小型 RC アーチ梁の静的耐荷力に関する実験的解析的検討

土木研究所 寒地土木研究所　正　員　○ 岡田 慎哉　　土木研究所 寒地土木研究所　正　員　今野 久志
室蘭工業大学　正　員　張　広鋒　　室蘭工業大学　フェロー　岸　徳光

1. はじめに

本研究では，アーチ型 RC 構造体の静載荷時挙動特性と弾塑性解析の応用性を検討することを目的に，トンネル巻出し工を模擬した小型アーチ梁模型に関する静的載荷実験と三次元弾塑性有限要素解析を行った。なお，数値解析には構造解析用汎用コード DIANA[1] を用いている。

2. 実験概要

本実験では，帯鉄筋を有しない N 試験体と帯鉄筋を有する S 試験体の 2 体の RC 製アーチ梁を用いている。**図－1** には，一例として S 試験体の形状寸法を示している。実験用試験体は実構造の 1/4 程度の縮尺とした。すなわち，アーチ部材の断面を 200×200 mm の正方形とし，アーチ部内径を 1,000 mm，側壁部高さを 500 mm としている。アーチ部の主筋には実構造物と同程度の主鉄筋比となるように D13 を 4 本配置した。さらに，帯鉄筋を有する S 試験体には，帯鉄筋として D6 を断面有効高さの 2/1 である 80mm ピッチで配筋した。フーチング部はアーチ部に比較して十分に剛となるように配慮している。

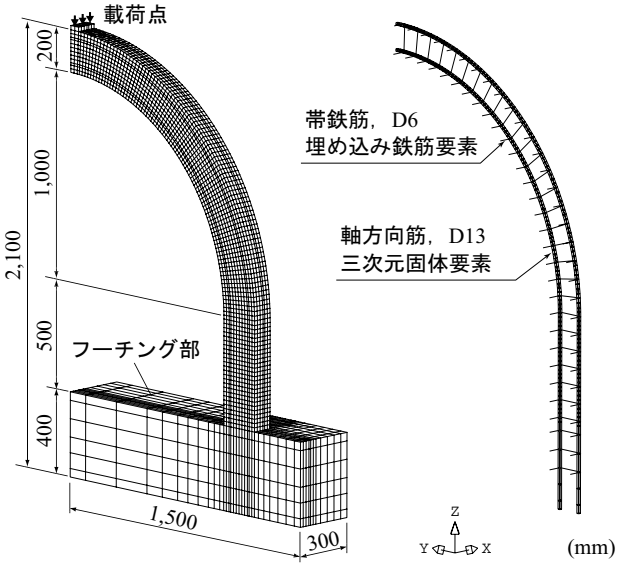
3. 数値解析の概要

3.1 解析モデル

図－2 には，一例として S 試験体の要素分割状況を示している。解析モデルは，試験体の対称性を考慮した 1/4 モデルである。コンクリートおよび軸方向鉄筋は 8 節点固体要素を用いてモデル化している。帯鉄筋は，埋め込み鉄筋要素を用いてモデル化している。解析では強制変位により載荷し，収束計算には一般に広く用いられている Newton-Raphson 法を採用している。

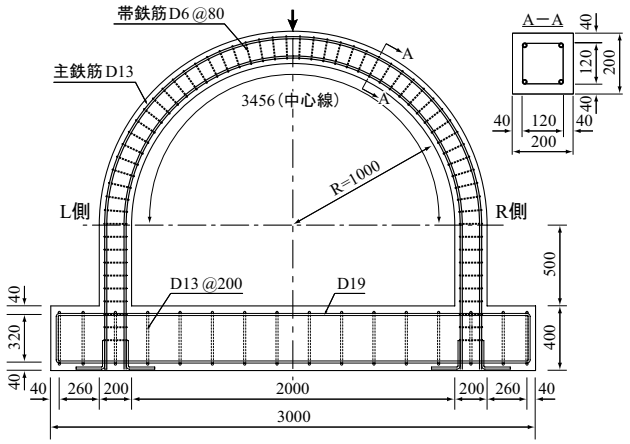
3.2 材料構成則

図－3 にはコンクリートの応力－ひずみ関係を示している。圧縮側の構成則に関しては，材料試験から得られた圧縮強度 f_c' を用い，圧縮ひずみ 3,500 μ までは土木学会コンクリート標準示方書[2] に基づいて定式化し，3,500 μ 以後は初期弾性係数の 0.05 倍で $0.2f_c'$ まで線形軟化するモデルとした。また，降伏の判定には von Mises の降伏条件を適用している。引張側に関しては，土木学会コ

