

鋼板巻き補強されたRC橋脚の二次元FEMによる耐荷力解析

九州大学 学生員 ○亀山好秀

九州大学 正 員 彦坂 熙

九州大学 学生員 齊藤成彦

1. 緒言

橋脚の耐震補強方法として、鋼板巻き立て工法やRC巻き立て工法が提案されている。その補強効果は、棒の曲げ理論に基づく弾塑性解析により地震時保有水平耐力を算定して照査される。しかし、RC橋脚の中にはせん断スパン比が比較的小さく、棒理論の適用が必ずしも妥当でないものも見受けられる。また、「復旧仕様¹⁾」には、帯鉄筋や巻き立て鋼板による横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係が新たに規定されているが、大断面の実橋脚においてそれらの横拘束効果が必ずしも確認されているわけではない。本研究では、鋼板巻き補強された矩形断面RC橋脚の耐荷力を二次元非線形有限要素法で解析し、その補強効果について考察する。

2. コンクリートの材料モデル

RC構造物の二次元解析では、主鉄筋、帯鉄筋、補強鋼板などをそれぞれ独立の構造要素として考慮し、コンクリートの応力-ひずみ関係を材料固有の特性として扱う。圧縮応力下のコンクリートは、初期降伏まで線形弾性材料と仮定し、その後は弾塑性理論を用いる。平面応力状態の主応力を σ_1 、 σ_2 とし、Kupferら²⁾の実験に基づき一軸圧縮強度 f_c で無次元化した応力限界曲面を図-1のように定める。材料はこの限界曲面まで等方的に硬化し、そこで等方的に軟化を開始して、ひずみで定義される破壊曲面を越えると耐荷力を失うものと仮定する。引張応力に関しては、図-1の引張側限界曲面を越えると最大主応力に直交するひびわれが発生し、その後はひびわれに垂直方向の要素剛性をひずみ軟化則に従って低下させることにより、その要素を直交異方性連続体として扱う分布ひびわれモデルを採用する。

3. 解析対象構造物の概要

鋼板巻き補強に関する载荷実験結果³⁾が報告されている正方形断面単柱RC橋脚の1/6模型3体を解析対象に選ぶ。すなわち、

供試体A： 柱断面600×600mmの無補強RC橋脚。配筋概要を図-2に示す。引張鉄筋は28-D10（鉄筋比 $p=0.61\%$ ）、帯鉄筋はD6を4-ctc200（鉄筋比 $p_w=0.11\%$ ）配置。

供試体B： 供試体Aを板厚1.6mmの鋼板で巻き立て、隙間にエポキシ樹脂を注入。鋼板下端はアンカーでフーチングに定着。

供試体C： 供試体Bと同様に供試体Aを鋼板巻き補強。

ただし、鋼板の下端はフーチングに定着せず、フーチングとの間に5cmのあきをとる。

コンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=270 \text{ kgf/cm}^2$ 、鉄筋はSD295相当品、鋼板はSS400相当品であるが、解析における各強度および弾性係数は材料試験による値を用いた。実験は一定軸力 $N=55 \text{ tf}$ （軸応力度 15.3 kgf/cm^2 ）の下で水平交番载荷により行われているが、解析における水平加力は単調漸増载荷である。

解析に用いた有限要素メッシュを図-3に示す。コンクリートおよび鋼板には定ひずみ三角形要素を、鉄筋には一次元棒要素を用い、柱筋部の各節点に付着リンク要素を用いた。

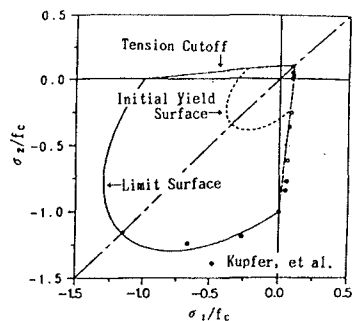


図-1 コンクリートの限界曲面

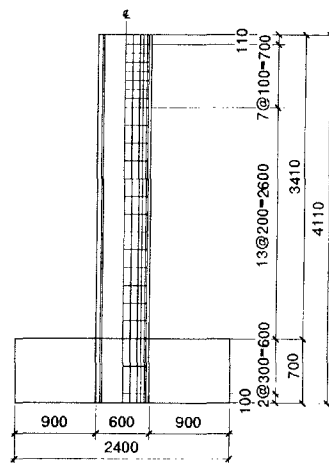
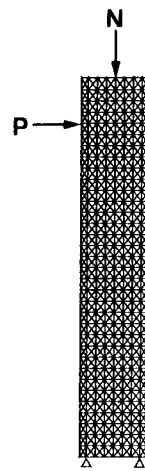


