

躯体表面の石張りをモデル化したアーチ型2柱式RC橋脚の耐荷性能評価

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○舟山 淳起

八千代エンジニアリング(株) 非会員 吉川 明宏

八千代エンジニアリング(株) 正会員 鵜飼 昌寛

八千代エンジニアリング(株) 非会員 西本 淳司

八千代エンジニアリング(株) 正会員 伊藤 均

1. 緒言

本研究では、躯体表面に石張りを有するアーチ型2柱式RC橋脚（図-1）のリニューアル（補修・補強等）を念頭に置き、安全性、供用性（通常利用の可否、使用目的の制限要否）、大規模地震発生後の修復性等の評価に資する地震時耐荷性能を把握するため、3次元有限要素（F E）モデルによる解析的検討を実施した。

2. 解析概要

対象橋脚（図-1）は、表面に厚さ46cmの石張りが配置されたアーチ型2柱式RC橋脚であり、橋脚高さが低く、円弧状の開口部を有し、竣工年次が古い（昭和初期）ため配筋量が比較的少ない構造である。構造条件から、通常の曲げ変形が卓越するRC柱式橋脚に対して耐荷機構や破壊形態が異なること、単純化したフレームモデルによる評価では実構造の評価が困難であることが考えられる。また、躯体表面の石張りについては、石張りブロック間、石張りーコンクリート間の連成挙動に不明な点があり、一般的に剛性挙動を考慮しないことが多いと思われ、実構造の耐荷性能を過小評価している可能性がある。

本研究では、実構造の現有耐荷性能をより精緻に評価することを目的として3次元F Eモデルを適用した（図-2）。対象橋脚の場合、石張りを型枠替わりにしてコンクリート打設され、内部コンクリートとある程度一体化した構造であり、せん断および圧縮に対して抵抗すると考えられるが、現時点では石張り界面のせん断剛性等が不明なため、圧縮抵抗のみを考慮してモデル化する方針とする。解析モデルに対するプッシュオーバー解析（荷重漸増静的解析）により、地震時保有水平耐力の評価、終局状態相当時における変形および損傷の性状について把握した。解析モデルの材料特性および要素種類を表-1～2に示す。本解析では、材料および接触非線形を考慮した3次元非線形静的解析とし、橋脚表面における石張りブロック界面、石張り-コンクリート界面のモデル化は、圧縮方向：剛、引張およびせん断方向：自由として設定した。鉄筋はバイリニアモデル、コンクリートはコンクリート標準示方書に基づく圧縮軟化、引張軟化モデル、石張りは弾性モデル（花崗岩）とした。載荷荷重は、上部構造反力（5,720kN）および橋脚自重を鉛直下方に載荷した後、上部構造および橋脚躯体の慣性力を水平方向に漸増載荷した。解析は、橋軸方向、橋軸直角方向の2ケースについて実施した。

表-1 材料特性（コンクリート・石張り）

部材	ヤング率 (N/mm2)	ポアソン比 (-)	単位体積重量 (N/mm3)	圧縮強度 (N/mm2)	引張強度 (N/mm2)	引張破壊エネルギー (N/mm)	降伏強度 (N/mm2)
コンクリート	3.35E+04	0.167	2.30E-05	33.4	3.3	0.199	—
石張り	5.15E+04	0.220	2.65E-05	—	—	—	—

※引張破壊エネルギー $Gf=0.0345\cdot f_c^{1/2}$ 土木学会論文集 No.620 /V-43, 187-199,1999.5より

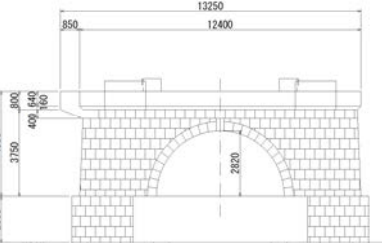
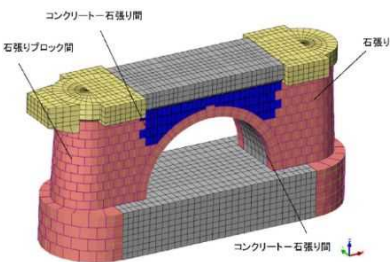
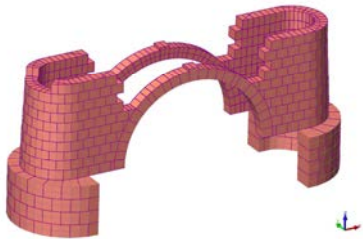


