

CPRP シートで補強された RC 橋脚の耐力と変形性能の評価

関西大学大学院理工学研究科
関西大学環境都市工学部

学生員 ○戸井 干輝 学生員 木野村宏昭
正会員 鶴田 浩章 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では道路橋に甚大な被害が生じた。この被害を受けて、既設橋梁の耐震補強が進められた。国土交通省は、平成17年度～平成19年度の3箇年において「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」¹⁾を策定し、耐震補強を推進した。

東海・東南海・南海地震の発生が確実視される状況下で、耐震補強された橋脚の性能を想定荷重あるいは想定以上の荷重に対して再評価することは極めて重要である。ここでは、耐震補強された橋脚の耐力と変形性能を精度よく評価するための解析法を検討するため、CFRPシート巻き立て工法でせん断補強されたRC橋脚を弾塑性有限要素法で解析した。

2. 解析モデルとその条件

2.1 対象とする橋脚とその断面諸元

対象橋脚を図-1に示す。昭和55年度版²⁾と平成14年度版³⁾の設計基準に準拠した橋脚断面を図-2(a)、図-2(b)にそれぞれ示す。耐震補強は、国交省四国地方整備局の設計便覧⁴⁾を参考に、せん断補強で昭和55年度版モデルの橋脚にCFRPシートの繊維の方向を帯鉄筋方向に一致させ、橋脚基部から3,300mmの範囲を5層巻き立てた。シート1層あたりの厚さは0.1mmである。

2.2 解析モデルと数値解析手法

橋脚基部ですべての変位成分を拘束し固定とみなした。天端に上部構造と橋脚躯体の半分に相当する重量、すなわち、圧縮力 $P=6.2(\text{MN})$ と地震力に相当する水平荷重 H を同時に作用させた。ただし、水平荷重 H はそれと等価な変位で漸増载荷した。

コンクリートをソリッド要素、鉄筋を棒要素、CFRPシートを膜要素でそれぞれモデル化した。コンクリート要素と鉄筋要素の節点を鉄筋位置で共有させ、橋脚断面を (n_s-1) 分割し、かぶり部分を2分割した。ここに、 n_s は鉄筋の本数である。橋脚の基部に塑性ヒンジが生じることを想定し、その領域を細かく分割した。CFRP

シートはコンクリート要素と節点を共有させた。要素数と節点数は、昭和55年版モデルで36,024要素、35,218節点、平成14年版モデルで38,836要素、35,218節点、耐震補強モデルで38,752要素、35,218節点である。

数値解析に汎用有限要素解析プログラム“MARC2010.2”を用い、非線形代数方程式の解法にNewton-Raphson法を適用した。

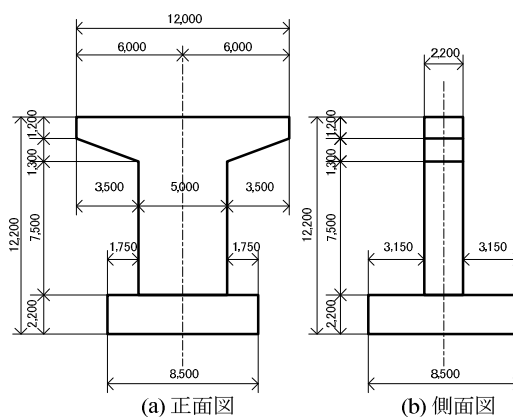
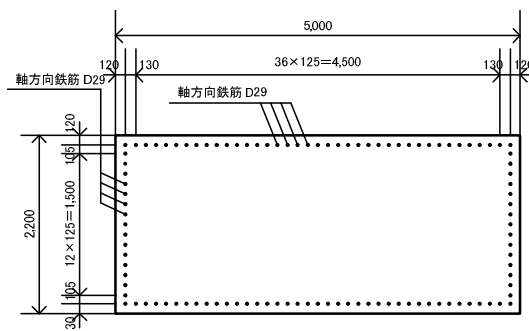
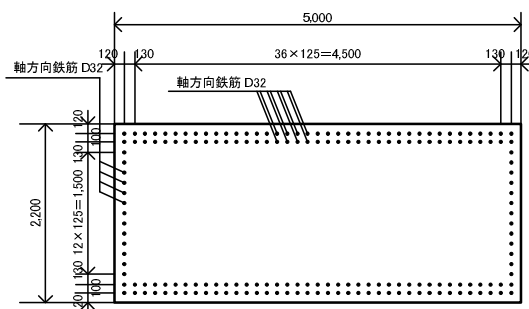


