

2016 年熊本地震と過去の内陸地震との応答比較実験

熊本高等専門学校 正会員 ○岩坪 要
 熊本高等専門学校 非会員 別城 小百合
 熊本高等専門学校 非会員 山岸 千夏

1. はじめに

2016 年熊本地震では、数多くの国道・県道や市町村道の橋梁が被災し、通行規制になった橋梁や規制はしていないが損傷を受けた橋梁が多い。著者らが損傷を受けた橋梁を調査した中で、多くは河川に架かる橋梁で、橋台への衝突が確認出来た橋梁が多かった¹⁾。耐震設計上の落橋という状態は免れたものの、橋台が損傷した結果、通行規制になった橋も少なくなく、このような現象やメカニズムを今後の耐震対策に活かすことが重要と考えられる。そこで著者らは地盤変動に伴い橋台が移動したことを想定し、この状態での橋梁本体の地震時挙動を調べる研究を行っている。本研究は、予備実験として 2016 年熊本地震とこれまでに発生した大規模な内陸地震のそれぞれの地震波を用いた振動実験を行い、2016 年熊本地震の特徴を探る実験を行った。

2. 実験概要

(1) 対象地震動

これまでに発生した規模が大きかった内陸地震に注目し、特徴的な地震を抽出した(表 1)。それぞれの強震記録は、兵庫県南部地震については気象庁、それ以外は防災科学研究所の K-Net, Kik-net の加速度記録とした²⁾。なお、表中の最大値は方向に関係なく絶対値で表

示しており、卓越振動数は FFT 解析から求めた。

(2) 波形の準備

実験は 2 軸振動台(サンエス社製)を用い、図 1 に示すアルミ製の実験模型を用いた。加振波形は、強震観測データを振動台の性能に合わせて調整した波形を採用し、1 軸方向加振とした。

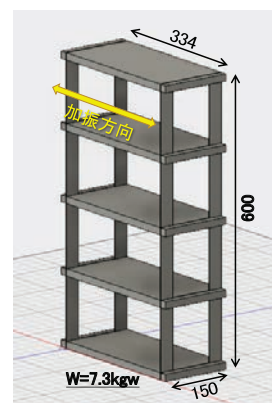


図 1 実験模型

(3) 地震時挙動計測手法

加振中の模型の変形挙動を計測するために、非接触で動きを計測することが出来るモーションキャプチャシステム「Venus3D(ノビテック社製)」を用いた(図 2)。測定方法は模型に赤外線反射マーカを貼付し、その動きをカメラでトレースしながら、それぞれのマーカの動きをリアルタイムに記録するシステムである。計測データは移動量(変位)を基本データとしているため、速度や加速度への変換や、マーカ一点同士の距離や角度、さらに基準点からの相対変位の計算も可能である。カメラによるキャプチャ間隔は 100Hz とした。

表 1 実験をした過去の地震とその特性

地震	発震日	M	観測点(方向)	加速度(cm/s ²)	速度(cm/s)	変位(cm)	卓越振動数(Hz)
兵庫県南部地震	1995/1/17	7.3	JMA 神戸(N-S)	818.016	80.854	16.354	1.458
鳥取県西部地震	2000/10/6	7.3	Kik-net 日野(N-S)	922.035	107.569	24.004	1.572
新潟県中越地震	2004/10/23	6.8	K-Net 小千谷(E-W)	1310.727	124.484	25.493	1.454
岩手・宮城内陸地震	2008/6/14	7.2	K-Net 一関西(E-W)	1433.655	50.283	10.367	7.211
鳥取県中部の地震	2016/10/21	6.6	K-Net 倉吉(E-W)	1381.333	41.612	6.354	2.749
熊本地震・前震	2016/4/14	6.5	Kik-net 益城(E-W)	923.747	93.998	15.213	3.030
熊本地震・本震	2016/4/16	7.3	Kik-net 益城(E-W)	1155.997	121.745	26.895	1.215
熊本地震・本震	2016/4/16	7.3	K-Net 一の宮(E-W)	346.653	83.169	44.547	0.357

キーワード：2016 年熊本地震、応答スペクトル、振動実験

連絡先：〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627

国立熊本高等専門学校 Tel : 0965-53-1339 Fax : 0965-53-1349 E-Mail : iwatsubo@kumamoto-nct.ac.jp

