

# PPC 橋梁の設計と施工における鉛直打継目の考慮

辻 幸和\*1・山口 光俊\*2・李 春鶴\*3

プレストレストコンクリート（PC）橋梁の設計と施工における合理化とコスト削減の観点から、ひび割れを許容した PPC 構造が広く採用されている。まず、PC 橋梁や PPC 橋梁の施工において、打継目が避けられないことを述べる。そして、従来のフルプレストレスの PC 橋梁に比べてひび割れを許容する PPC 橋梁では、鉛直打継目が橋梁の曲げ性状やせん断性状に及ぼす影響が大きいことを示す実験結果を報告し、鉛直打継目の良好な施工の重要性を述べる。

キーワード：PPC はり、鉛直打継目、プレストレス、打継目処理

## 1. まえがき

プレストレストコンクリート（PC）橋梁の設計と施工におけるコストの削減は、わが国においても 1990 年代よりとくに重要な課題となり、設計においてはひび割れを許容してより合理化を図ったパーシャルプレストレストコンクリート（PPC）構造が採用され始めた。また外ケーブル工法も、多くの PC 橋梁や PPC 橋梁に採用され始めた。そして、プレキャストセグメント工法と併用した PC 橋梁の設計と施工が広まり、スパンバイスパンによる架設工法が採用されるようになった。

このような PC 橋梁や PPC 橋梁の設計と施工の変遷により、鉛直打継目が PPC 橋梁の力学的性状に及ぼす鉛直打継目の影響は、PC 橋梁よりも大きくなることを示す検討が要請された。すなわち、従来のフルプレストレスの導入では考慮しなかったひび割れの発生を考慮し、その幅を許容することにより、力学的性状が低下する懸念である。

本文では、長大な PC 橋梁や PPC 橋梁の施工で鉛直打継目が避けられないことをまず述べる。そして、ひび割れの発生を許容する PPC 構造における鉛直打継目の施工の良否が力学的性状に及ぼす影響に関する実験結果を報告し、鉛直打継目を良好に施工することの重要性を述べる。

## 2. 橋梁施工における鉛直打継目

地上では重力が作用するので、構造物を造る場合には、当然のことながら下から順次に上方へ向かって進めるのが基本となる。橋梁の架設においても、この方式がもっとも基本的なものであって、固定支保工架設工法（オールステージング工法）がこれにあたる。しかしながら、橋梁の架設現場の状況は、この方式の適用が困難なことが多い。一般に、橋梁を架ける場所は、河川、谷間、山間部、あるいは道路や鉄道等のそれぞれの上空であって、固定式の支保工を全体的に組むことが適していないことが多い。また、

橋梁は建物の場合などと異なり、線状であり、水平方向に構築される。

橋梁施工における架設工法の一例を写真 - 1 に示す。橋梁の架設は、重力に抵抗しながら、鉛直方向でなく水平方向に架設を進めることが特徴であり、一般的な桁橋の場合では、固定支保工架設工法から張出し架設工法、移動支保工架設工法、押出し架設工法などの橋梁独特の架設方式が発展してきた<sup>1)</sup>。とくに、張出し式の架設方法は、長支間の橋梁架設に適しており、PC 橋における長支間の橋梁には、ほとんどこの方式が用いられている。また、架設工法の違いによって、一度にコンクリートを打ち込むことができる施工量が制限される。そのため、必然的に鉛直方向の施工継目を設けることになる。施工継目位置の一例を図 - 1 に示す。

固定支保工架設工法の場合、1 径間あるいは数径間を同時に打ち込むため、支点部近くに施工継目が形成される。なお、RC 構造の橋梁は、一般的にこの固定支保工架設工法で施工される。

移動支保工架設工法は、先行して柱頭部を施工し、架設桁で型枠およびコンクリート等の荷重を受け持つ構造となっている。1 径間を 1 サイクルとして施工を進めるため、1 径間ごとの施工継目が形成されるほか、柱頭部との接合部も施工継目となる。

張出し架設工法は、橋軸方向に移動作業車を用いて、主として橋脚側から順次片持ち梁を張り出す方法である。1 ブロックを 2～5 m 程度に分割するため、ブロックごとに、施工継目が形成される。

また、近年普及が著しいプレキャストセグメントの製作・架設工法（写真 - 2）は、移動支保工架設工法と同様に架設桁を使用し、吊り下げたセグメントを 1 径間ごとに連結して施工を進めていく方法である。プレキャストセグメントは橋軸方向に鉄筋で連続化されないため、接合面にはせん断キーが設けられ、接着剤等を塗布して接合する。

\*1 Yukikazu TSUJI：前橋工科大学 学長

\*2 Mitsutoshi YAMAGUCHI：(株)富士ピー・エス 技術開発部

\*3 Chun-He LI：宮崎大学 工学教育研究部 准教授



(a) 固定支保工を用いた架設工法 (利根川橋)



(b) 移動支保工を用いた架設工法<sup>1)</sup> (敷地高架橋)



(c) 移動作業車を用いた張出し架設工法 (利根川橋)

