

PPCa ボックスカルバートの鉄道構造物への適用に関する検討

東急建設株式会社 正会員 ○笠倉 亮太 羅 超賢 黒岩 俊之  
旭コンクリート工業株式会社 岸 秀樹 福田 俊 坂元 直也

1. はじめに

筆者らは道路ボックスカルバートを対象とし、プレキャスト化による生産性向上を図る「PPCa (Partial PreCast) ボックスカルバート」を開発した<sup>1)~4)</sup>。本工法は、側壁、頂版に軸方向、配力およびせん断補強鉄筋を内包した部分プレキャスト部材を架設し、配力鉄筋等を組み立てた後に現場打ち(中詰め)コンクリートにて一体化することでボックスカルバートを構築する工法である(図1)。本工法は、部分プレキャスト構造を採用することで、鉄筋組立、型枠組立・解体を削減するとともに、頂版の支保工を大幅に削減することができ、施工中の頂版下の空間を有効に使える利点がある。このため、本工法は、道路構造物だけでなく、狭隘な箇所での施工が求められることが多い鉄道構造物にも有効であると考えられる。そこで、本稿では、筆者らが過去に実施した正負交番載荷試験の結果を用いて、鉄道構造物に適用した場合の性能評価に関する検討について報告する。

2. 検討概要

2.1 概要

既往の研究<sup>4)</sup>では、プレキャスト化による軸方向鉄筋のモルタル充填継手、せん断補強鉄筋のあき重ね継手が耐力、変形性能に与える影響を検討することを目的に載荷試験を行っており、本工法において、軸方向鉄筋のモルタル充填継手、せん断補強鉄筋のあき重ね継手が耐力、変形性能に与える影響が小さいことを確認している<sup>4)</sup>。

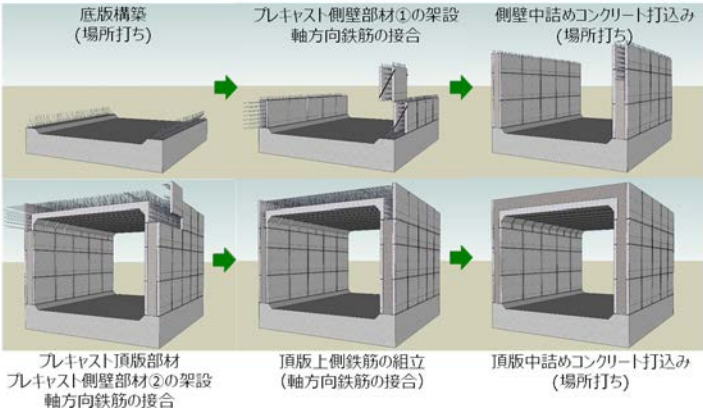


図1 施工の概要

ここで、道路構造物と鉄道構造物とでは、設計基準の相違から軸方向鉄筋量やせん断補強鉄筋量が異なる。しかしながら、本工法では、工法の適用範囲として、ボックスカルバートの寸法、軸方向鉄筋量、せん断補強鉄筋量および破壊形態等に関する適用範囲を設けることに加え、せん断補強鉄筋を標準フックとして配力鉄筋に掛けることを仕様規定としており、鉄道ボックスカルバートに本工法を適用した場合においても、耐力、変形性能を鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物<sup>5)</sup>(以降、鉄道標準)により評価できる可能性があると考えられる。そこで、本稿では、既往の研究<sup>4)</sup>の試験体を検討対象とし、鉄道標準による耐力および変形性能に関する評価を試みた。

試験体諸元を表1、試験体寸法の一列を図2に示す。試験体はハンチを有する側壁部材を模した実大試験体であり、現場打ちコンクリートで製作したRC試験体No.1と本工法で製作したPPCa試験体No.2、3の計3体である。

3. 検討結果

3.1 破壊状況

試験体の損傷状況を写真1に示す。すべての試験体は、正側載荷時の圧縮側ハンチ部コンクリートの圧壊により、

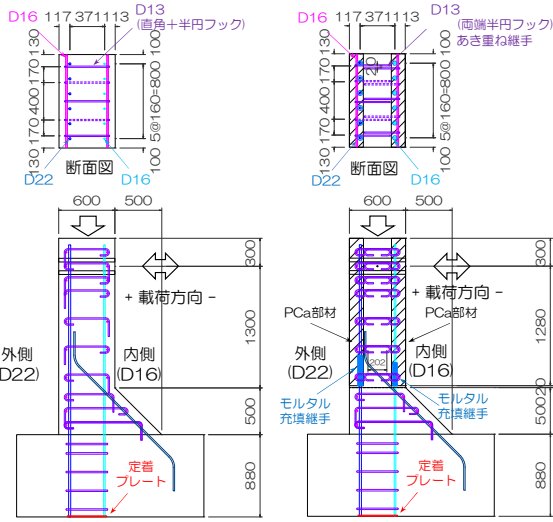


図2 試験体寸法 (単位: mm)

