

平成 28 年 4 月 12 日

強震応答実験報告書

(株)カナサシテクノサービス
製造開発課 鍋田昌邦

先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業における「強震応答実験装置を用いた構造物の耐震性能把握手法の確立」に伴う強震応答実験における報告は、下記の通りである。

記

1. 実施目的

既存コンクリート造防火水槽の経年劣化に対し、内部に鉄骨造による補強を組み、耐荷重性能及び耐震性能を向上させる工法の確立を目的とする。

尚、本実験においては、特に貴研究所保有の強震装置を利用して耐震性能を確認すると共に、本実験により得られた数値を補強計算にフィードバックし当該計算の精度向上を図るものである。

2. 実験方法

2.1. 実施期間

平成 28 年 2 月 8 日～平成 28 年 2 月 18 日

【実験日】平成 28 年 2 月 15 日

2.2. 実施場所

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 強震応答・耐震構造実験室

2.3. 実験参加者

東京理科大学名誉教授 本阿弥眞治

(株)カナサシテクノサービス 代表取締役社長 武田孝之

(株)カナサシテクノサービス 技術部長 山本正人、製造開発課長代理 鍋田昌邦

(株)カナサシテクノサービス 営業課長 佐藤修、営業課員 碓谷祐介

2.4. 実施内容

強震応答実験装置を利用し、模擬水槽及び山形鋼による補強部材モデルによる加振時の劣化水槽への影響を検証した。

尚、本実験の模擬モデル及び実験概要は下記の通りである。

表 1 実物と実験模型(カルバート)

	実物	模型
内空幅(m)	2.60	1.30
内空高(m)	2.00	1.00
部材厚(m)	0.25	0.10
土被り(m)	1.00	0.50

表 2 実物と実験模型(補強部材)

	実物	模型 A
部材	H150×75×5/7	L100×75×7
断面積(cm ²)	17.85	11.87
断面係数(cm ³)	88.8	17.0

表 3 実物と実験模型(伸縮部材)

	実物	模型 A
部材	M30	M30
断面積(cm ²)	7.07	7.07

(1) 地盤材料詳細

土木工事に使用する一般的な山砂を使用する。

また、含水は無いものとする。

礫分:11.9%、砂分:71.3%、粘土分(シルト分含む):16.8%

(2) 入力地震動

表 4 加振スケジュール

回数	入力波	最大加速度 (m/sec ²)	目的	補強材 タイプ
1	ホワイトノイズ	0.5	計測の確認、固有周期の把握	A
2	ホワイトノイズ	1.0	計測の確認、固有周期の把握	A
3	Knet 古川波	3.0	地震動に対する挙動	A
4	Knet 古川波	5.0	地震動に対する挙動	A
5	Knet 古川波	7.0	地震動に対する挙動	A
6	JR 鷹取波	3.0	地震動に対する挙動	A
7	JR 鷹取波	5.0	地震動に対する挙動	A
8	JR 鷹取波	6.5	地震動に対する挙動	A
9	Knet 築館波	3.0	地震動に対する挙動	A
10	Knet 築館波	5.0	地震動に対する挙動	A
11	Knet 築館波	7.0	地震動に対する挙動	A
12	JMA 神戸波	4.0	地震動に対する挙動	A
13	JMA 神戸波	6.0	地震動に対する挙動	A
14	JMA 神戸波	8.0	地震動に対する挙動	A
15	ホワイトノイズ	1.0	計測の確認、固有周期の把握	無し
16	Knet 古川波	3.0	補強部材有効性の把握	無し
17	Knet 古川波	5.0	補強部材有効性の把握	無し
18	Knet 古川波	7.0	補強部材有効性の把握	無し
19	JR 鷹取波	3.0	補強部材有効性の把握	無し
20	JR 鷹取波	5.0	補強部材有効性の把握	無し
21	JR 鷹取波	6.5	補強部材有効性の把握	無し
22	Knet 築館波	3.0	補強部材有効性の把握	無し

回数	入力波	最大加速度 (m/sec ²)	目的	補強材 タイプ
23	Knet 築館波	5.0	補強部材有効性の把握	無し
24	Knet 築館波	7.0	補強部材有効性の把握	無し
25	JMA 神戸波	4.0	補強部材有効性の把握	無し
26	JMA 神戸波	6.0	補強部材有効性の把握	無し
27	JMA 神戸波	8.0	補強部材有効性の把握	無し

