

利用報告書

2023年7月10日

防災研究所長 殿

[利用代表者]

氏名 奥 友和

職名 民間企業社員

所属機関名 THK 株式会社 産業機器統括本部 ACE 事業部

所在地 東京都港区芝浦 2-12-10

電話 03-5730-3866

FAX 03-5730-3918

E-mail アドレス t.oku@thk.co.jp

利用目的	<p>文化財等の展示ケースの地震対策製品として開発した免震テーブルの性能を代表的な観測地震波形を入力する振動試験により確認・検証する。試験体として用いる搭載物は、実情に即した独立型展示ケースとし、免震テーブル及び搭載物の地震応答を計測することによりその性能を評価する。</p> <p>本振動試験では以下の項目を確認・検証する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・免震応答計測（免震テーブル、展示ケース内） ・振動台と非固定で設置された免震テーブルの安定性 ・展示ケース内展示品の安定性 ・計測値と応答解析比較 <p>なお、本振動試験の状況を弊社外関係者へ公開し、本免震テーブルによる地震時安全性の外部への発信も実施した。</p>
利用形態 (該当する項目を■にし てください)	<input type="checkbox"/> トライアルユース <input checked="" type="checkbox"/> 成果公開利用 <input type="checkbox"/> 成果非公開利用
利用期間	2023年 6月 12日 ～ 2023年 6月 19日
試験体仕様 (大きさ・重量)	<p>免震テーブル / 寸法:W900×D900×H188mm 重量:227kg, 水平二次元免震 独立型展示ケース / 寸法:W900×D900×H2050mm 重量:250kg</p> <p>設置方法 / 振動台上に床パネルを敷設し居室の床を再現する。免震テーブルはアジャスタにて床に4点支持され、非固定とする。免震テーブルと独立型展示ケースは専用金具にて固定し、ケース内に展示品（ガラス製花瓶）を据える。</p>
加振内容	<p>入力波形 : 標準3波 50kine 基準 (ElCentro, Taft, Hachinohe) , JMA 神戸 入力レベル : 60, 80%, 100% 加振方向 : XY 方向及び XYZ 方向</p>

次項に続く

実験結果の概要	<ul style="list-style-type: none"> 標準 3 波、 JMA 神戸（入力：XYZ100%加振）において、それぞれ展示品設置面での応答加速度が 100gal、130gal 以下となり、免震テーブルによる十分な加速度低減効果を有することを確認した（表 1 赤枠） 免震テーブル可動量は、製品の有する最大可動量を超えないことを確認した 床面と非固定の状況を再現した免震テーブルアジャスタ支持部において、ずれ、浮き上がり等不安定な挙動は一切確認されなかった ケース内に展示のガラス製花瓶の転倒もみられなかった 計測値と応答解析値の比較により解析による応答再現性を検証した（図 1） <p style="text-align: center;">表 1 各応答値（入力レベル 100%_XYZ 加振）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">波形No /名称</th> <th colspan="9">最大応答加速度 (gal)</th> <th colspan="3">免震テーブル 可動量 (mm)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">振動台</th> <th colspan="3">免震上面</th> <th colspan="3">展示品設置面</th> <th rowspan="2">X</th> <th rowspan="2">Y</th> <th rowspan="2">XY合成値</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 : ElCentro</td> <td>493</td> <td>384</td> <td>408</td> <td>120</td> <td>90</td> <td>791</td> <td>97</td> <td>78</td> <td>873</td> <td>112</td> <td>113</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>2 : Taft</td> <td>501</td> <td>497</td> <td>339</td> <td>121</td> <td>89</td> <td>343</td> <td>92</td> <td>71</td> <td>403</td> <td>113</td> <td>100</td> <td>151</td> </tr> <tr> <td>3 : Hachinohe</td> <td>355</td> <td>414</td> <td>170</td> <td>89</td> <td>91</td> <td>215</td> <td>80</td> <td>81</td> <td>235</td> <td>56</td> <td>115</td> <td>117</td> </tr> <tr> <td>4 : JMA 神戸</td> <td>793</td> <td>654</td> <td>405</td> <td>261</td> <td>108</td> <td>510</td> <td>126</td> <td>87</td> <td>595</td> <td>176</td> <td>134</td> <td>187</td> </tr> </tbody> </table>	波形No /名称	最大応答加速度 (gal)									免震テーブル 可動量 (mm)			振動台			免震上面			展示品設置面			X	Y	XY合成値	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	1 : ElCentro	493	384	408	120	90	791	97	78	873	112	113	125	2 : Taft	501	497	339	121	89	343	92	71	403	113	100	151	3 : Hachinohe	355	414	170	89	91	215	80	81	235	56	115	117	4 : JMA 神戸	793	654	405	261	108	510	126	87	595	176	134	187
	波形No /名称		最大応答加速度 (gal)									免震テーブル 可動量 (mm)																																																																											
振動台			免震上面			展示品設置面			X	Y	XY合成値																																																																												
X		Y	Z	X	Y	Z	X	Y				Z																																																																											
1 : ElCentro	493	384	408	120	90	791	97	78	873	112	113	125																																																																											
2 : Taft	501	497	339	121	89	343	92	71	403	113	100	151																																																																											
3 : Hachinohe	355	414	170	89	91	215	80	81	235	56	115	117																																																																											
4 : JMA 神戸	793	654	405	261	108	510	126	87	595	176	134	187																																																																											
	<p style="text-align: center;">図 1 テーブル可動量（試験結果と応答解析結果）</p>																																																																																						
社会、経済への波及効果の見通し	<p>今回の振動試験で、免震テーブルが床面へ非固定の状態です定波形の 3 軸加振による免震性能が評価できた。独立型展示ケースの規格/サイズに合わせて数種類の免震テーブルを製品化する予定で、本製品が美術館/博物館等の施設へ導入される独立型展示ケースに適用されることにより、ケース内の文化財/展示品を地震動から保護し、大地震時の被害を大幅に低減させることができる。</p>																																																																																						
発生した発明・著作物など (特許名称・出願番号・出願人,雑誌掲載資料)	なし																																																																																						
その他	なし																																																																																						

