

Trunc-head を用いたプレキャスト床版継手の開発

三 加 崇・鈴 鹿 良 和・篠 崎 裕 生

老朽化した鋼桁上の RC 床版の取替えが進められている。RC 床版は、耐久性に優れたプレキャスト PC 床版に取り替えられることが一般的である。プレキャスト PC 床版同士の継手には、一般的にループ継手が用いられている。ループ継手は、床版厚の制限や、配筋上の制約などがあるため、著者らはこれらを改善する方法として端部を円すい台形状に加工した鉄筋“Trunc-head”（以下「本継手構造」という）を用いた床版の継手構造を開発した。本継手構造の性能を確認するため、継手部を有する梁の静的曲げ試験および実物大床版の輪荷重走行試験を実施した結果、ループ継手と同等の曲げ性能、疲労耐久性を有することを確認した。

キーワード：プレキャスト PC 床版, 継手, 静的曲げ試験, 輪荷重走行試験

1. はじめに

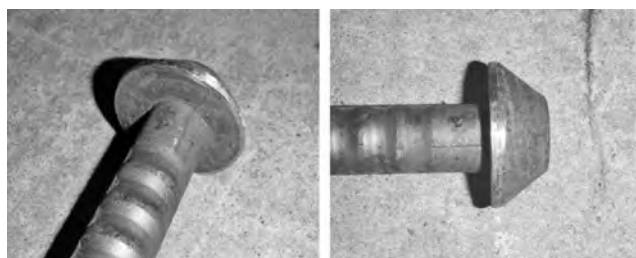
高度経済成長期に建設された RC 床版は、凍結防止剤の散布による塩害劣化や車両荷重の増加によって老朽化が進んでおり、大規模更新事業において床版の取替え工事が優先的に行われている。

新たに架け替える床版を RC 床版として設計すると、床版厚が厚くなり、重量が増加するため鋼桁や橋脚の補強が必要となる場合がある。そこで、取替え後の床版には工場製作によるプレキャスト PC 床版が一般的に用いられている。プレキャスト PC 床版は、施工性や品質の向上、高耐久化の観点からも有効である。

プレキャスト PC 床版による取り替え工事では、工場やヤードで製作した床版を分割して現場へ搬入・設置を行うため、継手部の施工が必要となる。継手部の構造は、一般的に重ね継手やループ継手などが用いられている。しかしながら、重ね継手は継手長が長いこと、ループ継手では、鉄筋の曲げ加工形状によって床版厚が決まってしまうことなどの課題がある。

著者らは、継手長を短くでき、床版厚さの自由度も高い継手構造の開発を目的として本継手構造を用いた床版の継手構造を考案した。

本継手構造は、写真—1 に示すように異形鉄筋の端部を熱間処理により母材を鍛造加工して突起部を設けた形状である。これまでに、拡径部の引張試験において突起部が母材以上の強度を有すること、拡径部をコンクリートに埋め込んだ引抜き試験においてフック



写真—1 本継手構造（端部拡径鉄筋）

鉄筋と同等の定着性能を有することを確認している²⁾。

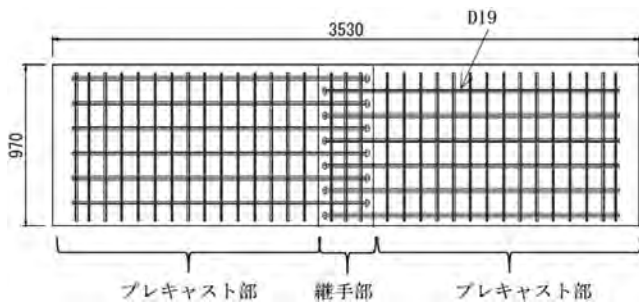
本報告では、本継手構造をプレキャスト PC 床版の継手構造に適用することを目的として、継手部を模擬した梁の静的曲げ試験および実物大床版の輪荷重走行試験を実施し、継手の性能について検証を行った。

