

床版取替用プレキャストPC床版の合理化継手の評価

川田建設(株) 正会員 吉松 秀和
 川田建設(株) 正会員 中山 良直
 大阪工業大学 工博 松井 繁之
 川田工業(株) 水野 浩

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に建設された構造物の老朽化が進んでおり、近年、鋼橋のRC床版を取り替える工事が増加している。旧基準(昭和55年制定の道路橋示方書)で設計されたRC床版は、現行基準の床版厚よりも薄いため重量が増加して鋼桁や下部構造の補強が必要になる可能性があるが、床版をPC構造とすることで、床版厚があまり増加せずその問題が解消される。また、プレキャスト化することで現場施工期間の短縮が可能となる。しかし、従来のプレキャストPC床版は、図-1のように、ループ継手が採用されており床版厚が薄い場合にはループ筋が収まらない。また、通常を重ね継手方式は、継手長が公称鉄筋径の25倍程度(D19で475mm程度)で間詰め幅が広く、現場施工となる間詰めコンクリート数量が多くなり急速施工には不向きである。

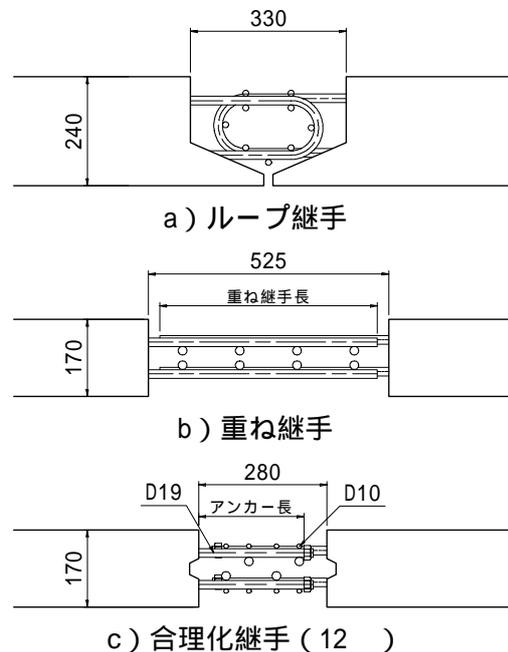
そこで、薄いプレキャストPC床版の継手として、橋軸方向鉄筋(床版配力鉄筋)の鉄筋先端にナットを取り付けた構造(写真-1)(以降、合理化継手と称する)の開発を行った。

以前、弊社にて研究していたSTスラブは、せん断に抵抗する頭付きスタッドやナット付き鉄筋のコーン破壊に対する抵抗性に課題があったが¹⁾、本合理化継手では、アンカー筋のかぶり側にD10の応力分散鉄筋を配置することで、大きな曲げあるいはせん断力作用下で鉄筋が曲げで初降伏するまでの健全性(コンクリートキーがせん断破壊せず、鉄筋アンカー部がコーン破壊あるいは引抜き破壊しないこと)を確認できた。

2. 性能確認試験

2.1 概要

床版支間2.50m(連続版)のRC床版を、プレキャストPC床版に取り替える工事を想定し、床版厚は最小床版厚の170mm、配力鉄筋径は上下筋ともD19(ナットM18)とした。試験は、表-1に示す4種類のアンカー長の試験体を作成し、継手



ck=50N/mm², 鉄筋径 D19 (SD345) とした場合

図-1 継手構造案



写真-1 ナット付き鉄筋

表-1 静的載荷・定点疲労載荷

試験体名		アンカー長	間詰め長
静的	疲労		
B10	C10	10 (190mm)	240mm
B12	C12	12 (230mm)	280mm
B14	C14	14 (270mm)	320mm
B16	C16	16 (310mm)	360mm

部のRC部材としての挙動を確認するための静的荷重試験と、耐久性を確認するための疲労荷重試験を実施した。コンクリートの設計基準強度はプレキャスト部、間詰部ともに $50\text{N}/\text{mm}^2$ とし、間詰め部コンクリートには収縮補償を目標に膨張材を添加した。配力鉄筋は D19 (SD345) とした。

2.2 試験体および試験方法

(1) 静的荷重試験

図-2 に試験体概要図を示す。プレキャスト部はRC構造とし、打継目地は遅延剤を用い洗出し処理を行った。床板支間中央付近から橋軸方向のはり状 (幅: 440mm) に切り出し、支間長を変化させ実床版と間詰部に作用する橋軸方向曲げモーメントとせん断力が同程度になる支間長を求めた。結果、支間を 780mm にすると、図-3 に示すように着目点のモーメントとせん断力の組み合わせがほぼ同じとなった。

