

I-B280 落石防護擁壁の簡易設計手法開発に関する一検討

北海道 正員 工藤 実高
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 北海道開発局 正員 今野 久志
 北海道開発局 正員 佐藤 昌志

1. はじめに

本研究では、既往の研究を基に、経済性を考慮して D22 鉄筋を 20cm ピッチに配筋する RC 製防護擁壁を提案し、従来までの無筋コンクリート製防護擁壁に関する数値解析結果と比較する形で、その耐衝撃性向上効果について検討を行なった。なお、本数値解析には非線形衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA を用いている。

2. 数値解析仮定

2.1. 解析ケース

表-1には本研究での解析ケースを一覧にして示している。衝突体である重錘は、すべての解析ケースについて直径 50cm、重量 1.0tf の鋼製重錘を用いることとした。衝突速度については、各解析ケースともに 1, 2, 3, 5, 7 m/sec とした。また、補強鉄筋は落石対策便覧を参考に全て D22 (SD295) を使用し、かぶり 10cm、配筋のピッチを 20cm としして配筋することとした。なお、擁壁中央断面での補強筋比は擁壁幅 $L=1\text{m}$ タイプで 0.329%, $L=2\text{m}$ タイプで 0.296% である。図-1には解析ケース RC-0.9-L1 の配筋図を示す。

表-1 解析ケース一覧

解析ケース	擁壁高さ H	擁壁幅 L (m)	解析方法	補強鉄筋
C-0.9-L1-E	2.00	1.00	弾性解析	無し
C-0.9-L2-E		2.00	〃	〃
C-0.9-L1		1.00	弾塑性解析	〃
C-0.9-L2		2.00	〃	〃
RC-0.9-L1		1.00	〃	有り
RC-0.9-L2		2.00	〃	〃

2.2. 擁壁の数値解析モデル

図-2には要素分割の一例として、本数値解析に用いた解析ケース RC-0.9-L1 全体の要素分割図を示している。数値解析で用いた要素は、6節点あるいは8節点の三次元固体要素である。擁壁は、厚さ 50cm のコンクリート基盤上に設置し、高さ 10cm の段差を設けることで後方への滑動を防止する構造としている。なお、コンクリート擁壁、異形鉄筋は弾塑性体、コンクリート基盤、重錘は弾性体と仮定した。擁壁とコンクリート基盤、重錘と擁壁の要素間には浮き上がりやリバウンドを評価するために、面と面の接触・剝離を伴う滑りを考慮した接触面を定義している。解析モデルの総要素数、総節点数は各解析ケースによって若干異なるが、図-2に示す解析ケース RC-0.9-L1 の RC 擁壁でそれぞれ 12570, 14998 である。

2.3. 物性モデル

本数値解析ではコンクリートおよび異形鉄筋に対する弾塑性体モデルとして LS-DYNA にあらかじめ組み込まれている物性モデルを用いることとした。コンクリート要素には引張による破壊を考慮したモデルを用いている。このモデルは負圧力（応力として評価する場合には引張応力）がカットオフ値に達すると引張応力が伝達しないように定義されている。本研究では降伏応力として圧縮強度 f_c をとり、降伏歪を 0.15% と仮定した。また、引張側の破壊応力は降伏応力の 1/10 と仮定している。なお、降伏の判定は von Mises の降伏条件に従うこととしている。一方、異形鉄筋要素には降伏後の硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルを用

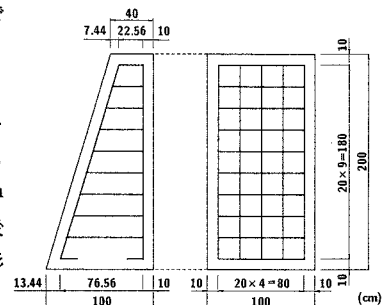


図-1 落石防護擁壁の配筋図

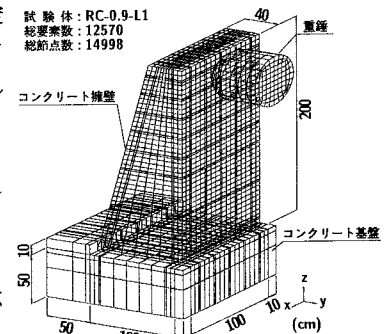


図-2 要素分割図 (RC-0.9-L1)

キーワード：落石、防護擁壁、衝撃応答解析、重錘衝撃力

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 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

い、降伏後は等方硬化を仮定し、バウシinger効果は考慮しないものとした。降伏の判定はコンクリート要素と同様に von Mises の降伏条件に従うこととしている。

