

土壌硬度試験による落石防護土堤の損傷度評価に関する実験的検討

豊橋技術科学大学
(株)構研エンジニアリング
(株)構研エンジニアリング
(株)構研エンジニアリング
名古屋工業大学
(国研) 土木研究所寒地土木研究所

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

内藤 直人
○菅原 正則
岡部 里音
海部 友和
前田 健一
中村 拓郎

1. はじめに

落石防護土堤¹⁾(以後、土堤)が落石によって被災した場合、落石の衝突による強度低下が発生した範囲を特定し、被災箇所の補修を行う必要がある。本稿では、落石捕捉性能検証を目的とした重錘衝突実験の試験体(土堤)を対象に、補修時に必要となる損傷範囲の推定を目標とし、重錘衝突によって生じる強度特性変化について、土壌硬度試験を実施して検討を行った。

2. 各種試験内容

2.1 土堤模型実験概要

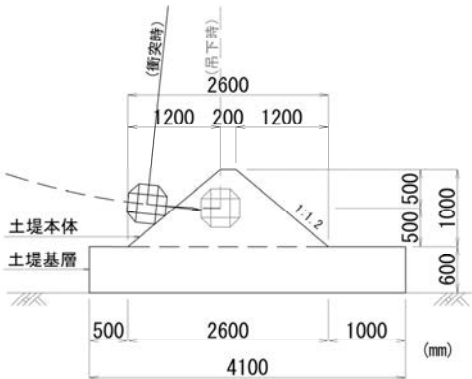
図－1には、実験概要図を示している。本実験に用いた試験体は実規模の1/2程度の中型土堤模型である。試験体寸法は高さ1.0m、天端幅0.2m、法面勾配1:1.2、延長4.6mである。土堤本体下層には厚さ0.6mの基層を設けた。土堤本体端部は木製型枠にて固定している。実験は振り子運動により重錘を衝突させた。重錘衝突箇所は、土堤本体の高さ方向・延長方向の中央部である。重錘形状は1辺あたり0.5mの多面体とした。重錘は質量234.5kg、換算密度2.648ton/m³であった。

土堤試験体の施工については、基層は厚さ0.3m毎、土堤本体は厚さ0.25m毎に砂を敷き均して振動締め固め機を使用して締め固めて整形している。なお、土堤本体および基層ともに同じ材料を用いた。物性値を表－1に示す。

実験ケースは、重錘落下高さを変化させた2ケースであり、計画落下高さを4m、6mに変化させている。高速度カメラにより計測した実測水平衝突速度はそれぞれ8.90m/s、10.56m/s程度、衝突エネルギーはそれぞれ9kJ、13kJ程度である。

2.2 土壌硬度試験概要

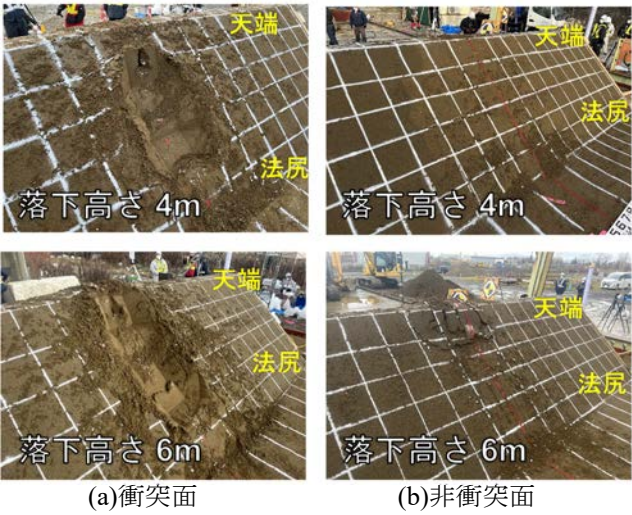
土壌硬度試験の実施位置については、衝突面および非衝突面の法面全体を対象とした。実施のタイミングは土堤模型実験後であり、衝突によって変化する強度特性を把握する目的で実施した。なお、試験に使用した土壌硬度計は、地盤調査の方法と解説²⁾に記載される測子先端形状が円錐の標準型のほか、軟弱な土壌を対象とした平面型(測子先端の円板面積2cm²)も組み合わせて実施した。