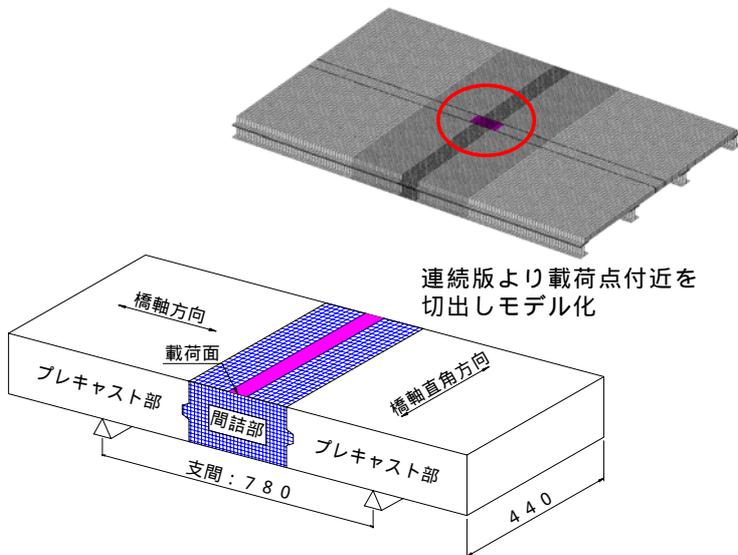


図-2 静的荷重試験体概要図

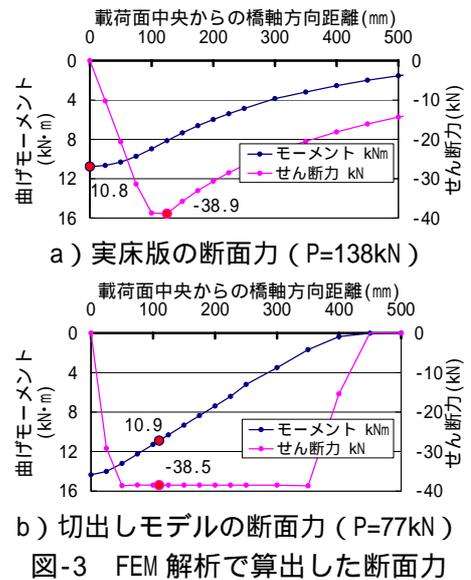


図-3 FEM解析で算出した断面力

(2) 定点疲労荷重試験

図-4 に試験体概要図を示す。橋軸直角方向をPC構造とし、打継目地は静的荷重試験体と同様、洗出し処理を行った。床版支間は、道路橋示方書で算出した連続版支間 2.50m の橋軸直角方向曲げモーメントと同程度となるように、単純版支間 2.00m とし、輪荷重の設置面を再現した $200\text{mm} \times 500\text{mm}$ の載荷板に荷重を行った。表-2 に荷重回数および荷重を示す。これは、実橋で交通荷重が100年間走行した場合の累積損傷度と等価な損傷度を試験体に与えるよう、過去に実橋で計測した交通軸重の頻度分布に基づき算出式 (式 2.1~2.3) により設定した^{2),3)}。

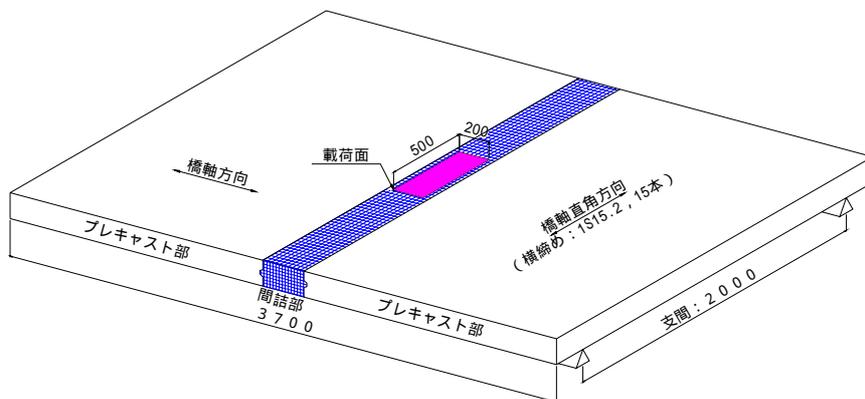


図 4 定点疲労荷重試験体概要図

表-2 載荷回数および荷重

載荷繰返し回数 : n	載荷荷重 p (kN)	衝撃考慮 $p \times i$ (kN)	設定荷重 (kN)
500,000	117.74	165.2	166

荷重の振幅幅 : 166kN
 荷重の下限値 : 20kN【試験機の最小制御荷重】
 荷重の上限値 : 186kN【下限値 + 振幅幅】

2.3 載荷試験結果および考察

(1) 静的載荷試験

図-5 に荷重-支間中央変位の関係を示す。支間中央位置でのひび割れ発生荷重は 36.4kN (設計値 : 材料の設計基準強度を用いて算出) であるが、B10(150kN) ~ B16(230kN) 程度まで荷重-変位の勾配が一定で、ひび割れ発生後も剛性が低下せず、設計荷重の 2 倍程度まで線形性を有していた。

