

ポケット式落石防護網の実規模実験における三次元挙動計測

土木研究所寒地土木研究所 正会員○山口 悟 土木研究所つくば中央研究所 正会員 加藤 俊二
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 今野 久志 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. はじめに

近年、緩衝装置等を組み込んだ高エネルギー吸収型と呼ばれる落石防護網が開発され、経済性や適用範囲の広さから、現場適用事例が増えている。しかしながら、それらの性能評価については統一的な指標がなく、従来型との性能比較も曖昧で安全余裕度等も不明確である。そこで、著者らは落石対策工として求められる機能を明らかにするとともに、性能照査技術の確立に向けた研究を進めている。ここで、これらの検討を進めていくため、特に数値解析的検討のためには落石荷重作用時の構造体の挙動を正確に把握することが重要である。

本稿では、従来型のポケット式落石防護網の耐衝撃挙動やエネルギー吸収機構等を詳細に検討するための基礎資料を得ることを目的として実施した実規模重錘衝突実験における三次元挙動計測の概要を報告する。

2. 計測概要

図-1に実験供試体の正面図及び側面図を示す。実験は傾斜角度約45°の重錘滑落装置により所定の高さから質量1.0tの重錘を滑落させて、縦10m、横15mの従来型ポケット式落石防護網(菱形金網φ5.0mm)供試体に衝突させ実施した。表-1に実験ケースの一覧を示す。

本実験では、金網の挙動を詳細に把握するため、2台の高速度カメラ(A,B)を用いた三次元変位計測と1台の高速度カメラ(C)で側面からの二次元変位計測を行った。高速度カメラ撮影用のターゲットマーカとして、白色のEPS(発泡スチロール)製球体(φ200mm)を金網上の縦横ロープの交点を中心に72点(図中●印)設置している。各カメラの主要諸元を表-2に示す。全てのカメラは解析精度向上のためモノクロとした。カメラA,Bは時刻歴変位を一致させるため同一画素とし、他の計測機器との同期を取るためカメラからトリガー信号を出力して計測を実施した。

