同時多点観測データに基づく免震橋の地震時挙動に関する一検討

㈱大林組 東京本社生産技術本部 橋梁技術部　フェロー会員　伊奈　義直
前 首都大学東京 都市環境学部 都市基盤環境コース　正会員　中谷　泰子
首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科　正会員　長嶋　文雄

1. はじめに

免震支承を用いた橋梁は，長周期化と減衰性能の付加により，地震時における上部工の慣性力の低減を目的として1995年兵庫県南部地震以後，本格的に普及・定着してきている．しかし，地震時における実際の挙動に関する検討や免震性能確認の例は少ない．福島県内の某火力発電内にある免震橋梁を対象として，その竣工年である1991年7月から2007年11月までの約16年間にわたり地震観測を継続した．その概要は文献1)で既にまとめているが，その後明らかになった事柄について報告する．

2. 対象とした橋梁と地震観測

同時多点地震観測を実施した橋梁は，橋長76.35m，幅員11.2mのPC2径間連結連続桁橋であり，また斜橋である(図-1)．石炭輸送用のベルトコンベア橋が併設され，下部工は一体化されているが，上部工反力の比は2.2:1.0で地震力による影響は少ないため，道路橋の橋軸方向のみに高減衰ゴム支承を用いた免震設計とした[2)]．観測点は図-1に示すように12ヶ所に設けた．図中の記号は，それぞれLE:左岸側，AB:橋台，RI:右岸側，GI:橋桁，PIT:橋脚天端，PIF:橋脚基礎，PIP:杭先端，A:加速度，D:相対変位計を示す．また，X方向を橋軸方向(免震)，Y方向を橋軸直角方向（非免震：高減衰ゴムを介してストッパーで拘束している)，回転方向は時計回りを正とした．本研究では，支承ひずみが最も大きい2005年8月の宮城県沖地震を対象に検討を行う．

3. 記録波形と周波数特性

主な観測点における加速度記録波形を図-2に示す．また，最大加速度値と加速度倍率（桁／橋台，桁／橋脚天端または桁／杭先端）を表-1に示す．また，桁（橋脚上）の加速度フーリエスペクトルを図-3に示す．橋台に対する桁（橋脚上）の倍率は，免震（X）方向において1.0～1.4倍であるが，非免震（Y）方向は1.8～1.9倍となっており，免震の効果が現われている．杭先端に対する桁の倍率は，X方向：1.7～2.0倍に対してY方向：2.5～3.3倍であった．杭先端のX，Y方向加速度が同程度であるのに対して，免震（X）方向は非免震（Y）方向よりも3～4割程度加速度値が低下している．桁（X方向）は，1.2 Hz (0.83 sec)付近で大きく卓越するが，桁（Y方向）は1.2～3.0Hzに分散したピークを持ち，X方向のような特定の振動数が卓越しない．これはY方向がストッパーで拘束されているためである．桁（X方向）の3Hz以上は，免震支承により高い振動数が除去されている．

4. 免震橋の地震時挙動

加速度波形を２回積分した変位波形より，杭先端，橋台（橋脚)，桁の軌跡を図-4に示す．ただし，（ｂ）と（ｃ）は橋台、桁の波形を杭先端の波形で減じたもの，（ｄ）は桁の波形から橋台（橋脚）の波形を減じたものである．杭先端は，X方向よりY方向の方が2倍程度大きいが，橋台（橋脚）は杭先端のY方向が大きいこと，ならびに斜橋の影響を受けていることから，やや斜め方向に大きくなる．桁は図-4（c）において，全体にY方向よりX方向の方が大きいが，図-4（ｄ）では，明らかにX方向が大きく，また勾配の方向が相違する．

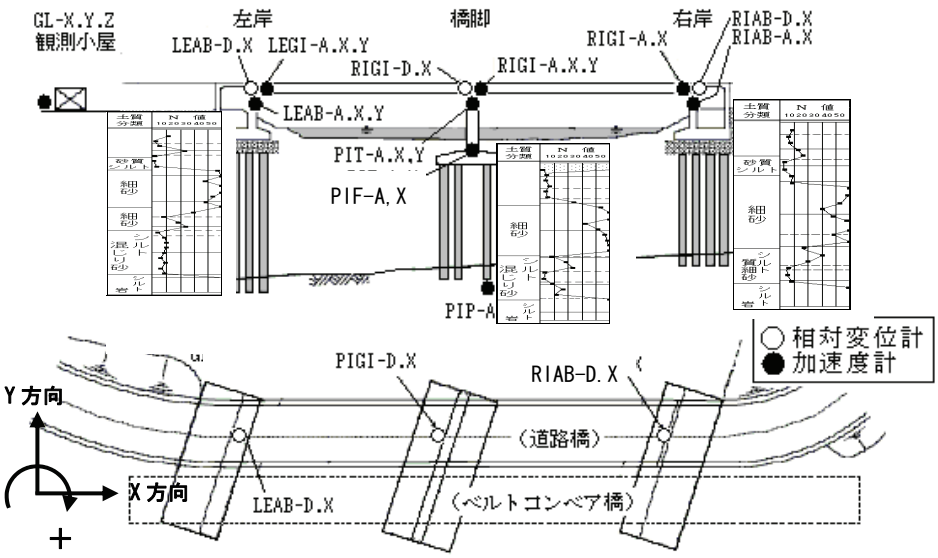
図-5に示すように，Y方向の相対変位と支間長から橋桁の回転変位を求めた．これより反時計回りに最大3.5×10^{-4}rad程度運動をしており（図-6)，斜橋の回転運動特性と見られる挙動を得ることができた（図-7)．

