

I - B189 固有振動数による鉄筋コンクリート橋脚の損傷度評価

建設省土木研究所 正会員 近藤益央
建設省土木研究所 正会員 運上茂樹
建設省土木研究所 正会員 足立幸郎

1. まえがき

兵庫県南部地震においては、鉄筋コンクリート橋脚の多くに甚大な被害が発生し、これを受けて鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強が実施されているところである。鋼板巻き立てにより補強された橋脚に大規模な地震が作用した場合、表面が鋼板で覆われていることからその損傷程度を的確に把握することは難しい。そこで、鋼板巻き立てにより補強した鉄筋コンクリート橋脚の振動台実験を実施し、加振前後の橋脚模型の固有振動数を振動台の微小ノイズを用いて計測し、橋脚模型の損傷状態との関係を検討した。さらに、断面性状等の設定条件を変えて各損傷状況における固有振動数を解析的に算出し、微小振動から求めた固有振動数と対応させることにより、橋脚の損傷度を推定することを行ったので報告するものである。

2. 鉄筋コンクリート橋脚の振動台実験

本実験には、図-1に示す60cm×60cmの断面を持つ高さ280cm(慣性力作用位置までは300cm)の鉄筋コンクリート橋脚模型を用いた。軸方向鉄筋としては、SD295, D10を2段に配筋し、軸方向鉄筋比は1.58% (引張鉄筋比は0.55%)である。また帯鉄筋としてはSD295, D6を30cm間隔で二重に配筋した。作成した供試体に、SS400, $t=2.3$ mmの鋼板を用い、基部拘束用H形鋼はSS400, 100Hを用いて補強を行った。鋼板下端には10cmの隙間を設置し、さらにコンクリートと補強鋼板の間には20mmの間隔を設け、無収縮モルタルを充填した。アンカー筋についてはSD345, D16鉄筋をM12にねじ加工したものを合計20本配置し、基部拘束用H形鋼にボルトにより固定している。実験では、鉄筋コンクリート橋脚模型を図-2に示す2連の単純桁をピン構造で連結し、上部構造重量395kNを載荷した。加振は水平および鉛直の2方向とし、入力地震動には、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測されたN-S成分(最大加速度818gal)およびその鉛直成分(最大加速度332gal)の時間軸を65%として用いた。なお、供試体の損傷状況を変化させるため、合計3回の加振を行った。

3. 実験結果

加振前に供試体の運搬等の影響により、補強鋼板と充填材であるモルタルとの間で部分的に剥離が生じていたが、1回目の加振後には剥離が補強鋼板ほぼ全面に拡がっていた。さらに鋼板を拘束するH形鋼の直上部においてわずかに凸に膨らむ座屈が全周にみられ、フーチング天端とH形鋼の下端との隙間のコンクリートにひびわれや若干の剥離が生じていた。さらに、アンカー筋にも若干の座屈とボ

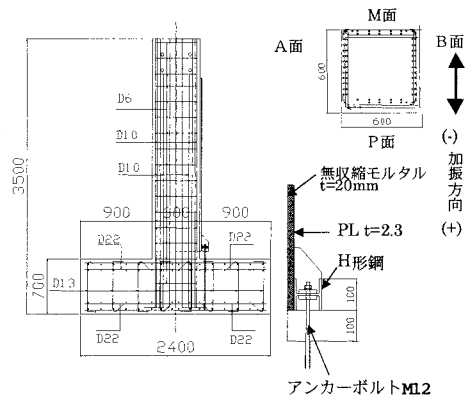


図-1 供試体の諸元

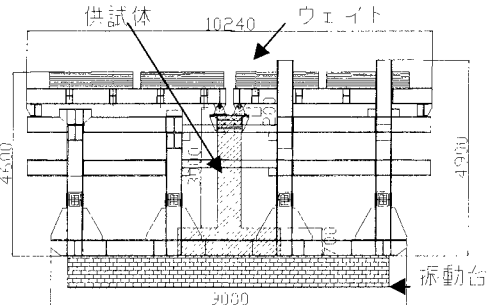


図-2 実験モデルの概要

キーワード 鉄筋コンクリート、耐震補強、損傷評価、固有振動数

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

トのゆるみが確認された。続けて実施した2回目の加振では、アンカー筋の座屈が進行し、加振面のアンカー筋が1本づつ破断した。また、橋脚基部のコンクリートの剥離および軸方向鉄筋の露出が確認された。3回目の加振では、加振面ではアンカー筋の破断が増え、加振直角面ではコンクリートの剥離が進んだ。

