

1. はじめに

土石流捕捉を目的に設置される砂防えん堤として、土石流中の礫や流木等によって透過部断面が確実に閉塞されるように横棧を設置した横棧付きコンクリートスリット砂防えん堤が挙げられる。

その横棧構造として、筆者らは鋼製チェーンとゴムを複合一体化した柔構造の鋼製チェーン式弾性型水平部材（以下、弾性型水平部材という）を考案した。ここでは、弾性型水平部材をスリット透過部の横棧としたはり部材として適用するにあたり、はりの中央部に土石流中の礫が衝突した場合を想定した評価実験結果と弾性型水平部材の適用事例を報告する。

2. 弾性型水平部材の基本構造

弾性型水平部材は、鋼製チェーンをゴムで被覆一体化し、さらにゴム内部に埋設させた鋼製チェーンを緩ませた状態で配列させ、そのチェーンリンク間にもゴムを充填させた構造である。（図-1）よって、部材が柔軟に変形する構造であるため、礫が衝突した際には、弓形状にたわみ、発生荷重は部材の引張（軸力）として受け持つことができる。さらに、弾性型水平部材に引張が作用すると、チェーンリンク間のゴムは圧縮力を受け、部材全体として、鋼製チェーンの伸びにゴム弾性による伸びが付加される特長を有する。

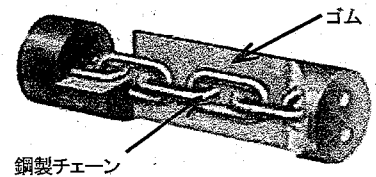


図-1 弾性型水平部材の基本構造

3. 評価実験

評価実験では、静的曲げ実験と重錘落下による衝撃引張実験を行った。静的曲げ実験では、弾性型水平部材をはり部材として中央部に荷重を作用させたときの変形挙動と、中央部に荷重が作用する場合でも一軸方向の引張実験による性能で評価できることを確認し、衝撃引張実験では、動的性能と静的性能の比較と部材の健全性を評価することを目的とした。

3.1 静的曲げ実験

3.1.1 実験方法

静的曲げ実験は、鋼製治具に供試体（表-1）をはりとして設置し、供試体中央部に押し込み治具（直径φ100mm）で鉛直荷重を載荷した。（図-2）測定項目は、押し込み治具の鉛直荷重（P）と鉛直変位量（δ）および歪みゲージによる供試体軸力（T）と供試体の伸び量（ $\Delta L = L - L_0$ 、L：供試体軸力発生時の長さ、 L_0 ：供試体の初期長さ）とし、別途、一軸方向の引張実験を行い、軸力-伸び量関係を測定した。

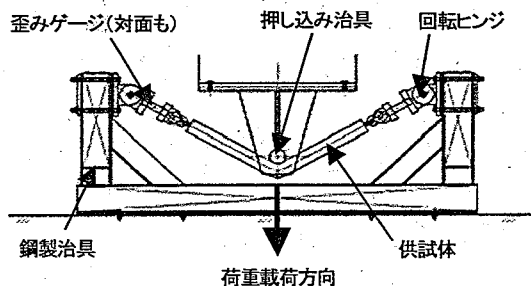
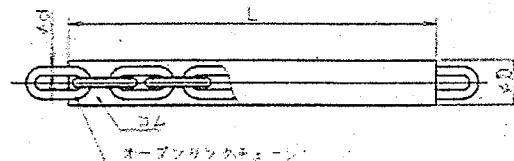


図-2 静的曲げ実験概要

表-1 供試体の仕様

No.	チェーン径 φd	ゴム外径 φD	ゴム長 L	破断荷重
1	φ19mm	φ90mm	1000mm	450kN
2	φ25mm	φ125mm	1024mm	750kN



3.1.2 結果

供試体はり中央に許容荷重（破断荷重の1/3倍）まで鉛直荷重を載荷したときの変位量は、供試体 No.1 で432mm、No.2 で392mmとなり、荷重を除荷すると、元の横部材に戻ることを確認した。また、供試体に異常は認められず、十分な変形性能を有することを確認した。（写真-1）

さらに、鉛直荷重（P）と鉛直変位量（δ）の面積から求めた載荷エネルギー量と、供試体の軸力（T）と伸び量

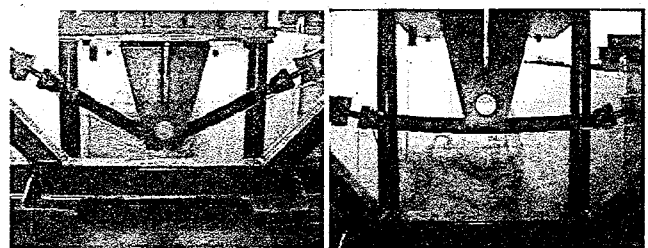


写真-1 弾性型水平部材（供試体 No.1）の変形挙動（左：許容荷重載荷時、右：荷重開放時）

(ΔL) の関係から求めた吸収エネルギー量との関係 (図-3) がほぼ同等の傾向を示したこと、軸力 (T) と伸び量 (ΔL) との関係 (図-4) が、静的引張実験による性能と同等の傾向を示したことから、弾性型水平部材をはりとして中央部にエネルギーが载荷される場合でも、弾性型水平部材は一軸方向引張性能として評価できることを確認した。

