

地震動特性が構造物の応答に及ぼす影響

清水建設（株）技術研究所 正会員 ○滝本 和志
 清水建設（株）技術研究所 正会員 若原 敏裕
 清水建設（株）技術研究所 正会員 稲田 裕

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、気象庁の発表によると、500km×200kmの震源域において3つの破壊が連動して生じた未曾有の巨大地震であり、国内観測史上最大のマグニチュード9.0を記録した。東北から関東にかけて観測された強震記録は、震源位置と観測位置の関係等によって異なる波形を示している。入力地震動の周期特性、最大加速度、継続時間等の入力パラメータは、構造物の地震応答に大きな影響を与える¹⁾。

本論文では、今回の地震で得られた多数の強震記録のうち、特徴的な波形を選び、10径間連続の免震橋を検討の対象モデルとして、動的非線形応答解析を実施して、地震波形や周期特性が構造物の応答変位に及ぼす影響を検討した。

2. 入力地震動

本検討では、防災科学技術研究所 K-NET²⁾ で公開されている強震記録から5波（すべてNS成分）と、比較のため1995年の兵庫県南部地震の記録（JR 鷹取NS）の合計6波を用いて検討を行った。表1に入力地震動の一覧と最大加速度を示す。また、表1に示すように、今回得られた強震記録5波は震源域と観測位置の関係から、その最大加速度も大きく異なっており、対象構造物の応答性状を検討する目的から、加速度振幅を調整して最大加速度レベルをMYG013 仙台やIBR003 日立の観測波と同レベル(1500gal)に設定した場合の検討も実施した。

表1 入力地震動一覧

観測点名	最大加速度 (gal)
IWT016 川井	229
MYG013 仙台	1517
FKS004 飯舘	568
IBR003 日立	1598
CHB009 千葉	179
JR 鷹取 (兵庫県南部地震)	687

図1に加速度応答スペクトルを示す。今回の強震記録は、構造物に大きな被害を与えた兵庫県南部地震の JR 鷹取に比べて周期0.5秒以下の短周期成分が卓越する波が多い傾向となっており、被害と密接な関係にある周期1秒～2秒の周期成分ではすべて JR 鷹取よりも小さくなっている。MYG013 仙台の観測波の最大加速度は1517gal、IBR003 日立は1598gal

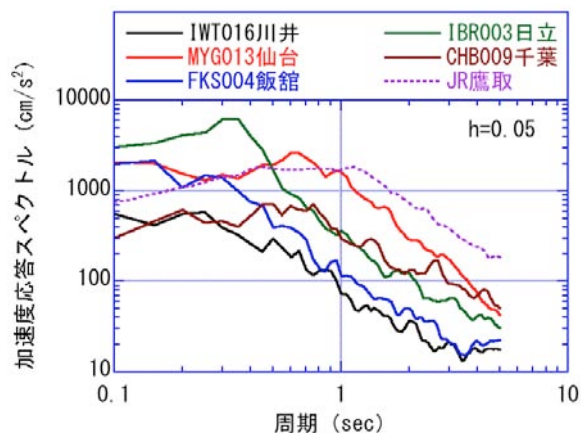


図1 加速度応答スペクトル

図1に加速度応答スペクトルを示す。今回の強震記録は、構造物に大きな被害を与えた兵庫県南部地震の JR 鷹取に比べて周期0.5秒以下の短周期成分が卓越する波が多い傾向となっており、被害と密接な関係にある周期1秒～2秒の周期成分ではすべて JR 鷹取よりも小さくなっている。MYG013 仙台の観測波の最大加速度は1517gal、IBR003 日立は1598galとほぼ同じであるが、卓越周期が異なる。IBR003 日立は周期0.3秒付近にピークがあるのに対して、0.5秒以上になるとMYG013 仙台の値が上回り、1秒付近の値はJR 鷹取と同等となっている。CHB009 千葉は1秒以上での減少がゆるやかで、1.3秒と2.6秒付近等にもピークが見られる。

3. 解析モデル

解析対象は、橋脚断面2.3m×3.5m、高さ7mの鉄筋コンクリート橋脚を有する支間長35m、橋長351.6mの10径間連続免震橋とした。解析対象モデルを図2

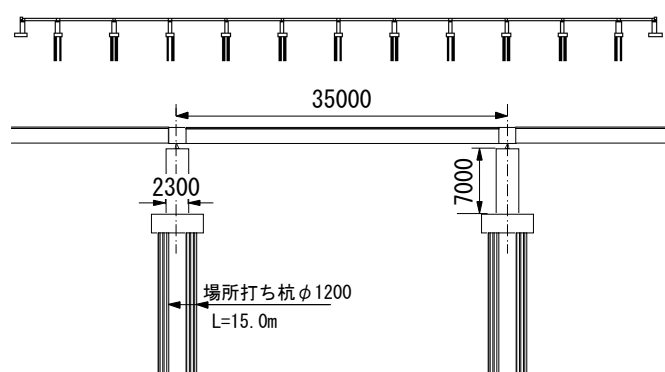


図2 解析対象モデル

キーワード 東北地方太平洋沖地震、動的非線形応答解析、周期特性、最大加速度、応答変位
 連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-6962

に示す。上部構造は、線形はり部材でモデル化した。免震支承は $P-\delta$ 関係をバイリニアでモデル化した。橋脚は塑性ヒンジ部中央に非線形回転ばねを設け、トリリニアでモデル化した。このモデル橋梁の橋軸方向に地震動を入力した。モデル橋梁の1次固有周期は1.125秒である。この場合の免震支承は設計変位に対する等価剛性による線形モデルとして固有周期を求めた。

