

(12) ジオテキスタイルを用いた落石防護擁壁の動的応答解析

DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS OF GIO-ROCK-WALL REINFORCED BY GIOTEXTILE

小畑 康隆*, 野村 利充**, 横田 義弘***, 吉田 博****

Yasutaka OBATA, Toshimitsu NOMURA, Yoshihiro YOKOTA, Hiroshi YOSHIDA

*工修 (株) エイ・シー・デイ 設計部 (〒939-1362 富山県砺波市太郎丸3903番地)

** (有)ジオワールド 代表取締役社長 (〒950-2102 新潟県新潟市五十嵐2の町9143-48)

*** 前田工織(株) 工法推進課長 (〒919-0422 福井県坂井郡春江町沖布目38-3)

**** 工博(株)エイ・シー・デイ 代表取締役社長 (〒939-1362 富山県砺波市太郎丸3903番地)

キーワード：盛土擁壁，補強，ジオテキスタイル，動的応答解析
(soilo wall, reinforcement, geotextile, dynamic response analysis)

1. はじめに

近年，我が国では急峻な斜面をもつ山岳地帯，沿岸地帯まで道路網が拡充され，地域経済の発展に寄与してきた。一方，これらの地域では落石や雪崩などの自然災害により，交通の安全性が損なわれる場合が多い。落石は，斜面崩壊の中のひとつの現象であり，岩盤の割れ目の拡大により岩塊や礫が剥離したり，固結力の小さな地層中の岩塊が，風雨などにより表面に浮き出して落下する現象と定義されている¹⁾²⁾。

このような落石に対する防護施設のうち，比較的小規模な落石に対して，道路側近に設けられる防護工として落石防護擁壁がある。現在，落石防護擁壁はコンクリート擁壁が主流であるが，以下の欠点がある。

(1) 剛性が高いことから落石の衝突エネルギーの吸収性能が悪い。

(2) 重量構造物となるため地盤が悪い場合には，基礎工に相当のコストがかかる。

(3) 主材がコンクリートであるため高価である。

そこで，著者らはこれらの欠点を克服する防護擁壁として，補強盛土工法等に用いられているジオテキスタイルにより築造した落石防護擁壁を考案した(以後，ジオ・ロックウォールと称す)。ジオ・ロ

ックウォールの特徴を以下に示す。

(1) フレキシブルな構造であり，エネルギー吸収性能が優れており，基礎地盤に対する配慮が極度の軟弱地盤を除いて不要である。

(2) ジオテキスタイルを用いることにより，通常の盛土に比べ急勾配で築造できる。

(3) 擁壁表面に植生が可能であり，景観的な配慮が可能である。

(4) 主材が土砂であるため，コンクリート擁壁に比べ安価である。

ジオ・ロックウォールの構造は，受撃面に筒状のジオテキスタイルに砂を充填した受撃体を設置し，壁本体はジオテキスタイルを用いた補強土盛土とした。図1.1にジオ・ロックウォールの模式図を示す。

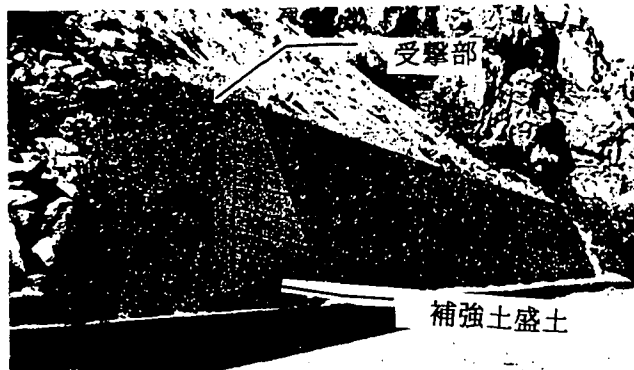


図1.1 ジオ・ロックウォール

本研究では、まず土砂の衝撃荷重に対する物性値を推定するために行った室内実験について述べ、つぎにジオ・ロックウォール、およびジオテキスタイルを30cmごとに設置し転圧を行った補強土盛土単体の動的応答解析結果を示し、最後にジオ・ロックウォールの構造特性について述べる。

