

環境共生型土砂災害防御システムの開発

斜面災害に対するソフト対策～ハード対策の意志決定支援ツール

実験結果速報版

落石防護工実大規模衝撃実験 1 -2005年11月-



斜面災害のない安全安心な社会へ……



落石・急傾斜地崩壊・土石流から
人命と財産を守る環境共生型防護工の設計施工法



岐阜大学工学部地盤工学八嶋沢田研究室
国土交通省建設技術研究開発費補助金 助成

2005年10月

岐阜大学工学部社会基盤工学科八嶋・沢田研究室

落石防護工実大規模衝撃実験のご案内

仲秋の候、ますます御健勝のこととお慶び申し上げます。日頃は大変お世話になっております。このたび国土交通省建設技術研究開発助成により、「環境共生型土砂災害防御システムの開発」を目途として、下記公開実験を実施することになりました。つきましては、みなさまにご視察頂き、ご意見等いただければ幸いに存じます。

主催：岐阜大学工学部社会基盤工学科八嶋・沢田研究室

実験協力組織：社団法人下呂建設業協会 / 株式会社岡本 / 株式会社プロテックエンジニアリング / 前田工織株式会社

実験実施予定日：平成17年11月4日 午後12:30～15:00（雨天順延）

実験実施場所：岐阜東部改良土センター 各務原市那加桐野町5丁目6番地
末尾の地図を参照ください

1. 実験目的

本実験では、落石などの衝突による落石防護壁（堤防型補強土防護壁、ダクティル鋳鉄製パネル枠（鋳田籠） 間伐材製枠（沐沐ブロック））の変形特性・衝撃吸収特性・耐久性について観察および計測を行う。得られた実験データの分析および数値解析を経て、各構造体の設計法および破損箇所の修復方法の確立を目的とする。

2. 対象とする落石防護壁の形態

：堤防型補強土防護壁

<http://www.proteng.co.jp/dike/index.html>

：ダクティル鋳鉄製パネル枠（鋳田籠）と地盤材料（砕石）による防護壁

<http://www.nbk-okamoto.co.jp/seihin/chutaro/chuta010.htm>

：間伐材製枠（沐沐ブロック）と地盤材料（砕石）による防護壁

<http://www.crcr.pref.gifu.jp/kibanken/kenkyu/H15seika/04kanbatubrok-2.pdf>

：コンクリート擁壁

コンクリート擁壁については、他の工法との比較のために実験を行う。



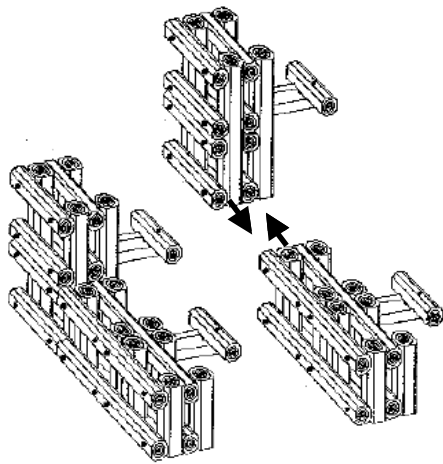
堤防型補強土防護壁

ジオシンセティクスと壁面材により堤防形状を成形し、内容物として現地発生土を充填し、土の特性を利用して、落石や土砂崩壊のエネルギーを分散させながら受け止める。



ダクティル鋳鉄製パネル枠（鋳田籠）

ダクティル鋳鉄製のメッシュ状パネルを組み合わせることによりカゴを成形し、その内容物として現地発生土を充填する。充填土にはぐり石が適しており、この場合よりよい排水機能が見込まれる。



間伐材製枠（沐沐ブロック）

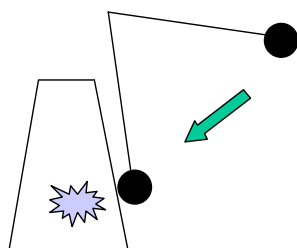
間伐材を利用した柵工として開発された。小規模の落石防護工としての性能が期待できる。

上記 および のいずれの工法も、現地発生土を使用することにより環境負荷が少ない。植生なども期待でき、また施工に大規模な重機を必要としない。実験では、落石衝突時の衝撃吸収能および防護工の破損状況と破損時の補修方法の確立に重点をおく。