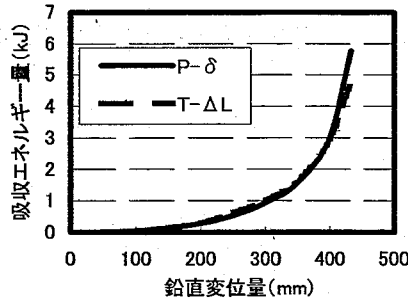


図-3 P- δ およびT- ΔL による吸収エネルギー量との関係 (No. 1)

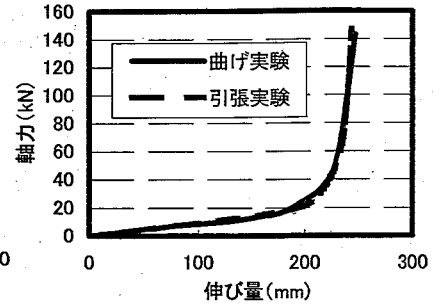


図-4 静的曲げ実験と静的引張実験における軸力と伸び量との関係 (No. 1)

3.2 衝撃引張実験 (重錘落下実験)

3.2.1 実験方法

静的曲げ実験より、はり中央部に荷重が作用する場合でも、一軸方向の引張性能として評価できることを確認したため、本実験では、重錘落下を利用した衝撃引張実験として評価した。本実験は、重錘質量を 300kg, 1000kg の 2 種類とし、落下高さを 0.2~4.0m まで変化させることにより、重錘衝突時の速度を 2.0~8.9m/s (計算値) に変化させて供試体に衝撃力を载荷させた。(図-5)

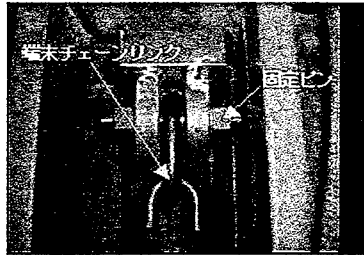


写真-2 固定ピンと端末チェーンリンク

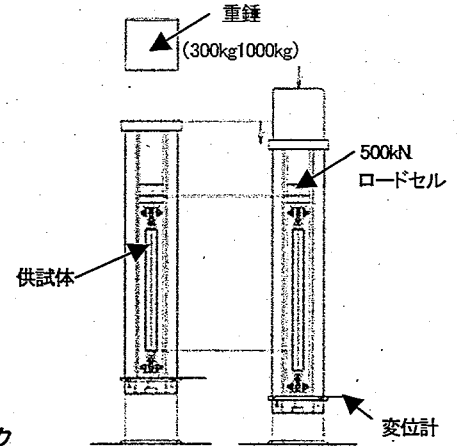


図-5 衝撃引張実験概要

3.2.2 結果

最大発生荷重と载荷した衝突エネルギーとの関係は、静的引張実験における発生荷重 (軸力) と吸収エネルギー量との関係と比較すると、ややばらつきがあるものの、上限値、下限値の平均値をとれば概ね同等の傾向を示していると推察された。(図-6) よって、礫の衝突に対して弾性型水平部材の設計を行う際は、静的引張性能を参考にしてもよいと判断できるが、図-6 に示すように最大発生荷重が静的引張性能を超えるケース (静的の約 1.5 倍) を想定して、より安全に設計を行う必要がある。

また、衝撃引張実験において最も損傷が心配されたのは、ゴムで覆われていない写真-2 に示す固定ピンと端末チェーンリンクであったが、これらの部位にも損傷はないことを確認した。

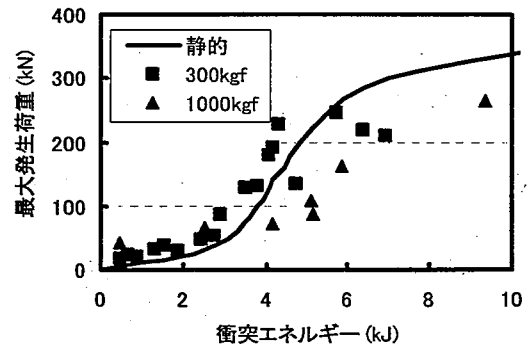


図-6 最大発生荷重と衝突エネルギーとの関係 (No. 1)

4. まとめ

コンクリートスリット砂防えん堤のスリット透過部の横棧として設置した弾性型水平部材に土石流中の礫が衝突する現象を想定して、静的曲げ実験および衝撃引張実験を行った。

その結果、弾性型水平部材をはり部材として、中央部に衝突エネルギーを载荷した場合でも、一軸方向の引張性能で評価できること、また、静的引張性能を参考に、約 1.5 倍の発生荷重があることを想定して、設計する必要があることを確認した。

なお、本研究の成果を基に、弾性型水平部材をコンクリートスリット砂防えん堤に横棧として設置した状況を写真-3 に示す。本設置事例において、水平部材が軽量であること、写真-2 のように水平部材の端末チェーンリンクに固定ピンを通すのみで固定金具に設置できることから、施工性の容易性も確認できた。今後は、礫や流木等の捕捉効果や捕捉後の水平部材の健全性等を確認したいと考える。

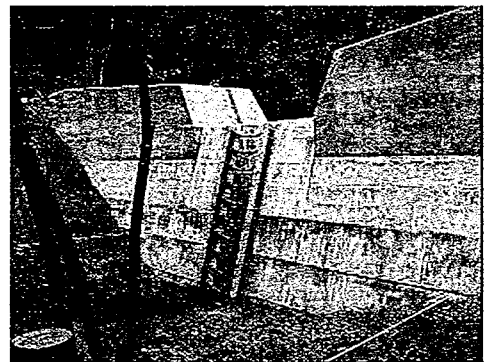


写真-3 弾性型水平部材を横棧として設置したコンクリート砂防えん堤