

炭素繊維で被覆した高強度 RC 杭の正負交番载荷実験

東北大学大学院	学生会員	○青木 直	東北大学大学院	正会員	秋山充良
東北大学大学院	フェロー	鈴木基行	鹿島建設(株)	正会員	浅沼大寿
(株)大林組	正会員	武田篤史	前田製品販売(株)		佐藤 啓
			高周波熱錬(株)		飯干福馬

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾では、レベル2地震動の作用に対し、橋脚基部のみに主たる塑性化を発生させ、基礎などは基本的に弾性限界を超えさせない損傷シナリオを基本としている。しかしながら、液状化の影響により地盤の水平反力が十分に期待できない、あるいは橋脚が十分に大きな耐力を有しているときには、基礎の降伏を許容せざるを得ない例が存在する。本来は、地盤条件などに関わらず、基礎構造は弾性限界までの応答しか許容せず、橋脚基部に主たる塑性化を生じさせる耐震設計が望まれる。

以上の背景のもと、杭基礎の地震時保有水平耐力の向上を目的に、高強度構成材料を使用し、断面中心部に配置されたPC鋼棒によりプレストレスを導入したRC杭体(以下、高強度RC杭体)を考案した。そして、単調曲げ载荷実験により、既往のコンクリート製杭に比べ高い曲げ耐力を有することを確認してきた²⁾。本研究では、高強度RC杭体の正負交番载荷実験を行い、繰り返し荷重下での部材性能を確認した。

2. 実験概要

供試体諸元の一覧を表-1に示し、供試体断面の一例を図-1に示す。実験供試体は、全て直径D=400mmの形状を有している。杭長1800mmの杭体を遠心力形成によって製作し、脱型後、中詰めコンクリートを打設している。養生後、繊維方向を円周方向とした炭素繊維シート(以下CFS)により被覆し、プレストレスを導入した。供試体の下端部にはアンカー鉄筋(D25, SD490)16本を溶接し、埋め込み長さを1D確保した状態でフーチングを打設した。フーチング上面から荷重载荷位置までの距離(せん断スパン)は1080mmとなる。

供試体には、PC鋼棒に加えられた緊張力に相当する圧縮力が供試体両端に設けたアンカープレートを介して与えられる。せん断補強筋は、せん断破壊を防ぐため高強度鉄筋を密に配置した。実験因子は、コンクリート圧縮強度 σ_c' : 70, 100 N/mm²程度、導入プレストレス f_{pe} : 0, 22N/mm²程度、軸力(橋脚・上部工重量を想定した鉛直荷重)の有無、およびCFS被覆の有無である。载荷状況を写真-1に示す。

载荷方法は、まず荷重制御にて正方向に载荷し、引張鉄筋に貼付したゲージにより降伏を確認した。この時の载荷点位置の水平変位を降伏変位 δ_y とし、その後は δ_y の整数倍を载荷ステップとして、载荷ステップ毎に3サイクルの交番载荷を行った。

表-1 供試体諸元一覧

供試体名	σ_c' (N/mm ²)	f_{pe} (N/mm ²)	軸力 (N/mm ²)	CFS
D4F10P0L2T1FC-A	98.2	0.0	6.9	有
D4F10P22L2T1FC	99.4	22.2	0	有
D4F10P22L2T1FC-A	99.6	22.5	6.9	有
D4F10P22L2T1F-A		21.8		無
D4F7P22L2T1FC-A	66.6	22.0		有

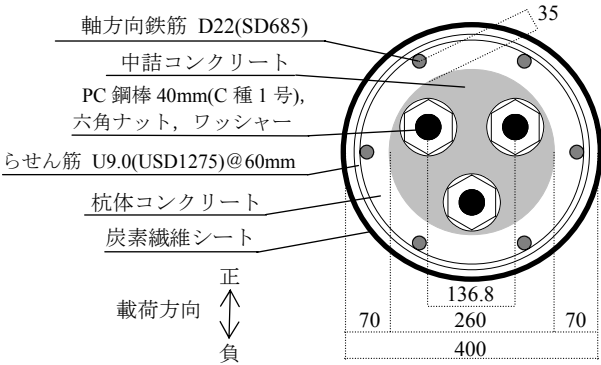


図-1 供試体断面の一例



写真-1 供試体载荷状況

Key Words : 高強度 RC 杭, 高強度材料, プレストレス, 炭素繊維シート
連絡先 : 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL : 022(795)7449 FAX : 022(795)7448



