

ひび割れを考慮した日本橋の3次元有限要素解析に関する研究

早稲田大学院創造理工学研究科 学生会員○上坂健一郎
 早稲田大学院創造理工学研究科 学生会員 山下 哲舎
 早稲田大学創造理工学部 三谷 康
 早稲田大学創造理工学部 フェロー 依田 照彦

1. まえがき

本研究は、国の重要文化財に指定されている日本橋の構造特性に関する研究である。近々100年を迎えるこの橋に最近の調査によってひび割れが発生していることが確認された。そこで、本研究では、橋軸方向のひび割れを界面要素でモデル化し、有限要素解析を用い、ひび割れが石橋の力学的挙動に及ぼす影響に関して基礎的考察を加えた。

2. 解析手法および解析モデル

本研究では、汎用有限要素法プログラム DIANA を用いて解析を行った。ひび割れの無いモデルと有るモデルでの地震時応答解析を実施し、また、ひび割れのあるモデルを用いて線形解析と非線形解析を行った。

モデルの作成においては、図1に示すように石と石との接触面や石とコンクリート、コンクリート同士の接触面を厚さ10mmの界面要素で表現した。解析モデルは図2に示すように、2連のアーチ部で全長41.8m、径間長20.8mとした。また、日本橋の実際の幅員は27m程度であるが、解析時間削減のために幅員を6.08mとして考察を行った。解析モデルは約1600個のソリッド要素、約3000個の界面要素から構成されている。図2において赤で示した部分が石で、黄色い部分がコンクリートである。境界条件は底面を完全固定、側面をばね支持とした。

材料特性は表1に示す通りである。

表1. 石とコンクリートの材料定数

	ヤング係数(N/cm ²)	ポアソン比	密度(kg/cm ³)	引張強度(N/cm ²)
石	5096000	0.2	0.00263	539
コンクリート	2700000	0.2	0.0024	372

ひび割れはモデル中央の界面要素の剛性をほぼ0とすることによって表現した(図3参照)。

その他の部分の界面要素の剛性は法線方向を 4.1066×10^7 (N/cm³)、接線方向を 4.1066×10^4 (N/cm³)とした。それぞれの構成則を図4、5に示す。ただし、線形解析の場合では構成則において頭打ちのないものを使用した。

