

鋼材で縦補強した落石防護補強土壁の衝撃実験

IMPACT TESTS ON REINFORCED SOIL WALLS REINFORCED BY GEO SYNTHETICS AND STEEL BAR

西田 陽一*, 井上 昭一**, 吉田 真輝***, 竜田 尚希****

Yoichi NISHITA Shoichi INOUE, Masaki YOSHIDA, Naoki TATSUTA

* (株)プロテックエンジニアリング 技術開発部 (〒950-0971 新潟市近江 155 番地 5)

**工修 (株)プロテックエンジニアリング 技術開発部長 (〒950-0971 新潟市近江 155 番地 5)

*** 前田工織 (株) 技術部 (〒919-0422 福井県坂井郡春江町沖布目)

****工修 前田工織 (株) 技術部 (〒919-0422 福井県坂井郡春江町沖布目)

キーワード：補強土壁，落石，衝撃，エネルギー吸収能
(reinforced soil walls, rock fall, impact, energy absorption capacity)

1. はじめに

これまで，柔な土構造物のエネルギー吸収性能に注目し，効率よく落石エネルギーを吸収する補強土擁壁の研究¹⁾²⁾を行い，ジオグリッドを配置した補強土擁壁で大きな落石エネルギーを吸収できることが確認されている。

一方，軟らかくエネルギーを吸収するという特徴から，落石衝突後はある程度の形状変形が生じることになる。

本研究では，せん断方向の補強による変形抑制効果の確認を目的として，鋼材で縦補強結した補強土擁壁に重錘を衝突させ，繰り返し荷重下での補強土擁壁のエネルギー吸収性能を確認した。

