

I-B 289

鋼板接着による既設鋼製橋脚の耐震補強法に関する基礎的研究

宇都宮大学
建設省土木研究所
建設省土木研究所

学生員 小野寺 理 宇都宮大学 正会員 中島 章典
正会員 大塚 久哲 東北大学 正会員 鈴木 基行
正会員 佐藤 貴志

1. はじめに

日本の都市高速道路高架橋などに用いられる鋼製橋脚では、短柱形式の鋼製橋脚が採用される場合も多い。これら鋼製橋脚には、車両衝突防止用にコンクリートの中詰めするが、設計上、この中詰めコンクリートは考慮されておらず、大地震時にはコンクリート中詰め上端位置で鋼板が局部座屈する可能性がある。実際、兵庫県南部地震に際しては、こうした局部座屈が観察されている。

本研究では、既設鋼製橋脚の中詰めコンクリート上端位置の橋脚鋼板外側に、その鋼板パネルよりも降伏強度の低い鋼板を接着剤により接着して、この鋼板により地震による振動エネルギーを吸収しようとする耐震補強法を考え、その有効性を数値解析法により検討した。また、橋脚鋼板に補強鋼板を接着した場合の一体性についても検討を行った。

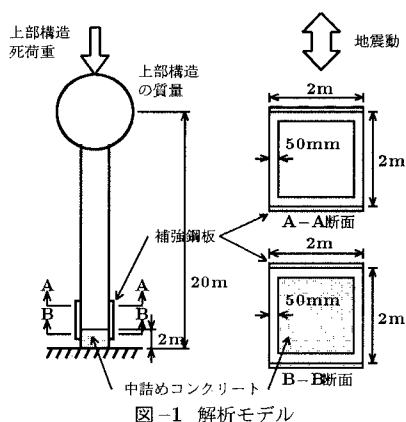


図-1 解析モデル

2. 解析モデル

本研究では、図-1に示すような橋脚頂部に上部構造の質量を有し、またその死荷重反力に相当する圧縮軸力を受ける鋼製橋脚モデルを解析の対象とした。鋼製橋脚断面は無補剛等断面とし、その降伏応力度は 2400kgf/cm^2 としている。また橋脚高さは20m、基部には橋脚高の10%の2mまでコンクリートを中詰めするものとし、中詰めコンクリートの圧縮強度は 200kgf/cm^2 とした。補強鋼板は、中詰めコンクリート上端位置に、地震波入力方向に直行する対面に1枚ずつ合計2枚接着するものとした。

3. 解析方法

ここで用いた解析法は、鋼材とコンクリート材料の材料非線形性に加えて幾何学的非線形性を考慮した、

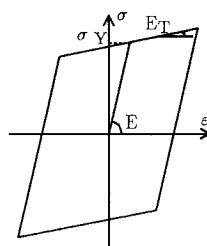


図-2-a 鋼材

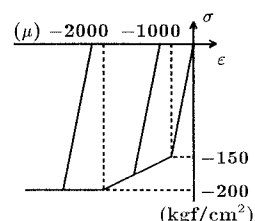


図-2-b コンクリート材料

図-2 繰返し弾塑性応力-ひずみ関係

はり柱要素の有限要素法とニューマークの β 法、および修正ニュートンラフソン法を併用した弾塑性地震応答解析法である。解析に際して、鋼製橋脚母材および補強鋼板の繰返し応力-ひずみ関係を図-2-aに示すバイリニア型とし、コンクリート材料については図-2-bに示す圧縮側をトリリニア型で、引張りには抵抗しないものとした。また、中詰めコンクリートと橋脚鋼板、および橋脚鋼板と補強鋼板のそれぞれの間には平面保持の仮定が成り立つものとした。有限要素解析においては、橋脚は長手方向に20分割、断面は24分割し、入力地震波としてはI種地盤用レベル2地震波を用い、地震入力位置は橋脚基部としている。

4. 解析結果および考察

(1) 中詰めコンクリート上端位置最大ひずみの比較

図-3-aに補強鋼板を接着しない場合、図-3-bに補強鋼板を接着した場合の中詰めコンクリート上端位置における橋脚母材鋼断面最外縁の応力-ひずみ関係を示す。これらの図から、補強鋼板を接着することにより、中詰めコンクリート上端位置における橋脚母材の最大塑性ひずみが、補強鋼板を接着しない場合と比べ減少していることわかる。これは、図-3-cに示す同位置における補強鋼板の応力-ひずみ関係が大きく塑性履歴ループを描いていることからわかるように、補強鋼板が地震による振動エネルギーを吸収したためであると考えられる。

(2) 補強鋼板の板厚および降伏応力度の影響

図-4は補強鋼板の板厚および降伏応力度と、コンクリート上端位置での橋脚母材鋼断面最外縁の最大ひずみの関係を示した図である。この図より、補強鋼板の板厚が厚く降伏応力度が高くなると、橋脚基部断面の塑性化が増加するために、コンクリート上端位置での最大ひずみは減少する傾向のあることがわかる。また、図-5は補強鋼板の板厚および降伏応力度と基