3 . 衝撃荷重載荷方法

振り子方式により重錐を所定の高さから振り子を利用して衝突させる。

重錐重量：約 10kN 重錐落下高さ：10m 想定エネルギー：100KJ

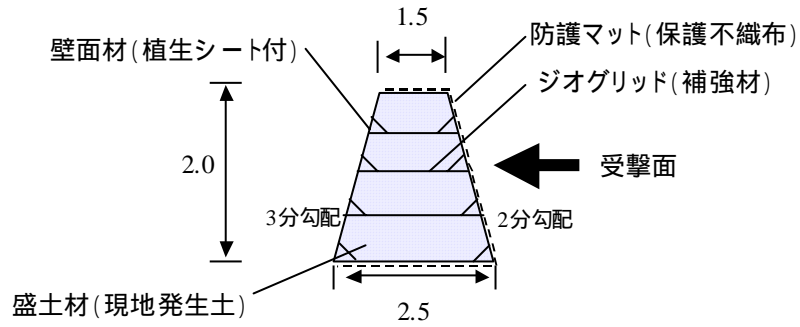


衝撃載荷方法イメージ

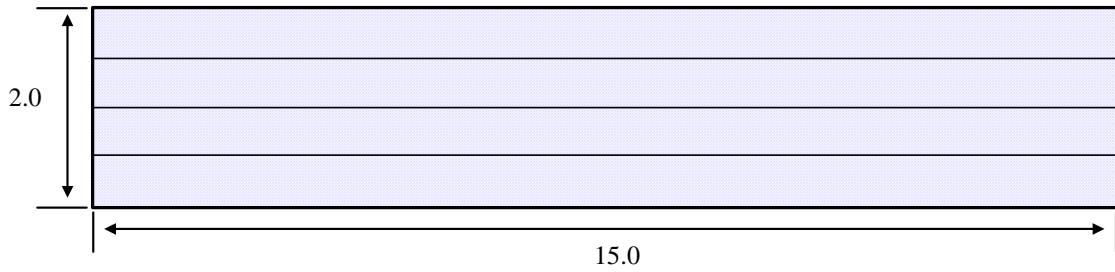
4. 構造体概略図および寸法

堤防型補強土防護壁

側面図

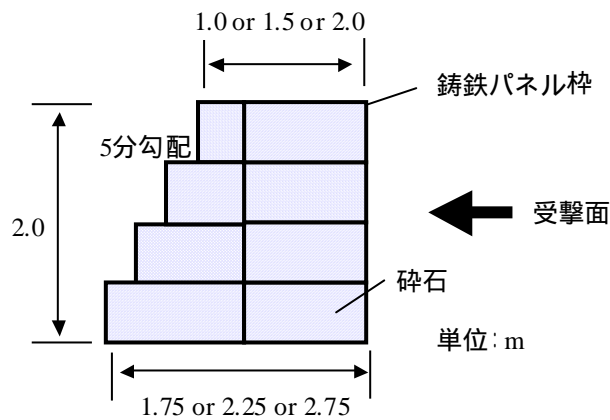


正面図

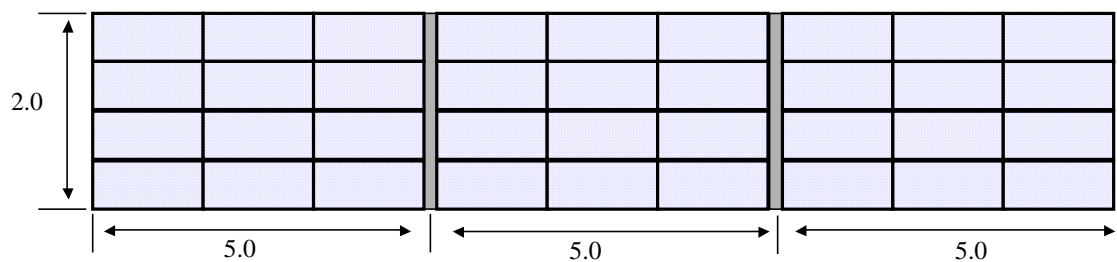


ダクティル鑄鉄製パネル枠 (鑄田籠) と地盤材料 (ぐり石) による防護壁

側面図

