小型 RC 製アーチ版模型に関する三次元弾塑性衝撃応答解析の妥当性検討

室蘭工業大学	学生会員	○千葉 知子
寒地土木研究所	正会員	岡田 慎哉
(株)構研エンジニアリング	正 会 員	川瀬 良司

1. はじめに

トンネル坑口などのアーチ構造物における耐衝撃性や 限界衝撃耐力評価を精度良く行うためには,実験的方法 に基づいて行うべきであるものと判断される.しかしな がら,アーチ形式の場合には,小型実験を実施する場合 においてもそれほど容易ではない.これより精度の高い 実験を実施した結果を基に数値解析法を確立し,各種検 討を解析的に行う方がより合理的であるものと判断され る.このような観点から,本研究ではRC 製アーチ構造 の衝撃応答解析手法の確立を目的に,小型RC 製アーチ 版模型(以後,アーチ版)に関する重錘落下衝撃実験を実 施し,実験結果と比較することによりその妥当性を検討 した.なお,本数値解析には,衝撃応答解析用汎用コー ドLS-DYNAを用いている.

2. 実験概要

図-1には試験体の寸法,配筋状況および変位測定位置 を示している.なお,変位測定位置は版幅方向中央位置 としている.アーチ版の形状は,実構造物の1/4程度の 大きさとした.すなわち,アーチ部材の断面寸法は200 ×800 mmの長方形断面とし,アーチ部の内半径は1,000 mm,側壁部の高さは500 mmとしている.アーチ部主 鉄筋には,実トンネルと同程度の主鉄筋比となるように D13を用い,芯かぶりを40 mmとしている.配力筋には D6を用い,主鉄筋量の1/3以上となるように80 mm間 隔で配筋している.なお,実験は300 kg 重錘を所定の速 度で落下させる単一載荷法により実施した.

3. 解析概要

3.1 数値解析モデルおよび解析条件

図-2には、本数値解析における要素分割状況を示している。図中、コンクリート要素の軸方向要素長は載荷 点近傍で約13mm 程度、それ以外は約40mm 程度としている。解析モデルは試験体の対称性を考慮し、1/4モデ ルとした。各要素において、鉄筋要素には梁要素を適用 し4点積分を採用した。それ以外の要素は全て三次元固 体要素を適用し1点積分としている。また、各接触面に は面と面との接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を



フェロー 岸 徳光

寒地土木研究所 正 会 員 今野 久志

室蘭工業大学





表一1 解析ケースおよび設定した各コンクリート要素の強度一覧

韶柘	衙空声审	圧縮強度 <i>f_c</i> (MPa)	田福強度 $f_t(MPa)$ 日振強度 $f_t(MPa)$ 軸方向要素長		
府切	倒天还反 …(m/a)				
7 ~ 入石	V (111/S)		13mm	35mm	40mm
V6.0	6.0	20.6	2 20	2.06	1.02
V7.0	7.0	20.0	3.38	2.00	1.95
V7.5	7.5	21.8	3.58	2.18	2.04
V8.0	8.0				

定義している. 質量に比例する粘性減衰定数は, 試験体の最低次固有振動数に対して 0.5% を設定している.

3.2 材料物性モデル

コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側に対して は 0.15% ひずみ時に圧縮強度で降伏するバイリニア型と し、引張側は応力が引張強度に達した時点で引張応力を 伝達しないカットオフを定義している。本研究では、圧 縮試験から得られた圧縮強度 f'cを圧縮側の降伏応力と

キーワード:小型 RC 製アーチ版,三次元弾塑性衝撃応答解析,ひずみエネルギー 連絡先:〒 050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



であり,実験値と概ね一致している. 図-4(b), (c)の最 大載荷点変位および、最大45度変位の誤差幅はともに 20%程度であり、解析結果は実験結果と大略対応してい ることが分かる. 図-4(d)の載荷点部の残留変位に関す る実験結果と解析結果の誤差は大きい。これは、実験で は押し抜きせん断面が形成されているのに対して、解析 結果はこれを適切に再現できないためと推察される。

40

- チ幅方向

4.3 ひび割れ分布の比較

図-5には、V6.0の場合における実験終了後のひび割 れ分布に,解析結果の載荷点応答変位最大時における第 一主応力分布図を重ねて示している。図より、実験結果 では、側面部では載荷点近傍の曲げおよび割裂ひび割れ, クラウンより左右 45°~90°のアーチ部外縁に曲げひび 割れの発生が見られる。また、裏面には載荷点を中心に 網の目状のひび割れが発生しており、押し抜きせん断破 壊の傾向が見られる。一方,解析結果では,側面に発生 するひび割れは実験の結果と類似の性状を示しているも のの, 裏面ではアーチ周方向に進展するひび割れが見ら れない.以上のことから、本解析では曲げひび割れの再 現は可能であるものの、せん断破壊の性状には若干の差 異が見られることが明らかとなった.

5. **まとめ**

本研究より,アーチ版に関する三次元弾塑性衝撃応答解 析において、提案の手法を用いることにより実験結果と 概ね対応した解を得ることができるものと判断される。

図-4 最大応答値および残留変位の比較

(c) 最大45度変位

(d) 載荷点残留変位

し, 引張側の引張強度 ft に関しては, 一要素の周方向に 一個の曲げひび割れが発生するものと仮定し、周方向要 素長が異なる場合においても等しいひずみエネルギーで ひび割れが発生するように、各コンクリート要素に対し て仮想の引張強度を設定することとした。また、基準要 素長は 35 mm と設定した. 表-1 には, 解析ケースおよ び設定した各コンクリート要素の強度一覧を示している。

鉄筋要素に関しては,塑性硬化係数 H'を弾性係数の 1/100とするバイリニア型とし等方硬化則を適用している。

4. 解析結果と実験結果の比較

4.1 各応答波形分布の比較

図-3には、V6.0の場合における各応答波形に関する 解析結果を実験結果と比較して示している.

図-3(a)の重錘衝撃力波形の比較図より,解析結果は 実験結果に比較して, 第二波目に差異があるものの, 波形 性状および最大値は精度良く再現されている. 図-3(b), (c), (d) の載荷点変位波形, クラウンより斜め 45 度の位 置における変位波形(以後,45度変位)および側壁部変位 波形の比較図より,解析結果は実験結果と良く対応して いることが分かる。これより、提案の解析手法を適用す ることにより, 重錘衝撃力波形および変位波形ともに実 験結果と大略類似した結果を得ることが可能であること