

## 半楕円形状に拡径加工した鉄筋を用いたプレキャストPC床版継手の開発

(株)IHIインフラ建設 正会員 工修 ○高木 祐介  
 (株)IHIインフラ建設 正会員 小林 崇  
 (株)IHIインフラ建設 正会員 博(工) 中村 定明

キーワード：床版取替，プレキャストPC床版，継手

### 1. はじめに

近年、交通量の増加や車両の大型化、環境の影響により、RC床版の劣化が進行している。そのため、大規模更新事業として床版取替工事が進められており、更新用床版として品質や急速施工の観点からプレキャストPC床版が多く採用されている。プレキャストPC床版の橋軸方向をRC構造とする場合、継手には一般的にループ継手を用いられる。しかし、ループ継手は、鉄筋曲げ加工の制限から床版厚が薄くできない場合があり、また、床版架設時にループ鉄筋内に鉄筋を配置しにくく、急速施工が要求される床版取替工事における課題となっている。

代替道路がない橋梁の床版取替工事では、幅員を分割して施工し、片車線の交通を確保する必要がある。この場合、一次施工側と二次施工側のプレキャストPC床版間に縦目地が必要となる。この縦目地の幅を縮小し、より広く通行幅を確保する方法として、筆者らは、橋軸直角方向鉄筋の継手として、先端を半楕円形状に拡径加工した鉄筋（以下、Dエッジ鉄筋、写真-1、図-1）を用いた継手（以下、Dエッジ鉄筋継手、図-2）を開発し、静的曲げ載荷試験や輪荷重走行試験などにより性能を確認している<sup>1)</sup>。今回、前述のループ継手の課題に対する改善方法として、Dエッジ鉄筋継手の橋軸方向継手への適用を検討した。本稿では、エポキシ樹脂塗装を施したDエッジ鉄筋を用い、継手長の違いによる曲げ耐力への影響の確認を目的として行った静的曲げ載荷試験、疲労耐久性の確認を目的として行った輪荷重走行試験について報告する。

### 2. Dエッジ鉄筋継手の概要

Dエッジ鉄筋継手は、鉄筋間の引張力の伝達を付着により行う重ね継手、直線部の付着と曲げ加工部の支圧で行うループ継手に対し、図-2のように継手長間の付着と鉄筋先端の拡径部の支圧により行う構造としている。拡径部は、熱間鍛造により加工しており、半楕円形状として支圧面を床版の内向きに配置することで鉄筋の標準部と同かぶり



写真-1 Dエッジ鉄筋

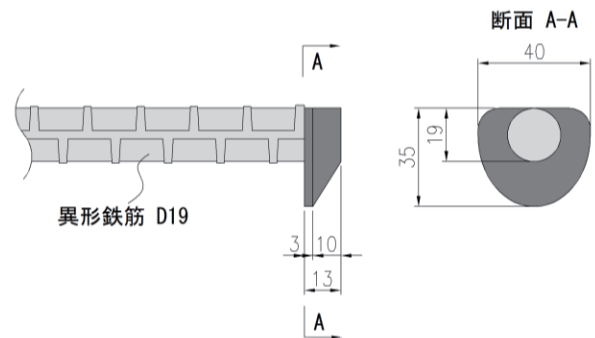


図-1 Dエッジ鉄筋の拡径部

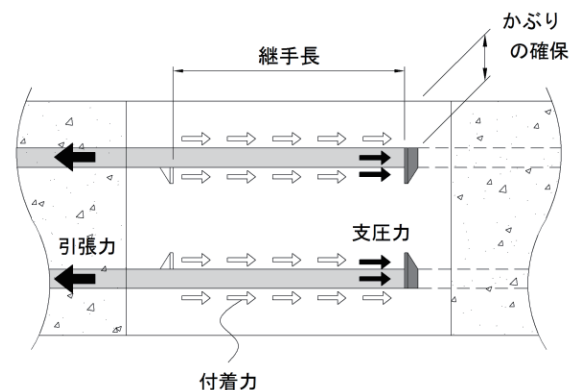


図-2 Dエッジ鉄筋継手

を確保している。拡径部の形状は、引張試験や引抜試験により決定しており、鉄筋の引張強度相当荷重の支圧抵抗性があること、拡径基部の強度は鉄筋の引張強度以上であることを確認している<sup>1)</sup>。