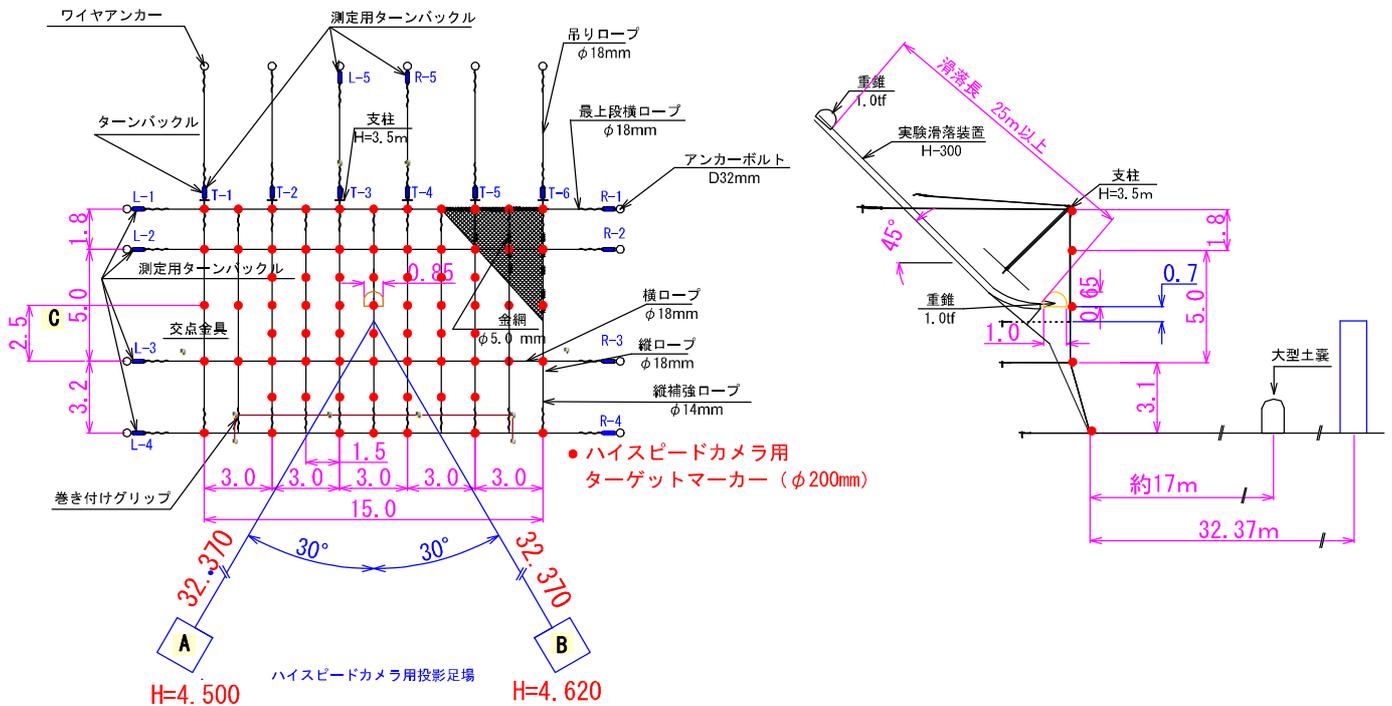


図-1 ポケット式落石防護網実験供試体及び高速度カメラ設置位置図

キーワード 落石防護網, 実規模実験, 高速度カメラ, 三次元挙動計測

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム TEL011-841-1698

表-1 実験ケースと実験結果の概要

| ケース名 | H (m) | Ewd (kJ) (設計) | Ewv (kJ) (スピードガンによる実測) | Ewe (kJ) (二次元高速度カメラによる計測) | 最大変位量 (m)* | 最大変位量 (m)** |
|--------|-------|---------------|------------------------|---------------------------|------------|-------------|
| No.1-1 | 6 | 53 | 47 | 50 | 2.05 | 1.86 |
| No.1-2 | 12 | 106 | 93 | 95 | 2.94 | 2.77 |
| No.1-3 | 6 | 53 | 47 | 49 | 2.44 | 2.30 |
| No.2-1 | 6 | 53 | 欠測 | 45 | 2.00 | 現在解析中 |
| No.2-2 | 18 | 159 | 148 | 142 | 3.26 | 現在解析中 |

※：二次元計測より算出，※※：三次元計測より算出

表-2 高速度カメラの主要諸元

| カメラ | フレームレート (コマ/秒) | 水平・垂直画像解像度 (ピクセル) | 記録時間 (秒) |
|------|----------------|-------------------|----------|
| A, B | 250 | 1024×1024 | 約 10 |
| C | 400 | 640×480 | 約 20 |

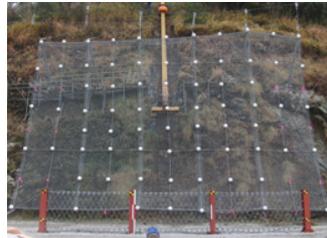
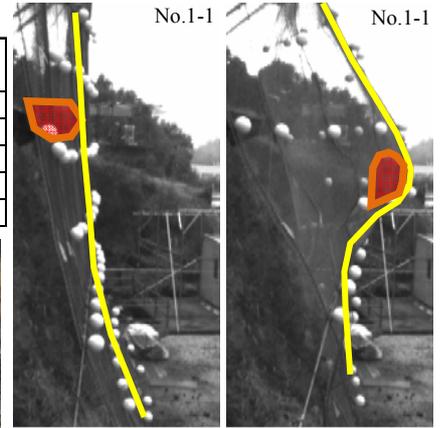


