周辺地盤を考慮した柱式 RC 落石覆工の三次元弾性衝撃応答解析

室蘭工業大学　学生員　○岡田　慎哉　　北海道開発局　　正　員　　今野　久志
㈱構研エンジニアリング　正　員　　川瀬　良司　　室蘭工業大学　　正　員　　岸　徳光

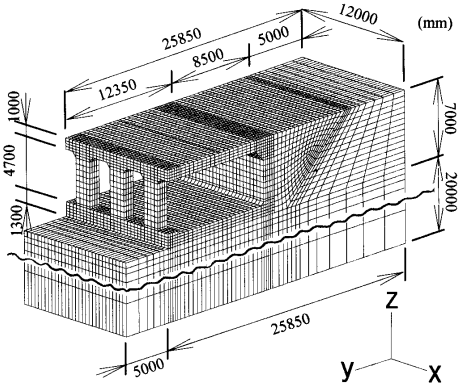
1. はじめに

本研究では，RC 覆工の合理的な耐衝撃設計手法の確立を目的として，周辺地盤を考慮した三次元弾性衝撃応答解析を行い，周辺地盤への落石および落石衝突角度の違いによる影響について検討を行なった．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. 解析仮定

2.1. 解析モデル

本研究では，覆工モデルとして国道228号に設置されている立岩覆道の１ブロックを用いている．図－1，表－1にはそれぞれ解析に用いたモデルの要素分割状況，各部の材料定数を示している．モデルの基礎地盤，背面裏込土の深さ，奥行の長さはそれぞれ領域を変化させた予備解析を行い，境界面からの反射波の影響が小さいことを確認後，決定している．



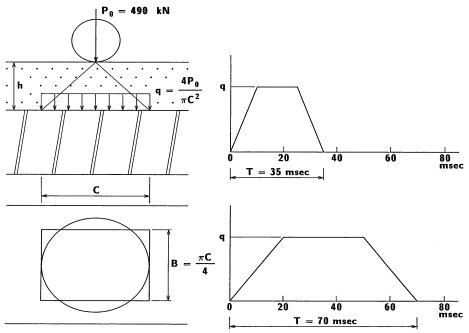
図－1　解析モデル要素分割状況

表－1　材料定数一覧

	弾性係数 E(GPa)	ポアソン比 ν	密度 ρ (ton/m^3)
覆工部	29	0.2	2.5
基礎地盤	0.343	0.3	2.5
裏込土	0.098	0.45	1.8

2.2. 衝撃荷重分布

本研究では，衝撃荷重は，最大値を便宜的に 490kN と仮定し，時間的に台形状に分布するものと仮定し入力している．衝撃荷重の頂版上における分散領域は，敷砂緩衝材の場合には覆工頂版上の直径 1m，三層緩衝構造の場合には直径 3mであるものと仮定している．また，落石による実衝撃荷重は同心円状に分散分布するものと考えられるが，ここではこれを面積が等価となる矩形分布に換算して入力することとした．図－2，表－2には本解析で仮定した衝撃荷重の時間分布,分布幅を示している．



図－2　荷重の分布状

表－2　入力荷重ケース一覧

緩衝材	幅員方向分布幅	軸方向分布幅	載荷時間
敷砂	1.0m	0.785m	35msec
三層	3.0m	2.356m	70msec

3. 解析結果および考察

本研究では緩衝材および衝突角度の2種類の条件を組み合わせた全 12 ケースに対して数値解析を行い，その解析結果を比較する形で検討を行った．ここでは実設計における断面力評価を前提としているため，解析結果より得られた各要素積分点における応力を断面力に換算して評価している．各断面力は，覆工側壁部，頂版部および底版部に関しては板として，柱部に関しては棒部材として全断面に対する断面力を評価している．

3.1. 最大断面力包絡線分布

ここでは，落石の作用位置を複数点仮定し，解析結果から得られた幅方向の最大断面力の包絡線分布について考察することとする．図－3には覆工頂版上に落石衝撃力が作用するものと仮定した場合の各断面力の最大包絡線分布を示し，図－4には裏込部に落石衝撃力が作用する場合の結果を示している．以下，各断面力分布について考察する．

(1) 曲げモーメントについて

図－3(a)の My に関する最大包絡線分布図より，落石衝突角が小さいほど頂版部の応答が小さくなり，柱部，側壁部で大きくなる傾向が見られる．一般に覆工頂版部に作用する外力の鉛直成分による曲げモーメントは，頂版中央部で正，頂版柱側および側壁側や，柱部，側壁部で負となる．また，水平成分による曲げモーメントは，側壁部付近で正，柱部付近で負の分布を示す．従って，頂版中央部では鉛直成分の影響が大きく，柱部付近では鉛直成分と水平成分

キーワード：RC 落石覆道，衝撃挙動，弾性解析
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 0143-46-5226　FAX 0143-46-5227

による影響が重なり，側壁部付近では互いに打ち消すように作用していることがわかる．これは，リバウンド時の応答に関しても同様である．なお，底版部に関しては大きな差異は見られない．

図－4(a)には裏込部に落石を想定する場合の最大 My 包絡線分布を示している。頂版部には側壁を介して水平衝撃力として載荷するため，分布性状は覆工頂版上落石時の場合と異なる．ここでも頂版部の正の応答は衝突角度の小さい場合が全体的に大きくなる傾向を示している．