※午前中は、隔回の記録を残した(古川波、鷹取波、築館波、全て補強材有り)。

(3) 使用センサー

- ①ひずみゲージ:FLA-5-11-10LT(ゲージ受感部 5mm、リード線 10m)
- ②コンクリート用ひずみゲージ:PL-60-11-10LT(ゲージ受感部 60mm、リード線 10m)
- ③加速度計:ARH-50A、ASP-2GA(弊所備品)
- ④レーザー変位計:LB-300(弊所備品)
- ⑤接触型変位計:LP-100FC(弊所備品)

(4) 実験装置概略

図1に実験装置概略図を示す。図2は、カルバートと補強部材を示す。図3から図6に土詰め作業の様子、ならびに加震台上に設置された装置を示す。図7に実験終了後に撮影したカルバート上部に発生していた亀裂を示す。

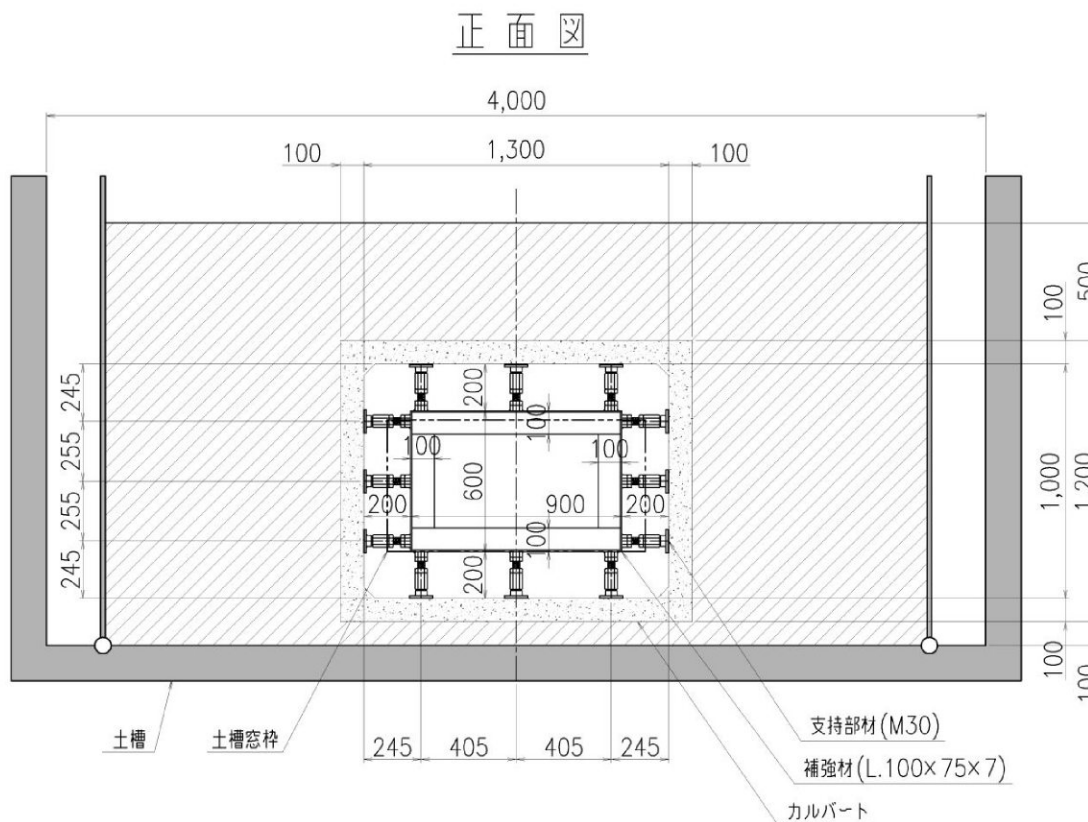


図1 装置概略図

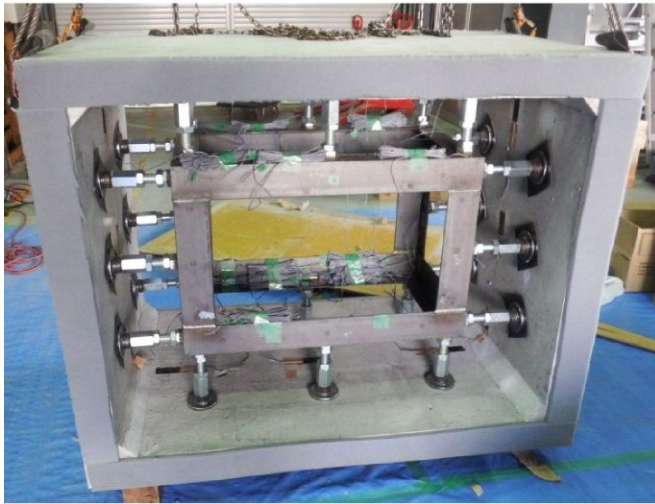


図2 カルバート・補強部材



図3 土詰め状況



図4 装置全体

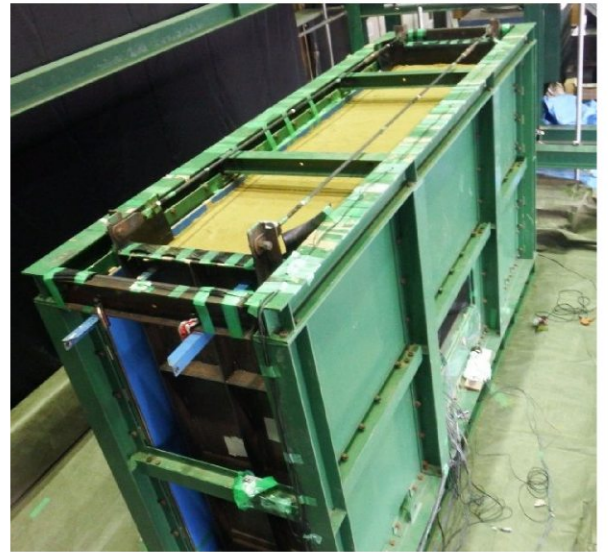


図5 装置全体



図6 各種センサー類取付状況



図7 カルバート亀裂状況

3. 実施結果

3.1. 加振データ

概要は以下の通り。実験の電子データは別途提出する。

表5 結果概要

回数	入力波	最大加速度 (m/sec ²)	結果	補強材 タイプ
1	ホワイトノイズ	0.5	計測機器異常無し、固有周期把握	A
2	ホワイトノイズ	1.0	計測機器異常無し、固有周期把握	A
3	Knet 古川波	3.0	<補強材>最大歪み 10.3/最小歪み-9.4 <カルバート>最大歪み 24.4/最小歪み-23.5	A
4	Knet 古川波	5.0	<補強材>最大歪み 18.8/最小歪み-16.0 <カルバート>最大歪み 43.2/最小歪み-41.3	A
5	Knet 古川波	7.0	<補強材>最大歪み 26.3/最小歪み-26.3 <カルバート>最大歪み 69.5/最小歪み-62.9	A
6	JR 鷹取波	3.0	<補強材>最大歪み 17.8/最小歪み-13.1 <カルバート>最大歪み 39.4/最小歪み-35.7	A
