

気泡量の多い気泡混合軽量盛土の支圧特性

長岡技術科学大学 学生員 出羽 利行
 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 渡辺 康夫
 株式会社白石 正会員 高田 晋

1. はじめに

現在使用されている気泡混合軽量盛土をより高い盛土や既設高架上での盛土工事へ使用範囲を拡大するためには、気泡混合軽量盛土のさらなる軽量化が効果的であり、その物性や力学特性、盛土構造などを検討する必要がある。ここでは、鉄道盛土を想定した気泡混入量が 50、55、60%の模型試験体の静的載荷試験とその FEM 解析を行ったのでその結果を報告する。

2. 静的載荷試験

2.1 試験条件および方法

気泡混合軽量土の配合を表 1 に示す。試験条件を表 2 (a) に示す。また、試験体寸法および試験概要を図 1 に示す。模型盛土は高さ 1.35m の盛土を 1/3 モデルで作製した。また、盛土の奥行は 35cm とし、2次元のモデルとして整理を行うこととする。試験体上面には実際の路盤圧力を考慮して幅 80cm、厚さ 1.6cm の鉄板（以下載荷板）を載せ、その上から集中荷重となるように載荷具を介して、アクチュエーターで載荷・除荷を 3 サイクル行う。支持条件は剛床とバネ 1（ゴム板厚さ 2.5cm）とバネ 2 の（厚さ 5.0cm）とした。

表 1 気泡混合軽量土の配合

配合	固化材 (kg/m ³)	粘土 (kg/m ³)	混練水 (kg/m ³)	気泡 (kg/m ³)	比重
1	240	240	306	500	0.810
2	216	216	277	550	0.734
3	183	183	262	600	0.654

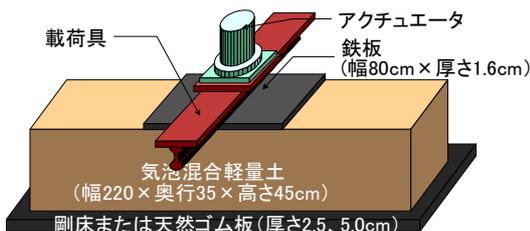


図 1 試験概要

表 2 (a) 試験条件、(b) 試験結果

Case	(a) 条件			(b) 結果	
	q _u (kN/m ²)	比重	支持条件	ひび割れ発生荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
1	203	0.65	剛床	29.0	82.2
2	258	0.65	バネ 1	17.3	85.5
3	224	0.65	バネ 2	17.5	84.1
4	531	0.81	バネ 1	27.0	113.0
5	470	0.73	バネ 1	13.2	106.0

2.2 試験結果

表 2 (b) に各 Case の結果を示す。図 2 に Case5 の破壊状況図を示す。破壊形態は、全ての Case で最初に試験体下端より上方に向かってひび割れが発生する。これは試験体が弾性床の上の梁の挙動を示し、下端に曲げ引張応力が発生したからだと考えられる。そして、最後は載荷板下が部分圧縮破壊して降伏した。

次に、各 Case の載荷点での荷重-変位関係（以下 P-δ）を図 3 に示す。初めに入る下端からの曲げ引張応力によるひび割れ発生後も荷重が伸び続けていることから、このひび割れは試験体の支圧強度に大きな影響を及ぼしてないと言える。また Case1 に比べて Case2、3 と支持条件が柔になるほど傾きが緩やかとなっているがその差はごく僅かであり、最大荷重値の大小は支持条件の違いよりも一軸圧縮強さの大小に大きく影響していると考えられる。さらに、Case2、3、5 を比べると q_u が大きくなるにつれて最大荷重値が大きくなっているのがわかる。従って、支持条件によってひび

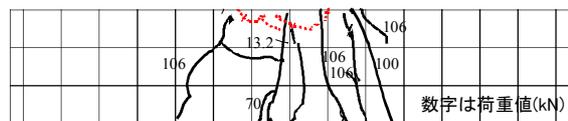


図 2 破壊状況図 (Case5)

気泡混合軽量土、模型試験、静的載荷試験、FEM 解析

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 Tel:0258-47-1611 (内線 6405) FAX:0258-47-9600

割れ発生荷重は変化するが、最大荷重は気泡混合軽量土の圧縮強さ (qu) に大きく依存することがわかった。

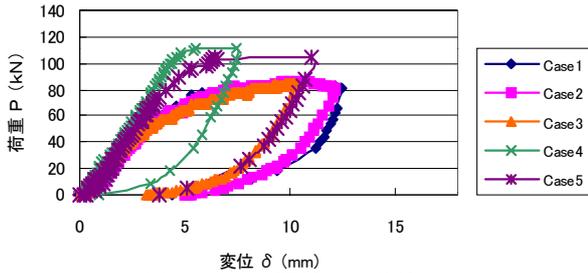


図3 P-δ関係 (実験値)