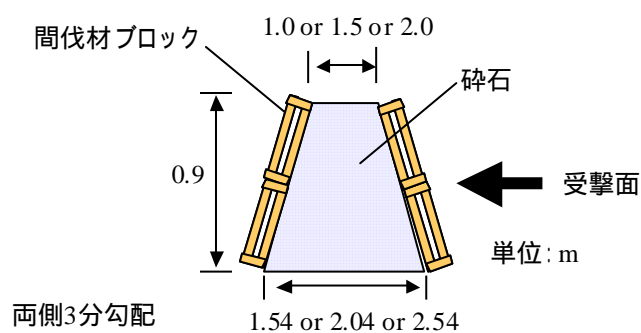


正面図

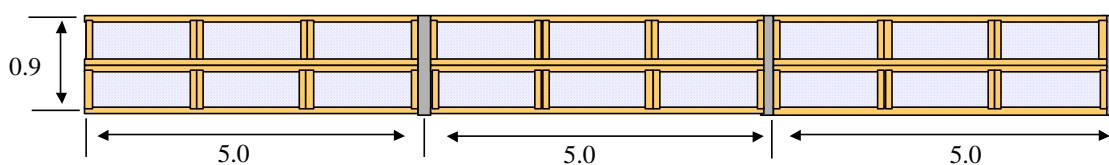


間伐材製枠（沫沫ブロック）と地盤材料（碎石）による防護壁

側面図

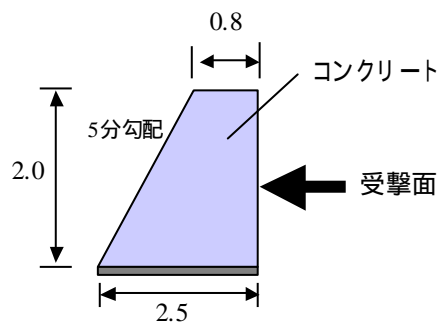


正面図

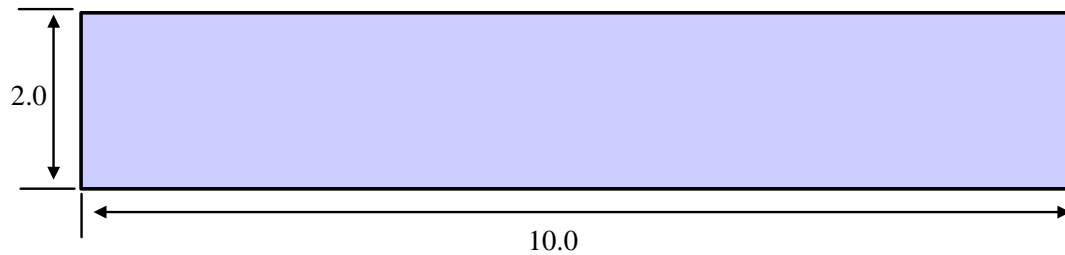


コンクリート擁壁

側面図



正面図



5 . 実験スケジュール

- 12:00 ~ 12:30 見学者受付開始
- 12:30 ~ 13:00 主催者挨拶および各構造体の説明
- 13:00 ~ 15:00 ~ 実験 破壊形態の確認
- 15:00 ~ 解散