4. 固有振動数の算出

振動台の微小振動より求めた加振前および各加振後の橋脚の固有振動数を図-3に示す。同図より固有振動数が橋脚の損傷の進展により低下していることが確認できる。特に、1回目および2回目の加振により、固有振動数が大きく低下していることがわかる。次に、供試体の損傷状況を仮定し、各損傷状況におけるコンクリート、軸方向鉄筋、アンカーボルト、ヤング係数を仮定して固有振動数を求めた。加振前の健全な状態では、振動台実験より求めた固有振動数が4.40Hzであったが、解析により求めた健全な状態での固有振動数は5.586Hzであり、アンカーボルトを考慮しないで求めた固有振動数4.514Hzが実験値とほぼ一致する結果となった。実験により計測された加振後の固有振動数は、1回目が2.64Hz、2回目が2.12Hz、3回目が1.86Hzであり、加振後の損傷状況は1回目がアンカー筋の伸び出し（軸方向鉄筋の降伏状態）、2回目がコンクリートが剥離、3回目がコンクリートの剥離の進行であり、解析から求めた固有振動数と対応させると、1回目の加振ではコンクリートにひび割れが発生し、軸方向鉄筋が降伏に達した状態を仮定した固有振動数である2.692Hzとよく一致しており、2回目の加振ではコンクリートが剥離し、鋼材のヤング係数が $2/3$ に低下した状態を仮定した固有振動数である2.079Hzとよく一致している。さらに損傷度が進行した3回目の加振では、コンクリートが剥離し、鋼材のヤング係数が $1/2$ に低下した状態を仮定した固有振動数である1.838Hzとよく一致している。

5. まとめ

軸方向鉄筋の応力状態やヤング係数を軽減する等、各損傷状況にいて想定される橋脚の状態を仮定して求めた固有振動数と振動台の微小振動により求めた固有振動数を対比し、橋脚の損傷状態を推定することを試みた。その結果、微小振動により計測した固有振動数と各損傷状態を想定して求めた固有振動数とがほぼ一致することから、微小振動を用いて固有振動数を計測することにより橋脚の損傷状況を評価できることがわかった。

参考文献

- 1) 近藤、運上、足立：固有振動数による鉄筋コンクリート橋脚の損傷度評価、第2回保耐法シンポ、1998.12
- 2) 建設省：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様、1995.2
- 3) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)、1995.6
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、1996.12
- 5) 日本コンクリート工学協会：既設鉄筋コンクリート構造物の耐震補強ハンドブック、1996.10
- 6) 日本道路協会：既設道路橋の耐震補強に関する参考資料、1997.8
- 7) M.J.N.Priestley, F.Seible, G.M.Calve著、川島一彦監訳：橋梁の耐震設計と耐震補強、1998.4

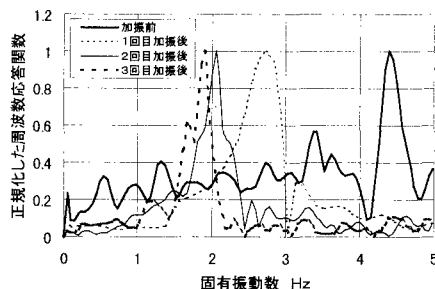


図-3 微小振動により計測した固有振動数

表-1 想定した供試体の損傷状況と固有振動数

想定する損傷	コンクリート	軸方向鉄筋	アンカーボルト	鉄筋のヤング係数Es	解析で求めた固有振動数(Hz)
健全な状態	全断面有効	有効(線形)	有効(線形)	1/1	5.586
健全な状態ではあるが、アンカーボルトを見込まない	全断面有効	有効(線形)	考慮しない	1/1	4.514
コンクリートにひび割れが発生し、軸方向鉄筋が降伏に達した状態	降伏時	降伏点	降伏点	1/1	3.104
コンクリートにひび割れが発生し、軸方向鉄筋が降伏に達した状態(アンカーボルトを見込まない)	降伏時	降伏点	考慮しない	1/1	2.692
鋼材の降伏後、ヤング係数が $2/3$ に低下した状態	コンクリート断面の減少	降伏点	降伏点	2/3	2.625
鋼材の降伏後、ヤング係数が $2/3$ に低下した状態(アンカーボルトを見込まない)	コンクリート断面の減少	降伏点	考慮しない	2/3	2.338
鋼材の降伏後、ヤング係数が $1/2$ に低下した状態(アンカーボルトを見込まない)	コンクリート断面の減少	降伏点	考慮しない	1/2	2.075
コンクリートが剥離し、鋼材のヤング係数が $2/3$ に低下した状態	かぶりコンクリート無視	降伏点	降伏点	2/3	2.079
コンクリートが剥離し、鋼材のヤング係数が $1/2$ に低下した状態	かぶりコンクリート無視	降伏点	降伏点	1/2	1.838