図-1 対象橋脚



(a)昭和55年度版モデル



(b)平成14年度版モデル

図-2 橋脚断面

キーワード RC 橋脚, 耐震補強, CFRP シート巻き立て, 弾塑性有限変位解析

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0882/FAX.06-6368-0882

2.3 材料のモデル化

CFRP シートは繊維の方向を考慮し、直交異方性材料でモデル化した。ここに、縦横のヤング率はそれぞれ 245(GPa), 0.4(GPa)である。コンクリート、鉄筋、CFRP シートの繊維方向に対して、応力-ひずみ関係を示せば、それぞれ図-3(a), 図-3(b), 図-3(c)である。ポアソン比はそれぞれ 0.2, 0.3, 0.32 である。降伏条件として、コンクリートに Buyukozturk を適用し、CFRP シートは弾性体とした。

3. 数値解析結果とその考察

橋脚天端における水平荷重 H と水平変位 δ の曲線を描けば、図-4(a)を得る。また、縦軸に初期降伏荷重 H_y

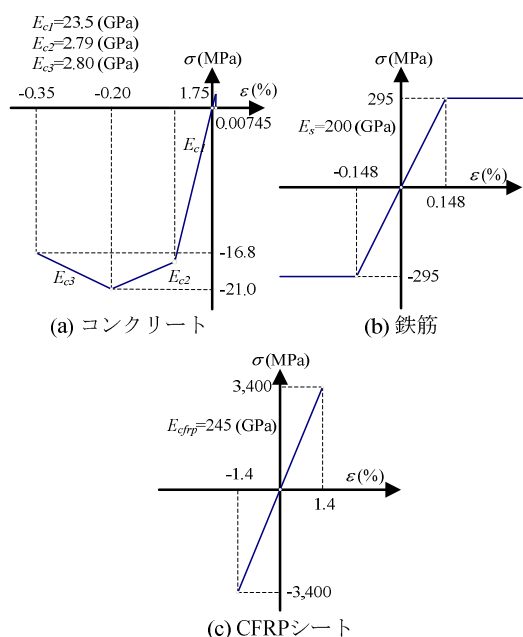


図-3 RC 橋脚を構成する材料の応力-ひずみ関係

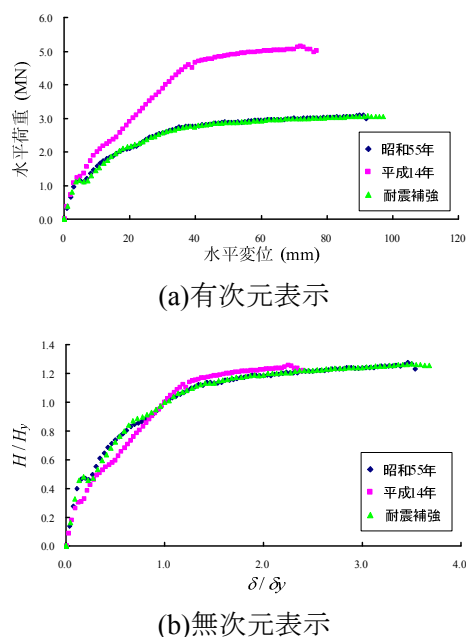


図-4 水平荷重-水平変位の曲線

で除した橋脚天端での無次元水平荷重を、横軸に初期降伏変位 δ_y で除した橋脚天端での無次元水平変位を用いて水平荷重-水平変位の曲線を描けば、図-4(b)を得る。

図-4(a)から明らかなように、CFRP シートにおける繊維の方向性を考慮すれば、耐力を向上させずに耐震補強できることが確認できた。ただし、本解析によれば、コンクリートの圧壊、すなわち、応力-ひずみ曲線上の限界点を越えた後の解析が不可能であった。無補強の RC 橋脚の性能評価はこれでもよいが、CFRP シートによる補強では変形能がかなり期待されるため、この点を越える解析ができるように改良する必要がある。

図-4(b)によれば、無次元表示された 3 本の水平荷重-水平変位曲線はほぼ一致した。橋脚の耐力と変形能を評価する場合、適切な無次元パラメータの導入が極めて有益であることがわかった。また、主鉄筋の本数が増えると、当然、耐力は上昇するが、変形能は劣るようになる。このような対応関係において、想定以上の荷重に対する耐震性能の余裕度をどのように設定するかを今後検討したい。

4. あとがき

耐震補強された RC 橋脚の性能を明らかにするため、昭和 55 年度版と平成 14 年度版の設計基準に準拠した橋脚、および、昭和 55 年度版で設計された橋脚の耐震補強後のそれを対象に、それらの耐震性能を解析から比較・検討した。以下、本研究で得られた結果を示す。

① 靱性の向上を目指した補強は、耐力を上げず、変形能を向上させることにある。繊維の方向性を考慮した解析によって、耐力が向上しないことを確認した。

② 主鉄筋の本数が増えると、耐力は向上するが、変形能は劣るようになる。

なお、平成 24 年 2 月 16 日に道路橋示方書の改定が通達された。ここでは当基準に準拠した評価は行っていない。今後、当基準に準拠した評価を検討する。

参考文献

- 1) 国土交通省：「緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム」の策定について，2005。
- 2) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善，1980。
- 3) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善，2002。
- 4) 国土交通省・四国地方整備局編：設計便覧，2007。