

Ⅲ-26 落石防護擁壁の設計法に関する研究

(株)第一コンサルタンツ ○右城 猛・水田勝也

1. まえがき

落石防護擁壁の実用的設計法としては、落石対策便覧(日本道路協会, 2000)の方法, 落石対策技術マニュアル(鉄道総合研究所, 1999)の方法, 右城らの方法(2000)が提案されている。前者2つの設計法は、落石衝突後に擁壁に持ち込まれた運動エネルギーを地盤の塑性変形によって吸収するという考え方に基づいている。地盤の吸収エネルギー算定のモデル化が若干異なっているものの、基本的にはニューマークのエネルギー一定則を用い、弾性応答変形エネルギーと弾塑性応答変形エネルギーを等価と仮定して安定性を評価するものである。一方、右城らの方法は、落石衝突後の擁壁の回転エネルギーが擁壁の重心移動による位置エネルギーに変換されるとした剛体運動力学に基づいたものである。

落石防護擁壁に関する実験的研究は、国土交通省土木研究所(1996)、国土交通省北海道開発局開発土木研究所(2000)、右城ら(2000)のものがあるが、実物大コンクリート擁壁を用いた実験を行ったのは、開発土木研究所だけである。

本文では、落石対策便覧の方法と右城らの方法を北海道開発局の実験に適用した結果を報告する。また、両者の方法を適用した試設計結果についても述べる。

2. 北海道開発局の実験

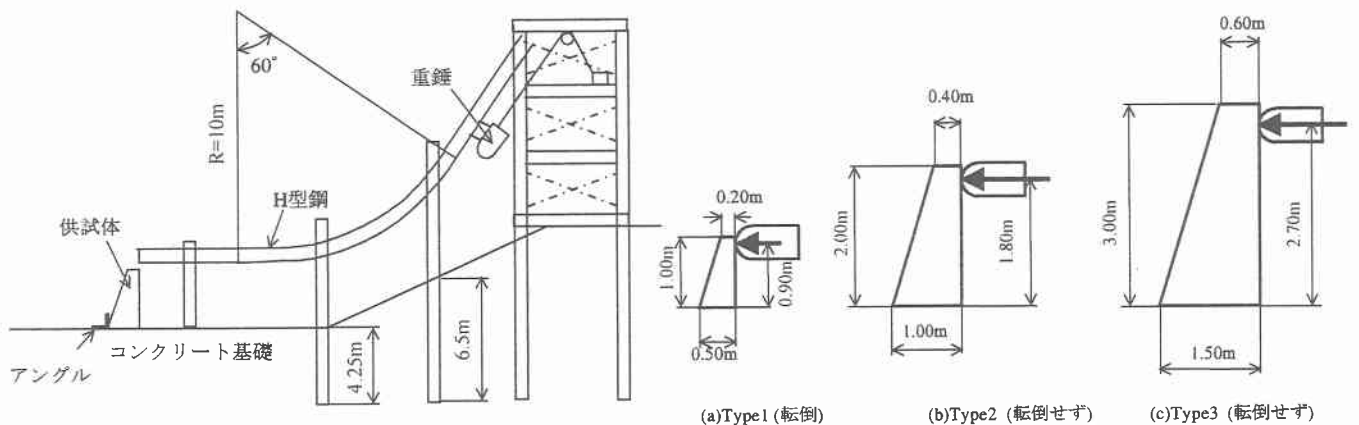


図1 北海道開発局開発研究所の重錘衝突実験装置(川瀬ら(2000)に加筆)

北海道開発局は、図1に示すような斜面を作成し、実物大コンクリート擁壁に質量1tの重錘を衝突させ、図2の衝突速度と衝撃力の関係を求めている。擁壁高は1m, 2m, 3mの3種類で、前面勾配はいずれも1:0.3である。擁壁延長は1mと2mのタイプが用いられているが図2には1mのものだけが示されている。

擁壁高 $H=1\text{m}$ の擁壁は衝突速度3m程度で転倒しているが、 $H=2\text{m}$, 3m のタイプについては衝突速度6mでも転倒しなかったと報告されている。

図2で衝突速度が大きくなると衝撃力曲線の勾配が緩やかになっているのは、衝撃力によってコンクリートに亀裂が発生したことによる。

3. 安定解析結果

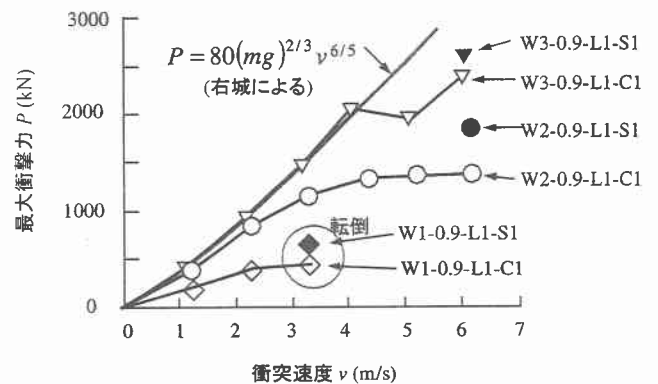


図2 衝突速度と衝撃力の関係

(川瀬ら(2000)に加筆)

