

I-B195

コンクリート製落石防護擁壁の重錘衝突時挙動解析

室蘭工業大学 学生員 工 藤 実 高
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳 光
 北海道開発局 正 員 佐 藤 昌 志
 北海道開発局 正 員 今 野 久 志

1. はじめに

本研究では現行設計法に基づいて設計された重力式コンクリート擁壁を対象として、重錘衝突による衝撃力を与えた場合の弾塑性衝撃応答解析を試み、同一条件で行われた擁壁の衝突実験結果との比較により、解析手法の適用性を検討することとした。なお、本数値解析では単純な構成則を用いることを前提としているため、塑性化によるエネルギー吸収や質量に比例する減衰効果は考慮しているが、コンクリートの歪速度効果等は無視している。また、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 を用いた。

2. 数値解析仮定

2.1. 擁壁のモデル化

本数値解析に用いた非線形衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA は、衝突体に衝突時の速度を与えることにより衝突体と被衝突体の一体解析が可能である。本研究では、表-1に示す衝突位置、重錘重量、衝突速度の異なる4体の擁壁を対象とし、単一載荷で載荷させた場合について数値解析を行った。本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。なお、コンクリート擁壁は弾塑性体とし、基礎地盤、重錘については弾性体と仮定した。擁壁と基礎地盤、重錘と擁壁の要素間には面と面の接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面（スライドインターフェイス）を定義している。本数値解析では、コンクリート擁壁面の衝突部に重錘要素を配置し、その重錘要素に衝突時の速度を与えることにより衝撃力を作用させている。解析モデルの総要素数、総節点数は各試験体によって若干異なるが、それぞれ8000、10000程度である。図-1には本数値解析に用いた試験体 H1.8-W1.0 全体の要素分割図を示している。なお、全数値解析時間は40msecである。1ケース当たりの解析所要時間はHP9000/C180で約1時間である。

表-1 試験体一覧

試験体名	擁壁高 (m)	重錘衝突位置 (m)	重錘重量 (tf)	重錘衝突速度 (m/sec)
H1.8-W1.0	2.0	1.8	1.0	6.16
H1.8-W0.3	2.0	1.8	0.3	5.96
H1.4-W1.0	2.0	1.4	1.0	5.48
H1.0-W1.0	2.0	1.0	1.0	4.43

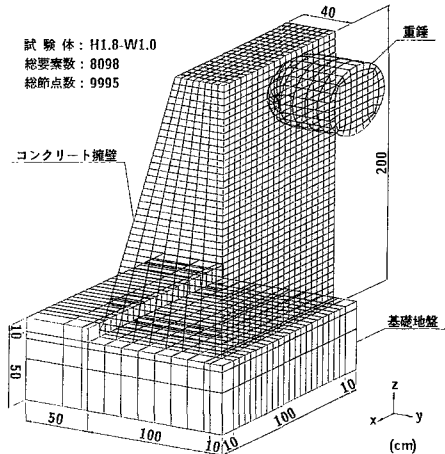


図-1 要素分割図

2.2. 物性モデル

本数値解析ではコンクリート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土質体・クラッシュャブルモデルを用いている。このモデルは圧力がカットオフ値に達すると圧縮および引張応力が伝達しないように定義されている。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。図-2に本数値解析に用いたコンクリートの応力-歪関係を示している。本研究では降伏応力として圧縮強度を仮定している。また、引張側の破壊応力は降伏応力の1/10と仮定した。表-2に

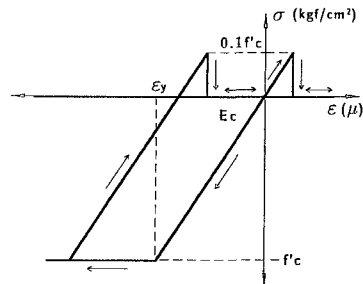


図-2 応力-歪曲線モデル

キーワード：落石、防護擁壁、衝撃応答解析、重錘衝突

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 0143-47-3168 Fax 0143-47-3169

解析に用いたコンクリート（擁壁，基礎地盤）および重錘の力学的特性を示す。

表一 数値解析に用いた力学的特性

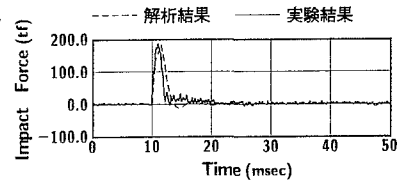
試験体名	弾性係数 (kgf/cm^2)	圧縮強度 (kgf/cm^2)	ポアソン比	密度 (gf/cm^3)
コンクリート	2.1×10^5	215	0.18	2.35
重錘	2.1×10^6	—	0.30	7.85

