

室蘭工業大学 学生員 角掛 久雄
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 北海道開発局 正 員 佐藤 昌志
 防衛庁 正 員 安藤 智啓

1. はじめに

落石や崩落の危険を有する道路網には、安全施設として落石覆工が設けられている。従来まで覆工本体の衝撃解析あるいは設計計算は、落石によって発生する衝撃力を（緩衝材による分散効果を考慮して）覆工本体に作用させることによって行われているが、著者等が行ってきた各種緩衝構造の緩衝性能に関する実験結果より、重錘の減速加速度より算定される衝撃力（これを重錘衝撃力と呼ぶ）と緩衝材底部に伝達される衝撃力（これを伝達衝撃力と呼ぶ）の最大値が互いに異なることが明らかになっている。覆工本体に作用する衝撃荷重は伝達衝撃力であるものと考えられる。しかしながら、衝撃荷重の評価を含め覆工の合理的な断面力算定法がまだ示されていないのが現状のようである。北海道開発局では覆工の合理的な設計法の確立のための基礎資料を得るために一般国道 336 号広尾町に建設中の美幌覆道 1 ブロックにおいて重錘落下による実証実験を行っている。本研究では、この実証実験において得られた結果を基本として、伝達衝撃応力の分布を入力荷重として用いた場合の実覆工の動的挙動に関する数値解析を非線形動的解析プログラム DYNA3D を用いて行い、その妥当性を有限帯板要素法 (F.S.M.) による解析結果とともに検討した。

2. 解析の概要

美幌覆道の 1 ブロックは、スパン 12m で海側側壁に 4.25×5 (m) の開口部を有している箱型覆工である。図-1 には美幌覆道での実験時におけるスパン中央部断面の歪ゲージ添付位置及び変位計の取付け位置を示している。解析を行うにあたって図-2 のようにモデル化を行った。要素分割は載荷点部を密にし、かつ各センサーの位置に合わせ節点を配置している。底版底部の境界条件に関しては、実証実験結果より基礎地盤の影響が少ないことが明らかになっていることにより、基礎地盤を無視し底版の端辺を上下方向に拘束している。また、RC 覆工の材料物性は弾性係数 $E = 3 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.2$ 、単位体積重量 $\omega = 2.5 \text{ gf/cm}^3$ 、と仮定している。図-3 に敷砂単層を用いた場合の伝達衝撃応力分布を示している。数値解析ではこれを折線近似して入力している。また、荷重は点対称分布しているものと考えられるが、ここでは等価な二軸対称分布と仮定している。

3. 数値解析結果と実験結果との比較

3.1 頂版下端筋の歪波形状

図-4 は、図-1 に示した 5 点の頂版下端筋歪の応答波形についての実験結果と各解析結果との比較図である。荷重載荷時の応答に注目すると、DYNA3D による解析結果は、DX13 で最大応答値が実験結果、F.S.M. による解析結果

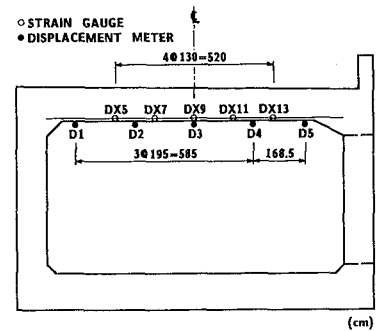


図-1 歪ゲージおよび変位計の取付位置

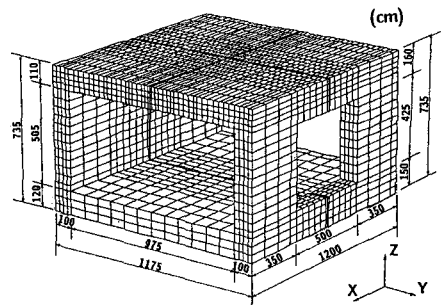
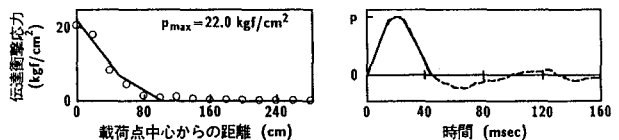