5. おわりに

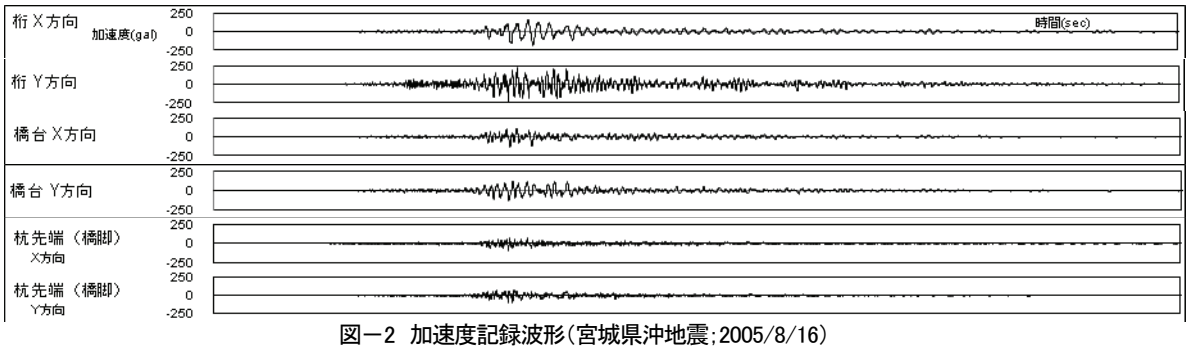
震度法レベルではあるが，宮城県沖地震の観測波（最大入力加速度132.2gal）から，免震橋の回転運動を含む地震時挙動および周波数特性を明らかにした．

[参考文献]　1) 伊奈義直，菊地敏男：免震支承を用いPC道路橋の地震時挙動，土木学会論文集A Vol64.No4.pp778-788,2008.11　2) 安斎清，伊奈義直，榊原直樹：PC道路橋の免震設計と施工について，土木学会第47回年次学術講演会,1992,9

キーワード：免震橋，地震観測，周波数特性，軌跡図
連絡先（東京都港区港南2-15-2品川インターシティB棟　TEL03-5769-1306　FAX03-5769-1979）



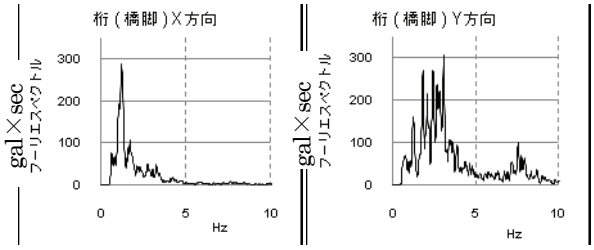
図－1 橋梁概要とセンサー取付け位置



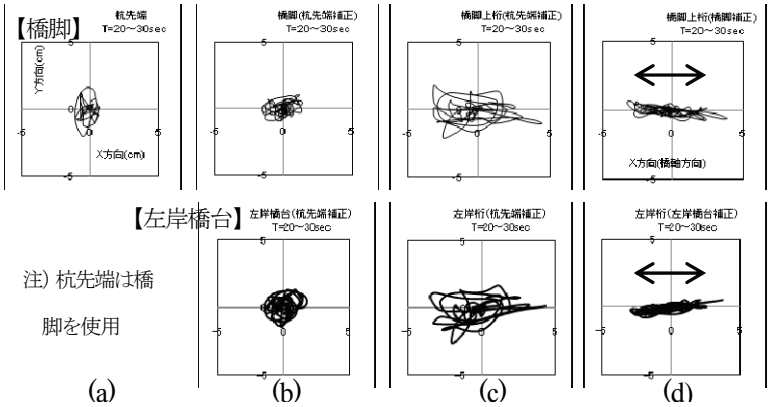
図－2 加速度記録波形(宮城県沖地震;2005/8/16)

表-1 最大加速度と加速度倍率

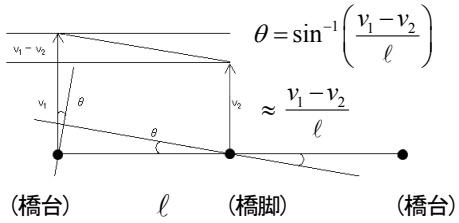
		左岸橋台		橋脚		右岸橋台
		橋軸	橋軸直角	橋軸	橋軸直角	橋軸
桁上:a	(gal)	199.1	243.3	171.5	316.7	182.4
橋台（橋脚）上:b	(gal)	145.7	137.4	171.3	165.7	141.4
加速度倍率	a/b	1.4	1.8	1.0	1.9	1.3
フーチング	(gal)	-	-	195.1	-	-
杭先端:c	(gal)	-	-	99.4	98.2	-
加速度倍率	a/c	2.0	2.5	1.7	3.3	1.8



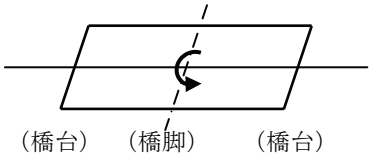
図－3 橋桁の加速度フーリエスペクトル



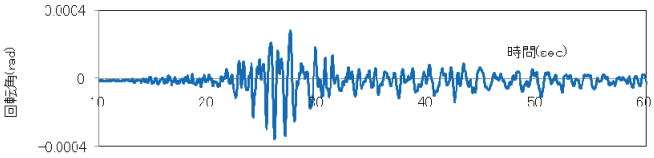
図－4 橋梁の地震時挙動(代表的測定点における変位の軌跡図)



図－5 回転角の説明図と算出式



図－7 斜橋の回転特性



図－6 橋桁の回転変位波形