

## 数値解析による RCT 桁橋の残存耐荷力および構造特性同定の可能性の検討

長崎大学 学生会員 豊福 晋ノ介, 梶原 淳史

長崎大学 正会員 山口 浩平

### 1. はじめに

我が国にある約 70 万橋の橋梁のうち、建設後 50 年を超えた橋梁の割合は 2017 年時点では約 30%であったが、2027 年には約 50%、2037 年には 75%にも増加する見通しである。このため、橋梁の長寿命化や維持管理に注目が集まっている。

現在の橋梁定期点検近接目視では、損傷や腐食等の材料劣化や外観変状がわかるのみで、通行止めの必要性や安全性・補修の必要性といった使用状態における対策や、落橋の可能性といった終局限界状態における構造安全性を明確に判断することは難しい。この解決方法として、図 1 に示す構造特性同定を用いた性能・リスク評価を提案する。構造特性同定とは、実験的手法と解析的手法をそれぞれ行い、両手法によって得た結果を比較し、性能・リスク評価を行うことである。

### 2. 研究目的

本研究では、RCT 桁橋を対象として、構造特性同定の適用性を検討する。構造特性同定の検討を行うにあたり、図 2 に示すフローをもとに進めていく。はじめに、橋梁の使用状態における挙動を確認するために、実橋の FEM モデルを用いて弾性解析を行った。次に、橋梁の主要部材である主桁の終局限界状態を確認するために、実橋の切断桁の FEM モデルを用いて弾塑性解析を行った。さらに、実橋の終局限界状態を確認するために、実橋の FEM モデルを用いた弾塑性解析を行った。これらの解析結果を基に実験結果との比較を行い構造特性同定の検討及び性能・リスク評価を行う。

### 3. 対象橋梁の諸元

本稿では RCT 桁橋を対象とし、橋梁 A と呼称する。橋梁 A の詳細を表 1、図 3 に示す。橋梁 A は、詳細な設計図が残されておらず、昭和 29 年に中桁 (G2~G6) が架設され、昭和 34 年に耳桁 (G1, G7) が増設された。架設年が 5 年違うにも関わらず、耳桁が中桁よりも損傷が著しい状態である。

### 4. 実験的手法および解析的手法によるデータ分析

#### 4.1 各種載荷試験の概要

弾性域における構造特性同定への適用性を検討するために、実橋載荷試験を行った。試験は 100kN のコンクリートブロックを 2 つ用いて 100kN、200kN の荷重を G1、G4、G7 の各桁支間中央に載荷し、G1、G4、G7 の変位およびひずみを測定した。また、塑性域における破壊メカニズムを把握するために、実橋より切り出し

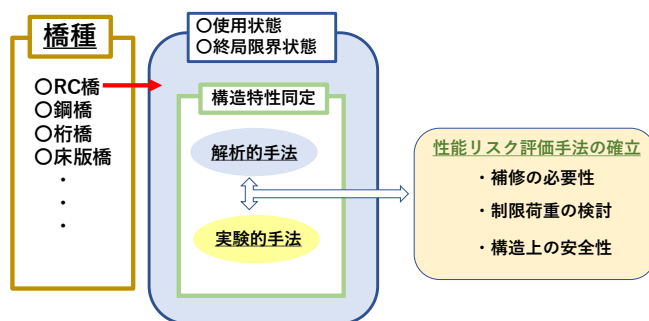


図 1 構造特性同定

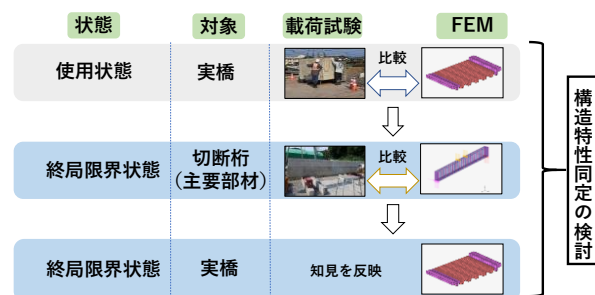


図 2 研究フロー

表 1 橋梁 A の諸元

|     |         |       |                            |
|-----|---------|-------|----------------------------|
| 橋長  | 8.3(m)  | 斜角    | 44.45度                     |
| 支間長 | 7.8(m)  | 架設年   | 昭和29年<br>(G1, G7は昭和34年に増設) |
| 幅員  | 9.75(m) | 適用示方書 | 昭和14年1等級<br>設計活荷重: 13t     |

