繰返し荷重下における PC はり部材の圧縮域コンクリートの性状に及ぼす断面形状の影響

東京理科大学　学生員　○石坂 佳祐
東京理科大学大学院　学生員　松本 泰季
東京理科大学　正会員　三田 勝也
東京理科大学　正会員　加藤 佳孝

1. はじめに

著者らはこれまでに，載荷時のひび割れ開口から残存プレストレス力を推定する手法を提案している [1)]．既往の実験結果から，疲労に伴い残存プレストレス力の低下が確認されたが，詳細な要因は不明である．残存プレストレス力低下の要因としては，繰返し載荷による残存プレストレス力の低下や，繰返し荷重下におけるコンクリートの塑性変形などが考えられる．また，PC 橋では，基準となる断面形状が 1970 年代から 1990 年代にかけて I 型から T 型に変化しており，断面形状の違いにより繰返し荷重下におけるコンクリートの応力状態の変化や，ひび割れの進展が疲労の進行に影響する可能性がある．

そこで，本研究では，断面形状の異なる PC はり試験体を作製し，断面形状の違いが繰返し荷重下におけるコンクリートの圧縮域残留ひずみに及ぼす影響について検討を行った．

2. 実験概要

2.1 試験体概要

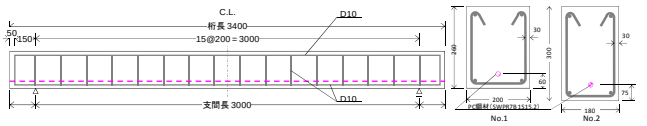
実験に用いた試験体形状を**図-1** に示す．本実験では，断面形状の異なる 2 体の PC はり試験体を作製した．断面形状を変化させた目的は，同荷重におけるコンクリート圧縮域面積を変化させるためである．試験体寸法は幅 180mm×断面高さ 300mm×長さ 3400mm と幅 200mm×断面高さ 260mm×長さ 3400mm である．以下，それぞれの試験体を No.1，No.2 と称す．PC 鋼材および鉄筋はいずれの試験体も共通とした．用いた鉄筋は全て D10 とし，スターラップを 200mm ピッチで破壊様式が曲げ破壊先行型となるように配置した．PC 鋼材には SWPR7BL1S15.2 を 1 本用いて直線配置した．配置は試験体 No.1 は下縁より 75mm，試験体 No.2 は 60mm とした．純かぶりはいずれの試験体も 30mm である．コンクリートの配合を**表-1** に示す．載荷時のコンクリートの圧縮強度は 55.0N/mm^2，弾性係数は 33.5kN/mm^2 であった．

表-1　コンクリートの配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	単位量 (kg/m^3)				
			W	C	S	G	SP
12.5	4.5	55	165	300	843	1000	6

表-2　最大荷重選定方法（試験体 No.1 より決定）

最大荷重(kN)	条件
22.5	ひび割れが発生しない荷重
42.7	ひび割れ発生荷重
56.8	引張鉄筋のひずみ 500μ
79.0	引張鉄筋のひずみ 1500μ



（a）側面図　　（b）断面図

図-1　試験体形状

2.2 載荷方法

試験は油圧式サーボ式試験機を使用し，荷重制御による片振り載荷を行った．載荷方法はスパン 3000mm，載荷点間隔を 800mm とし，2 点載荷で載荷試験を行った．繰返し載荷の最大荷重選定方法を**表-2** に示す．最大荷重は疲労を進行させるために順次増加させた．**図-2** に載荷フローを示す．各最大荷重の静的載荷を行い，繰返し載荷を 10,000 回行った．静的載荷 1 回と繰返し載荷 10,000 回を 1 サイクルとし，各最大荷重に対して 3 サイクル行った．しかし，最大荷重 79.0kN については，試験体 No.1 の断面高さ 80%程度までひび割れが進展したため載荷は，1 サイクルで終了した．また，最大荷重 79.0kN で載荷を 3 サイクル行った後に最大荷重を 56.8kN に低下させ載荷を 2 サイクル実施した．最大荷重を低下させた目的は，ひび割れ進展後の比較的

キーワード：PC はり，疲労，サイクリッククリープ
連絡先：〒278-0510　千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学　TEL：04-7124-1501（内線 4054）

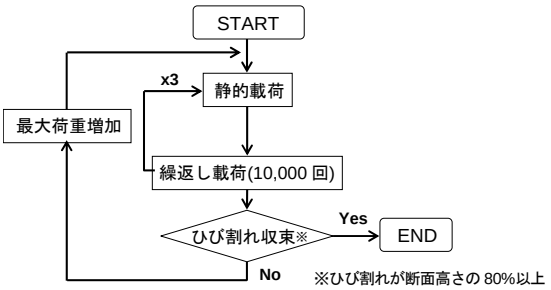


図-2　載荷フロー

小さい繰返し荷重下での圧縮域のコンクリートひずみの挙動を把握するためである. 試験体 No.1 の結果を基準として, 試験体 No.2 の各最大荷重および載荷回数は試験体 No.1 と共通とした.