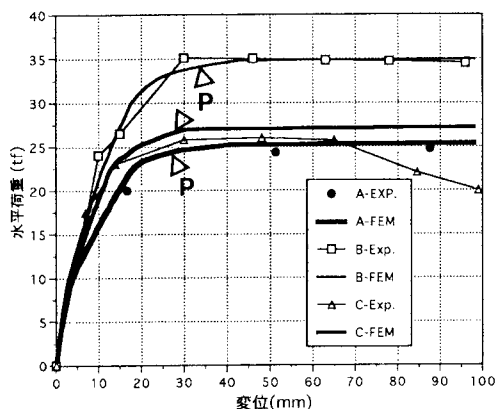
図-2 配筋概要 (mm)

4. 解析結果および考察

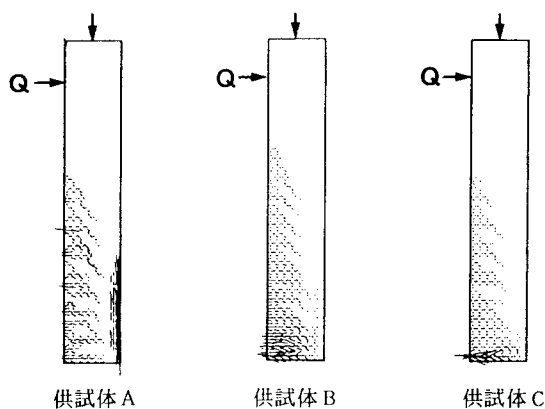
各供試体載荷点の荷重－変位曲線の解析結果を実験値（包絡線）と比較すれば図－4の通りである。本解析法により補強前・後の保有水平耐力を精度よく把握できるが、圧縮鉄筋の座屈が解析モデルに考慮されていないため、実験の終局時に見られる耐力低下をシミュレートすることはできない。実験における供試体A, B, Cの耐力低下はそれぞれ変位量87mm, 115mm, 65mm付近で生じており、補強鋼板の下端をフーチングに定着した供試体Bは耐力、靱性ともにAより大幅に向上している。図－5は、荷重－変位曲線上の点Pにおける解析によるひびわれパターンを示したものである。無補強の供試体Aでは比較的大きなひびわれが広範囲に離散的に生じるのに対し、鋼板補強をすると大きなひびわれが柱下端付近に集中している。この傾向は供試体Cで特に著しく、鋼板下端をフーチングに定着しないと補強効果があまり期待できないと思われる。図－6は、各供試体最下端の引張鉄筋および補強鋼板の解析による荷重－ひずみ曲線を示したものであり、この結果からも鋼板下端の定着の有無による補強効果の違いが理解できる。



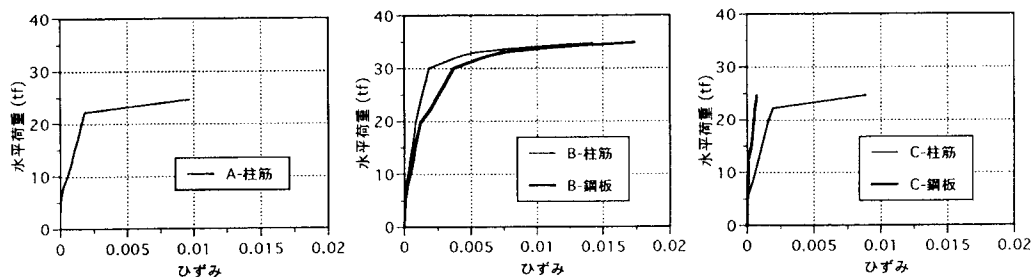
図－3 要素メッシュ



図－4 荷重－変位曲線



図－5 ひびわれパターン



図－6 引張鉄筋および補強鋼板の荷重－ひずみ曲線

〔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及び復旧仕様の解説（案），平成7年2月 2)H.R.Kupfer et al:Behavior of Concrete Under Biaxial Stresses,ACI Journal,Vol. 66,No. 8, Aug. 1969. 3)損傷を受けた橋脚の補強に関する模型実験中間報告書，阪神高速道路公団，平成7年8月