

高強度コンクリートを用いたPCはり部材の高応力繰返し下の耐荷性状

京都大学 正員 岡田 清 正員 小林 和夫 正員 宮川 豊章
正員 井上 晋〇学生員 勝野 由弘

1. まえがき 近年、圧縮強度が 800kgf/cm^2 程度の高強度コンクリートが現場においても容易に製造することが可能となり、その有効な利用分野としてPC構造が注目されている。本研究は高強度コンクリートを用いたポストテンションPC単純はりにおいて、漸増変位・定変位の交番繰返し試験を実施し、i)コンクリート強度、ii)降伏ヒンゲ領域に配置する曲げ拘束筋の有無が耐力や塑性変形特性に及ぼす影響を検討し、PC曲げ部材の耐震特性を評価する上での基礎資料を得ることを目的としたものである。

2. 試験概要 本研究では、PC鋼より線を用いた矩形断面のポストテンションPC単純はりを用いて、一方向および正負交番漸増タイプの静的試験、定変位交番繰返し試験を実施した。上記のii)の検討のために、設計基準強度 $\sigma_{ck}=800\text{kgf/cm}^2$ の高強度コンクリートと $\sigma_{ck}=550\text{kgf/cm}^2$ の普通強度コンクリートを用いた2種類のはりを作製した。ii)に関しては、ニュージーランド規準等を参考にしてスパン中央50cm区間に $\frac{1}{4}(d:\text{有効高さ})$ ピッチで $\phi 6\text{mm}$ 閉合矩形スタラップを配置したはり($S=\frac{1}{4}$)と配置しないはり($S=\infty$)の2種類を選定した。なお、供試はりにはすべてボンドタイプ(シースと鋼材の間にセメントペーストグラウトを充填したもの)とし、鋼材指数 δ はニュージーランドダクタイルフレーム耐震設計指針の規定を十分に満足する値として0.18を選定した。(ただし、 δ 値はコンクリートの設計基準強度と実強度との違いから若干異なる。) 供試はりの断面形状・寸法を図1に示す。また、供試はりの種類を表1および表2に示す。

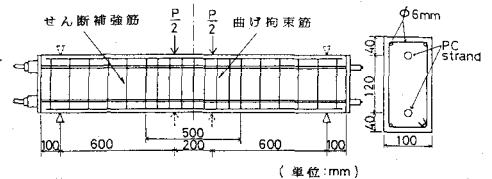


図1 はりの断面形状・寸法 (単位:mm)

1) 静的載荷試験 一方向の場合はスパン中央のコンクリート圧縮ひずみ ϵ_c が $1000\mu, 2000\mu, 2500\mu, 3000\mu$ となる荷重レベル、最大耐力時およびフォーリンググラウンケ領域で中央たわみが20mm(部材角 $\theta=0.033$)、30mm($\theta=0.050$)になる荷重レベルで各1回ずつの載荷-完全除荷を行う漸層繰返し載荷とした。正負交番の場合は、スパン中央たわみが一方向の場合の $\epsilon_c=2000\mu$ 時のスパン中央たわみと等しくなる荷重レベル、最大耐力時、フォーリンググラウンケ領域で中央たわみが10mm($\theta=0.017$)、20mm($\theta=0.033$)となる荷重レベルで各1回ずつの正負等変位の交番載荷とした。

2) 定変位交番繰返し試験 静的載荷における最大耐力時付近の載荷点たわみは(8~10mm)で原則として100回の交番繰返しを行い、所定の回数に達した時に静的載荷による履歴ループを求めた。(DHW)-

表1 はりの種類・耐力・じん性率

供試はり	コンクリート強度 σ_{ck} (kgf/cm^2)	鋼材指数 δ	向心部スラップピッチ S (mm)	最大耐力 P_u (kg)	耐力 P_e (kg)	最大耐力時じん性率 μ
AH-1	769	0.187	∞	194	6.5	13.35
AN-1	640	0.154	∞	121	4.3	10.10
AH-2	769	0.187	d/4	195	8.0	13.64
AN-2	592	0.167	d/4	113	5.0	10.46
AH-3	769	0.187	∞	195	13.14 (6.8)	13.14 (12.31)
AN-3	651	0.152	∞	112	5.0 (4.8)	8.75 (8.42)
AH-4	769	0.187	d/4	211	5.5 (7.6)	12.60 (12.96)
AN-4	592	0.167	d/4	109	5.5 (5.0)	10.39 (9.66)

※ P_e, μ の()内の数字は両方向側の値を示す
※供試はり名のHは高強度、Nは普通強度を示す

表2 はりの種類、たわみ載荷点レベル

供試はり	向心部スラップピッチ S (mm)	たわみ載荷点レベル δ (mm)
DH-1	0.167	∞
DN-1	0.169	∞
DH-2	0.167	d/4
DN-2	0.169	d/4
DH-3	0.162	∞
DH-4	0.167	d/4
DN-4	0.162	d/4

