

骨組解析によるボックスカルバートの正負交番载荷実験シミュレーション

九州大学 学生会員 ○Narupiyakul Watcharin
九州大学大学院 学生会員 Nergui SUVD-ERDENE

九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀
九州大学大学院 フェロー会員 松田 泰治

1. はじめに

近年、ボックスカルバートの大型化に伴い、3分割された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（FAボックス）が増えてきている。ループ継手によってプレキャスト部材と現場打ちコンクリートを接合したFAボックスの隅角部は、塑性化が想定される部位であり、土木学会コンクリート標準示方書によれば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载荷実験を実施し、供試体が終局状態に至るまでの実験データを得た。本稿では、実験を対象に二次元非線形骨組解析による再現解析を実施し、解析の精度について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

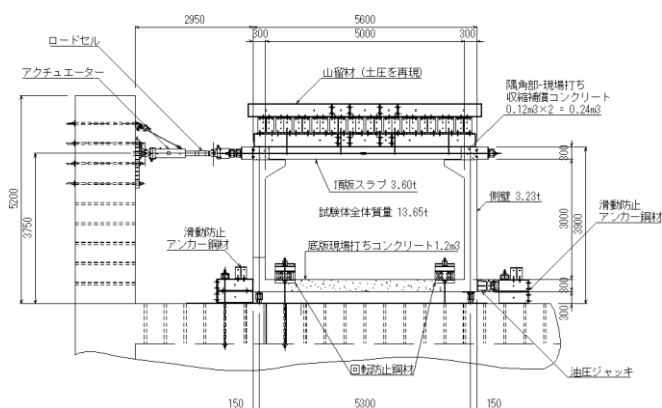


図-1 载荷実験の概要

载荷実験の概要を図-1に示す。内空幅5m×内空高3m×厚さ0.3m×奥行き1mのFAボックスを、底版の両端においてローラー支承で鉛直支持し、両側側壁においてロックナット付き油圧ジャッキで水平支持した。また、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。実験では、FAボックス頂版軸線上に各载荷段階ごとに正負3回の変位（図-2）を与え、変位が132mmまで载荷を行った。

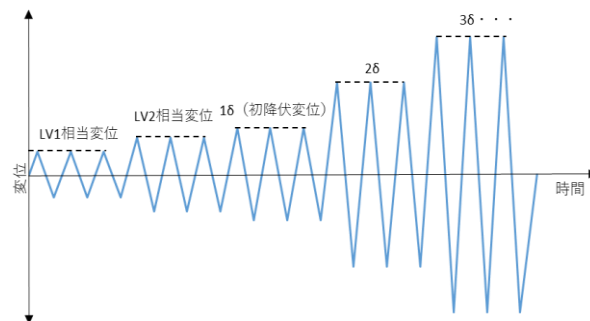


図-2 载荷パターン

3. 解析概要

非線形時刻歴応答解析プログラム「汎用コード：TDAP III」によりプッシュオーバー解析及び正負交番载荷解析を行った。図-3に解析モデルを示し、実際の供試体各部材を非線形はり要素でモデル化し、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、断面部はRC断面計算プログラム「汎用コード：UC-win/Frames(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（図-4）を用いた。なお、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²⁾に記されている図-5.5.1及び図-5.5.2を用いた。

