実在する逆Ｌ字ロックシェッドの落石荷重に対する安全性に関する検討

長崎大学工学部　学生会員　○杉町仁哉　　長崎大学工学部　正 会 員　中村聖三
長崎県土木部　非 会 員　　椋尾　隆　　長崎県土木部　非 会 員　有吉正敏
長崎大学工学部　フェロー　高橋和雄

1. まえがき

ロックシェッドとは，鉄筋コンクリートや鋼材などで道路に屋根を被せて覆い，落石を屋根上で受け止めたり，谷側の安全な場所に導き，直接道路上に落下することを防ぐ落石防護工である．本研究では，地形的要因により崖崩れなどが懸念されている箇所に設置された実在する逆Ｌ字ロックシェッドが，どの程度の落石まで耐えられるかを 3 次元 FEM 解析により検討する．その際，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．

写真-1　ロックシェッド

2. 対象とする構造

本研究で対象とする構造は，**写真-1** に示すように擁壁，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，主梁のみの解析のため対象外とした．

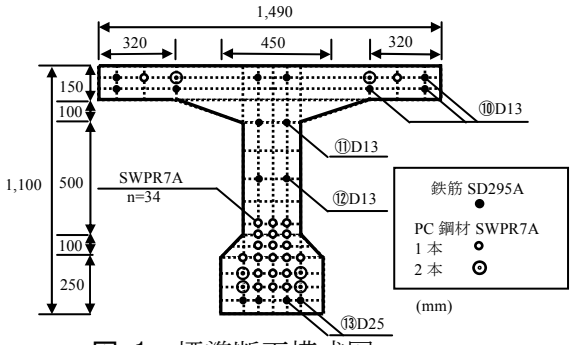

図-1　標準断面模式図

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単純ばりモデルとした．標準断面モデルの寸法・配筋状況を**図-1** に示す．劣化を考慮することからコンクリート強度を設計時の f'_{ck}=60N/mm^2 から f'_{ck}=30N/mm^2 まで 5N/mm^2 ずつ下げた解析を行う．

表-1　使用材料とそのモデル化

使用材料	使用要素	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
コンクリート	8 節点ソリッド要素	コンクリート強度に対応して変化	0.2
鉄筋 SD295A	2 節点トラス要素	200000	0.3
PC 鋼材 SWPR7A	2 節点トラス要素	200000	0.3

コンクリート・鉄筋・PC 鋼材それぞれの使用要素，ヤング係数およびポアソン比を**表-1** に示す．PC 鋼材には緊張力として応力 1.24×10^{3}N/mm^2 を考慮するものとした．それぞれの使用材料に仮定した応力－ひずみ関係を**図-2** に示す．境界条件は，擁壁との結合部をヒンジ支点，柱との結合部をローラー支点とした．

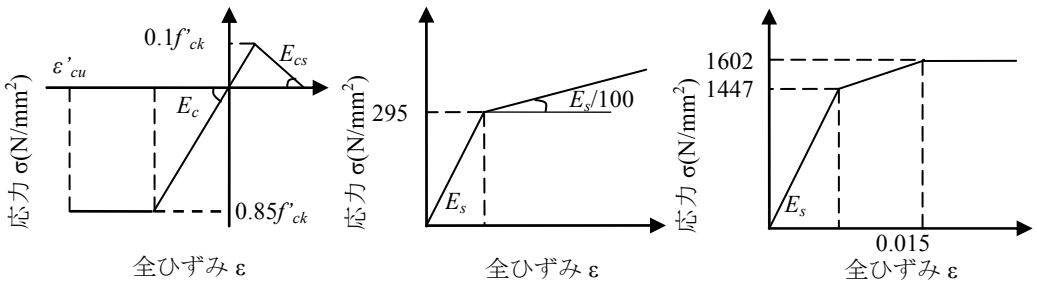

図-2　各材料の応力－ひずみ関係

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

また，スパン中央の断面上部に強制変位を与え，その値を 30mm まで 100 ステップで単調に増加させた．これは，断面耐力を求めることが目的であるため，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，解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用いた．

