# 実在する逆し字ロックシェッドの静的解析による安全性評価

長崎大学工学部	正 会 員	中村聖三
長崎大学大学院	学生会員	○杉町仁哉
長崎大学工学部	フェロー	高橋和雄

#### <u>1. まえがき</u>

ロックシェッドの設計には現在許容応力設計法が採用されて いる.落石による衝撃力を振動便覧式<sup>1)</sup>を用いて静的荷重に変 換し、それによる発生応力を求め、これを許容応力度内に抑え るというものである.この方法が適用可能な範囲では、想定さ れる落石の作用に対して安全にロックシェッドを設計すること<sup>1,100</sup> ができると考えられるが、どの程度安全余裕があるかについて は明らかではない.そこで、本研究では3次元 FEM 解析により 対象構造の耐力を算出し、当該斜面における落石シミュレーシ ョン結果<sup>2)</sup>との比較を行い、安全余裕を明らかにする.また、 当該ロックシェッドのコンクリートが経年劣化による強度低下 を生じていることを想定し、コンクリート強度をパラメータと して変化させ、その影響も検討する.

## 2. 対象とする構造

本研究で対象とする構造は, 擁壁, 主梁部, 柱部からなる実 在する逆L字ロックシェッドであり, 主梁部・柱部からなるラ ーメン構造を解析対象とする.実構造では, 主梁上部に敷砂緩 衝材が設置され, 擁壁部・柱部にはそれぞれ基礎が連なってい るが, 本解析では対象外とした.

#### 3. 解析概要

今回対象とした主梁部は柱部との連結構造が複雑で あるため, 簡易的に標準断面が連続するモデルとした. 主梁の標準断面モデルの寸法・配筋状況を図-1(a)に示 す.また,柱部の側面図・断面図を図-1(b)に示す. 劣化を考慮するため,コンクリート強度を設計 時の $f_{ck}$ =60N/mm<sup>2</sup>から $f_{ck}$ =30N/mm<sup>2</sup>まで5N/mm<sup>2</sup> ずつ下げた解析を行う.コンクリート・鉄筋・ ( $\frac{\varepsilon' cu}{2}$ PC 鋼材それぞれの使用要素,弾性係数およびポ アソン比を表-1 に示す. PC 鋼材に作用する緊張 力は初期応力として考慮するものとし,主梁で 1.24×10<sup>3</sup>N/mm<sup>2</sup>,柱部で1.18×10<sup>3</sup>N/mm<sup>2</sup>を導入し た.それぞれの使用材料に仮定した応力-ひず み関係を図-2<sup>3</sup>に示す.

キーワード:耐荷力,ロックシェッド,3次元有限要素解析 連絡先:〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel:095-819-2613 Fax:095-819-2617



表-1 使用材料とそのモデル化

材料	使用要素	弹性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート	8節点ソリッド 要素	35	0.2
鉄筋 PC 鋼材	2 節点トラス 要素	200	0.3



境界条件は, 擁壁結合部をローラー支点, 柱基部をピン支点とした. また, 鉛直方向・水平方向の耐力を確認するために, 鉛直方向と水平 方向に強制変位をそれぞれ与え, その値を 30mm と 40mm まで 100 ス テップで単調に増加させた. これは, 非線形解析における収束性がよ い変位制御の解析の方が, 荷重制御の解析より適切であると考えたた めである. 解析モデルを図-3 に示す. なお, 解析には MSC.MARC<sup>4</sup>を 用いた.

### 4. 解析結果と考察

一例として、コンクリート強度が f<sub>ck</sub>=60N/mm<sup>2</sup> の場合の荷重とスパ ン中央断面上部における鉛直方向変位、水平方向変位の関係をそれぞ れ図-4(a)、(b)に示す.このときの荷重は支点反力より算出している. 荷重ゼロの状態で変位が生じているのは PC 鋼材の緊張力によるもの である.挙動としては線形関係から荷重の増加に伴い非線形関係とな り、終局状態に至ることが確認できる.図-4 から最大荷重を本構造が 抵抗可能な荷重として抽出すれば、鉛直方向に対して P=1892kN、水平 方向に対して P=370kN が得られる.図-5 には同様にして求めた各コン クリート強度に対する抵抗可能な荷重を示す.コンクリート強度の低 下が耐力に及ぼす影響は、鉛直方向には比較的小さく、水平方向には 大きいといえる.

# <u>5. 落石シミュレーションとの比較</u>

谷下ら<sup>2)</sup>は当該斜面形状を高さ H=36m, 傾斜角度 θ=67°として, 落 石重量 2tf を想定した落石シミュレーションを行っている. その際, 落 石ブロックの最大エッジ長さに着目し, ロックシェッドに衝突した際 の応力から, 敷砂緩衝材がある場合の鉛直方向落石荷重を約 1.2MN と 算出している. 本研究対象構造には主梁上部に敷砂緩衝材が設置され ていることから, 図-5 より今回対象としたいずれのコンクリート強度 においても想定した重量 2.0tf の落石に抵抗可能であり, 設計強度であ る *f*<sub>ck</sub>=60N/mm<sup>2</sup>の場合には約 0.7MN (安全率で約 1.6)の安全余裕があ るといえる. しかし, 落石シミュレーション<sup>2)</sup>においては, 衝突が擁壁 上部付近で発生する. 今回の検討では, 擁壁を対象としていないため, 擁壁を含めたモデルでの解析が必要であると考えられる.

#### <u>6. まとめ</u>

実在する逆 L 字ロックシェッドに対し抵抗可能な荷重について解析 的検討を行い, コンクリート強度の低下が耐力に及ぼす影響が, 鉛直 方向には比較的小さく, 水平方向には大きいことを確認した. また, 落石シミュレーションの結果から, 重量 2tf の落石には *f<sub>ck</sub>=60N/mm<sup>2</sup>*の 場合では安全率 1.6 程度の安全余裕があることがわかった. 今後, 解析 モデルに擁壁を加えた検討と, 抵抗可能な落石を弾塑性衝撃応答解析 により明らかにしていくことが必要であると考えている.

# 

図-3 解析モデル



(a) 鉛直方向



(b) 水平方向図-4 荷重-変位関係



#### 【参考文献】

1) 土木学会 構造工学委員会 衝撃問題研究小委員会:ロックシェッドの耐衝撃設計,平成10年11月

3) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編, 平成14年3月

<sup>2)</sup> 谷下ら:岩盤斜面の安定性評価と落石シミュレーション,土木学会第63回年次学術講演会講演概要集,pp155-156

<sup>4)</sup> MSC Software: MSC.Marc2005 日本語オンラインマニュアル