

骨組モデルによるボックスカルバートの正負交番載荷実験シミュレーション

九州大学 学生会員 ○永田 湧也 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀
株式会社ヤマウ 坂井 義彰 株式会社ヤマウ 正会員 片山 強

1. はじめに

近年、ボックスカルバートの大型化に伴い、プレキャスト部材と現場打ちコンクリートを併用した大断面ボックスカルバートが増えてきている。ループ継手によりプレキャスト部材と現場打ちコンクリートを接合したボックスカルバートの隅角部は、塑性化が想定される部位であり、実物大部材を用いた実験により安全照査しなければならないとされている¹⁾。そこで、実物大ボックスカルバート供試体を用いた変位制御による正負交番載荷実験を実施し、供試体が終局状態に至るまでの実験データを得た²⁾。本稿では骨組解析により、実験結果をどこまでシミュレートできるのかの適用性についての検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、図1に示した幅5.6m、内空幅5.0m、高さ3.6m、内空高さ3.0m、奥行き1.0mのハーフプレキャスト製のボックスカルバートを供試体とした。

盛土内での荷重状態を模擬するため、供試体上部に山留材(H鋼)を用いて常に上載荷重を与えた。正負交番載荷は油圧ジャッキの押引による変位制御で行った。頂版軸線上に各載荷段階ごとに正負3回の変位を与え、荷重が最大荷重値の80%を下回る時点で実験を終了することとした³⁾。

3. 解析概要

非線形時刻歴応答解析プログラム (TDAP III)により正負交番載荷解析を行った。

実際の供試体各部材を非線形はり要素でモデル化(図2)し、コンクリートと鉄筋それぞれの物性値は実験供試体に用いた材料の材料試験から得た値を使用した。断面部はRC断面計算プログラム「汎用コード:UCwin/FRAME(3D)」によって求めた武田モデルの対称トリリニア型モーメント曲率関係を用いた。コンクリート及び鉄筋の応力-ひずみ関係は道路橋示方書IIIコンクリート橋・コンクリート部材編⁴⁾に記されている図-5.5.1及び図-5.5.2を用いた。また、図2において赤で示された要素は剛域となっており、ヤング率を1000倍に設定している。なお、剛域の範囲については2017年制定版のコンクリート標準示方書設計編⁵⁾を参考に算出した。

4. 解析結果

実験と解析の比較を図3に示す。実験では、 $\delta = 24.0$ mm、荷重204.0kNで右下底版内側の主鉄筋が初降伏し、 $\delta = 30.0$ mmで右上頂版外側の主鉄筋が降伏した後、供試体全体の剛性は落ちた。さらに、 $\delta = 48.0$ mmで最大荷重点(P=268.8kN)に到達し、 $\delta = 132.0$ mmで最大荷重の80%より下回り実験終了となった。

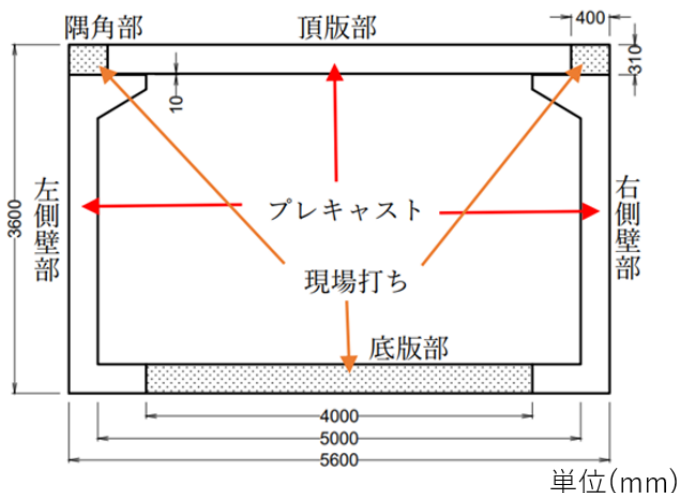


図1 実験供試体の概要図

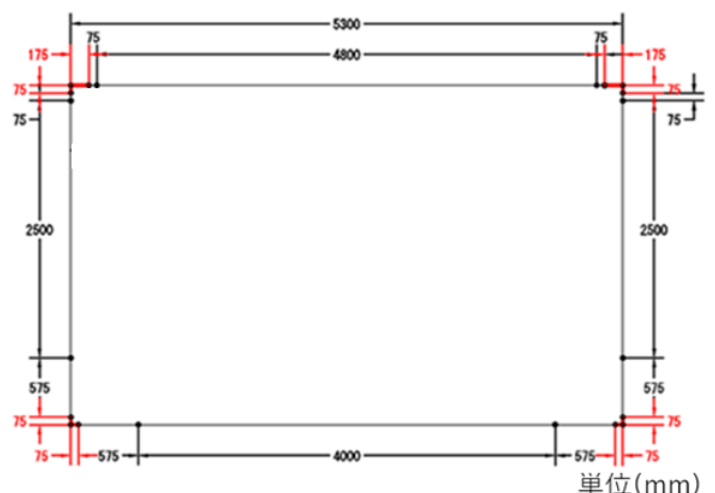


図2 骨組モデル

正負交番載荷解析では、 $\delta = 24.0 \text{ mm}$ 、荷重 209.1 kN で底版左右の主筋が初降伏した後、 $\delta = 90.0 \text{ mm}$ で最大荷重 $P = 269.1 \text{ kN}$ に達した。ここで、最大荷重に達した後底版左の要素で塑性ヒンジが形成されて、大きな回転角が確認され解析が途中で終了した。