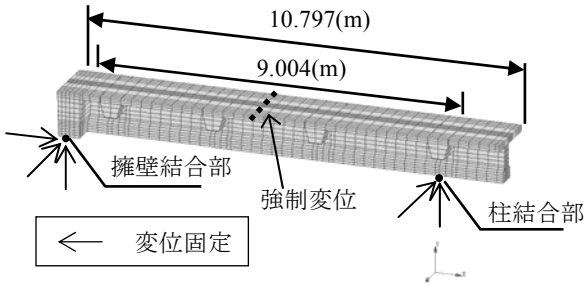

図-3　解析モデル

4. 解析結果と考察

4.1　解析結果

一例として，コンクリート強度が f'_{ck}=60N/mm^2 の場合のスパン中央における荷重－変位関係を**図-4** に示す．このときの荷重は支点反力より算出している．**図-4** には引張側コンクリートが引張強度に達する点，分担応力が 0 となる点と圧縮コンクリート，引張鉄筋が降伏点に達する点もそれぞれ表示している．圧縮コンクリートと引張鉄筋のみで荷重に抵抗している状態となると剛性が著しく低下し，変位の増加が急激となっていることがわかる．

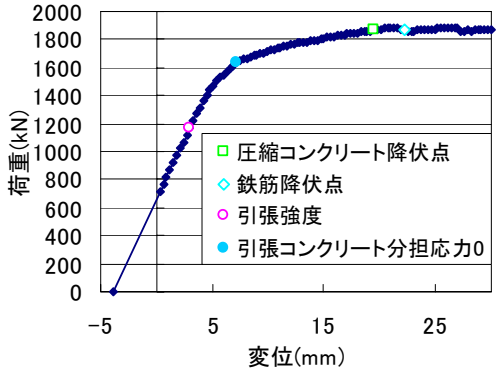

図-4　荷重－変位関係

図-4 から傾きがほぼ 0 となるときの荷重を最大抵抗荷重として抽出し，それに対する着目断面の曲げモーメントを断面耐力とすると，最大抵抗荷重は P=1883kN，耐力 M=4283kN･m となる．**表-2** に同様にして求めた各コンクリート強度に対する最大抵抗荷重を示す．

表-2　最大抵抗荷重

コンクリート強度 f'_{ck}(N/mm^2)	最大抵抗荷重 P(kN)
60	1883
55	1863
50	1815
45	1780
40	1772
35	1742
30	1690

4.2　抵抗可能な落石の推定

落石によって発生する衝撃力の推定式の一つとして，式(1)がある [1)]．

$$P_{\max} = 15.49 W^{\frac{2}{3}} H^{\frac{3}{5}} \qquad (1)$$

ここに，W は落石重量(tf)，H は落下高さ(m)である．この式は本来，動的作用を考慮すべき落石によって生じる衝撃力を静的荷重に変換したものであり，設計を行う際に用いられている．また，主梁上部に設置する敷砂緩衝材には良質な山砂を用い，落石重量が W=2tf 程度までである場合に適用できるものであるが，参考のため落石重量に関する適用範囲を緩和し，4tf までの重量に対して落下高さを求めた．**図-5** には設計条件であるコンクリート強度 f'_{ck}=60N/mm^2 の場合，およびコンクリート強度の劣化を考慮した f'_{ck}=30N/mm^2 の場合に対して，解析により求められた最大抵抗荷重に対応する落石重量と落下高さを示している．**図-5** より，コンクリート強度が 1/2 になっても同じ落石重量に対する落下高さは 17%程度の低下に留まっており，抵抗可能な落石の落下高さに対する影響は小さいことがわかる．

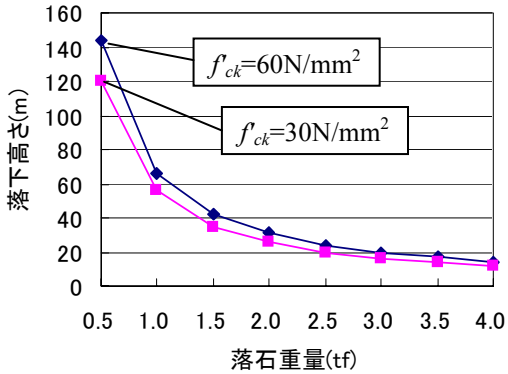

図-5　限界落下高さの算定

5. まとめ

逆 L 字ロックシェッドの主梁部分の最大耐力について解析的検討を行い，劣化を考慮したときの抵抗可能な落石を算定し，限界落下高さに対するコンクリート強度の影響は比較的小さいことを確認した．今回は安全側の結果となるよう解析モデルでは簡素化を行い，ロックシェッド 1 基の主梁のみでの検討であるが，実構造は数十基のものが連なっているため，得られた結果よりも高い強度が期待できると考えられる．今後，落石荷重作用時の挙動をより正確に把握するため，動的解析による検討が必要であると考えている．

【参考文献】1)土木学会　構造工学委員会：ロックシェッドの耐衝撃設計，全 270 頁，1998.11