U.D.C 624.138.23

PPCa ボックスカルバートの開発
―部分的にプレキャスト化した RC 部材の継手に関する載荷試験―

羅　　超賢*　　笠倉　亮太*　　黒岩　俊之*

要　約：　ボックスカルバートでは，従来から現場作業の省力化，工期短縮とコスト削減などを目的として，プレキャスト製品を用いた躯体構築工法の適用が行われている。一方，運搬車両や揚重機等の施工機械の制約から大型のプレキャスト製品の使用は制限される場合が多い。筆者らはこうした背景を踏まえ，ボックスカルバートの構築において，側壁および頂版を部分的にプレキャスト部材に置き換えることにより，大型ボックスカルバートに対してプレキャスト化による生産性向上を図ることのできる PPCa ボックスカルバートを開発した。本稿では本工法のボックスカルバート縦断方向（配力筋方向）の接続に着目し，配力鉄筋の継手の載荷試験を行った。その結果，プレキャスト部材と現場打ちコンクリートで構成されかつ継手を有する試験体は継手のない試験体と同様なひび割れおよび耐荷性状を示し，配力方向の接合筋として機能することが確認された。

ｷｰﾜｰﾄﾞ：　ボックスカルバート，プレキャスト，載荷試験，縦断方向の継手

目　次：

1. はじめに
2. 工法概要
3. 試験概要
4. 試験結果
5. まとめ

1. はじめに

近年，建設就業者の高齢化による離職と若年入職者の減少による担い手不足が進行し，労働力不足が顕在化しつつある。これらの社会情勢の変化の下，国土交通省は「i-Construction」に代表される建設業の生産性向上施策を推進している[1)]。また，土木学会では，生産性向上の余地があるとされているコンクリート工に対して，施工者，発注者，設計者等コンクリート工全体での生産性向上を目指し，多岐にわたる生産性向上施策の提案を行っている[2)]。その提案の中で，コンクリート工の規格の標準化が挙げられ，プレキャスト製品等，部材の工場製作化によるコスト，工期の削減，および生産性の向上が注目されている。

従来のプレキャスト製品は運搬車両や揚重機等の施工機械の制約から，中型以下のボックスカルバートに適用が限られてきた。このため，本開発では大型のボックスカルバートに対して，側壁および頂版を部分的にプレキャスト部材に置換えた躯体構築を採用し，施工機械の制約下等においても，プレキャスト化による生産性向上を図る「PPCa（**P**artial **P**re**Ca**st）ボックスカルバート」を開発した。

本工法ではプレキャスト部材同士の縦断方向の接合に隔離部配力鉄筋（以下，接合筋）を用いる。断面内に打継ぎを有することにより，プレキャスト部材と部材内の現場打ちコンクリート（以下，中詰めコンクリート）の一体性が損なわれ，接合筋の定着耐力および破壊性状に影響を及ぼす可能性があるため，本論文では接合筋の継手としての機能を確認することを目的とした。

2. 工法概要

本工法の概要図を図 1 に示す。本工法は，現場打ちボックスカルバートの側壁および頂版を部分的にプレキャスト部材に置き換えたボックスカルバートの構築工法である。側壁は，現場打ちコンクリートにより構築した底版上に，軸方向鉄筋，幅止鉄筋，配力鉄筋が内包されたプレキャスト側壁部材を配置し，接合筋を組み立てた後，中詰めコンクリートを打設する。頂版は，下側軸方向鉄筋，配力鉄筋，幅止鉄筋およびハンチ鉄筋が内包されたプレキャスト頂版部材を側壁上に設置した後，上側軸方向鉄筋，配力鉄筋を組み立て，中詰めコンクリートを打設しボックスカルバート構築する。

