

論文 鉛直打継目を有する RC はりのスターラップの補強効果

山口光俊*¹・辻幸和*²・杉山隆文*³・池田正志*⁴

要旨：鉛直打継目を有する断面形状寸法が異なる RC はりを作製し、そのせん断性状をスターラップのひずみの増加割合に着目し、実験的に検討した。その結果、鉛直打継目を有する RC はりのスターラップのひずみは、鉛直打継目を有さない一体型の RC はりのものと異なり、斜めひび割れの発達状況に大きな影響を受け、大きな局所的なひずみ増加を示した。また、鉛直打継目を有する RC はりにプレストレスを与えることで、スターラップのひずみの局所的な増加を抑え、一体型の RC はりと同等のせん断性状を示すことが明らかとなった。

キーワード：鉛直打継目、せん断耐力、斜めひび割れ、スターラップのひずみ、プレストレス

1. はじめに

コンクリート構造物を施工する際、施工能力あるいは硬化時の温度上昇の低減といった制約により、連続してコンクリートを打ち込むことは困難である。そのため、コンクリート構造物には、打継目を有する場合が多い。既往の研究¹⁾より、鉛直打継目を有する RC はりのスターラップのひずみは、斜めひび割れの発達状況に大きな影響を受け、特に斜めひび割れの発生後のひずみの増加割合は顕著である。

本文では、せん断スパン内に鉛直打継目を有する断面形状寸法の異なる 2 種類の RC はりを作製し、それぞれのせん断性状を鉛直打継目を有する側と有しない側とのスターラップのひずみの増加量に着目し、実験的に検討した結果を報告する。また、鉛直打継目を有する RC はりにプレストレスを導入し、スターラップのひずみに与える影響についても考察する。

2. 実験概要

2. 1 供試体

実験に用いた供試体の形状寸法を、図-1 に示

す。供試体は type A と type B の 2 種類とした。

type A の供試体は高さが 200mm で、幅が 150mm の矩形断面で、打継ぎ後には長さが 1200mm となるようにした。軸方向鉄筋は、引張鉄筋に D16 を 2 本、圧縮鉄筋に D10 を 2 本配置した。スターラップは D6 を 60mm 間隔で、せん断スパン内に 4 本ずつ配置した。

type B の供試体は、高さが 400mm で、幅が 250mm の矩形断面で、打継ぎ後には長さが 3600mm となるようにした。軸方向鉄筋は、引張鉄筋に D25 を 3 本、圧縮鉄筋に D13 を 2 本配置した。スターラップは D10 を 150mm 間隔で、せん断スパン内に 8 本ずつ配置した。使用した鉄筋の力学的性状を表-1 に示す。

