・ロッキング挙動により車両端部で鉛直方向へ応答が発生し得るが、評価では評価対象部位頂部での応答を使用。	-	○	○	実績はあるが、不確かさの観点で重要であるため除外しない。	
機能維持評価	荷重の組合せ及び許容限界	（該当なし）	（試験にて加振後に機能が維持されていることを直接的に確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性・不確かさに該当する要素はない）	-	-	-	
	評価方法	（該当なし）	（試験にて加振後に機能が維持されていることを直接的に確認するため、評価方法の観点で保守性・不確かさに該当する要素はない）	-	-	-	
	設計用地震力（入力地震動）	（該当なし）	（上記「加振試験」での当該項目と同様であり機能維持評価として新規に該当する項目はない）	-	-	-	

表 3-7-2 保守性・不確実さ要因の分析及び影響が有意でない不確実さのスクリーニング

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さ 要因	影響項目	評価との対応				保守性 [凡例]【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小	不確実さ [凡例]【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【-】：影響が有意でない	影響が有意でない理由
				転倒評価	応力評価	機能維持 評価	波及的 影響評価			
加振試験	設計用地震力 (入力地震動)	a. 加振試験入力波	加速度	○	○	○	-	試験入力波は設備評価用床応答曲線を上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値(設備の固有周期により異なるが、1割～7倍程度)となる。【○】	-	-
			変位	-	-	-	○	同上【△】	-	-
			すべり量	-	-	-	○	同上【△】	-	-
転倒評価	(該当なし)	-	-	-	-	-	-	-	-	
応力評価	設計用地震力	b. 設置床での 応答加速度	加速度	-	○	-	-	試験で得られた評価対象部位頂部の応答加速度を、評価上は、より低い位置である設備設置床(車両)での応答と仮定することによる保守性がある。【△】	-	-
		c. 設計用加速度	加速度	-	○	-	-	試験で得られた評価対象部位頂部での応答を設置床での応答とするのに加えて、車両応答の不確実さを考慮して、1.2倍にした最大応答加速度を元に設計用加速度を算出している。【○】	-	-
		d. 誘発上下動	加速度	-	○	-	-	-	水平方向の地震に伴い発生するローリングやロッキング挙動により、重心位置から離れた箇所では、誘発上下動が発生し、鉛直応答が増加する可能性がある。【-】	応力評価においては、評価対象部位頂部で計測した加速度を用いて箇所では、誘発上下動が発生し、鉛直応答が増加する可能性がある。【-】
機能維持評価	(該当なし)	-	-	-	-	-	-	-	-	

表 3-7-3 転倒評価に関連する不確かさ要因

		保守性・不確かさ要因* ¹	不確かさ	不確かさに対する対応（保守性）* ²	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
保守性が残る要因	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	試験入力波は設備評価用床応答曲線を上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、1割～7倍程度）となる。【○】	
	保守性の残存する保守性要因	(該当なし)	—	—	
保守性と不確かさが同等である要因	設計にて対応済みの要因	(該当なし)	—	—	
	定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
【総合評価】		転倒評価は、評価に用いる地震力（入力加速度）として実機の加振試験結果を直接用いているため有意な不確かさはない。 一方、加振試験の入力地震動には保守性を有する。 以上より、転倒評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記 *1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-7-2 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2：【 ○ 】内の記号は、表 3-7-2 の「保守性」、「不確かさ」欄の記号を表している。

表 3-7-4 応力評価に関連する不確かさ要因

		保守性・不確かさ要因* ¹	不確かさ	不確かさに対する対応（保守性）* ²	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
保守性が残る要因	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	試験入力波は設備評価用床応答曲線を上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、1割～7倍程度）となる。【○】	
		b. 設置床での応答加速度	—	試験で得られた評価対象部位頂部の応答加速度を、評価上はより低い位置である設備設置床（車両）での応答と仮定することによる保守性がある。【△】	
		c. 設計用加速度	—	試験で得られた評価対象部位頂部での応答を設置床での応答とするのに加えて、車両応答の不確かさを考慮して、1.2倍にした最大応答加速度を元に設計用加速度を算出している。【○】	
	保守性の残存する保守性要因	(該当なし)	—	—	
保守性と不確かさが同等である要因	設計にて対応済みの要因	(該当なし)	—	—	
	定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
【総合評価】		応力評価は、評価に用いる地震力（入力加速度）として評価対象部位頂部で計測した加速度を用いているため有意な不確かさはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」、「設置床での応答加速度」及び「設計用加速度」がある。 以上より、加振試験結果に基づく構造強度評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記 *1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-7-2 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2：【 】内の記号は、表 3-7-2 の「保守性」、「不確かさ」欄の記号を表している。

