

# ループ継手による狭隘な PCa 床版の接合部に着目した引張要素実験

宇都宮大学

学生員 ○ 馬場翔太郎

正会員

藤倉修一

学生員

植木星吾

正会員

Nguyen Minh Hai

ドーピー建設工業株式会社

正会員

立神久雄

正会員

村井弘恭

## 1. はじめに

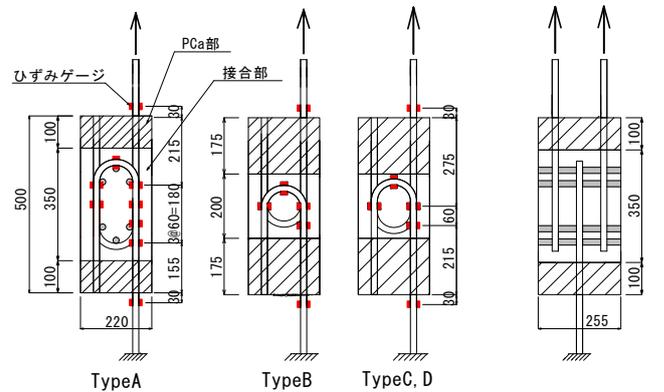
近年、車両の大型化や交通量の増加による RC 床版の損傷が問題となっており、床版取替え工事においては工期短縮と作業の省力化が期待されるプレキャストコンクリート床版（以下、PCa 床版と呼ぶ）を用いる工法が多く採用されている。PCa 床版同士の接合には、ループ鉄筋重ね継手構造（以下、ループ継手と呼ぶ）が多く用いられるが、従来の方法では主鉄筋の直線部が一定長さ以上必要であり、接合幅が広く現場打ちコンクリートの量が増えるため、施工に時間がかかる。また、ループ継手では主鉄筋の曲線部に働く支圧力によって、橋軸直角方向に割裂力が作用するが、この力に対して抵抗するために橋軸直角方向に鉄筋（以下、配力鉄筋と呼ぶ）を配筋する必要がある。しかし、配力鉄筋は 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、これまで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、接合幅を短縮して配力鉄筋を省略した構造であり、この接合構造を有する床版試験体の静的 3 点曲げ試験を行った。その結果、提案構造を有する床版試験体は、一般的なループ継手を有する床版試験体と比較して同程度の体力と変形性能を有していることが分かったが、その耐荷メカニズムについて詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、提案する接合部の力学的挙動を把握するための要素試験体を作製し、引張要素実験を行った。実験結果から、従来のループ継手と比較し、後打ち材料の違いや配力鉄筋の有無について検討した。

## 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 床版およびそれらをつなぐループ継手接合部からなる床版の一部を模擬したものである。ここでは、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、試験体の床版厚を 220mm とした<sup>1)</sup>。試験体種類および接合部諸元について、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、接合幅 350mm、ループ鉄筋の重ね継手長（以下、重ね継手長と呼ぶ）は 280mm である。一方、TypeA 以外の 3 種類の試験体では接合幅を 200mm に短縮している。TypeB、TypeC には接合部に短繊維補強モルタルを用い、TypeA、TypeD には早強コンクリートを用いた。短繊維補強モルタルには、径 0.66mm で長さ 30mm、引張強度 900N/mm<sup>2</sup> のビニロン繊維を体積当たり 3.0% で混入した。表-2 に接合部の後打ち材料と PCa 部の材料特性をそれぞれ示す。

本実験で使用した鉄筋の材料特性を表-3 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。

載荷方法は、載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、上側鉄筋を緊張することで引張力を与えた。載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載



(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<br>[mm] | 重ね継手長<br>[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 後打ち材料および PCa 部の材料特性

| 試験体種類 | 後打ち材料                        |                                |                              |                               | PCa 部                        |                               |
|-------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|       | 圧縮強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 割裂引張強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 曲げ強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 弾性係数<br>[kN/mm <sup>2</sup> ] | 圧縮強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 弾性係数<br>[kN/mm <sup>2</sup> ] |
| TypeA | 63.9                         | -                              | -                            | 3.93                          | 74.7                         | 3.90                          |
| TypeB | 67.9                         | 7.19                           | 4.89                         | 3.36                          | 70.7                         | 3.96                          |
| TypeC | 73.4                         | 7.46                           | 6.40                         | 3.47                          | 71.1                         | 3.50                          |
| TypeD | 63.9                         | -                              | -                            | 3.93                          | 74.7                         | 3.90                          |

表-3 鉄筋の材料特性

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

荷し、それぞれ除荷した。その後は、荷重の低下または試験体の損傷状況を考慮して試験を終了した。なお、実験中には過大なひび割れやたわみの増加が確認された際にも載荷を一時停止し、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 1800  $\mu$  程度に達した時とした。

鉄筋のひずみ計測位置を、図-1 に示す。図-1 内の赤い長方形で、ループ鉄筋に貼付したひずみゲージの位置を表している。また、図-1 内に示す灰色部は、ループ鉄筋内側に配筋した配力鉄筋を示す。

