

高温養生が気泡混合軽量土の強度・変形特性に及ぼす影響

明星大学 理工学部 正会員 矢島寿一
明星大学 (現 JR 東日本) 八田健吾

1. はじめに

近年、気泡混合軽量土の施工量が増え一般工法として普及しつつある。現在、気泡混合軽量土の室内配合試験を行う場合には、水温 20℃の水中で養生することが一般的である。しかしながら実際に気泡混合軽量土を打設した場合に、打設直後 24 時間程度で 60～90℃程度に達していることが報告されている¹⁾²⁾。このようなことから、養生初期の養生温度を 80℃以上とした高温履歴を受けた気泡混合軽量土の一軸圧縮強さは通常養生 20℃の一軸圧縮強さの 20%程度しか得られないという報告もある³⁾。そこで本研究では、気泡混合軽量土と気泡を混合しない改良土に対して通常の 20℃水中養生と養生初期に 80℃水中養生の履歴を与え一軸圧縮試験と三軸圧縮試験を行い、それぞれの養生温度の違いにより強度・変形特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 試験方法

(1)使用材料および配合条件

試験に使用した土は大学構内から採取した表-1 に示すような粘性土である。また、気泡混合軽量土および気泡を混入しない改良土を作成するために使用した固化材はセメント系の固化材を使用した。起泡剤は界面活性剤系の起泡剤を使用した。以上の材料を用いて、気泡混合軽量土(以下、軽量土)は目標単位体積重量を $\gamma_t=10\text{kN/m}^3$ 、材令 28 日後の目標一軸圧縮強さを $q_u=300\text{kN/m}^2$ となるように配合した。また、気泡を混合しない改良土(以下、改良土)に対しても材令 28 日後の目標一軸圧縮強さを $q_u=300\text{kN/m}^2$ となるように配合した。このときの配合条件を表-2 に示す。

表-1 粘性土の物性値

土粒子の密度: ρ_s (g/cm ³)	2.74
砂分: (%)	68.9
細粒分: (%)	311.0
シルト分: (%)	14.1
粘土分: (%)	17.0
最大粒径: (mm)	2.0
液性限界: w_L (%)	96.5
塑性限界: w_P (%)	64.8
塑性指数: I_p	31.4

(2)供試体作成方法および養生・試験方法

軽量土は土と水を攪拌後、固化材を投入し所定の時間攪拌した。その後気泡発生装置から発生する気泡を投入し所定の時間さらに攪拌しモールドに投入した。改良土は土と水を攪拌後、固化材を投入し所定の時間攪拌しモールドに投入した。

軽量土および改良土のモールドは図-1 に示すような材令 28 日まで 20℃一定の水中養生と材令 24 時間で 80℃まで水温を上昇させ 24 時間以降 1 日 80℃一定とし、後に 5 日間かけて 20℃まで水温を低下させる水中養生方法の 2 種類を行った。この養生の中で、一軸圧縮試験は材令 1,3,7,14,28 日で行った。また、三軸圧縮試験は圧密排水条件で材令 28 日以降に行った。

3. 一軸圧縮試験結果

養生方法の異なる改良土と軽量土の一軸圧縮強さ(q_u)と材令の関係を図-2 に示す。この図より、改良土では、材令 7 日までの材令初期に一軸圧縮強さのばらつきはあるが材令 14 日以降は 20℃一定養生と 80℃上昇養生の強度の差異は見られない。しかし、軽量土では、材令 3 日までの材令初期に一軸圧縮強さはばらつきが材令 7 日以降は 20℃一定養生に比べ 80℃上昇養生の強度が 2 割程度低くなることわかる。このことは、亀井ら³⁾の研究によると、軽量土

表-2 配合条件

	単位土量 S (kg/m ³)	単位水量 W (kg/m ³)	単位セメント量 C (kg/m ³)	気泡量 A (ml/L)
気泡混合軽量土	683.1	678.5	220.0	14.0
改良土	741.2	675.4	160.0	0.0