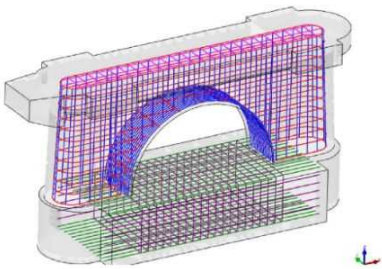
図-1 橋脚構造図



(a) 全体表示



(b) 石張りのみ表示



(c) 鉄筋表示

図-2 解析モデル

表-2 解析の要素種類

部位	使用要素
コンクリート	ソリッド要素
石張り	ソリッド要素
鉄筋	埋込鉄筋要素
石張りブロック間	〈面〉インターフェース要素
コンクリート-石張り間	〈面〉インターフェース要素

キーワード：アーチ型2柱式橋脚、石張り、3次元有限要素モデル、プッシュオーバー解析、地震時の耐荷性能
連絡先：〒460-0004 愛知県名古屋市中区新栄町2-9 八千代エンジニアリング（株）名古屋支店 TEL052-950-2616

3. 解析結果・耐荷性能評価

図-3に作用水平震度（水平力／死荷重）－水平変位関係，図-4～5に終局時の変形図，ひびわれコンター図を示す．終局状態は，コンクリート要素の一部が圧縮強度に達した時点と定義した．終局時の震度は，レベル1地震時の設計水平震度は上回るが，レベル2地震時の設計水平震度を大きく下回る．また，終局時の変位がレベル2地震時の設計水平震度作用時の変位より小さいため，仮にエネルギー一定則を適用した場合にも変形性能不足となる．

