

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

東北大学大学院 学生会員 ○青木 直, 浅沼大寿 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 JR 東日本(株) 正会員 三浦 稔
 前田製管(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、兵庫県南部地震級のレベル 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、修復を行い得る範囲で地震エネルギーの吸収を図り、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、経済性への配慮から、基礎の降伏を許容せざるを得ない例が存在する。本来的には、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、修復が容易な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、断面中心部へ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²⁾。本研究では、高強度 RC 杭体のさらなる高性能化を目指し、参考文献 2)で指摘された改善点に対応した供試体を製作し、曲げ载荷実験によりその性能向上度を確認した。

表-1 供試体諸元一覧

供試体名	σ'_c (N/mm ²)	ρ_g (%)	f_{pe} (N/mm ²)	CFS ¹⁾
D4F10P7L2T1F	102.2	1.8	6.6	無
D4F10P14L2T1FC		1.8	12.7	一部巻
D4F10P0L2T1FC	98.7	1.8	0	一部巻
D4F10P22L2T1F		1.8	21.0	無
D4F10P22L2T1FC	97.3	1.8	20.4	一部巻
D4F10P14L4T1FC		3.8	13.4	全長巻
D4F9P14L2T1FC	88.0	1.8	13.7	一部巻
D4F9P22L2T1FC		1.8	20.1	一部巻
D4F12P14L2T1F ²⁾	108.0	1.8	12.6	無

1) 一部巻：純曲げスパンに貼付。全長巻：全長に渡り貼付。

2) 参考文献 2)で報告(PC 鋼棒の径は 32mm)。

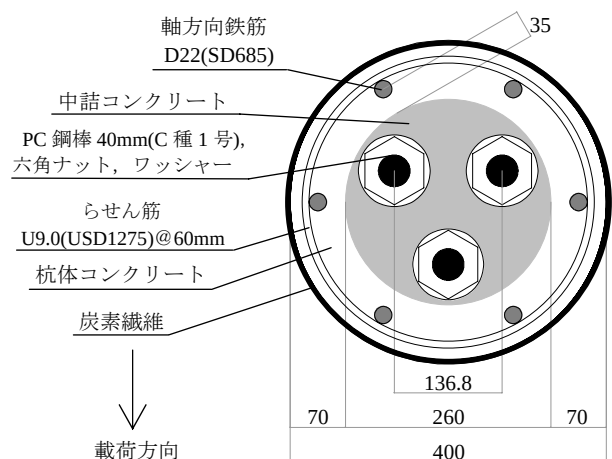


図-1 供試体断面の一例

2. 実験概要

供試体諸元一覧を表-1 に示す。供試体は全て直径 400mm、杭長は 4000mm の形状である。実験因子は、コンクリート圧縮強度 σ'_c 、導入プレストレス f_{pe} 、軸方向鉄筋比 ρ_g 、および炭素繊維シート(以下、CFS)の有無である。PC 鋼棒はアンボンドであり、杭体には、供試体両端に設けたアンカープレートを通じて圧縮力が与えられる。また、供試体断面の一例を図-1 に示す。本構造形式の特徴²⁾は、i)大きなプレストレスの導入により、断面の中立軸を図心位置に近づけ、コンクリートの高強度化により杭体の曲げ耐力の向上を図る、ii)PC 鋼棒をアンボンドの状態断面の中心部に配置することで、PC 鋼棒の塑性化を防ぎ、残留変位の低減を図る、iii)軸方向鉄筋に高強度鉄筋を使用することで曲げ耐力を向上させる、iv)らせん筋を高強度化し、せん断耐力を向上させる、の 4 点である。また、参考文献 2)で行った実験を踏まえ、表-1 の供試体製作時には次の改善を行っている。すなわち、a)中詰めコンクリート(圧縮強度約 40N/mm²)の充填、b) CFS による杭体の被覆、c) 密ならせん筋間隔(60mm)、および d) より大きなプレストレスの導入、である。