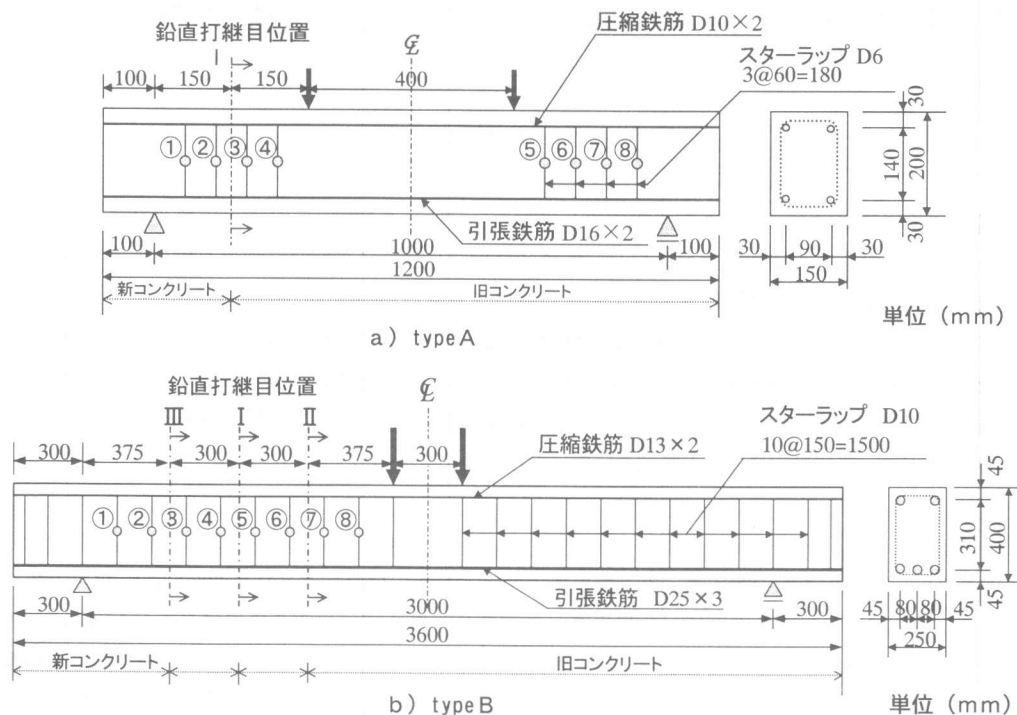
供試体の種別を表-2 に示す。type A および type B ともに鉛直打継目を有しない一体型の「無」、鉛直打継目を有する RC はりにおいてせん断耐力が最も低下するせん断スパンの中央に¹⁾鉛直打継目を設けた「I」、断面 I に鉛直打継目を設けプレストレスを導入した「I-PC」の 3 体をそれぞれ作製した。なお、type B においては、鉛直打継目を図-1 に示す断面 II および断面 III にそれぞれ

* 1 群馬大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (正会員)

* 2 群馬大学 教授 工学部建設工学科 工博 (正会員)

* 3 群馬大学助教授 工学部建設工学科 Ph.D. (正会員)

* 4 群馬大学 工学部建設工学科 (正会員)



図－１ 供試体の形状寸法

設けた「Ⅱ」，「Ⅲ」の２体を追加した。

各供試体のコンクリートの配合を表－３に示す。混和剤は，type Aおよび type Bともに A E減水剤を使用した。コンクリートの打込みは，図－１に示すように旧コンクリートを鉛直打継目位置まで打ち込み，硬化後に打継面の処理を行い，新コンクリートを打ち込んだ。試験時のコンクリートの圧縮強度は，type Aの旧コンクリートが 53.1N/mm^2 であり，新コンクリートが 45.6N/mm^2 であった。type Bは旧コンクリートが $30.4\sim 36.1\text{N/mm}^2$ であり，新コンクリートが $31.0\sim 37.1\text{N/mm}^2$ であった。

２．２ 打継面の処理およびプレストレスの導入

打継面の処理は，type Aではワイヤブラシを用いて，type Bでは型枠に遅延剤を塗布することによりコンクリートの硬化を遅らせ，脱型後，水で洗い流しながらワイヤブラシを用いて，それぞれ粗骨材が見える程度に荒く処理を施した。

プレストレスの導入は，type Aでは P C 鋼棒（呼び名 9.2mm，引張荷重 84.8kN ，0.2％永久伸びに対

表－１ 鉄筋の力学的性状

	呼び名	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
type A	D6	299	517
	D10	351	494
	D16	374	553
type B	D10	370	513
	D13	366	526
	D25	401	563

表－２ 供試体の種別

	供試体名	打継目 位置	備考
type A	A 無	無	
	A I	I	
	A I－PC	I	PC 導入
type B	B 無	無	
	B I	I	
	B II	II	
	B III	III	
	B I－PC	I	PC 導入

する荷重 83kN ）を偏心量が 30mm の位置に 1 本，type Bでは P C 鋼より線（公称断面積 138.7mm^2 ，引張荷重 273.6kN ，0.2％永久伸びに対する荷重 241.2kN ）を偏心量が 110mm の位置に 2 本使用し