表1 試験体諸元

| No | 形式   | 継手   | 高さ<br>×<br>幅<br>mm | 有効<br>高さ*<br>d<br>mm | せん断<br>スパン<br>L <sub>a</sub><br>mm | 軸応力<br>N/mm <sup>2</sup> | 引張軸方向鉄筋*       |              | せん断補強鉄筋*     |          |          |
|----|------|------|--------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------|--------------|----------|----------|
|    |      |      |                    |                      |                                    |                          | 径-本数-間隔<br>mm  | 鉄筋比<br>%     | 径-組-間隔<br>mm | 鉄筋比<br>% | あき<br>mm |
| 1  | RC   | なし   | 600<br>×           | 484(488)             | 1800                               | 1.00                     | D22(D16)-6-160 | 0.480(0.244) | D13-2.5-300  | 0.106    | なし       |
| 2  | PPCa | モルタル | ×                  |                      |                                    |                          |                |              |              |          | 20       |
| 3  | PPCa | 充填   | 1000               | 477(475)             |                                    |                          | D32(D35)-6-160 | 0.999(1.210) | D16-5.0-300  | 0.331    | 20       |

\*: ( )内は内側の鉄筋を示す

キーワード ボックスカルバート、プレキャストコンクリート、機械式継手、鉄道構造物

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 Tel:042-763-9507

緩やかな荷重低下を生じており、荷重低下の後には、ハンチ部のひび割れとともに、側壁上部に発生した斜めひび割れのひび割れ幅が進展し、破壊に至った。以上より、すべての試験体は曲げ降伏後の繰り返し載荷により斜めひび割れが卓越し、せん断破壊したものと考えられる。なお、No.3のみ降伏変位までに斜めひび割れが発生している。

3.2 荷重変位関係

実験結果の一覧を表2、試験体の荷重-変位関係を図3に示す。図表中には、鉄道標準<sup>5)</sup>により算出した結果を示している。耐力、骨格曲線の算出には、部分プレキャスト部材と中詰めコンクリートの打継ぎを無視し、圧壊したハンチ部コンクリートの圧縮強度<sup>4)</sup>を用いた。また、骨格曲線の算出では、軸方向鉄筋のひずみ分布がハンチ始点で最大値となり、初降伏に至ったことから<sup>4)</sup>、ハンチを除く1300mmをせん断スパンとして算出した。No.1, 2とNo.3の負側の鉄道標準による骨格曲線は、実験値により包含されている。実験値/計算値の耐力比は1.0~1.2程度であり、鉄道標準により安全側に評価できることを確認した。一方、No.3においては、正側の骨格曲線が包含されておらず、曲げ降伏、曲げ耐力の耐力比は0.93となった。これは、軸方向鉄筋のひずみ分布がNo.1, 2と比較し、ハンチ部分のひずみが大きくなっており<sup>4)</sup>、せん断スパンが想定1300mmよりもやや大きいことが影響していると考えられる。

4. まとめ

本報告では、過去に実施した正負交番載荷試験の結果を用いて、本工法を鉄道ボックスカルバートに用いた場合の性能評価手法について検討した。その結果、載荷試験の範囲において、鉄道標準により耐力、変形性能が評価できる可能性があることが示された。

参考文献

- 1) 黒岩俊之他：部分的にプレキャスト化したRC部材の単純梁の載荷試験，第75回土木学会年次学術講演会概要集，V-227，2020。
- 2) 黒岩俊之他：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，第76回土木学会年次学術講演会概要集，V-204，2021。
- 3) 笠倉亮太他：部分プレキャスト部材を用いたボックスカルバートの施工試験，第77回土木学会年次学術講演会概要集，V-302，2022
- 4) 笠倉亮太他：部分的にプレキャスト部材を用いたRC壁部材の正負交番載荷試験，コンクリート工学年次論文集，Vol.44，No.2，pp.607-612，2022
- 5) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説 コンクリート構造物，2009