2. 室内実験

2.1 実験概要

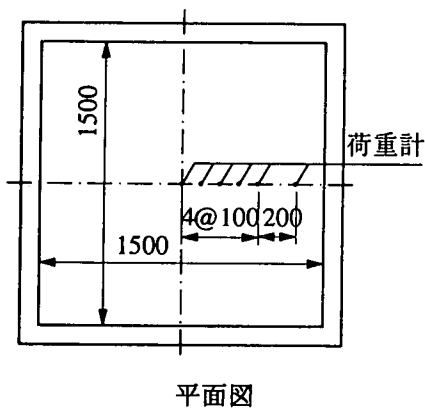
ジオ・ロックウォールおよび補強土盛土単体の動的応答解析は、充填される砂の材料特性として、圧力依存型モール・クーロンモデルを用いて行うものとした。このモデルにおいて必要とされる物性値は単位体積重量 γ 、内部摩擦角 ϕ 、粘着力 c 、およびせん断弾性係数 G である。これらの物性値のうち、せん断弾性係数 G は、圧力 p の関数として次式により表される。

$$G = Ap^B + C \quad (1)$$

(1)式における A 、 B 、 C は、物体の衝突により生じる圧力 p に対する係数であるため、静的な試験で決定することは困難である。よって、本研究では、土砂上に重錘を落下させる室内実験を実施し、せん断弾性係数 G の圧力関数を解析的に求めるものとした。

室内実験では、砂の動的特性を調べるために1.5m×1.5mの枠内に10cm毎に締固めを行った厚さ40cmの供試体を作成した。この供試体土に重量30kgfの重錘を高さ2mから落下させ、重錘応答加速度、落下点の沈下量および土砂底面における伝達応力度を計測した。図2.1に実験装置の概要を示す。

なお、動的応答解析において単位体積重量、内部摩擦角、および粘着力は、締固め度を想定して行った室内試験により求めた値を使用するものとした。



平面図

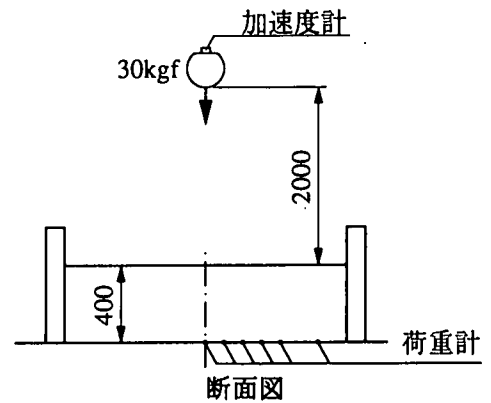


図2.1：実験装置概要

2.2 実験結果および考察

重錘落下実験は3ケース実施し、中間的な値を用いて解析を行った。表2.1に土砂の室内試験結果および表2.2に実験結果一覧表を示す。

表2.2におけるケース2についてせん断弾性係数の圧力関数を変化させた動的応答解析を行い、実験結果の再現を試みた。この結果(2)式に示す圧力関数で実験結果をほぼ再現できた。

$$G = 161.2p^{0.5} + 0.051 \quad (2)$$

図2.2に室内実験および動的応答解析により得られた重錘応答加速度-時間曲線を示し、図2.3に落下点直下の伝達応力度-時間曲線を示す。図2.2において、解析値が実験値より若干大きな値を示しているが、ほぼ再現できていることがわかる。また、図2.3より伝達応力度についても同様に再現できていることがわかる。

表2.1：土砂の室内試験結果

単位体積重量 (tf/m ³)	1.600
内部摩擦角 (°)	30.0
粘着力 (tf/m ²)	0.500

表2.2：実験結果一覧表

	最大応答 加速度 (G)	落下点直下最大 応力度 (kgf/cm ²)	落下点 沈下量 (cm)
ケース1	22.426	0.510	6.900
ケース2	28.498	0.791	8.200
ケース3	34.360	0.941	10.400

