

動的および静的解析による 3 ヒンジアーチカルバートの損傷進展過程の検討

京都大学工学研究科 ○澤村康生 (正), 石原央之 (学)
 京都大学工学研究科 岸田 潔 (正), 木村 亮 (正)

1. はじめに 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートは本体にヒンジ機能を有する柔な構造であり, 従来型のカルバートとは異なる設計思想に基づくカルバートである. このため, 地震時にヒンジ部が逸脱することでカルバート全体の崩壊につながる可能性が指摘されており, 強地震時における挙動およびカルバートの限界状態について検討が必要である. 澤村ら¹⁾は, 幅 1.90 m, 高さ 1.21 m の RC 製 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートに対して振動台実験を実施し, 地震時挙動の検討を実施した. その結果, 地盤のせん断ひずみが数%を超えるような条件においてもヒンジ部が逸脱する可能性は低いこと, カルバート内空側の鉄筋から順に損傷が進展することを確認した. そこで本研究では, 同構造の耐震設計に用いる数値解析手法に関する検討を目的に, 動的解析による振動台実験の再現解析と, 実験で計測された変位を静的に与える静的解析を実施し, 解析法の違いが同構造の損傷進展過程に及ぼす影響について考察した.

2. 数値解析の概要 本研究では, 弾塑性有限要素解析コード DBLEAVES²⁾を用いて 2 次元弾塑性有限要素解析を行った. 解析メッシュと境界条件を図 1 に示す. 実験では, 土槽の側壁下部をヒンジ構造とし, さらに両側壁の上端を PC 鋼棒で連結することにより, 土槽全体の単純せん断変形を許容する構造としている¹⁾. そこで数値解析においては, 土槽側壁は十分に剛な Beam 要素, 壁面下端は Rotation spring 要素を用いて実験土槽をモデル化した. 地盤の力学特性は, Cyclic mobility model³⁾を用いてモデル化した. 表 1 に, 解析で使用した代表的なパラメータを示す. 各種パラメータは, 実験で使用した江戸崎砂に対して実施した三軸圧縮試験と等方圧密試験を基に決定した. カルバートは, 断面中央に Beam 要素を配して全 72 要素とし, ヒンジ部は回転剛性ゼロの Rotation spring 要素で表現した. ここで, Beam 要素には部材強度の軸力依存性を考慮した AFD model⁴⁾を用いている. 地盤とカルバートの境界部分には Joint 要素を配し, 両者の境界における影響を考慮した. 動的解析では, 振動台実験で計測された最大加速度 9.76 m/sec² の正弦波 10 波を底部より入力した. 一方, 静的解析では, 左の壁面上部に右向き強制変位を与えた.

3. 数値解析の結果

3.1 動的解析による解析モデルの検証 図 2 に, 実験と動的解析について, 壁面上部における水平変位の時刻歴を示す. 図より, 水平変位量, 位相ともに実験を精度よく再現できていることが確認できる. 図 3 には, 肩部(L-4)における鉄筋ひずみの時刻歴, 図 4 には, 壁面に右向き最大変位が発生する時刻 (10.318 sec) における鉄筋ひずみ分布をそれぞれ示す. 時刻歴において, 解析値は実験値と比較して早い時刻から鉄筋が降伏する点, 残留値が小さくなる点に違いが認められるが, 最大ひずみの量, 最大変位が発生する時刻におけるひずみの分布形状などから判断すると, 本解析手法は振動実験を一定の精度で再現できているといえる.

3.2 損傷進展過程の検証 図 5, 6, 7 には, それぞれ振動台実験, 動的解析, 静的解析における鉄筋の損傷進行過程を示す. これらの図は, 各鉄筋がはじめて降伏ひずみ (3000 μ) に達した時刻を整理している. 3.1 でも述べたように, 動的解析は実験結果を一定の精度で再現しており, 損傷箇所, 順序ともに同様の傾向を示している. 静的解析における損傷進行過程に着目すると, 左の肩部において内側