北海道開発局が行った実験を、落石対策便覧の方法と右城らの方法で解析した結果を図3に示す。

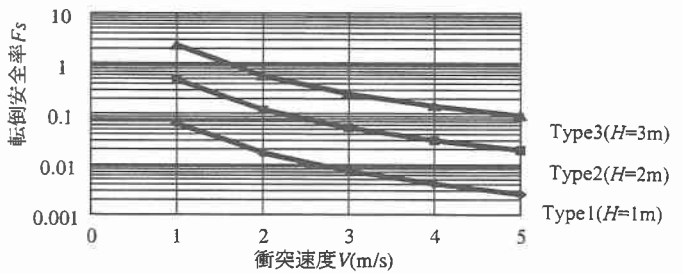
落石対策便覧の方法で安定解析すると、転倒の安全率が極めて小さく与えられる。重錘衝突速度3m/sのときの安全率は $H=1\text{m}$ が 0.007, $H=2\text{m}$ が 0.05, $H=3\text{m}$ が 0.25 であり、実験結果とは全く異なる。

これに対して右城らの方法で計算すると、重錘衝突速度3m/sのときの安全率は $H=1\text{m}$ が 0.9, $H=2\text{m}$ が 6, $H=3\text{m}$ が 22 である。また、衝突速度6m/sのときの安全率は、 $H=1\text{m}$ が 0.22, $H=2\text{m}$ が 1.5, $H=3\text{m}$ が 7 であり、実験結果とよい整合性を示す。

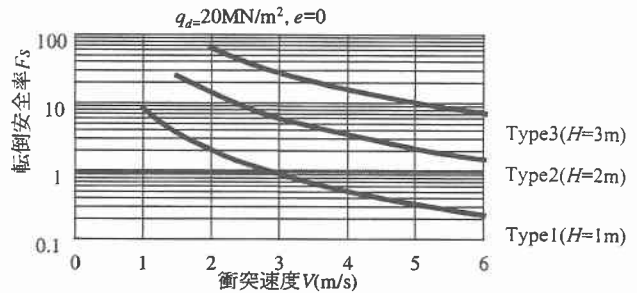
4. 試設計と今後の課題

図4は、高さ $H=1\text{m}$ と $H=2\text{m}$ の落石防護柵基礎を落石対策便覧の方法と右城らの方法で試設計した結果を示している。

設計条件は、落石質量 1.0t, 衝突速度 9.8m/s とした。これは、通常のストーンガードの可能吸収

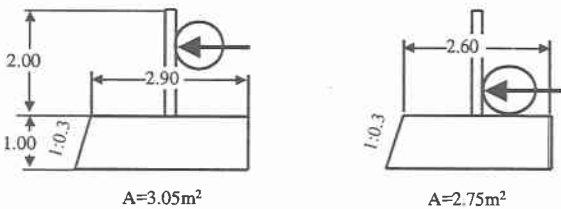


(a)落石対策便覧による解析結果

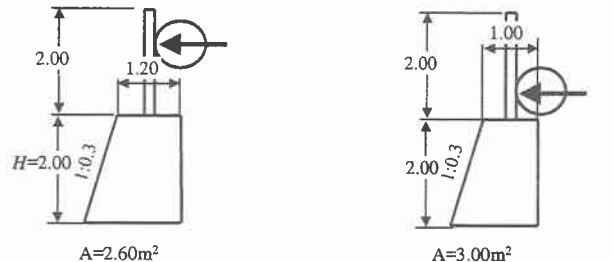


(b)右城らの方法による解析結果

図3 安定解析結果



(a)落石対策便覧 $L=4H$



(b)右城の提案 $L=9\text{m}$ (目地間隔)

図4 試設計結果

エネルギー48kJ から設定した。また、落石の衝突位置は柵高の 2/3 の場合と、付け根から落石半径だけ上の場合の2ケースとした。衝撃力に抵抗する擁壁延長は、落石対策便覧では擁壁高の4倍、右城の方法では目地間隔(9m)とした。

右城らの提案式を用いて設計すると、擁壁断面は落石対策便覧の方法で設計した場合に比べて、擁壁高1mの場合約30%, 擁壁高2mの場合約50%となる。右城らの方法で求められる擁壁断面は、過去に経験的に施工されていた落石防護柵基礎断面と近似している。

今後は、落石衝撃力に抵抗する有効擁壁延長に関する実験的研究が必要である。