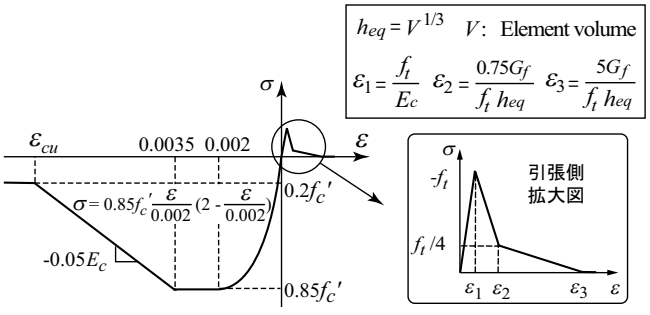


(a) 要素分割モデル　　(b) 配筋モデル

図－2　要素分割状況（S 試験体）

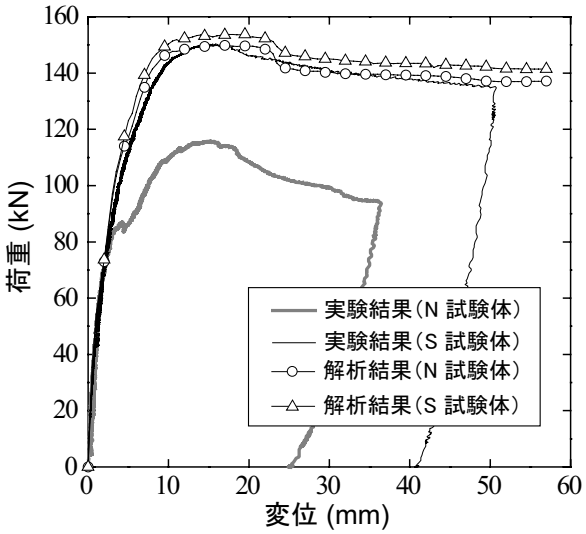


図－1　試験体形状寸法（S 試験体）



図－3　各材料の応力－ひずみ関係

キーワード：RC アーチ，静的耐荷力，帯鉄筋，非線形数値解析
連絡先：〒 062-8602　札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34　（独）土木研究所 寒地土木研究所　寒地基礎技術研究グループ　寒地構造チーム　TEL　011-841-1698　FAX　011-820-2714



図－4　荷重－変位関係

ンクリート標準示方書に示されている引張軟化曲線を適用している。なお，本解析では，分布ひび割れモデルを適用することにより，コンクリート要素に発生する微小ひび割れをモデル化することとした。鉄筋には，塑性硬化係数 $H'(0.01E_s)$ を考慮した等方弾塑性体モデルを適用した。降伏の判定には von Mises の降伏条件を適用している。

4.　数値解析結果および考察

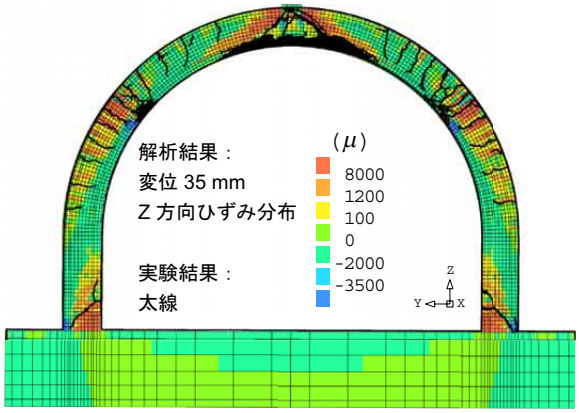
4.1 耐荷性状

図－4 には，荷重－載荷点変位関係を実験結果と解析結果を比較する形で示している。図より，S 試験体の場合には，荷重の増加とともに載荷点変位も増加し，ピークまで緩やかな曲線を描く。ピーク後は若干の荷重の低下が見られるが，ほぼ同程度の荷重を保った状態で変位が増加している。荷重－変位関係には明瞭な降伏点が認められない。これは，アーチ形状による荷重分散効果が発揮されたことによるものと考えられる。一方，N 試験体の場合には載荷初期には S 試験体とほぼ同じ応答を示しているが，荷重 80kN 程度で変位が急増し，その後は S 試験体よりも 30～40kN 程度小さな荷重で変位が増加している。また，最大荷重到達後には緩やかな徐荷傾向を示している。

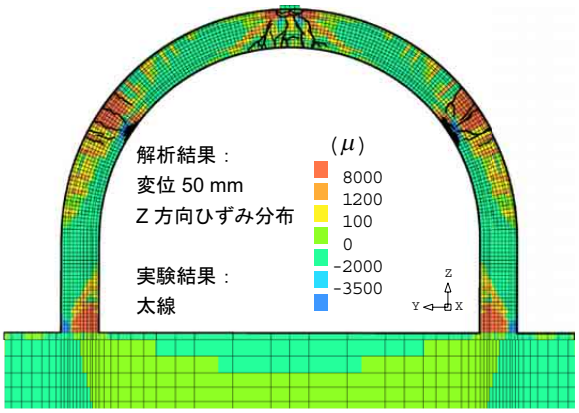
数値解析結果では，帯鉄筋の有無にかかわらず，どちらも実験結果の S 試験体と同等の結果を示している。これより，帯鉄筋を有する場合には本解析手法は良好な解析結果を示すが，帯鉄筋の無い場合に関しては，更なる検討が必要であるものと思われる。

4.2 破壊状況

図－5 には，実験終了後のひび割れ状況と数値解析結果のひび割れ性状を重ね合わせる形で示している。ここで，ひずみコンターレベルの 100, 1,200, 8,000 μ ひずみは，それぞれ **図－3** の ε_1, ε_2 および ε_3 の概略値を示している。図より，ひび割れ分布に関する数値解析結果は実験結果をよく再現していることがわかる。また，実験結果のひび割れ分布状況より，N 試験体では頂部近傍においてせん断破壊によるひび割れが大きく開口していることが分かる。これより，帯鉄筋が無い場合にはせん断破壊により耐力が低下し，有効なアーチ効果が得られないものと考えられる。また，本解析手法ではせん断ひび割れの大きな開口を考慮していないため，破壊モードに追従できなかったものと考えられ，それが実験結果との大きな差異の原因であるものと推察される。



(a) N 試験体



(b) S 試験体

図－5　解析結果のひずみ分布（Z 方向）と実験結果の破壊状況の比較

5.　まとめ

1) アーチ構造の特性を発揮するためには，帯鉄筋が必要であることが明らかとなった。
2) 本数値解析は十分な精度を有するが，帯鉄筋無の場合におけるせん断破壊の追従にはさらなる検討が必要である。

参考文献

1) Nolinear Analysis User's Manual (7.2), TNO Building and Construction Research.
2) 土木学会：コンクリート標準示方書（2002 年制定）構造性能照査編，2002.