

ループ継手に VFRC および連続繊維補強材を用いた PCa 床版の静的曲げ試験

宇都宮大学

学生会員

○尾崎 光城

学生会員

小泉 大輝

正会員

藤倉 修一

正会員

Thay Visal

学生会員

Neupane Bikesh Babu

非会員

富山 晋太郎

正会員

立神 久雄

ドーピー建設工業株式会社

1. はじめに

現在供用されている橋梁の多くは、近年の交通量の増加や車両の大型化により道路床版が損傷している。これらの補修・補強として床版取り換えが行われ、工期短縮を目的として、その多くがプレキャストコンクリート床版（以下、PCa 床版）を用いている。PCa 床版同士の接合方法には、ループ鉄筋重ね継手構造（以下、ループ継手）が多く用いられている。ループ継手は、ループ鉄筋曲線部の支圧力と直線部の付着力で定着する構造である¹⁾ため、継手長を一定長以上確保する必要があり、現場でのコンクリート打設量が増える。また、ループ鉄筋曲線部の支圧力によって橋軸直角方向に生じる割裂力に抵抗するために、橋軸直角方向部材としてループ内に鉄筋（以下、配力鉄筋）を配筋する必要があるが、配力鉄筋は PCa 床版を設置してからループ内に配筋するため施工性が悪い。

著者らはこれまでに上記課題を解決する新たなループ継手として、狭益な接合部にビニロン短繊維補強コンクリート（以下、VFRC）を用い、配力鉄筋に代わって連続繊維補強材である軽量なアラミドロッドを用いた構造を提案している²⁾。要素試験体を用いた両引き抜き試験を行った結果、VFRC に加えアラミドロッドを配置することで、一般的なループ継手構造と同程度の耐力を期待できることが分かった。本研究では、この構造を用いた梁試験体に対して静的曲げ試験を行い、一般的なループ継手構造との比較を行った。また、ループ継手に作用する支圧力や配力筋に作用する力から、接合部における荷重特性を検証した。

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 床版と PCa 床版間のループ継手による接合部の一部を模したものである。ここで PCa 床版の部材部分を PCa 部、後打ち接合部分を接合部と呼ぶ。試験体の寸法は全長 2200mm、断面 630mm×220mm である。試験体の種類を表-1 に示す。TypeA は接合部幅を 350mm とする一般的なループ継手による試験体である。TypeB および C は接合部幅を 200mm に短縮している。Type B では接合部に VFRC を用い、Type C では接合部に Type A と同じコンクリートを用いている。Type A では配力鉄筋を配置し、Type B および C では配力鉄筋の代わりに、軽量で施工性に優れた連続繊維補強材であるアラミドロッドを用いた。接合部および PCa 部の材料特性を表-2 に示す。VFRC にはビニロン短繊維を 1.5Vol% 混入した。本試験で使用した鉄筋およびアラミドロッドの材料特性を表-3 に示す。鉄筋は SD345 とし、エポキシ樹脂塗