3. 実験結果

3.1 ひび割れ性状

各供試体における試験終了時のひび割れ状況を**図-3** に示す．いずれの試験体も破壊形式は曲げ破壊先行型であった．試験体 No.1 において，最大荷重 56.8kN の繰返し載荷終了後の平均ひび割れ高さは 95mm であり，最大ひび割れ高さは 140mm であった. 最大荷重 79.0kN の繰返し載荷終了後の平均ひび割れ高さは 154mm であり，最大ひび割れ高さは 220mm で断面高さの 85%となった．試験体 No.2 において，最大荷重 56.8kN の繰返し載荷終了後での平均ひび割れ高さは 71mm であり，最大ひび割れ高さは 96mm であった．最大荷重 79.0kN の繰返し載荷終了後の平均ひび割れ高さは 140mm であり，最大ひび割れ高さは 228mm で断面高さの 76%となった．以上の結果より，ひび割れの進展は試験体 No.2 よりも試験体 No.1 の方が大きかった.

3.2 繰返し載荷回数と残留ひずみ関係

図-4 に圧縮縁コンクリートの残留ひずみと載荷回数の関係を示す．いずれの試験体においても各最大荷重で残留ひずみが収束することなく増加していた．いずれの試験体においても最大荷重 22.5kN, 42.7kN では，緩やかに残留ひずみが増加しており，最大荷重 56.8kN の 60,000～90,000 回では残留ひずみの増加量が試験体 No.2 に比べて No.1 の方が大きく，最大荷重 79.0kN, 最大荷重を低下させた最大荷重 56.8kN の 90,000 回以降の試験体 No.1 の残留ひずみの増加量は，載荷回数 1～90,000 回の増加量に比べ大きくなっていた．また，最大荷重を 79.0kN から 56.8kN に低下させても残留ひずみは増加した．繰返し載荷終了後の圧縮縁コンクリートの残留ひずみは試験体No.1 では214μ, 試験体No.2

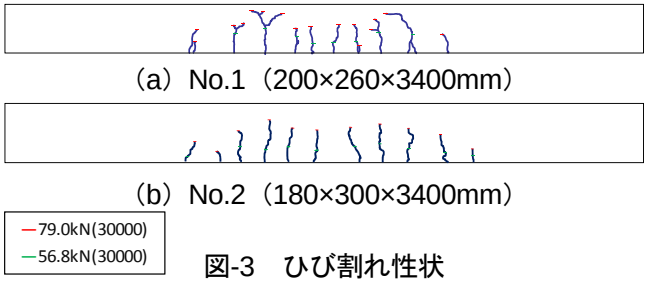


図-3　ひび割れ性状

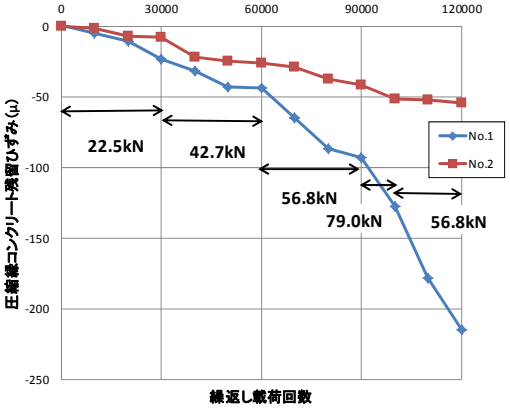


図-4　繰返し回数と圧縮縁コンクリートの残留ひずみの関係

では 54μ となった．この要因としては，各最大荷重でのひび割れ高さが試験体 No.2 に比べ，No.1 の方が大きかったため，同荷重における圧縮域面積が試験体 No.2 よりも試験体 No.1 の方が小さくなることで，応力集中により圧縮縁コンクリートの残留ひずみが増加したものと考えられる.

4. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す.

(1) 断面高さに対する最大ひび割れ高さの比は，試験体 No.2 よりも試験体 No.2 の方が 9%大きかった.

(2) 繰返し載荷によって，いずれの試験体においても圧縮縁コンクリートの残留ひずみは増加した．また，最大荷重を低下させて繰返し載荷を行った場合であっても残留ひずみは増加した.

謝辞

本研究を遂行するにあたり，東京大学生産技術研究所岸研究室の多大なるご協力を得た．ここに記して感謝の意を表す. 本研究の一部は平成 23 年東京理科大学特定研究補助金を受けたものである.

参考文献

1) 恒國光義，加藤佳孝，魚本健人：曲げひび割れが生じた PC はり部材の残存プレストレス力の推定手法に関する研究, 第 19 回プレストレスコンクリートの進展に関するシンポジウム論文集，pp235-240，2010.10