### 3. 静的曲げ载荷試験

#### 3.1 試験概要

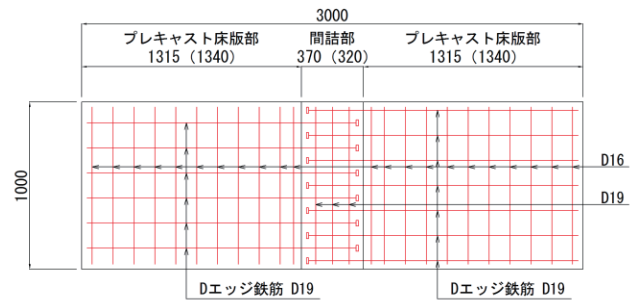
プレキャストPC床版のループ継手は、通常、防錆処理としてエポキシ樹脂塗装が施されるが、前述の橋軸直角方向のDエッジ鉄筋継手の開発時には、エポキシ樹脂塗装を施した鉄筋を使用していない。そこで本研究では、エポキシ樹脂塗装を施したDエッジ鉄筋を用い、継手長の違いによる曲げ耐力への影響の確認を目的として静的曲げ载荷試験を行った。

試験体の概要および载荷位置を図-3に示す。試験体は、継手長を鉄筋径の12倍、15倍とした12D、15D試験体とし、間詰部すべてにエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。床版厚は、後述する輪荷重走行試験の試験体と同一となる220mmとしている。試験は、支持間隔2.5mの単純支持とし、载荷は間詰部を含む600mmを等曲げ区間とする2点载荷とした。载荷試験時におけるコンクリートの材料試験結果を表-1に示す。ここで、実施工を想定してプレキャスト床版のコンクリートは自社工場におけるプレキャストPC床版配合とし、間詰部に用いる膨張コンクリートの圧縮強度は $50 \pm 10 \text{ N/mm}^2$ を目標とした。なお、プレキャスト床版のコンクリートは、前試験<sup>1)</sup>では軽量コンクリートを使用した。本試験では、普通コンクリートを使用した。Dエッジ鉄筋の降伏強度は、 $397 \text{ N/mm}^2$ であった。

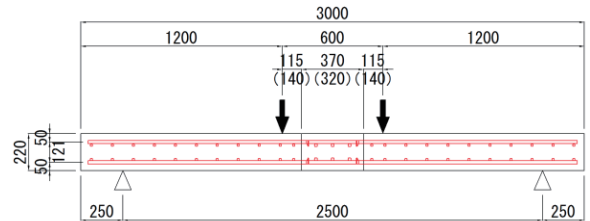
#### 3.2 試験結果

図-4に载荷荷重と支間中央の鉛直変位の関係を示し、表-2に実験値と計算値の比較を示す。なお、計算値は実強度による梁理論から計算した結果であり、最大荷重はコンクリート上縁ひずみが $3500 \mu$ に達する荷重としている。

12D、15D試験体ともに、鉄筋降伏荷重の計算値229.6kN付近までほぼ線形的な挙動を示した。その後、12D試験体は間詰部側面に斜めひび割れを生じて破壊した。斜めひび割れは、最大荷重到達時の変位増大によって、曲げ引張を受ける下側のDエッ



(a) 平面図



(b) 側面図

※ ( ) 内は 12D 試験体寸法

図-3 試験体の概要および载荷位置

表-1 コンクリート材料試験結果

部位	強度 (N/mm <sup>2</sup> )		静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
	圧縮	引張	
プレキャスト床版部	67.6	3.44	41.6
間詰部	59.4	3.64	35.4

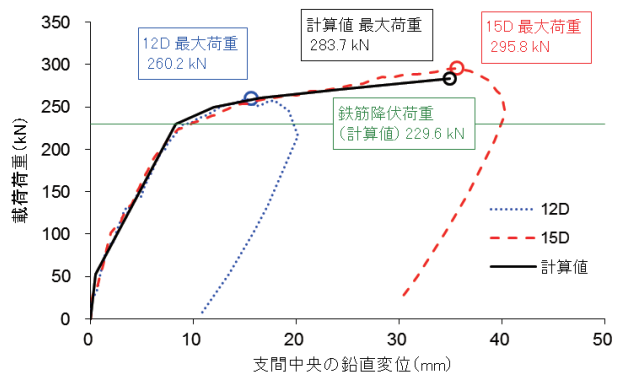


図-4 载荷荷重と鉛直変位

表-2 実験値と計算値の比較

試験体種類	実験値 (kN)	計算値 (kN)		実験値/計算値	
	最大荷重	鉄筋降伏荷重	最大荷重	/鉄筋降伏荷重	/最大荷重
12D	260.2	229.6	283.7	1.13	0.92
15D	295.8			1.29	1.04