図-6 は曲げモーメント-鉄筋ひずみ (打継目地) の関係で、曲げモーメントが 7~10kN・m 程度でモーメント-ひずみ関係の傾きが変化している。この時点で打継目地下縁側にひび割れが生じたと考えられるが、その後、鉄筋の初降伏程度までひずみの変化は線形的である。全タイプで同程度の RC 断面剛性を有していると考えられる。

B10 は、降伏荷重 (設計値) に達する前に変位が増加したが、B12~16 は、降伏荷重と同等程度の耐力を有していた。

打継目地に初降伏モーメントが作用する際のせん断力は、129kN(B12) ~ 153kN(B16) (モーメント値から換算) で、FEM 解析により算出した実橋に作用すると考えられるせん断力 38.9kN と比較すると、3 倍以上の余裕があった。また、図-7 に示すように、せん断ひび割れが、打継目地を貫通したが、目地部に異常なひび割れ等が発生していないことが確認できた。

(2) 定点疲労載荷試験

疲労載荷開始前に静的載荷を行い、間詰め部とプレキャスト部にひび割れを発生させてから 50 万回の定点疲労載荷を行った。静的載荷は、間詰め部輪荷重載荷予定点、打継目地、プレキャスト部中央に、設計荷重の 1.5 倍程度まで 2 回載荷を行った。図-8 に支間中央変位-繰返し回数、図-9 に鉄筋ひずみ-繰返し回数の関係を示す。変位は、輪荷重 100kN に衝撃係数を考慮した 138kN 載荷時

$$N_{eq-s} = N_{eq-a} \quad (式 2.1)$$

ここに、
 N_{eq-s} : 試験体の等価繰返し回数
 N_{eq-a} : 実橋の等価繰返し回数

$$N_{eq-s} = (p/p_{sx-s})^m n \quad (式 2.2)$$

ここに、
 n : 繰返し回数
 p : 載荷荷重(kN)
 p_{sx-s} : 試験体の押抜きせん断強度(kN)

$$N_{eq-a} = (P_i/P_{sx-a})^m n_i \quad (式 2.3)$$

ここに、
 n_i : 100 年間で通行する P_i の作用回数
 P_i : i 番目の輪荷重 (kN)
 P_{sx-a} : 実橋での押抜きせん断強度 (kN)
 m : 設計疲労曲線の傾きの逆数の絶対値 (12.76)

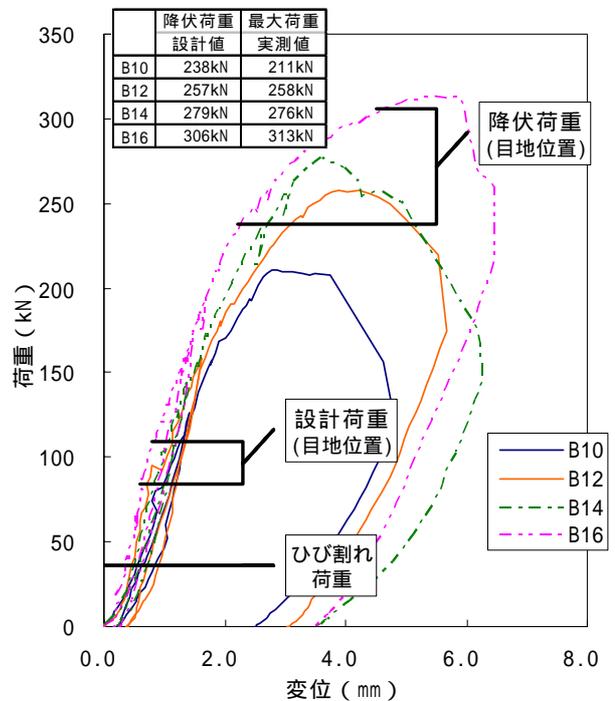


図-5 荷重-変位 (支間中央)

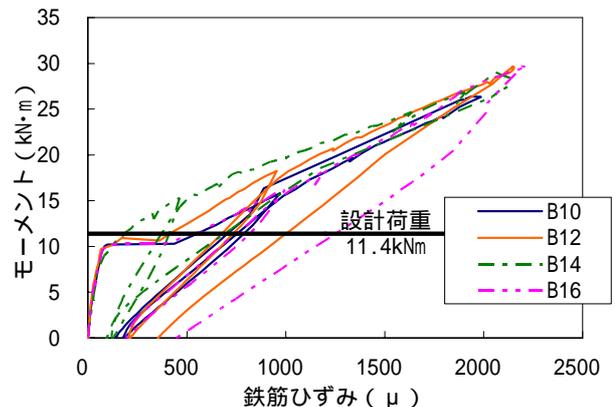


図-6 曲げモーメント-鉄筋ひずみ (打継目地)