写真 - 1 橋梁施工における架設工法の一例

そして鉄筋によるひび割れ制御ができないため、フルプレストレスで設計される。

### 3. PPC 構造における鉛直打継目の課題

打継目は一般に、構造物の強度、耐久性および外観に大きな影響を及ぼす。とくに地震時には、構造上の弱点になることもあり得る。そのため、できるだけせん断力の小さい位置に設け、打継面を部材の圧縮力の作用方向と直交させるのが原則とされている。また、打継目部分では、新・旧コンクリートの材齢差により、温度応力、乾燥収縮等によるひび割れの発生が懸念される。

PC 構造のうちフルプレストレスで設計される場合には、使用時において、打継目にひび割れが生じることはない。しかし、ひび割れを許容する RC 構造、PPC 構造において

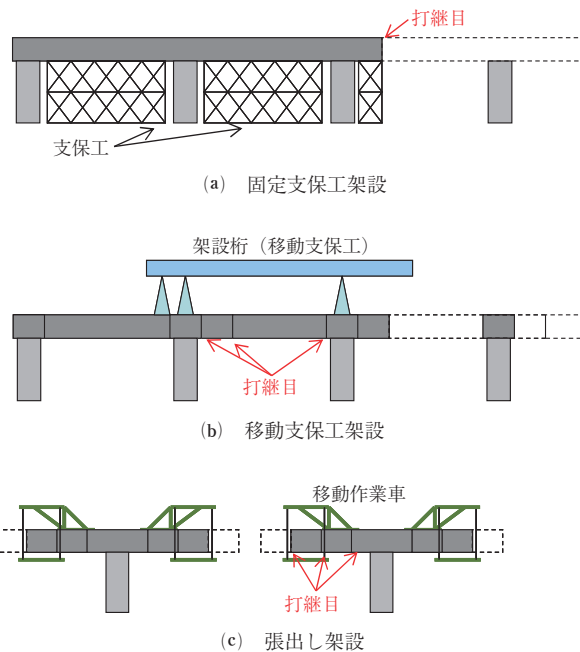


図 - 1 施工継目位置の例



写真 - 2 プレキャストセグメントの架設<sup>1)</sup> (鍋田高架橋)

は、曲げモーメントの作用下において、打継目部分にまづひび割れが生じる。ひび割れはコンクリートの性能低下であるばかりでなく、鉄筋腐食の原因にもなるため、耐久性の確保のためにももっとも留意しなくてはならない。幅を含めたひび割れの制御が必要である。

橋梁における PPC 構造の普及は、バブルの崩壊とほぼ同じく 1990 年代に始まり、とくに、第二東名神高速道路を始めとする大型橋梁で多く採用されている。また、鉛直方向の打継目を無くすことは、実際のほとんどの施工では不可能である。その打継目部の施工 (写真 - 3) には、入念な処理が求められるが、現場における施工の良否は、一般に人の判断に頼らざるを得ない。

なお、鉄筋コンクリート構造物の破壊形態において、もっとも慎重に扱わなければならないのは、斜めひび割れを伴う破壊、すなわちせん断破壊である。せん断破壊は、曲げ破壊より脆性的で、構造物そのものの形状保持が困難であり、人や物の安全性に対し、直接危害を及ぼす可能性が高い。

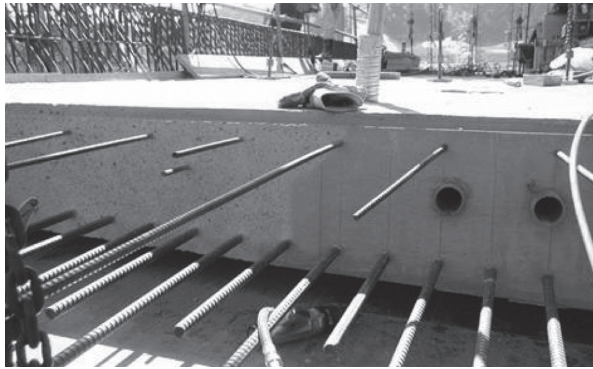


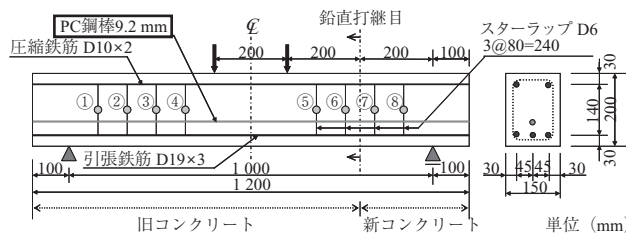
写真 - 3 打継目の処理例 (左が処理後, 右が処理前)

せん断破壊は、せん断力が卓越する箇所が発生するものであるが、一般にせん断力単独の作用によるものではなく、曲げモーメントとの組合せ応力下で発生するものである。その特徴は、一般に斜めひび割れと呼ばれるひび割れの発生を伴うものであり、引張鉄筋の降伏後にコンクリートが圧壊する曲げ破壊に比べて、非常に脆性的である。したがって、このような破壊形態を防ぐために、せん断耐力が曲げ耐力を上回るように設計を行うのが原則である。