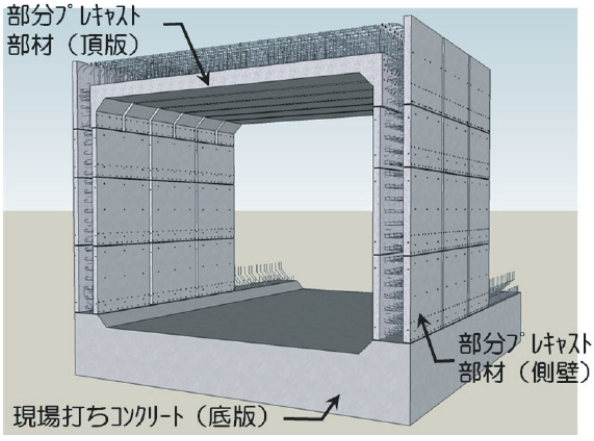


図 1　工法概要（中詰めコンクリート打設前）

＊技術研究所 土木構造グループ

表 1　試験体諸元と耐力一覧

No.	試験体形式	水平打継ぎ	接合筋継手	断面諸元 (mm)	主筋d【配力筋】	スターラップ【幅止め筋】	配力筋【主筋】	継手長 (mm)	設計 (kN・m) 降伏耐力	設計 (kN・m) 曲げ耐力	試験結果 (kN・m) 降伏耐力	試験結果 (kN・m) 曲げ耐力	破壊形式
1	RC一体打ち	なし	なし	幅：500 高：500	D19 引：2本 圧：2本	D13-2本 【等曲げ区間】@250mm 【せん断スパン】@150mm	【等曲げ区間】D32 @125mm	—	69 (81)※	75 (88)※	96	125	曲げ破壊
2	部分プレキャスト	あり	あり					540 (約28d)	62 (73)※	68 (80)※	88	116	
3	部分プレキャスト	あり	なし					—	69 (81)※	75 (88)※	86	130	

※（ ）内の値は材料強度試験の結果により計算した値

3. 試験概要

本工法のプレキャスト側壁部材はカルバート縦断方向に 100 mm 程度の離隔を設け，誤差吸収と接合筋を配置する作業空間としている。隔離部は写真 1，図 2 に示すように，プレキャスト部材に内蔵した配力筋と，プレキャスト部材を架橋する形で配置する接合筋を現場打ちコンクリートで接続する構造である。断面内に打継ぎを有することにより，プレキャスト部材と場所打ちコンクリートの一体性が損なわれ，接合筋の定着耐力および破壊性状に影響を及ぼす可能性があるため，接合筋が継手としての機能を有することを確認することとした。

表 1 に試験体諸元と耐力一覧，写真 2 に加力状況および図 3 に試験体概要図を示す。表中の設計耐力は，コンクリート標準示方書[3] に従い SD345 の規格値で計算した。載荷試験は，壁配筋を模した試験体の 4 点曲げ試験とした。加力点間の等曲げモーメント区間に，プレキャスト部材に内蔵した配力筋と，プレキャスト部材を架橋する形で現場打ち部分に配置する接合筋による継手（以下，継手と称す）を設け，継手の耐力，破壊状況を確認した。

試験体諸元は，現場打ちボックススカルバート（内幅 7.63 × 内高 4.85，壁厚 1.0 m）の配筋仕様を参考にした。なお，試験体の等曲げモーメント区間には，ボックスカルバートとしての軸方向鉄筋を模擬した鉄筋を試験体の配力方向に配置した。試験体は，試験装置の能力（最大せん断力 500 kN）から断面高さの 1/2 をモデル化した。表 1 のように試験体は，水平打継ぎおよび継手の形式の異なる 3 体とした。なお，本試験では実構造における接合筋を主筋として載荷を行っている。

試験体に用いたコンクリートおよび鉄筋の強度特性値を表 2，表 3 に示す。また，表 1 には材料強度特性値で計算した耐力をカッコ内に示している。プレキャスト部材と現場打ちの合成断面を有する試験体（No. 2，No. 3）は，プレキャスト部材となるコンクリートを打設し，養生後に現場打ちコンクリートを打ち継いだ。

なお，プレキャスト部材と現場打ちとの打継ぎ面には遅延剤を塗布し，翌日に洗出しを行った。加力方法は荷重 50 kN（せん断力 25 kN）ずつの繰返し漸増載荷とした。