に相当する値とし、鉄筋ひずみは、打継目地に同一断面力 (138kN 荷重時の荷重点位置での発生モーメント: $M=27.2\text{kN}\cdot\text{m/m}$) が作用したものに換算した。

変位、鉄筋ひずみともに疲労荷重回数の増加による変化はなかった。また、ひび割れ幅の計測も行ったが、ひび割れ幅についても疲労荷重回数の増加による変化はなかった。全タイプで、疲労荷重により新たに発生したひび割れはなく、継手部のひび割れは安定し、かつ、プレキャスト部のひび割れと同じ挙動をしていた。

3. まとめ

静的荷重試験より、合理化継手のアンカー長が鉄筋径の 10 倍の場合、耐力が降伏荷重を下回っていた。アンカー長が鉄筋径の 12 倍以上あれば、

打継目地の鉄筋が初降伏となるまで線形的な挙動を示す。

せん断ひび割れが打継目地を貫通しており、せん断キーの破壊等確認されないことから打継目地での一体性が確保されている。

FEM 解析により算出した実橋に作用すると考えられるせん断力に対し、3 倍以上の耐力を有している。

定点疲労荷重試験より

アンカー長が鉄筋径の 10 倍以上あれば、実橋での 100 年に相当する 50 万回荷重後においても変状が発生しないことが確認できた。

これらの結果より、アンカー長を鉄筋径の 12 倍以上とした合理化継手は、プレキャスト PC 床版間詰め部の継手に要求される性能を満足するものと考えられる。

なお、試験後間詰め部をハツリ、内部の確認を行ったところ、ナット部は健全であり、また、コンクリートの充填性には問題なかった。

本稿投稿時現在、移動輪荷重載荷試験を行っている最中で、実橋に近い損傷に対する抵抗性を検討中である。

参考文献

- 1) 松井, 金, 樋口, 石井: 頭付きスタッドを用いたせん断連結継手を有する PC a 床版の開発研究, 構造工学論文集 Vol.46A, pp.1385-1392, 2000 年 3 月
- 2) 松井繁之: 道路橋床版, 森北出版, 2007 年 10 月 2 日
- 3) 水野, 松井, 大西, 杉山, 街道: 床版取替用プレキャスト合成床版の合理化継手の疲労耐久性評価, 構造工学論文集 Vol.58A, pp.1112-1122, 2012 年 3 月

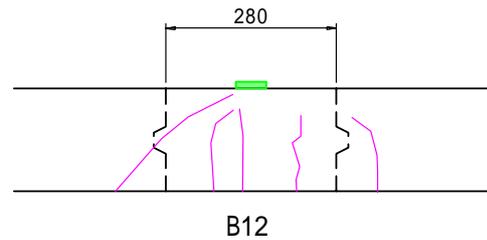


図-7 側面ひび割れ図

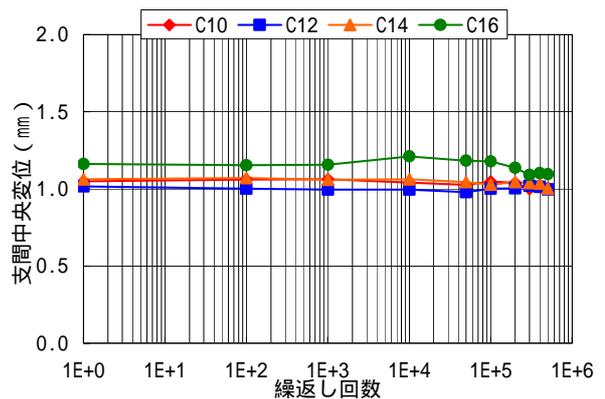


図-8 支間中央変位-繰返し回数

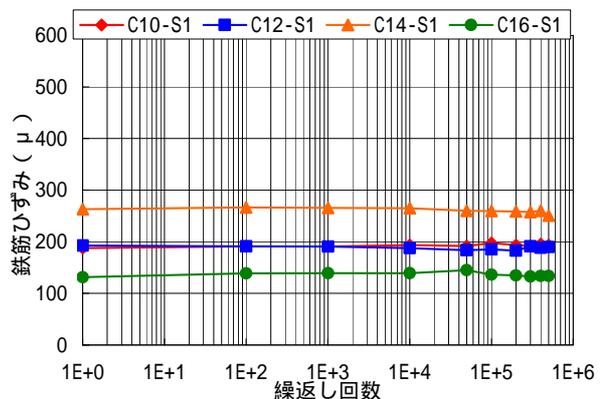


図-9 鉄筋ひずみ-繰返し回数