2. 静的曲げ試験

(1) 試験概要

本継手構造による床版継手の曲げ性能を確認するために、静的曲げ試験を実施した。試験体の形状を図—1 に示す。試験体は、全長 3.53 m、幅 0.97 m で、あらかじめ製作した両端の RC 版を中央部の場所打ち継手部で接合した RC 梁とした。

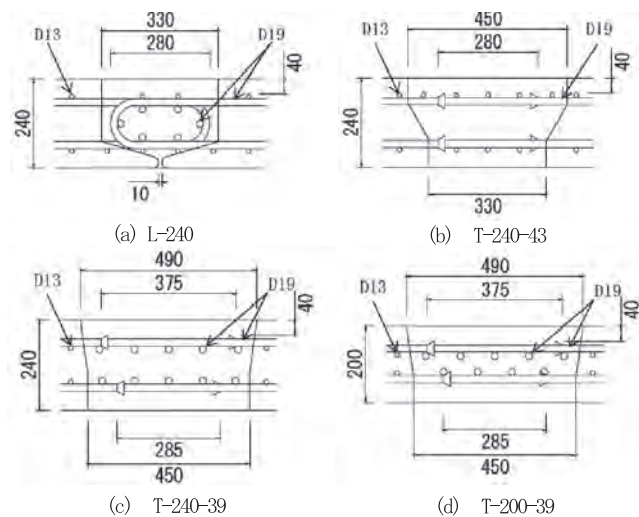
試験体の種類を表—1 に示す。床版厚さは 240 mm を基準とし、比較用のループ継手試験体 1 体 (L-240) を加えた計 4 体とした。いずれも軸方向鉄筋は D19 である。継手部の断面形状および配筋を図—2 に、コンクリート打設前の継手の状況を写真—2 に示す。



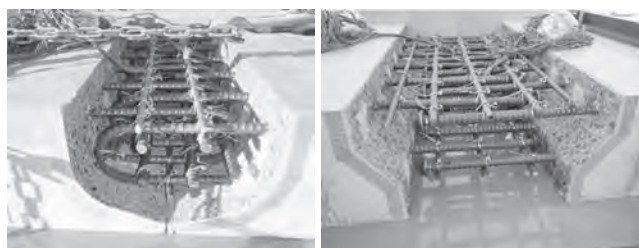
図一 静的曲げ試験体

表一 静的曲げ試験体の種類

試験体	床版厚 (mm)	継手構造	拡径部外径 (mm)
L-240	240	ループ継手	
T-240-43	240	本継手構造	43
T-240-39	240	本継手構造	39
T-200-39	200	本継手構造	39



図二 静的曲げ試験体 継手部形状



(a) L-240 (b) T-240-43

写真二 静的曲げ試験体 継手部形状

ループ継手は、継手長は 330 mm，ループ長は 280 mm でループ直角方向内部に D19 鉄筋を 6 本配置した。両端の RC 床版含めて軸方向の外側には、軸直角方向に D13 の鉄筋を 100 mm 間隔で配置した。

ループ継手と比較する T-240-43 は、継手長 450 mm で拡径部間の距離はループ長と同じ 280 mm とした。

軸方向鉄筋内側へ直角方向の鉄筋は配置しない。T-240-39 は、床版厚さはループ継手と同じであるが、直角方向の鉄筋 D19 を軸方向鉄筋の内側に 100 mm 間隔で配置したものである。設計荷重時の発生応力を合わせるために、鉄筋径を大きくしている。

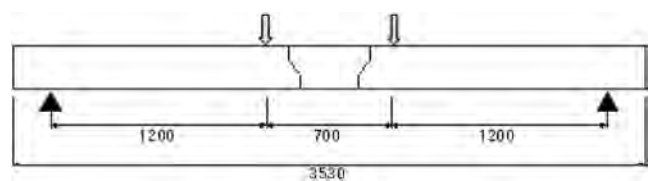
T-200-39 は、床版厚さを 200 mm にしたもので、配筋の緒元は T240-39 と同じであるが、継手部の上下の軸直角方向の鉄筋は配置間隔が狭いため、千鳥配置としている。いずれの試験体も本継手構造の拡径部分のかぶりが 40 mm となるよう設定した。なお、これら 2 試験体の両端の RC 床版の軸直角方向の鉄筋は、PC 断面としての設計であるため D13 である。