表-3 コンクリートの配合表

	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	混和剤
type A	15	8.0	4.0	50	49	187	374	844	955	0.374
type B	20	8.0±2.5	2.0±1.0	57	50	137	240	1008	1039	0.336

た。プレストレスの導入量はいずれもPC鋼材の0.2%永久伸びに対する荷重の80%とした。また、プレストレスの導入方式は、type Aおよびtype Bのいずれもポストテンション方式とした。プレストレスの導入時の供試体の応力状態は、type Aでは引張縁に 4.09N/mm^2 、圧縮縁に 0.21N/mm^2 、type Bでは引張縁に 5.11N/mm^2 、圧縮縁には 1.25N/mm^2 であった。

2. 3 載荷試験方法および測定項目

載荷は2点集中載荷とし、供試体が破壊に至るまで静的に漸増載荷を行った。type Aはスパンを1000mm、等曲げモーメント区間を400mm、type Bはスパンを3000mm、等曲げモーメント区間を300mmとした。

測定項目は、スターラップ、圧縮鉄筋、引張鉄筋、コンクリートの圧縮縁および引張縁の各ひびき、たわみおよびひび割れ幅とその進行状況等である。

3. 破壊形式および破壊荷重

破壊形式および破壊荷重を表-4に示す。計算値である耐力は、土木学会コンクリート標準示方書に基づいて算出し、プレストレスによる軸力を考慮した値である。

type Aにおいて、鉛直打継目を有しない一体型の「A無」では曲げ破壊となったが、鉛直打継目を有する「A I」では斜めひび割れの進展が著しく、せん断破壊となった。また、「A無」と比較して「A I」の破壊荷重は、10%程度の低下が見られた。「A I-PC」では、破壊荷重は大幅に増し、曲げ破壊となった。

type Bでは、すべてが曲げ破壊であった。「B I」、「B II」、「B III」のいずれもせん断破壊に至らなかったのは、曲げ耐力に対するせん断耐力の

表-4 破壊荷重および破壊形式

供試体名	破壊 荷重 (kN)	耐力(計算値)		破壊 荷重比 P_V/P_M	破壊 形式
		曲げ (kN)	せん断 (kN)		
A 無	189	157	156	0.99	曲げ
A I	172				せん断
A I-PC	228	171	162	0.95	曲げ
B 無	291	278	386	1.39	曲げ
B I	295				曲げ
B II	287				曲げ
B III	287				曲げ
B I-PC	367	320	442	1.38	曲げ