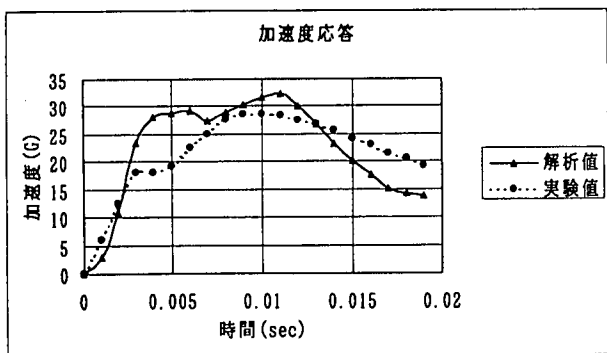


図2.2：重錘応答加速度

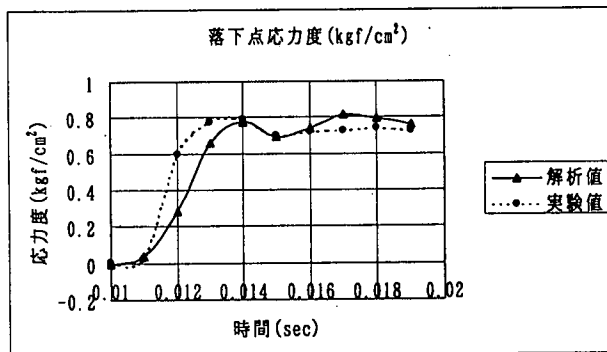


図2.3：落下点伝達応力度

3. 動的応答解析

3.1 解析モデル

解析に用いたモデルを図3.1に示す。

この解析モデルに衝突高 2.8m, 落石重量 3tf, 落石速度 20m/sec を入力とし、動的応答解析を行った。

図3.1の解析モデルにおいて、ジオ・ロックウォールの解析では、受撃部にジオテキスタイルをシェル要素として設置した。なお、シェル要素は弾性範囲内で挙動するものと仮定した。

壁体は、両ケースにおいて 30cm 間隔にジオテキスタイルを設置するものとし土とジオテキスタイルの摩擦係数を与えた。³⁾

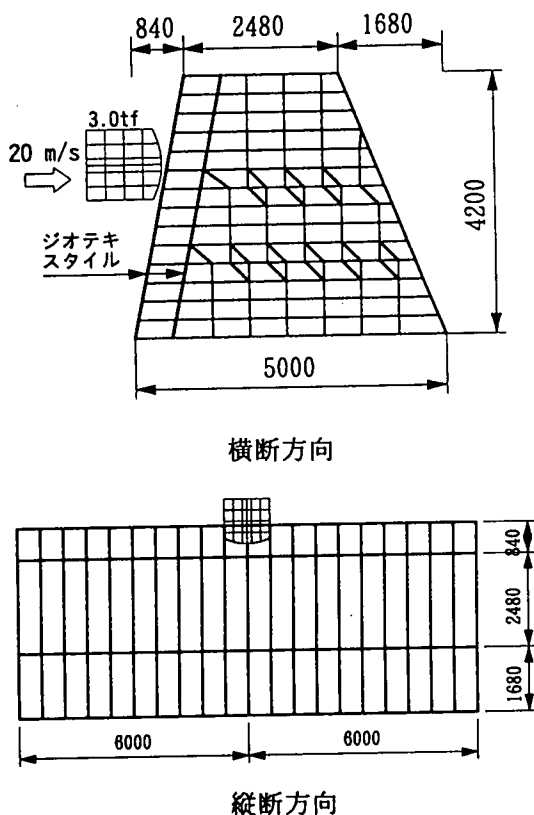


図3.1：解析モデル

3.2 解析結果および考察

ジオ・ロックウォールの動的応答解析を行った結果、約 0.10 秒で衝突点の水平変位が一定となり収束が確認された。収束時の受撃部における最大変位は 50.4cm であった。図3.2にジオ・ロックウォールの変形図を示す。