7	JR 鷹取波	5.0	<補強材>最大歪み 29.1/最小歪み-27.2 <カルバート>最大歪み 72.3/最小歪み-70.4	A
8	JR 鷹取波	6.5	<補強材>最大歪み 33.8/最小歪み-43.2 <カルバート>最大歪み 91.1/最小歪み-97.7	A
9	Knet 築館波	3.0	<補強材>最大歪み 24.4/最小歪み-17.8 <カルバート>最大歪み 40.4/最小歪み-67.6	A
10	Knet 築館波	5.0	<補強材>最大歪み 33.8/最小歪み-36.6 <カルバート>最大歪み 77.9/最小歪み-101.4	A
11	Knet 築館波	7.0	<補強材>最大歪み 38.5/最小歪み-44.1 <カルバート>最大歪み 92.0/最小歪み-113.6	A
12	JMA 神戸波	4.0	<補強材>最大歪み 27.2/最小歪み-16.9 <カルバート>最大歪み 33.8/最小歪み-72.3	A
13	JMA 神戸波	6.0	<補強材>最大歪み 39.4/最小歪み-39.4 <カルバート>最大歪み 80.8/最小歪み-111.7	A
14	JMA 神戸波	8.0	<補強材>最大歪み 46.0/最小歪み-52.6 <カルバート>最大歪み 107.0/最小歪み-131.5	A
15	ホワイトノイズ	1.0	計測機器異常無し、固有周期把握	無し
16	Knet 古川波	3.0	<カルバート>最大歪み 37.6/最小歪み-60.1	無し
17	Knet 古川波	5.0	<カルバート>最大歪み 77.9/最小歪み-96.7	無し
18	Knet 古川波	7.0	<カルバート>最大歪み 129.6/最小歪み-143.7	無し
19	JR 鷹取波	3.0	<カルバート>最大歪み 75.1/最小歪み-77.0	無し
20	JR 鷹取波	5.0	<カルバート>最大歪み 141.8/最小歪み-139.0	無し
21	JR 鷹取波	6.5	<カルバート>最大歪み 154.9/最小歪み-378.4	無し
22	Knet 築館波	3.0	<カルバート>最大歪み 30.0/最小歪み-141.8	無し
23	Knet 築館波	5.0	<カルバート>最大歪み 78.9/最小歪み-323.9	無し

