

湿潤状態下で繰返し荷重を受ける気泡混合軽量盛土に関する研究

長岡技術科学大学大学院 学会員 ○野上 和馬

長岡技術科学大学 正会員 海野 隆哉

同 上 正会員 高田 晋

同 上 正会員 畔野 明

1. はじめに

現在鉄道で用いられている軽量盛土は表層コンクリートで覆われている。しかし、地震などの外力や施工不良などによって表層コンクリートが破損し、破損箇所から雨水が浸透することも想定される。昨年度試験的に行われた軽量盛土に水を供給し湿潤状態における繰返し載荷試験を行った所、鉄道線路で問題となっている噴泥現象と同様の挙動を確認した。そこで本研究では、この挙動を解明するため湿潤状態とした軽量盛土に列車走行時のデータを基にした繰返し圧を載荷する試験を行った。

2. 試験概要

2-1. 軽量盛土模型の作製方法

試験で用いた軽量盛土模型（以下盛土模型）は表-1の配合設計に基づいて作製した。盛土模型は固化材と粘土、水を練り混ぜてスラリー状にしたものに、気泡発生装置で発泡させた気泡を混入する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。ただし、打設後4,5日で脱型し、盛土模型に電気毛布を巻いて養生したので、盛土模型表面は湿った状態(Case7 除く)である。盛土模型の寸法は、長さ 0.9m×高さ 0.5m×幅 0.3mの直方体である。

2-2. 試験方法

図-1に試験概要図、表-2に試験ケースを示す。表-2に示すように上載圧、繰返し圧を一定とし、設計強度を変化させた繰返し載荷試験を行った。本試験では、反力フレームに起振機とベロフラムシリンダーを据え付け、ロードセルを介して上載圧をベロフラムシリンダーで、繰返し圧を起振機によって載荷する。載荷重を盛土模型に伝達させる載荷板は、縦 20cm×横 20cm×厚さ 2cm の鋼板とした。また繰返し荷重の振動数を 20Hz とし、基本ケースであるCase1 では試験開始から試験終了までの繰返し載荷回数を 200 万回とした。そしてCase2～8は載荷板付近に水を加え、盛土模型の湿潤状態における繰返し載荷試験を行った。載荷方法は予備載荷(載荷板と盛土模型のなじみおよび初期沈下分)、乾燥状態、湿潤状態の3行程に分けて行った。なお、Case7では噴泥現象を生じた昨年度の繰返し載荷試験とほぼ同条件にするために、ジェット気泡混合軽量盛土、繰返し載荷試験、噴泥現象

表-1 盛土模型配合設計(1m³当り)

Case	設計強度 (kPa)	水セメント比	固化材 (kg)	粘土 (kg)	水 (kg)	空気量 (%)
1～3,6,7	500	1.65	180.0	180.0	297.0	57.8
5	1000	1.57	210.0	210.0	329.0	52.3
4,8	1500	1.44	240.0	240.0	345.0	48.7

表-2 試験ケース

Case	設計強度 (kPa)	上載圧 (kPa)	繰返し圧 (kPa)	支持条件	供給水量
1	500	70	± 55	剛床	0(基本ケース)
2	500				4ml/min
3	500				4→8→12ml/min
4	1500				4ml/min
5	1000				4→8→12ml/min
6	500				1→2→4ml/min
7	500				4→8→12ml/min
8	1500				4ml/min