-1~2) また、DH(N)-3~4 については最大耐力の90%程度に対応する載荷点たわみ(±5 mm)で100回繰返し後、さらにフォーリンググラウンチ領域においてたわみが±8, 10, 11, 14, 15 mmの変位レベルで交番繰返し載荷を行った。

3. 試験結果および考察 静的載荷試験から得られた変形回復率 α と部材角 θ の関係等価粘性減衰定数 heq と θ の関係の一例をそれぞれ図2, 3に示す。また、定変位正負交番繰返し試験から得られた荷重-たわみ履歴ループ、繰返し回数Nにともなう耐力の低下

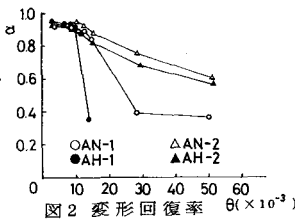


図2 変形回復率 α ($\times 10^{-3}$)

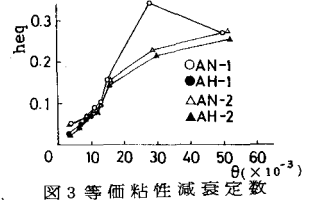


図3 等価粘性減衰定数

下および heq の変化の一例をそれぞれ図4, 5, 6に示す。

1) 耐力特性 静的試験から、PC鋼材指数 ρ が同一の場合、高強度コンクリートを用いたPCはりでは普通強度のものに較べて、曲げひびわれ発生荷重 P_{cr} は一方方向載荷の場合で約50%、正負交番で約30%増大し、最大耐力 P_u も一方方向載荷の場合で約30%、正負交番で20~50%程度増大することが認められ、高強度コンクリートを用いて高プレストレスを導入することにより、ひびわれ耐力、最大耐力を大幅に増加させることが可能となる。一方、たわみレベルが±8 mm以上のフォーリンググラウンチ領域での定変位交番繰返し下では、高強度PCはりでは繰返し回数にともなう耐力の低下が普通強度のものに較べ顕著となり、じん性に欠けることが明白にうかがえる。(図5) しかし、前者の場合でも曲げ拘束筋を適当に配置することによって、その低下を軽減することが可能となる。

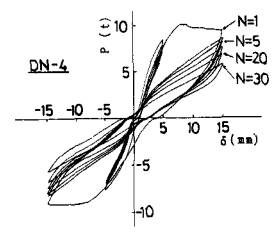
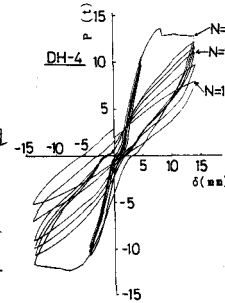


図4 荷重-たわみ履歴ループ

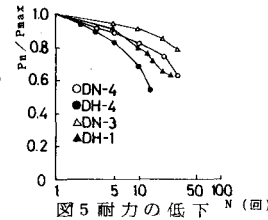


図5 耐力の低下 N (回)

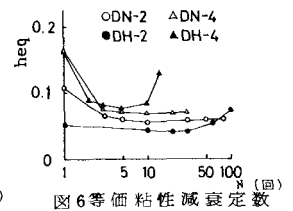


図6 等価粘性減衰定数

2) 塑性変形特性 図2より、部材角 θ が0.01程度ではいずれのPCはりも0.9以上の高変形回復率を示すが、 $\theta \approx 0.01$ のフォーリンググラウンチ領域においては高強度PCはりでは変形回復率 α の低下が普通強度のものに較べ顕著となる。しかし、曲げ拘束筋を配置した場合、同一の θ 値に対する高強度PCはりの α 値は普通強度はりに較べ劣るものの、 α の低下はかなり緩和され、両者の低下率はほぼ等しくなる。また、静的試験から得られた等価粘性減衰定数 heq は θ の増加とともに増大し、いずれのPCはりも最大耐力時($\theta \approx 0.015$)で0.15程度の値を示した。本供試体のように ρ 値を同一とした場合、高強度はりの heq 値は θ によらず全般的に普通強度はりより小さく、前者は後者に較べて振動減衰性が若干劣るものと考えられる。一方、フォーリンググラウンチ領域での定変位正負交番繰返し試験から求めた heq に関しては、繰返し回数が最初の5回程度までは減少するが、それ以降においては高強度PCはりではむしろ増大し始め、部材損傷が次第に激しくなることを示している。また、繰返し回数に関係なく、曲げ拘束筋を配置しないPCはりの heq は配置したものに較べて全般的に大きく、前者では部材劣化の大きいことが示唆される。