

室蘭工業大学 正員 菅田 紀之
 北海道開発局 正員 中野 修
 北海道開発局 正員 西 弘明
 北海道大学 正員 三上 隆

1 はじめに

RC落石覆工等が落石を受ける場合の挙動解析は、有限要素法等により詳細に行われるべきと考えられるが、計算コスト、実務への応用等を考えた場合には簡易な解析法が望まれる。一方、著者らは有限帯板法を用いた簡易立体解析が、実覆道の挙動を比較的良く近似し得ることを確認している¹⁾。しかしながら、実覆工では谷側あるいは海側に開口部が存在し、道路方向にブロック毎に施工されているため、解析における仮定と境界条件が一致していない。

そこで本論文では、RC落石覆工の有限帯板法による解析を効率的に行うための開口部のモデル化方法や仮想スパン長の決定について検討するため、実証実験結果と解析結果の比較を行った。

2 実証実験の概要

実証実験は、一般国道 336 号広尾町に建設中の箱型RC構造の美幌覆道において実施された。実験では、覆工頂版上の緩衝材中央に重量 3 tf の重錘（直径 100 cm、底部 R80 cm の球底）を自由落下させ、重錘加速度や頂版上での伝達衝撃力、覆工本体の歪および変位について測定を行っている。図-1 に本覆工の形状および歪ゲージ位置と番号を示す。路線方向の長さは 12 m で、海側に 4.25 m × 5 m の開口部が設置されている。

3 解析モデル

解析における要素分割は、図-2 に示すように荷重載荷部を密にし、総要素数を 54 要素としている。海側側壁の開口部については、解析理論の仮定より板厚を実壁厚と等しくし剛性および質量を低減することにより考慮している。剛性および質量を充実壁に対して、0/12、3/12、7/12、12/12 と変化させて比較検討を行っている。低減率を 0/12 とする場合には総要素数を 49 要素としている。仮想スパン長に関しては 10~50 m に変化させた場合に対して検討している。なお、鉄筋コンクリートの基本物性値は、弾性係数 $E = 3 \times 10^5$ kgf/cm²、単位体積重量 $\omega = 2.5$ tf/m³、ポアソン比 $\nu = 0.2$ と仮定している。

解析における入力荷重としては、重錘衝撃力と桁本体に作用する伝達衝撃力が考えられるが、本論文では伝達衝撃力を入力荷重とする。本解析では覆工頂版上

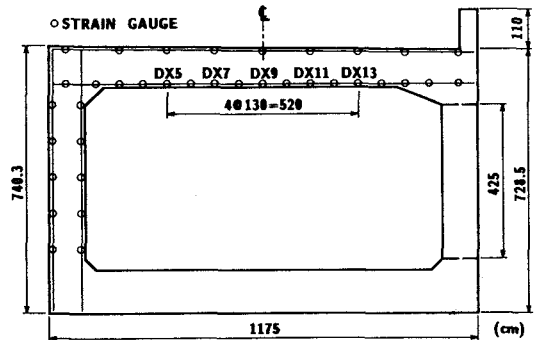


図-1 美幌覆道の形状寸法および歪ゲージ位置

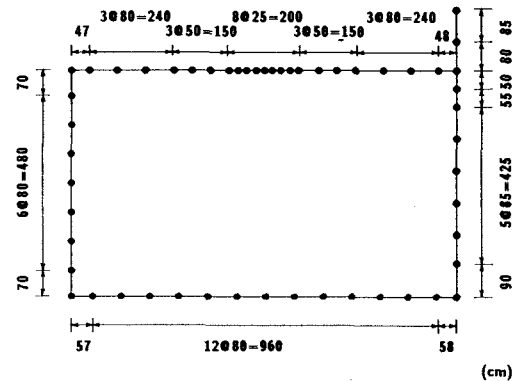
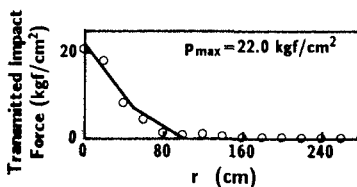
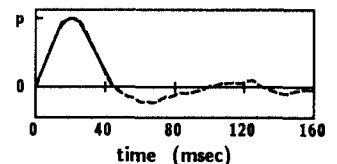


図-2 要素分割図



(a) 荷重強度分布



(b) 荷重の時間分布

図-2 入力荷重

に敷砂材を設置して行った実験結果を用いることとする。図-3は重錘重量3tf、落下高10mにおける荷重強度分布および時間分布の実験結果および入力のための折れ線近似である。

4 数値解析結果と考察

4.1 仮想スパン長と固有振動周期の関係

開口部の剛性を実覆工の断面方向における換算剛性と等しい7/12に低減し、仮想スパン長を10m~50mに変化させ、固有振動周期について検討を行った。表-1は、軸方向次数1,3次に対して断面方向振動次数1~3次までの固有振動周期を示している。実証実験の結果より覆工の最低次固有振動周期は、50~70 msec程度と算定されている。表より仮想スパン長が30mの場合が実測に最も近い値であることがわかる。