図-2 美幌覆道の要素分割



(a) 強度分布

(b) 時間方向分布

図-3 敷砂端層を用いた場合の伝達衝撃応力分布

に比べ3割程度と若干大きくなっているが、他の測点ではF.S.M.による解析結果と同様に実験結果と類似の応答値を示している。応答波形については両解析とも実験結果と良く近似していることが確認できる。荷重除荷後は実験結果およびF.S.M.による解析結果が低次の減衰振動状態となっているのに対し、本解析結果は定常振動状態を示している。これは、DYNA3Dの解析において減衰項が考慮されていないためであると考えられる。

3.2 頂版下面の鉛直方向変位

図-5は図-1に示されている5点の頂版下面の鉛直方向変位波形についての実験結果と解析結果との比較図である。

歪波形同様、荷重載荷時の応答に注目すると、F.S.M.による解析結果は実験結果に比較して若干小さな分布性状を示しているがDYNA3Dによる解析結果は実験結果と類似の分布性状となっている。一方、除荷後に関しては前項同様DYNA3Dが減衰項を考慮できないために位相おくれもなく定常振動状態となり、実験結果より大きな分布となっている。

3.3 曲げモーメント分布

図-6にスパン中央の覆工断面における曲げモーメント分布の経時変化について、実験結果と両解析結果を比較して示している。DYNA3Dにおいて、海側側壁部は、開口部となっていることより断面力が存在しない。F.S.M.とDYNA3Dは荷重載荷後から最大応答発生時刻（25 msec）まで両者同様の分布形状を示している。両解析結果とも最大応答値が実験結果より大きくなっているが、頂版中央部に大きな応答が集中していることや山側側壁部の応答性状など両解析結果は実測結果とほぼ近似していることが分かる。

4. まとめ

非線形動的応答解析プログラムDYNA3Dを用いてRC覆工の数値解析を行い、有限帯板要素法（F.S.M.）による解析結果とともに実測結果との比較検討を行った。本研究で得られた衝撃荷重載荷時の結果を整理すると、

- 1) 覆工下端筋の応答歪波形は、両解析結果とも実測結果と類似の分布性状を示している。
- 2) 覆工頂版の応答変位波形に関しては、F.S.M.による解析結果が実測結果と比較して若干小さな分布性状を示すがDYNA3Dによる解析結果は実験結果と良く対応している。
- 3) 曲げモーメント分布に関しては、両解析とも実測結果に対して最大応答値が若干大きく示されるが、応答特性等、実測結果を良く近似している。

以上より、覆工の断面力評価のために伝達衝撃力を入力荷重として用いることの妥当性を数値解析的に明らかにすることができた。

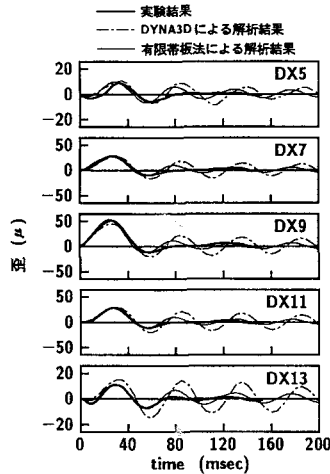


図-4 頂版下端筋の歪波形

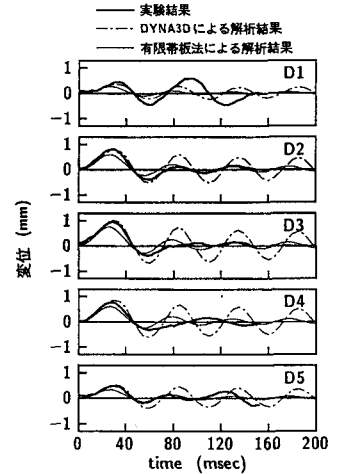


図-5 頂版下面の鉛直方向変位

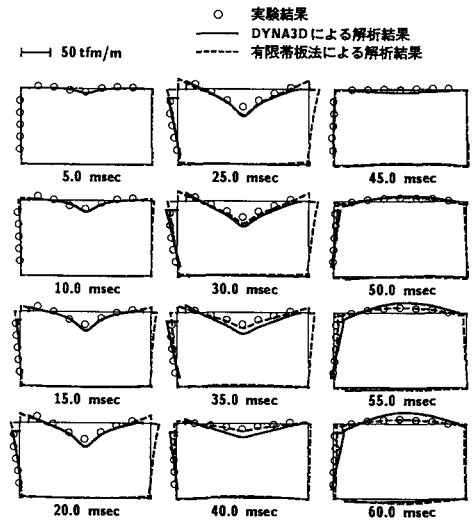


図-6 断面方向曲げモーメント分布