写真-2 CFS 破断

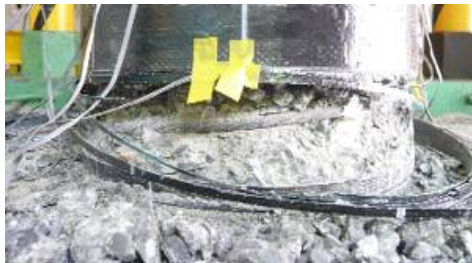


写真-3 かぶりコンクリート剥落

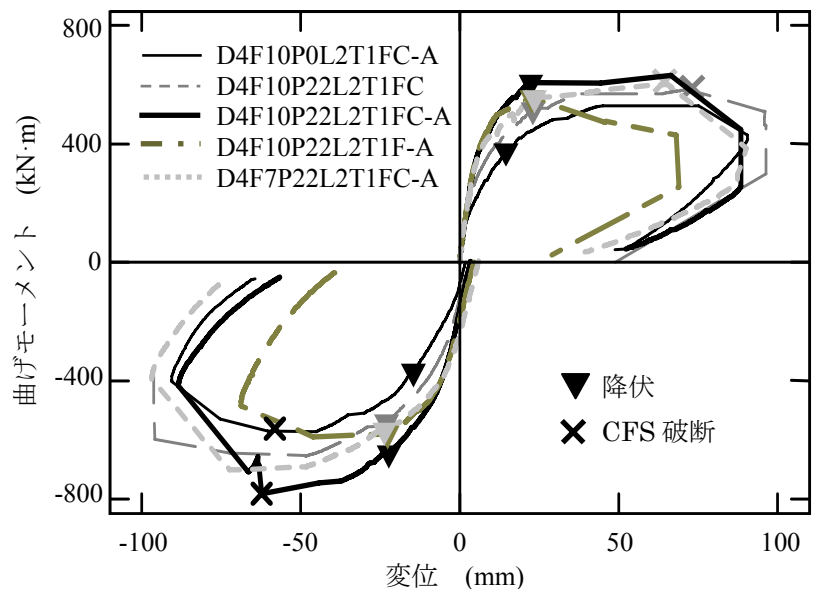


図-2 曲げモーメント-変位関係

3. 実験結果

CFS 被覆の有無に着目した損傷過程を示す。CFS 無しの供試体は、圧縮側のかぶりコンクリートが早期に剥落し、その後、引張鉄筋が降伏する。降伏以降は、大きな圧縮力を受けるかぶりコンクリートの剥落がより進展するため、荷重の増加は見られない。その後、圧縮鉄筋のはらみ出しが生じ、軸方向鉄筋の破断に至る。一方、CFS 有りの供試体は、引張鉄筋が降伏した後、写真-2 に示すように、圧縮側の CFS が破断する。しかし、この段階でもかぶりコンクリートの損傷は軽微であり、降伏前にかぶりコンクリートの剥落が広範囲にわたって生じた CFS 無しの供試体とは損傷状況が大きく異なっている。その後、载荷の進行に伴い、CFS 破断箇所のかぶりコンクリートの剥落(写真-3)が進展し、急激な荷重低下を引き起こす。最終的には、圧縮鉄筋のはらみ出しが生じた後、軸方向鉄筋の破断に至った。また、载荷終了後の観察から、鉛直軸力が与えられ、さらに大きなプレストレスを導入した場合に、損傷範囲が供試体基部から広範囲にわたることが認められた。

全供試体の曲げモーメント-変位関係の比較を図-2 に示す。ここには包絡線のみを示す。参考文献 2) の単調曲げ载荷実験と同様に、コンクリート圧縮強度の増加、プレストレス導入、および CFS での被覆により最大荷重が増加する。さらに、鉛直軸力の载荷により、剛性と降伏耐力がともに増加している。これは、プレストレス導入や鉛直軸力の载荷により、コンクリートの曲げ圧縮領域が増加すること、および CFS で杭体を被覆することにより、杭体コンクリートに高い横拘束力(コンファインド効果)が与えられるためである。また、CFS で杭体を被覆した場合には、靱性能の顕著な改善が確認される。CFS の横拘束力により、降伏前のかぶりコンクリートの剥落を防止するだけでなく、降伏後にかぶりコンクリートが CFS 内部に存在し続けるため、急激な荷重低下が防止された結果である。加えて、CFS が破断に至るまでは軸方向鉄筋のはらみ出しも抑制するため、靱性能の向上に寄与する。一方で、CFS 破断後にはかぶりコンクリートの剥落(写真-3)や、軸方向鉄筋のはらみ出しが進行するため、急激な荷重低下が生じており、その傾向は鉛直軸力やプレストレスを導入した供試体ほど顕著であった。

4. まとめ

高いプレストレスを導入し、炭素繊維シートで被覆することにより、開発した高強度 RC 杭体は繰り返し荷重下でも優れた部材性能を有することを確認した。特に、既往のコンクリート製杭に比べ、高い最大荷重を有することから、開発杭の使用により、杭基礎の地震時保有水平耐力を大きく改善することが可能となる。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002。2) 青木直，浅沼大寿，秋山充良，鈴木基行，三浦稔，佐藤啓，飯干福馬：高強度構成材料を用いた RC 杭体へのプレストレスの導入による構造性能の改善，土木学会第 63 回年次学術講演会，5-447，pp.953-954，2008。