

(I - 41) 橋脚補強が構造物の地震時挙動に及ぼす影響に関する解析的検討

武蔵工業大学 正会員○丸山 収
武蔵工業大学 正会員 皆川 勝
東急建設(株) 正会員 洪沢重彦

1. はじめに

阪神淡路大震災以後、応急復旧からはじまって、じん性のある構造物とするための補強工事が盛んに行われている。これらは、橋脚の変形能を向上させることによって構造物全体のじん性を高めることを目的としている。この際、曲げ耐力を過度にあげると、(1)部材力が増加することでせん断破壊の可能性を高めること、(2)基礎の負担増を招くことから、曲げ耐力を上げずにじん性を高めることが重要とされている。

上述の目的のもとに、橋脚単体の静的破壊実験などにより補強工法の妥当性を確認することが行われているが、補強が構造物全体の耐震性能、破壊過程にどのように影響するかを検討することが、課題であると考えた。

2. 解析対象のモデル

解析対象は、山陽新幹線の標準的なラーメン高架橋で、形式は3スパン2層の2線2柱式RCラーメンとし、橋軸方向のみ取り出した。図-1に構造諸元を示す。橋脚高さが12mであることから、つなぎ梁が側径間に設けられている。また基部には地中梁を設け、基礎杭頭の回転を抑制している。基礎は各橋脚に各々1本ずつの場所打ちコンクリート杭が配置されている。設定した地盤特性は、震度7の地震波が観測されている鷹取駅周辺の地盤柱状図を用いた。

ここでは、鉄筋コンクリート部材についてはすべて2次元梁要素にモデル化し、軸力の影響を無視した非線形曲げモーメント-曲率関係を、図-2に示す鉄筋及びコンクリートの応力ひずみ関係から、いわゆるファイバーモデルを用いて算出し、曲げ降伏型の武田モデルにあてはめた。

補強については、曲げ耐力を向上させると共にじん性も向上させる耐力向上補強とじん性のみ向上させるじん性向上補強の2通りを想定した。それぞれ用いた単調負荷時の曲げモーメント-曲率関係を図-3に示す。

場所打ち杭および地盤については、文献[1]を参考にして、水平方向の地盤バネで支持された骨組部材にモデル化した。地盤バネは、完全弾塑性とし、地盤反力度の上限値及び水平方向地盤反力係数は、道路橋示方書の下部構造編及び共通編に示されている地震時の地盤反力係数及び受動土圧強度から求めた。杭については、2次元梁要素とし、単調載荷時の曲げモーメント-曲率関係も橋脚と同様に武田モデルにあてはめた。また、入力地震動は、JR鷹取駅で観測されたNS成分の加速度波を用いた。なお、本解析においてはせん断破壊を追跡することはできない。そこで、鉄道設計標準[2]に示されるせん断耐力に到達した時点を持ってせん断破壊が生じたものと判定する。

