

## I - B 189

## 実柱式RC覆道の重錘落下衝撃実験と数値解析

開発土木研究所 正員 今野久志  
 開発土木研究所 正員 佐藤昌志  
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光  
 室蘭工業大学 正員 松岡健一

## 1. はじめに

本論文では、重錘落下衝撃を受ける柱式RC覆道の3次元弾性衝撃応答解析を行い、先に行った実証実験結果との比較により、その有用性を検討するとともに、現行設計法による設計値との比較検討を行い合理的な設計法確立の必要性を明らかにすることを目的としている。RC覆道の衝撃挙動は、用いる緩衝構造の性能や、衝撃荷重載荷位置の影響を受けることから、本論文では、実証実験を実施した実覆道の1ブロックを対象とし、緩衝構造として、敷砂及び三層緩衝構造を用い、載荷位置を変化させた実験に対して解析を行った。

## 2. 実証実験及び解析概要

実証実験を行った覆道は、一般国道 228 号北海道松前町字白神に設置されている立岩覆道である。実験は、本覆道が供用中であることから、弾性範囲内の衝撃応答特性を検討することとし、作用衝撃力は、敷砂に対しては設計とほぼ等しい落下エネルギーとなる重量 3 tf の重錘を 10 m の高さから、また三層緩衝構造（以後 TLAS と略称する）に対しては敷砂の場合とほぼ等しい衝撃力となるように重量 3 tf の重錘を高さ 25 m から自由落下させて与えている。衝撃荷重載荷位置を図-1 に示す。

解析は、衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA3D を用いて行った。解析モデルの境界条件は底版の端辺を単純支持とし、ブロック端部は自由境界としている。解析に用いた衝撃力の空間分布及び時間分布は、敷砂を用いた場合は、実験条件が比較的等しい実幌覆道（開口部を有する箱型 RC 構造）の実測値を採用し、TLAS を用いた場合には、剛基礎上の実験結果を採用している。

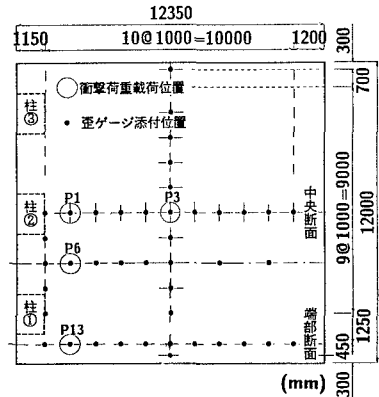


図-1 衝撃荷重載荷位置

## 3. 解析結果及び考察

## 3. 1. 中央断面中央部(P3)載荷時

中央断面中央部載荷時の断面力（断面方向曲げモーメント  $M_y$ 、軸方向曲げモーメント  $M_x$ ）の正負の絶対最大値による包絡線分布を図-2 (a), (b) に示す。図には解析値を実線で、実験値を●印（正）及び○印（負）で示した。

敷砂を用いた場合では、 $M_y$  の分布形状は、頂版部では解析値、実験値とも載荷点部で正の最大値を示しており、その値は解析値で 46.7 tfm/m、実験値で 29.9 tfm/m である。また  $M_y$  は両端部に向かって減少し、柱部及び側壁部の接合部で負の最大値を示している。柱部及び側壁部では正負の曲げモーメントとも上部で大きく、下部で減少している。これに対して  $M_x$  の分布は、 $M_y$  に

$M_y, M_x$  : 20 tfm/m (版、壁部), 50 tfm (柱) — 解析値  
 $N_y$  : 20 tf/m (版、壁部), 50 tf (柱) (包絡線分布)  
 ● 実験値 (正) ○ 実験値 (負)

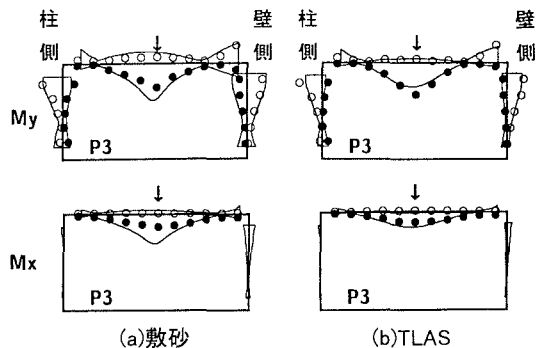


図-2 断面力包絡線分布(P3載荷時)

キーワード：柱式 RC 覆道、三層緩衝構造、衝撃荷重、衝撃応答解析、落石

連絡先：〒062-0931 札幌市豊平区平岸 1-3 開発土木研究所 TEL 011-820-2765 FAX 011-820-2714

比べ全体的に小さな値を示しており、解析値と実験値を比較すれば、全体的に解析値の方が大きく、解析値が 37.1 tfm/m を示しているのに対し、実験値は 15.6 tfm/m となっている。