表 3-7-5 機能維持評価に関連する不確かさ要因

		保守性・不確かさ要因* ¹	不確かさ	不確かさに対する対応（保守性）* ²	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
保守性が残る要因	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	試験入力波（機能維持確認済加速度）は設備評価用床応答曲線を上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、1割～7倍程度）となる。【○】	
	保守性の残存する保守性要因	(該当なし)	—	—	
保守性と不確かさが同等である要因	設計にて対応済みの要因	(該当なし)	—	—	
	定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
【総合評価】		機能維持評価は、評価に用いる地震力（入力加速度）として実機の加振試験結果を直接用いているため有意な不確かさはない。一方、加振試験の入力地震動には保守性を有する。以上より、機能維持評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記 *1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-7-2 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2：【 】内の記号は、表 3-7-2 の「保守性」、「不確かさ」欄の記号を表している。

加振試験で模擬できていない固縛装置の部材の健全性について

1. 概要

固縛装置の耐震評価については、固縛装置を模擬した状態で加振試験を実施することにより、健全性が確保できることを確認している。しかし、固縛装置の一部の部材については、加振試験において実際の設置状態を模擬できていないことから、当該部材の健全性について検討した。

2. 検討対象の選定及び検討内容

2.1 検討対象設備

検討対象設備は、加振試験時に固縛装置を模擬して試験を行った常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5) を対象とする。

2.2 検討対象部材

固縛装置のうち、連結材（メインロープ、サイドロープ）及び固定材の一部（フレノリンクボルト）については、加振試験時に実際の設置状態と同じ状態を模擬していることから、加振試験により健全性が確保されることを確認している。一方、固定材の一部（アンカープレート）及び基礎部（アンカーボルト）（以下、「検討対象部材」という）については、加振試験時に実際の設置状態を模擬できていないことから、別途地震時に固縛装置の展張による荷重が作用した場合の健全性を確認する必要がある。固縛装置の検討対象部材を図1に示す。

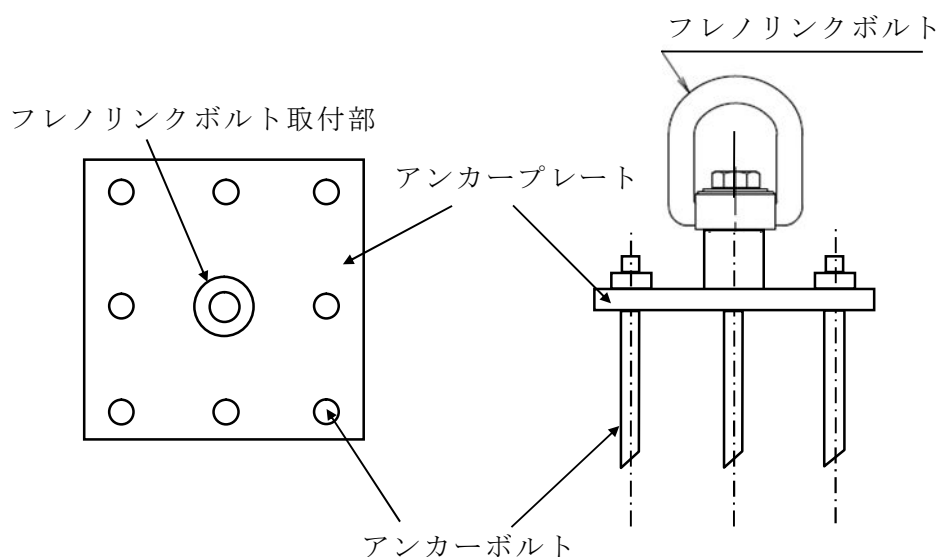


図1 固定材（アンカープレート）及び基礎部（アンカーボルト）の検討対象部材

2.3 検討内容

地震時の検討対象部材の健全性について、直接加振試験により確認することは困難であるため、「加振試験にて健全性を確認した固縛装置の部材に作用する荷重の許容荷重に対する裕度」と「検討対象部材に作用した荷重の許容荷重に対する裕度」を比較し、検討対象部材の裕度の方が大きいことを確認する。