鉄筋の降伏状況として、図 4 の(a)には実験での終了時の変位である変位 132.0 mm の時の結果、(b)には正負交番載荷解析で解析が終了した際の結果(変位 96.0 mm)を示している。実験時の供試体の損傷状況及び(a)より、荷重負担が隅角部付近に集中しており、頂版と底版中央においては荷重負担が小さいことが確認できる。骨組解析において、底版左右に荷重負担が集中している点や頂版と中央底版は荷重負担が小さい点は再現することができていると分かった。また、骨組解析において左右側壁が降伏したのは、左右側壁の上部の荷重負担が大きい影響だと考えられる。

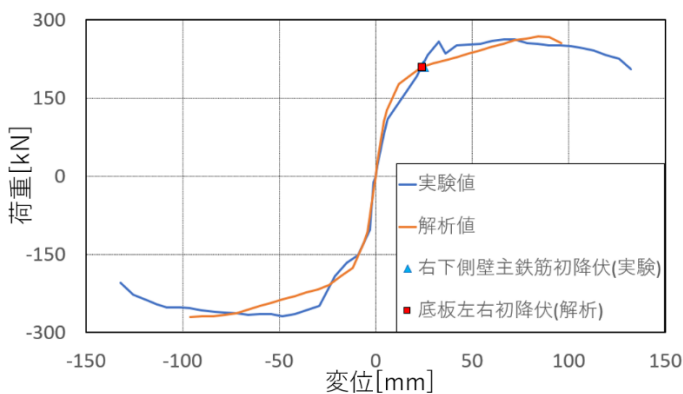


図 3 実験と正負交番載荷解析の比較

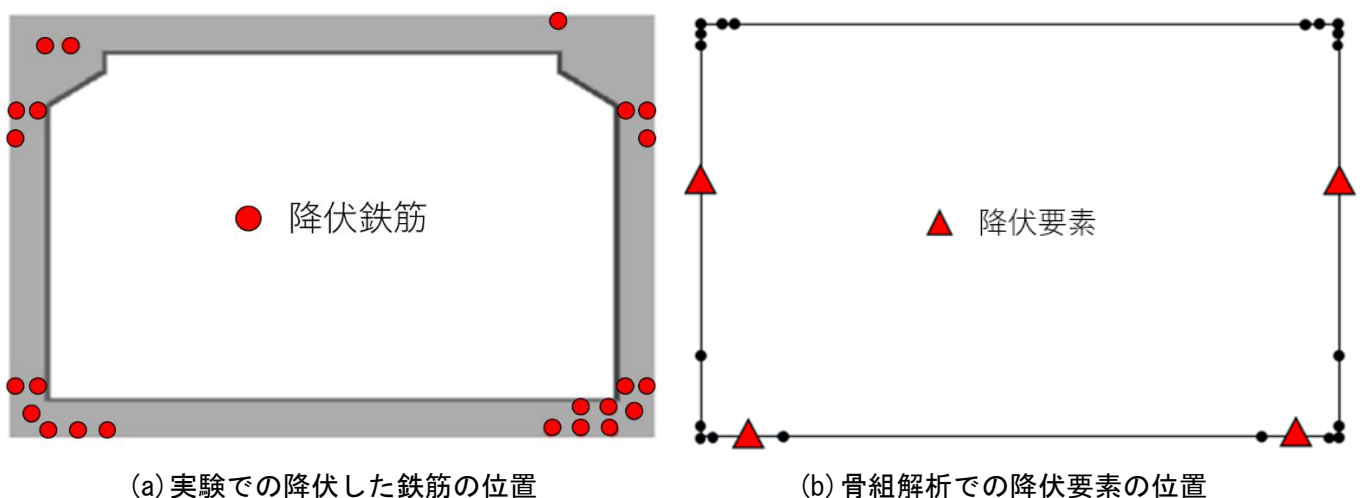
5. まとめ

本稿では、ループ継手構造によるプレキャストコンクリート製大型ボックスカルバートの正負交番載荷実物大実験を対象に、簡易な 2 次元骨組モデルを用いてどこまで実験の再現ができるかを検討したものであるが、初期剛性や初降伏鉄筋の位置や荷重、最大荷重については概ね推定できるのではないかと考えられることが分かった。

なお、実験での 100 kN 付近の剛性低下や最大荷重に達した後の挙動の再現については、現時点では課題が残る結果となった。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書「設計編」, pp. 304-305, pp. 364-366, 2018.
- 2) 片山 強, 梶田 幸秀, 坂井 義彰, 山崎 智彦：ループ継手構造によるプレキャストコンクリート製大型ボックスカルバートの正負交番載荷実物大実験による耐震性能評価, コンクリート工学年次論文集, Vol. 43, No. 2, pp. 301-306, 2021.
- 3) 独立行政法人土木研究所 耐震研究グループ耐震チーム：土木研究所資料「橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)」, 2006. 8
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋・コンクリート部材編, pp. 124, 2017.
- 5) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書[設計編], pp. 120, 2018.



(a) 実験での降伏した鉄筋の位置

(b) 骨組解析での降伏要素の位置

図 4 鉄筋の降伏箇所