

気泡混合軽量土の斜め引張り強さに関する研究その2

防災設計工学研究室 大都 亮
指導教官 海野 隆哉

1. はじめに

気泡混合軽量土(以下、軽量土)は、ある範囲で強度・単位体積重量などを任意に設定でき、流動性と施工性に優れているため、近接して列車が走行し大型機械の搬入が困難な現場が多い鉄道分野での採用実績が増えてきている。

現在、鉄道用軽量盛土は軌道変状が許されない等の理由から設計強度が高く設定され、耐震性の検討は省略されている。今後、既設高架橋上等へ使用範囲を拡大するためには更なる軽量化が効果的とされるが、このような場合、強度の低下が生じる可能性があり、それに伴い耐震性の検討が必要となってくると考えられる。

そこで本研究では軽量土の耐震性能を評価するために必要とされる斜め引張強さを求めることを目的として、星野ら¹⁾が平成13年度に行った水平載荷試験で用いられた試験装置を改良し軽量土の斜め引張強さを再確認する試験を行った。

2. 水平載荷試験

(1) 試験条件

水平載荷試験とは、周面の変形を制限された供試体に、**図.1**に示すような上載圧と水平せん断力を作用させ、軽量土供試体内に**図.2**に示すような応力を発生させ、斜め引張破壊に至らしめるものである。

(2) 試験装置

平成13年度に用いられた装置(**図.3**)には以下に列挙するような問題があった。

1. 上載圧荷重ジャッキが供試体の上下方向の変位を拘束し、偏荷重を作用していた可能性がある。

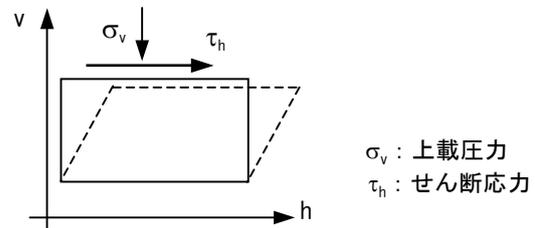


図.1 水平載荷試験における応力と変形

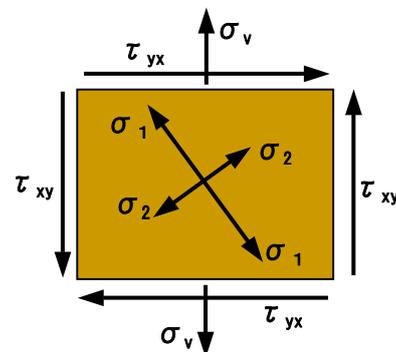


図.2 供試体内での応力状態

2. ローラー部分の動作が円滑ではなく、側面せん断装置が供試体の変形に追従できなかつたり、変形を拘束した。
3. 側面せん断歯が短く、せん断力が十分伝わっていなかった。

これらの問題点を改善するために、今年度は試験装置に以下の改良を加えた(**図.4**)。

1. 上載圧を供試体に均等に載荷するため改良した上載圧伝達装置を製作した。
2. 供試体の変形に追従できるようにローラー部分にベアリングを取付けた。
3. 側方せん断歯の一部を延長し、供試体の剥離を防ぐ等の改良を加えた。

(3) 試験装置改良の効果

平成13年度に行われた試験では供試体の変位に側面せん断装置が追従できなかつたために、供試体に主要なひび割れが発生する以前に、側面

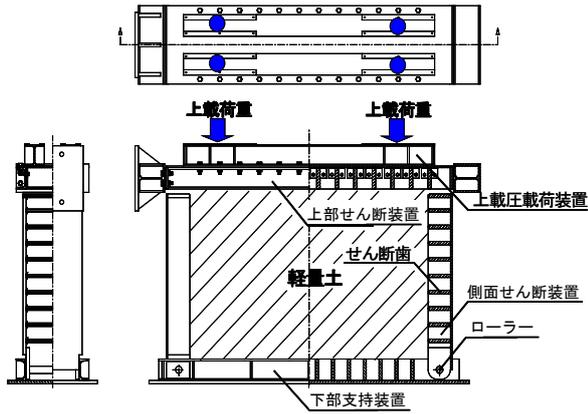


図.3 平成 13 年度試験装置 (改良前)

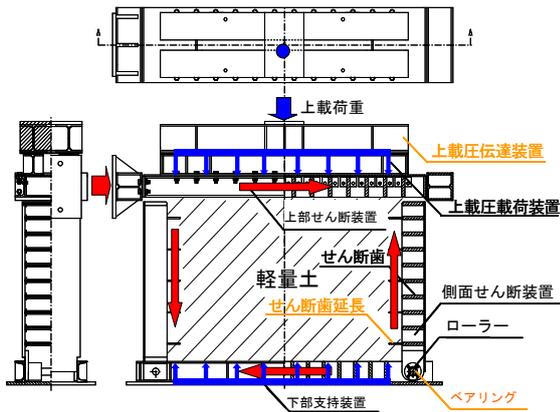


図.4 今年度試験装置 (改良後)