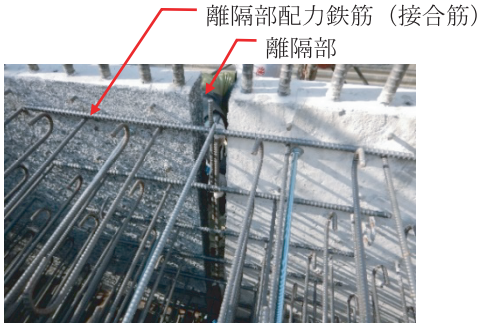


写真 1　離隔部配力鉄筋の配置状況

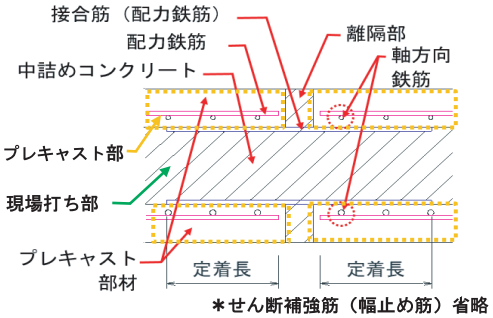


図 2　配力筋方向の接続構造（単位：mm）

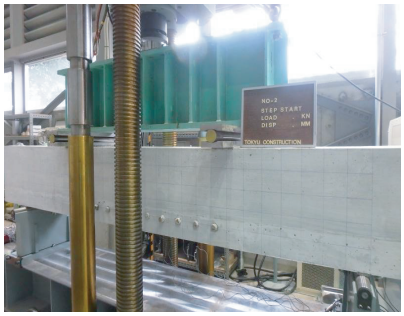


写真 2　加力状況

表 2　コンクリートの圧縮強度特性

試験体形式	圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)
プレキャスト	34.5	25.0
現場打ち	40.0	25.9

表 3　鉄筋の引張強度特性

鋼材の種類	降伏応力度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)
SD345 D19 軸方向鉄筋	400	194
SD345 D13 幅止め筋	396	192

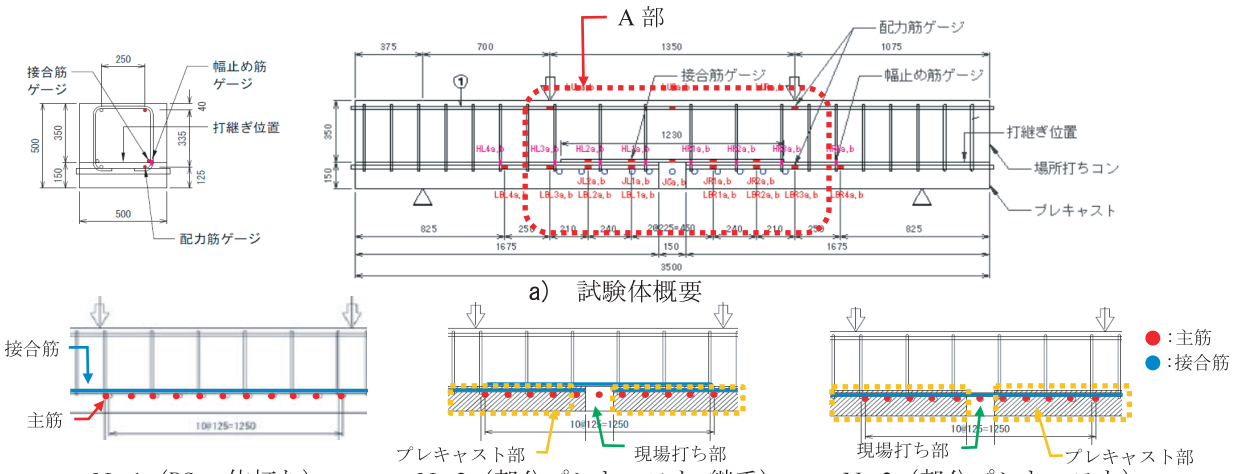


図 3　試験体概要（単位：mm）

4. 試験結果

4.1 破壊状況

写真 3 に曲げモーメント 70 kN·m 時点のひび割れ状況を示す。この荷重レベルでは，計算上の SD345 の許容応力度を上回っている。RC 一体打ちの No. 1 と比較すると，部分プレキャストの No. 2，No. 3 では，スパン中央部の打継ぎからの曲げひび割れ発生状況は大きく変わらない。また，No. 2 と No. 3 を比較して，接合筋の継手によりひび割れが過大に生じるような傾向は見られない。約 90 kN·m 時点に軸方向鉄筋が降伏に至り，圧縮側コンクリートが圧壊して終局を迎えるまで急激な荷重低下は生じなかった。