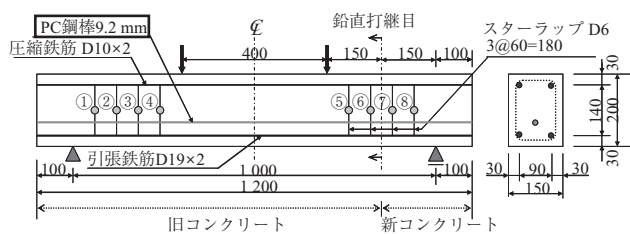
既往の研究<sup>2~4)</sup>では、鉛直打継目がせん断スパン中央に位置する場合において、せん断耐力がもっとも低下して、一体型のRCはりに比較して、20%程度低下することが報告されている。打継目は、適切に施工されることで、設計上は連続の構造体として考えることができる。しかしながら、鉛直打継目の位置や打継面の施工状態によっては、既往の研究のような耐力低下等の悪影響を及ぼす可能性があると考えられる。また、ひび割れを許容するPPC構造においても、鉛直打継目を有する場合には、部材のせん断耐力の低下が懸念される。

#### 4. 鉛直打継目を有する PPC はりの曲げ性状およびせん断性状

打継目を有する PPC はりの曲げ性状およびせん断性状を確認することを主目的として、せん断スパン比の異なる小型のRCはりおよび大型のRCはりにプレストレスを導入した PPC はりを作製した。表 - 1 にはり供試体の一覧を示す。プレストレスによる軸力が打継目を有する PPC はりに及ぼす影響を曲げひび割れ、斜めひび割れ性状、破壊形式、最大荷重およびスターラップのひずみ性状の観点から実験的に検討した結果を報告する<sup>5~8)</sup>。



a) シリーズ 1-1



b) シリーズ 1-2

図 - 2 実験概要 (小型 PPC はり供試体)

表 - 1 供試体の種別

	供試体名	コンクリート強度*1 (N/mm <sup>2</sup> )	打継目*2		プレストレス導入量*3
			位置*4	処理	
シリーズ 1-1	1N	51.3 (新)	中央	無	一体型
	1NA			有	無補強
	1NB			無	
	1NA-PC40	47.3 (旧)	中央	有	40
	1NB-PC40			無	
	1NA-PC80			有	80
	1NB-PC80			無	
	1H	79.3 (新)	中央	無	一体型
	1HA			有	無補強
	1HB			無	
1HA-PC40	77.7 (旧)	中央	有	40	
1HB-PC40			無		
1HA-PC80			有	80	
1HB-PC80			無		
シリーズ 1-2	2N	54.1 (新)	中央	無	一体型
	2NA			有	無補強
	2NB			無	
	2NA-PC40	55.2 (旧)	中央	有	40
	2NB-PC40			無	
	2NA-PC60			有	60
	2NB-PC60			無	
	2NA-PC80	83.3 (新)	中央	有	80
	2NB-PC80			無	
	2H			無	一体型
2HB	無			無補強	
2HB-PC40	81.1 (旧)	中央	無	40	
2HB-PC60			無	60	
2HB-PC80			無	80	
シリーズ 2			Type A	30.4~36.1 (新)	中央
	A1	有	無補強		
	A1-PC	有	80		
	Type B	21.2~34.4 (新)	中央	無	一体型
	B1			有	無補強
	B1-PC			有	80

\*1: (新) 新コンクリート, (旧) 旧コンクリート

\*2: 打継目処理有 - ワイヤープランで粗く削る

\*3: 数字は PC 鋼材の 0.2% 永久伸びに対する荷重の百分率を示す

\*4: 中央は、せん断スパン中央を示す

#### 4.1 供試体の形状寸法および荷重試験方法

供試体の形状寸法および配筋方法を、図 - 2 および図 - 3 に示す。小型はりのシリーズ 1 と大型はりのシリーズ 2 の 2 種類に分けた。また、シリーズ 1 では、同じ形状寸法ではあるが、せん断スパン比および鉄筋比が異なるシリーズ 1-1 とシリーズ 1-2 に分けた。

荷重方法は、シリーズ 1-1 では等曲げモーメント区間を 200 mm、スパンを 1000 mm とし、シリーズ 1-2 はそれぞれ

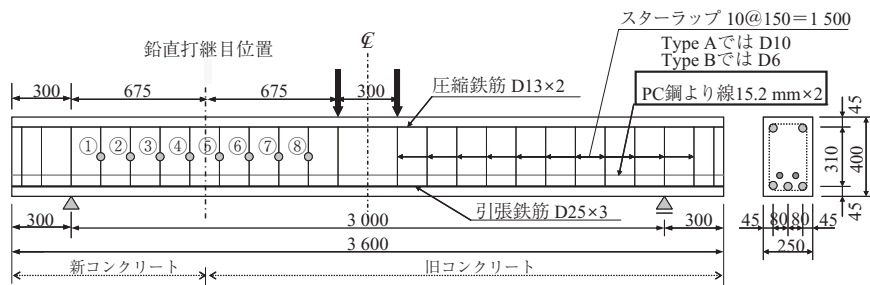


図 - 3 実験概要 (大型 PPC はり供試体)

