

第5部門Aの研究活動に関する報告

(平成20～平成21年度)

研究課題名：繰返し力を受けるRC部材の破壊進展性状の解明と高機能RC部材の開発に関する研究

平澤征夫

Abstract: Two kinds of experiment are carried out on reinforced concrete columns. The objective of this experimental study is to investigate the mechanical performance of high-performance steel fiber-reinforced R/C columns and low-level pre-stressing R/C columns. To this purpose, a series of static and dynamic cyclic tests was carried out on a shaking table, under vertical, horizontal or combined vertical/horizontal loads. As should be expected, the columns reinforced with hooked steel fibers($v_f=0.5, 0.1$ and 1.5% by volume) exhibited a better cyclic behavior compared to the columns whose reinforcement was limited to ordinary bars, since the tests showed sizable improvement in terms of ductility and bearing capacity, with a significant reduction of the residual displacements after the tests. The tests indicated also that adding steel fiber may justify a reduction of the transverse reinforcement, whose role (for the two values of the steel ratio investigated in this project, 0.8 and 1.2%) turned out to be rather limited.

Keywords : *Dynamic behavior , Fiber reinforced concrete, Pre-stressed concrete column.*

1. はじめに

本文は、標記のタイトルのうち、主として高機能RC部材の開発に関する研究部分の報告である。地震のような動的繰返し震動を受ける部材、具体的には、阪神大震災の際に倒壊した橋脚を想定した場合、今後建設する土木構造物にはこれまで以上の耐震安全性を確保する設計が必要である。特に現在その発生が予想されている東海・東南海地震にも耐えられる構造物は、高機能部材ともいえる性能を保持させる必要がある。それは十分な耐震性のみでなく、被災後の復旧の容易さ、さらに今後の経済の発展状況を考えれば、長期的に使用可能な耐久性をも備えていなければならないからである。

本研究の最終目的は、上記の視点から、現在ある高性能化技術を組み合わせることによって従来では考えられなかった新たな高性能(場合によっては超高性能ともいえる)RC部材を開発することにある。

現在ある技術を利用した具体的な研究目標は次の２点である．

- (１) 低プレストレスを導入したＲＣ橋脚モデルの静的および動的挙動に関する実験的研究（平成 20 年度）．
- (２) 鋼繊維補強高強度コンクリート柱部材の耐力と変形に関する実験的研究（平成 21 年度）．

2. 研究報告

2.1. 研究題目（１）：低プレストレスを導入したＲＣ橋脚モデルの静的および動的挙動に関する実験的研究（平成 20 年度）

兵庫県南部地震において橋脚が倒壊して以後，耐震設計法が見直され，特に帯鉄筋（横拘束鉄筋）量を，従来の約 2 倍に増加するような改訂が行われた．これにより橋脚の靱性は増加することとなったが，一方で，鉄筋間隔の減少によってコンクリート打設が困難になるなどの施工性の問題が生じている．また，震災以後，復旧性が容易な構造とすることも設計に考慮すべき問題となっている．

筆者等は，震災以後の耐震設計に水平震動だけでなく，直下地震による上下動の影響も考慮すべきことを提言し，具体的な対策を検討してきている．その一方法として，新たに橋脚に軸方向に低プレストレスを導入する方法を提案した．

通常の橋脚に低プレストレスを導入することの利点は，まず第 1 には地震被災時の変形挙動を弾性的に保ち，被災後の残留変位を少なく抑え，すばやい復旧を可能にすることである．第 2 は地震の上下動による軸方向の伸び変形を抑えることができることである．第 3 にはプレストレスにより橋脚基部の横拘束鉄筋の拘束効果を高め，塑性ヒンジ効果を高めることができることである．見方を変えれば，これらの効果を期待して，現在問題となっている，コンクリート打設時の施工不良の原因となっている鉄筋間隔が狭すぎるトイウ施工性の問題を緩和することが可能となることが予想される．

本研究は，上述のプレストレス導入の利点を耐震性だけでなく，施工性向上に結び付けることを目的とした新たな橋脚構造の開発研究のための基礎的かつ実験的研究である．具体的研究内容は，ＲＣ実橋脚の 1/16 モデルに低プレストレスを導入した柱モデルを使用して，静的繰返し実験と振動台を用いた動的実験を実施したものである．供試体要因は両実験ともプレストレス導入レベルを 3 レベル（無し，1MPa, 2MPa），横拘束鉄筋量 2 種類（0.8%, 1.2%），とし，これらを各 2 体作製し合計 24 体の実験を行った．この結果より，たとえ低レベルであってもプレストレスを導入することにより柱の耐震性能（耐力と靱性の向上，残留変位の減少）を向上させることが明らかであることを検証した．また，横拘束鉄筋量に関しても，1.2%の方が向上効果が著しいことを確認した．