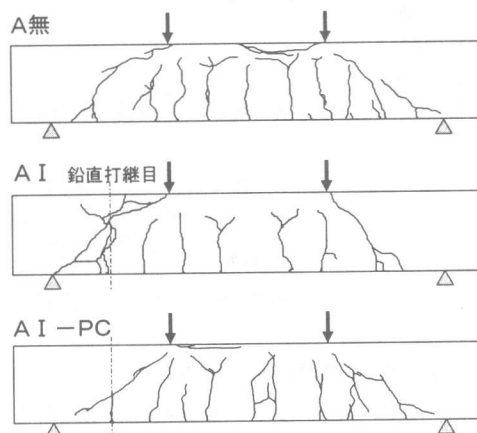


図-2 ひび割れ状況

比である破壊荷重比がtype Aに比べて、1.39と大きいため、せん断破壊に至らなかったと考えられる。破壊荷重も「B I-PC」を除き、ほぼ同様な値であった。

4. ひび割れの発生状況

図-2に、破壊時のひび割れ状況の代表例として、type Aの各供試体のものを示す。

鉛直打継目を有しない一体型の「A無」の斜めひび割れは、支点から載荷点までを結ぶように生じた。一方、鉛直打継目をせん断スパンの中央に

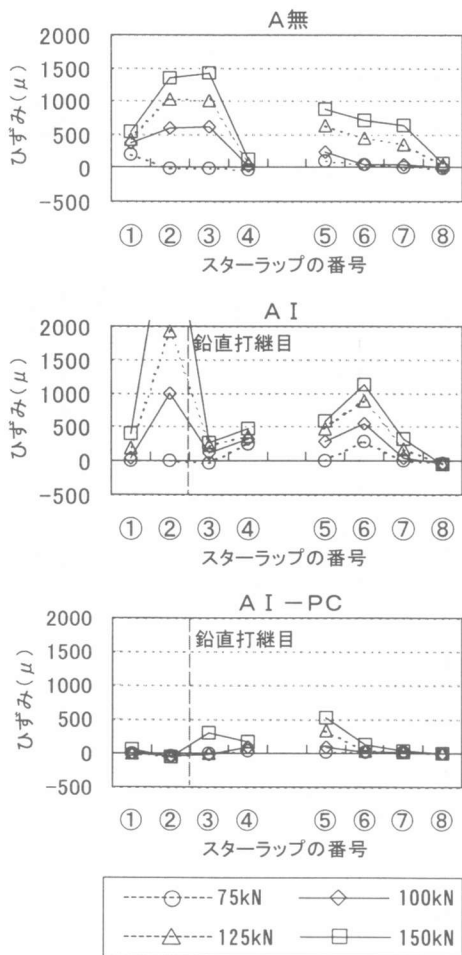


図-3 各荷重時における
スターラップのひずみ (type A)

設けた「A I」では、鉛直打継目に沿うように曲げひび割れが生じた後、供試体の高さ方向に対して打継面がずれ、鉛直打継目で不連続に斜めひび割れが生じた。打継目部分は連続して打ち込んだ一体部分と比べて引張に対する抵抗力が小さく、曲げひび割れが発生しやすい。曲げひび割れが生じた後、鉛直打継目には断面力の中でも特にせん断力が集中し、圧縮鉄筋と引張鉄筋の間の打継面にずれが生じたと考えられる。このずれにより、斜めひび割れは両鉄筋位置の近くに生じたものと思われる。

プレストレスを与えた「A I-PC」は、鉛直

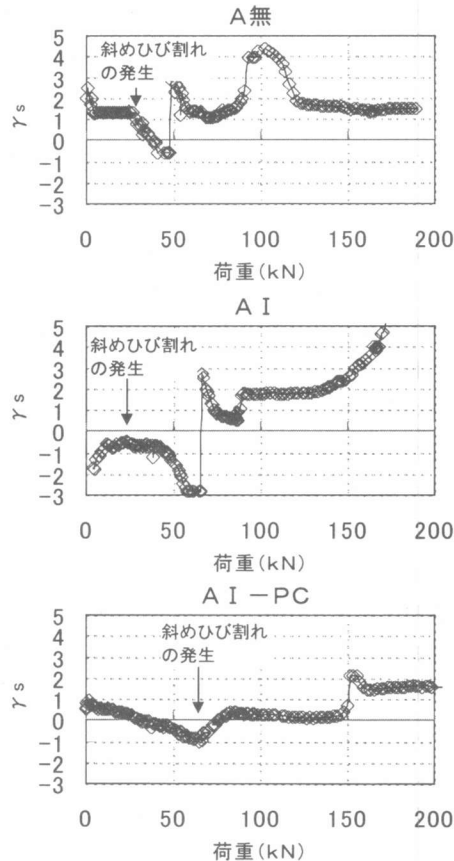


図-4 各荷重時における
スターラップひずみの比 γ_s

打継目に曲げひび割れが生じて軸力が作用しているために大きく開くことはない。故に、打継面での付着が確保され、斜めひび割れは鉛直打継目でずれることなく連続して生じた。

5. スターラップの挙動

type Aの各荷重時におけるスターラップのひずみを図-3に示す。横軸のスターラップの番号は、図-1に示すスターラップの番号と対応している。

鉛直打継目を有しない「A無」は、荷重の増加に伴い全体的にスターラップのひずみが増加しているのに対して、鉛直打継目を有する「A I」では鉛直打継目付近の②番のスターラップの局所的なひずみの増加が見られる。これは、斜めひび割