両端の RC 床版、継手部ともに配合強度 50 N/mm² のコンクリートを用いた。鉄筋は SD345 を用いた。試験時のコンクリートの圧縮強度および軸方向鉄筋 D19 の降伏強度を表二に示す。

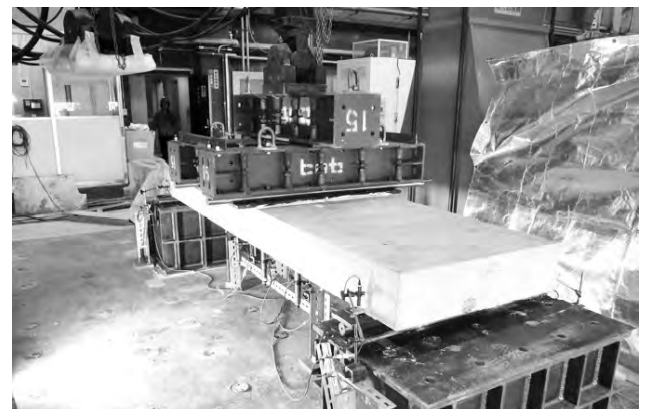
図三に示すような等曲げ区間の長さを 700 mm とした 4 点曲げ載荷試験とした。荷重は一方方向に単調に増加させた。試験状況を写真三に示す。

表二 試験時の材料物性

試験体	コンクリート圧縮強度		鉄筋降伏強度
	プレキャスト部 (N/mm ²)	継手部 (N/mm ²)	軸方向鉄筋 (N/mm ²)
L-240	75.6	77.0	378.7
T-240-43	75.6	77.0	378.7
T-240-39	79.4	91.2	376.0
T-200-39	75.6	75.0	381.7



図三 静的曲げ試験方法



写真三 静的曲げ試験状況

(2) 実験結果

L-240 (ループ継手) および T-240-43 (本継手構造) の載荷荷重とたわみの関係を解析値とともに図-4に示す。解析は、ファイバーモデルを用いた。解析は、橋軸方向に一様な断面として行っている(継手はモデル化していない)、また、各材料の強度特性は、材料試験結果を用いている。

両試験体ともたわみの挙動、耐力ともほぼ同じであった。また、継手としてモデル化していない解析結果とも良く一致した。破壊形式は、継手部における曲げ圧縮破壊であった。本継手構造の曲げ挙動は、継手を有しない直鉄筋の構造と同等の耐力や変形性能を有していること、また、ループ継手と同等の性能を有していることが明らかとなった。

軸直角方向の鉄筋を内側に配置した T-240-39 の載荷荷重とたわみの関係を図-5に示す。解析値よりも若干大き目の荷重で推移する傾向が見られたが、耐力および変形性能は、解析結果と良く一致しており、軸直角方向の鉄筋の配置方法を変えても継手として十

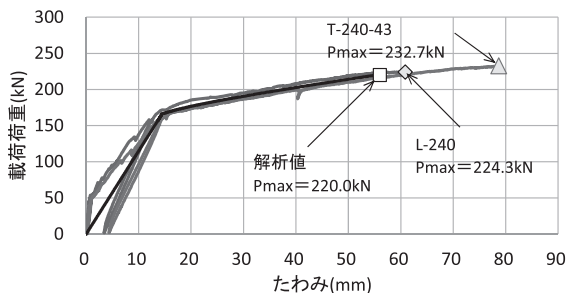


図-4 載荷荷重とたわみの関係(ループ継手, 本継手構造)

