

常磐橋上部工の力学的挙動に関する解析的研究

早稲田大学 学生会員 ○鈴木 元美

(株)文化財保存計画協会 正会員 西村 祐人

早稲田大学 フェロー 依田 照彦

1. はじめに

常磐橋は明治 10 年に築造された日本橋川に架かる石造のアーチ橋である。橋長 28.8m, 橋幅 12.6m の 2 連アーチ橋であり, 都内では最も古い石橋である。常磐橋は東日本大震災で被災し, 右岸側・左岸側ともに数センチのアーチ輪石の沈下が見られ, 局所的には約 8cm 近く輪石の飛び出しが確認されている。現在, 常磐橋を管理する千代田区では文化財調査を行い, 解体修理が行われている。本研究においては, 常磐橋の構造的な挙動の把握と修理補強の適切な方法の検討を行うことを目的とする。特に, 図 1 のようにアーチ輪石の上部にある隙間が橋全体に与える影響を考える。



図 1 輪石の接合状況

2. 解析モデルと解析の概要

解析には有限要素法による汎用の構造解析ソフト Diana を使用する。解析モデルは常磐橋上部工を対象とした。主にソリッド要素・界面要素から構成され, 固定部分にはバネ要素を用いている。本研究では輪石の接合状況に着目するため, アーチの輪石の間にある界面要素の剛性を図 3 のように上部と下部で異なるものとして自重解析を行う。界面要素は図 4 のように配置しており, 以下の CASE1~CASE4 についての解析を行う。

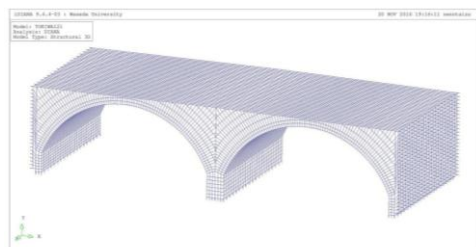


図 2 解析モデルの全体図

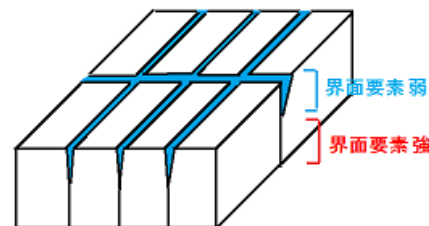
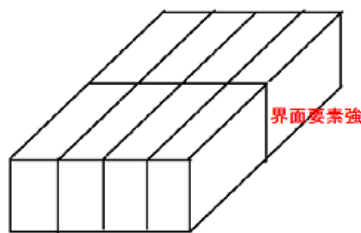


図 3 界面要素で表現する輪石の接合状況

CASE1: 界面要素①~④を同じ剛性にする場合。

CASE2: 界面要素②, ③の剛性を界面要素①の 100 分の 1 にする場合。

CASE3: 界面要素④の剛性を界面要素①の 100 分の 1 にする場合。

CASE4: 界面要素②, ③の剛性を界面要素①の 10 倍にする場合。

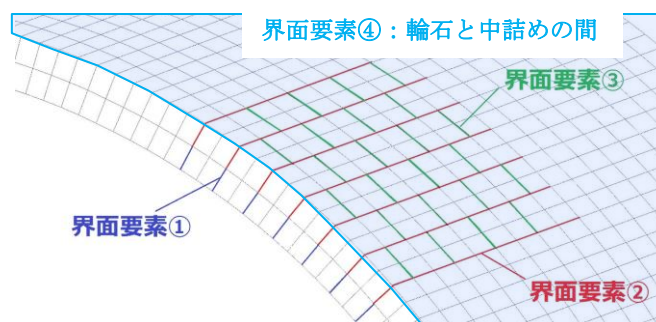


図 4 界面要素の配置

3. 解析結果

解析での CASE1~4 までの鉛直方向の最小変位を表 1 に示す。自重解析の結果, 橋全体の変形も CASE2 が最も大きくなった。これはアーチの輪石の合端面が小さく, 軸力が伝わる面が小さいためと考えられる。

表 1 鉛直方向最小変位

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
鉛直方向変位	-0.987cm	-1.300cm	-1.080cm	-0.742cm

キーワード 常磐橋, 石橋, アーチ橋, FEM 解析

連絡先 〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 TEL. 03-5286-3399

CASE1, CASE3, CASE4 の応力図を図5～図10に示す。図5, 図7, 図9は橋軸直角方向から見たものであり, 図6, 図8, 図10は解析モデルを下から見たものである。

図8からCASE3で応力が集中している箇所が見られる。一部の輪石に引張応力が生じる可能性があるので注意が必要である。また, 図10からはCASE4のときアーチ部分に引張応力が集中していることがわかる。この結果から, 輪石上部をより強固に結合するとアーチ底面に引張応力が生じることが想定される。