2.2. 研究題目（２）：鋼繊維補強高強度コンクリート柱部材の耐力と変形に関する実験的研究（平成 21 年度）

本研究は，鋼繊維を混入した高強度コンクリート柱部材について静的正負交番繰返し載荷実験、および振動台を用いた動的水平一軸加振実験と動的水平・鉛直二軸同時加振実験を行い，高性能コンクリート部材の耐力と変形性能について検証することを目的とした実験的研究である．実験の結果，鋼繊維を 1%混入した供試体は，混入していない鉄筋コンクリート供試体に比べて変形性能および最大耐力が大きくなること，残留変位を減少させるとともに残留変位の発生を遅らせることができることから，耐震性能を向上させる効果があること，さらに横拘束鉄筋量を減少できる可能性があることを明らかにした．具体的には，上記で用いたものと同じ大きさのＲＣ供試体で，プレストレスを導入する代わりに鋼繊維補強高強度コンクリートを用いて高性能化を計った効果を実験的に検証したものである．混入する鋼繊維混入量を $v_f=0.5\%$ ， 1.0% ， 1.5% の 3 種類とり，横拘束鉄筋量は（１）の研究と同様に 0.8%, 1.2%の 2 種類とした．

得られた結論は，静的実験の結果の平均荷重～平均変位曲線より，鋼繊維の混入量は 1.0%かつ横

拘束鉄筋量 1.2%程度までが柱部材の耐力向上に対して有効であることが明らかとなった。動的水平一軸加振実験および動的水平・鉛直二軸同時加振実験の結果からは、鋼繊維混入量および横拘束鉄筋量の増加に伴って、応答荷重が増大することが明らかとなった。また、動的載荷実験による柱頂部の残留変位～加振倍率曲線より、鋼繊維混入量および横拘束鉄筋量を増加させることで、柱頂部の残留変位の発生を抑えられることが明らかとなった。本研究の結果から得られた有用な結論は、RC柱に用いられるコンクリートを、鋼繊維を 1%混入した鋼繊維補強コンクリートとすることで、必要な横拘束鉄筋量を、1.2%から 0.8%に減少させることが可能であることが明らかとなったことであり、過剰な鉄筋配筋による施工性低下の問題を解決できる可能性を示すことができたことである。

3. 研究成果

(査読付：計 6 件)

- 1) 岡本恒和, 秋山芳幸, 平澤征夫：低プレストレスを導入したRC橋脚モデルの静的および動的挙動に関する実験的研究（査読有り），コンクリート工学年次論文集，Vol.30, No.3, pp.517-522, 2008.7.11.
- 2) 平澤征夫, 岡本恒和, 中野瞬介, 秋山芳幸：鋼繊維補強コンクリート柱部材の動的特性に関する実験的研究，中部大学総合工学研究所紀要，Vol.20, PP.67-72, 2008.3.1.
- 3) Ikuo Hirasawa, Yoshiyuki Akiyama and Tsunekazu Okamoto: Effects of Vertical Earthquake Movement on the Dynamic Characteristics of RC Pier Models, Bulletin, Institute of Science and Technology Research, Chubu University, Vol.20, pp.73-85, Mar. 2008, 10.
- 4) 平澤征夫, 岡本恒和, 伊藤裕大：鋼繊維補強高強度コンクリート柱部材の耐力と変形に関する実験的研究（査読有り），コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.2, 2009.7.
- 5) I. Hirasawa, T. Okamoto and Y. Ito : An Experimental Study on the Strength and Ductility of Cyclically-Loaded Steel Fiber-Reinforced High-Strength Concrete Columns, Sixth International Conference, Concrete under Severe Conditions, CONSEC'10, June 7-9, 2010.6.(Accepted).
- 6) T. Okamoto, Y. Ito and I. Hirasawa : An Experimental Study Regarding Static and Dynamic Behaviors of RC pier Models using Low-stress level pre-stressing Specimens, Sixth International Conference, Concrete under Severe Conditions, CONSEC'10, June 7-9, 2010.6.(Accepted).

(口頭発表：計 3 件)

- 7) 山上正遵, 岡本恒和, 平澤征夫：低プレストレスを導入したRC橋脚モデルの動的載荷実験に関する研究，平成 19 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.429-430, 2008.3.7.
- 8) 小池怜史, 岡本恒和, 平澤征夫：低プレストレスを導入したRC橋脚モデルの静的載荷実験に関する研究，平成 19 年度土木学会注 b 支部研究発表会講演概要集，pp.431-432, 2008.3.7.
- 9) 平澤征夫, 西野慎一, 伊藤裕大：鋼繊維補強高強度コンクリートを用いた柱部材の耐力と変形に及ぼす載荷方法の影響に関する実験的研究，平成 20 年度土木学会全国大会，V 491, pp.981-982, 2008.9.10.