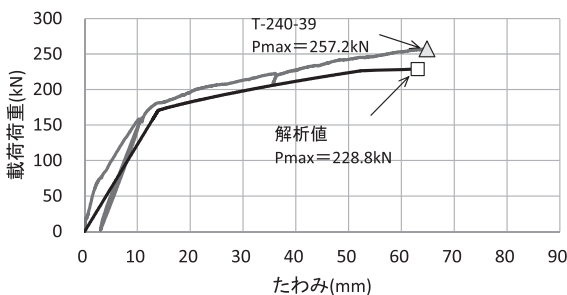


図-5 載荷荷重とたわみの関係(拡径部外径 39 mm)

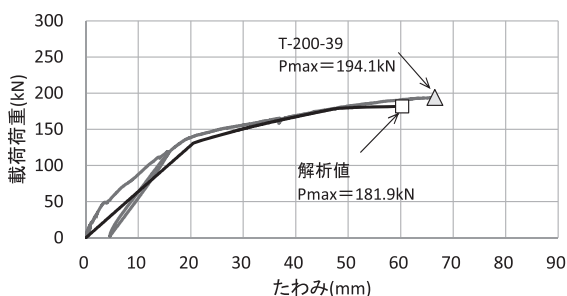


図-6 載荷荷重とたわみの関係(床版厚 200 mm)

分な性能を有していることを確認した。

床版厚を 200 mm にした T-200-39 の載荷荷重とたわみの関係を図-6に示す。曲げ挙動は解析値とほぼ一致しており、床版厚を 200 mm とした場合においても、継手構造として成立することを確認した。

3. 輪荷重走行試験

(1) 試験概要

供用時に床版に作用する繰り返し荷重に対する本継手構造の安全性を検証する目的で、実物大のプレキャスト PC 床版試験体の輪荷重走行試験を行った。鋼桁間隔(支間長) 3.0 m を想定し、床版厚さは 220 mm とした。3 か所の継手を設けた全長 8.45 m、幅 4.0 m の試験体の中央の継手上を車輪が往復する。試験体条件を表-3、試験体の形状寸法を図-7に示す。プレキャスト PC 床版の橋軸直角方向は、PC 鋼より線 1S15.2 を 2 段配置してプレストレスを導入した PC 構造とした。橋軸方向は、RC 構造である。継手部の形状は、長さが上縁側で 490 mm、下縁側で 450 mm とし、最外縁となる端部拡径鉄筋の突起部で純かぶりを 40 mm とした。継手長は上段側で 375 mm、下段側で 285 mm である。試験時の材料物性を表-4に示す。コンクリート圧縮強度は、プレキャスト PC 版のパネ