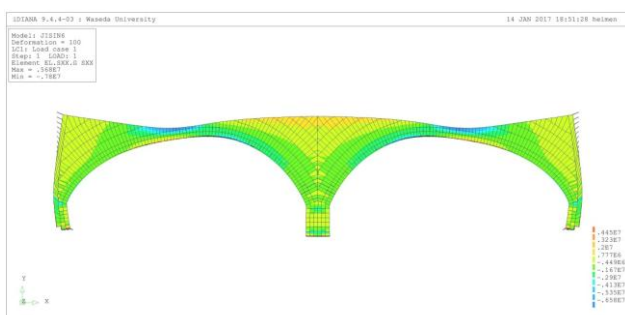


図5 橋軸方向応力図 (CASE 1)

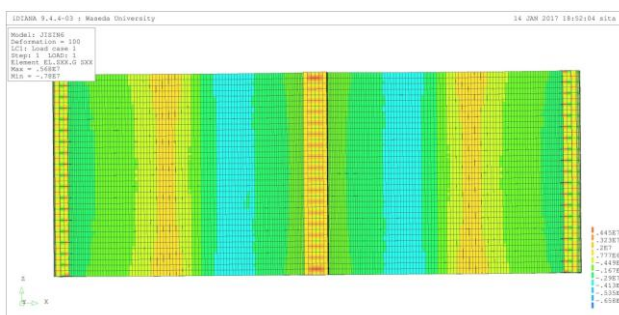


図6 橋軸方向応力図 (CASE1)

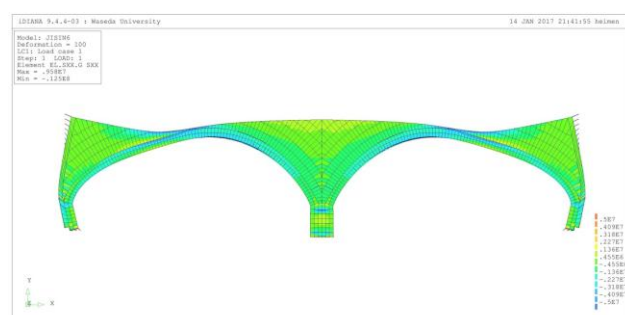


図7 橋軸方向応力図 (CASE3)

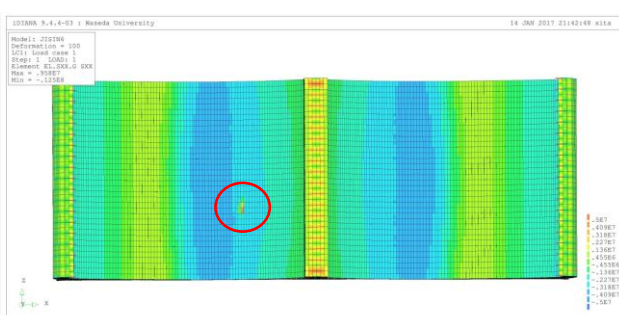


図8 橋軸方向応力図 (CASE3)

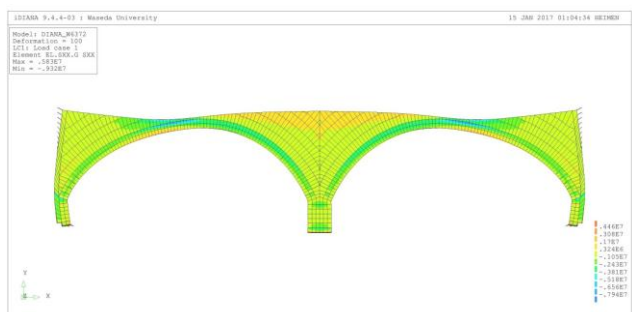


図9 橋軸方向応力図 (CASE4)



図10 橋軸方向応力図 (CASE4)

4. 結論

CASE1 からわかるように, 常磐橋の補強対策としては, 輪石上部の隙間に輪石と同程度の剛性を持つ詰め物をするのが良いと考えられる。また CASE4 の結果も踏まえると, 輪石上部の隙間にコンクリートなどをそのまま充填させて接合するのではなく, 直接接合しない方法での詰め方が効果的であると考えられる。本研究の結果から, 補強に使用する材料は適切な剛性を持つ材料が望ましい。

・謝辞

本研究は東日本大震災により被災した石造アーチ橋の常磐橋の復旧対策として検討したものである。研究にあたり, 千代田区道路公園課・文化振興課, 株式会社文化財保存計画協会, 株式会社エイト日本技術開発, 鉄建建設株式会社には貴重な情報及び資料の提供等においてご協力いただきました。心より感謝致します。

参考文献

1. 常磐橋の修理工事—解体調査結果と修復方法— 千代田区 道路公園課 文化振興課
2. 国指定史跡常盤橋門跡常盤橋修理工事専門委員会 基礎資料 千代田区