

氏名	たけうちだいすけ 竹内大輔
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3803号
学位授与の日付	平成16年7月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤の衝撃応答評価と性能設計に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 家村浩和 教授 中川 一 教授 水山高久

論文内容の要旨

本論文は、筆者らが提案した小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤について、特に力学的挙動が不明である衝撃応答に対する評価と、これらの成果を活用した性能設計法の提案を目的としたものである。そのため、縮小模型実験により構造物の耐衝撃特性を明らかにして、実構造物への適用を図るため、準実大実験により相似則の検討を実施し、また同時にこれらを動的有限要素法解析により検証し、力学的メカニズムの把握を行った。さらに、この構造に対する要求性能分析、技術開発の成果を反映した性能照査法、および適用性検討を行った。本論文は6章構成である。

第1章では、小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤について、当該分野の現行設計法と性能設計法を概観・分析して、衝撃応答を中心に検討することと、提案構造の性能設計のあり方を述べた。また、衝撃応答に関する既往研究を整理分析して、本研究の目的および論文構成について述べた。

第2章では、小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤の耐衝撃特性を把握することを目的に、実物大の1/5スケールの縮小模型に対して、水平衝突実験を行った。この実験では、中詰の種類、上載荷重、載荷要領など実験条件を変化させて、衝撃荷重、荷重伝達、変形特性、限界状態などについて基礎的検討を行った。その結果、衝撃エネルギーは鋼製セルの塑性変形が吸収し、荷重は支持フレームが分担する機能分担を明らかにし、鋼製セル局部の大変形時に鋼板の破断や支持フレームの塑性変形の起こらないことを確認した。また、重錘衝撃力は落石対策便覧式の修正により推定ができ、中詰材料や上載荷重の有無による顕著な差異はなく、支持フレームへの伝達衝撃力が約50%に低減されることを示した。

第3章では、1/5スケール実験で得られた検討結果を実物大に展開することを目的に、実物大の1/2スケールの準実物大模型に対して落錘衝突実験を行った結果、重錘衝撃力や荷重伝達率について2章と同様の傾向が得られた。次に、この縮尺の異なる2つの実験に対して相似則の検討を行った結果、重力加速度を同一条件としてスケールリングするフルード則によく適合することが確認され、質量の影響が小さい減衰抵抗が卓越した現象であることが判明した。これより、フルード則による実物大の応答推定法を提案した。

第4章では、1/5スケールの模型実験および1/2スケールの準実物大実験のそれぞれについて、重錘衝撃力と支持フレームに伝達される衝撃力に着目して、2次元有限要素法による動的解析を行い、実験における挙動や衝撃力などの実測結果との検証と、鋼製セル内部の衝撃荷重減衰メカニズムの検討を行った。その結果、セル衝突点の荷重～変位関係は、セル体が高減衰を与えることで再現可能で、特に高速度衝突では、実験のセル挙動と良い適合が見られた。また、支持フレームのひずみ応答は、実験との良い一致が見られ、セル部分の解析パラメータの感度が小さい安定した応答を示し、支持フレームのひずみから導かれる伝達衝撃力は、構造設計への適用性が高いことを指摘した。さらに、2つの実験結果に対して同様の解析手法はよく適合し、これより、実験結果および解析結果の両者の信頼性を確認した。

第5章では、小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤について、性能設計の考え方に沿って要求性能分析を行い、既往技術では検証不可能な事項に対する新技術開発要求の抽出と実験的検証結果をまとめた。まず、性能設計体系の中で構造安全性能において前述の第2章～第4章で検討した耐衝撃性能を位置付け、鋼製セルと支持フレームの期待性能分担分析を行っ

て要求性能に応じて異なる限界状態の設定を行った。また、土石流捕捉性能において別途行った実験的研究成果の応用による性能照査法を示した。さらに、比較設計例を通して本構造の特徴と適用性についての検討を行い、要求性能の相違によっては本構造の適用が有利な場合があり、要求性能の多様化に応じて選択肢が増加することなど、性能設計体系の活用が有効であることを示した。

第6章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の研究課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、筆者らが提案・開発した小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤の設計法確立のために、同構造の力学特性を考察する中で、特に未解明である衝撃応答特性の実験・解析による評価を行うとともに、これらの知見を活用して今後砂防構造物分野においても採用が予想される性能設計法の提案を行ったもので、その主な成果は以下のとおりである。

- (1) 衝撃実験により、衝撃エネルギーは鋼製セルが、荷重は支持フレームが分担する機能分担を明らかにした。また、衝突衝撃力は落石対策便覧の式を修正した推定法を提案し、支持フレームへの荷重伝達率が約半分であることを示した。
- (2) 模型実験と準実物大模型実験の結果から相似則の検討を行い、フルード則によく適合することを確認して、この緩衝効果は粘性的な減衰抵抗メカニズムが卓越した結果であると指摘した。また、フルード相似則による実物大の応答推定法を提案した。
- (3) 2次元有限要素法による動的解析を行い、鋼製セル内部の衝撃荷重減衰メカニズムについて検討を行い、高減衰を与えることで現象を再現した。また、支持フレームのひずみから導かれる伝達衝撃力は構造設計への適用性が高いことを指摘した。さらに、2つの実験に対して同様の解析手法による適合性から、実験・解析結果の信頼性を相互補完した。
- (4) 性能設計法の提案において構造安全性能に対する期待性能分析を行って、実験・解析の知見から、要求性能に応じて部位による異なる限界状態の提案を行った。
- (5) 提案構造に対する要求性能分析と性能照査法の明示を行う中で、新技術開発要求の抽出と実験的検証結果をまとめた。土石流捕捉性能については実験成果の応用による性能照査法を示した。
- (6) 比較設計例を通して本構造の特徴と適用性についての検討を行い、要求性能の内容によっては本構造の適用が有利な場合を示し、要求性能の多様化に応じた選択肢の増加および性能設計体系が活用可能である例を示した。

以上、本論文は筆者らが提案・開発した小径鋼製セルを用いた透過型砂防えん堤について、衝撃応答特性の実験・解析による評価と、これらの知見を活用した性能設計法の提案を行ったものである。これらにより、新しい構造形式の砂防えん堤の設計法の確立がなされ、また砂防構造物分野での性能設計の展開に方向性を示した点で、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年5月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。