

非線形 FEM 解析による鋼板補強されたレンガ構造物の耐荷性能の評価

ジェイアール西日本コンサルタンツ（株） 正会員 ○道下 紘平
 （株）HRC 研究所 正会員 坂口 淳一
 西日本旅客鉄道（株） 正会員 坂岡 和寛

1. はじめに

明治から昭和初期に構築された鉄道レンガ構造物が多数残存し、現在も供用されている。一方で、南海トラフ等の大規模地震に備え、橋脚等の鉄道レンガ構造物の耐震補強は急務となっている。

これまで、いくつかレンガ構造物の解析手法が提案されているが、その耐荷性能を評価する手法は確立されておらず、実用的かつ合理的な耐震補強を行うための解析手法が必要と考える。よって、本検討では鋼板補強されたレンガ構造物を対象とし、耐震補強検討に有効な評価手法および解析モデルを提案するものとする。

2. レンガ供試体を用いた非線形 FEM 解析による解析精度の検証¹⁾

筆者らは、これまで本章に述べる解析を実施してきた。対象とするレンガ供試体を、図1に示す。解析モデルは、レンガと目地モルタルを個別に2次元平面要素とした連続体モデルとし（図2）、それらに各々の材料強度、コンクリート用の材料構成則（鉄筋比0%）³⁾を付与している。また、レンガ供試体の側面に配置された補強材は、鋼材の降伏を考慮した梁要素としてモデル化し、非線形 FEM 解析を行った。その結果、アンカー筋引張降伏時の載荷荷重や最大荷重時変位等に違いがあるものの、載荷試験と解析結果はある程度一致し、解析の最大荷重も載荷試験を概ね再現できた（図3）。以上より、提案する解析モデルによる非線形 FEM 解析は、耐荷性能評価に有効と考える。

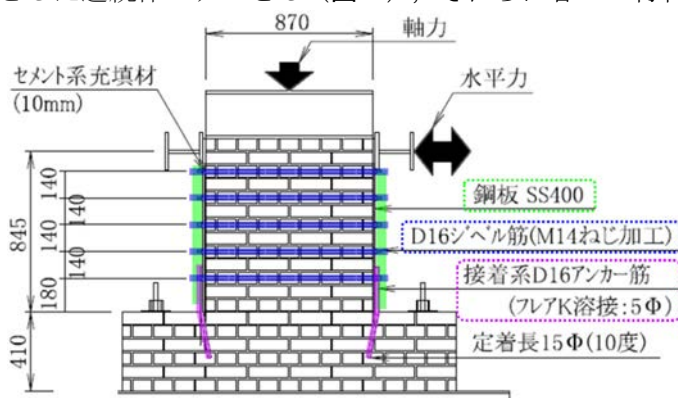


図1. レンガ供試体の概要²⁾

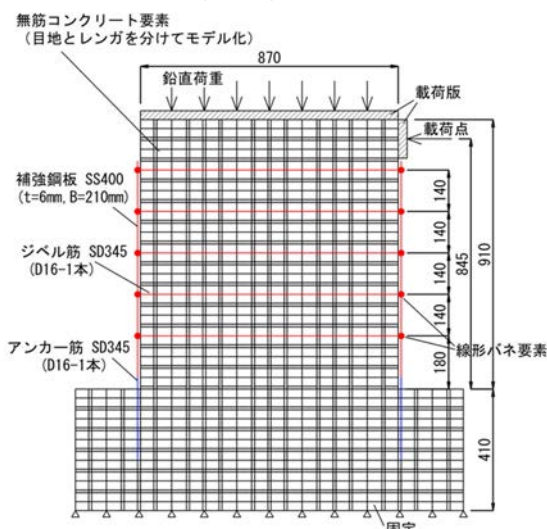


図2. 解析モデル [非線形 FEM 解析]

3. 実構造物を対象とした場合の解析モデルの提案

前述の評価手法は、解析精度が高い一方で、実構造物に適用すると要素数が増大するため、次に要素数の削減を検討した。図4に示すレンガ橋脚を対象に、レンガおよび目地モルタルを個別に要素化した「詳細モデル（図5-a）」と、レンガおよび目地モルタルの寸法を4倍に拡大して要素化した「簡略化モデル（図5-b）」

