

繰返し荷重を受ける気泡混合軽量盛土の挙動

旭調査設計(株)	正会員	羽田 英樹
長岡技術科学大学	正会員	海野 隆哉
東日本旅客鉄道(株)	正会員	渡邊 康夫
株式会社 白石	正会員	高田 晋
長岡技術科学大学大学院	学会員	野上 和馬

1.はじめに

気泡混合軽量盛土(以下軽量盛土)は、軽量性と施工性の高さから軟弱地盤上や都市部等の狭隘個所で使用されており、今後ますます使用範囲が拡大すると予想される。現在、鉄道用軽量盛土の設計ではかなり大きな圧縮強さが用いられており、更なる軽量化によって軽量盛土の圧縮強さが小さくなった場合、繰返し圧力による影響も大きくなると考えられる。ここでは、圧縮強さが小さい軽量盛土への繰返し荷重による影響を明らかにする為に、軽量盛土試験体に列車荷重に相当する荷重強度の繰返し荷重を載荷させた試験を行った。

2.試験概要

2.1 軽量盛土試験体作製方法

試験に用いた軽量盛土模型試験体(以下試験体)は、表-1の配合設計に基づいて作製した。軽量盛土は固化材と粘土、水をミキサーで混練したセメントスラリーに、気泡発生装置で発泡させた気泡を混入する事により作製した。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。試験体の大きさは、Case1~4が長さ1.8m×幅0.3m×高さ0.5m、Case5が長さ0.3m×幅0.3m×高さ0.5mである。

2.2 試験方法

試験は反力フレームに起振機とペ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荷重をペロフラムシリンダーで、変動荷重を起振機によって載荷する。試験条件は表-2に示す通りで、Case1~4では繰返し荷重および支持条件を変化させ、Case5は繰返し荷重の振動数を変化させて、載荷圧力を徐々に大きくした繰返し載荷試験を行った。支持条件でCase1は支持地盤が固い場合を想定して剛床、それ以外のケースは軟弱地盤を想定して弾性床とし、Case2では厚さ2.5cm、Case3~5では厚さ5cmのゴム板を設置した。またCase1~4は繰返し荷重の振動数を25Hzとし試験開始から終了まで繰返し載荷回数を200万回、Case5は振動数を10~20Hzまで変化させ、一つの振動数につき5分間載荷する。試験体の目標圧縮強さは500kPaとした。

表-1 配合表(1m³当り)

配合	水セメント比 W/C	固化材 kg	粘土 kg	水 kg	気泡量 %
Case1,2,3,5	1.65	180.0	180.0	297.0	57.8
Case4	1.58	175.2	175.2	276.8	60.0

表-2 試験ケース

Case	上載荷重 (kPa)	繰返し載荷 圧力(kPa)	支持 条件	備考
1	110	±55	剛床	
2	110	±55	弾性床	ゴム板厚2.5cm
3	110	±55	弾性床	ゴム板厚5cm
4	110	±105	弾性床	著大荷重
5	247	±237	弾性床	周波数を変化

載荷板・・・Case1~4:30cm×30cm
Case5:20cm×20cm

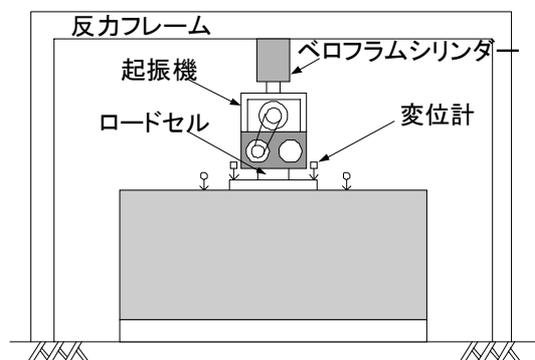


図-1 試験概要図

繰返し載荷試験、繰返し荷重、荷重比

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1-1603

長岡技術科学大学

TEL0258-47-1611(6314)

