

プレキャストPC床版の改良型ループ継手構造の適用に関する基礎的研究

(株)富士ピー・エス 正会員 修(工) ○畠山 繁忠
 (株)富士ピー・エス 正会員 博(工) 左東 有次
 (株)富士ピー・エス 正会員 修(工) 正木 守
 (独)大分工業高等専門学校 工博 日野 伸一

Abstract : In this research, an improved loop joint with oblique arrangement of loop joint for the purpose of reducing the deck slab thickness is proposed. By arranging loop rebar of the axial direction to axis perpendicular direction obliquely, it is possible to reduce the deck slab thickness while keeping the minimum bending radius of the loop reinforcing bars. Then, static bending test was conducted to confirm the bending load capacity when the improved loop joint is applied to precast PC deck slab. In conclusion, it was confirmed that even when the loop joint was arranged obliquely, the required load-carrying behavior and durability were exhibited. In addition, it is possible to calculate the design value by RC bending theory.

Key words : Loop joint, Precast PC deck slab, Static bending test, Joint structure

1. はじめに

鋼桁上のRC床版を耐久性に優れるPC床版への取替え事業において、NEXCO設計要領¹⁾では、ループ継手を用いたプレキャストPC床版を基本としており、床版支間が3.6mまでは床版全厚を220mmとしている。一方で、橋軸方向支点上に生じる負曲げの影響をはじめとする設計条件により鉄筋径をランクアップしなければならないケースもある。そのため、床版全厚が厚くなり、結果として死荷重の増加につながる場合がある。これはループ継手を床版の継手で用いる場合、床版厚がループ鉄筋の曲げ直径の制約を受けるため、鉄筋径を大きくするとループ鉄筋の最小曲げ直径も大きくなり、床版厚も大幅に厚くなる。

そこで著者らは、実績が豊富で信頼性が高く、経済性に優れるループ継手を用いての床版厚の低減を目的とし、**図-1**に示すような改良型ループ継手を開発した。橋軸方向鉄筋のループ継手を橋軸直角方向に傾斜配置することで、ループ鉄筋の最小曲げ半径を保ちつつ床版厚の低減を図ることができる構造である。本研究では、改良型ループ継手をプレキャストPC床版に適用した場合でも、通常ループ継手と同等の性能を有するかの検討を行うため、まずは静的曲げ耐荷性能について検討を行った。さらに、間詰部の存在しない一体型RC版を対象に傾斜配置の影響がないかの検討を行うため、FEMによる解析も併せて行った。

2. 試験概要

2.1 試験体

表-1に試験体のループ鉄筋の緒元や床版厚さを、**図-2**に試験体概要図および**図-3**に継手位置断

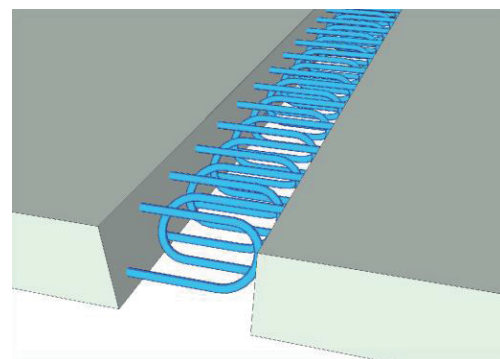
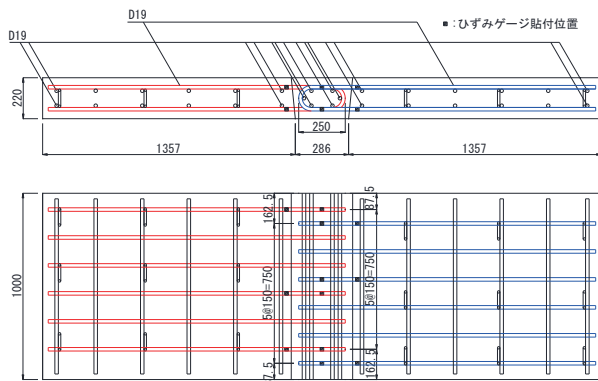