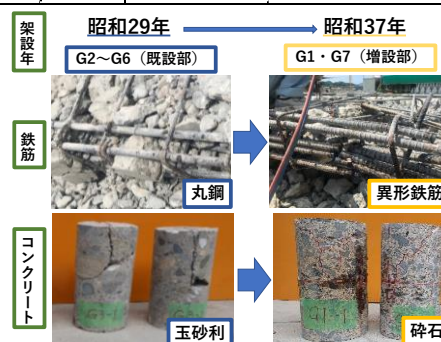


図 3 各桁の詳細

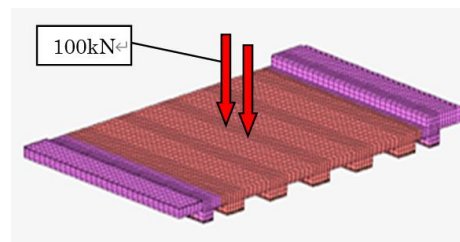


図 4 橋梁 A の実橋モデル

キーワード：構造特性同定, RCT 橋, 数値解析, 現場載荷試験

連絡先：〒852-8135 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース 電話, FAX : 095-819-2509

た切断桁を用いて静的載荷試験を行った。載荷方法は2点集中載荷で行い、曲げ破壊が先行するように載荷点を設定し、最終的に破壊荷重至るまで載荷し、切断桁の中央部における変位およびひずみを測定した。なお、載荷試験の詳細は参考文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

4.2 数値解析の概要

橋梁 A の実橋モデル (図 4) および切断桁のモデルを作成した。境界条件は、実橋モデルではピン/ローラー、切断桁も同様にピン/ローラーとしている。材料特性を表 2 に示す。材料特性は強度試験結果である。

荷重条件について実橋モデルの弾性解析では、現場載荷試験と対応する位置に集中荷重を載荷した。活荷重の適用基準を表 3 に示す。道路橋示方書に基づき載荷位置と活荷重を決定した。活荷重は道路を通行する最も大きな車両であるトラックの重量を想定しており、橋梁 A の架設当時と現在では最大重量の違いが見られ設計荷重はどちらも幅員方向並べて入るトラックの最大 3 台分の重量を想定している。

弾塑性解析では、載荷位置を活荷重時と同位置とし、荷重を増大させコンクリートのひび割れおよび鉄筋の降伏の進展が観察可能な時点まで解析を行った。切断桁モデルについては、実験的手法から得られた結果を基に切断桁が破壊した 700kN を上限とし荷重増分による解析を行った。

5. 構造特性同定の検討

5.1 切断桁における構造特性同定の検討

G3 における解析結果のコンターズを図 5 に荷重—変位関係を図 6 に示す。図 5、図 6 より解析上で切断桁の破壊の挙動が実験結果と概ね一致していることから、切断桁における弾塑性域での構造特性同定の適用が可能ということがわかる。

5.2 実橋における構造特性同定の検討

実橋の弾性域における挙動を解析上で概ね再現することができた。前述および弾性域における実橋モデルの解析結果から変位、ひずみの観点より橋梁 A において弾塑性域での構造特性同定が適用可能と判断できるため、弾塑性解析の結果をもとに実橋における弾塑性域の検討を行う。活荷重における各桁の主鉄筋降伏荷重を図 7 に示す。また、当時の設計荷重を赤破線、現行の設計荷重を青破線にてグラフに示している。図 7 より、設計荷重と各荷重とを比較すると設計荷重は主鉄筋降伏荷重より十分に余裕がある範囲であることがわかる。またコンクリートひび割れ発生荷重に関しても同様の結果が確認できた。