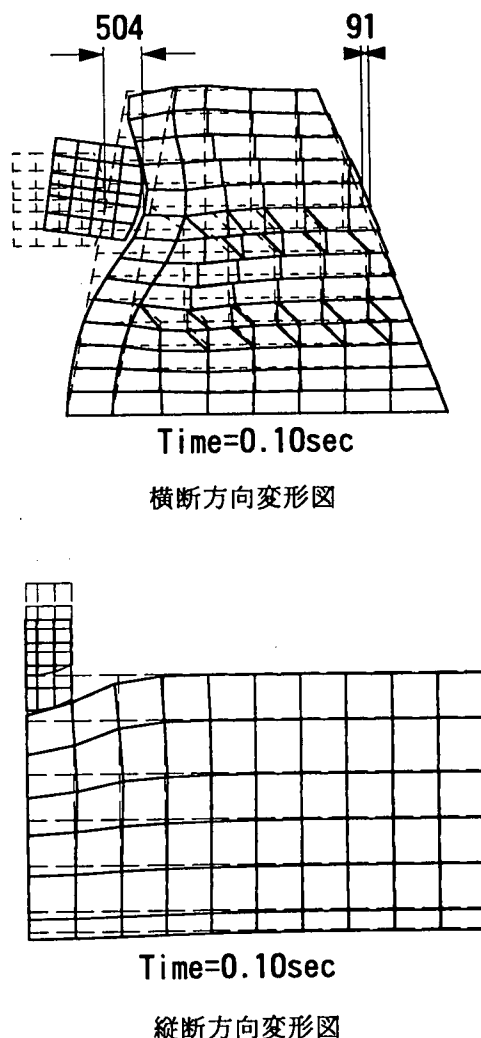
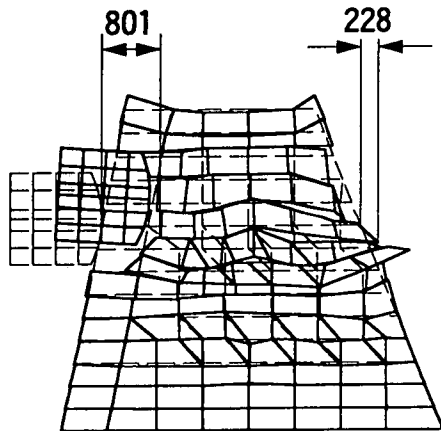


図3.2：ジオ・ロックウォール変形図

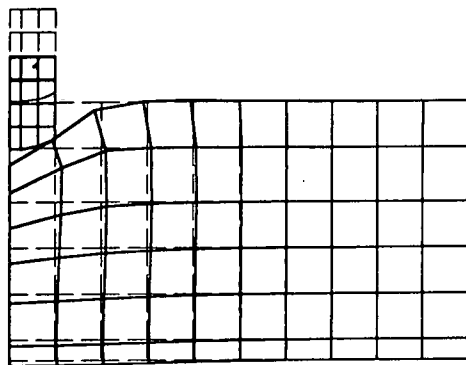
補強土盛土単体の解析では、約 0.12 秒で水平変位が一定となり収束が確認されたが、受撃部の最大変位が 80.1 cm であり、ジオ・ロックウォールに比べ大きな変位が発生した。また、図3.3に示す補強土盛土単体の変形図において、衝突裏面にまで変形が達しており、破壊に近い状態であると考えられる。

これらのことより、受撃部に筒状のジオテキスタイルを設置することにより、壁体の変形を抑えて落石エネルギーを吸収することが可能であると考えられる。



Time=0.12sec

横断方向



Time=0.12sec

縦断方向

図3.3：補強土盛土変形図

4. まとめ

本研究では、エネルギー吸収能の優れたフレキシブルな落石防護擁壁の開発を目的として、ジオ・ロックウォールの動的応答解析を行った。本研究により得られた成果をまとめると以下ようになる。

(1) 土砂単体のせん断弾性係数の圧力関数は、室内実験結果より解析的に推定することができた。

(2) 補強土盛土単体の動的応答解析を行った結果、受撃裏面まで変形が達し、破壊に近い状態であった。

(3) 受撃部に土砂を充填した筒状のジオテキスタイルを設置することにより、補強土盛土単体より小さい変形量で落石エネルギーを吸収できる。

(4) 今後、新しい落石防護擁壁としてジオ・ロックウォールを用いることが可能であると考えられる。

今回の研究では、エネルギー吸収能の優れたフレキシブルな落石防護擁壁の開発の前段として、動的応答解析により変形性能照査を試みた。しかし、本研究では解析手法の検証に重点を置いたため、多くの条件について検討を行うまでには至っていない。今後、多くの条件について検証を行うとともに、実物大の検証実験も実施していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：構造物の衝撃挙動と設計法，土木学会，構造工学シリーズ6，1994年1月
- 2) 日本道路協会：落石対策便覧，日本道路協会，1983年7月
- 3) 斜面・盛土補強土工法技術総覧編集委員会：斜面・盛土補強土工法技術総覧，1995年9月