図-1 改良型ループ継手イメージ図

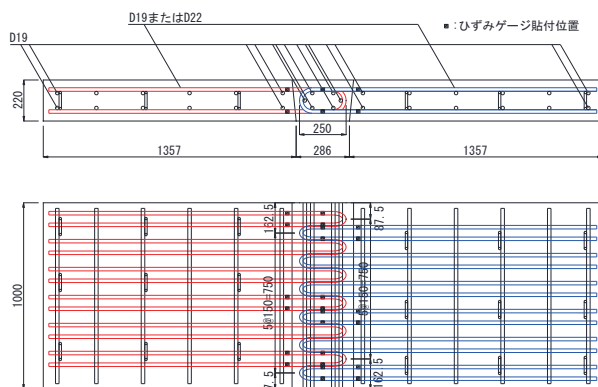
面図を示す。平成 29 年 NEXCO 設計要領第二集橋梁保全編¹⁾の最小全厚に準拠し、床版厚さは 220mm に統一した。試験体 B3 (以下 B3 と称す) は D22 のループ鉄筋を最小曲げ直径 (114.5mm) で加工し、床版上下面のかぶりを 40mm 確保できるようにループ鉄筋を 62° に傾斜させた。試験体 B1 および B2

表-1 試験体一覧 (単位: mm)

試験体名	鉄筋径	ループ鉄筋の継手角度	ループ鉄筋の曲げ直径	かぶり	重ね継手長	床版厚さ
B1	D19	90°	99.0	41.5	250	220
B2	D19	62°	111.5	41.5		
B3	D22	62°	114.5	40.0		

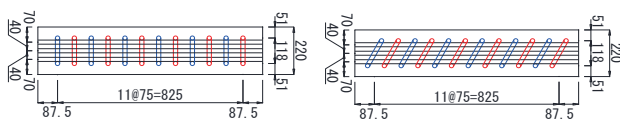


(a) B1 試験体



(b) B2 および B3 試験体

図-2 試験体概要図 (単位: mm)



(a) B1 (b) B2 および B3

図-3 継手位置断面図 (単位: mm)

表-2 材料強度 (N/mm²)

試験体名	材料	圧縮強度	降伏強度	引張強度	静弾性係数 (× 10 ⁴)
B1	コンクリート	64.8	-	4.53	3.46
	鉄筋	-	376	-	19.5
B2	コンクリート	67.2	-	4.54	3.53
	鉄筋	-	376	-	19.5
B3	コンクリート	62.5	-	4.35	3.32
	鉄筋	-	380	-	20

(以下それぞれ B1, B2 と称す) は D19 のループ鉄筋を使用し、B2 は B3 と同様に 62° に傾斜させ、B1 は 90° で配置した。B1 と B2 のループ鉄筋の曲げ直径は B3 のループ鉄筋の中心位置と一致するよう設定した。なお、一方向の検討のため、支間直角方向のプレストレスは無しとし、また、既設部と間詰め部の界面処理は洗出し処理を行った。表-2 に材料強度を示す。コンクリート強度は既設部・間詰め部の内、最小値を使用した。

2.2 静的载荷試験方法

図-4 に試験方法を示す。試験は支間長 2,800 mm, 载荷スパン 600mm の 2 点曲げ载荷とし、油圧ジャッキによって载荷を行った。荷重はロードセルによって計測を行った。たわみは図-4 に示すように変位計を载荷点直下および支間中央位置に設置し、橋軸直角方向にも 450mm ずつ 3 か所設置し、合計 9 か所計測を行った。橋軸方向鉄筋のひずみは、ひずみゲージを用いて接合部内および接合部近傍において計測を行った。