表-3 輪荷重走行試験体条件

試験体	床版厚 (mm)	継手構造	拡径部 外径 (mm)
輪荷重走行試験体	220	本継手構造	39

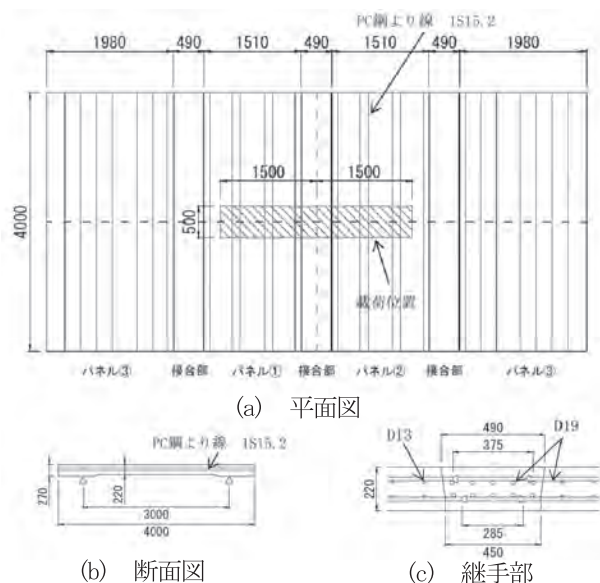


図-7 輪荷重走行試験体形状および載荷位置

表一 4 輪荷重走行試験体条件

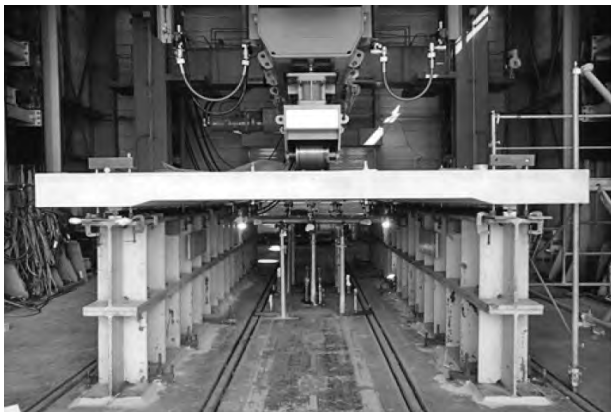
試験体	コンクリート圧縮強度		鉄筋降伏強度
	プレキャスト部 (N/mm ²)	継手部 (N/mm ²)	軸方向鉄筋 (N/mm ²)
輪荷重走行試験体	88.4, 90.0	52.2	376.0

ルが 88.4 N/mm², 90.0 N/mm², 継手部が 52.5 N/mm²であった。鉄筋は、橋軸方向および継手部の橋軸直角方向に D19, プレキャスト PC 版の橋軸直角方向に D13 を使用した。橋軸方向の鉄筋の降伏強度は、376 N/mm²であった。

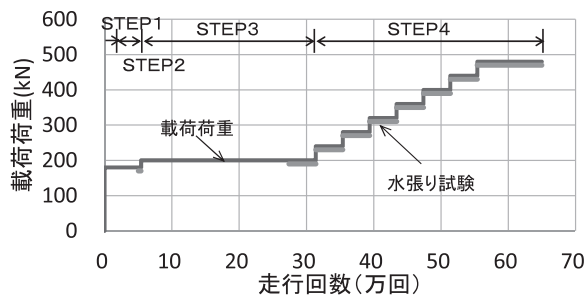
輪荷重走行試験は、(株)高速道路総合技術研究所所有の移動載荷疲労試験機(写真一4)により実施した。移動載荷は、単軸の鉄輪を用いた。

載荷位置は図一7に示すように、橋軸方向の走行範囲を供試体中央から橋軸方向に±1.5mの範囲とし、橋軸直角方向は、床版支持間隔を3.0mとして、その中央に載荷した。

載荷ステップを図一8に示す。載荷ステップは、文献3)を参考にし、STEP1として予備走行を180kNで0.1万回実施した。STEP2として180kNを5.4万回、STEP3として200kNを26万回実施した。STEP4は、破壊性状を確認するため、4万回ごとに荷重を増加させて480kNまで載荷した。各ステップ



写真一4 輪荷重走行試験装置



図一8 論荷重走行試験の載荷方法

で静的載荷を実施し、挙動を確認した。また、STEP2の180kNで最後の0.4万回、STEP3の200kNで最後の4万回とSTEP4については、床版上面に水を張った状態で輪荷重走行試験を実施し、継手部および床版からの漏水の有無を確認した。

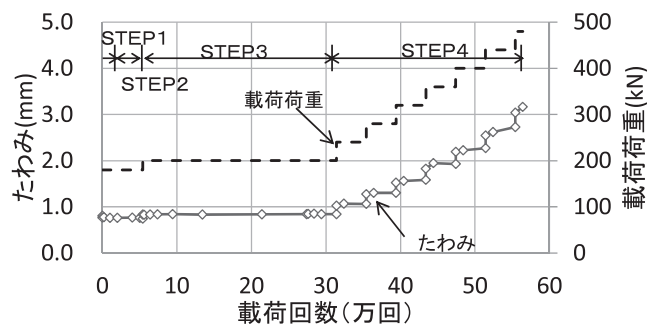
(2) 実験結果

輪荷重走行試験における載荷回数と試験体中央の載荷によるたわみの関係を図一9に示す。載荷荷重が200kNのSTEP3までは、載荷回数によるたわみの増加は、ほとんど確認できなかった。STEP4では、400kNからたわみが増加する傾向となり、480kNの2.2万回でプレキャストPC床版が押し抜きせん断破壊した。