れ 400 mm, 1 000 mm, シリーズ 2 はそれぞれ 300 mm, 3 000 mm とする 2 点集中静的漸増荷重とした。

プレストレス導入後の応力状態を表 - 2 および表 - 3 に示す。シリーズ 1 では PC 鋼棒を, シリーズ 2 では PC 鋼より線を用了。鋼材の偏心量 ( $e_p$ ) は, シリーズ 1 で 30 mm, シリーズ 2 で 110 mm とした。プレストレスの導入方式はポストテンション方式とし, 緊張後は PC グラウトによる充填は行わず, アンボンド PPC はりとした。

表 - 2 プレストレス導入後の応力状態 (シリーズ 1)

導入率* (%)	引張線 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮線 (N/mm <sup>2</sup> )
80	3.64	0.19
60	2.72	0.14
40	1.81	0.10

\* : 0.2 % 永久伸びに対する荷重の百分率

表 - 3 スターラップの呼び名とプレストレス導入後の応力状態 (シリーズ 2)

	スターラップの呼び名	導入率* (%)	引張線 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮線 (N/mm <sup>2</sup> )
TypeA	D10	80	5.11	1.25
TypeB	D6	80	5.02	1.12

\* : 0.2 % 永久伸びに対する荷重の百分率

旧コンクリートを鉛直打継目位置まで打ち込み, 材齢 24 時間後に脱型して, 引き続き打継面を処理した。打継面の処理状態を写真 - 4 に示す。両シリーズともに, ワイヤブラシを用いて粗骨材が見える程度まで水洗い処理した。新コンクリートは, 旧コンクリートの材齢 48 時間後に打ち込み, その後, 材齢 28 日まで湿布養生した。

#### 4.2 曲げひび割れおよび斜めひび割れの発生荷重

##### (1) 小型はり

小型はりのシリーズ 1 における曲げひび割れ発生荷重および斜めひび割れ発生荷重を図 - 4 に示す。斜めひび割れ発生荷重の計算値として示した値は, コンクリート標準示方書 [設計編]<sup>9)</sup> に示されている棒部材のせん断耐力式において, コンクリートが分担するせん断耐力 ( $V_{cd}$ ) を算出したものである。算出にあたっては, 材料係数および部材係数を 1.0 とし, コンクリートの圧縮強度には実強度の平均値を用いた。また, プレストレスによる軸力は, せ



(a) 有り (小型 RC 供試体)



(b) 無し (小型 RC 供試体)



(c) 有り (大型 RC 供試体)