2.3 解析概要

ループ鉄筋を傾斜させたプレキャスト床版をモデル化し、ループ鉄筋の傾きによる曲げ挙動への影響の有無を検討することを目的に 3 次元非線形 FEM 解析を行った。解析ソフトは DIANA 10.1 を使用した。材料構成則を図-5 に、解析モデルを図-6 に示す。解析には表-2 に示す材料強度を使用した。モデルは傾斜配置したループ継手をそれぞれの試験体において作成した。モデル化において一体構造を基準とした各試験体の曲げ耐荷挙動の確認を主な目的としたことから、今回は接合部が存在しないプレキャスト床版を模擬してモデルを作成し、目地部開口荷重に関しては解析の対象外とした。コンクリートは全ひずみひび割れモデルとし、圧縮側はコンクリート標準

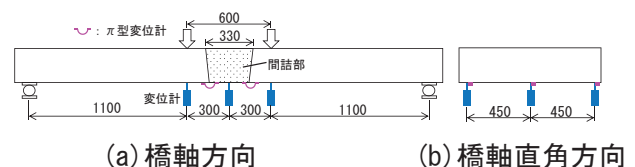


図-4 試験方法および変位計位置

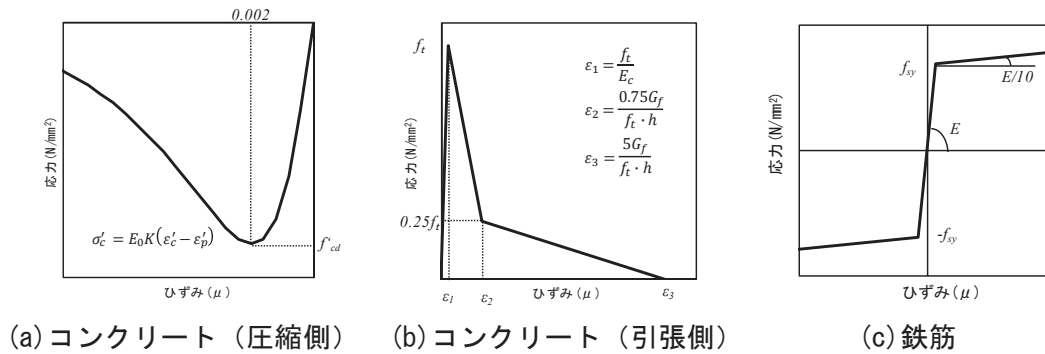
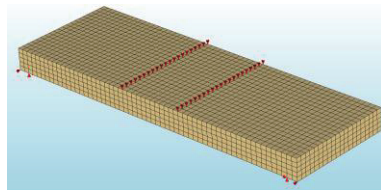
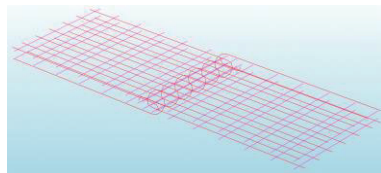


図-5 材料構成則



(a) コンクリートモデル



(b) 鉄筋モデル (ループ継手：傾斜配置)

図-6 FEM モデル (B2)

表-3 実験結果一覧

試験体名		目地部 開口	ひび割れ 発生	鉄筋降伏*	終局
B1	設計値 (kN)	—	71.5	184	226
	実験値 (kN)	33.0	60.0	171	263
	解析値 (kN)	—	69.7	180	249
	実験値/設計値	—	0.84	0.93	1.16
	実験値/解析値	—	0.86	0.95	1.06
B2	設計値 (kN)	—	71.6	185	228
	実験値 (kN)	25.0	40.0	160	267
	解析値 (kN)	—	78.5	187	249
	実験値/設計値	—	0.56	0.86	1.17
	実験値/解析値	—	0.51	0.86	1.07
B3	設計値 (kN)	—	70.8	245	283
	実験値 (kN)	30.0	55.0	231	321
	解析値 (kN)	—	80.7	235	304
	実験値/設計値	—	0.78	0.94	1.13
	実験値/解析値	—	0.68	0.98	1.05