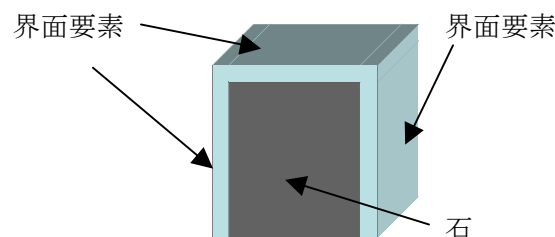


図1. 構造要素

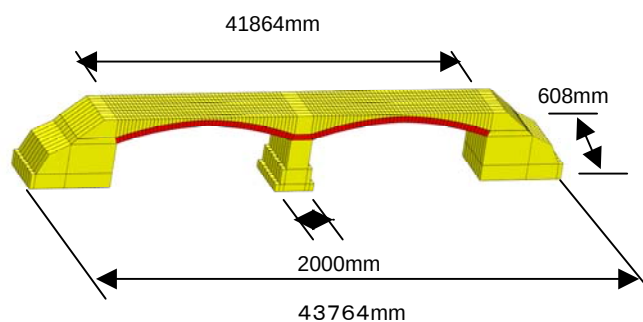


図2. 解析モデル図

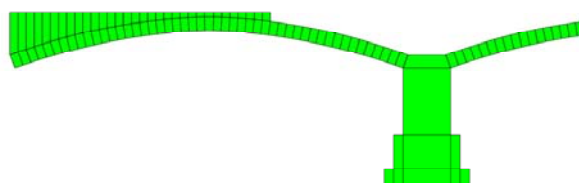


図3. ひび割れの形状

キーワード ; FEM 解析、アーチ橋、日本橋

連絡先 ; 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学社会環境工学科 依田研究室

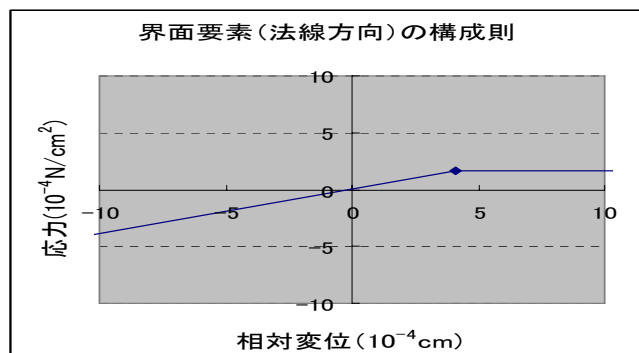


図 4. 界面要素の法線方向の構成則

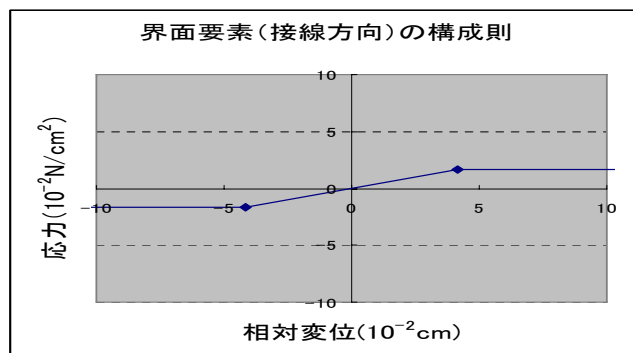


図 5. 界面要素の接線方向の構成則

地震時応答解析にあたり図 6 に示す兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台で観測された加速度地震波を橋軸方向に入力した。

3. 解析結果

作成したモデルに対し 6 秒間の地震動を入力し線形、非線形解析をそれぞれ行い、6 秒後の変形状態で線形・非線形の違いを調べた。線形解析では最大変位が 4.88cm、非線形解析では 5.46cm であった。その変形図（倍率 78.1）を図 7、8 に示す。

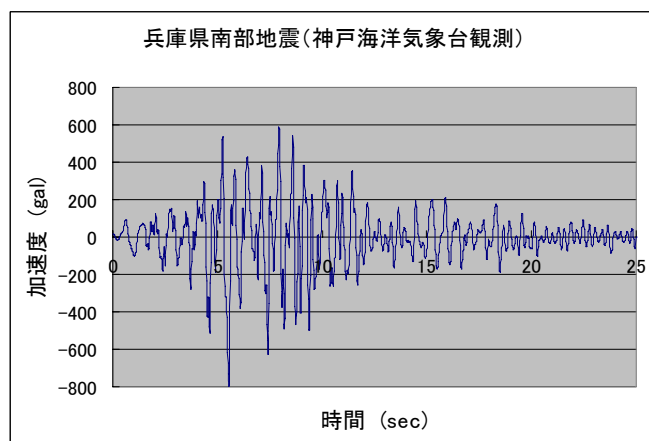


図 6. 入力地震波

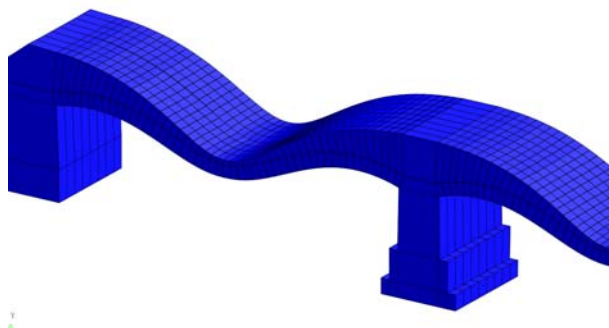


図 7. 線形解析の変形図(倍率 78.1)

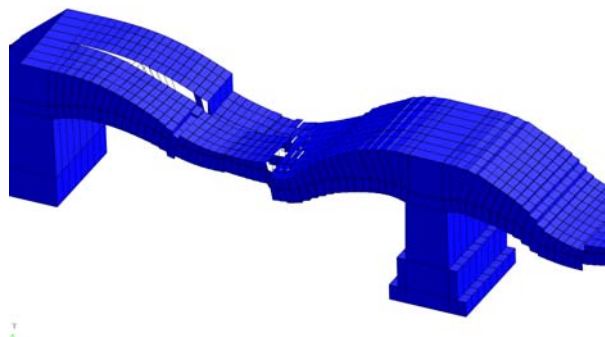


図 8. 非線形解析の変形図(倍率 78.1)

4. 考察とまとめ

自重解析の場合には線形解析と非線形解析では大きな変化はみられなかったが、地震時のように大きな外力が加わる場合には、線形解析と非線形解析で変形後の形状に大きな違いが見られた。前者では要素間でのずれ落ちは見られなかったが、後者では要素間でのずれが見られた。さらに非線形解析の場合にはひび割れ部分でも大きなずれが見られる。またそれに伴い石のずれ落ちた部分では橋軸直角方向に引張強度 539(N/cm²)を超える引張応力が発生していた。以上のことより、より正しい解析を行う際には、非線形構成則を用いて解析を行う必要があることがわかった。今後は界面要素の構成則を検討した上で、実際の幅員を用いた正確なモデルを作成し、解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2002.3
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 III コンクリート橋編，2002.3