

I - B278 弾性衝撃挙動解析による PC 落石覆工の断面力分布特性

室蘭工業大学	学生員	村 本 賢一郎
北海道開発局	正 員	今 野 久 志
室蘭工業大学	正 員	岸 徳 光
室蘭工業大学	フェロー	松 岡 健 一
北海道開発局	正 員	佐 藤 昌 志

1. はじめに

PC 落石覆工の設計においては、覆工自体が落石等による衝撃力を受ける構造物であることより、その衝撃応答特性を考慮した設計手法の確立が求められている。しかしながら PC 落石覆工においては、このための実務設計に適用可能な設計資料は十分蓄積されていない。本論文では、逆 L 型 PC 落石覆工に対して実設計のための基礎資料を得ることを目的として、PC 落石覆工の桁に作用する衝撃荷重の載荷位置を変化させ、三次元衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA を用いて検討を行った。また、緩衝構造による影響を検討するため、荷重の分布幅を変化させた場合の比較も行っている。

2. 解析仮定

2.1. PC 桁の設計条件

本研究で解析に用いた PC 覆工の桁は、以下に示す条件の下に設計されたものである。1) 落石荷重 1 tf, 落下高さ 30 m で自由落下させる。2) 敷砂材のラーメ定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ とし、振動便覧式によって算出された 119.2 tf の衝撃荷重が桁中央部に作用するものとする。3) 落石対策便覧に従って荷重が敷砂厚の 2 倍の領域に分散することとする。4) コンクリートの設計基準強度を 600 kgf/cm^2 , 許容引張応力度を 28 kgf/cm^2 , 弾性係数 $3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とする。以上により設計した PC 桁は頂版幅 149 cm, 頂版厚 20 cm, ウェブ幅 50 cm, 桁高 110 cm の単純 T 型断面である。

2.2. 解析モデル

本研究では、PC 落石覆工の特徴である頂版桁と柱部の挙動を検討することとしてこれをモデル化した。従って、底版及び側壁は剛基礎とし、解析では考慮していない。要素分割は主桁の対称性を考慮し、桁の 1/2 をモデル化し、弾性体と仮定して全て三次元固体要素として解析を行った。要素分割図を図-1 に示す。各材料定数は、弾性係数 $3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$, ポアソン比 $\nu = 0.2$, 単位体積重量 $\omega = 2.5 \text{ gf/cm}^3$ とした。

2.3. 衝撃荷重分布

本研究では基本的に許容応力度法に基づく設計を行うための基礎資料を得ることを目的としていることから、衝撃荷重の最大値を便宜的に 50 tf とした。落石による実衝撃荷重は従来同心円上に分散分布するものと考えられるが、ここではこれを幅員方向分布幅 C , 軸方向分布幅 $B = \pi C/4$ とする等価な矩形分布に換算して入力することとした。覆工頂版上への載荷分布幅は緩衝構造により異なるこ

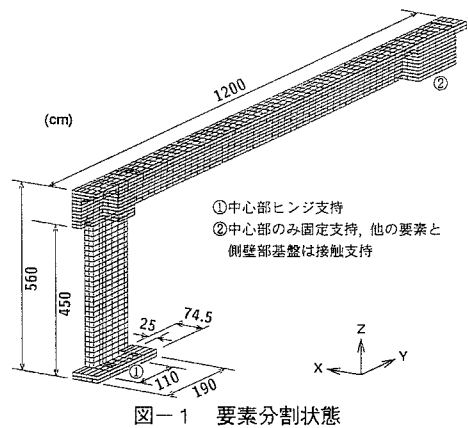


図-1 要素分割状態

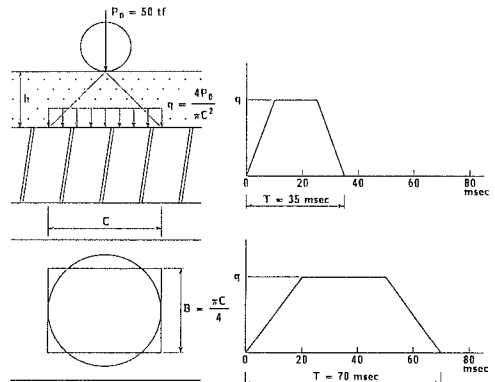


図-2 荷重の分布状況

表-1 入力衝撃荷重ケース一覧

荷重ケース	幅員方向分布幅	軸方向分布幅	載荷時間
ケース 1	$C = 1.0 \text{ m}$	$B = 0.785 \text{ m}$	$T = 35 \text{ msec}$
ケース 2	$C = 1.8 \text{ m}$	$B = 1.414 \text{ m}$	$T = 35 \text{ msec}$
ケース 3	$C = 3.0 \text{ m}$	$B = 2.356 \text{ m}$	$T = 70 \text{ msec}$

