

# ループ継手によるPCa床版の接合部に着目した引張要素実験

宇都宮大学

ドーピー建設工業株式会社

学生員 ○ 植木星吾  
正会員 藤倉修一  
正会員 立神久雄

学生員 馬場翔太郎  
正会員 Nguyen Minh Hai  
正会員 村井弘恭

## 1. はじめに

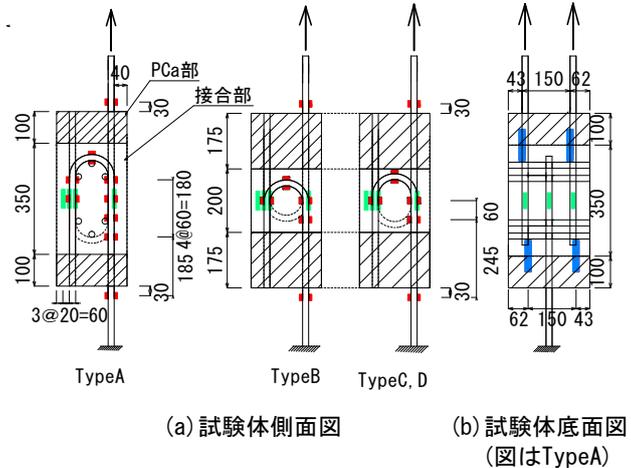
近年、車両の大型化や交通量の増加により多くの道路床版の損傷が問題となっている。その補修、補強工法として、床版取替え工事が挙げられ、工期短縮と作業の省力化が期待されている。そこでプレキャストコンクリート床版（以下PCa床版と呼ぶ）を用いる工法が多く採用されている。PCa床版同士の接合には、ループ鉄筋重ね継手構造（以下、ループ継手と呼ぶ）が多く用いられる。従来のループ継手では、主鉄筋の直線部が一定長さ以上必要であり、接合幅が広いことで、現場打設のコンクリート量が増えるため、施工に時間がかかる問題がある。また、ループ継手においては主鉄筋の曲線部に働く支圧力によって、橋軸直角方向に割裂力が作用し、この力に対して抵抗するために、橋軸直角方向に鉄筋（以下、配力鉄筋と呼ぶ）を配筋しなければならないが、これはPCa床版を設置してから配筋するため、施工性が悪い。

以上より、著者らは上記課題を解決する新たな接合方法を提案している<sup>1)</sup>。提案構造は、狭隘な接合部に短繊維補強モルタルを用いることで、ループ鉄筋の直線部を短縮し、さらに、配力鉄筋を省略した構造である。本研究では、この提案構造接合部の力学挙動を把握するために要素試験体を製作し、引張载荷による引張要素実験を行った。さらに、従来のループ継手による接合構造、後打ち材料の違いや配力鉄筋の有無による比較、検討を行った。

## 2. 試験体概要および試験方法

試験体の概要を図-1に示す。本研究で用いた試験体は、PCa床版およびPCa床版同士のループ継手による接合部の一部を模擬したものである。以下において、PCa床版の母材部分はPCa部、後打ちの接合部分を接合部と呼ぶ。なお、試験体の寸法は全長550mm、断面255mm×220mmである。試験体の種類を、表-1に示す。TypeAは一般的に使用されるループ継手を有する試験体であり、TypeB、TypeCは短繊維補強モルタルを後打ち材料に用いた試験体である。TypeDは短い接合幅にコンクリートを用いて、配力鉄筋を省略した試験体である。後打ち部材の材料特性を表-2に示し、PCa部の材料特性を表-3に示す。なお、後打ち材料に用いたモルタルには、ビニロン短繊維を3%混入した。本実験で使用した鉄筋の材料特性を表-4に示す。鉄筋はSD345とし、接合部のループ鉄筋にはエポキシ樹脂塗装が施されている。接合部のループ鉄筋間隔は75mmである。

载荷方法は、载荷フレームに設置した油圧ジャッキを用いて治具を介し、図-1に示すように試験体の下側鉄筋を固定して、上側鉄筋に引張力を与えた。载荷サイクルについては、ひび割れ発生および鉄筋降伏まで载荷し、それぞれ除荷した。その後は、荷重の低下または、载荷できるたわみに達するまで载荷した。なお、実験中には過大なひび割れやたわみの増加が確認できた際にも载荷を一時停止し、観察を行っている。鉄筋降伏荷重は、貼付している2枚1組のひずみゲージの値の平均値が1800μ程度に達した時と