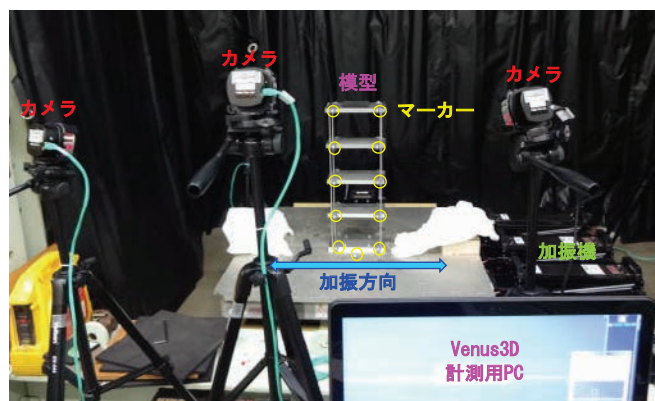


図2 実験の様子

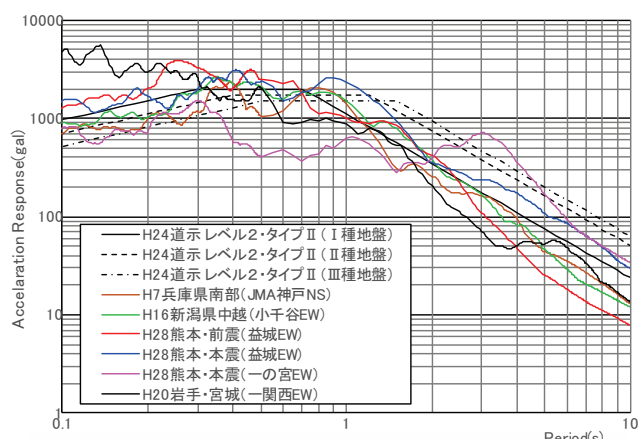
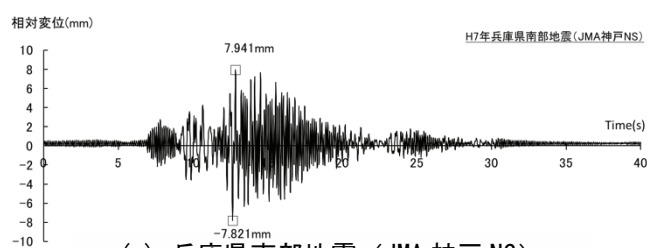
3. 実験結果

図3に地震波から計算された加速度応答スペクトル ($h=0.05$) を示すが、2016年熊本地震では、兵庫県南部地震と同程度の応答スペクトルが観測されていることが分かる。この結果を踏まえて実験を行った。

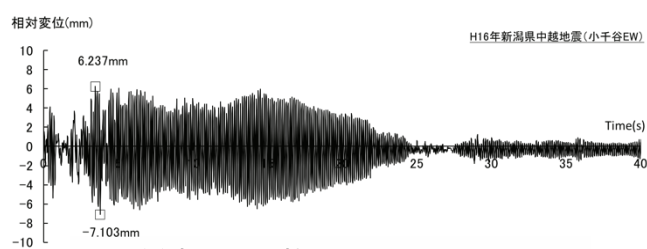
図4に時刻歴応答変位の結果の一部を示す。縦軸の相対変位とは、振動台ステージ上の模型を固定した点に対する模型最上部の点の加振方向の変位を示しており、振動台の加振変位はキャンセルされており、加振機が押す方向をプラスとしている。表2に全ての地震に対する最大応答変位の結果をまとめている。実験で使ったラーメン模型の固有振動数は大凡7Hz (0.14s) 付近であることが分かっている。ほとんどの地震において、地震波の大きな揺れで加振された時点で大きな応答値を示しており、表2から分かるように、平均7mm程度の応答変位となっていた。しかしながら、模型の固有周期に近い成分を多く含んでいた岩手・宮城内陸地震の結果は、大きく共振現象が発生し、表に示すように30mm程度の大きな応答変位が発生していた。

熊本地震に着目してみると、Kik-net 益城の観測波について、前震と本震の応答変位を比較してみると、前震の方が約1mm大きく変位が出ていることが分かった。さらに本震に関して、K-Net 一の宮では地震波から計算された変位は大きいですが、応答変位を調べてみると、3mm程度の小さな応答であることが分かった。

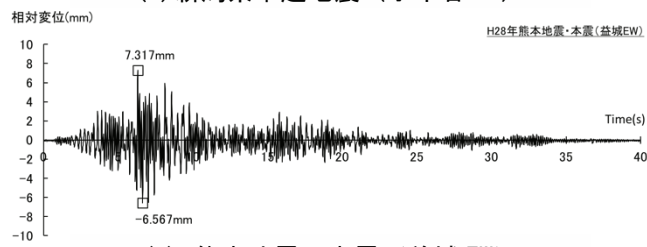
以上の結果より、非接触での計測方法は振動台での実験で有効であることが分かったため、今後は橋梁模型について地震時挙動を調べる実験を行う予定としている。なお、本研究は九州地域づくり協会「H28 熊本地震関連助成事業」経費を用いて行った。

図3 加速度応答スペクトル ($h=0.05$)

(a) 兵庫県南部地震 (JMA 神戸 NS)



(b) 新潟県中越地震 (小千谷 EW)



(c) 熊本地震・本震 (益城 EW)

図4 時刻歴応答変位図

表2 最大応答変位のまとめ

地震	＋側変位 (mm)	－側変位 (mm)
兵庫県南部地震	7.941	-7.821
鳥取県西部地震	8.108	-7.089
新潟県中越地震	6.237	-7.103
岩手・宮城内陸地震	33.523	-31.505
鳥取県中部の地震	20.909	-19.380
熊本地震・前震(益城)	8.178	-9.158
熊本地震・本震(益城)	7.317	-6.567
熊本地震・本震(一の宮)	2.018	-3.310

【参考文献】1) 梶田他：2016 熊本地震における地方公共団体管理橋梁の被害調査報告，第36回地震工学研究発表会論文集，A11-992，2016/10。2) 防災科学研究所：強震観測網データベース (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)