れの開きが打継面のずれにより、大きく開いたことによると考えられる。

プレストレスを与えた「A I-PC」は、鉛直打継目を有しているにもかかわらず、ひずみの増加はほとんどなく、一体型の「A無」以上に平坦なひずみの分布を示している。また鉛直打継目を有することによる局所的なひずみの増加も見られない。軸力により、斜めひび割れの勾配が小さくなってゲージから離れてひび割れが発達したことが、主な要因と考えられる。同時に軸力が働くことにより打継面での付着が確保され、一体型と同様にせん断力の伝達がなされ、局所的なひずみの増加を抑制したことも原因と考えられる。

図-4は、type Aにおける図-1に示したスターラップの①～④のひずみの和をスターラップの⑤～⑧のひずみの和で除した値をスターラップひずみの比 γ_s として表示し、 γ_s と荷重との関係を示したものである。また図中に目視による斜めひび割れの発生を示す。ここで述べるスターラップひずみの比とは、RCはり中心から見た左右のスターラップの伸び量の総和の比であり、左右で同様な伸び量を示すことによる場合は γ_s は1.0を示す。また、ひずみの増加割合が左右で同量である場合は横這いの分布を示し、打継面側のひずみが大きくひずむことにより上がり勾配、打継目を有しない側ひずみが増加することにより下がり勾配の分布を示す。変曲点は、斜めひび割れの発生もしくはさらに斜めひび割れが拡がったことを示す。なお、荷重 80kN 付近まではスターラップのひずみの絶対量が小さいため γ_s が負の値になっている個所があるが、これは載荷初期の段階ではスターラップの中に圧縮力の働くものが存在し、片側のひずみの和が負の値になったことによる。

一体型の「A無」では、スターラップひずみの比は全体的に 1.0 近辺に存在し、左右で同様に伸びていたといえる。90kN 付近で 1.0 より大きい値を示し、片側のスターラップが大きく伸びたことが認められる。しかし、その後は 1.0 に収束する傾向が見られる。これは、一体型のRCはりでは、左右のバランスが保持されるようにスターラップ

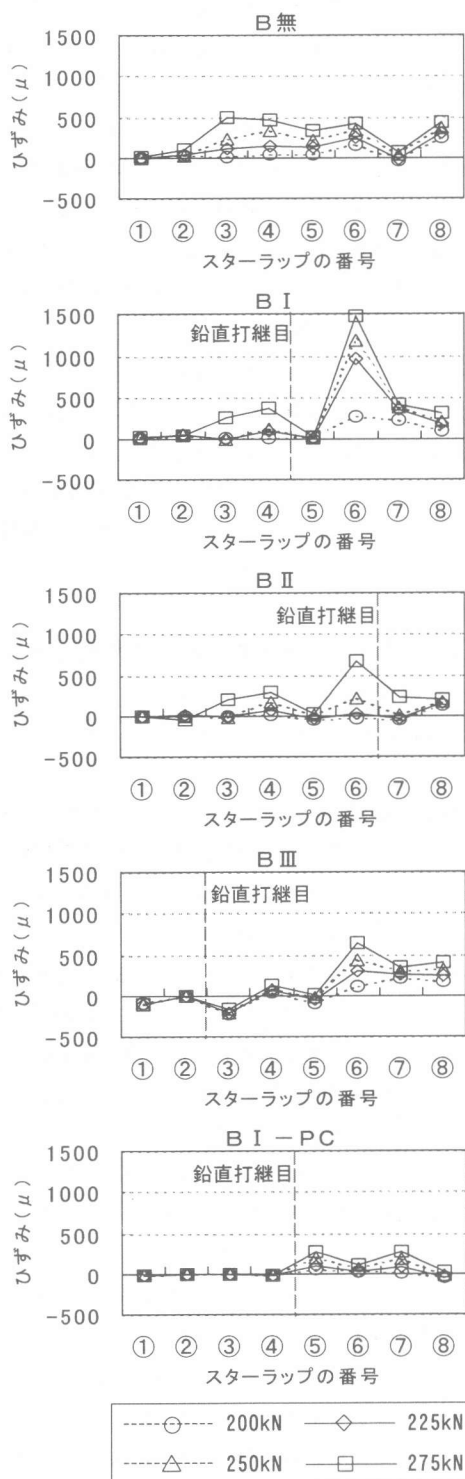


図-5 各荷重時における
スターラップのひずみ (type B)