4.2 荷重-変位関係

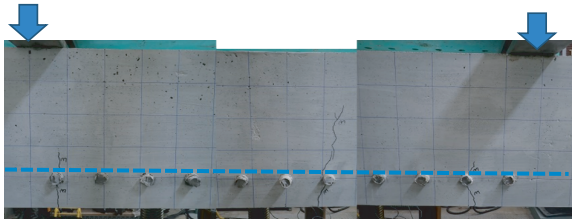
図 4 に曲げモーメントとスパン中央における鉛直変位の関係を耐力の計算値と併せて示す。No. 1 と比較して，スパン中央に鉛直打継ぎ目を有する試験体 No. 2，No. 3 では，曲げひび割れ発生後の 35 kN·m 以降の剛性がやや低下している。打継ぎにより早期に曲げひび割れが発生し，試験体の剛性に差が生じたと考えられるが，No. 2 の耐力は No. 1 の設計降伏耐力および設計曲げ耐力を上回ることを確認した。また，No. 2 および No. 3 を比較して，接合筋に継手の有無によって，剛性が低下する傾向は見られない。したがって，接合筋による継手は十分な定着耐力を有していると考えられる。

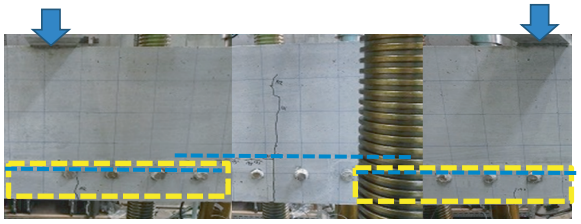
4.3 ひずみ

図 5 に試験体 No. 2 のプレキャスト部と現場打ち部の軸方向鉄筋ひずみ分布を示す。ここで，図中の原点はスパン中央とし，写真 3 のスパン右側を（+）としている。また，図中には降伏ひずみ 2060 μ を併せて示す。

図 5 によれば，継手の接合筋の中央で降伏に至っていること，現場打ち部分に配置した接合筋から，プレキャスト部材に内蔵した軸方向鉄筋に応力伝達されていることがわかる。また，No. 2 の接合筋の定着は圧縮側コンクリートの圧壊まで保たれていた。