(a) 試験体側面図 (b) 試験体底面図 (図はTypeA)

図-1 試験体概要図

表-1 試験体種類および接合部諸元

試験体種類	後打ち材料	接合幅 [mm]	重ね継手長 [mm]	配力鉄筋
TypeA	早強コンクリート	350	280	有
TypeB	短繊維補強モルタル	200	130	無
TypeC	短繊維補強モルタル	200	170	無
TypeD	早強コンクリート	200	170	無

表-2 後打ち部材の材料特性

試験体種類	早強コンクリート		短繊維補強モルタル			
	$f'_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_c$ [kN/mm <sup>2</sup> ]	$f'_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f'_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f'_{bk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_c$ [kN/mm <sup>2</sup> ]
TypeA	63.9	3.93	-	-	-	-
TypeB	-	-	67.9	7.19	4.89	3.36
TypeC	-	-	73.4	7.46	6.40	3.47
TypeD	63.9	3.93	-	-	-	-

表-3 PCa部の材料特性

試験体種類	$f'_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_c$ [kN/mm <sup>2</sup> ]
TypeA	74.7	3.90
TypeB	70.7	3.96
TypeC	71.1	3.50
TypeD	74.7	3.90

表-4 鉄筋の材料特性

呼び名	降伏点 [N/mm <sup>2</sup> ]	引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング係数 [kN/mm <sup>2</sup> ]	備考
D19	386	591	205	ループ鉄筋, 配力鉄筋

した。

計測項目を図-1に示す。図-1(a)には鉄筋のひずみゲージ、コンクリートゲージの計測位置をそれぞれ赤長方形、黄緑長方形で示し、図-1(b)に床版底面側にパイ型変位計による接合部の開き変位の計測位置を青長方形で示す。

**Key Words:** プレキャストコンクリート, ループ鉄筋継手, 短繊維補強モルタル, 配力鉄筋

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 Tel.028-689-6227

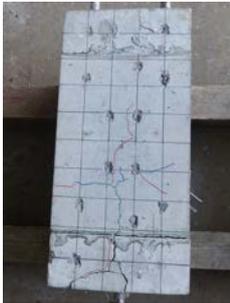


図-2-a TypeA 破壊形状



図-2-b TypeB 破壊形状

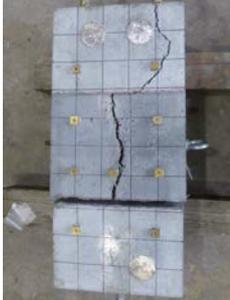


図-2-c TypeC 破壊形状



図-2-d TypeD 破壊形状

図-2 破壊形状

### 3. 実験結果

#### (1) 損傷状況

各試験体の損傷状況を図-2 に示す。

まず、TypeA では、軸方向と軸直角方向にひび割れは発生したが、ひび割れ幅は最大で 0.25mm で、最終的にコンクリートの外側の鉄筋が降伏し、終局に至った。

次に、TypeB と TypeC では、荷重の増加に伴い軸方向の割裂ひび割れが発生したが、短繊維の架橋効果によりひび割れの進展が抑制されたことで、荷重が増加していき、その後、完全な破壊に至らなかったが、ひび割れ幅の増大に伴い荷重が低下した。

最後に、TypeD では、軸方向に入っていたひび割れが増大し、試験体が完全にわかれるような脆性破壊に至った。

この結果から、繊維の混入による架橋効果により、直線部が十分でない試験体は完全な破壊に至らないと考えられる。

#### (2) ループ鉄筋の支圧力

図-3 に各試験体の荷重 60kN 時のループ鉄筋のひずみ分布を示す。ここで、横軸は割裂ループ鉄筋を軸方向に展開したものである、なお、ゲージ番号は図-3 に示すひずみゲージ位置に対応しており、ひずみの大きさは 2 枚向かい合わせで貼り付けた 1 組のひずみゲージ計測値の平均を用いた。

中村らはループ鉄筋の曲げ点のひずみからループ継手内部に働く支圧力を (1) 式のように表した<sup>2)</sup>。

$$P_b = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)E_s A_s \quad (1)$$

ここで、 $P_b$  は下側ループ鉄筋 1 本あたりの支圧力 (kN) であり、 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  はそれぞれループ鉄筋の上側と下側の直線部と曲線部の境界位置での鉄筋ひずみの測定値であり、 $E_s$  は鉄筋の弾性係数、 $A_s$  は鉄筋の断面積である。