表2 実験結果一覧

| No |   | 軸方向<br>鉄筋 | 計算値    |        |        |                                      |           | 実験値          |              |           | $M_{y\_exp}/M_y$ | $M_{u\_exp}/M_u$ | $K_{exp}/K_{cal}$ |
|----|---|-----------|--------|--------|--------|--------------------------------------|-----------|--------------|--------------|-----------|------------------|------------------|-------------------|
|    |   |           | $M_y$  | $M_u$  | $V_y$  | $V_{mu}$<br>( $M_u/L_a$ )<br>/ $V_y$ | $K_{cal}$ | $M_{y\_exp}$ | $M_{u\_exp}$ | $K_{exp}$ |                  |                  |                   |
|    |   |           | kN・m   | kN・m   | kN     |                                      | kN        | kN・m         | kN・m         | kN        |                  |                  |                   |
| 1  | 正 | D16       | 355.5  | 442.7  | 491.2  | 0.69                                 | 108.1     | 429.7        | 491.1        | 71.7      | 1.21             | 1.11             | 0.66              |
|    | 負 | D22       | -532.3 | -595.9 | -527.8 | 0.87                                 | 117.7     | -537.4       | -608.6       | 84.2      | 1.01             | 1.02             | 0.72              |
| 2  | 正 | D16       | 361.6  | 454.1  | 497.0  | 0.70                                 | 122.5     | 397.8        | 476.9        | 94.2      | 1.10             | 1.05             | 0.77              |
|    | 負 | D22       | -540.3 | -607.4 | 534.6  | 0.87                                 | 132.4     | -541.1       | -674.4       | 93.8      | 1.00             | 1.10             | 0.71              |
| 3  | 正 | D35       | 1033.0 | 1098.2 | 940.0  | 0.89                                 | 134.5     | 966.3        | 1018.4       | 62.1      | 0.93             | 0.93             | 0.46              |
|    | 負 | D32       | -905.3 | -980.3 | 923.7  | 0.81                                 | 130.7     | -920.1       | -1062.7      | 102.5     | 1.02             | 1.08             | 0.78              |

$M_y$ ：曲げ降伏耐力， $M_u$ ：曲げ耐力， $V_y$ ：せん断耐力， $V_{mu}$ ：曲げ耐力時のせん断力， $K$ ：降伏剛性 ( $M_y/\delta_y$ )， $V_y$ は壁部の圧縮強度により算出

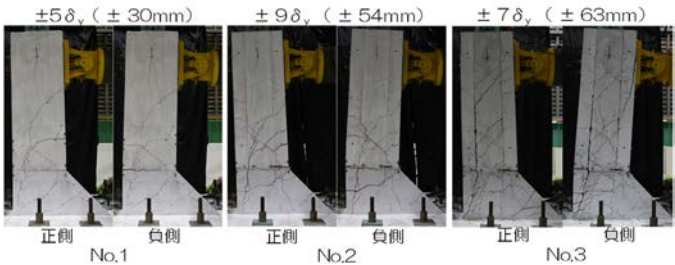


写真1 損傷状況 (荷重低下時)

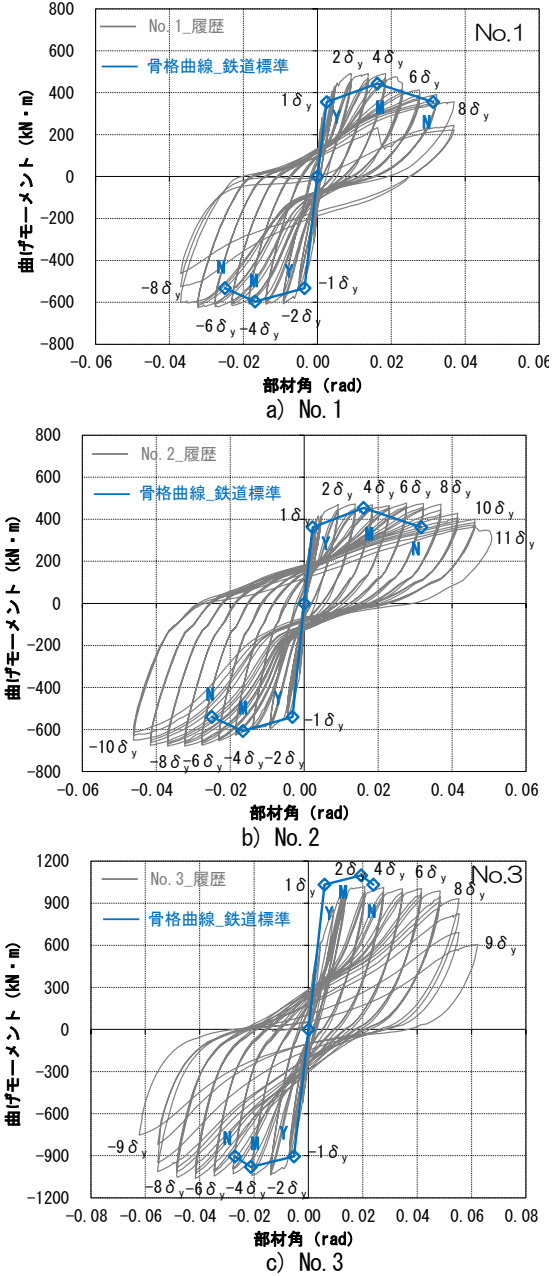


図3 荷重-変位関係