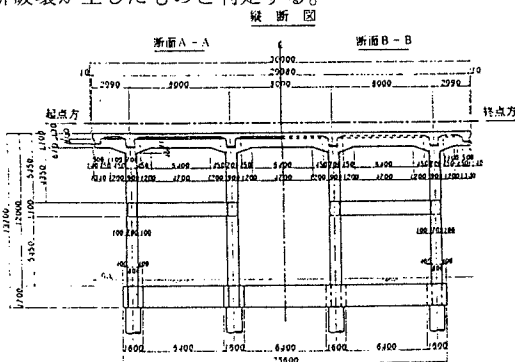


図-1. 構造諸元

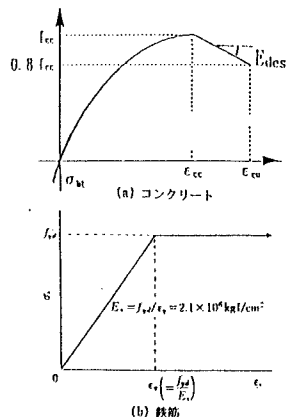


図-2. 応力-ひずみ関係

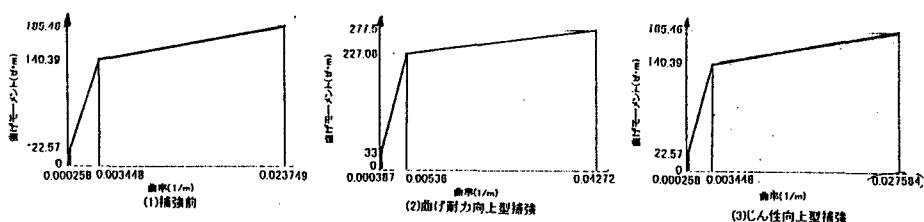


図-3. 曲げモーメント-曲率関係

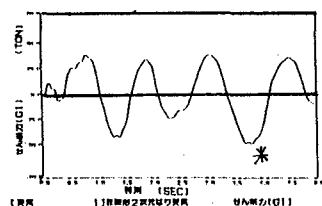
3. 解析結果及び考察

補強の影響を見るために、図-1に示す左端の橋脚における各部位に注目し、内力最大値の絶対値を表-1に示す。いずれの値も、補強前と補強後の値を比較している。図-4には鋼板補強前の橋脚下端での曲げモーメント、せん断力の時刻歴を示す。図-4において震動開始約3.8秒付近において、橋脚下端でせん断力が52.4tfとなり、求めたせん断耐力に到達している。与えたモデルによる結果ではあるが、この時点でせん断破壊が生じたこととなる。

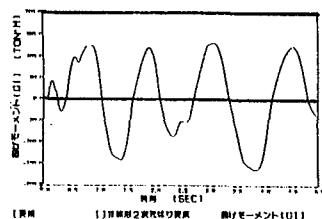
鋼板巻による耐力向上の場合には、せん断耐力は2倍以上向上し、橋脚のじん性率は5倍程度に改善されることが明らかとなっている。したがって、鋼板補強時には、橋脚基部は曲げ破壊先行となる。最大曲げモーメントは橋脚基部で発生しており、その大きさは降伏耐力を5%程度越えたレベルである。これは補強前の最大曲げモーメントのおよそ30%増に相当する。杭頭のせん断力は10%、曲げモーメントは20%程度それぞれ増加しており、各部位ごとの耐力向上補強が、基礎に悪影響を与えることが分かる。

表-1には、じん性向上型の補強をした場合の曲げモーメント及びせん断力の値も示している。この場合には、橋脚の降伏耐力までは無補強の場合と共通の曲げモーメント曲率関係を用いており、部材材については若干減少する程度であった。この場合には、耐力向上型の補強に比べて、じん性の向上のみを行っているので、応答変位が増加することは明らかであり、桁の衝突等の要因となる。

紙面の都合上、解析結果の詳細については講演時に示すが、構造系全体について各種補強による効果を把握することおよび得られた知見を構造物のパフォーマンスを満足するための設計へとフィードバックすることが重要であると考えている。



(a)せん断力



(b)曲げモーメント

図-4. 曲げモーメント、せん断力の時刻歴（無補強）

表-1 補強前後での曲げモーメント及びせん断力の絶対値最大値の変化

場所	せん断力(tf)			曲げモーメント(tf·m)		
	補強前	耐力向上補強	じん性向上補強	補強前	耐力向上補強	じん性向上補強
杭頭	26.7	29.0	26.7	79.0	99.0	78.1
橋脚下層下趾	52.4	60.2	52.2	185.0	238.0	181.0
橋脚下層上趾	48.7	56.6	48.2	131.0	133.0	131.0
橋脚上層下趾	46.1	56.6	43.6	45.2	44.4	45.2
橋脚上層上趾	42.2	47.8	42.0	173.0	216.0	171.0
地中梁接合部	28.4	34.1	27.9	124.0	135.0	122.0
つなぎ梁接合	39.0	38.4	39.0	141.0	140.0	141.0
上梁左端	37.3	45.9	36.9	179.0	214.0	177.0

参考文献：(1)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）、日本道路協会、1995.7
(2)鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）、鉄道総合技術研究所、丸善、1992.10