

地盤を考慮した落石防護擁壁に関する数値解析的検討

東京都 建設局

正 員 ○ 佐藤 由幸

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 員 川瀬 良司

(独) 北海道開発土木研究所

正 員 今野 久志

1. はじめに

本研究では、2 m 高の落石防護擁壁に着目して、地盤の N 値を 20、50 とする場合や、岩盤、コンクリート基礎とする場合において、質量 2,000 kg の鋼製重錘が衝突する場合の数値解析を行い、衝撃挙動に関する基礎地盤の影響を考察することを目的としている。なお、本数値解析には衝撃応答解析汎用コード LS-DYNA (ver.960) を用いている。

2. 数値解析の概要

2.1 数値解析ケース

図 - 1 には、一例として緩衝構造付擁壁の形状寸法を示している。擁壁の形状は、実構造で多用されている標準断面を基に、全ての解析ケースを擁壁高さ $H = 2.0$ m、天端および基部の壁厚をそれぞれ 0.4 m、1.0 m とした。擁壁延長は落石対策便覧で規定している有効幅を考慮し、擁壁高さの 4 倍である 8.0 m とした。なお、重錘衝突位置は設計時の最も厳しい条件である基部から $0.9 H$ の点に限定した。

表 - 1 には、解析ケースの一覧を示している。解析ケース名の第一項目は擁壁の構造形式 (C: 無筋コンクリート製擁壁, RC: 鉄筋コンクリート製擁壁, E25R10: EPS 材厚 25 cm, RC 版厚 10 cm の緩衝構造付 C 製擁壁) であり、第二項目は衝突速度 V (m/s) である。

2.2 解析モデル

図 - 2 には、一例として緩衝構造付擁壁の有限要素モデルを示している。ここでは、図に示すように構造物全体の対称性を考慮して 1/2 にモデル化した。数値解析モデルは、基本的には 8 節点の 3 次元固体要素でモデル化しているが、RC 版天端部の鋼製チャンネル材および二層緩衝構造固定用プレートはシェル要素でモデル化し、RC 版中の鉄筋、二層緩衝構造固定ボルトは梁要素でモデル化した。また、重錘と RC 版間、RC 版と EPS 材間、EPS 材と擁壁本体間およびそれらとコンクリート基礎間には浮き上がりやリバウンドを正しく評価するために、面と面の接触・剥離を伴うすべりを考慮した接触面を定義し、擁壁と基礎間には摩擦係数 μ を N 値が 20、50 の地盤には 0.6、岩盤、コンクリート基礎の場合には 0.7 を与えている。数値解析における載荷方法は、重錘の全節点に初速度を付加して衝突させることにより行っている。

2.3 材料物性モデル

基礎地盤に関しては、 N 値 20、50 に対する地盤の変形係数 E_0 は「道路橋示方書・下部構造編」⁶⁾ の式、 $E_0 = 2.8N$ (MPa) を、一軸圧縮強度 q_u に関しては Terzaghi and Peck の式、 $q_u = N/80$ (MPa) を用いて算出した。 N 値 20、50 の場合には完全弾塑性体で定義し、岩盤、コンクリート基礎の場合には予備解析において塑性域に至らないことを確認後弾性体として定義した。

キーワード：落石防護擁壁、弾塑性衝撃応答解析

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

表 - 1 解析ケース一覧

解析ケース	構造形式	緩衝材厚		衝突速度 V (m/s)
		EPS 材厚 (cm)	RC 版厚 (cm)	
C-V4	C 製	-	-	4
RC-V6	RC 製	-	-	6
E25R10-V7	緩衝構造	25	10	7
E50R15-V9		50	15	9

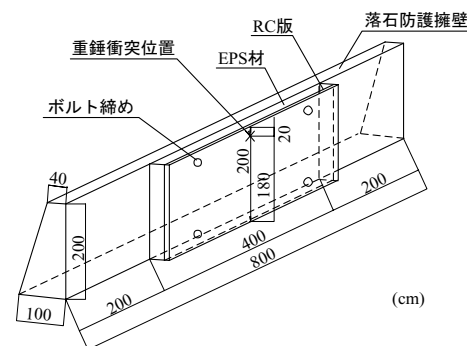


図 - 1 擁壁の形状寸法

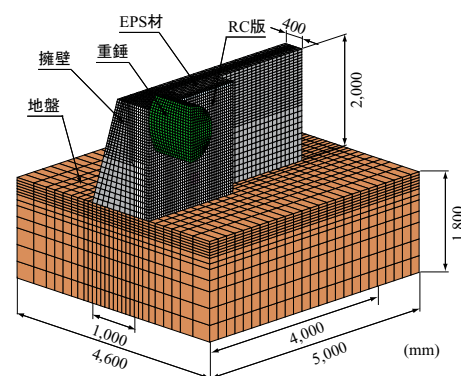


図 - 2 有限要素モデルの一例

3. 解析結果

3.1 重錘衝撃力波形

図-3には、重錘衝撃力波形を示している。図より波形性状を比較すると、C-V4, RC-V6の場合には、いずれも衝撃初期に最大応答値を示し、継続時間がそれぞれ7 ms, 10 ms程度の三角形の分布性状を示している。一方、E25R10-V7の場合には、衝撃初期に最大応答値を示し、その後台形状の分布性状を示している。いずれの解析ケースにおいても重錘衝撃力の最大応答値や波形性状が基礎地盤によって差異が生じていないことから、重錘衝撃力は基礎地盤の材料物性に依存しないものと判断される。