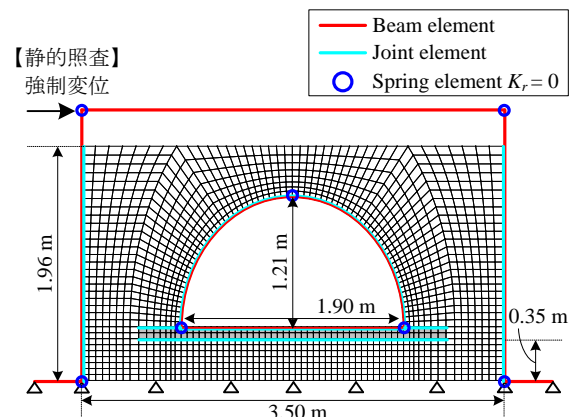


図1 解析メッシュと境界条件

表1 地盤パラメータ

Principal stress ratio at critical state $R_{CS} = (\sigma_1 / \sigma_3)_{CS(comp)}$	4.0
Compression index λ	0.082
Swelling index κ	0.010
$N = e_{NC}$ at $p = 98$ kPa & $q = 0$ kPa	1.06
Poisson's ratio ν_e	0.28
Degradation parameter of overconsolidation state m	0.02
Degradation parameter of structure a	0.65
Evolution parameter of anisotropy b_r	0.4

キーワード 損傷進展過程, 動的照査法, 静的照査法, 応答変位法, プレキャストアーチカルバート

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-4-583 工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL075-383-3193

の鉄筋が損傷し、次第に損傷範囲が拡大していくことが確認できる。この傾向は動的解析による結果と同様である。損傷が発生する際のせん断ひずみについては動的解析よりもやや大きくなっている。これは、慣性力による影響を考慮していないことが主な原因であると考えられる。しかし、静的解析を用いた場合でも、解析結果は損傷進展過程を十分に表現しており、本工法の耐震設計において有力な照査法になると考えられる。

4. まとめ 本研究では、強震応答実験と動的解析、静的解析をそれぞれ実施し、カルバートの損傷進展過程の比較を行った。その結果、本研究で用いた解析モデルにより、地震時の挙動を精度よく再現可能であることを確認した。また、周辺地盤に強制変位を与える静的解析を用いた場合、本体断面にヒンジ機能を有するヒンジ式のプレキャストアーチカルバートであっても、その損傷進行過程を表現可能であることを確認した。したがって、同構造の耐震設計を行う際には、静的解析による照査法が有効な手法となると考えられる。なお、本研究は、国土交通省道路局新道路技術会議の研究助成「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」により実施した。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1) 澤村康生, 石原央之, 岸田 潔, 木村 亮: 強地震時における3ヒンジプレキャストアーチカルバートの破壊形態に関する実験的検討, 第50回地盤工学研究発表会, 2015.(投稿中) 2) Ye, B., Ye, G. L., Zhang, F. and Yashima, A.: Experiment and numerical simulation of repeated liquefaction-consolidation of sand, *Soils and Foundations*, Vol.47, No.3, pp.547-558, 2007. 3) Zhang F., Ye, B., Noda, T., Nakano, M. And Nakai, K.: Explanation of cyclic mobility of soils, Approach by stress-induced anisotropy, *Soil and Foundations*, Vol.47, No.4, pp.635-648, 2007. 4) Zhang, F. and Kimura, M.: Numerical prediction of the dynamic behavior s of an RC group-pile foundation, *Soils and Foundations*, Vol.42, No.3, pp.72-92, 2002

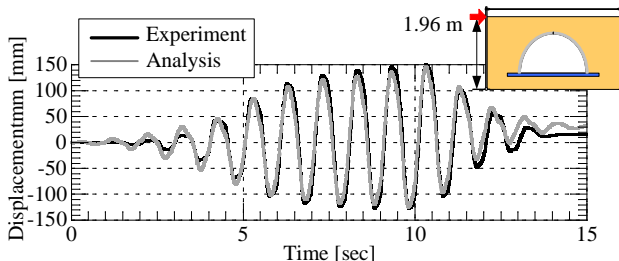


図2 壁面の水平変位時刻歴(実験と解析)