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

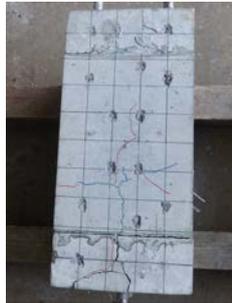


図-2-a TypeA 損傷状況



図-2-b TypeB 損傷状況



図-2-c TypeC 損傷状況



図-2-d TypeD 損傷状況

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、各試験体の最大荷重を表-4に示す。TypeAでは、軸方向と軸直角方向にひび割れが発生したが、ひび割れ幅は最大で0.25mm程度であり、最終的にコンクリートの外側と接合面に最も近い位置で鉄筋が降伏して終局に至った。TypeBとTypeCでは、荷重の増加に伴い軸方向にひび割れが発生したが、短繊維の架橋効果によってひび割れの進展が抑制されたことで荷重は漸増し、ループ鉄筋の直線部が降伏した。その後、ひび割れ幅の増大に伴い荷重が低下したため、載荷を終了した。TypeDでは、コンクリートの外側と接合面に最も近い位置で鉄筋が降伏した後に、図-2-dのように試験体が2つに分離するような脆性破壊が生じた。

この結果から、通常のループ継手では、接合幅が大きく配力鉄筋を有しているため、軸方向のひび割れは小さい。一方で接合幅が小さい試験体では、軸方向のひび割れは増大するが、接合部に短繊維補強モルタルを用いた試験体では短繊維の架橋効果によってひび割れの進行が抑制されたため、早強コンクリートのみを用いた試験体と比較して脆性破壊に至らず、ひび割れ発生後も最大荷重が増加したと考えられる。

#### (2) ループ鉄筋の支圧力

中村ら<sup>2)</sup>は、ループ継手の耐荷機構について、ループ鉄筋に生じる引張力に対しては直線部の付着力と曲線部の支圧力によって抵抗すると考え、ループ鉄筋の曲げ点に生じる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。

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

ここで、 $P_b$ は下側ループ鉄筋1本あたりの支圧力(kN)、 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ はそれぞれループ鉄筋の2箇所曲げ点に生じるひずみ、 $E_s$ は鉄筋の弾性係数、 $A_s$ は鉄筋の断面積である。

図-3に、荷重60kN時における各試験体のループ鉄筋のひずみ分布を示す。図-3から、(1)式より荷重60kN時の支圧力を算出した結果を表-4に示す。TypeAでは載荷荷重60kNに対する支圧力の割合が約13%と小さく、TypeD

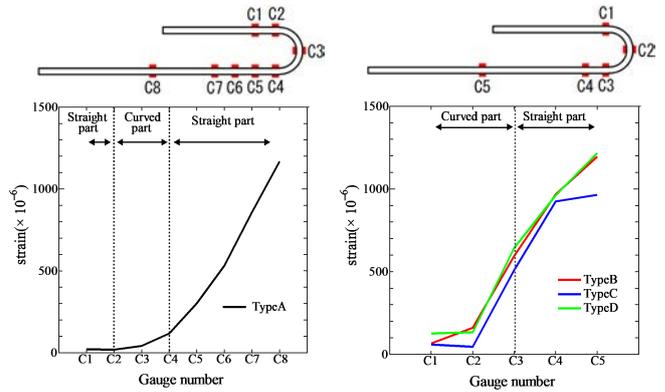


図-3-a TypeA

図-3-b TypeB,C,D

図-3 荷重60kN時のひずみ分布

表-4 最大荷重と支圧力

| 試験体種類 | 最大荷重<br>[kN] | 60kN時       |              |
|-------|--------------|-------------|--------------|
|       |              | 支圧力<br>[kN] | 支圧力割合<br>[%] |
| 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         |

では、約74%と大きい割合となった。これは、TypeDではTypeAと比較して接合幅が短く、配力鉄筋を配筋していないため、載荷荷重に抵抗する支圧力の割合が大きいと考えられる。また、TypeBやTypeCはTypeDと同様に接合幅が短い、TypeDよりも支圧力の割合が小さい。これは、後打ち部に短繊維補強モルタルを用いたことで、短繊維による架橋効果によってコンクリートの拘束効果が向上し、ループ鉄筋直線部の付着力が向上したため<sup>3)</sup>、支圧力は低減したと考えられる。また、TypeCはTypeBよりもループ鉄筋の直線部が長い、付着力による負担が大きくなり、支圧力がTypeBよりも11%程度小さくなったと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、ループ継手を用いたPCa床版の接合部の力学的挙動を明らかにするため、接合部の一部を模擬した要素試験体の引張試験を行った。以下に、本研究で得られた知見を示す。

1. 接合部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、その結果支圧力が低減されるため、接合部が早強コンクリートのみのもものと比べて、脆性的な破壊に至らなかった。
2. 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載荷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回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.