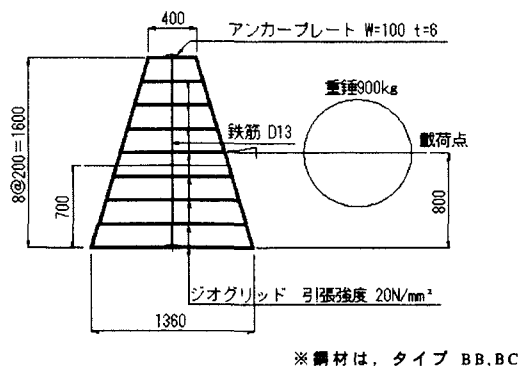


図 - 1 供試体断面図

2. 実験の概要

(1) 実験供試体

供試体の概要を図-1～3に示し，供試体の種類を表-1に示す。

供試体の形状は，実物の 1/2.5 スケール（実物スケール：天端幅 1.0m 壁高 4.0m を想定）とし延長は 7.2m とした。

供試体の種類は，鋼材の補強効果を比較するため鋼材無補強供試体 BA，鋼材補強した

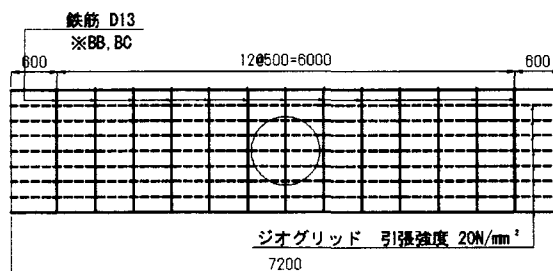


図 - 2 供試体側面図

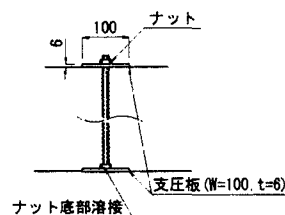


図 - 3 定着部の詳細

表-1 供試体の種類

供試体	供試体の概要
タイプBA	グリッドのみ
タイプBB	グリッド、鉄筋
タイプBC	グリッド、鉄筋（プレストレス）

表-3 実験の種類

種類	落下高さ	重錘	エネルギー
漸増载荷	1m,2m,3m,	900kg	9kJ~27kJ
単一载荷	3.0m	900kg	27kJ

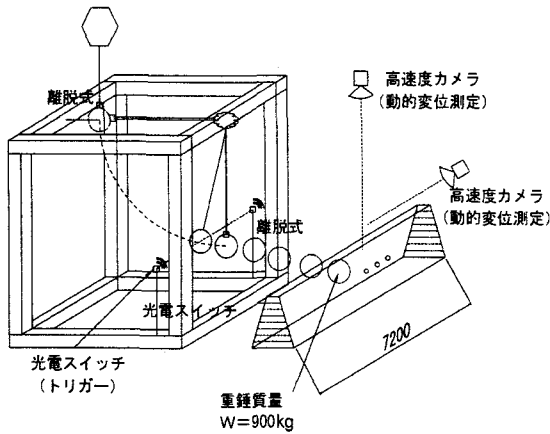


図-4 載荷概要図

BB および鋼材にプレストレスを導入した BC の 3 種類とした。

供試体は、両面を鋼製の壁面ユニットを配置した後に 20cm 間隔でジオグリッドを敷き転圧した。なおジオグリッドは、延長方向に連続している。

BB、BC に用いた補強鋼材は、SD295A 全ネジ異型鉄筋 D13 を载荷中心から 50cm 間隔で 13 本配置し、堤体の上下面に幅 100mm 厚さ 6mm のフラットバーを用いてナットで定着した。定着部の詳細を図-3 に示す。

プレストレスを与えた BC タイプの緊張力は、重錘衝突時に鋼材の応力増加が考えられるため許容応力度の 1/3 程度の 15kN/本 (118N/mm²) とし、漸増载荷では、载荷後供試体に変形して鋼材の緊張力が除荷されるため载荷毎に再緊張を行った。

(2) 使用材料

使用材料を表-2 に示す。使用した材料は、過去に行った実験と同様、土材料は、実物と同様なものを使用し、土材料以外は、実物の 1/2.5 となるような強度および形状とした。

表-2 実験の種類

盛土材		ジオグリッド	
礫分(2~75mm)	1.1 %	引張強度	20 kN/m
砂分(0.075~2mm)	90.3 %	縦伸度	5 %
細粒分(0.75mm未満)	8.6 %	幅	0.4 m
自然含水比	13.57 %	鋼材	
最適含水比	18.39 %	規格	SD295A D13
土粒子の密度	2.665 g/cm ³	降伏強度	295 N/mm ²
最大乾燥密度	1.669 g/cm ³		

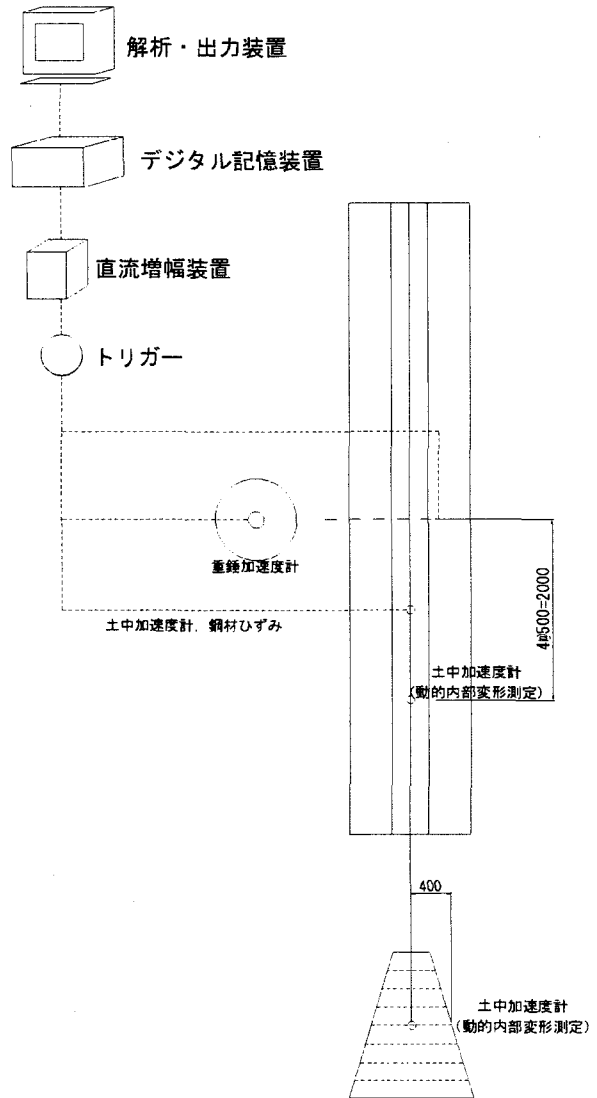


図-5 計測システムの概要

(3) 載荷方法

载荷パラメーターを表-3 に示し、载荷概要を図-2 に示す。载荷は、質量 900kg の重錘を所定の位置までチェンブロックで持ち上げ、振り子式载荷とした。なお重錘を水平に衝突させるために重錘の振り子軌道上に離