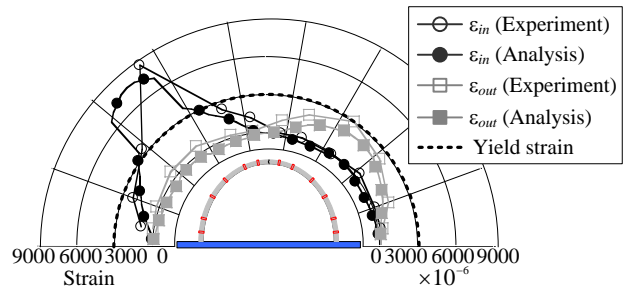


図4 右向きの変位が最大となる時刻における鉄筋ひずみ分布(実験と動的解析)

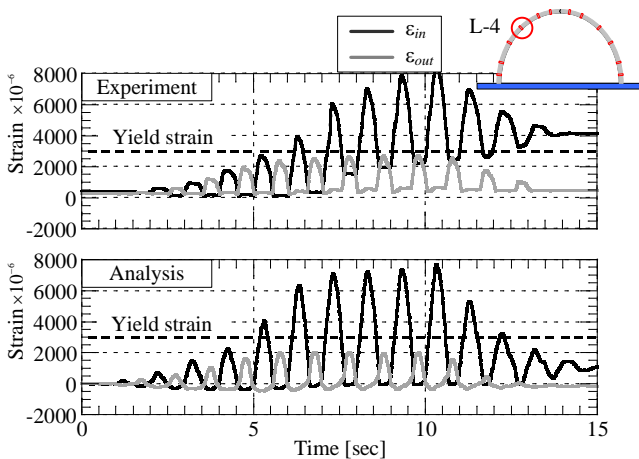


図3 鉄筋ひずみの時刻歴(実験と動的解析)

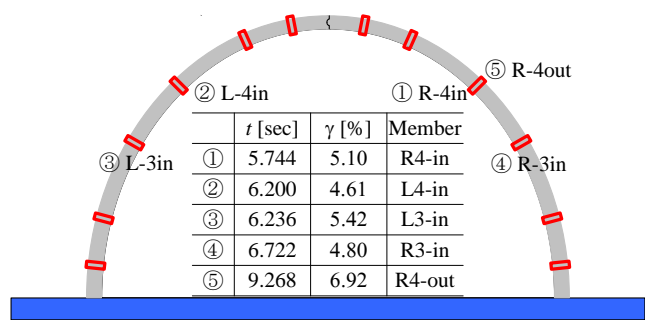


図5 鉄筋の損傷進行過程(振動台実験)

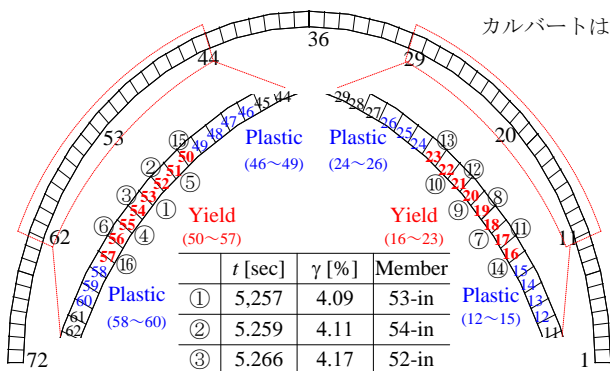


図6 鉄筋の損傷進行過程(動的解析)

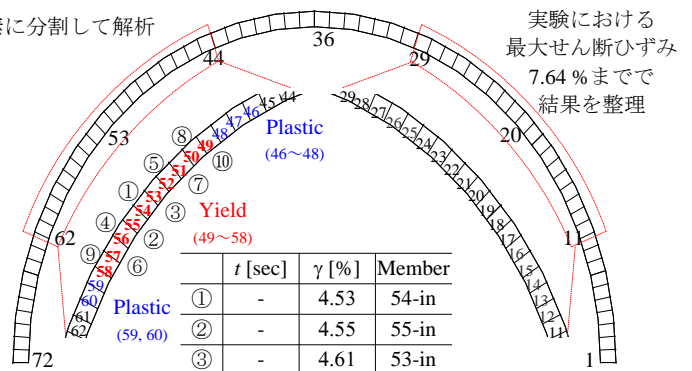


図7 鉄筋の損傷進行過程(静的解析)