が伸びていることを意味する。

一方、鉛直打継目を有する「AⅠ」では、80kN付近で鉛直打継面側のスターラップが大きくひずんだ後、1.0に収束する傾向は見られない。一旦、鉛直打継目を有する側に斜めひび割れが発生すると、それ以降は鉛直打継目を有する側のひずみの増加割合が大きく、特に140kNを超えた付近から、鉛直打継目側のスターラップが顕著に伸びていることが認められている。

プレストレスを与えた「AⅠ-PC」では、「AⅠ」ほど左右のスターラップのひずみ量に違いは見られず、ほぼ横這いの分布を示している。プレストレスの効果により一体型の斜めひび割れ性状に近づいたことにより、左右のスターラップの伸びは同様になったと考えられる。

6. 打継目位置がスターラップの挙動に及ぼす影響

type Bの各荷重時におけるスターラップのひずみを図-5に示す。

鉛直打継目を有しない「B無」は「A無」同様、スターラップのひずみが全体的に増加する傾向が見られる。また「AⅠ」同様、鉛直打継目を有する「BⅠ」、「BⅡ」、「BⅢ」では、スターラップひずみが局所的に集中している。「BⅠ」においては同一荷重時において最も大きいひずみを示しており、「BⅠ」はせん断耐力の最も低下する位置であることが確認できる。「BⅠ」、「BⅡ」では鉛直打継目付近のスターラップのひずみが増加したが、「BⅢ」ではその影響が見られない。これは、鉛直打継目の位置が支点寄りであるために、打継面に働くせん断力は同じであるが、曲げモーメントが小さいためと考えられる。また、鉛直打継面を有する「BⅠ」、「BⅡ」、「BⅢ」および「BⅠ-PC」は、鉛直打継目を境にして支点側のスターラップのひずみが小さい傾向が見られた。

「BⅠ-PC」は、軸力の作用により「AⅠ-PC」同様、スターラップのひずみは大幅に抑制された。

7. まとめ

本研究では、鉛直打継目をせん断スパン内に設けた2タイプの断面形状寸法のRCはりを作製し、スターラップのひずみに与える打継目の影響について実験的に検討した結果、以下のことがいえる。

- ① 断面形状寸法の異なる2タイプの供試体において、いずれのりも鉛直打継目を有することでスターラップのひずみは局所的に集中する傾向が見られた。
- ② 鉛直打継目を有するRCはりには、軸力を与えることで、斜めひび割れ性状は一体型に近づき、スターラップのひずみの増大を大幅に抑制することが可能である。
- ③ 鉛直打継目の存在は、せん断スパン内のいずれの位置に設けてもスターラップに悪影響を及ぼすと考えられる。しかし、スターラップのひずみ量は、鉛直打継目をせん断スパン中央以外に設けることにより小さくなる。

謝辞：本研究は、文部省科学研究費補助金基盤研究(c)(2)課題番号 09650502 により実施した。

参考文献

- 1) 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
- 2) 太田知則, 横田隆雄, 辻 幸和, 杉山隆文：コンクリート強度が異なる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報告集, Vol.20, No2, 1998.7
- 3) 太田知則, 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導入効果, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第5部, pp.1060~1061, 1998
- 4) 横田隆雄, 辻 幸和, 橋本親典：鉛直打継目を有するRCはりにおけるスターラップのせん断補強効果, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集第5部, pp.960~961, 1997