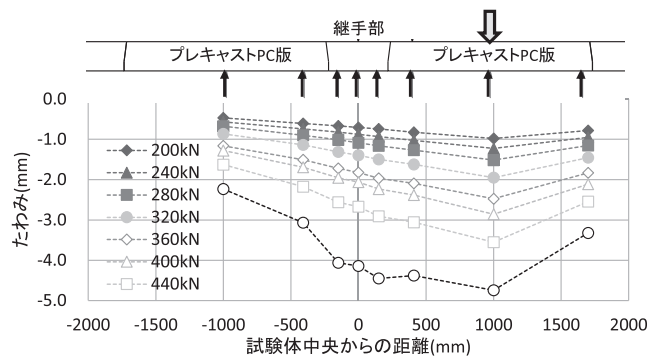
橋軸方向のたわみ分布を図一10に示す。載荷荷重が200kNのSTEP3までは、継手部のたわみが連続的な挙動を示しており、プレキャストPC床版と継手部が一体となって挙動していることがわかる。STEP4の320kNから継手部を跨いだ変位差が大きくなり、連続性が保持できない結果となった。

プレキャストPC床版と試験体中央の継手部との打ち継目の開口変位を図一11に示す。STEP3までの開口変位は、最大でも0.07mmであり、許容ひび割れ幅0.2mmに対して小さい開口変位であった。

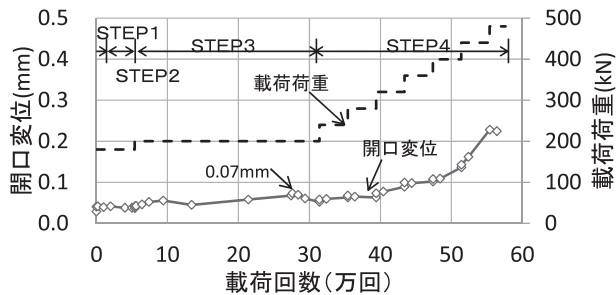
プレキャストPC床版および継手部のひび割れは、STEP3の200kNで発生しているが、水張り試験によ



図一9 載荷回数とたわみの関係



図一10 橋軸方向のたわみ分布



図一 11 載荷回数と継手部開口変位の関係

る漏水は確認できなかった。STEP4の360 kNの4万回終了時に継手部の界面で漏水が確認され、400 kNではPC床版のひび割れからも確認された。本継手構造による継手構造は、STEP3までは、プレキャストPC床版と継手部が連続性を有しており、漏水も確認できなかったことから、ループ継手構造³⁾と同等な疲労耐久性を有していることが確認された。

4. おわりに

端部拡径鉄筋の要素試験、床版継手構造における静的曲げ試験および輪荷重走行試験により、以下のことが明らかになった。

- ①静的曲げ試験により、本継手構造 Trunc-headは、ループ継手と同等程度の継手性能を有しており、突起部の形状および床版厚を小さくした場合でも、本試験内の寸法であれば、想定される耐力を有している。
- ②輪荷重走行試験により、本継手構造 Trunc-headは、ループ継手と同等の疲労耐久性を有している。

JCM A

《参考文献》

- 1) 例えば 原, 福永, 今村, 三浦: エンドバンド継手を有するプレキャストPC床版の輪荷重走行試験, 第19回プレレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.61-64, 2010.10
- 2) 三加, 有川, 竹山, 篠崎: 端部拡径鉄筋の基本性能試験, 三井住友建設技術研究所報告, 第14号, pp.61-64, 2016.10
- 3) 松井, 角, 向井, 北山: RCループ継手を有するプレキャストPC床版の移動載荷試験, 第6回プレレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 1999.10, pp.149-154

【筆者紹介】



三加 崇 (さんが たかし)
三井住友建設株式会社
技術本部 技術研究所
主任研究員



鈴鹿 良和 (すずか よしかず)
三井住友建設株式会社
土木本部 土木設計部



篠崎 裕生 (しのざき ひろお)
三井住友建設株式会社
技術本部 技術研究所
グループ長