各工法に1回ずつ以上の衝撃試験を行う予定ですが、時間の都合上、変更になる場合がありますので御了承ください。

お問い合わせ等

沢田和秀

岐阜大学 八嶋研究室

電話 / FAX 058-293-2422

E-mail : sawada@cc.gifu-u.ac.jp

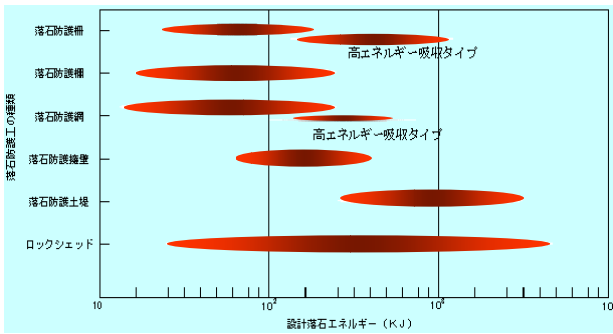


図 - 1 落石防護工のエネルギー適用範囲の目安³⁾

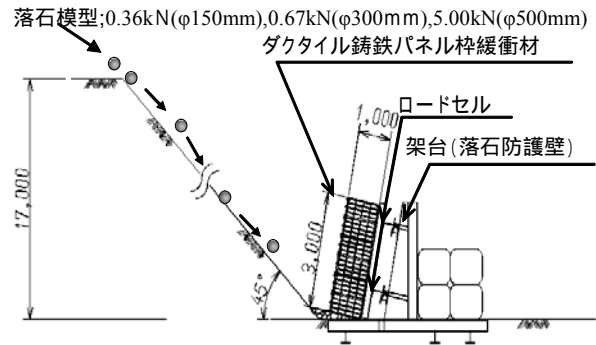


図 - 2 落石実験の概略図

3. 実大落石・土砂流動実験

3.1 ダクタイル鋳鉄パネルを利用した落石防護壁

ダクタイル鋳鉄パネルは、縦 50cm × 横 100cm の鋳鉄製のメッシュパネルで、これまで、次に示すような特長を活かし、河床工やのり面工などに使用されてきた。1) 現地発生土や自然石を中詰材として使用できるため、多孔質な構造が形成でき、内部に水圧が蓄積しない。2) 鋳鉄は、塩分・酸性に強く、水質汚染および環境汚染がほとんど無い。パネルはリサイクル可能である。3) 規格化されたパネルの組み合わせで構成するため、施工時間を短くできる。4) パネルは金具で連結するため、比較的柔な構造体を成す。そのため、地形に追従した設計が可能であり、また、衝撃荷重を分散しやすい。実験は、従来の構造を用いて、落石等による衝突エネルギーの吸収性能など、緩衝システムの開発・設計を目指したデータを収集することを目的とした。実験は、図-2のように3種類の模擬岩石を高さ約17m、45°傾斜の斜面上から落下させ、パネル枠緩衝材を配置した落石防護壁に衝突させた。模擬岩石は 150, 300, 600 mmの鋳鉄製球体であり、それぞれ 0.36, 1.67, 5.0kN 相当の重量である。それぞれ模擬岩石について、パネル枠緩衝材のある場合とない場合で数回ずつ衝突実験を行った。実験では、H 型鋼等で作成した荷重受け台および落石防護壁を組立てたのち、パネル枠緩衝材を配置した。パネル枠は 1.0m × 2.0m × 0.5mを1ユニットとして組立てられ、延長6.0m × 幅1.0m × 高さ3.0m(6段)の大きさに加重受け台前面に設置された。パネル枠内の中詰め材料にはぐり石を充填した。データの計測は、衝突荷重を確認するための動的計測と変形等を確認するための目視観測を行った。動的には、加重受け台に8台の荷重計を固定し、デジタル動ひずみ測定器を用いて応答荷重を測定した。サンプリング間隔は 0.2ms (5000Hz)とし、計測時間を3秒程度とした。計測は1条件に対し複数回のサンプリングを行った。目視観測は、模擬岩石のパネル枠緩衝材への衝突箇所の特定と、落石防護壁の水平移動の確認、パネル枠緩衝材の損傷状況の確認とし、メジャー等により測定した。また、高速度カメラにより落石の軌跡も記録した。実験後は鋳鉄パネル枠を撤去し、パネル枠緩衝材を配置しない落石防護壁(H 型鋼架台)に直接模擬岩石を衝突させ、同様に動的計測と目視観測を行った。図-3, 4はパネル枠緩衝材を配置した場合と、緩衝材を配置しない場合の衝突荷重の応答波形を整理した結果である。図-5には、パネル枠緩衝材を配置した落石防護壁の外観写真を示す。

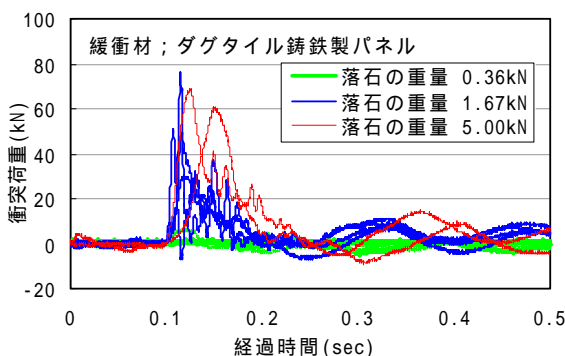


図-3 緩衝材を配置した場合の衝突荷重の応答波形

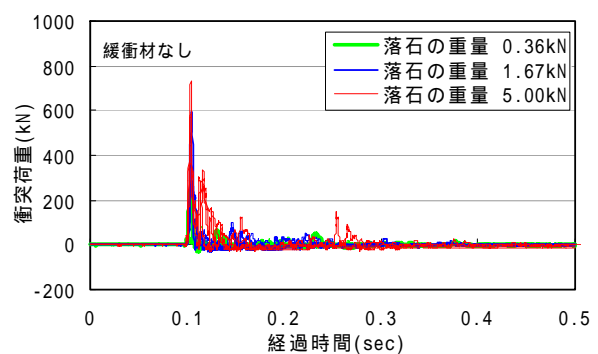


図-4 緩衝材がない場合の衝突荷重の応答波形

最大衝突荷重は、架台背面に設置したロードセル8点から得られた同時刻の荷重合計である。パネル枠緩衝材がない場合(図-4)は、パネル枠緩衝材がある場合(図-3)に比べてほぼ10倍の衝撃力を示している。