せん断装置と供試体の境界付近において供試体に鉛直方向のひび割れが発生し側面せん断装置と供試体が分離するといったことがあった。

今年度の試験では、上述のよう

な改良を加えた結果、全 CASE において分離などの現象は発生せ

ず、側面せん断装置から分離することなく供試体には主要なひび割れが発生し、側面せん断装置が供試体の変位に追従して機能していた。

(4) 試験方法

供試体は表.1 に示す配合を用いて、プレフォーム方式によって作製した。供試体の寸法は幅 1.8m × 高さ 1.2m × 奥行き 40cm である。供試体に載荷する上載圧は油圧ジャッキにて載荷し水平荷重はアクチュエーターを用いて載荷した。試験方法を表.2 に、試験 CASE 一覧を表.3 に、試験装置の設置状況を図.5 にそれぞれ示す。

(5) 試験結果

表.1 配合表(1m³あたり)

CASE	目標密度 (kN/m ³)	固化材 (kg)	粘土 (kg)	混練水 (kg)	気泡量 (l)
1, 2	6.80	180	180	297	578
3~7	8.45	240	240	345	487

表.2 試験方法

水平荷重	±10kN ピッチで繰返し荷重を増加
上載圧	55kN/m ² (CASE6 は無載荷)
水平荷重載荷速度	0.003mm/sec

表.3 試験 CASE 一覧

CASE	目標一軸圧縮強さ (kN/m ²)	上載圧 (kN/m ²)	備考
1	500	55	列車荷重相当
2	500	55	列車荷重相当
3	1500	55	列車荷重相当
4	1500	55	列車荷重相当
5	1500	55	列車荷重相当
6	1500	0	上載圧なし
7	1500	55	列車荷重相当

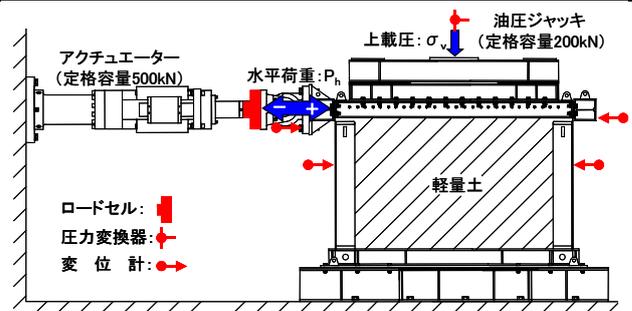


図.5 試験装置設置状況

① 荷重-変位関係と破壊状況

図.6 に本試験結果の中から代表的な荷重-変位関係を示す。これをみると載荷初期段階は弾性的な挙動を示している。また、ひび割れ発生後はサイクル数が増加するのに伴って同一荷重における変位が大きくなっている。破壊状況を見ると、供試体には上下部を貫通する主要なひび割れが発生し、供試体全般にひび割れが発生している(図.7)。また、供試体中央部の主要なひび割れに関しては、モールの応力円の考え方に基づいて得られた方向に発生していることが確認された(図.7中の破線)。これらの結果は CASE7 と上載圧無載荷の CASE6 以外において見られた。

② 上載圧の大きさが供試体に及ぼす影響

図.8 に CASE1 と CASE6 の荷重-変位関係を示し、

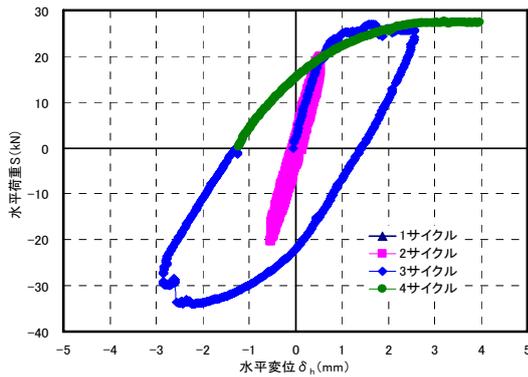


図.6 荷重-変位関係 (CASE2)

