

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, 松田 浩

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、構造特性同定へ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、切断桁の FEM モデルを用いて弾塑性解析を行った。今年度は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う。実橋の弾塑性解析を行うにあたり、従来のモデルの妥当性を考慮して再度詳細にモデルを作成し弾塑性解析を行う。

3. 対象橋梁の諸元および载荷試験の概要

3.1 対象橋梁

対象橋梁は上り線が鉄筋コンクリート T 桁橋（以下、RCT 桁橋）、下り線が鉄筋コンクリート床版橋で構成される単径間の橋梁である。本稿で 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、表 2、表 3、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。

3.2 実験的手法によるデータ分析

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、実橋载荷試験を行った。試験は 100kN のコンクリートブロックを 2 つ用いて 100kN, 200kN

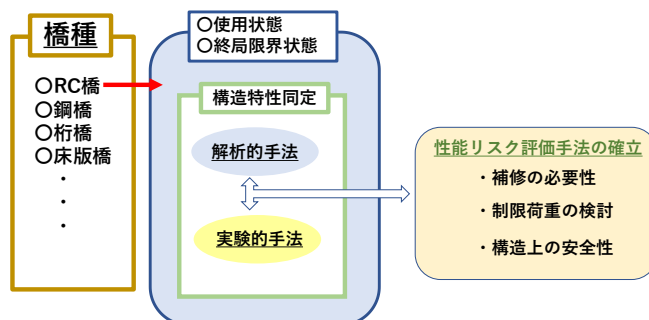


図 1 構造特性同定

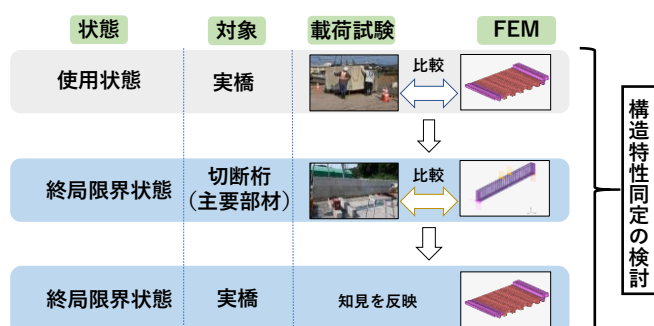


図 2 研究フロー

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 (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 設計活荷重: 13t

表 2 各桁の詳細

主桁	G2~G6	G1・G7
架設年	昭和29年	昭和37年
コンクリート	玉砂利	碎石
鉄筋	丸鋼	異形鉄筋

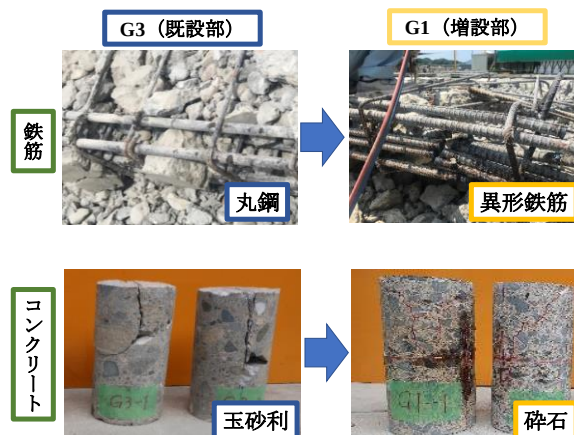


図 3 橋梁 A の使用材料の変化

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接触式変位計, ひずみゲージを用いて測定した。

また, 塑性域における破壊メカニズムを把握するために, 実橋より切り出した G1, G3 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, 最終的に破壊荷重に至るまで載荷した。切断桁の中央部における変位, 載荷点付近の切断桁側面部のひずみを実橋梁載荷試験と同様の計測機器を用いて測定した。

実橋載荷試験と切断桁載荷試験では, 従来技術による計測機器を使用するとともに新技術による計測機器を用いての計測を行った。なお, 本試験の詳細は参考文献²⁾を参照されたい。