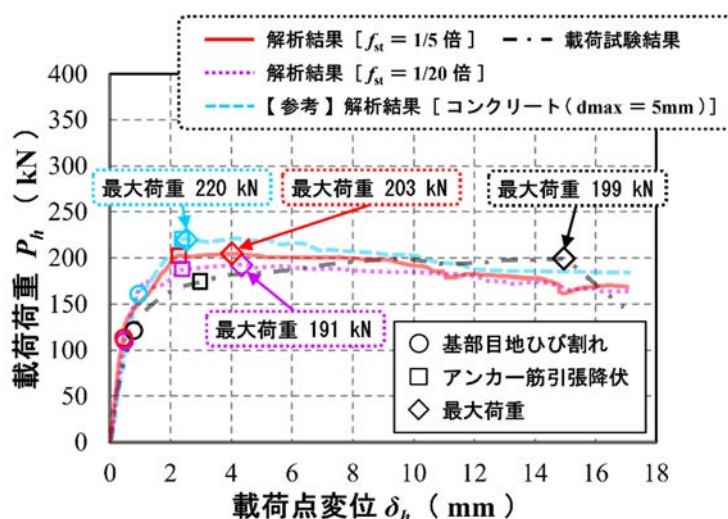


図3. 荷重－変位関係の比較

キーワード レンガ構造物, 耐震補強, 耐荷性能, 解析手法, 非線形 FEM 解析

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 E-mail: michishita@jrnc.co.jp

を比較し、その解析精度を検証した。解析ケースは、補強鋼板降伏後にレンガ橋脚が破壊に至る「ケース A」と、補強鋼板は降伏せず、レンガ橋脚に生じる斜め方向ひび割れにより破壊に至る「ケース B」を設定した。

解析の結果、最大荷重後の挙動が若干異なるものの、両者の荷重－変位関係は概ね一致し（図6）、また損傷過程や部位についても、概ね一致する結果が得られた（図7）。これは、要素寸法を拡大しても、両者が相似な関係にあれば、レンガ橋脚の損傷過程や部位を再現でき、耐荷性能への影響は小さいためと考える。

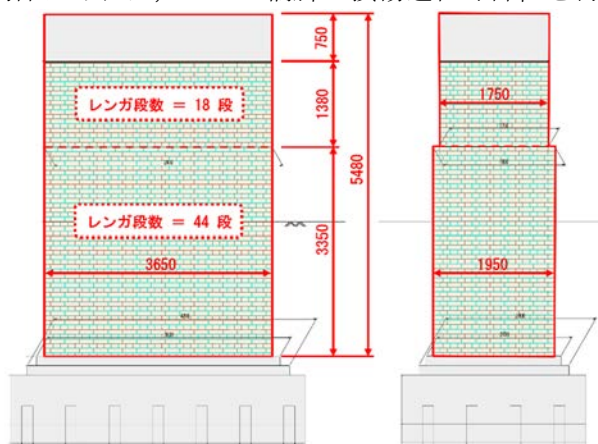
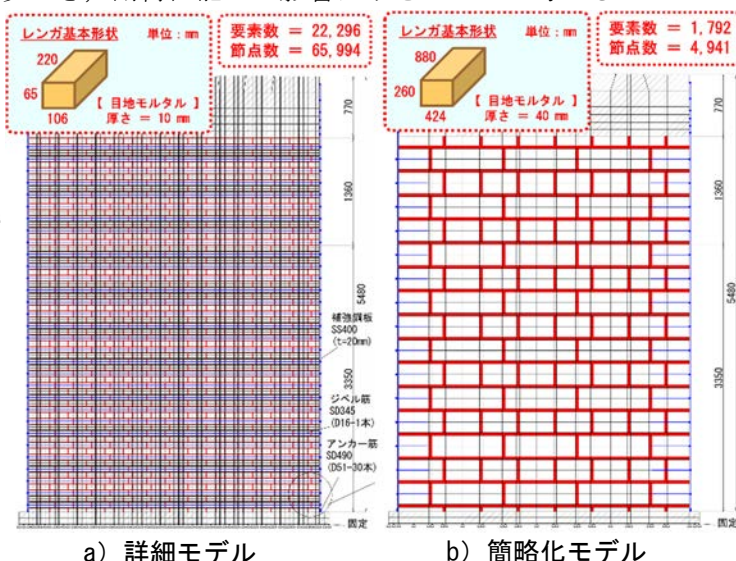