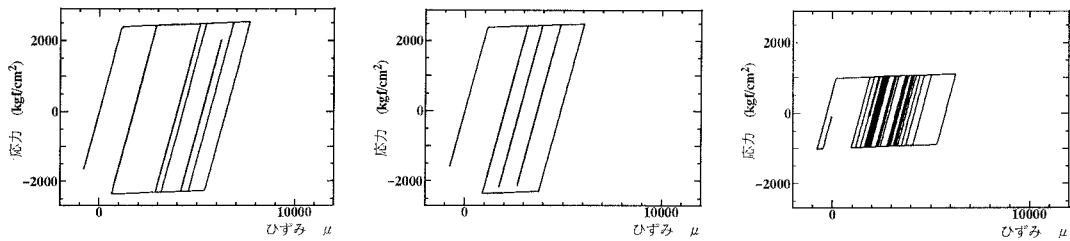


図-3-a 橋脚母材鋼断面（補強鋼板がない場合）
図-3-b 橋脚母材鋼断面（補強鋼板がある場合）
図-3-c 補強鋼板
図-3 応力-ひずみ関係（中詰めコンクリート上端位置）

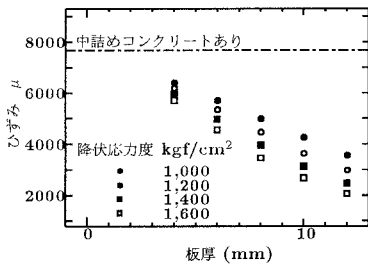


図-4 中詰めコンクリート上端位置最大ひずみ

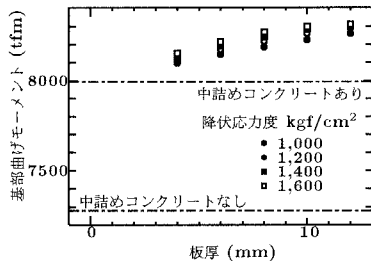


図-5 基部最大曲げモーメント

部最大曲げモーメントの関係を示した図である。この図より、補強鋼板の板厚が厚く降伏応力度が高いほど基部の最大曲げモーメントは増加する傾向がある。しかし、コンクリートの中詰めすることによる曲げモーメントの増加量は約10%であるのに対し、補強鋼板を接着することによる増加量は5%以内であり、補強鋼板を接着することによって基部に作用する力はあまり大きくならないといえる。

5. 橋脚鋼断面と補強鋼板の一体性の検討

接着剤による鋼板の接合が実際にはどの程度の一体性を確保しているかはこの補強法において重要な問題である。

そこで、接着剤を用いた接着接合によって、橋脚鋼断面と補強鋼板の両者が実際にはどの程度の一体性を有しているのか、平面保持の仮定は成立し得るのかを明らかにするため、橋脚鋼断面と補強鋼板の接着部の水平せん断応力の伝達性状を不完全合成理論³⁾を用いて解析的に検討した。なお解析に際しては、鋼製橋脚モデルの一部分に補強鋼板を接着した場合と同様の状態

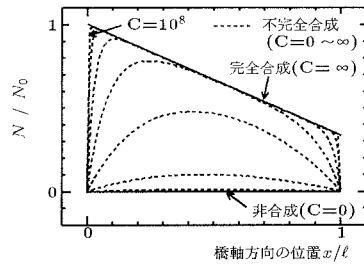


図-6 橋軸方向の軸力分布

になるよう、自由端部に断面力として、せん断力と曲げモーメントに相当する集中荷重と曲げモーメントを作用させた片持ち梁モデルを考えた。図-6は、補強鋼板に作用する軸力分布とせん断剛度の関係を表した図である。文献4)によれば、一般的な接着剤のせん断剛度 $C=10^8 \text{ tf/m}^2$ 程度であり、この場合の軸力分布がほぼ完全合成時に近いことから、橋脚鋼断面と補強鋼板は十分な一体性を有し、両者の間には平面保持の仮定が成立するといえる。

6. おわりに

橋脚鋼断面より降伏応力度の低い補強鋼板の中詰めコンクリート上端位置に接着することにより、橋脚本来の耐力をあまり上昇させることなく、その位置での塑性化を軽減できる耐震補強法の有効性を数値解析法により確認した。また、一般的に利用可能な接着剤を用いることで橋脚鋼断面と補強鋼板の十分な一体性の確保が可能であることがわかった。

なお、本研究の一部は、土木学会鋼構造新技術小委員会の補助を受けたことを付記し、関係者各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, V 耐震設計編, 1990.2.
- 2) 中島章典, 倉西 茂：レベル2地震に対する鋼製橋脚..., 構造工学論文集, Vol.40A, pp.227-234, 1994.3.
- 3) Newmark, N.M., C.P. Siess, and I.M. Viest : Tests and analysis of composite beams with incomplete interaction, *Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis*, Vol.9, No.1, pp.75-92, 1951.
- 4) 日本鋼構造協会：鋼構造物への接着接合の適用, JSCC テクニカルレポート, No.26, 1993.11.