3. 結果および考察

3.1 終局限界状態における切断桁モデルの検討

切断桁を詳細にモデル化し弾塑性解析を行った。実験値と解析値の比較をすると約 10% の差で破壊の挙動を示すことができ, 構造特性同定の適用が可能ということがわかる。²⁾

3.2 実橋モデルの妥当性

実橋において弾塑性解析を行うにあたり, 点検調査をもとに橋梁 A の詳細な FEM モデルの作成をしたものを図 4 に示す。従来のモデルでは, 桁部について G2~G6 と G1・G7 の違いのみを再現したモデルであったが, 今回のモデルは既設部に関しても各桁を実橋と同じように, 詳細に再現している。また, 弾塑性解析を行うにあたり, 本モデルは鉄筋についてもモデル化している。表 3 に材料特性を示す。強度試験結果をもとに表 3 に示す各材料特性を反映させた。弾性範囲内における実験値と解析値を比較したものを図 5, 図 6 に示す。FEM の結果より, 解析上で実橋の変位性状を概ね再現することができた。弾性域において変位, ひずみの観点から構造特性同定が適用できたと考えられる。この結果から, 今後はこのモデルでの弾塑性解析を行う。

4. 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。実橋における終局限界状態での構造特性同定と, 対象橋梁における性能・リスク評価を今後検討し, 使用状態および終局限界状態における補修の必要性や橋梁における荷重制限等について評価する予定である。

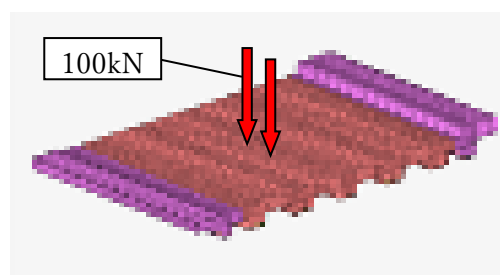


図 4 橋梁 A の FEM モデル

表 3 材料特性

材料	コンクリート		鉄筋	
種類	G1, G7	G2~G6	G1, G7	G2~G6
圧縮強度 (N/mm ²)	31.7	33.3		
降伏強度 (kN/mm ³)			357	310
ヤング率 (N/mm ²)	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	

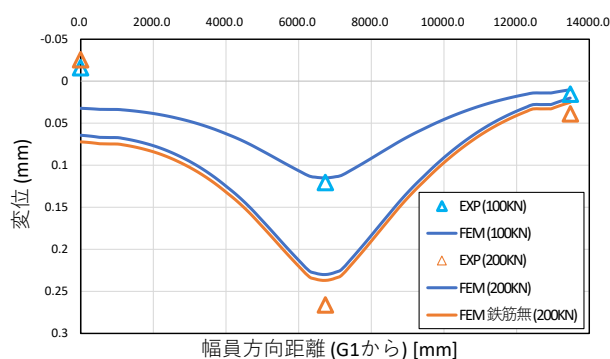


図 5 桁中央載荷時の変位分布

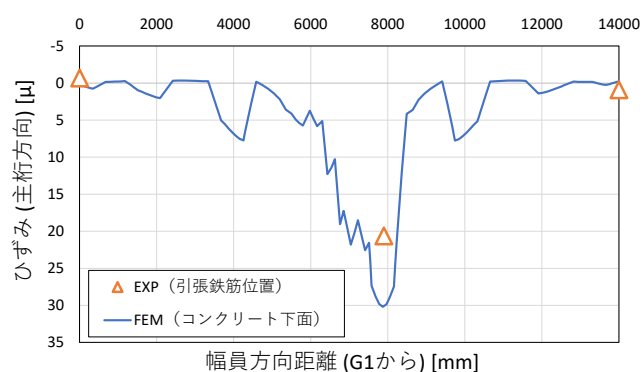


図 6 桁中央載荷時 (200kN) のひずみ分布

参考文献

- 1) 国土交通省 HP
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