

落石防護棚の耐衝撃性能に関する実証実験および解析

株式会社ホクコク地水 正 ○荻田 真憲

日本サミコン株式会社 正 若林 修

日本サミコン株式会社 正 中村佐智夫

金沢大学大学院 正 梶谷 浩

日本サミコン株式会社 正 佐藤 彰

日本サミコン株式会社 横田 哲也

1. はじめに

落石防護工の 1 つとして道路斜面の法尻に設置される PC 製の落石防護棚は、従来許容応力度設計法により設計されてきた。しかし、許容応力度設計法によって造られた落石防護構造物は、耐衝撃性能においてかなり安全傾向であると考えられている。道路交通における安全性の向上および建設コストの削減を考える上では、より合理化された設計法の確立が求められており、性能照査型耐衝撃設計法に関する技術的検討が急務となっている。そこで、落石防護棚の耐衝撃性能の実証および数値解析手法の確立を目的として、実物大落石防護棚の重錘落下衝突実験と有限要素法による解析を行った。



写真-1 落石防護棚の実験供試体

2. 落石防護棚の重錘落下衝突実験

実験供試体として、高さ 0.65m、幅 2.0m の落石防護棚を 4 セット設置し、横締め緊張を行い 1 ブロックとした。また、主桁面に垂直に衝撃荷重が作用するように、実際の構造から 30°回転させた構造とした。実験供試体を写真-1 に、構造図を図-1 に示す。部材の接続は、主桁の支承部はヒンジ接合、柱は上下とも剛接合である。

重錘重量と落下高さの組み合わせを表-1 に示す。本実験供試体上部工の許容応力度設計法による設計条件は、重錘重量 10kN・落下高さ 12m (位置エネルギー120kJ) である。重錘をトラッククレーンにより吊り上げ、鉛直自由落下により実験供試体に衝撃荷重を与えた。重錘落下位置は、横断方向に関しては支間中央位置および張出部 (山側支点から 3.0m の位置) の 2 箇所、縦断方向に関してはブロック端主桁の中心、主桁間目地およびブロック間目地の 3 箇所とし、合計 6 箇所について実験を行った。測定項目は、重錘の加速度、主桁先端の変位、上部工および下部工のひずみである。

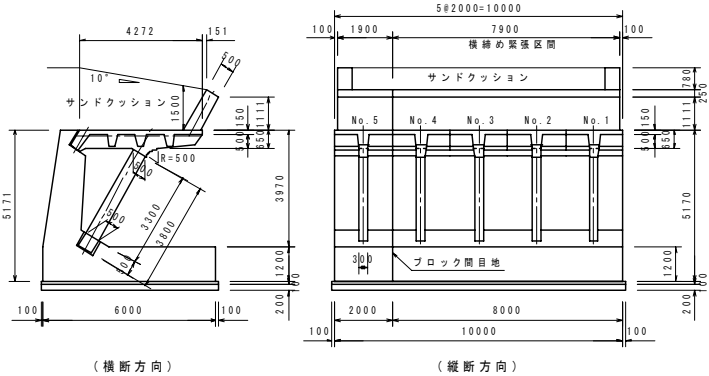


図-1 実験供試体構造図

表-1 重錘重量と落下高さ

重錘重量 (kN)	落下高さ (m)	位置エネルギー (kJ)
10	12	120
30	34	1000
50	30	1500

キーワード 落石防護棚, 衝撃力, 衝撃実験, 動的解析

連絡先 〒921-8021 石川県金沢市御影町 25 番 1 号 株式会社ホクコク地水 TEL 076-241-7158 (代)

重錘衝撃力と落下高さの関係を図-2に示す。図中の実線は落石対策便覧式(式(1))において、割り増し係数 α を1.0, ラメ定数 $\lambda=3500\text{kN/m}^2$ とし、重錘重量を変化させて計算した値を示している。

$$P = 2.108(mg)^{\frac{2}{3}} \lambda^{\frac{2}{5}} H^{\frac{3}{5}} \alpha \quad (1)$$

ここに、 P :衝撃力(kN), m :落石の質量(t), g :重力加速度(m/s^2), λ :ラメ定数(kN/m^2), H :落下高さ(m), α :砂層厚と落石直径の比から決定される割り増し係数である。