载荷点および支点位置は、参考文献 3)を参考に、純曲げスパンを 1000mm、せん断スパンを 1260mm とした。

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

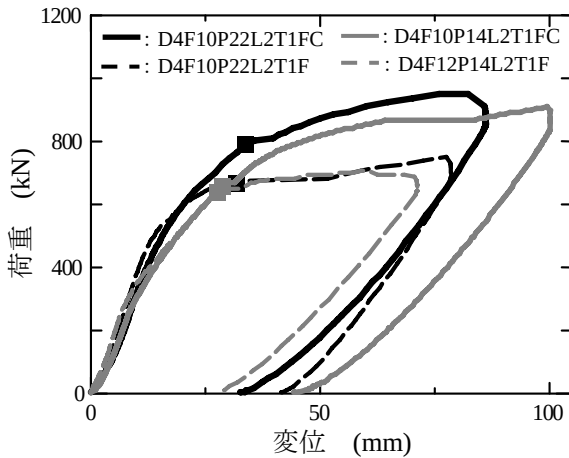


図-2 荷重-変位関係

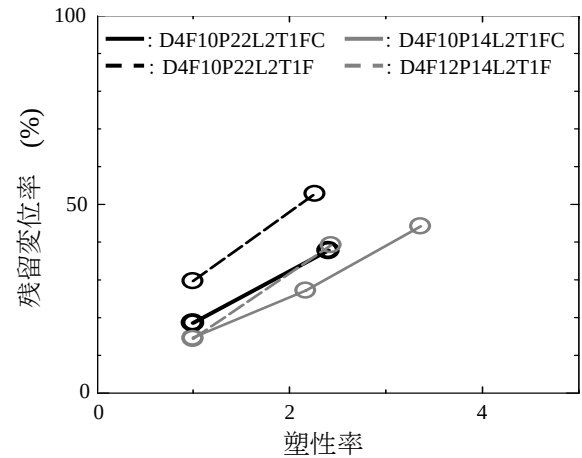


図-3 残留変位率-塑性率関係

載荷の際には、高強度 RC 杭体の復元力特性を確認するため、引張縁の軸方向鉄筋降伏時(このときのスパン中央位置のたわみを降伏変位 δ_y と定義)、および約 $2\delta_y$ 時に荷重を除荷し、あわせて残留変位や残留ひび割れを観察した。載荷の終了条件は、スパン中央部のたわみが約 100mm に達したとき、あるいは、PC 鋼棒のひずみが降伏近くに達したときとした。

測定項目は、荷重、鉛直変位、PC 鋼棒、軸方向鉄筋、CFS、およびらせん筋の各ひずみであり、また、ひび割れの進展状況を観察した。なお、以降で「変位」とは、スパン中央位置の鉛直変位を指す。

3. 実験結果

CFS の有無と導入プレストレスの大小に着目した荷重-変位関係の比較を図-2 に示す。参考文献 2) の供試体に比べ、断面中心部に中詰めコンクリートを充填し、また、CFS で杭体を被覆することで、かぶりコンクリートおよびコアコンクリートに高い横拘束力が与えられ、それらのコンファインド効果の発現により杭体の曲げ耐力が向上している。中詰めコンクリートの充填と CFS の被覆がない場合には、最大荷重付近でかぶりの剥落が生じ、大きな荷重低下を示すのとは対照的な挙動である。なお、導入プレストレス f_{pe} が 20N/mm^2 以下の供試体では、プレストレスの大小が杭体曲げ耐力に与える影響は小さいものとなった。これは、載荷中の杭体の変形に伴い、PC 鋼棒に軸引張力が作用し、 f_{pe} の小さい供試体でも見かけ上、導入プレストレスが大きな供試体と大差ない軸圧縮状態になったからである。この杭体の変形に伴う軸圧縮力の増分の定量評価は、今後の課題である。

図-3 には残留変位率-塑性率関係を示す。残留変位率は、除荷時の残留変位を除荷前のピーク変位で除した値であり、塑性率は、除荷前のピーク変位を降伏変位で除した値である。図-3 より、ある塑性率に対する残留変位率は、CFS で被覆した供試体で小さくなっている。同じ塑性率に対する杭体の損傷が小さく、特にかぶりの剥落などの断面欠損が生じにくいと、断面中心部に配置した弾性状態にある PC 鋼棒により、その残留変位を小さくできたと考えられる。

4. まとめ

高強度構成材料を使用し、断面中心部へプレストレスを導入した RC 杭体について、中詰めコンクリートの充填と炭素繊維シートによる被覆などの改良を加えた。そして、単調曲げ載荷実験を実施し、これらの改良により高強度 RC 杭体の構造性能が向上することを確認した。

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) 秋山充良，阿部諭史，浅沼大寿，三浦稔，前田直己，鈴木基行：高強度構成材料を用いた RC 耐震柱部材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 62 回年次学術講演会，5-180，pp.359-360，2007。
- 3) (社)コンクリートポール・パイル協会および(社)コンクリートパイル建設技術協会による鋼製複合杭(SC 杭)団体規格曲げ強度試験