図4. レンガ橋脚の概要



a) 詳細モデル

b) 簡略化モデル

図5. 解析モデル [非線形 FEM 解析]

4. まとめ

提案するレンガ構造物を対象とした非線形 FEM 解析による評価手法および、要素寸法を拡大した簡略化モデルは、耐震補強検討に有効であると考えられる。ただし、補強前の構造物等に適用する場合は、今後検証が必要となる。

謝辞

本検討を遂行するにあたり、(株)HRC 研究所 中島章典氏 (宇都宮大学名誉教授)、山梨大学 斉藤成彦教授にご指導を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

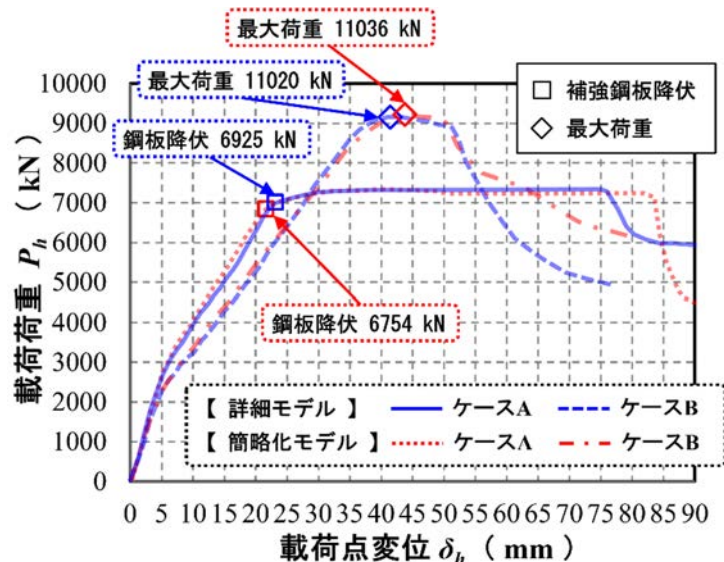


図6. 解析結果 [荷重－変位関係]

参考文献

- 1) 道下紘平, 坂口淳一, 坂岡和寛, 斉藤成彦: 数値解析を用いた鋼板補強後のレンガ供試体の耐荷性能の評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 21 巻, 2021.10
- 2) 田所他: レンガ橋脚の曲げせん断挙動に関する模型実験と有限要素解析, 鉄道総研報告, Vol.19, No.12, 2005.12
- 3) 土木学会: 2017 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編], pp.467-525, 2018

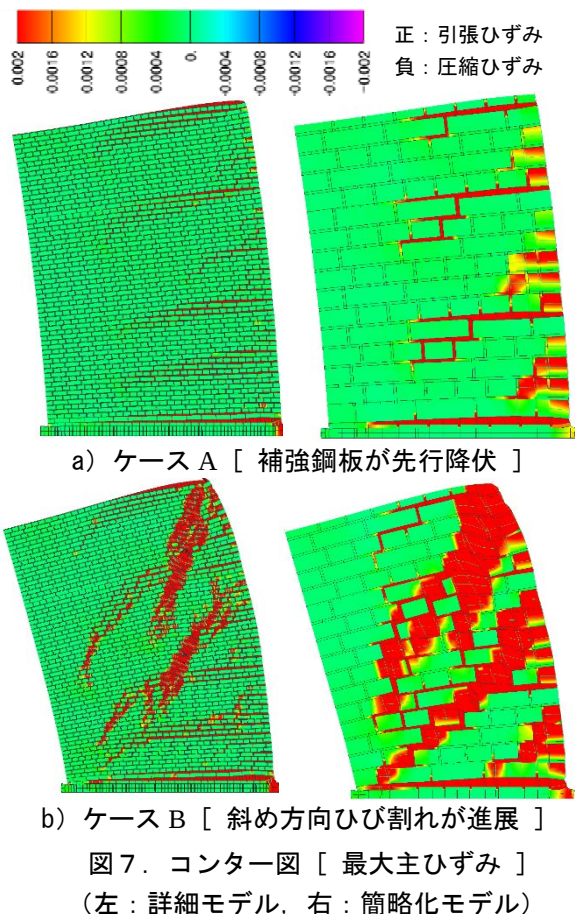


図7. コンター図 [最大主ひずみ]
(左: 詳細モデル, 右: 簡略化モデル)