写真 - 4 鉛直打継目の処理

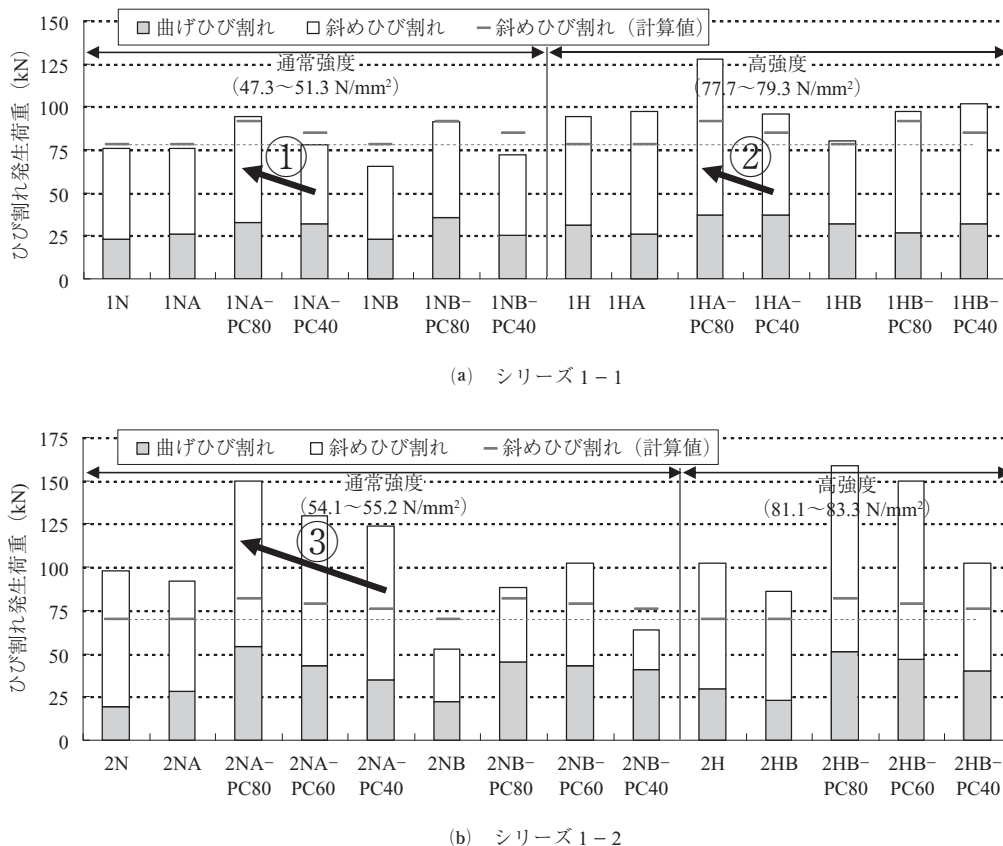


図 - 4 小型 PPC はりの斜めひび割れ発生荷重 (シリーズ 1)

ん断耐力式における係数  $\beta_n$  において考慮した。

PPC はりの曲げひび割れ発生荷重は、いずれも一体型の RC はりより大きく、図中の ①、②、③ に示すように、プレストレスの導入量が多いほど曲げひび割れ発生荷重は大きくなる傾向が、シリーズ 1-1 およびシリーズ 1-2 とともに確かめられた。

シリーズ 1-1 の鉛直打継面を処理した PPC はりでは、図中の ① に示すように、プレストレスの導入量が多いほど斜めひび割れの発生を抑制できることが認められた。また計算値は、通常強度 (圧縮強度が  $47.3 \sim 51.3 \text{ N/mm}^2$ ) コンクリートの実験値と近い結果となり、係数  $\beta_n$  において考慮したプレストレスによる増分にほぼ一致していた。また、シリーズ 1-1 において、コンクリートの圧縮強度が  $77.7 \sim 79.3 \text{ N/mm}^2$  と大きくなると、斜めひび割れの発生荷重は計算値よりも大きくなる傾向にある。これは、算定式には  $60 \text{ N/mm}^2$  以上の高強度コンクリートが受け持つせん断耐力 ( $V_{cd}$ ) が頭打ちになることが考慮されているためである。

鉛直打継面を無処理とした場合、斜めひび割れ発生荷重は、一体型の RC はりと比較して 10% 程度の増加が認められたものもあったが、プレストレスを導入したにもかかわらず同程度にとどまったはりもあった。また、せん断スパン比の小さいシリーズ 1-2 において、通常強度 (圧縮強度が  $54.1 \sim 55.2 \text{ N/mm}^2$ ) のコンクリートを用いた PPC はりは、一体型の RC はりと比較すると、10 ~ 30% の斜めひび割れ発生荷重の低下を示し、プレストレスの導入効果が

が得られなかった。

なお、高強度 (圧縮強度が  $81.1 \sim 83.3 \text{ N/mm}^2$ ) コンクリートを用いたはりでは、50% 程度の斜めひび割れ発生荷重の大幅な増加が認められた。実験に用いた高強度コンクリートはセメント量が多く、材齢初期では未水和のセメントも多い。旧コンクリートには材齢が 48 時間後に新コンクリートを打ち継いでいるため、水和の進行により付着強度が増加したことも一つの要因と考えられる。

### (2) 大型 はり

大型のプレストレスを導入した PPC はりの斜めひび割れ発生荷重は、一体型の RC はりと比較すると約 30% 増加した。実験値は計算値より若干大きい値ではあったが、プレストレスを導入することによる荷重の増加傾向は、おおむね一致している。鉛直打継面の処理が適切である場合、プレストレスを導入することで、斜めひび割れ性状を改善できるとともに、せん断耐力の向上を期待できることが、大型の PPC はりでも認められた。

### 4.3 ひび割れ性状

小型の RC はりと PPC はりのひび割れ発生状況を図 - 5 に示す。図中の破線は、鉛直打継目を示している。

打継面を処理した RC はりは、一体型の RC はりと同様に、支点と載荷点とを結ぶように斜めひび割れが生じた。しかし、鉛直打継面を無処理とした RC はりは、引張鉄筋および圧縮鉄筋位置の近傍に斜めひび割れが生じ、鉛直打継目位置で斜めひび割れが不連続に生じた (以降、不連続なひび割れと称す)。