3. 数値解析結果

3.1. 変位と重錘衝突速度の関係

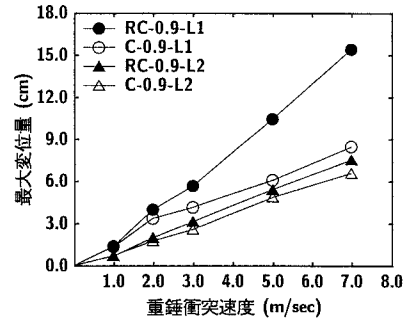
図-3は変位と重錘衝突速度の関係を示している。(a)図は擁壁の基部(重錘衝突面側)における鉛直方向変位(浮き上がり)を、(b)図は擁壁の重錘衝突位置における擁壁の塑性化に伴う変位量を示している。なお、変位量は最大応答値を用いている。(a)図より、L1タイプの鉛直方向変位は2 m/sec 載荷時まで無筋コンクリート擁壁、RC 擁壁ともに同様の値を示している。しかしながら、その後の変位量は、RC 擁壁ではほぼ線形に増加しているのに対し、無筋コンクリート擁壁では増加量が低減し、衝突速度の増加とともにRC 擁壁との差が大きくなっている。また、L2タイプに関しては衝突速度の増加とともに若干の差が見られるがほぼ同様の値を示しており、配筋による影響はさほどないものと考えられる。(b)図に関しては、C-0.9-L1で3 m/sec 載荷以降変位が増大していることより、擁壁は3 m/sec以降で大きな損傷を受けるものと推察される。また、C-0.9-L2では5 m/sec 載荷以降で同様な傾向が確認できる。しかしながら、RCタイプの両解析ケースでは、7 m/sec 載荷まで顕著な変位の増加傾向を示していない。これより、補強鉄筋を配筋することにより擁壁の耐力が向上し、無筋コンクリート擁壁と比較し、L1タイプで3.5倍(エネルギー的には12.25倍)以上、L2タイプで2倍(エネルギー的には4倍)以上の耐衝撃安全性を有することがわかる。また、擁壁幅Lに着目すると無筋コンクリート擁壁とRC 擁壁の最大塑性変位量の差はL1タイプの方が大きいことより、補強鉄筋の配筋による効果はL1タイプの方が大きい。

3.2. 重錘衝撃力と重錘衝突速度の関係

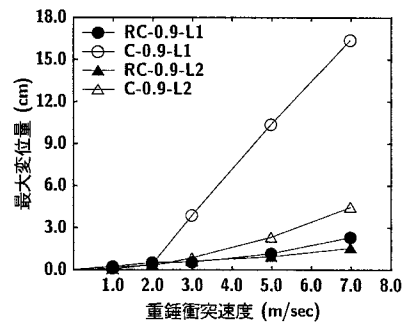
図-4は最大重錘衝撃力と重錘衝突速度の関係を示している。図より、RC-0.9-L1の重錘衝撃力は、C-0.9-L1-Eと比較して重錘衝突速度が1, 2 m/sec の場合には同程度の値を示しているが、重錘衝突速度の増加に対応してその差が大きくなっている。また、C-0.9-L1と比較すると、RC-0.9-L1は1, 2 m/sec 載荷時では大きな衝撃力値を示しているものの載荷速度の増加とともにC-0.9-L1の衝撃力値に漸近する傾向を示している。L2タイプに関しては、RC-0.9-L2とC-0.9-L2-Eの最大重錘衝撃力は各衝突速度で同程度の値を示している。また、C-0.9-L2-Eとの関係はL1タイプと類似の性状を示している。以上のことから、本数値解析の解析仮定では擁壁の浮き上がり、塑性変形等の影響により、最大重錘衝撃力と重錘衝突速度の関係に与える配筋の影響は小さいものと推察される。

4. まとめ

本研究では、落石防護擁壁の合理的な耐衝撃設計手法を確立することを目的として、D22程度の異形鉄筋を20 cm ピッチに配筋するRC 製防護擁壁を提案し、従来までの無筋コンクリート擁壁に関する数値解析結果と比較する形でその妥当性を検討した。検討結果、重錘衝突速度が7 m/sec 以下の場合には補強鉄筋の配筋により効率よく損傷を低減可能であることが分かった。また、重錘衝突の塑性変形量に基づいて耐衝撃性を評価すると、提案した配筋手法により、1 m 幅のタイプで入力エネルギー的に12倍以上、2 m 幅で4倍以上耐衝撃性が期待できる。



(a) 擁壁基部における鉛直方向変位



(b) 重錘衝突位置における塑性変位

図-3 変位と重錘衝突速度の関係

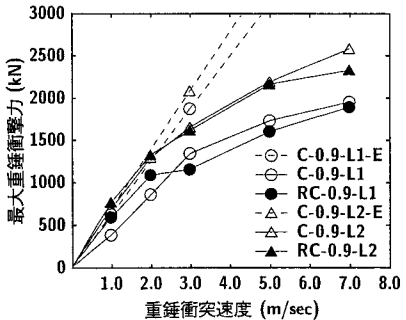


図-4 重錘衝撃力と重錘衝突速度の関係