図より、実験で得られた重錘衝撃力は、ラメ定数を 3500kN/m^2 としたときの値と近似している。

また、ひび割れ発生状況については、重錘位置エネルギー120kJ 実験時には、有害なひび割れは発生せず、弾性挙動を示した。1500kJ 実験終了時には、主桁に0.2mm以下、柱には1.6mm以下のひび割れが確認された。また、支承部や柱脚部に損傷が生じていた。これらはいずれも補修可能な範囲にある。

実験供試体の設計条件は重錘位置エネルギー120kJであるが、実際には1500kJの場合でも十分に耐えうる事が確認された。

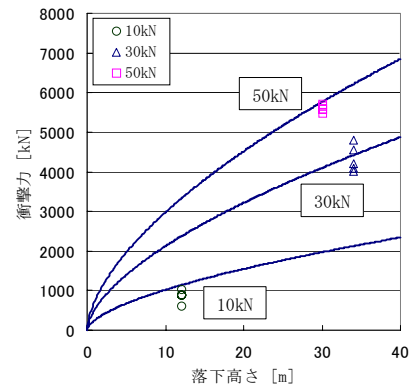


図-2 重錘衝撃力と落下高さの関係

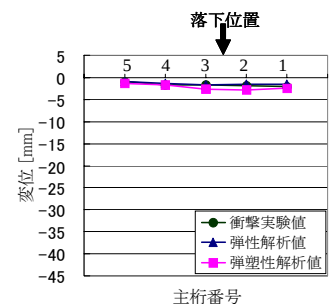
3. 有限要素法による落石防護棚の解析

主桁、柱、横ばりおよび土砂囲い壁で構成される3次元骨組構造モデルを用いて、有限要素法による落石防護棚の動的弾性解析および弾塑性解析を行った。弾塑性解析には、断面分割法により各部材断面の曲げモーメント-曲率関係を計算し、結果をモデルに適用した。動的荷重に関しては、衝撃実験で得られた衝撃力を入力荷重とした。

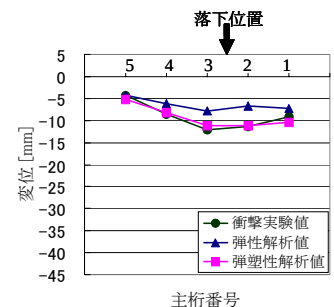
ブロック中間・張出部に載荷したときの、衝撃実験、動的弾性解析および動的弾塑性解析による各主桁先端の最大下方変位を図-3に示す。重錘位置エネルギー120kJでは、弾性解析値・弾塑性解析値共に実験値にほぼ近い値となり、本解析モデルによる弾性解析の適用性が確認された。1000kJでは、弾性解析値は実験値を下回ったが、弾塑性解析値は実験値とほぼ一致し、弾塑性解析の適用性の向上が確認された。1500kJでは、弾性解析値・弾塑性解析値共に実験値を下回り、特に落下位置に近い主桁No.2およびNo.3において、解析値と実験値の差が最も大きかった。原因の1つとしては、実験が単一載荷ではなく繰り返し載荷であることが考えられる。解析モデルについても問題があると考えられ、モデルの構造や材料特性について、検討の余地はある。

4. まとめ

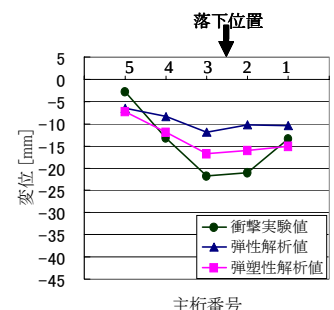
本研究では、落石防護棚の重錘衝突実証実験および有限要素法による解析を行った。実験では、許容応力度設計法による設計条件以上、エネルギーでは少なくとも10倍以上の落石に対して十分な耐衝撃性能があることが確認された。解析では、3次元骨組構造有限要素モデルによる弾性解析および断面分割法を用いた弾塑性解析の適用性が確認された。今後、合理的に防護工の性能照査型設計を行う上で、ここで報告したような性能照査を目的とした実験やその結果を実証し補完する解析法の確立と利用がさらに必要と考えている。



(1) 120kJ



(2) 1000kJ



(3) 1500kJ

図-3 各主桁先端の最大下方変位