ジ鉄筋の引き抜きと、鉄筋とコンクリートの付着切れを伴って発生したと推察される。一方、15D試験体は、上縁コンクリートが曲げ圧縮破壊し、計算値の最大荷重283.7kNに対し295.8kNと同等以上の曲げ耐力を有していた。そこで、後述する輪荷重走行試験は、15Dを継手長とした試験体にて実施することとした。なお、エポキシ樹脂塗装された異形鉄筋とコンクリートの付着強度は、無塗装の異形鉄筋と比較して85%程度とされており<sup>2)</sup>、無塗装のDエッジ鉄筋継手を用いた前試験<sup>1)</sup>よりも曲げ耐力の低下が懸念された。しかし、前試験と同様に、12D試験体は計算による鉄筋降伏荷重を超過する曲げ耐力、15D試験体は計算による最大荷重と同等以上の曲げ耐力を有しており、本研究においては付着強度の低下による影響は小さかった。

#### 4. 輪荷重走行試験

##### 4. 1 試験概要

試験体の概要および荷重位置を図-5に示す。試験条件は、文献<sup>3)</sup>を参考とした。試験体は、幅2.8m×長さ4.5m×厚さ220mmであり、PC鋼棒φ23mmにより床版支間方向にプレストレスを導入したプレキャストPC床版2体をDエッジ鉄筋継手で接合したものとした。支持条件は、床版支間2.5mの単純支持とし、橋軸方向は弾性支持とした。荷重は、500×200mmの荷重ブロックを一行に並べた軌道上を鉄輪が±1.5m往復するものとした。表-3は、荷重開始時のコンクリートの材料試験結果である。

荷重ステップを図-6に示す。STEP-1の荷重は、文献<sup>3)</sup>を参考に、東名高速道路の日本平付近で調査された軸重データより設定され、常に床版上面が水浸状態と仮定した100年相当の疲労耐久性を確認するための荷重250kNを10万回とした。その後、試験体中央に床版支間方向2.0m、橋軸方向1.0m、高さ0.010mで水を張り、漏水の有無を確認することとした(写真-2)。そして、水張り試験終了後、STEP-2で350kNを10万回、STEP-3で450kNを10万回、STEP-4で試験機の最大荷重である490kN(50tf)を破壊まで荷重する計画とした。なお、各ステップにおいて、輪荷重を試験体中央に静的荷重し、試験体中央の鉛直変位を確認した。

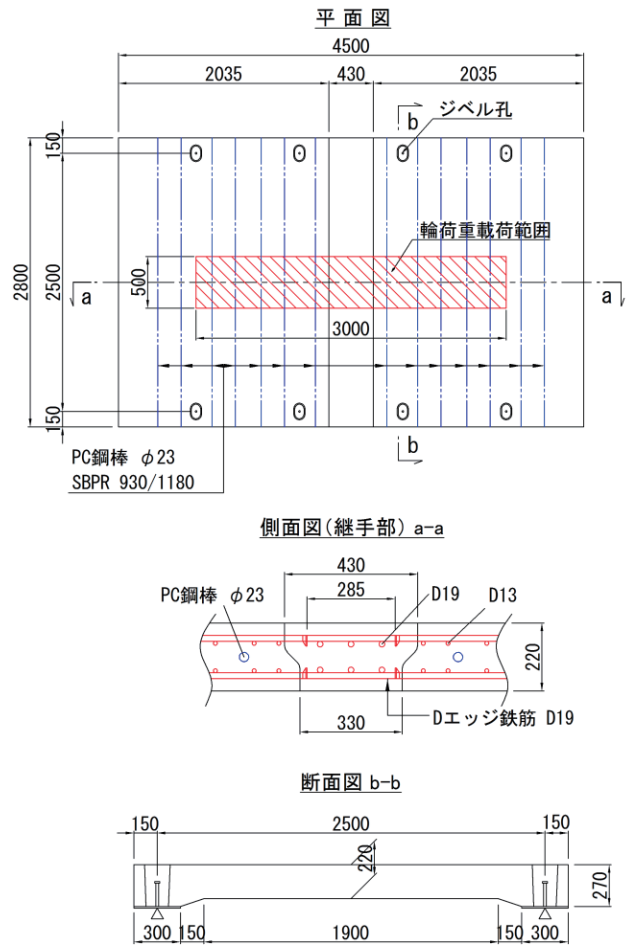


図-5 試験体の概要および荷重位置

表-3 コンクリート材料試験結果

部位	強度 (N/mm <sup>2</sup> )		静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
	圧縮	引張	
プレキャスト床版部	62.4	3.18	38.5
間詰部	56.0	3.30	33.7