TLAS を用いた場合は、 $M_y$  の分布形状は、解析値と実験値で載荷点部を除いてほぼ一致している。載荷点部の最大値は解析値で 30.2 tfm/m、実験値で 39.3 tfm/m となっており実験値は解析値より約 30% 大きい。柱部及び側壁部では、上部で大きく下部に向かって急激に減少している。上部では解析値はそれぞれ -49.6 tfm、-19.4 tfm/m であり実験値はそれぞれ -69.3 tfm、-21.0 tfm/m である。 $M_x$  の分布形状は、解析値と実験値で良く一致しているが最大値は、解析値で 18.7 tfm/m、実験値で 11.6 tfm/m となり、解析値の方が約 50 % 大きい。しかしながら解析値、実験値ともに  $M_x$  は  $M_y$  に比較して小さく約 1/2 ~ 1/3 程度の値となっている。

### 3. 2. 柱部側断面(P1,P6,P13)載荷時

図-3 に柱部側断面載荷時の柱部周辺断面の軸方向曲げモーメント  $M_x$  及び軸力の包絡線分布を示す。

$M_x$  については、P13 載荷時で、柱①に大きな曲げモーメントが作用しており、その最大値は 66.2 tfm である。柱①に対しては、P13 載荷時の影響が一番大きいことが分かる。実験値は値に多少の変動はあるもののほぼ解析値と同様の傾向を示しており、実験値と解析値は比較的良く一致している。

軸力については解析値、実験値とも当然のことながら柱部に集中しており、頂版部及び底版部ではごく小さな値となっている。P13 載荷時の柱①の軸力は最も大きく最大値は解析値で -162.0 tf であり、実験値で -122.1 tf である。

### 4. 現行設計要領と実験値及び解析値の比較

ここでは、緩衝構造として敷砂を用いた場合に対して柱側断面載荷時の現行設計要領による設計値と実験値及び解析値との比較を行い、現行設計要領の適用性を検討する。現行の設計要領としては、北海道開発局が提案している方法を用いることとした。

表-1 は、柱側断面載荷時の断面力を比較して示している。表から、着目点①と④の  $M_x$  については設計値の方が解析値及び実験値より大きく示されているが、柱部について見ると、着目点②、③に対しては、いずれの断面力も設計値より解析値あるいは実験値の方がやや大きい。即ち柱部については柱側断面載荷時に注意が必要であり、特に端部の柱については端部載荷時の挙動に十分な注意が必要なが分かる。また、本文には示していないが断面方向中央部載荷の場合には、現行設計要領は落石荷重を軸方向に連続載荷するような計算となっているため、設計値が実験値よりも大きくかなり安全側の設計となっている。

### 5. まとめ

本論文で得られた結果を要約すると以下のように示される。

- ①解析値と実験値の比較から、LS-DYNA3D を用いて解析した結果は、頂版部の載荷点直下や柱上端部の軸力と実験値と異なるものの、全体としてはほぼ実験値と同様な断面力分布を与えることが示された。
- ②現行設計要領は、断面方向載荷時にはかなり安全側の評価となり、柱部側載荷時にはやや危険側の評価となることから、衝撃応答特性を考慮した設計法の提示が必要である。

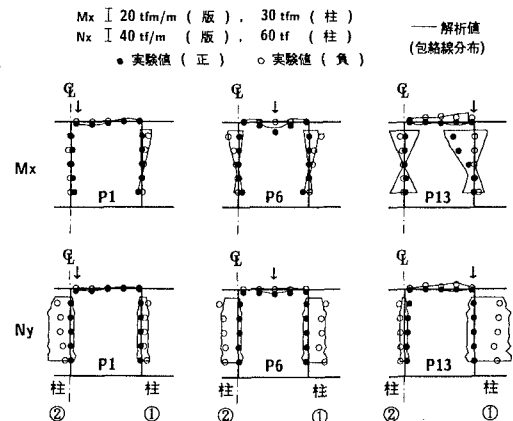


図-3 断面力包絡線分布(柱部側断面)

表-1 設計値との比較

| 着目点                                 | ①         | ②     | ③      | ④     |
|-------------------------------------|-----------|-------|--------|-------|
| $M_x$ (①, ④: tfm/m, ②, ③: tfm)      |           |       |        |       |
| 設計値                                 | 条件 A 25.6 | -13.3 | 29.4   | -22.9 |
|                                     | 条件 B 35.8 | -19.0 | 42.0   | -32.0 |
| 解析値                                 | 9.9       | -24.3 | 72.8   | -11.7 |
| 実験値                                 | 16.9      | -25.7 | 51.8   | -7.7  |
| $N_x$ (①, ④: tf/m) $N_y$ (②, ③: tf) |           |       |        |       |
| 設計値                                 | 条件 A 1.7  | -53.9 | -102.8 | 2.5   |
|                                     | 条件 B 2.3  | -77.0 | -144.0 | 3.5   |
| 解析値                                 | 13.1      | -61.7 | -139.9 | 18.4  |
| 実験値                                 | 15.7      | -89.6 | -122.1 | 15.8  |
| $Q_x$ (①, ④: tf/m) $Q_y$ (②, ③: tf) |           |       |        |       |
| 設計値                                 | 条件 A 0.3  | 2.8   | 6.3    | 5.2   |
|                                     | 条件 B 0.4  | 4.0   | 9.0    | 7.3   |
| 解析値                                 | 4.4       | 4.9   | 13.9   | 19.4  |

条件 A: 振動便覧式により  $P=128$ tf とした場合  
条件 B: 実験結果に基づき  $P=180$ tf とした場合