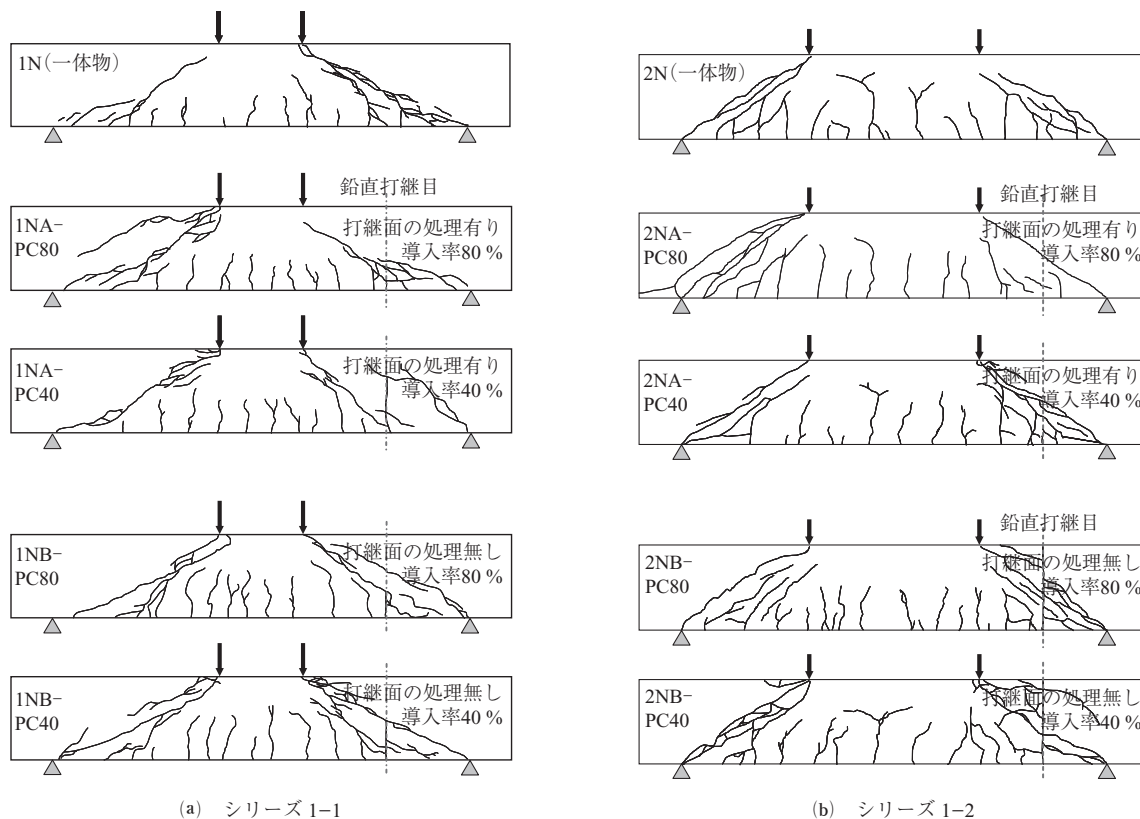


図 - 5 小型 PPC はりのひび割れ性状 (通常強度)

打継面を処理した PPC はりは、鉛直打継目での不連続なひび割れの発生は認められなかった。また、プレストレスの導入量が大きいほど、打継目の近傍のひび割れ性状が改善される傾向が認められた。これは、鉛直打継目の状態が十分に粗面であれば、プレストレスの導入により生じる圧縮力が、打継面の骨材のかみ合い作用および摩擦力に付与し、せん断力の伝達がよりスムーズに行われるためと考えられる。

一方、打継面を無処理とした PPC はりの場合、とくにせん断スパン比の小さいシリーズ 1-2 では、プレストレスの導入量によらず、すべてのはりで斜めひび割れが打継目で不連続に生じた。ひび割れの発生順序は、斜めひび割れが不連続に生じた後、鉛直打継面での PC 鋼材位置をるように水平にひび割れが生じ、その後は斜めひび割れが分散して生じた。なお、せん断スパン比が大きいシリーズ 1-1 では、高強度コンクリートを用いたほとんどの PPC はりは、ひび割れが不連続に生じる現象は軽減され、引張鉄筋位置に斜めひび割れが認められる程度であった。

打継面が無処理である場合、曲げひび割れが鉛直打継目に沿って容易に発達した。打継面が平滑であるために、曲げひび割れの発生後では、プレストレスの導入による打継面における摩擦および骨材のかみ合い作用はほとんど期待できず、せん断伝達力はきわめて小さくなると考えられる。そのため、軸方向鉄筋位置に応力が集中し、PPC はりとした場合でも斜めひび割れは不連続に発生する可能性がある。この傾向は、せん断スパン比が小さいシリーズ 1-2 の

供試体ほど顕著であった。

大型の RC はりおよび PPC はりは、打継面の処理を行っており、かつ曲げ破壊が先行したため、鉛直打継部における不連続なひび割れは認められなかった。そして Type A および Type B とともに、PPC はりのひび割れの分散性状が良好となった。