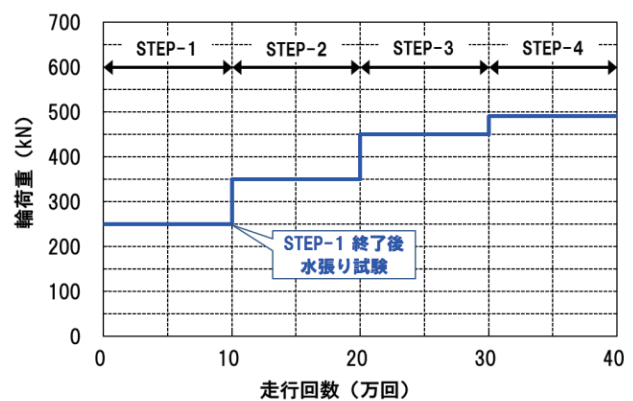


図-6 荷重ステップ

#### 4. 2 試験結果

走行回数と試験体中央の鉛直変位の関係を図-7に示す。STEP-1において、走行回数による鉛直変位の増大はなく、その後の水張り試験による漏水は確認されなかった。したがって、15Dを継手長としたDエッジ鉄筋継手により接合したプレキャストPC床版は、前述の軸重データより設定された100年相当以上の疲労耐久性を有していることが確認された。鉛直変位は、STEP-2では走行回数による増大はなかったが、STEP-3で若干の増大傾向となり、STEP-4の最大荷重490kNで著しく増大し、総走行回数32.8万回で押抜きせん断破壊に至った。

走行回数と床版支間中央で測定した継ぎ目のひび割れ幅の関係を図-8に示す。鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値 $0.20\text{mm} (=0.005c^4)$ 、かぶり $c=40\text{mm}$ に対し、STEP-1での継ぎ目のひび割れ幅は $0.05\text{mm}$ 以下で十分に小さく、STEP-4まで $0.20\text{mm}$ を超過しなかったことから、水密性の観点からも十分な耐久性を有していると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究で得られた結果は、以下のとおりである。

- (1) 静的曲げ載荷試験により、継手長を鉄筋径の12倍とすれば計算による鉄筋降伏荷重を超過する曲げ耐力、15倍とすれば上縁コンクリートが曲げ圧縮破壊し、計算による最大荷重と同等以上の曲げ耐力を有することを確認した。
- (2) 輪荷重走行試験において、既存の軸重データより設定された100年相当の疲労荷重としての250kNの10万回載荷、その後に水張り試験を行った。結果、走行回数による鉛直変位の増大はなく、漏水も確認されなかったことから、継手長を鉄筋径の15倍として接合したプレキャストPC床版は、100年相当以上の疲労耐久性を有していることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 高木祐介, 廣井幸夫, 中村定明, 松井繁之: 高強度軽量プレキャストPC床版の橋軸直角方向鉄筋継手の研究, 構造工学論文集, Vol. 62A, pp. 1202-1213, 2016. 3
- 2) (公社)土木学会: エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版], コンクリートライブラリー112, p. 7, 2003
- 3) 長尾千瑛, 広瀬剛: プレキャストPC床版継手の疲労耐久性照査試験, プレストレストコンクリート工学会 第26回シンポジウム論文集, pp. 189-192, 2017. 10
- 4) (公社)土木学会: 2017年制定コンクリート標準示方書[設計編], p. 149



写真-2 水張り試験状況

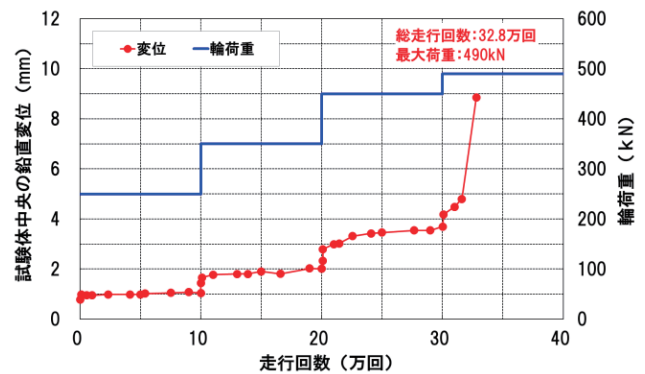


図-7 走行回数と鉛直変位

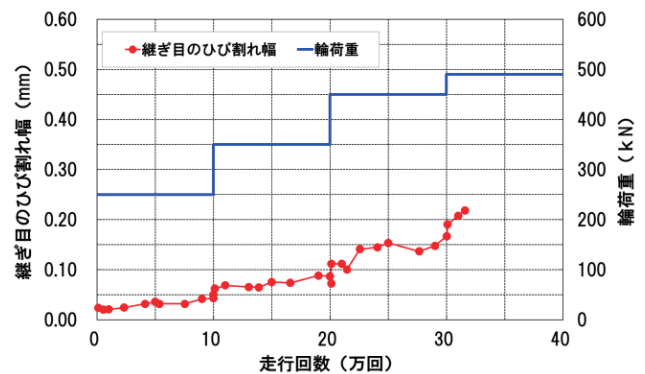


図-8 走行回数と継ぎ目のひび割れ幅