*降伏ひずみに達した時の荷重値

示方書モデル²⁾, 引張側はトリリニア曲線とした。また, 鉄筋は Von-Mises の降伏条件とし, 降伏以降は弾性係数の 1/10 となるバイリニア曲線を採用した。さらに, ループ鉄筋および配力筋はトラス要素とし, コンクリートと完全付着とした。メッシュ間隔は 50mm 以下となるようモデルを作成し, 荷重は強制変位を与えて解析した。

3. 試験結果

表-3 に設計値, 実験値および解析値一覧を示す。目地部開口荷重は既設部と間詰部に目開きが生じた荷重値, ひび割れ発生荷重は母材コンクリートにひび割れが生じた荷重値, 鉄筋降伏荷重は実強度による降伏ひずみに達した時の荷重値を示した。各試験体とも破壊モードは鉄筋降伏後に上縁圧壊を呈する曲げ引張破壊であった。B2 および B3 の鉄筋降伏荷重において, 設計値と実験値の比は 0.86~0.94 倍, また, 解析値と実験値の比も 0.86~0.98 倍であり, どちらの試験体も設計値および解析値よりやや下回る結果であった。これは既往の研究³⁾より, 既設部と間詰め部の界面付近で生じる鉄筋ひずみは, 間詰め部よりも既設部の方が鉄筋量は少ないことから, 既設部の鉄筋ひずみが大きくなるためと考えられる。ループ鉄筋を 90°に配置した B1 も同程度低下していることから, ループ鉄筋を斜め配置した影響とは考えられない。一方で, 終局荷重においては, 設計値と実験値の比は 1.13~1.17 倍, また, 解析値と実験値の比は 1.05~1.07 倍とすべての試験体が設計値および解析値以上の値を示し, そのばらつきも同程度であった。このことから, ループ鉄筋を斜めに配置した場合でも, RC の曲げ理論による評価は妥当と考えられる。図-7 に荷重-支間中央変位関係, 図-8 に荷重-目開き量関係を示す。なお, 図-8 (b) の◇は引張側のループ鉄筋応力度 120N/mm² 発生時の荷重の設計値を示している。図-7 より, 各試験体はほぼ同様の曲げ挙動を示した。B1 および B2 を比較すると, すべての荷重において同様の変位を示しており, ループ鉄筋を傾斜配置しても曲げ耐荷挙動に及ぼす影響は確認できなかった。また, B1~B3 の実験結果と解析結果を比較すると, ひび割れ発生以降はいずれ

の試験体も各荷重において同等の値を示していることが確認できる。図-8 の目開き量においても、各試験体同様の挙動を示したものの、B3 は他の2 体と比べ、同荷重時で0.1mm ほど目開き量は小さくなった。これは、B3 は他の2 体よりも鉄筋径が大きく、引張に対しての抵抗が大きいためと考えられる。また、B1 はB2 に比べ第2 勾配以降目開き量は大きくなっている。これは、図-9 に示す各試験体のひび割れ性状でB1 とB2 を比較すると、B1 の方がひび割れ本数は少なく、各ひび割れの開きが大きくなり、目開き量も同様に大きくなったと考えられる。さらに、すべての試験体において、引張鉄筋に許容鉄筋応力度 120N/mm^2 が生じる荷重 (\diamond) の目開き量は 0.2mm 以下であり、所要の耐久性を満たすと考えられる。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) ループ継手を傾斜配置しても RC の曲げ理論による評価が可能であることが確認できた。
- (2) 実験および FEM 解析結果より、通常のループ鉄筋の配置と同様の曲げ耐荷挙動を示し、ループ鉄筋の傾斜配置による影響は確認できなかった。
- (3) 目地部における目開き量は、傾斜配置した場合でも通常の配置と同様の挙動を示し、また、設計荷重が作用した時点においても許容ひび割れ幅 0.2mm 以下であった。これより、所要の耐久性を満たすことから、ループ鉄筋を傾斜配置しても継手として十分機能を果たすと考えられる。