橋軸直角方向の解析では，開口部のアーチ効果が小さく，断面変化点に変形が集中する性状を示した．

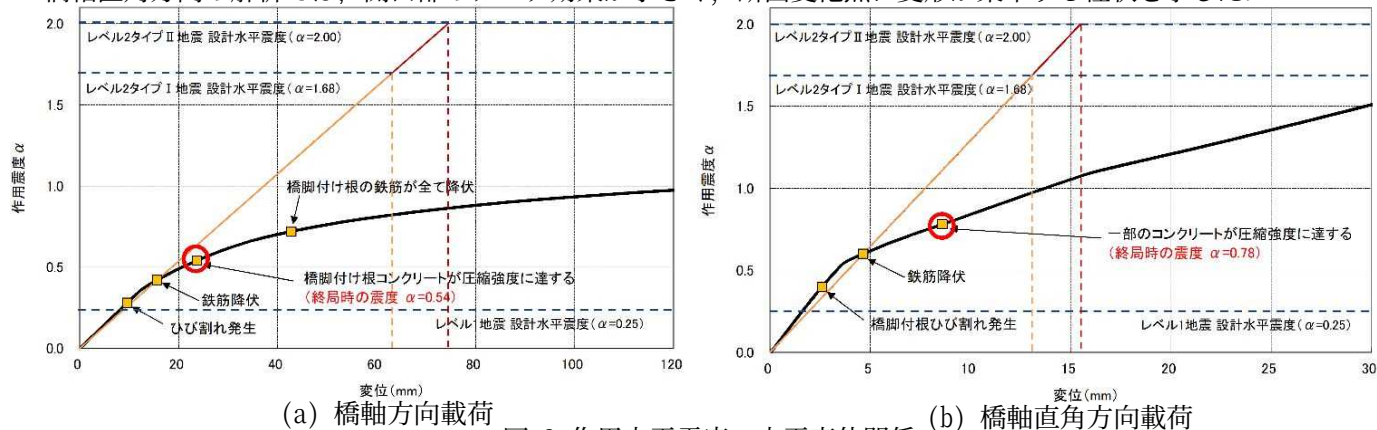


図-3 作用水平震度－水平変位関係

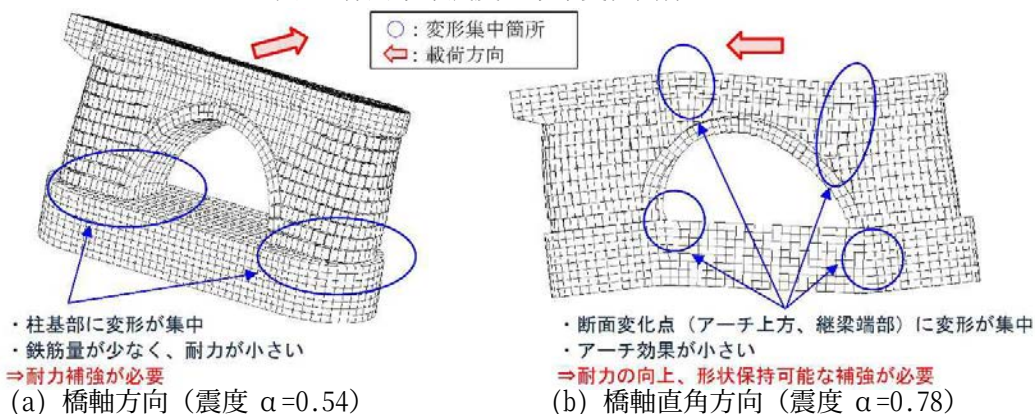


図-4 終局時の変形図（倍率 200 倍表示）

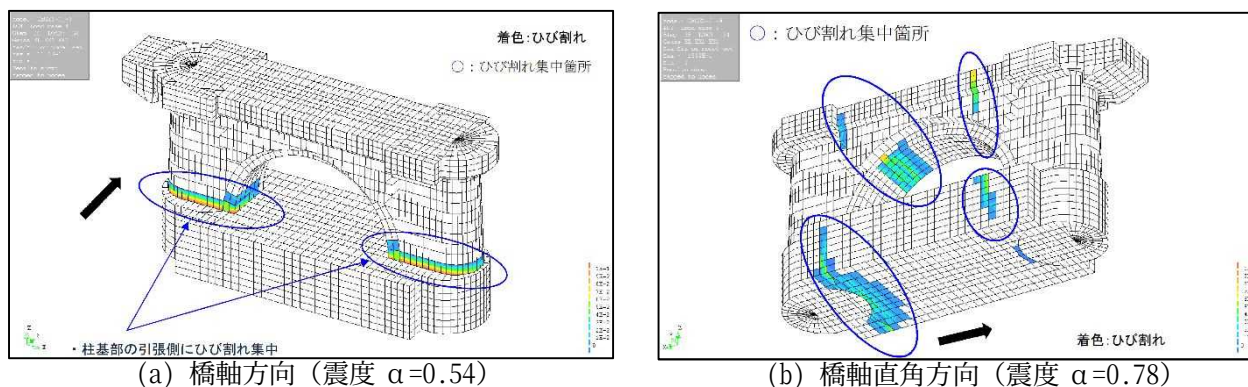


図-5 終局時のひびわれコンター図

4. 結言

躯体表面に石張りを有するアーチ型2柱式RC橋脚を対象とした3次元F Eモデルに対しプッシュオーバー解析を実施し，地震時の耐荷性能について評価した．石張りの圧縮力分担を考慮したより精緻な解析モデルにより現有耐荷性能を評価した結果，現況構造は，レベル1地震相当の水平耐力を有するが，レベル2地震に対しては耐荷性能が不足する結果となった．石張りのモデル化有無による影響度合い，せん断抵抗の寄与に関する評価は，実構造の現有耐荷性能をより正確に評価するための今後の課題である．道路橋として大規模地震時における安全性を確保するためには，橋脚の耐力向上およびアーチ開口部の形状保持が可能な補強について検討する必要がある．

参考文献：山谷ら：回転ひび割れモデルによる RC 梁のせん断挙動解析，土木学会論文集 No.620/V-43(1999.5)，土木学会：コンクリート標準示方書[設計編](2018.3)