- 1) 実験終了後、速やかに(原則1ヶ月以内に)提出下さい。
提出先:京大防災研究所 社会防災研究部門・都市空間安全制御分野
(E-mail:ito.haruko.7z@kyoto-u.ac.jp/ito@zeisei.dpri.kyoto-u.ac.jp)
- 2) 知的財産権等の成果の追跡調査にもご協力宜しくお願い致します。

1. はじめに

文化財等の展示ケースの地震対策製品として開発した免震テーブルの性能を代表的な観測地震波形を入力する振動試験により確認・検証する。試験体として用いる搭載物は、実情に即した独立型展示ケースとし、免震テーブル及び搭載物の地震応答を計測することによりその性能を評価する。

本振動試験では以下の項目を確認・検証する

- ・免震応答計測（免震テーブル、展示ケース内）
- ・振動台と非固定で設置された免震テーブルの安定性
- ・展示ケース内展示品の安定性
- ・振動試験と応答解析の比較

2. 実験方法

2.1. 試験内容

免震テーブルは、平面寸法が W900×D900 のタイプにて、免震テーブルと同平面寸法の独立型展示ケース（4面ガラス製、質量 250kg）を搭載し振動試験を実施した。

本試験では、居室の床を再現するために振動台上に床パネルを敷設し、免震テーブルは4点アジャスタ支持にてその床パネルに非固定の状態とした。また、免震テーブルと独立型展示ケースは専用金具にて固定し、ケース内にガラス製花瓶を据付け試験を実施した。