固縛装置の各部材の裕度については、竜巻に対する固縛装置の強度計算書（添付書類「V-3-別添1-3-1 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算書」）において、固縛装置の詳細設計を行っており、各部材が有する裕度の関係が明確になっている。常設代替高圧電源装置は、竜巻の風荷重の影響を受けない配置としているため、固縛装置は転倒防止を目的とした対策となるが、固縛装置の仕様は同じであることから、上記強度計算書に基づき各部材の裕度を算出する。また、固縛装置に作用する地震荷重は明確ではないが、加振試験後に固縛装置が健全であることを確認していることから、最も裕度の小さい連結材の許容限界の荷重（250kN）が作用すると仮定した場合の各部材の裕度を算出する。算出した固縛装置の各部材の裕度の関係を、表2に整理する。

なお、地震又は竜巻により固縛装置に作用する荷重は、地震時のような明確な交番荷重であれ、竜巻時のように一定若しくはある程度の変動のある荷重であれ、評価時にはどちらもサイドロープを介して一方向に一定の荷重が作用すると想定して評価していることから、表2に記載した裕度関係の直接的な比較が可能である。

表2に示す固縛装置の各部材の裕度を比較すると、検討対象部材の裕度は、加振試験にて健全性を確認した連結材よりも裕度が大きいことから、地震時にも健全性が確保できる。

表2 固縛装置の各部材が有する裕度の関係
（常設代替高圧電源装置の連結材の許容限界荷重に対する評価例）

部材名称	評価値		裕度
連結材（メインロープ、サイドロープ）	作用荷重 (kN)	250.0	1.00
	許容限界 (kN)	250	
固定材（フレノリンクボルト）	作用荷重 (kN)	250.0	2.94
	許容限界 (kN)	735	
固定材（アンカープレート）	曲げモーメント (kN・mm)	34761.8	2.16
	許容限界 (kN・mm)	75184.2	
基礎部（アンカーボルト）	引張力 (kN)	38.1	2.09
	許容限界 (kN)	79.7	

3. 結論

固縛装置を模擬した状態で加振試験を実施した常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5) において、固縛装置の一部の部材については、実際の設置状態を模擬できていないことから、当該部材の健全性について検討した。その結果、加振試験で模擬できていない部材（検討対象部材）についても健全性が確保できることを確認した。

以 上

加振試験に用いた常設代替高圧電源装置及び固縛装置の仕様について

車両型設備の加振試験に使用した常設代替高圧電源装置や固縛装置の仕様を表 1 に示す。

表 1 加振試験に使用した常設代替高圧電源装置や固縛装置の仕様

設備名称	車両仕様*	対象設備仕様	固縛装置仕様
常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)	型式：トレーラ 全長：15336mm 全幅：2990mm 高さ：4100mm 重量：46940kg	電 圧：6.6kV 周 波 数：50Hz 電気容量：1725kVA	ロープ材質：高強度繊維ロープ 固縛箇所数：5箇所 余 長：150mm
常設代替高圧電源装置 (No. 6)	型式：トレーラ 全長：17600mm 全幅：2990mm 高さ：4100mm 重量：51100kg	電 圧：6.6kV 周 波 数：50Hz 電気容量：1725kVA	固縛装置を模擬しない条件で加振試験を実施