図-5 落石防護壁とダクティルパネル枠

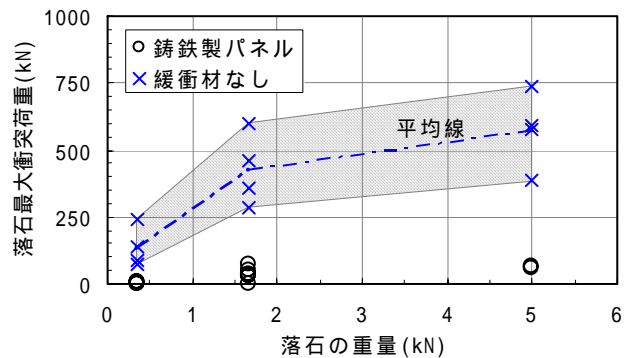


図-6 落石重量と最大荷重の関係

パネル枠緩衝材がない場合の衝突荷重の波形は、衝突時に大きな荷重を示し、短時間で衝撃力が消散しており、極めてシャープな形状を示している。また、衝撃力が消散するまでの時間は、パネル枠緩衝材を用いた場合の方が長い。図-6は落石重量と最大衝突荷重の関係を整理した結果である。パネル枠緩衝材を配置した場合には、パネル枠緩衝材がない場合の衝撃力に比べて極めて小さいことが分かる。

各模擬岩石衝突後のパネルの損傷状況について、0.36kN 模擬岩石の衝突では、パネルフレームに衝突痕が見られるものの、パネルに破断や著しい損傷は見られなかった。1.67kN 模擬岩石の衝突では、1回目の衝突でパネルフレームが破断した。2度目の衝突でもほぼ同一箇所に衝突し、破損範囲が拡大したが、中詰め材はこぼれ出さず安定した状態を保っていた。5.0kN 模擬岩石の衝突では、パネルに破断は見られなかったが、衝突部が約25mm程度の深さに湾曲した。1.67kN の模擬岩石に比べ損傷度合いが小さくなったが、これは、模擬岩石が斜面を滑落するときに、バウンドやスライドすることで運動エネルギーが斜面に吸収されたためと推測できる。

このように、**鋳鉄製パネルを用いた落石防護壁は、落石によりパネルの破損はあるものの、構造体としての機能が損なわれることはなかった。補修法や中詰め材の選定法を確立すれば、十分実用化できると考えられる。**

3.2 土のうを緩衝材とした高機能落石防護壁

これまでに落石防護壁の巨礫衝突時の設計に対応するための緩衝材料の選定を行い、衝撃吸収、分散等に関する基礎的な模型実験⁴⁾を実施し、緩衝材料として「袋詰め緩衝材」が衝撃荷重に対して有効に寄与することを確認している。今回は、実大落石衝突実験により、実構造物(落石防護壁)に衝突した場合の衝撃力の大きさや緩衝材としての効果を確認した。

3.1で述べた実験と同一の落石防護壁を用い、同様の実験を行った。ただし、本実験では3.1での鋳鉄製パネル枠緩衝体を袋詰め緩衝体(土のう)に置き換え、その緩衝効果を把握するために、各種計測を行った。土のうの中詰め材には、EPS(発泡スチロール)減容リサイクル資材を用いた。また比較のために、EPS ブロックにも模擬岩石を衝突させた。

各緩衝材に対する落石衝突時の衝突荷重の応答波形を図-7に示す。緩衝材のない場合の衝突荷重の応答波形は衝突時に大きな衝撃荷重を示し、瞬時に消散するなど極めてシャープな形状を示している。また、既存の緩衝材として用いられているEPSブロックは、緩衝材のない場合に比べて衝撃荷重は極めて小さく、衝撃力の消散、逸散までに時間を要する様相を示している。一方、袋詰め緩衝材の場合には、EPSブロックに比べて最大衝突荷重は大きいものの衝撃力が消散、逸散するまでの時間は短く、緩衝効果に効果的な素材であることがわかる。

