

気泡混合軽量盛土のせん断挙動に関する研究

長岡技術科学大学大学院 学生会員 星野 大輔
 長岡技術科学大学 正会員 海野 隆哉
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 渡邊 康夫
 長岡技術科学大学 正会員 高田 晋

1. はじめに

気泡混合軽量土は、その横断面の形状を矩形にして用いられる事が多い。地震による水平荷重を受けた場合、この盛土にはせん断応力が発生すると同時に、斜め引張り応力が発生する。固化材で強化された気泡混合軽量土は、圧縮応力やせん断応力には強くても、引張り応力にはきわめて弱い事が想定される。そこで、この引張り強度を確かめる試験を行った。本研究では軽量土の大型供試体を作製し、垂直荷重および水平荷重を作用させ2軸応力状態を再現し、供試体に斜め引張り応力を生じさせる水平載荷試験を行い、軽量盛土が有する引張強度を求め水平せん断抵抗力を確認し、引張強度による軽量盛土への影響を明らかにする。

2. 試験装置概要

本試験では図1に示す載荷装置を用いて水平載荷試験を行った。上部装置は油圧式アクチュエーターによる水平荷重をスムーズに伝達させるために剛性が高くかつ簡単な構造とした。上・下部装置内部には水平荷重載荷時に供試体端部の圧縮破壊を防ぎ、供試体全体にせん断力を均一に伝達させる目的でせん断歯を設置した。また供試体側方には鉛直方向のせん断力を与え、水平荷重載荷時の供試体浮上りに伴う上・下部の圧縮・引張破壊を防ぐために、同様にせん断歯を設置した浮上り防止装置を配置した。なお下部装置との連結部分には丸鋼を用いてヒンジ

とし供試体の変形に伴って浮上り防止装置が傾斜する仕組みとした。上部装置の上部には上載圧載荷装置を設け油圧ジャッキによる垂直圧を均等に載荷させる構造とした。

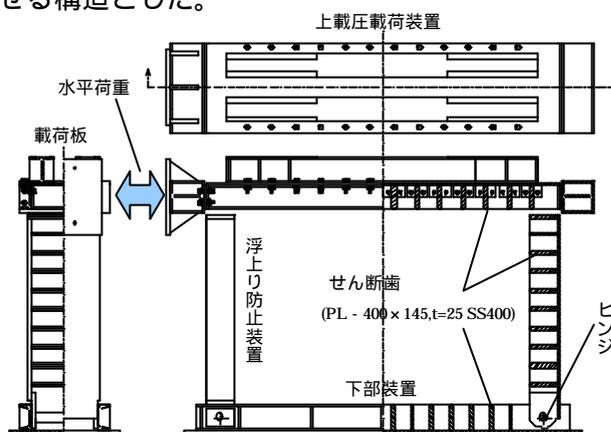


図1 水平載荷試験載荷装置治具

3. 供試体作成方法

試験に用いた供試体は、表1の配合設計に基づいて作製した。供試体はプレフォーム方式で作製し、型枠に打設後、所定の強度が発現するまで気中養生を行った。供試体の大きさは、長さ1.8m×高さ1.2m×幅0.4mの直方体とした。

表1 供試体配合

| Case | 目標密度 (t/m^3) | 固化材 (kg/m^3) | 粘土 (kg/m^3) | 混練水 (kg/m^3) | 空気量 (l/m^3) |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1,2,4,5 | 0.680 | 180 | 180 | 297 | 578 |
| 3 | 0.770 | 210 | 210 | 329 | 523 |

キーワード：気泡混合軽量土、斜め引張り強度、水平載荷試験

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学環境建設系 0258-46-6000（代表）

4. 試験条件および試験方法

図2に試験概要図、表2に各試験ケースの試験条件を示す。上載圧荷用のジャッキで上載圧を載荷し、アクチュエーターにより水平荷重を与え、荷重増加が見られなくなった段階で終了する。載荷方法は押し引きする交番載荷方式とし、目標載荷重を50kN ピッチで増加させる載荷サイクルで試験を行った。また水平荷重・供試体変位・上載圧および供試体表面ひずみは、試験開始から20秒間隔で継続して測定を行った。