キーワード：逆 L 型 PC 落石覆工、衝撃挙動、弾性解析

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 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

とから、本研究では落石対策便覧で規定している荷重分布特性に基づいて仮定した荷重分布、及び敷砂緩衝材（敷厚 90cm）と三層緩衝構造（表層材：敷厚 50cm の敷砂、芯材：20cm 厚の RC 版、裏層材：50cm 厚の発泡スチロール材）を用いた著者らの実証実験から得られた荷重分布の 3 つの衝撃荷重を対象として検討を行うこととした。衝撃荷重の空間分布及び時間分布を図-2 に示し、各荷重による解析ケースの一覧を表-1 に示す。

3. 解析結果及び考察

本研究では、PC 桁 1 本に対し、衝撃荷重を幅員方向の任意の位置に載荷させた場合について考察している。具体的には、PC 桁上に載荷させる衝撃荷重の位置を柱側端部から 40 cm ピッチで側壁端まで変化させ、その各数値解析結果を断面力に換算し、全載荷位置、全応答時間中の最大値を取る形で包絡線を作成した。これより得られた各断面力の最大包絡線分布を図-3 に示す。図では、断面内側に正値を、外側に負値を示している。道路軸方向の各断面力については、幅員方向の値と比べ非常に小さいことより、ここでは省略した。

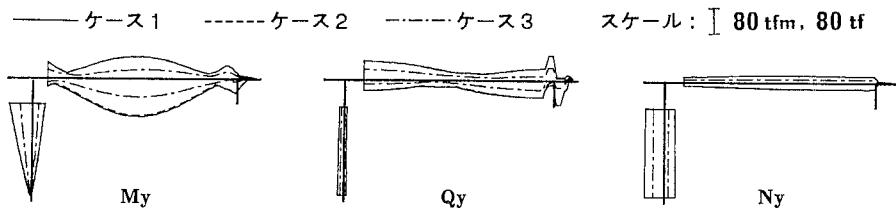


図-3 断面の最大断面力包絡線分布

M_y の分布は、桁の中央部を極大として曲線を描き、端部に向かって減少していく。その極大値は、ケース 1 で 121.6 tfm、ケース 2 では 117.4 tfm を示している。また、幅員方向載荷幅が 3 m であるケース 3 については 60.0 tfm を示し、桁 1 本の負担する断面力としては敷砂単層の半分程度であることがわかる。柱部では、モーメントは上部で大きく、下部ヒンジ端に向かって直線的に減少していく形となる。その値はケース 1 では柱上部で最大 70.2 tfm、ケース 3 では 37.4 tfm となっている。

Q_y については、PC 桁-側壁部基盤の接合部において、桁と側壁部基盤が互いに接地していることより反力が生じ、接合点を境に大きな正負のせん断力が発生している。その値はケース 1 の最大で 78 tf と大きくなっており、桁と側壁部基盤の接合部においては、せん断力に対する詳細な検討が必要であることが推察される。

N_y は桁、柱部ともほぼ一定の性状を示し、応力値としては、どちらも微小な値である。また、図中に示していないが、側壁天端に剛結している節点に作用する合応力の正負の最大値は、ケース 1 で 50.0 tf、-60.8 tf、ケース 2 で 49.4 tf、-60.0 tf、ケース 3 では 16.0 tf、-32.6 tf である。これらは実構造では接合部の鋼棒が負担することとなるが、引張力の最大値は、ケース 1、2 で作用荷重とほぼ同等であり、これに対応した鋼棒の配置が必要になるものと考えられる。

4. まとめ

逆 L 型 PC 落石覆工に対して実設計のための基礎資料を得ることを目的として、衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA を用いた解析を行った。本研究では、PC 桁 1 本に対して衝撃荷重の載荷位置、及び分布幅による影響を検討するため、これらのパラメータを基に数種の解析ケースを設定し、数値解析を行った。本研究で得られた結果を要約すると以下のようなものである。

- 1) 本 PC 桁の桁幅が約 1.5 m であることから、各断面力の性状は、緩衝材が敷砂単層である場合には衝撃荷重の分布幅の違いによる影響がほとんど見られない。
- 2) 緩衝材が三層緩衝構造である場合の断面力性状は衝撃荷重の分散効果により、敷砂単層を用いた場合の 1/2 程度となる。
- 3) PC 桁-側壁部基盤の接合部については、鋼棒による接合の場合には、その鋼棒に作用する引張力に対して十分な検討が必要であると考えられる。

設計のための簡易で合理的な PC 覆工の断面力算定を実現するためには、さらに多様なパラメータを設定、変化した解析を行なうとともに、桁-柱の接合部、及び側壁部の影響についても検討する必要があると考えている。