参考文献

- 1) 東日本, 中日本, 西日本高速道路株式会社: 設計要領第2集橋梁保全編, 平成29年7月
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [設計編] 2012年制定, 2013
- 3) 畠山繁忠, 日野伸一, 正木守, 左東有次: 傾斜配置したループ継手を間詰部に用いた床版の曲げ耐荷性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.2, pp.589-594, 2018

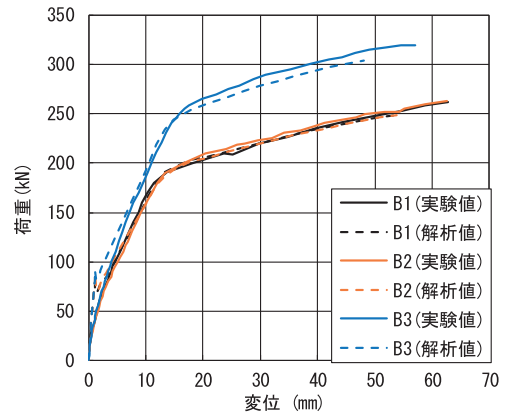
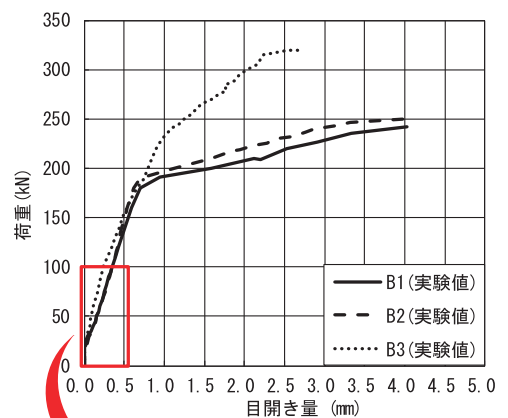
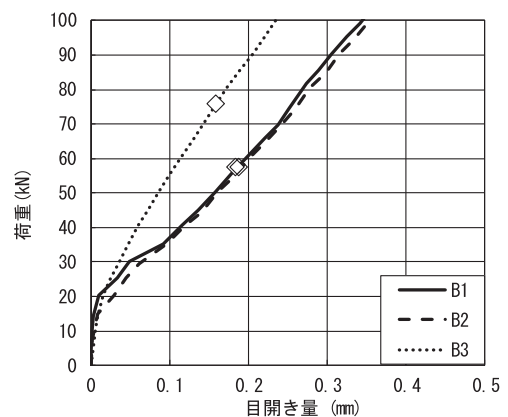


図-7 荷重-支間中央変位関係



(a) 全体図



(b) 詳細図

図-8 荷重-目開き量関係

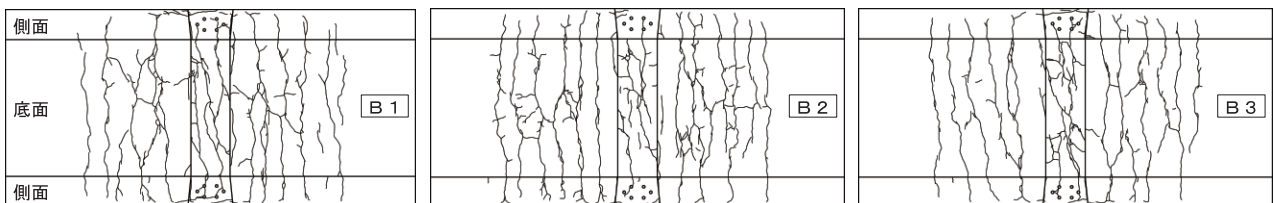


図-9 各試験体ひび割れ性状