また，緩衝材の影響は，頂版部における応答の差異が大きい．すなわち，頂版部の断面力は三層緩衝構造を用いる場合が敷砂緩衝材を用いた場合の 1/2～2/3 程度に軽減されている．これは三層緩衝構造による衝撃力の時間的空間的分散効果によるものであるものと考えられる．

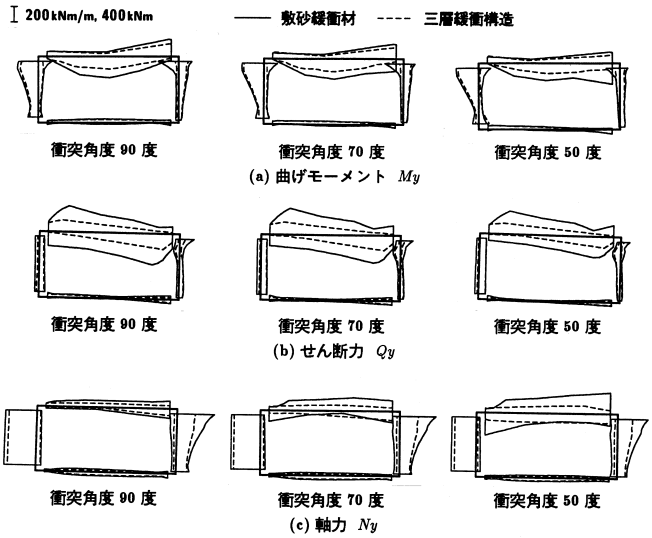
(2) せん断力について

図－3(b) には Qy に関する最大包絡線分布を示している．図より衝突角度の違いによる応答値に差異は見られるが，全体的な分布性状は類似していることがわかる．また，覆工頂版上への落石の場合と図－4(b)の裏込部への落石の場合を比較すると，後者が小さな応答を示している．しかしながら，側壁基部では逆に大きな応答を示している．

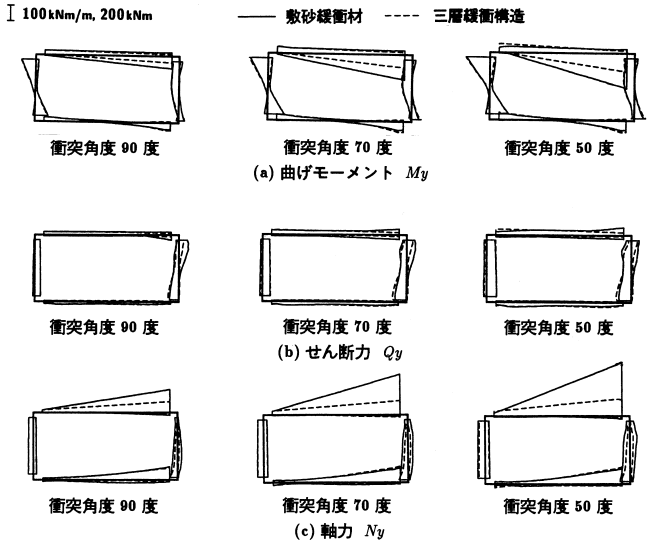
また，緩衝材の影響は三層緩衝構造を用いることによって，My 同様に頂版部においてその応答が大幅に軽減されることがわかる．

(3) 軸力について

図－3(c)には Ny の最大包絡線分布を示している．図より，覆工頂版上への落石の場合には，頂版部において衝突角度の違いによる差異が顕著に現れていることがわかる．その傾向は，衝突角度の減少とともに衝撃力の水平成分が卓越するため，頂版部に発生する軸力は正載荷時および負載荷時共に増大する傾向を示している．一方，柱部，側壁部では衝突角度が小さくなるにつれて応答が小さくなる傾向を示している．図－4(c)の裏込部への落石の場合には，頂版あるいは底版部が背面土圧の合力に抵抗することより，いずれも側壁側で大きな応答を示している．



図－3　覆工上落石時の最大断面力包絡線分布



図－4　裏込部落石時の最大断面力包絡線分布

緩衝材の影響は，頂版部のみならず側壁部においても，三層緩衝構造を用いる場合が敷砂緩衝材を用いる場合のそれに比べて 1/2 程度あるいはそれ以上に軽減されていることがわかる．これは三層緩衝構造を用いることにより，軸力に対応する背面土が軸方向に広く分散されるためと推察される．

4. まとめ

本研究で得られた結果を要約すると，

1) 覆工頂版上への落石の場合，頂版中央部の応答は衝突角度の低減とともに減少するが，頂版部側壁側で正の曲げモーメントの応答が逆に大きくなる傾向を示す．
2) また，裏込部への落石の場合，その値は覆工頂版上への落石の場合と比較してそれほど大きいものではないが，頂版部および底版部の軸力に関しては覆工頂版上への落石の場合を上回る．
3) 緩衝材の影響は，覆工頂版上への落石の場合に明瞭に現れている．比較の結果，三層緩衝構造は敷砂緩衝材に比べて頂版部最大曲げモーメントを 1/2 程度以下に軽減させることができる．
4) 裏込部への落石の場合には頂版部で緩衝材の影響が顕著であるが，その他の部材では大きな差異は見られない．