3. FEM 解析

3.1 モデルの概要

解析ソフトは RC 構造物の 2次元非線形動的解析/静的解析の解析プログラム WCOMD を使用する。要素の条件を表 3 に示す。メッシュの例として Case2 のメッシュ図を図 4 に示す。試験体の気泡混合軽量土部分の左下を原点とし水平方向を X 座標、鉛直方向を Y 座標とした。ゴム板の下端の節点および中間節点は Y 方向拘束で X 方向は拘束と自由で解析を行った。

表 3 FEM の要素条件

要素定義	RC要素	単位体積重量 (kN/m ³)	弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比	圧縮強度 (kN/m ²)	引張り強度 (kN/m ²)
気泡混合軽量土	Case毎決定	-	-	0.10	qu	210~230
ゴム(バネ)	弾性要素	15.44	5,010	0.49	-	-
鉄板(載荷板)	弾性要素	76.44	205,800,000	0.30	-	-



図4 メッシュ図 (Case2)

3.2 解析結果

解析結果を表 4 に示す。ひび割れ発生荷重は全ての Case で実験値に比べて大きな値となった。図 5 に Case2 のひび割れ図を示す。拘束条件では試験体下端に働く引張り応力がそれほど大きくならず、載荷板両端下からひび割れが発生する。X 方向を自由条件とした方は試験体下端から発生しており、比較的实验結果に近いひび割れ図が得られることがわかった。次に、X 方向拘束条件での Case2、3、4、5 の P-δ の実験値と解析値の比較図を図 6 に示す。最大荷重に関しては解析値が実験値を下回る結果となった。しかし、qu が比較的大きい Case4、5 ではその差が小さい。また、降伏までの弾性域とみなせる曲線の傾きは、圧縮応力が最大時

のひずみ値を入力する事で決定される。今回のモデル化では、強度管理用の一軸圧縮試験の結果を利用して、Case 毎でひずみ値を入力した。そこで、図 6 で弾性域では実験値と解析値とで傾きがほぼ同じであることから、弾性域の P-δ については今回のモデル化で実験を再現できたと考えられる。なお、X 方自由とした場合の P-δ は拘束条件の場合の P-δ を僅かに下回る曲線となった。

表 4 FEM 解析結果

Case	ひび割れ荷重(kN)	最大荷重(kN)	解析終了要因	
			Type	要素
1	40.0	51.0	圧縮	22
2	45.0	59.5	圧縮	22
3	40.0	54.0	圧縮	22
4	80.0	105.0	圧縮	13
5	70.0	101.0	圧縮	21

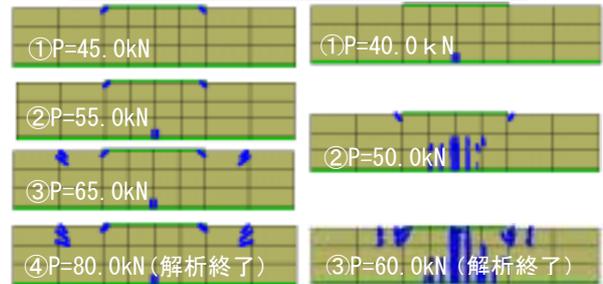


図5 ひび割れ図 (Case2 左 fix, 右 free)

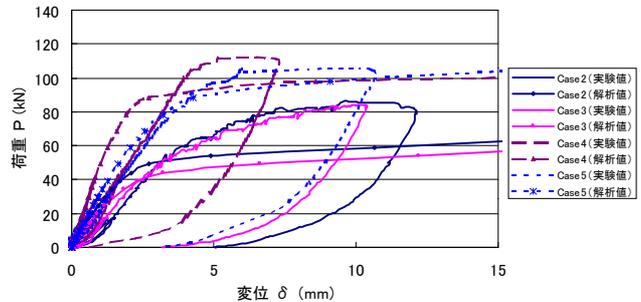


図6 P-δ関係 (解析値 (fix))

4. まとめ

- 1) 気泡混合軽量盛土の支圧強度は気泡混合軽量土の一軸圧縮強さで管理ができ、その事は気泡量が増加した場合でも同じである。
- 2) 今回の FEM 解析では、P-δ に関して解析値が実験値を下回ったが、qu が比較的大きい場合は、その差が小さくなりほぼ実験値を再現できた。
- 3) 支持条件をバネとした試験体のひび割れ図に関しては、バネ下端節点の水平方向の拘束条件を自由にする事で実験結果に近づけることができた。