図－1 実験概要図

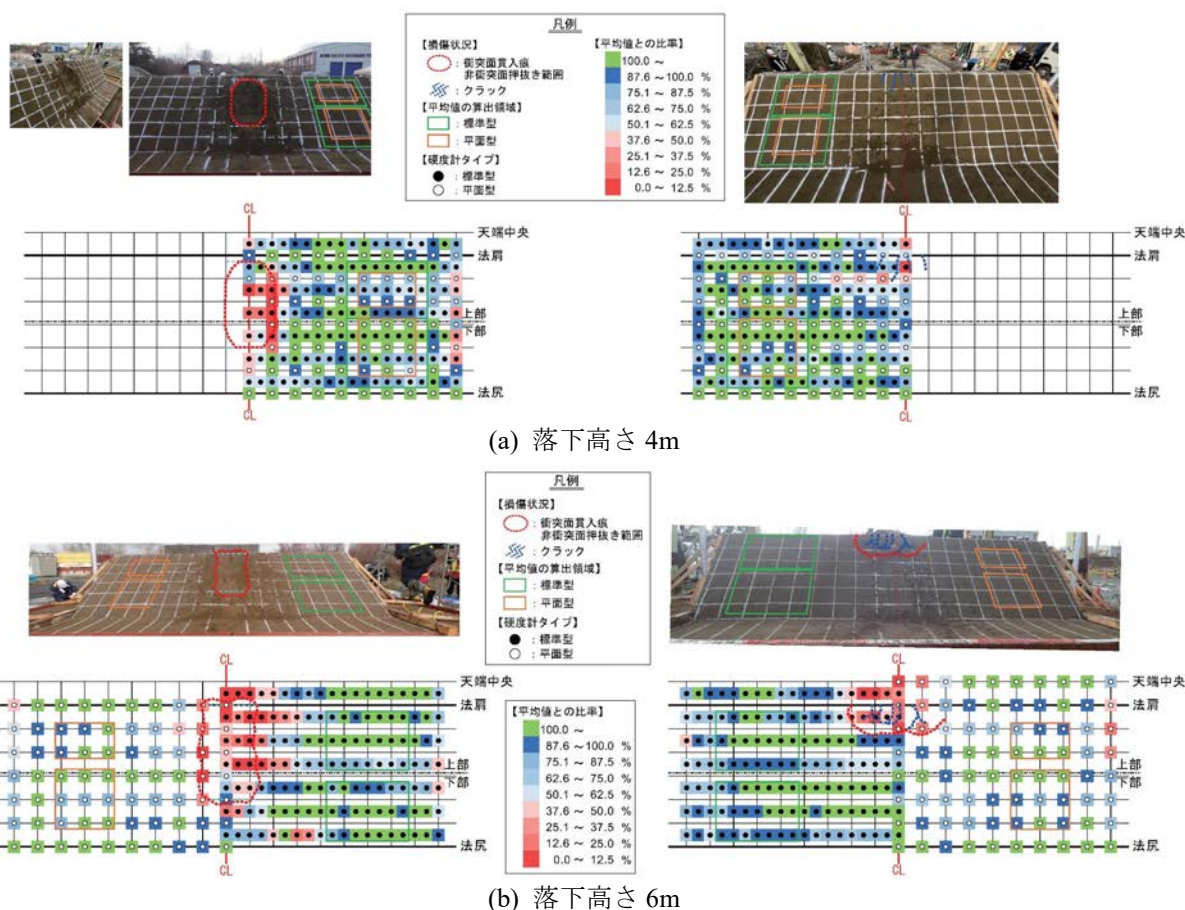
表－1 物性値一覧

項目	単位	試験結果
地盤材料の分類名	-	分級された砂
分類記号	-	SP
土粒子の密度	g/cm ³	2.690
60% 粒径 D ₆₀	mm	0.276
均等係数 U _c	-	1.83
最大乾燥密度 ρ _{dmax}	g/cm ³	1.413
最適含水比	%	25.4
実験時含水比	%	9.5



写真－1 実験後の土堤状況

キーワード 落石防護土堤, 衝突エネルギー, 強度特性, 土壌硬度試験
連絡先 〒065-8510 北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号
株式会社構研エンジニアリング TEL011-780-2811



図－２ 実験後の土堤状況

3. 実験結果

3.1 土堤模型実験結果

写真－１には、実験後の土堤衝突面および非衝突面における外観状況を示している。土堤に描画された白線の間隔は 0.25 m であり、赤線は土堤中央部の载荷位置を示している。

重錘衝突時に重錘が土堤に貫入、その後土堤を削りながら上方にかけ上がった。そのため、いずれの衝突面にも重錘衝突位置から上方に回転してかけ上がった衝突痕が見受けられ、周辺には盛り上がりが確認された。非衝突面には天端付近にひび割れが発生し、落下高さ 6m の場合、押抜き破壊が生じた。

3.2 土壌硬度試験結果

図－２には、土壌硬度試験結果を示している。試験は、円錐形状の標準型を線分中点で、平面型を白線交点で、土堤中央部の赤線を境に左右半分の領域にてそれぞれ実施した。なお、重錘衝突に伴う土壌硬度への影響が比較的小さいことを考慮し、標準型は図中の緑色の枠内、平面型は橙色の枠内でそれぞれ平均値を算出し、各計測値を平均値で除して増減を色分けしている。各色は、減少率 50 % 以上を赤系、減少率 50 ~ 100 % を青系、増加を緑色としてそれぞれ示している。

図－２より、落下高さ 4m の場合および落下高さ 6m の場合ともに衝突面は縦長の矩形状の領域で、非衝突面は縦横比が同程度の領域で赤色系となって

いることが分かる。衝突面および非衝突面にて赤系枠の分布を確認すると、落下高さ 6m の場合における赤色領域の範囲がより広範囲であることがわかる。

以上より、衝突エネルギーを増加させた場合には、衝突箇所および非衝突箇所天端付近の強度低下範囲が拡大する傾向にある。

4. まとめ

本研究では、土堤の落石捕捉性能検証を目的とした重錘衝突実験の試験体 2 ケースを対象に、強度特性変化について比較検討を行った。比較検討の結果、落下高さの増加に伴い、強度低下範囲が拡大した。これにより、土堤の補修必要範囲を被災要因と関連付けて推定できる可能性が示された。

今後は、実施工の土堤実態調査を行い、実際に使用されている材料、土壌硬度、衝突痕状況等を実験結果と比較すると同時に、载荷条件と強度低下範囲の関係性を考察し、損傷範囲の推定方法を提案していく考えである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2017.12
- 2) 公益社団法人地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2013