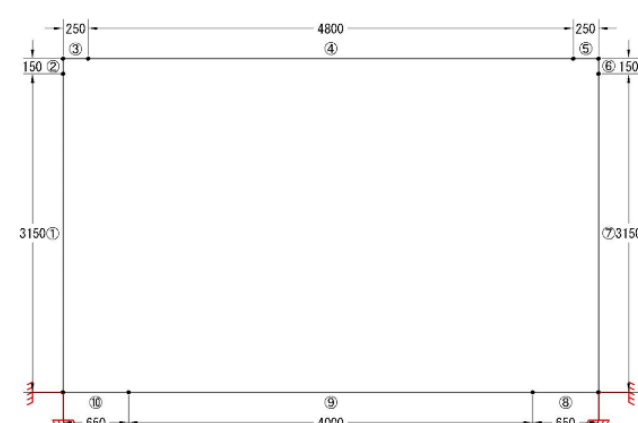


図-3 解析モデル

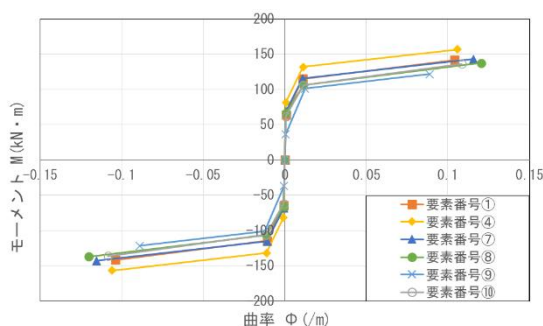


図-4 各要素のモーメント-曲率関係

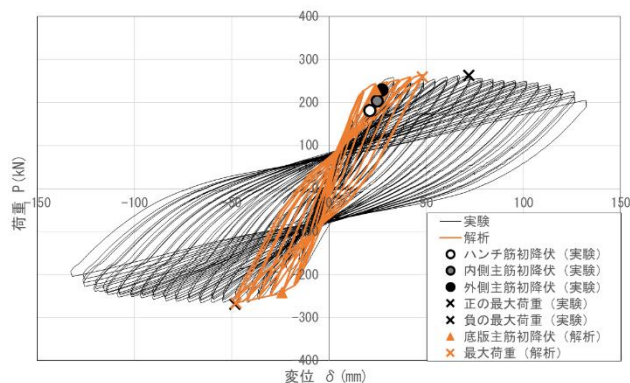


図-5 正負交番载荷解析

4. 解析結果

実験と解析の比較を図-5と図-6に示す。実験では、 $\delta \approx 24 \text{ mm}$ で右下のハンチ筋と右下側壁内側の主筋が初降伏し、 $\delta = 30 \text{ mm}$ で右上頂版外側の主筋が降伏した後供試体全体の剛性が大きく落ちて荷重がほぼ横ばいになった。更に、 $\delta = 48 \text{ mm}$ で最大荷重点 ($P = 268.75 \text{ kN}$) を到達し、 $\delta = 132 \text{ mm}$ で最大荷重の80%より下回り実験終了となった。正負交番载荷解析では、 $\delta = 24.1 \text{ mm}$ で底版左右の主筋(要素番号8と10)が初降伏した後モデル全体の剛性が大きく落ち、実験の最大荷重点 ($\delta = 48 \text{ mm}$) で要素番号9と10の間で大きな回転角が生じており、それ以降妥当な荷重と変位関係が得られなくなった。プッシュオーバー解析では、荷重増加に伴い底版左右の要素、側壁左右の要素の順でひび割れが発生し、 $\delta = 27.7 \text{ mm}$ で底版左右の要素が初降伏した後モデル全体の剛性が小さくなるが、実験結果と比べて剛性低下率が小さく、それ以降の荷重が実験値よりやや大きい値となっている。以上より、正負交番载荷解析、プッシュオーバー解析ともに初期剛性や主鉄筋の降伏位置、降伏時の荷重などは概ね推定できていることが判る。プッシュオーバー解析については、断面計算においてコンクリートの軟化など応力低下を考慮していないためか、主鉄筋降伏後

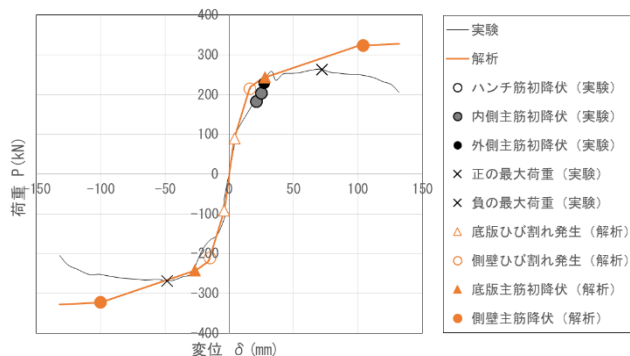


図-6 プッシュオーバー解析

の剛性は実験よりも大きくなり、実験の再現性という点では課題が残る結果となった。

5. まとめ

本稿ではFAボックスの正負交番载荷実験を簡易な2次元骨組モデルでどこまで再現できるかを検討したものであるが、現時点では、初期剛性や主鉄筋の降伏位置、降伏荷重であれば概ね推定できるのではないかと考えられることが判った。主鉄筋降伏後の挙動については、まだまだ検討の余地があり、特に道路橋示方書V編耐震設計編³⁾に記載されているコンクリートの軟化(損傷)を考慮した応力-ひずみ曲線を考慮した曲げモーメント-曲率関係での検討が急務であると考えている。

謝辞

正負交番载荷実験の実施においては、株式会社ヤマウとの共同研究として実施しました。ここに記して謝意を表します。

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) 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.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, pp. 138-141, 2017.