注記 *：全長，全幅，高さ及び重量については，車両毎に個体差があるため，記載値は概略値を示す。

以 上

加振試験における設備評価用 F R S に対する加振波の F R S の裕度について

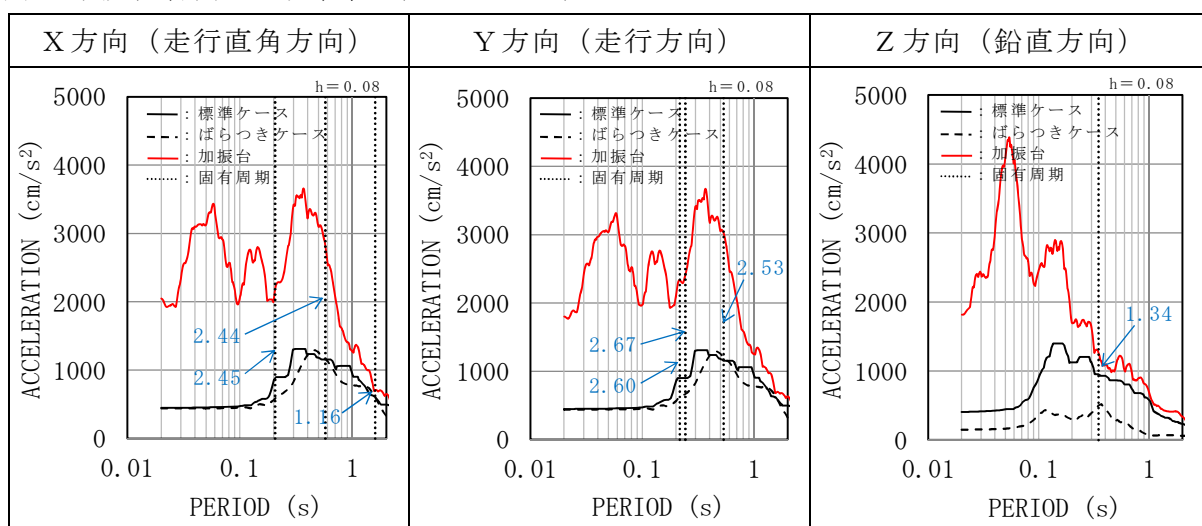
1. 概要

「3.7 保守性・不確実さのトータルバランスについて」において、「試験入力波は設備評価用床応答曲線を上回るように設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、1割～7倍程度）となる。」と記載している。ここでは、当該記載の根拠として、車両型設備の固有周期において加振波 F R S の加速度を設備評価用 F R S の加速度で除した際の裕度について整理する。

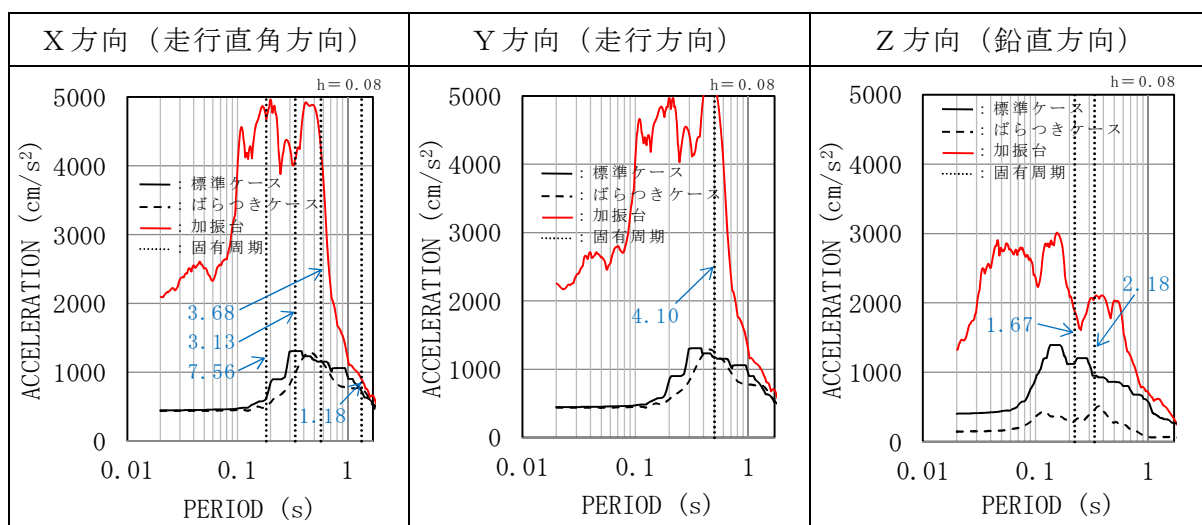
2. 裕度の整理結果

グラフ中に設備評価用 F R S に対する加振波の F R S の裕度を記載する。

(1) 常設代替高圧電源装置 (No. 1～No. 5)



(2) 常設代替高圧電源装置 (No. 6)



以上