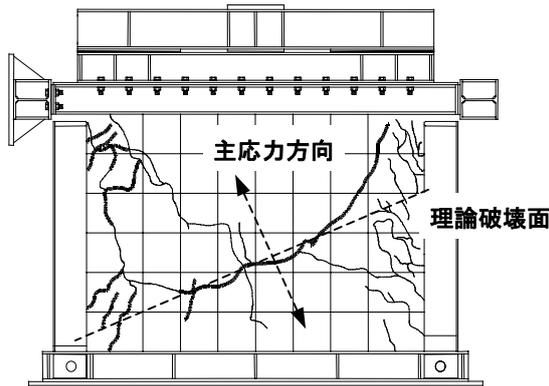


図.7 破壊状況 (CASE2)

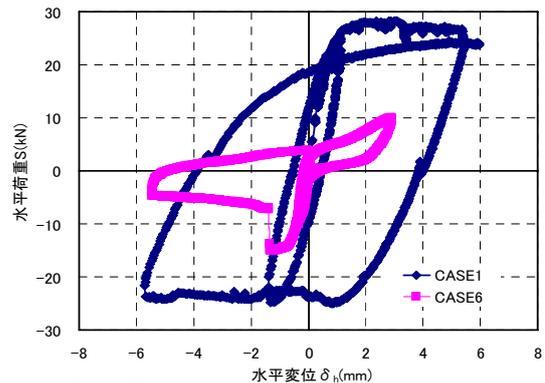


図.8 荷重-変位関係 (CASE1 と CASE6)

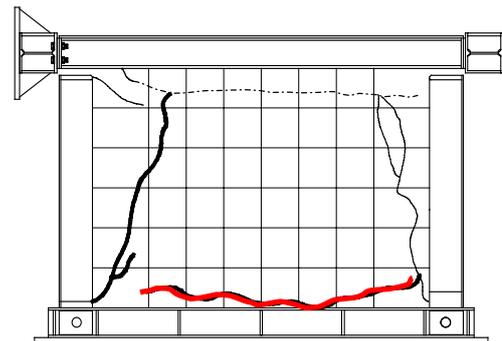


図.9 破壊状況 (CASE6)

結果を比較すると、CASE1の方が最大せん断応力が大きくなっている。また、CASE6の主要なひび割れは供試体下部にほぼ水平に発生した(図.9)。これらの結果より上載圧の大小はせん断抵抗力および破壊形態に影響を与えることがわかった。

③供試体強度の違いが及ぼす影響

図.10にCASE2とCASE3の荷重-変位関係を示す。これを見ると、载荷初期の勾配の立ち上がりは両CASEとも同じ程度であるが、最大せん断応力は一軸圧縮強さの大きいCASE3の方が大きくなっている。一方、供試体の破壊状況は両CASEに明確な差異は見られず、両CASEとも概ね図.7のような破壊状況となった。これらの結果より、供試体強度の大小はせん断抵抗力には影響を及ぼすが破壊形態にはそれほど影響を及ぼさない。

④側面せん断力の有無による影響

図.11にCASE5とCASE7の荷重-変位関係を示す。これを見ると、载荷初期の勾配から大きな差異が認められ、勾配の緩いCASE7は最大せん断応力が

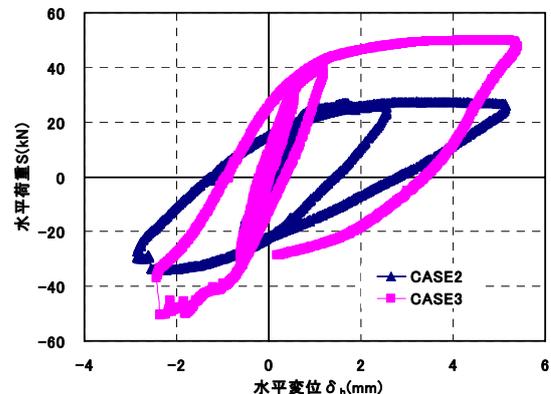


図.10 荷重-変位関係 (CASE2 と CASE3)

CASE5のそれに比べ約1/3となった。供試体の破壊状況は、CASE7では供試体下部において剥離や圧縮破壊が発生するなど他のCASEと異なった破壊形態を示した(図.12)。これは、水平方向のせん断力が偶力のモーメントとなって供試体に作用し、供試体は回転しようとするのを抑える側面せん断装置がないために、上述のような破壊状況となったと考えられる。これらの結果より、側面のせん断応力の有無はせん断抵抗力と、供試体の破壊形態に影響を及ぼすことがわかった。