写真-1 実験状況



重錘衝突直前

最大変位時

写真-2 二次元挙動計測例

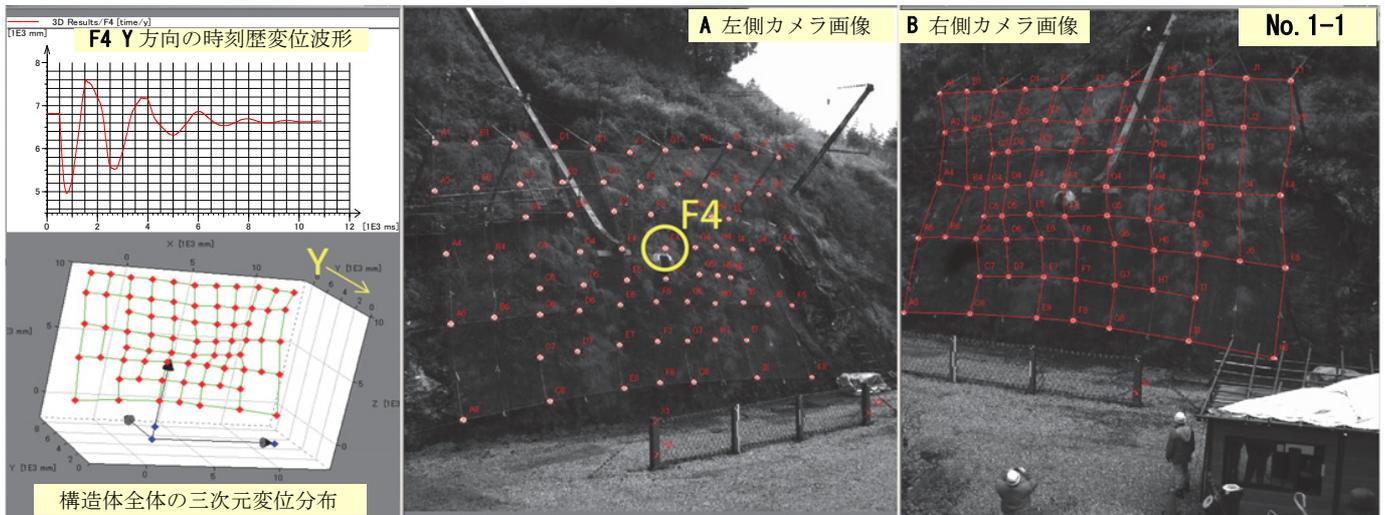


図-2 三次元動体解析ソフトによる解析例

3. 計測結果

写真-1 に実験状況を，写真-2 に高速度カメラ C による側面からの二次元挙動計測状況を，図-2 に三次元動体解析ソフトによる解析例を示す。

各実験ケースとも，重錘は設定どおり 2 段目と 3 段目の横ロープのほぼ中間位置に衝突し，その後金網に接触しながら落下していく様子を確認している。また，最大変位は衝突より概ね 0.5 sec 経過時点で，3 段目の横ロープ位置において発生している。表-1 には，斜面勾配 θ (45°)，落下高さから求めた滑落長 L (8.49~25.46 m)，重錘質量 w (1.0)，摩擦係数 μ (0.1) と重力加速度 g (9.81) による計算によって求めた落石持込みエネルギー Ewd ，重錘衝突時におけるスピードガンによって実測した速度から求めた Ewv ，高速度カメラによる重錘に設置したターゲットマーカの 5 ms 間の移動量から求めた Ewe と，金網の二次元計測と三次元計測による最大変位量を示している。なお，二次元計測では側面から見た最大変位量を示しているのに対して，三次元計測では，ターゲットマーカ位置での最大変位量を示していることから，両者は一致していない。今回の計測では，従来からの最大変位量を把握するための二次元的な計測に加えて，数値解析による詳細な検討を行うために必要な落石荷重作用時の構造体全体の三次元時刻歴変位挙動を，斜め 2 方向からの高速度カメラ撮影により，正確に把握することができた。

4. まとめ

本稿では，従来型のポケット式落石防護網の実規模重錘衝突実験において実施した，高速度カメラによる三次元挙動計測結果の概要を整理した。その結果，落石防護網のように大変形を伴う三次元動的挙動の把握には，本計測手法が有効であることがわかった。今後は，計測結果を基にシミュレーション解析の妥当性を検証するとともに，落石防護網のエネルギー吸収機構等について詳細に分析する予定である。

謝辞 名古屋工業大学大学院前田健一教授，内藤直人氏の協力により二次元計測を実施した。ここに謝意を表す。