表-1 固有振動周期(msec)

スパン (m)	m	i		
		1	2	3
10.0	1	28.3	25.1	15.7
	3	6.2	5.8	5.4
20.0	1	43.0	35.7	31.1
	3	17.9	16.1	11.8
30.0	1	56.2	47.5	38.3
	3	28.3	25.1	15.7
40.0	1	89.9	49.3	44.2
	3	35.4	30.6	19.6
50.0	1	132.6	51.5	50.2
	3	40.0	33.8	24.7

m: 軸方向次数 i: 断面方向次数

表-2 頂版下端筋歪の最大値と開口部換算剛性の関係（仮想スパン長30m）

剛性比	最大歪 (μ)				
	DX5	DX7	DX9	DX11	DX13
0/12	-15.9	23.1	43.3	22.4	11.6
3/12	9.6	26.5	53.3	28.8	14.0
7/12	9.7	26.4	53.1	27.3	11.3
12/12	9.7	26.2	52.8	26.3	9.8
実験値	8.8	28.8	51.1	28.7	11.1

4.2 開口部の剛性と応答歪の関係

前節の結果を基に仮想スパン長を30mと固定し、開口部の剛性比（充実断面とする場合に対する比）を0/12, 3/12, 7/12, 12/12と変化させ検討を行った。表-2は、解析結果および実験結果の頂版下端筋歪の最大値を示している。解析結果において、開口部の剛性が0の場合、DX5で他の場合と異なり圧縮側で最大値を示している。また、DX7~11の応答は小さくなっている。開口部側の鉄筋歪DX13に関しては、剛性0以外で剛性が高いほど歪が小さくなる傾向にある。実験結果と比較すると、開口部の剛性を実覆道の換算剛性と等しくする場合（剛性比7/12）に良く一致しているようである。

図-4は、仮想スパン長を30mとした場合の歪波形の実験結果と開口部の剛性比を変化させた解析結果を比較して示している。なお、剛性比7/12と12/12の結果が同様であるため、12/12の結果は省略している。図より、DX5では開口部の剛性の違いによって波形が異なることがわかる。また、剛性比が7/12の場合に良く一致しているようであるが、頂版中央部に着目すれば開口部の剛性0以外のケースで良く一致しているといえる。

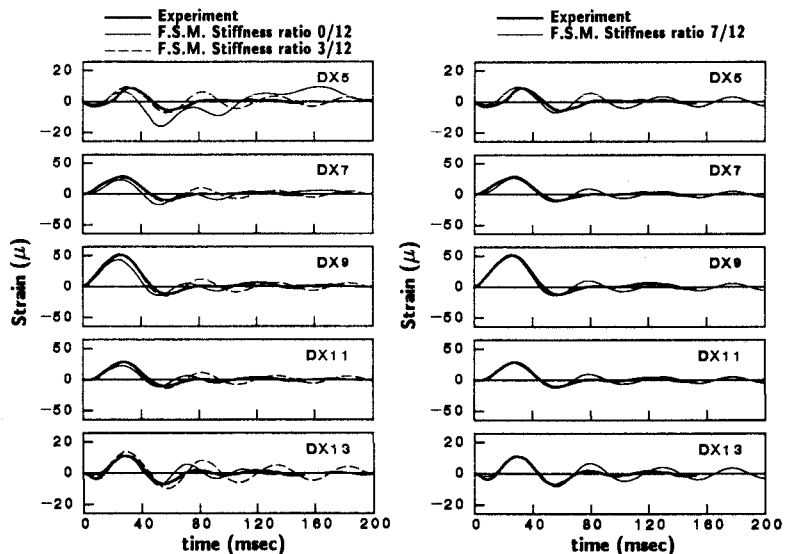


図-3 頂版下端筋歪波形（仮想スパン長30m）

DX5では開口部の剛性の違いによって波形が異なることがわかる。また、剛性比が7/12の場合に良く一致しているようであるが、頂版中央部に着目すれば開口部の剛性0以外のケースで良く一致しているといえる。

5 まとめ

RC落石覆工の有限帯板法による解析を効率的に行うために、開口部のモデル化および仮想スパン長について検討を行った。その結果、仮想スパン長は実覆道の最低次固有振動周期と等しくなるように決定し、開口部の剛性は実覆道の換算剛性を用いることにより、実用的な解析が可能となることが明らかになった。

参考文献

- 1) 中野修、今野久志、岸徳光、菅田紀之：美幌覆道の衝撃応答解析、土木学会北海道支部論文報告集、第48号、pp.277-282、1992.2.