脱装置と連動するセンサー設置し、重錘がセンサーを通過した後に離脱させ、放物線を描き供試体に衝突する方法とした。

(3) 計測項目および計測方法

図-5に計測システムの概要を示す。

計測項目は、重錘加速度（3軸加速度の合成成分）、供試体内部に設置した堤体内部変位計測用の加速度計、補強鋼材の引張ひずみをサンプリング間隔 5kHz で計測し、載荷前と載荷後にトータルステーションを用いて供試体各点の座標を計測し残留変形を確認した。また供試体の挙動を確認するため2方向から高速ビデオカメラを用い毎秒 200 コマで撮影した。

3. 実験結果および考察

(1) 重錘衝撃力および吸収エネルギー

図-6は、落下高さ 3.0m での重錘衝撃力と変位の関係を示し、図-7は、吸収エネルギーと変位の関係を示している。なお、吸収エネルギーは、重錘が衝突してから停止するまでの重錘衝撃力と変位を積分した値であり、吸収エネルギーの限界値は、エネルギー変位曲線の変位が急増する点とした。

単一載荷での重錘衝撃力および吸収エネルギーは、鋼材補強の有無に関わらず概ね近似した結果となっている。

一方、漸増載荷では、鋼材の補強と無補強の違いが大きく現れ、重錘衝撃力および吸収エネルギーで無補強の BA が補強した BB, BC の約 64%程度となっている。これは、堤体内部の土が水平荷重を繰り返し受けることで徐々に緩み、せん断抵抗力が低下したものと考えられる。

次にプレストレスの有無を比較するとプレストレスを導入した漸増載荷時の BC が BB に比べ初期勾配がやや急勾配であるものの大きな差は確認されなかった。

これらから鋼材で縦補強するだけでも堤体内部の土を拘束し、エネルギー吸収性能の低下を抑制することができると思われる。

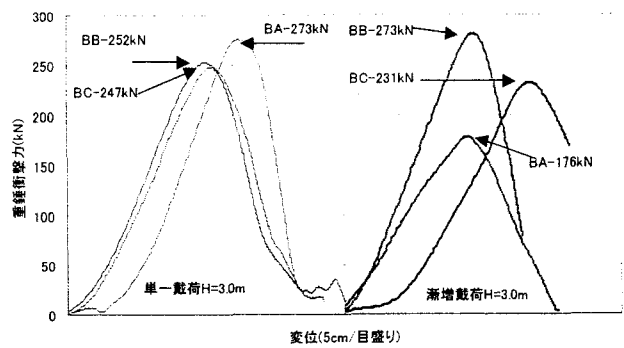


図-6 重錘衝撃力と変位の関係

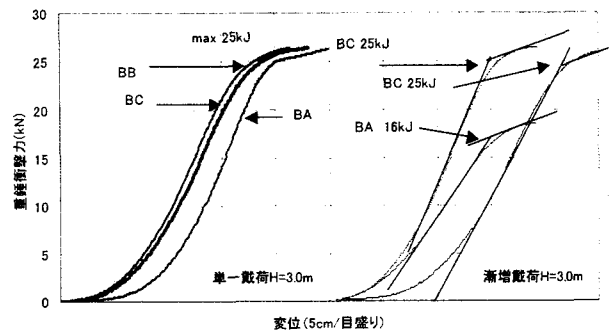


図-7 吸収エネルギーと変位の関係

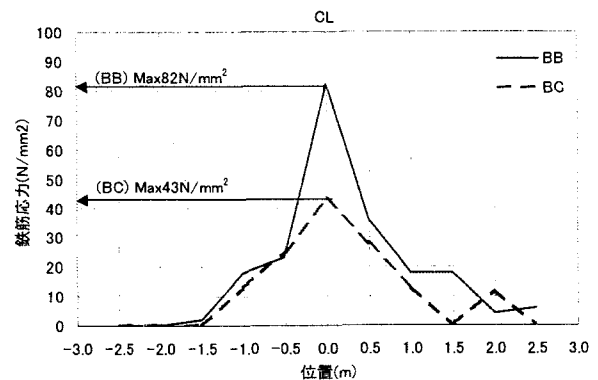


図-8 鋼材の最大応力 (漸増載荷 H=3.0m)

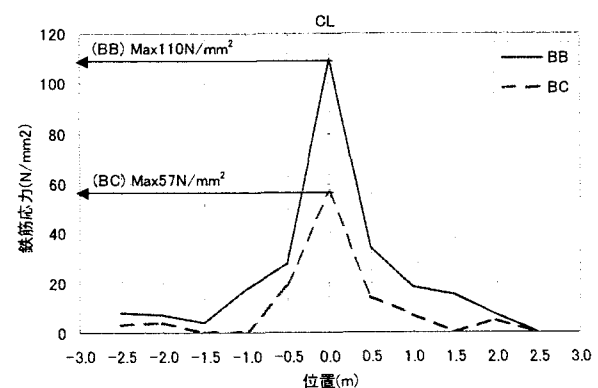


図-9 鋼材の最大応力 (単一載荷 H=3.0m)