3.2 重心浮上量波形

図-4には、擁壁本体の重心浮上量波形を示している。解析結果の重心浮上量は、擁壁基部先端点と断面重心位置における鉛直方向変位の差を取るによって評価している。なお、重心浮上量は擁壁の軸方向に一樣ではないことより、本研究ではそれらの平均値を用いて評価することとした。図より、C-V4, RC-V6において地盤のN値が20, 50の場合の重心浮上量の立ち上がり勾配は、岩盤やコンクリート基礎の場合に比較して大きいことが分かる。これは、重錘衝突時において擁壁基部先端部近傍の地盤が大きく変形し、それが擁壁の回転を助長させていることによるものと推察される。また、C-V4, RC-V6の場合には、N値が小さい地盤ほど浮上量が大きい。一方、岩盤とコンクリート基礎の場合を比較すると、C-V4の場合には類似の値を示しているが、RC-V6の場合にはコンクリート基礎の場合における浮上量が大きい。一方、E25R10-V7の場合には、回転角波形の立ち上がり勾配にはC製, RC製擁壁で見られた程の差異は見られない。これは、二層緩衝構造の緩衝効果によって応力の伝達時間が延長されたことによるものと考えられる。

3.3 擁壁の破壊性状

本研究において適用したコンクリート要素に関する材料構成則モデルの考え方に基づくと、コンクリート要素の最大主応力が零応力を示す場合は、応力レベルが微小な状態であるか、その要素にひび割れが発生し応力が零レベルに除荷された状態であることを意味している。図-5には、重錘衝撃力が最大値に到達した時点における最大主応力分布を示している。図より、いずれの場合にも、衝突面から衝突背面に向かって斜め下方にせん断ひび割れが発生しており、コンクリート塊の剥落が生じ終局に至ることが予想される。C製とRC製のひび割れ分布を詳細に比較すると、C製の場合には、ひび割れの本数が1~2本程度と少ないのに対して、RC製の場合には主ひび割れ他、数本のひび割れが分散して発生している。これは、鉄筋を配筋することによって応力が分散されたことによるものと推察される。RC製のN値20とコンクリート基礎の場合を比較すると、コンクリート基礎の場合がより分散してひび割れが発生している。これは、N値20の場合には、衝突エネルギーの一部が地盤の変形によって吸収されるのに対して、コンクリート基礎の場合には全て擁壁の変形や回転によって消費されるため、相対的に擁壁の損傷も大きくなるためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、2 m 高の擁壁に対して、基礎地盤をN値20, 50の地盤あるいは岩盤、コンクリート基礎と変化させて衝撃挙動解析を行った。その結果、重錘衝撃力波形、重心浮上量波形、擁壁の破壊性状に関する基礎地盤の影響を大略明らかにすることができた。

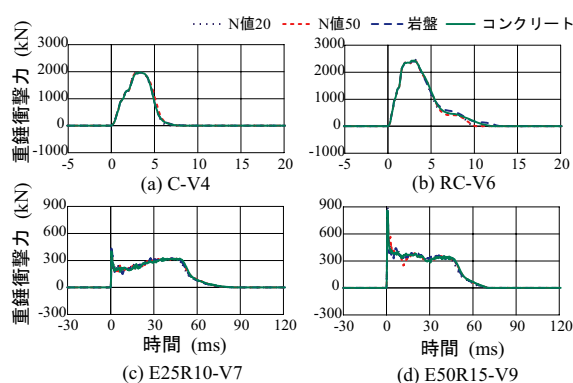


図-3 重錘衝撃力波形

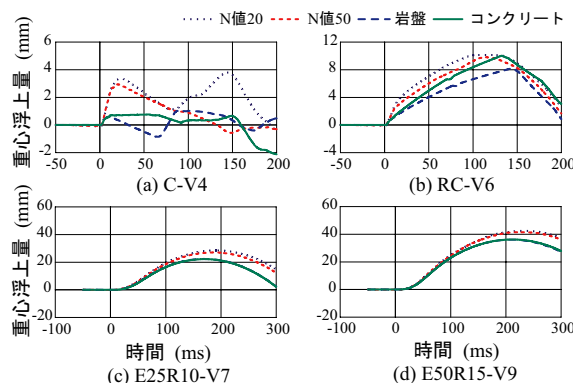


図-4 重心浮上量波形

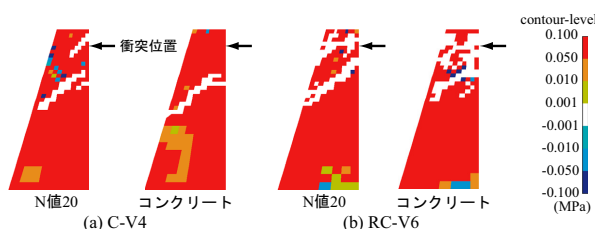


図-5 ひび割れ分布と最大主応力分布の比較