3. 数値解析結果

3.1. 重錘衝撃力の比較

図一 3 は試験体 H1.8-W1.0 における重錘衝撃

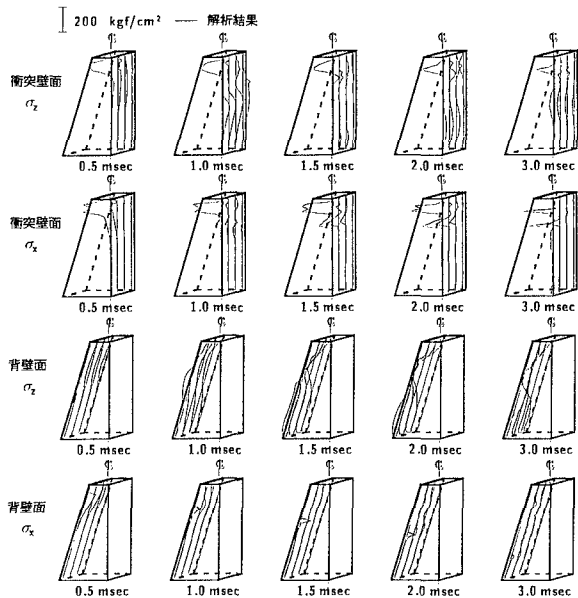
力の応答波形について数値解析結果と実験結果を比較したものである。実験結果の重錘衝撃力は、重錘底部に取り付けた加速度計より得られる重錘加速度に重錘質量を乗じた値である。数値解析における重錘衝撃力も、加速度計設置位置と同一箇所の重錘加速度より求めている。図より、最大値、応答性状ともに数値解析結果は実験結果をよく再現しているものと判断される。また、他の試験体についても数値解析結果と実験結果とのよい対応が確認されている。以上より、本解析手法によって重錘衝撃力の評価が可能であるものと判断される。



図一 3 重錘衝撃力波形

3.2. 試験体 H1.8-W1.0 の応力分布

図一 4 は試験体 H1.8-W1.0 について重錘衝突後の擁壁の衝突壁面と背壁面における各応力分布を示している。上から順に衝突壁面の鉛直方向応力(σ_z)、水平方向応力(σ_x)、背壁面の鉛直方向応力(σ_z)、水平方向応力(σ_x)である。図中に示されている各時間は重錘衝突時からの経過時間である。ここでは $t=3.0\text{msec}$ までの数値解析結果を示している。なお、本数値解析で対象としたコンクリート擁壁は一軸対称であることより、擁壁全体の 1/2 に関する応力分布を示している。また、応力の符号は各面において擁壁内が圧縮、外側が引張応力を示している。衝突壁面の σ_x 、 σ_z 両応力分布を見ると重錘衝突部近傍で大きな圧縮応力が発生し、時間の経過とともに応力が減少している。



図一 4 試験体 H1.8-W1.0 の応力分布図

また、 σ_z の応力分布において $t=0.5\text{msec}$ 時に底部より 2/3 の高さにおいて幅方向に引張応力が発生している。（曲げ引張）その後、零応力となっていることより、この領域では要素が引張破壊し横方向にひびわれが発生しているものと想定される。背壁面に着目すると、中央部 σ_x の応力分布は、載荷点裏面に対応する位置でステップ関数的な立ち上がりを示し、下方に向かってゆるやかな引張応力の分布を示している。その分布は時間の経過とともに下方に伝播している。これは、各時間の最大値がカットオフ値程度の値を示していることから、時間の経過とともにひびわれが発生し、応力が解放された状態が下方に進行していることを示しているものと推察される。 σ_x の応力分布は、衝突壁面、背壁面ともに衝突点から離れるに従い応力が小さくなるのに対し、 σ_z は上下端部近傍まで伝達されていることがわかる。この傾向は、ここに示していないが H1.8-W0.3 等他のモデルに関しても同様である。これより、重錘衝突位置が高い場合には衝突壁面に鉛直方向応力の曲げによる、また背壁面には水平方向応力によるコンクリートひびわれが発生するものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結論を要約すると、1) 本解析手法を用いることで、コンクリート擁壁に与える重錘衝撃力を評価することが可能である。2) 応力分布を時系列で整理することにより実験結果のひびわれ、破壊性状を大略算定評価できることが明らかになった。今後、本解析手法を用いて合理的な落石防護擁壁の形状決定等について検討を行いたいと考えている。