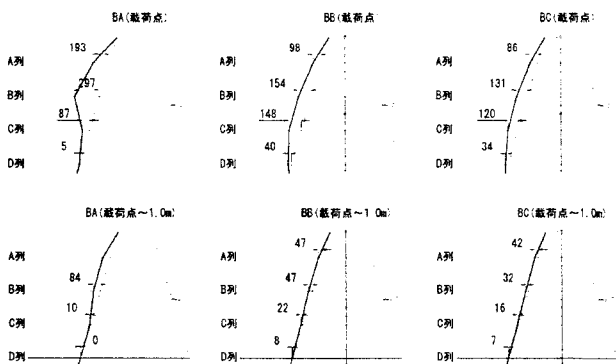


図-10 残留変位 (漸増載荷 H=3.0m)

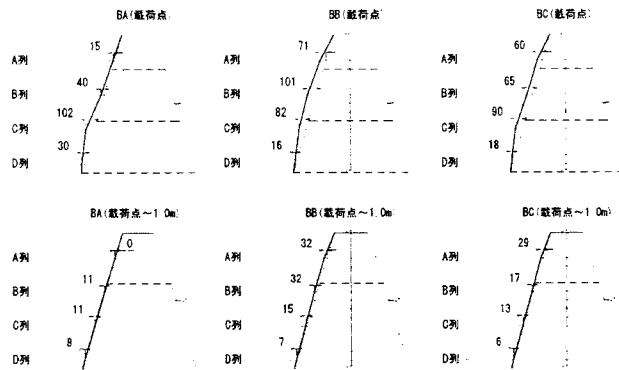


図-11 残留変位 (単一載荷 H=3.0m)

(2) 鋼材の応力

図-8, 9に落下高さ 3.0mでの漸増載荷および単一載荷での供試体各位置の鋼材最大応力を示している。横軸に載荷中心からの距離を示しており縦軸に鋼材の応力を示している。なお鋼材の応力は、重錘衝突時からの増加応力である。

漸増載荷では、衝撃力作用後の載荷中心の鋼材応力は、BBがBCに比べ約2倍程度となっており、載荷中心以外ではその差は比較的小さい。

単一載荷では、衝撃力作用後の載荷中心での鋼材の応力は、BBがBCの2倍程度となっているが、載荷中心以外ではBBがBCに比べ大きくなっている。

これらから、プレストレスを導入することで土の拘束力が高くなり、体積変化が小さくなることで鋼材の応力に差が生じたものと考えられる。

(3) 残留変位

図-10, 11に落下高さ 3.0mでの漸増載荷および単一載荷の載荷点および載荷点から 1mの位置での残留変位を示している。

漸増載荷での残留変位は、載荷点および載荷点から 1mの位置での最大変位が無補強の供試体 BAが鋼材で補強した BB, BCの約2倍の残留変位となっている。

一方、単一載荷では、載荷点の最大変位に大きな差は見られなかった。

4. まとめ

- ・ 単一な荷重を受ける場合では、無補強および鋼材での縦補強の差はなく、想定される荷重が落石のような場合では、無補強で十分なエネルギー吸収性能があることが確認された。
- ・ 繰り返し荷重を受けた場合では、補強土擁壁を鋼材で縦補強することで堤体内部の土の拘束力を保持し、残留変形を小さくすることができることが確認された。
- ・ 今回の載荷モデルでは、プレストレスを導入したものとしらないものでは、鋼材の応力に差があったものの、エネルギー吸収性能および残留変位に大きな差はなく、鉄筋挿入のみでも十分な拘束効果が期待できると考えられる。

5. おわりに

補強土擁壁を鋼材で縦補強することで繰り返し衝撃力を受ける荷重下での土の拘束力の低下を抑制することができた。

今後は、雪崩や崩壊土砂のような流体で比較的荷重の作用時間の長い衝撃荷重に対しても補強効果が期待できると考えられる。

【参考文献】

- 1) 永吉哲哉他: 落石防護補強土壁のモデル衝撃実験結果の分析, 第37回地盤工学研究発表会
- 2) 井上昭一他: 落石防護を目的とした補強土擁壁の耐衝撃性に関する実験について, 第6回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム, 土木学会, pp239-244, 2002.07