図 6 に幅止め筋のひずみ分布を示す。ここで，原点およ





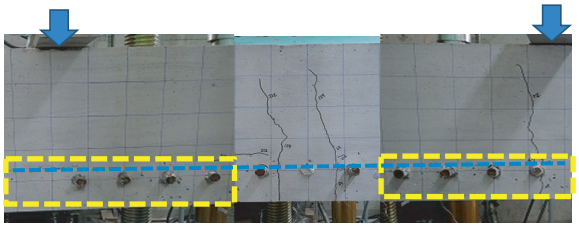


写真 3　ひび割れ状態

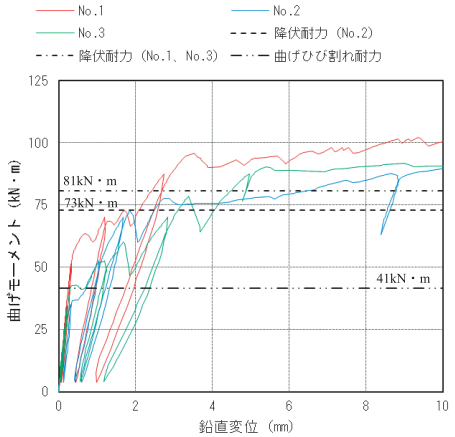


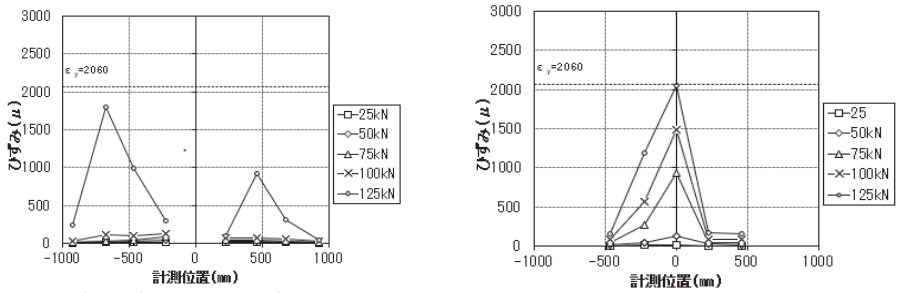
図 4　曲げモーメント―鉛直変位の関係（0～10 mm）

び凡例は図 5 と同様である。

試験体に生じた主なひび割れは曲げひび割れであり，幅止め筋には大きなひずみが生じておらず，No. 2（部分プレキャスト）と他の試験体に大きな差はみられない。RC 一体打ちの No. 1 と比較すると，水平打継ぎ目を有する No. 2，No. 3 では，ひずみがやや大きい部分もあり，幅止め筋はプレキャスト部材と現場打ち部分の一体性確保には貢献していると考えられる。

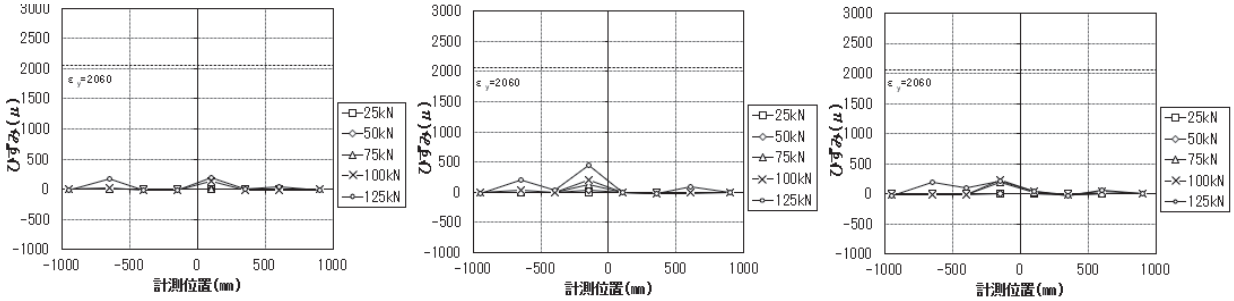
5. まとめ

本構造の接合筋による継手を有する試験体の載荷試験では，接合筋は降伏し，かつ継手のない構造と同様なひび割れ性状を示した。また，RC 一体打ち構造の設計耐力値を上回ることが確認した。これらの結果から，接合筋はボックスカルバートの配力筋方向の継手として機能すると考えられる。



a)　プレキャスト部　　b)　現場打ち部

図 5　軸方向鉄筋のひずみ分布（No. 2）



a)　No.1　　b)　No.2　　c)　No.3

図 6　幅止め筋のひずみ分布

謝　辞

本研究は，東急建設株式会社，旭コンクリート工業株式会社との共同研究により実施したものです。ここに，本実験にご協力頂きました関係各位に深く謝意を表します。

参考文献

1）i-Construction 委員会：i-Construction～建設現場の生産性革命～，2016.
2）(公社)土木学会：コンクリートライブラリー 148 コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，2016.12.
3）(公社)土木学会：コンクリート標準示方書［設計編］，2017.

LOADING TEST FOR JOINT OF PARTIALLY PRECAST RC MEMBER

C. Luo, R Kasakura, and T. Kuroiwa

At box culvert, using precast products has been widespread for the purpose of labor saving, shortening of construction period. On the other hand, because of the restrictions of construction machines, the scale of box culvert is limited. The authors have adopted a Partial PreCast box culvert method that can improve productivity by partially replacing the side wall and top plate with precast members in the construction of box culvert. In this paper, we focused on the connection in the direction of the distributing bar and a loading test of the joint was performed. It showed similar crack characteristics as the structure without joints and the function as a joint was confirmed.