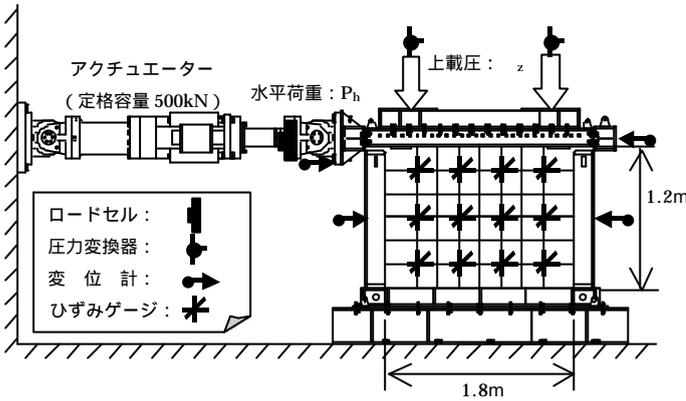


図2 試験概要図

表2 試験条件

| Case | 目標圧縮強さ qu (kN/m ²) | 目標上載圧 z (kN/m ²) | 備考 |
|------|-----------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | 500 | 150 | 基本ケース |
| 2 | 500 | 55 | 列車荷重相当 |
| 3 | 1000 | 150 | |
| 4 | 500 | 150 | 側部せん断歯無し |
| 5 | 500 | - | 上載圧無し |

5. 試験結果及び考察

代表的な荷重 - 変位関係およびクラック図として Case2 の結果を図3 に示す。また、Case1~5 のクラック発生荷重 (P_{crack})、最大荷重 (P_{max}) および式1で求めた斜め引張強さ (dt) を表3 に示す。全 Case を通じて載荷初期段階では図3のようにほぼ弾性挙動を示し、クラックが発生した後は緩やかな勾配をもって荷重増加した。Case1, 2, 5 を比較すると、供試体に作用する上載圧が大きいほどクラック発生荷重・最大荷重共に大きくなった。一方、斜め引張強さはばらつきのあるものの、Case1, 2, 5 共にほぼ同じ値となっている。上載圧とクラックの勾配には相関性があり、上載圧が大きいほどクラックの勾配は鉛直に近づいた。Case1 と3 を比較すると、空

気量が少ない Case3 で初期クラック発生荷重が大きくなったが、最大荷重はほぼ同程度の値となった。供試体の空気量は供試体が降伏するまでの範囲内では気泡混合軽量土の変形特性に大きな影響を与えるが、クラック発生後については余り影響していないと思われる。Case1 と4 を比較すると、浮上り防止装置から作用するせん断力を板により遮断した Case4 では初期クラック発生荷重・最大荷重ともに小さくなった。全 Case 通じて載荷点付近で局部的な圧縮破壊は見られず供試体全体で破壊しており、Case4 以外では正負交番載荷で見られるバツ印状のクラックが発生している事を確認した。

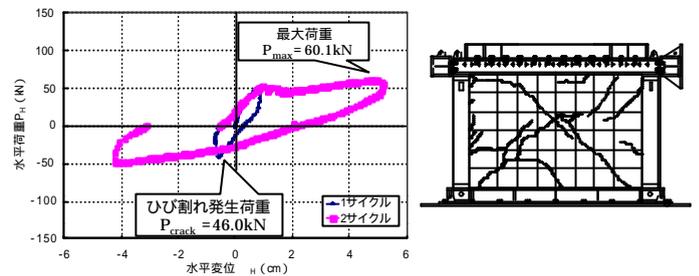


図3 荷重 - 変位およびクラック図

表3 水平載荷試験結果一覧

| Case | qu | z | dt | P _{crack} | P _{max} |
|------|----------------------|-------|------|--------------------|------------------|
| | (kN/m ²) | | | (kN) | |
| 1 | 624.6 | 156.5 | 36.4 | 60.3 | 98.2 |
| 2 | 650.5 | 54.2 | 42.3 | 46.0 | 60.1 |
| 3 | 766.6 | 157.1 | 64.4 | 86.0 | 94.0 |
| 4 | 658.8 | 156.0 | 13.9 | 35.0 | 50.1 |
| 5 | 535.9 | | 37.2 | 26.8 | 26.8 |

$$dt = \frac{\sqrt{\frac{z^2}{z} + 4 \frac{h^2}{z}}}{2} \dots \text{式1}$$

(h : Ph によるせん断応力)

8. まとめ

気泡混合軽量土は、2 軸応力下でせん断に伴って発生する引張応力に対して非常に弱い材料であり、初期に発生したクラックが構造上の弱部となり、発生したクラックに追従する形でクラックが進行する。その初期クラックが、供試体の挙動に大きな影響を及ぼす事が分かった。気泡混合軽量土の2 軸応力に伴う斜め引張強さは一軸圧縮強さのおよそ 12~47 分の1程度と非常に小さい値となった。