また、ループ継手は引張力に対して直線部の付着力と曲線部の支圧力によって抵抗し、また、重ね継手長が短いほど付着力が小さくなるので、ひび割れ発生に伴う付着切れによって曲線部に大きな支圧力が働き、急激な破壊に至ることが指摘されている<sup>2)</sup>。図-3 のひずみの計測値を用いて、(1) 式より荷重 60kN 時の支圧力を算出した結果を表-5 に示す。TypeA ではループ鉄筋の直線部が十分に長く、配力鉄

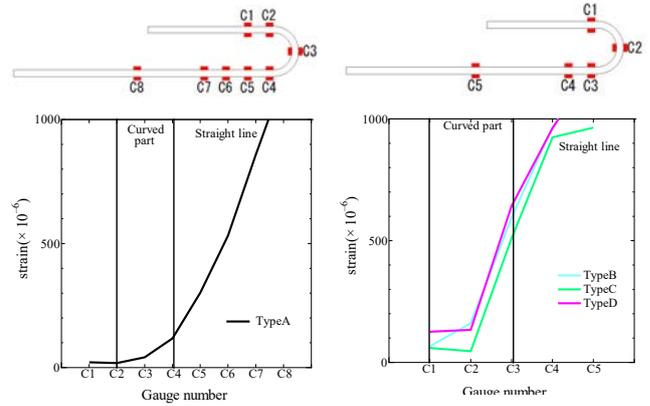


図-3-a TypeA

図-3-b TypeB,C,D

図-3 荷重 60kN 時のひずみ分布

表-5 最大荷重と支圧力

試験体種類	最大荷重 [kN]	60kN 時	
		支圧力 [kN]	支圧力割合 [%]
TypeA	130.0	7.9	13.2
TypeB	124.6	39.7	66.2
TypeC	125.3	33.3	55.5
TypeD	106.7	44.6	74.4

筋の拘束効果によって、荷重 60kN に対する支圧力の割合が約 13% と比較的小さくなったと考えられる。一方、TypeD では、ループ鉄筋の直線部が短く、配力鉄筋を配筋していないため、60kN 時の支圧力が約 74% と大きな割合となった。また、TypeB や TypeC では TypeD と比較して支圧力の割合が小さいが、短繊維を混入したことで、コンクリートと鉄筋との拘束効果が大きくなり、直線部の付着力が増加し<sup>3)</sup>、支圧力が低減されたと考えられる。また、TypeB は TypeC よりもループ鉄筋の直線部が短いため、TypeC よりも約 11% 高い支圧力が作用したと考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、PCa 床版の接合部を対象とし、ループ鉄筋の重ね継手長、配力鉄筋の有無、後打ち材料が損傷状況や支圧力に及ぼす影響を検討した。以下に本研究で得られた知見を示す。

1. ループ継手の重ね継手長が短く、配力鉄筋を省略した場合、ひび割れ発生による鉄筋とコンクリートの付着切れに伴い、支圧力が大きくなり、脆性破壊に至った。
2. 後打ち材料に短繊維補強モルタルを用いた場合、繊維がひび割れの進展を抑制し、結果として支圧力を低減できるため、後打ち材料が早強コンクリートのものと比べ、脆性的な破壊に至らなかった。
3. 従来のループ継手の接合部においては、直線部が長く、配力鉄筋の拘束効果によって、ループ継手に生じる支圧力の荷重に対する割合は約 13% と小さかった。

#### 参考文献

- 1) 馬場翔太郎, 藤倉修一, Nguyen Minh Hai, 村井弘恭: 狭い接合部にループ継手を用いた PCa 床版の曲げ挙動に関する実験的研究, プレストレストコンクリート工学会 第 29 シンポジウム論文集, pp.343-346, 2020.10.
- 2) 中村定明, 三浦尚: RC ループ継手の力学的挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.774/V-65, pp.17-26, 2004.11.
- 3) 松林卓, 竹内秀聡, 原夏生, 三島徹也: 鋼繊維補強コンクリートによる鉄筋の付着性能向上に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.607-612, 2007.