て、十分な安定性を確認することができた。QK型については、構造物全体としての安定性が確認できたことで、より実務的な設計法を確立できる。

4. まとめ

本報告は、平成16年11月に岐阜県揖斐川町の採石場を利用して、落石・土砂防護壁の実物大落石衝撃試験を公開で行った結果である。それぞれの落石防護工には、構成材料の特長が活かされており、実際の適用例は少ないものの、衝撃緩衝効果としてすばらしい性能が期待できる。今後ますます少なくなっていくであろう公共工事費のなかでも、交通網の発達・整備は不可欠である。そのために、斜面災害防止や減少のための、安価で安全でしかもライフサイクルコストの小さいハードの開発が重要である。以下に実験で得られた各防護工に共通した特徴を示す。

- (1) 現地発生土あるいは他工事の残土を有効利用できる。リサイクルも可能である。
- (2) 地盤材料の持つ、緩衝と分散の性能を発揮できる。
- (3) 構造がフレキシブルであり、地形にあわせた設計・施工が可能である。
- (4) 材料のほとんどが地盤材料であるため、植生・植栽が可能であり、景観に配慮できる。

地盤材料を用いた堤体などには、透水性の問題が残されている。ダクタイル鑄鉄パネルを用いたタイプは、非常によい透水性を有し、今後その発展が期待できる。機能的にみれば、ダクタイルパネルで囲われたかご部分を一つのユニットと考え、透水部分として他の工法とのハイブリッド設計も不可能ではない。すべての工法に対して、今後の方向性を期待したい。これらの工法の設計・施工が使用されるのを現実にするには、数値解析などを用いたパラメトリックスタディ等も必要であり、やはりソフト的なアプローチも必要である。2車線道路を片側交互通行にして危険斜面のメンテナンスを行う場合に、通行するすべての方が「何のために工事をしているか？」を理解しているようなソフト的な防災も、ハード的防災以上に力を注ぎ込まなければならないことが今後の課題である。

最後に、一連の実験を行うにあたり、実験施設の選定から使用までに多大なご尽力をいただいた(財)岐阜県建設研究センターおよび、試験場使用に協力いただけた旦鳥鉱山株式会社には謝意を表します。なお、実験には、科学技術振興調整費「産学官共同研究の効果的な推進」(平成14年度～16年度)、科学研究費(若手(A)16686030、平成16年度～)および岐阜大学革新的なプロジェクト研究助成(平成16年度)の補助を受けたことをここに記し、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) Sumi, T. & Yashima, A. 2000. An evaluation method of stability in rock slope considering wedge effect and location of the discontinuous plane, *Journal of Japan Society of Civil Engineering*, No.659/III-52: 265-276.
- 2) K. Sawada, S. Moriguchi, A. Yashima, F. Zhang and R. Uzuoka, Large deformation analysis in Geomechanics using CIP method, *JSME International Journal, Fluids and Thermal Engineering, Special Issue on CIP, Series B*, Vol.47, No. 4, pp.735-743, November 2004.
- 3) 日本道路協会: 落石対策便覧, 1983.
- 4) 佐藤雅宏, 美野輪俊彦, 妹尾善和, 山口聖勝, 辰井俊美: 落石防護壁の巨礫用緩衝材の開発に係る実験的研究, 土木学会第59回年次学術講演会, pp. 223-224, 2004.
- 5) 鋼材倶楽部: 新しい落石覆の開発に関する研究, 1973.
- 6) 土木学会: 土木技術者のための振動便覧, 1966.
- 7) 淵上正浩, 小畑康隆, 荒井克彦, 小嶋啓介, 井上昭一, 久保哲也: ジオシンセティックスを用いた落石防護擁壁の実験的研究, ジオシンセティックス論文集第15巻, pp.350-pp.359, 2000.
- 8) 永吉哲哉, 山崎敦, 横田善弘, 井上昭一: 落石防護補強土擁壁のモデル衝撃実験結果の分析(その1), 第37回地盤工学研究会発表論文, pp.2267-2268, 2002.
- 9) 松岡元, 陳越, 児玉仁, 山路耕寛, 田中隆一: 「土のう」の力学特性および耐圧試験, 第35回地盤工学研究会発表論文, pp.1075-1076, 2000.