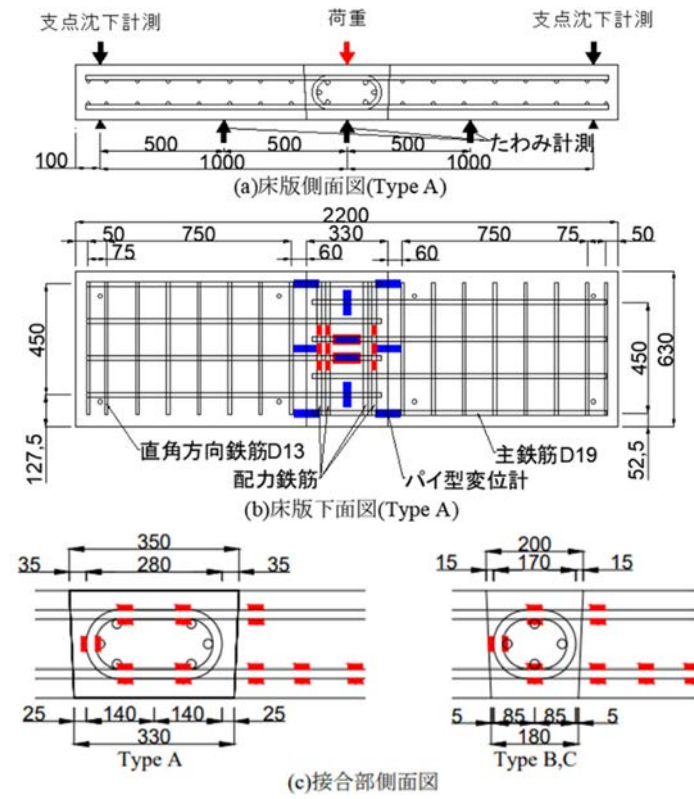


図-1 試験体概要図

表-1 試験体種類および接合部諸元

試験体	接合部材料	接合部幅 [mm]	重ね継手長 [mm]	配力鉄筋
Type A	コンクリート	350	280	鉄筋6本
Type B	短繊維補強コンクリート	200	170	アラミドロッド4本
Type C	コンクリート	200	170	アラミドロッド4本

表-2 接合部および PCa 部材料特性

試験体	接合部材料	接合部材料			PCa部材料	
		圧縮強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [kN/mm ²]	圧縮強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [kN/mm ²]
Type A	Concrete	77.5	-	40.8	64.3	48.6
Type B	VFRC	80.3	5.2	38.9	51.7	41.6
Type C	Concrete	69.7	3.1	45.5	67.9	40.0

表-3 鉄筋およびアラミドロッド材料特性

呼び名	降伏強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [kN/mm ²]
SD345(D19)	401	555	205
SD345(D13)	402	536	205
アラミドロッド(φ7.8)	-	1150	68.6

Key Words: プレキャストコンクリート、ループ継手、短繊維補強コンクリート、アラミドロッド
〒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

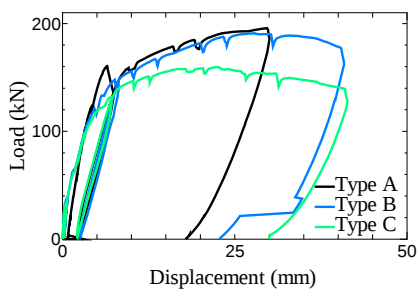


図-2 荷重たわみ関係

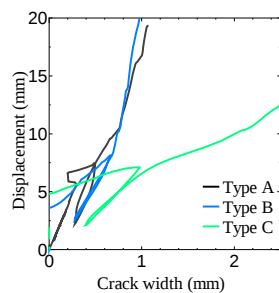


図-3 たわみ中央ひび割れ関係

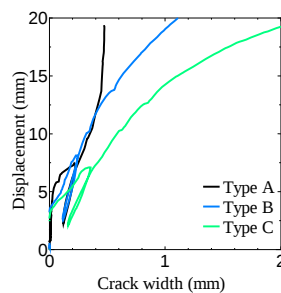


図-4 たわみ害裂ひび割れ関係

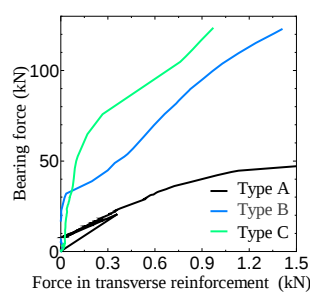


図-5 支圧力配力筋力関係

装されている。接合部のループ鉄筋間隔は75mmである。

荷重方法は、荷重フレームに設置した油圧ジャッキを用い、治具を介して、支間長2000mmの中央部に幅150mmの鋼板を敷き、床版階下の幅方向に一定の線荷重を載荷した。荷重サイクルでは、ひび割れが発生した後、鉄筋が降伏した時点で除荷し、再載荷を行い、荷重が低下し始めた時点で試験を終了とした。ひび割れ発生は貼り付けた橋軸方向のパイ型変位計のいずれかが0.1mmに達した時点とし、降伏方向に合わせて貼り付けた2枚1組のひずみゲージの平均値が2000μを超えた時点とした。主な計測項目は、支間中央のたわみ、接合部とPCa部間の開き変位（以下、開き変位）、接合部中央の橋軸方向および橋軸直角方向に開くひび割れ（以下、それぞれ、中央ひび割れ、害裂ひび割れ）幅、ループ鉄筋および配力鉄筋のひずみ、支点沈下である。パイ型変位計の計測位置を青長方形で、鉄筋ひずみの計測位置を赤長方形で図-1に示す。