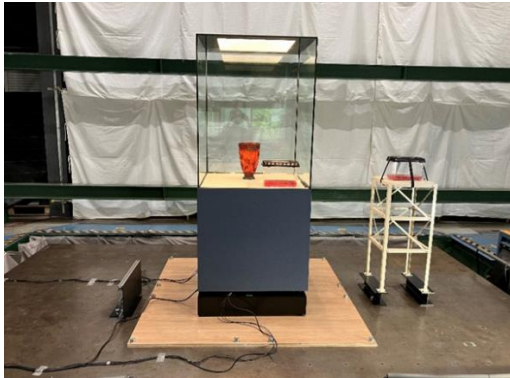


写真 2.1 試験全景



写真 2.2 展示品



写真 2.3 免震テーブル

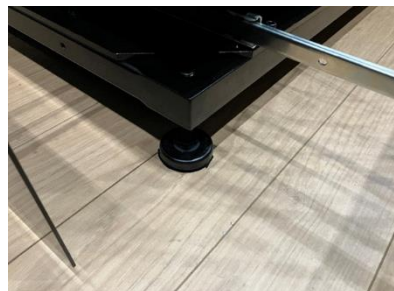


写真 2.4 免震テーブル支持部（非固定）

2.2 加振パターン

入力した地震波の一覧を表 2.1 に示す。

表 2.1 加振地震波一覧（Input）

波形種別	波形No/名称	地震名称	波形レベル	最大加速度 (gal)		
				NS	EW	UD
標準 3波	1: ElCentro	エルセントロ地震_1940年	$V_{max}50\text{cm/s}$ 基準化	511	314	308
	2: Taft	カーン・カウンティ地震_1952年	$V_{max}50\text{cm/s}$ 基準化	431	497	291
	3: Hachinohe	十勝沖地震_1968年	$V_{max}50\text{cm/s}$ 基準化	330	259	164
観測波	4: JMA 神戸	兵庫県南部地震_1995年	原波	818	617	332

3. 研究結果

3.1. 計測データ（応答値）

本試験の計測結果（加速度応答とテーブル可動量の最大値）を表 3.1 に示す。

また、JMA 神戸入力レベル 100%_XYZ 加振における応答時刻歴データを図 3.1 及び表 3.2 に示す。

表 3.1 各応答値（入力レベル 100%_XYZ 加振）

波形No /名称	最大応答加速度 (gal)									免震テーブル 可動量 (mm)		
	振動台			免震上面			展示品設置面			X	Y	XY合成値
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z			
1 : ElCentro	493	384	408	120	90	791	97	78	873	112	113	125
2 : Taft	501	497	339	121	89	343	92	71	403	113	100	151
3 : Hachinohe	355	414	170	89	91	215	80	81	235	56	115	117
4 : JMA 神戸	793	654	405	261	108	510	126	87	595	176	134	187

