# 三層緩衝構造を設置した衝撃荷重を受ける実規模 RC アーチ構造の断面照査に関する検討

(株)構研エンジニアリング 正会員 〇鈴木 健太!
---------------------------

- (株) 構研エンジニアリング 正会員 川瀬 良司
- (株) 構研エンジニアリング 正会員 高橋 浩司

# 1. **はじめに**

本研究では、RC 製アーチ構造の耐衝撃設計法の確立に 向けた基礎資料を得ることを目的に、三層緩衝構造を設 置した実規模 RC 製アーチ構造における衝撃荷重作用時 のアーチクラウン部の曲げモーメントに関する断面照査 を行った.設計断面力は,死荷重および土圧による断面 力は静的骨組解析にて, 落石荷重による断面力は三次元 弾性衝撃応答解析によりそれぞれ算出し、それら断面力 を合算する方法<sup>1)</sup>にて算出した。

# 2. 設計断面力 S 算出条件

## 2.1 形状寸法および配筋状況

図-1(a),(b)には、アーチ構造(トンネル坑口部)の形 状寸法および配筋状況を示している. 三層緩衝構造は, 設 計要領<sup>1)</sup>を参考に敷砂厚 500mm, RC 版厚 200mm, EPS 材厚 500mm としている。荷重条件は、重錘質量 m=10t, 落下高さ H=10m、衝突位置はアーチクラウン部としてい る。なお、コンクリート圧縮強度は別途実施した重錘落 下衝撃実験と合わせ、f/=36MPa としている.

## 2.2 二次元静的骨組解析 (死荷重および土圧作用時)

死荷重および土圧作用時による断面力は,二次元静的 骨組解析により算出する.解析モデルについて、アーチ 部, 側壁およびインバートを 1m 程度に分割して格点を 設定している。また、インバート直下における地盤の設 定については、別途実施した実験時の周辺地盤における 標準貫入試験結果より, N値20程度の地山として評価 し、地盤バネをモデル化している。



図-1 形状寸法および配筋状況

室蘭工業大学	フェロー	岸	徳光

- (株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二
- (株) 構研エンジニアリング 正会員 保木 和弘

#### 2.3 三次元弾塑性衝撃応答解析(重錘衝突時)

重錘衝突時による断面力は、図−2のモデルを用いて 三次元弾塑性衝撃応答解析により算出する。解析モデル は、構造物の対称性を考慮して 1/2 モデルとし、境界条 件は底面および山側と谷側の側面を完全拘束、側面には 無反射境界条件を定義して応力波が反射しないようにし ている. なお,本研究の三次元弾塑性衝撃応答解析には, 非線形動的構造解析用汎用コード LS-DYNA を用いてい る. 図-3には、解析に用いた各材料物性モデルを示す。

## 3. 三次元弾塑性衝撃応答解析結果

図-4には、アーチクラウン部における各応答波形を示 している.図より、曲げモーメントおよび軸力波形につ いては、曲げモーメントの波動継続時間内では圧縮軸力



図-2 三次元弾塑性衝撃応答解析モデル



#### 図-3 材料物性モデル

キーワード:アーチ構造,耐衝撃設計法,二次元静的骨組解析,三次元弾塑性衝撃応答解析,断面照査,三層緩衝構造 連絡先:〒065-8510 札幌市東区北18条東17丁目1-1 構研エンジニアリング TEL 011-780-2813 FAX 011-785-1501



図-5 軸方向変位分布(アーチクラウン部)

が発生するものの引張軸力は発生していないこと,曲げ モーメントおよび圧縮軸力の波動継続時間および最大応 答値発生時刻がほぼ同様であることが分かる.これより, アーチクラウン部における曲げモーメント照査時には圧 縮軸力を考慮することが可能であるものと考えられる.

図-5には、アーチクラウン部における道路軸方向の t=50ms 時の変位分布を示している.図より、載荷点中央 から端部までほぼ一様の変位が発生していることが分か る.これは、三層緩衝構造によって衝撃荷重が分散して アーチクラウン部に伝達され、アーチ構造が全体的に挙 動するためと考えられる.このことから、断面照査は単 位幅 1m 当たりについて検討することとする.

### 4. 設計断面力 S 算出結果

図-6には、曲げモーメントおよび軸力について、自 重および土圧作用時と、重錘衝突時の設計断面力を合算 した場合について示している.また、二次元静的骨組解 析により算出した自重および土圧作用時における断面力、 三次元弾塑性衝撃応答解析により算出した重錘衝突時に おける断面力(最大・最小応答値)も併せて示している. アーチクラウン部の設計断面力*S*は、最大曲げモーメント *M*=235kN·m/m、最大圧縮軸力*N*=249kN/mと算出される.

# 5. 設計断面力 *S* および設計断面耐力 *R* の比較

# 5.1 設計断面耐力 R の計算

本研究では,重錘衝突位置であるアーチクラウン部断 面を対象として曲げモーメントに対する照査を行う.設 計断面耐力*R*は,単位幅当たりの終局曲げモーメントと してコンクリート標準示方書<sup>2)</sup>に準拠して計算する.設



図-6 設計断面力図

計断面耐力 R は、軸力 N=0kN/m のとき  $M_u=179$ kN·m/m、 N=249kN/m (圧縮) のとき  $M_u=249$ kN·m/m となる.

## 5.2 断面照査

本断面照査では、コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>等による一般的な照査式を用いる。軸力を考慮しない場合には *S/R*=1.32 で 1.0 を超過する結果となる。一方、軸力を考 慮した場合は *S/R*=0.95 となり、1.0 未満であるため断面 破壊に関する安全性は確保される結果となる。なお、別 途実施した実験では断面破壊に至っていないことが確認 されている。

#### 6. **まとめ**

アーチクラウン部における曲げモーメントおよび圧縮 軸力の波動継続時間および最大応答値発生時刻はほぼ同 様であることから、本断面における曲げモーメント照査 時には圧縮軸力を考慮することが可能であり、別途実施 した実験結果と比較した場合、断面照査方法は軸力を考 慮する方法が妥当であるものと考えられる.

## 参考文献

- (社)北海道開発技術センター:道路防災工調査設計 要領(案)落石対策編,2001.3
- 2) 土木学会:コンクリート標準示方書(2007年制定) 設計編, 2007.12