3. 実験結果

(1) 荷重-たわみ関係

荷重荷重とスパン中央たわみの関係を図-2に示す。Type A では鉄筋降伏とともに剛性が低下して、変位とともに緩やかに荷重が増加し、中央たわみが30mmで荷重を終了した。Type B および Type C では、最大荷重に達した後、最大値の80%程度に荷重が低下した時で荷重を終了した。Type A および B は降伏後、荷重が200kN 近くまで増加したが、Type C の最大荷重は160kN 程度であった。この結果から、接合部幅を短くする場合、Type B のように接合部材料に VFRC を用いて、さらに、配力鉄筋にアラミドロッドを用いれば、一般的なループ継手工法の Type A と同程度の耐力と変形性能を確保することができる。

(2) たわみ-中央ひび割れ幅および害裂ひび割れ幅関係

スパン中央たわみと中央ひび割れ幅または害裂ひび割れ幅の関係をそれぞれ図-3、4に示す。中央ひび割れは図-1に示す青長方形のうち赤枠で囲んだ2箇所平均値である。図-3、4から、VFRC を用いた Type B は、中央ひび割れ幅および害裂ひび割れ幅は一般的なループ継手工法の Type A と同程度であった。一方で、短繊維補強を有さない Type C では、Type B に比べ接合部内のひび割れ幅が大きい。これは、Type B ではビニロン短繊維の架橋効果によりひび割れ幅が抑制されたためである。

(3) 支圧力-配力筋に作用する引張力の関係

ループ鉄筋の曲線部に生じる支圧力、配力鉄筋に生じる引張力

をそれぞれ式 (1)、(2) で示す。

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

$$P_s = \varepsilon_3 E_a A_a \quad (2)$$

ここで、 P_b は支圧力であり、 ε_1 、 ε_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ひずみ、 E_s はループ鉄筋の弾性係数、 A_s はループ鉄筋の断面積である。 P_s は配力鉄筋に作用する引張力であり、 ε_3 は配力鉄筋4本それぞれに張り付けた3つのひずみゲージの平均、 E_a は配力鉄筋の弾性係数、 A_a は配力鉄筋の断面積である。

支圧力と配力鉄筋に作用する引張力の降伏時までの関係を図-5に示す。同じ接合部幅である Type B と C で比較すると Type B の配力鉄筋に作用する力が支圧力40kN以降、平均して1.6倍ほど大きくなっている。また、前述したとおり害裂ひび割れ幅は Type C よりも VFRC を用いた Type B の方が小さい。この結果から VFRC を用いた Type B では、支圧力によって生じる橋軸直角方向の害裂力を配力筋に伝達させ、ビニロン短繊維とアラミドロッドが互いに害裂ひび割れ幅を抑制させたと考えられる。

4. まとめ

本研究では PCa 床版の接合部を対象とし、接合部の長さ、配力鉄筋の種類や接合部材料が与える影響を検討した。以下に本研究で得られた知見を示す。

1. 静的曲げ試験の結果から、接合部幅を短くしたループ継手に VFRC および配力鉄筋の代わりにアラミドロッドを用いた構造は、一般的なループ継手を用いた接合部と比較して同程度の耐力と変形性能を有す。
2. VFRC を用いた接合部では、橋軸方向、橋軸直角方向のひび割れ幅がビニロン短繊維の架橋効果により抑制された。
3. アラミドロッドは、VFRC と併用することで接合部内の支圧力によって生じる害裂力を分担し、害裂ひび割れを抑制することができた。

参考文献

- 1) 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, pp17-26, 2004.11.
- 2) 尾崎光城, 藤倉修一, Thay Visal, 立神久雄: アラミドロッドで補強した PCa 床版ループ継手接合部に対する引張要素実験, プレストレストコンクリート工学会第31回シンポジウム論文集, pp.185-188, 2022.10.