回数	入力波	最大加速度 (m/sec ²)	結果	補強材 タイプ
24	Knet 築館波	7.0	<カルバート>最大歪み 94.8/最小歪み-426.3	無し
25	JMA 神戸波	4.0	<カルバート>最大歪み 39.4/最小歪み-184.0	無し
26	JMA 神戸波	6.0	<カルバート>最大歪み 89.2/最小歪み-467.6	無し
27	JMA 神戸波	8.0	<カルバート>最大歪み 76.1/最小歪み-908.0	無し

3.2. 実験結果

計測の結果、補強部材を入れた場合のカルバートの応力値は、補強部材を入れていない場合のカルバートの応力値に比べて、平均で約 40%、最大で約 80%の応力値の低減がみられた(表6参照)。補強無しの応力値は、JR 鷹取波 650gal 以降、曲げ圧縮応力値が許容値である 8N/mm² を上回る値を示すようになった。また、実験中のカルバート内部には、亀裂等目視できる損傷はみられなかったが、実験後にカルバートを取り出したところ、カルバート側面上部にて左右共に亀裂がみられた(図7参照)。

最大応力が発生した「兵庫県内部地震 JMA 神戸波 NS 成分」の 800gal の応力図を図2に示す。

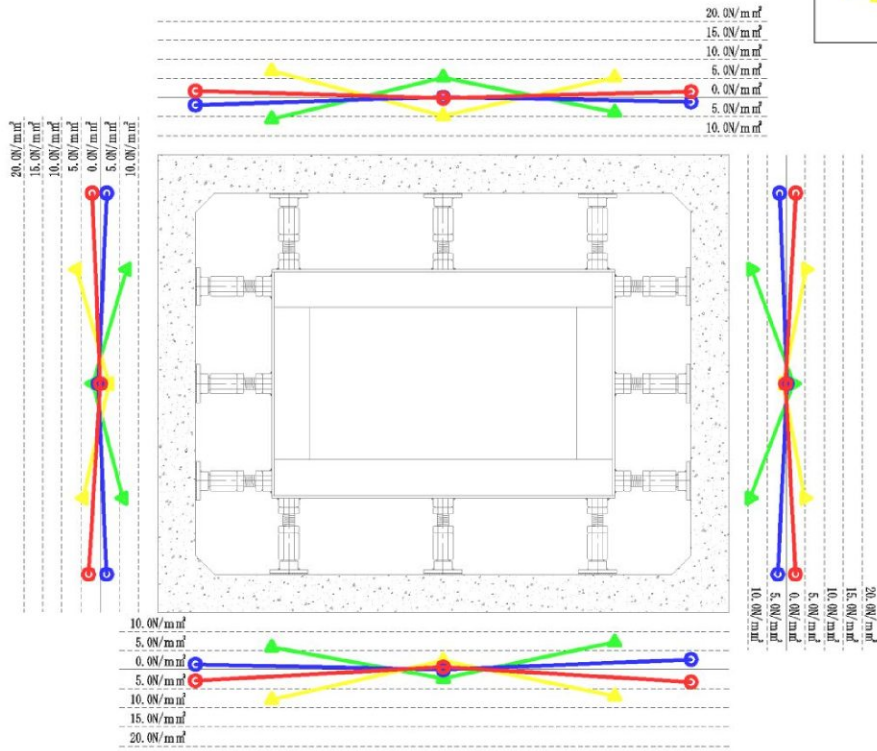
表6 応力表

入力波	加速度	(N/mm ²)		
		補強あり	補強無し	軽減率
Knet 古川波	300	0.60	0.93	35%
		-0.58	-1.48	61%
	500	1.07	1.92	44%
		-1.02	-2.39	57%