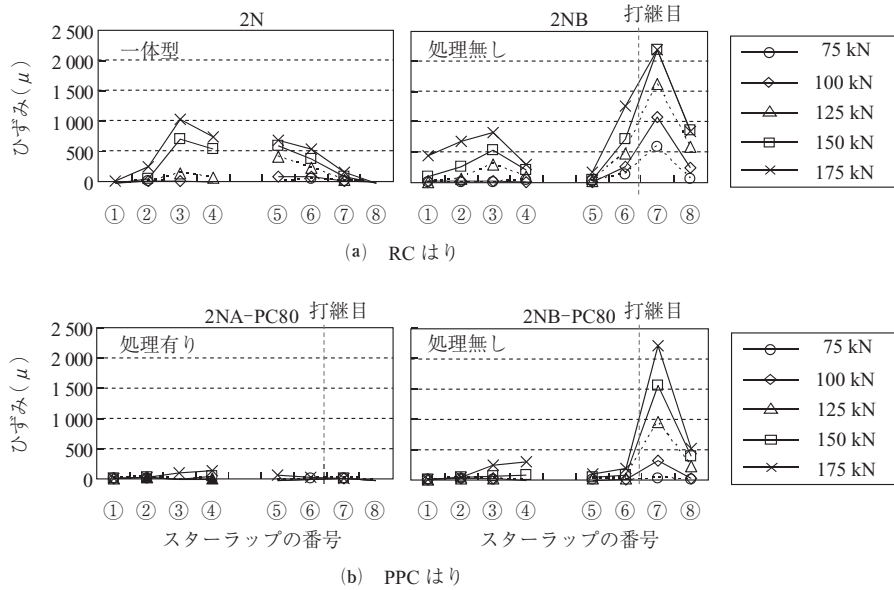
#### 4.4 破壊形式および最大荷重

小型はりのいずれにおいても、打継面の処理を行った PPC はりは最大荷重の低下は認められず、プレストレスの導入量に対応して最大荷重も増加する傾向を示した。しかしながら、打継面が無処理であると、プレストレスを導入してもその効果が認められず、一体型の RC はりの耐力以下で破壊に至る場合もあった。

大型のはりにおける破壊形式は、引張鉄筋の降伏後にコンクリートの圧縮縁が圧壊する曲げ引張破壊であった。Type A, Type B とともに、プレストレスを導入した PPC はりの引張鉄筋の降伏荷重および最大荷重は、一体型の RC はりと比較して 2 割程度の増加が認められた。

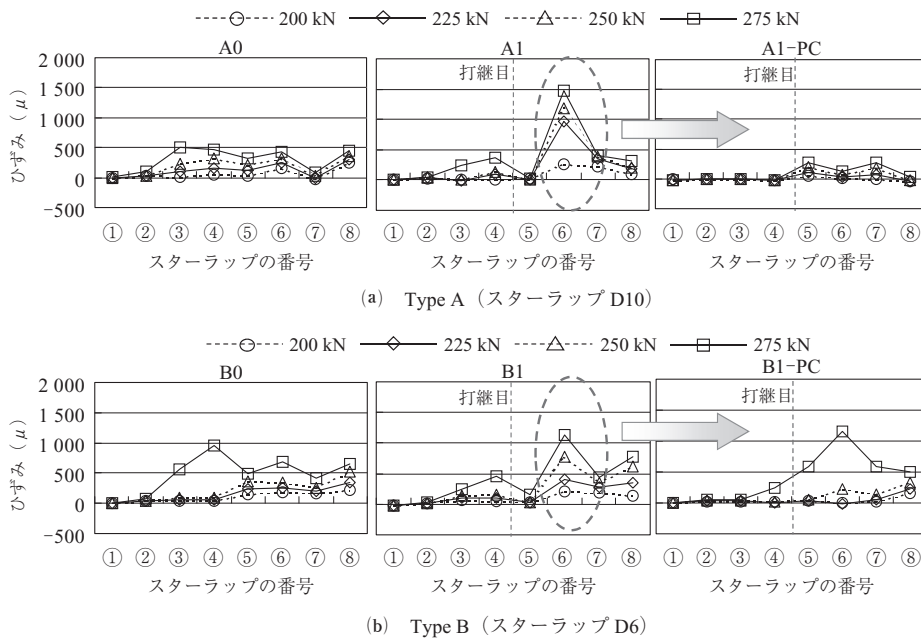
#### 4.5 スターラップの挙動

斜めひび割れの発生後では、作用するせん断力に対してスターラップのひずみ量の増加割合が顕著となる。各荷重レベルにおけるスターラップのひずみを、図 - 6 および図 - 7 に示す。横軸のスターラップの番号は、図 - 2 および図 - 3 に示したスターラップの番号と対応している。すなわち、小型はりは⑥と⑦の間に、大型はりは④と⑤の間に、それぞれ鉛直打継目が存在する。



注) スターラップの番号と位置関係については図-2を参照のこと。

図-6 荷重の増加によるスターラップのひずみ (小型 PPC はり, シリーズ 1-2)



注) スターラップの番号と位置関係については図-3を参照のこと。

図-7 荷重の増加によるスターラップのひずみ (大型 PPC はり, シリーズ 2)

(1) 小型 はり

小型の打継面を処理した RC はりは、左右のスターラップひずみの増加傾向とひずみの分布に大きな偏りはなく、一体型の RC はりと比較して、ひずみの増加傾向はおおむね同等と考えられる。また、打継面を処理した PPC はりは、一体型の RC はりと比較すると、等しい荷重レベルにおいて、プレストレスの導入によりスターラップのひずみは抑制されることが認められた。