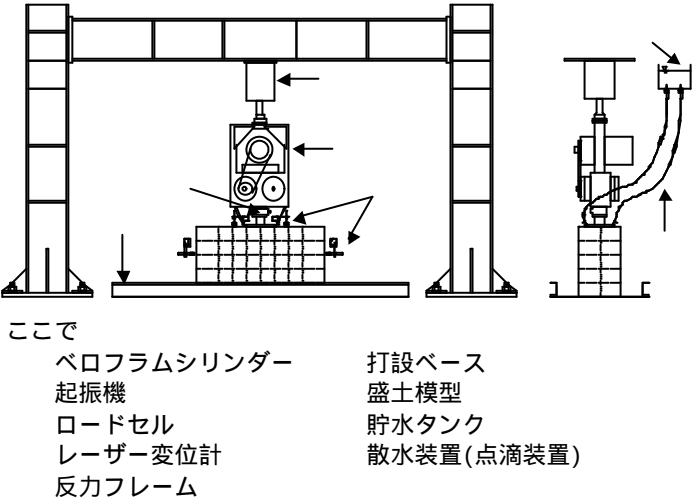


図-1 試験概要図

ヒーターを用いて盛土模型を十分に乾燥させ、細かい乾燥ひび割れを発生させた。

3. 試験結果と考察

表-3 に盛土模型の一軸圧縮強さと載荷重を示す。ほとんどの試験 Case において、盛土模型の一軸圧縮強さは設計強度よりも大きな値を示した。

図-2 に Case1 および Case2～8 の予備載荷と乾燥状態における沈下量と載荷回数との関係を示す。図より全ての試験 Case で繰返し圧による盛土模型の沈下量は約 0.1mm とほとんど見られなかった。次に Case2～8 の湿潤状態における沈下量と載荷回数の関係を図-3 に示す。なお、Case5,6 は載荷板直下の盛土模型に水を供給した後からの載荷回数である。Case4,8 を除く全ての湿潤状態試験 Case でスラリー状の軽量土が噴出する噴泥現象を確認した。そして噴泥現象が発生すると載荷板直下の盛土模型の沈下量は急激に進行した。また Case2,3 に注目すると、両者共に設計強度が同じであるにも関わらず噴泥現象が発生した載荷回数が異なっている。しかも Case3 に至っては載荷回数 215 万回時に載荷板付近の盛土模型に傷を付け、載荷板と盛土模型の間に水を浸入しやすくして、載荷回数 250 万回になり噴泥現象が発生した。このことから載荷板の下方の盛土模型に水が浸透すると噴泥現象が発生すると推測される。図-4 に流量値と沈下曲線勾配の関係を示す。なお、流量値の下に示されている数値は、流量値を載荷板面積で除した値である換算雨量を表している。散水装置から供給される水量を変化させた試験 Case では、散水装置による水の供給量を増やすと沈下曲線の勾配は急になる傾向を示した。そして初期給水量の小さい Case6 では特に顕著であった。盛土模型の強度が同じ Case3 と Case6 の初期沈下曲線勾配を比べると、Case3 は 0.321、Case6 は 0.187 であり、盛土模型に供給される水量が多いほど沈下曲線勾配は大きくなると考えられる。

表-3 盛土模型の一軸圧縮強さと載荷重

Case	圧縮強さ ¹⁾ q_u (kPa)	振動数 (Hz)	上載圧 (kPa)	最大載荷圧 σ_{max} (kPa)	最小載荷圧 σ_{min} (kPa)	荷重比 (σ_{max}/q_u)
1	844.8	20.0	71.8	131.6	12.0	0.156
2	745.7	19.6	71.8	128.4	16.6	0.172
3	657.9	19.8	71.8	125.7	15.1	0.191
4	1647.4	19.7	71.8	125.3	23.6	0.076
5	754.1	19.9	71.8	128.3	15.7	0.170
6	648.4	20.1	71.9	128.2	20.5	0.198
7	648.4	19.9	72.1	130.2	17.3	0.201
8	1071.8	20.4	71.7	126.9	16.9	0.118

1) 試験時の圧縮強さ

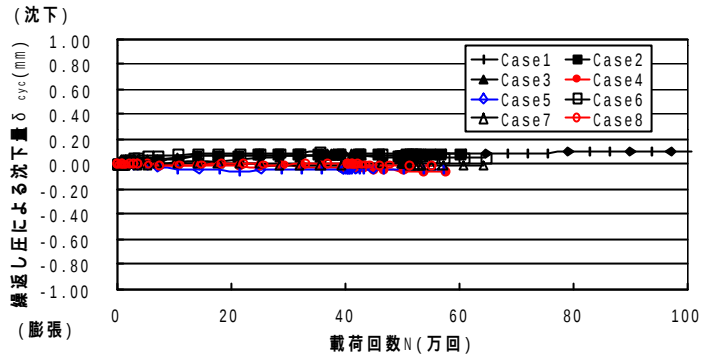


図-2 沈下量と載荷回数の関係(予備載荷、乾燥状態)

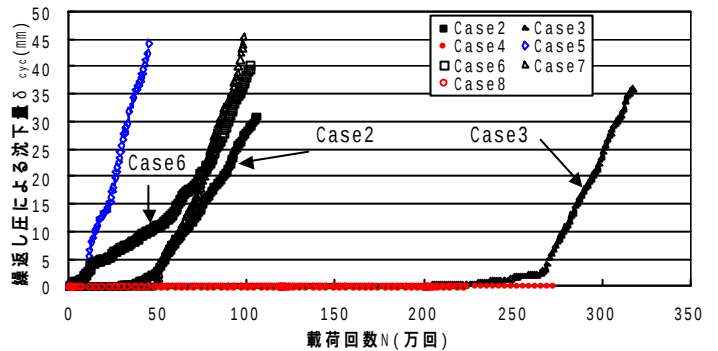


図-3 沈下量と載荷回数の関係(湿潤状態)

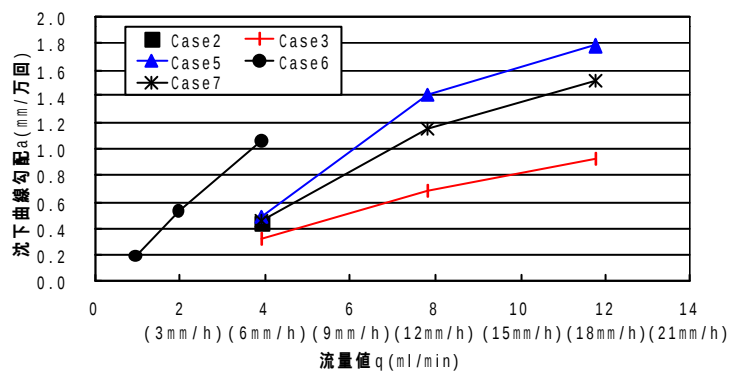


図-4 流量値と沈下曲線勾配の関係

4. 本研究で得られた知見

- 1) 荷重比 (σ_{max}/q_u) が 0.2 までなら繰返し圧による盛土模型の沈下量は 0.1mm 程度とほとんど沈下しない。
- 2) 設計強度 1500kPa を除く試験 Case において、載荷板直下の盛土模型に水が浸透することによって噴泥現象が発生すると思われる。そして噴泥現象が始まると沈下量が急増する。(今回の試験条件では 0.2～1.8mm/万回であった。)
- 3) 盛土模型に供給される水量が多いほど沈下勾配は大きくなる。