	700	1.72	3.20	46%
		-1.55	-3.55	56%
JR 鷹取波	300	0.97	1.85	48%
		-0.88	-1.90	54%
	500	1.78	3.50	49%
		-1.74	-3.43	49%
	650	2.25	3.82	41%
		-2.41	-9.34	74%
Knet 築館波	300	1.00	0.74	-35%
		-1.67	-3.50	52%
	500	1.92	1.95	2%
		-2.50	-8.00	69%
	700	2.27	2.34	3%
		-2.80	-10.52	73%
JMA 神戸波	400	0.83	0.97	14%
		-1.78	-4.54	61%
	600	1.99	2.20	10%
		-2.76	-11.54	76%
	800	2.64	1.88	-40%
		-3.24	-22.41	86%

応力図

<JMA神戸波NS成分 800gal>

- カルバート
- カルバート
- △ 補強材
- △ 補強材



応力図

<JMA神戸波NS成分 800gal>

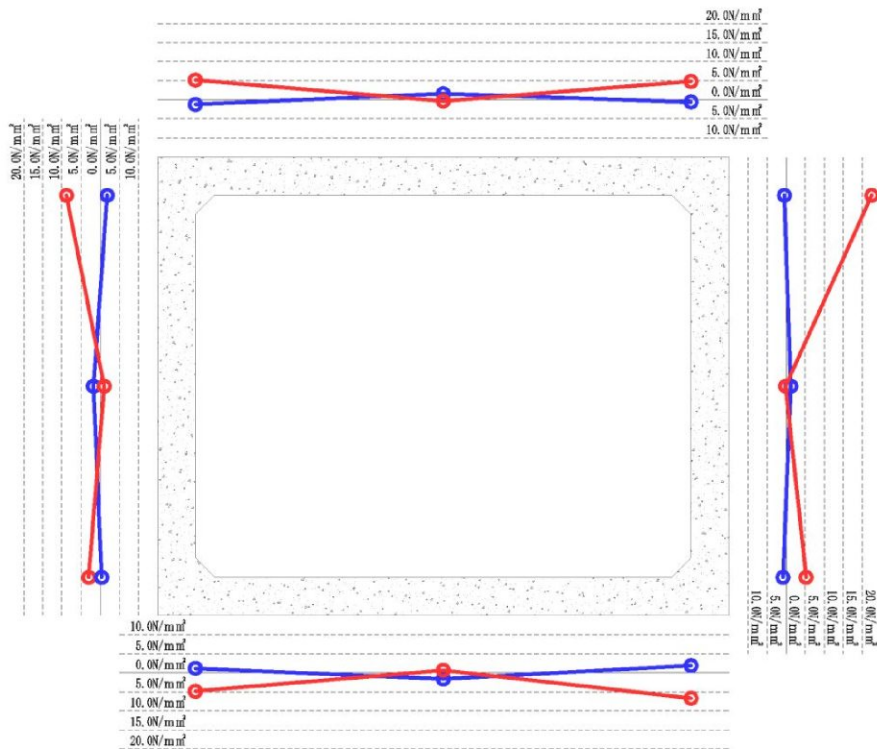


図8 応力図

4. まとめ

以上の実験結果により、カルバートへの補強部材による補強は十分に有効な工法であり、カルバートにかかる応力を軽減させる効果がある事を実験により検証することができた。

今後は、数値計算ソフトを実験結果により検証し、広範囲にパラメータ解析して、荷重の負担割合を把握する等、実際の設計に反映させて、補強水槽の補強設計法の指針確立を目指す。

以上