一方、打継面を無処理とした場合、鉛直打継目を有する側のせん断スパンにおいて、スターラップのひずみが局所的に増加する傾向が認められた。スターラップのひずみが

局所的に増加する位置は、シリーズ 1-1 では鉛直打継目より載荷点側の⑥のスターラップであり、シリーズ 1-2 では打継目より支点側の⑦のスターラップであった。図-5に示したように、打継面を無処理とした場合には、打継面に沿うように曲げひび割れが生じ、軸方向鉄筋位置に応力が集中することで、軸方向鉄筋に沿うように斜めひび割れが生じて、斜めひび割れは鉛直打継目位置で不連続に発達した。そのため、鉄筋周辺の定着が失われ、コンクリートの負担するせん断抵抗力が低下し、スターラップが負担するせん断力が大幅に増加するものと考えられる。このことは、せん断スパン比の小さいシリーズ 1-2 において顕

著であり、圧縮鉄筋位置までひび割れが到達するような場合には、鉛直打継部の圧縮領域のコンクリート断面積が相当小さくなることも、せん断耐力低下の要因と考えられる。

高強度コンクリートを用いたはりでは、通常強度のコンクリートを用いた場合と比べて、等しい荷重レベルにおける各断面のひずみ量は小さくなる傾向が認められた。これは、コンクリートを高強度化することで、コンクリートが受け持つせん断力が増加したことが影響していると考えられる。なお、打継面が無処理であると、斜めひび割れの発生後において、スターラップのひずみが局所的に増加する傾向は、高強度コンクリートを用いた RC はりおよび PPC はりでも、通常強度のコンクリートを用いた PPC はりと同様であった。

## (2) 大型はり

大型のシリーズ 2 について、各荷重レベルにおけるスターラップのひずみを図 - 7 に示す。一体型の RC はりは、全体的にひずみが増大しているが、鉛直打継目を有する RC はりは、鉛直打継目より載荷点側に位置する ⑥ のスターラップのひずみが局所的に増加した。打継面を処理した小型の RC はりでは、スターラップのひずみへの影響は顕著ではなかったが、大型の RC はりにおいては、打継面の処理を行った場合でも、スターラップのひずみが増加する可能性があることが認められた。

PPC はりは、プレストレスの導入効果により、斜めひび割れ発生前 (250 kN 以前) の低い荷重レベルにおいて、スターラップのひずみは大幅に抑制されているが、斜めひび割れの発生後から 275 kN レベルに達する間において急激にひずみが増加した。Type B はスターラップの配筋量が少なく、斜めひび割れは鉛直打継目を跨ぐように大きく発達したことにより、コンクリートの分担するせん断力が低下し、スターラップのひずみが増大したものと考えられる。

## 5. ま と め

PPC 橋梁の建造における鉛直打継目は、橋梁の長大化と大型化に伴って避けることができず、ひび割れを許容する PPC 橋梁では、従来のフルプレストレスを導入した PC 橋梁では考慮しなかった力学的性状に及ぼす鉛直打継目の影響を評価することが必要であることを述べた。そして実験的研究の結果を紹介した。本文が、PPC 構造の橋梁の設計と施工において配慮されれば、幸甚である。

### 参考文献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会: PC 橋架設工法 2002 年版, 2002.8
- 2) 森脇貴志, 辻 幸和, 木暮 健, 松下 朗: せん断スパン内に鉛直打継目を有する RC はりのせん断性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.15, No.2, pp.323-328, 1993.6
- 3) 辻 幸和, 杉山隆文, 橋本親典, 松浪康行: 鉛直打継目を有する RC はりの鋼板補強に関する基礎研究, 土木学会論文集, No.571/ V-36, pp.169-183, 1997.8
- 4) 辻 幸和, 杉山隆文, 橋本親典: 高流動コンクリートを用いた鉄筋コンクリートはりの力学的性状に及ぼす鉛直打継目の影響, 材料, Vol.49, No.10, pp.1127-1132, 2000.10
- 5) 山口光俊, 辻 幸和, 杉山隆文, 池田正志: 鉛直打継目を有する RC はりのスターラップの補強効果, コンクリート工学年次論文報告集, 第 21 巻, 第 3 号, pp.469-474, 1999.7
- 6) 辻 幸和, 杉山隆文, 山口光俊: 鉛直打継目を有する RC はりの鋼板被覆による補強効果, 土木学会論文集, No.697/V-54, pp.179-192, 2002.2
- 7) 辻 幸和, 杉山隆文, 池田正志: 鉛直打継目を有する RC はりのせん断性状におけるプレストレスの導入効果, プレストレストコンクリート, Vol.44, No.3, pp.70-76, 2002.5
- 8) 山口光俊, 辻 幸和: 鉛直打継目を有する PPC はりのせん断性状に関する基礎的研究, プレストレストコンクリート, Vol.52, No.3, pp.80-88, June-July, 2010
- 9) 土木学会: コンクリート標準示方書 [設計編] (平成 2007 年制定), pp.131-141

[2013 年 2 月 14 日受付]



刊行物案内

# PC グラウトの設計施工指針 —改訂版—

平成 24 年 12 月

定 価 3,600 円 / 送料 300 円

会員特価 3,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会