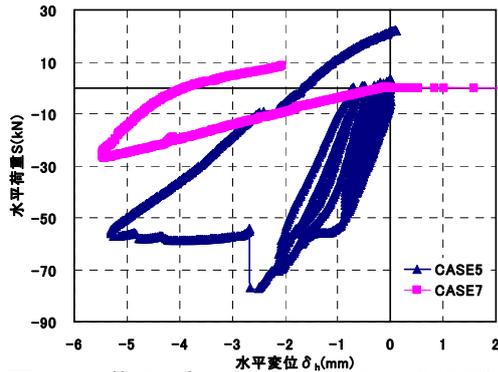


図. 11 荷重-変位関係(CASE5 と CASE7)

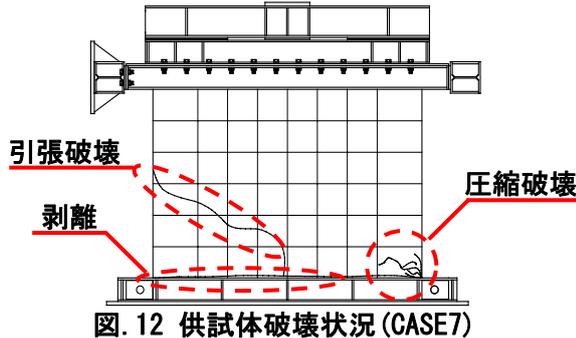


図. 12 供試体破壊状況(CASE7)

⑤斜め引張強さと一軸圧縮強さの関係

表. 4 に本試験の結果一覧を示す. 表の一軸圧縮強さは水平載荷試験後に行ったブロックサンプリング試験の結果で, 斜め引張強さは, 図. 13 に示す力の釣り合いから求めたものである. 以下に, 斜め引張り強さ算定式を示す.

$$\sigma_{dtf} = \frac{\sqrt{\sigma_{vf}^2 + 4\tau_{hf}^2} - \sigma_{vf}}{2} \quad (3)$$

ここに,

- σ_{dtf} : 斜め引張り強さ(kN/m²)
- σ_{vf} : 供試体破壊時の垂直応力(kN/m²)
- τ_{hf} : 供試体破壊時のせん断応力(kN/m²)

今年度と平成13年度の σ_{dt} と q_u の関係を図. 14に示す. 同図より今年度の結果は $\sigma_{dt} = q_u/11$ で表されることがわかった. この結果と平成13年度の結果とを比較すると今年度の方が q_u に対する σ_{dt} が大きくなっていることがわかる. これは, 今年度は, せん断歯の半分を延長するといった改良を加えて試験を実施したために, 供試体が側面せん断装置から分離せず, 側面のせん断力が十分に供試体に作用したためと考えられる.

また, 本試験は σ_{dt} と q_u の相関が比較的良い結

表. 4 試験結果一覧

CASE	目標一軸圧縮強さ	一軸圧縮強さ	上載圧	斜め引張強さ	ひび割れ発生荷重
	q_u	q_u	σ_v	σ_{dtf}	S_{crack}
	(kN/m ²)				(kN)
1	500	196.5	56.0	13.1	21.7
2	500	202.0	57.9	18.4	27.0
3	1500	540.8	60.9	45.4	-50.0
4	1500	652.0	61.9	58.1	-60.1
5	1500	838.0	59.8	81.3	-77.1
6	1500	154.7	—	20.7	-14.9
7	1500	768.4	59.2	17.1	-26.0

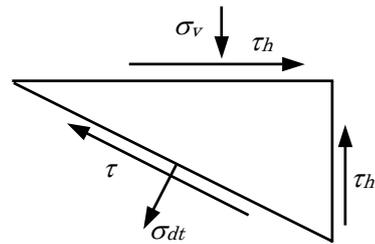


図. 13 供試体内に作用する応力

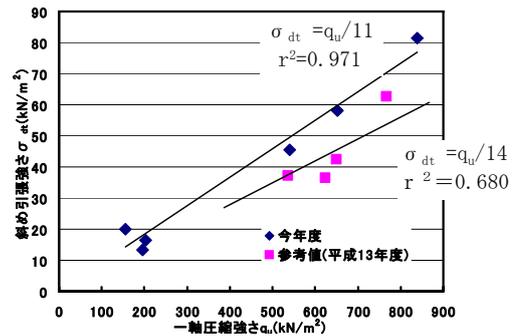


図. 14 σ_{dt} と q_u の関係

果となった.

4.まとめ

1. 供試体に載荷した水平方向のせん断力による最大せん断応力は上載圧と一軸圧縮強さの大小および側面のせん断応力の有無によって変化する.
2. 供試体に載荷した水平方向のせん断力による破壊形態は上載圧の大小および側面のせん断応力の有無によって変化する.
3. 斜め引張強さは一軸圧縮強さの約 1/11 となった.

【参考文献】

- 1) 星野大輔, 気泡混合軽量盛土のせん断挙動に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 平成13年度