3. 試験結果

表-3 に試験体の圧縮強さと載荷荷重を示す。ここで試験体の圧縮強さに対する載荷荷重の最大値との比を荷重比と呼ぶ。目標の 25Hz に上げる途中、起振機と反力フレームが共振してしまう為、所定の繰返し荷重や振動数より小さい値になっているが、試験終了まで表-3 の荷重を試験体に載荷している。図-2 に Case2~4 と Case5 の全沈下量と載荷回数(N)の関係、繰返し荷重による沈下量(δ_{cyc})、試験終了時の全沈下量(δ)を示す。Case1 の繰返し荷重による沈下量は測定機器の不具合により正確には計測できなかったが、残留沈下は殆ど見られなかった。図-2(a)を見ると載荷回数の初期段階では試験体の沈下は進行するが、ある程度の沈下後はその進行は殆ど見られなくなる。また Case2 と Case3 は載荷条件が同一で弾性床のゴム板の厚さが異なるだけだが、沈下量にほとんど差がなかった。Case4 では配合と試験体に載荷される荷重が異なるため、沈下量は大きい。しかしその沈下は、載荷板と接する試験体表面の骨格構造が破壊され、気泡が混入された間隙部分がつぶされる事によって変位が発生したものと考えられる。図-2(b)の Case5 では、周波数が 18Hz の時に沈下量の進行が大きくなった。その後 19Hz の計測途中で試験体が圧縮破壊や引張応力によるクラックが発生したため、試験体全体で脆性的な破壊が生じた。試験体のひび割れは、弾性床で支持している Case2~4 では、初期荷重の載荷により試験体の下部から上部に向かって曲げ引張によるひび割れが生じたが、繰返し載荷によるひび割れは殆ど発生しなかった。

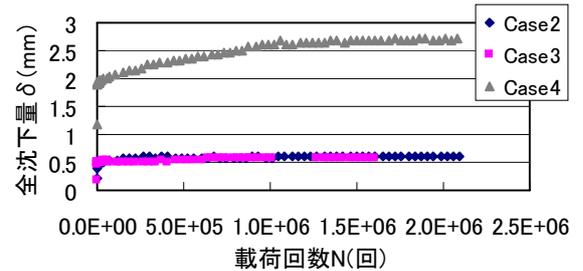
4. 結論

繰返し載荷試験より得られた知見をまとめると、以下の通りである。

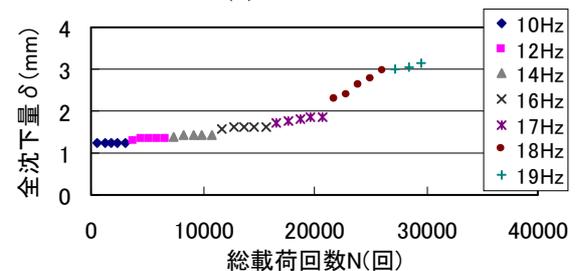
- ・ 軽量盛土の沈下は、ある程度の載荷回数まで進行するが、それ以降の沈下の進行は殆ど見られない。
- ・ 上載荷重によって試験体にひび割れが発生しても、列車荷重に相当する荷重強度の繰返し荷重の載荷による沈下量はわずかしきしか発生しない。
- ・ 荷重比が 0.8 以上になると、気泡混合軽量土は載荷板周辺で圧縮破壊、試験体内では引張応力によるクラックが複合的に生じ、圧縮強さ以上の荷重が作用するとこれらの破壊が進行し、脆性的な破壊が生ずる。

表-3 圧縮強さと載荷された荷重

Case	圧縮強さ q_u (kPa)	振動数 (Hz)	上載荷重 σ_z (kPa)	最大荷重 σ_{max} (kPa)	最小荷重 σ_{min} (kPa)	荷重比 σ_{max}/q_u
1	492.9	20	109.0	159.3	69.8	0.32
2	631.6	20.8	110.4	163.5	57.0	0.26
3	612.0	20.8	110.9	164.6	54.4	0.27
4	579.4	20.3	108.2	217.3	24.4	0.38
5	396.9	10	244.8	288.3	211.7	0.73
		12		312.0	189.0	0.79
		14		339.7	164.6	0.86
		16		372.2	128.0	0.94
		17		392.1	103.9	0.99
		18		394.6	93.0	0.99
		19		424.9	73.3	1.07



(a) Case2~4

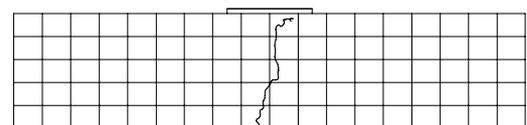


(b) Case5

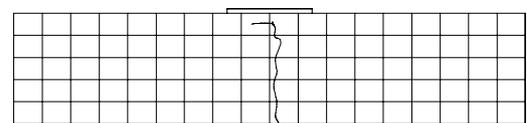
図-2 載荷回数と沈下量の関係

表-4 試験体の沈下量

Case	上載荷重による沈下量 δ_z (mm)	繰返し荷重による沈下量 δ_{cyc} (mm)	全沈下量 δ (mm)
1	0.140	-	-
2	0.210	0.397	0.607
3	0.190	0.387	0.577
4	1.195	1.502	2.697
5	1.080	2.006	3.086



(a)前面



(b)背面

図-3 ひび割れ図 (Case2)