4. 解析結果

各解析ケースにおける桁の最大応答変位と橋脚の塑性率を表2に示す。塑性率は、塑性ヒンジ部の最大回転角を降伏回転角で除して求めた。1.0以下は弾性範囲である。観測波を入力した解析結果のうち桁の応答波形を図3に示す。最大加速度値が最大のIBR003日立と最小のCHB009千葉の応答変位が同程度となっており、応答変位に及ぼす最大加速度の影響は小さい。今回の地震の観測波5波の中ではMYG013仙台の地震波が対象構造物に最も大きな影響を与え、JR鷹取の60%程度の応答変位を示した。一方、最大加速度の値を1500galに揃えた場合は、1秒以上の加速度応答スペクトルの減少がゆるやかなCHB009千葉の地震波の応答が大きく、橋脚の塑性率が17.6と許容値(5.7)を超えた。最大応答時刻をJR鷹取にあわせた桁の応答波形を図4に示す。応答周期はどちらも1秒程度とほぼ等しく、構造物の1次固有周期に近くなっており、応答振幅が増幅されたことが推測される。

5. まとめ

東北地方太平洋沖地震の強震記録のうち、特徴的な波形5波を入力波として、10径間連続免震橋モデルを用いた動的非線形応答解析を実施して、地震波形や周期特性が構造物の応答変位に及ぼす影響を検討した結果、得られた結論を以下に示す。

- (1) 構造物の地震応答は入力地震動の最大加速度よりも構造物の固有周期の影響を大きく受けるため、固有周期付近の加速度応答スペクトルが大きい地震動により、構造物は大きく変形する。
- (2) CHB009千葉は長周期成分が卓越する波形で、

多径間連続免震橋のような固有周期の比較的長い構造物の応答変位に大きな影響を及ぼす。今後想定される加速度振幅の大きな長周期地震動に対しては、免震橋梁の動的応答を十分に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日向, 平尾, 早川, 山崎: 地震入力波形と構造物応答, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 11, No. 2, pp. 205-210, 1989
- 2) 防災科学技術研究所: 強震観測網 (K-NET, KiK-net)

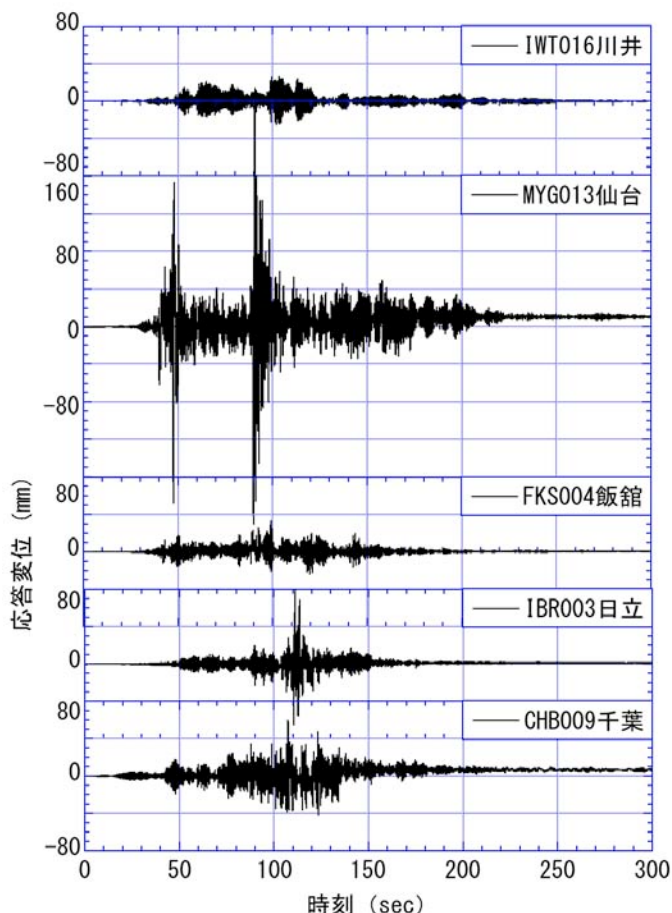


図3 観測波入力時の桁の応答変位

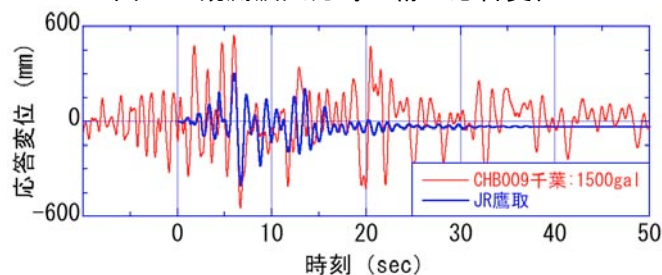


図4 応答波形の比較

表2 桁の最大応答変位と橋脚の塑性率

観測点名	最大変位(mm)		橋脚の塑性率 (1500gal 正規化波入力)
	観測波入力	1500gal 正規化波入力	
IWT016 川井	26.1	96.4	0.56
MYG013 仙台	246.3	241.6	2.08
FKS004 飯舘	32.7	64.1	0.52
IBR003 日立	78.3	74.0	0.47
CHB009 千葉	59.0	544.6	17.6
JR 鷹取	404.2	—	—