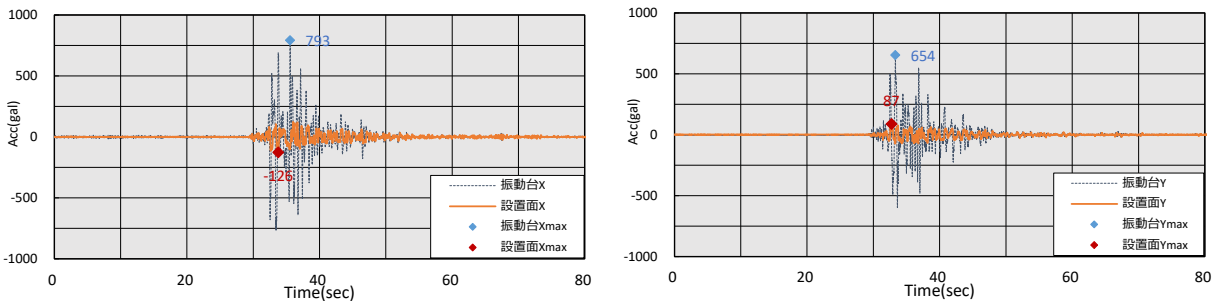


図 3.1 加速度応答時刻歴（JMA 神戸 左図：X 方向 右図：Y 方向）

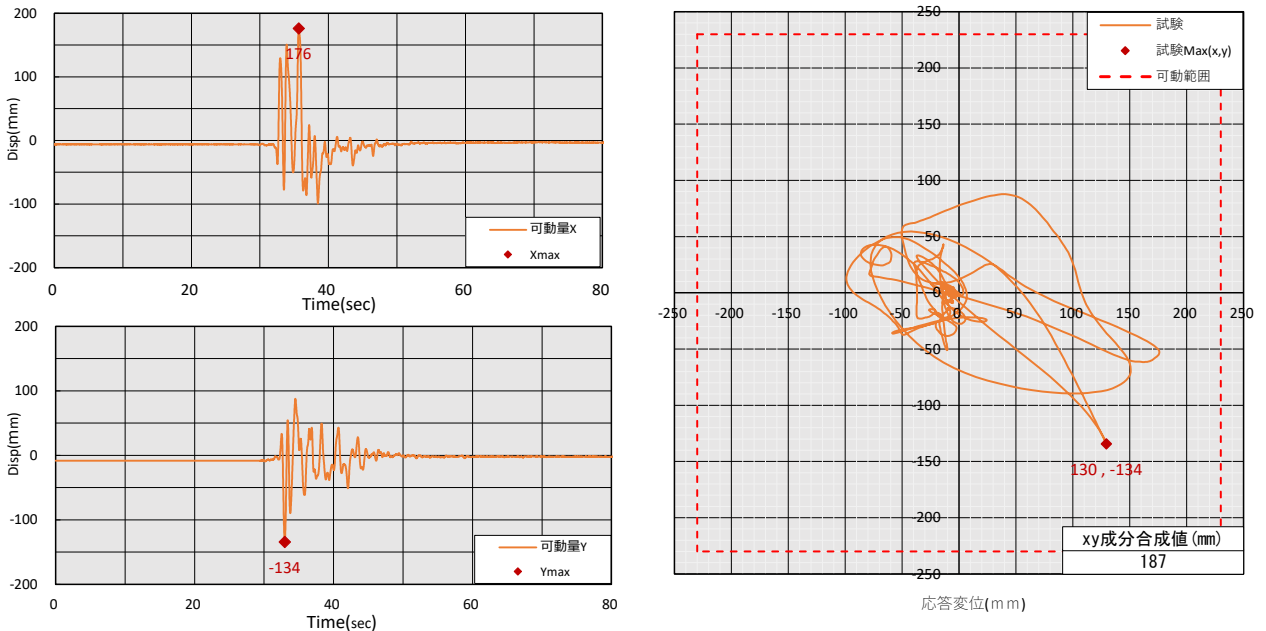


図 3.2 免震テーブル可動量（JMA 神戸 左上図：X 方向 左下図：Y 方向、右図：XY 方向履歴）

3.2. 実験結果

標準 3 波、 JMA 神戸（入力：XYZ100%加振）において、それぞれ展示品設置面での応答加速度が 100gal、130gal 以下となり、免震テーブルによる十分な加速度低減効果を有することを確認した（表 3.1 赤枠）また、免震テーブル可動量は、製品の有する最大可動量（±230mm 以内）の範囲内に収まることを確認した。（図 3.2 右図）

4. まとめ

上記応答値以外に、本振動試験により以下の成果が得られた。

- ・床面と非固定の状況を再現した免震テーブルアジャスタ支持部において、ずれあるいは浮き上がり等不安定な挙動は一切確認されず、非固定での免震性能を検証することができた
- ・XYZ 加振時においてもケース内に展示したガラス製花瓶の転倒はみられず、免震性能を有しない上下動の影響も検証することができた
- ・振動試験での計測データと応答解析結果の比較により、解析による応答の再現性を検証することができた (図 3.3)
- ・社内試験及び公開試験を含め試験日程 3 日間で合計 112 回の加振試験を同一の免震テーブルで実施したが、試験回数を重ねた場合においても免震応答の変動はみられず、繰り返し震動に対する耐久性を評価するうえで貴重なデータが取得できた

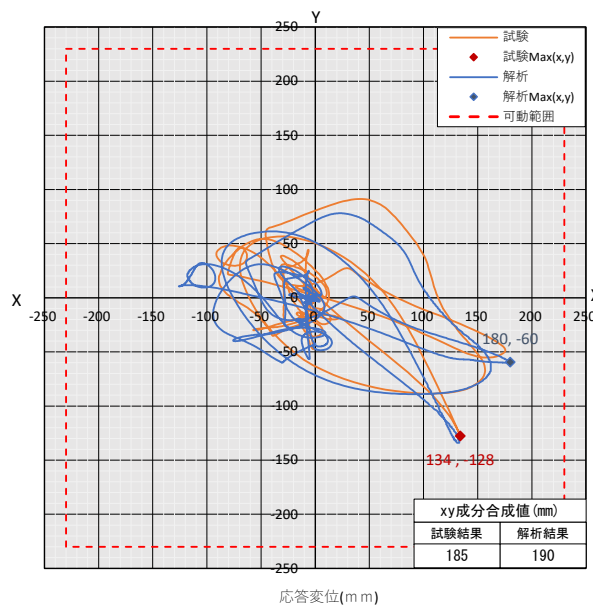


図 3.3 テーブル可動量 (入力レベル 100%_XY 加振) 試験結果と応答解析結果

今回の振動試験で、所定波形の 3 軸加振による免震性能が評価できた。独立型展示ケースの規格/サイズに合わせて数種類の免震テーブルをラインナップ(製品化)する予定で、本製品が美術館/博物館等の施設へ導入される独立型展示ケースに適用されることにより、ケース内の文化財/展示品を地震動から保護し、大地震時の被害を大幅に低減させることができるものと考えている。