6. まとめ

本研究では、RCT 桁橋を対象として構造特性同定について検討した。切断桁における実験値と解析値の結果は概ね一致し、実橋における使用状態での解析値は実験値と同じ挙動を示すことができた。このことから、使用状態における構造特性同定は適用できると考えられる。以上の結果より実橋の終局限界状態の解析結果を見るとコンクリートひび割れ、鉄筋降伏を許容し

ない範囲にあることから対象橋梁においては十分に安全な設計であることがわかる。

本研究では、RCT 桁橋を対象とし研究を進めてきたが、今後は構造特性同定の適用例の拡大や対象とする橋種の拡大および適用可能性の検討、解析モデルの簡易化などが課題として挙げられる。

参考文献

1) 国土交通省 HP  
[http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/h29/30\\_03maint.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/pdf/h29/30_03maint.pdf)  
2) 豊福晋ノ介, 山口浩平, 松田浩, 海部貴裕, 松江匡紀, 梅本秀二: 新しいセンシング手法を用いた RCT 桁橋の変形性状および残存耐力の評価, 長崎大学大学院工学研究科研究報告, 第 49 巻, 第 93 号, pp.160-166, 2019

表 2 材料特性

| 材料<br>種類                  | コンクリート |       | 鉄筋     |        |
|---------------------------|--------|-------|--------|--------|
|                           | G1, G7 | G2~G6 | G1, G7 | G2~G6  |
| 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 31.7   | 33.3  |        |        |
| 降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |        |       | 357    | 310    |
| ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> ) | 17740  | 21150 | 191500 | 197400 |
| ポアソン比                     | 0.139  | 0.171 | 0.3    |        |
| 単位体積重量                    | 24.5   |       | 78.5   |        |

表 3 適用基準

| 適用基準          | 適用年代      | 活荷重              |
|---------------|-----------|------------------|
| 鋼道路橋設計並製作示方書案 | 1939~1955 | 自動車: 13tf        |
|               |           | 自動車: 9tf         |
|               |           | 転圧機: 17tf        |
|               |           | 転圧機: 14tf        |
| 道路橋示方書 I 共通編  | 1994~     | 自動車: 25tf (B活荷重) |
|               |           | 自動車: 25tf (A活荷重) |

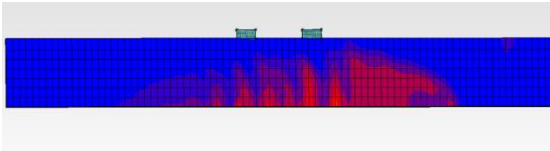


図 5 切断桁のクラックひずみ図 (G3)

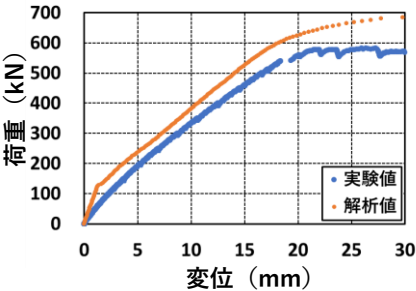


図 6 荷重—変位関係 (切断桁-G3)

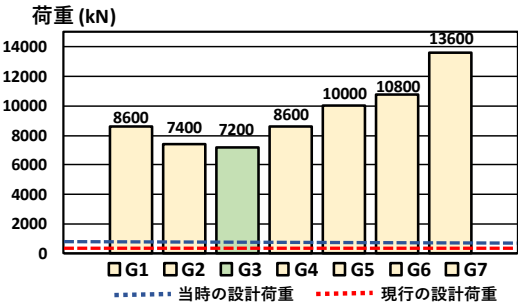


図 7 鉄筋降伏荷重による各桁の比較