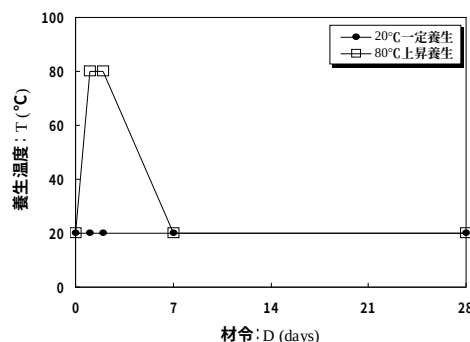


図-1 養生温度

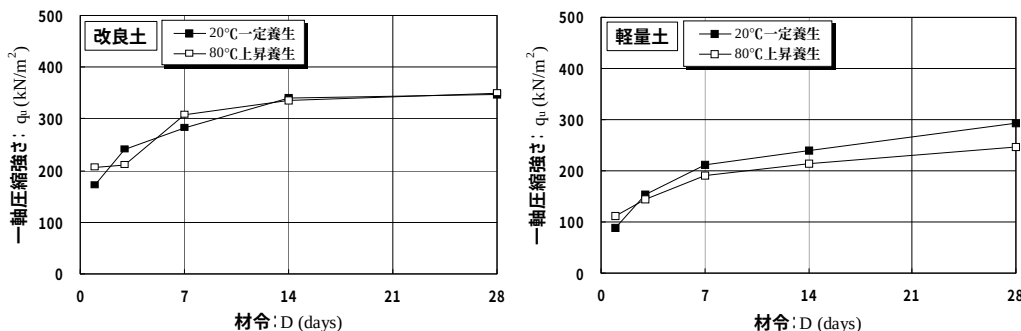


図-2 養生温度の異なる改良土と軽量土の一軸圧縮強さと材令の関係

key word : 気泡混合軽量土, 養生温度, 強度

連絡先(〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1, Tel.042-591-9649, E-mail : j-yajima@ar.meisei-u.ac.jp)

は養生初期に高温履歴を受けると供試体内部の気泡が歪んだ形状を示し散在するため圧縮強度が低下するとしており、今回も同様の結果となったものと考えられる。

4. 三軸圧縮試験結果

(1) 応力ひずみ関係

改良土および軽量土の三軸圧縮試験の結果を図-3に示す。これより、改良土では、養生方法が異なっても応力ひずみ関係にはそれほど差異は認められず、80℃上昇養生の方が残留応力が大きくなることわかる。一方、軽量土では、初期ひずみ領域での応力ひずみ曲線の傾きや残留応力は80℃上昇養生の方が小さくなることわかる。また、拘束圧(σ'_c)が200,300kPaの場合、軸ひずみ(ε_a)が15%付近になると20℃一定養生と80℃上昇養生とも軸差応力(q)が同等となることも興味深い。そこで、養生方法による初期ひずみ領域での応力ひずみ関係の傾きの違いを比較するために、20℃一定養生と80℃上昇養生の軸ひずみ $\varepsilon_a=0.3\%$ 時の変形係数 $((E)_{\varepsilon a=0.3\%})$ を比 $((E)_{\varepsilon a=0.3\%})_{80}/((E)_{\varepsilon a=0.3\%})_{20}$ として表し、拘束圧との関係で整理すると図-4のようになる。これより、改良土では80℃上昇養生の変形係数は20℃一定養生の変形係数と同等以上の変形係数となっているのに対し、軽量土では80℃上昇養生の変形係数は20℃一定養生の変形係数の5割程度しかないことがわかる。

(2) 破壊線

改良土および軽量土の q - p' 関係上での破壊基準を図-5,6に示す。これより、改良土では養生温度の違いによる最大応力状態での破壊線(PEAK 破壊線)と残留応力状態での破壊線(RESID 破壊線)の差異は認められない。しかし、軽量土では20℃一定養生の破壊線は明確にPEAK 破壊線とRESID 破壊線が区別できるのに対し、80℃上昇養生の破壊線は区別できず、さらに、同じ材料であるにもかかわらずRESID 破壊線の傾きが20℃一定養生よりも傾くことがわかる。この結果から、80℃上昇養生の軽量土の粘着力は20℃一定養生のものより5割程度低下することがわかる。

5. まとめ

今回の試験結果から以下のことが判明した。

- (1) 改良土では養生初期に高温履歴を受けても一軸圧縮強さおよび三軸圧縮試験での応力ひずみ関係にそれほど影響を及ぼさない。
- (2) 軽量土では養生初期に高温履歴を受けると一軸圧縮強さは2割程度低下し、三軸圧縮試験での応力ひずみ関係に影響し、応力ひずみ関係の初期変形係数が20℃一定養生の5割程度に減少する。また、粘着力としても20℃一定養生の5割程度に減少する。

謝辞：本研究を遂行するに当たり島根大学総合理工学部、亀井健史先生には貴重な助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 三嶋信雄，益村公人：FCB 工法—気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法—，pp.23-65，理工図書，2000。
- 2) 日本道路公団東北支社仙台技術事務所：橋台背面土圧軽減に関する追跡調査報告書，pp.144，1999。
- 3) 亀井健史，志比利秀，高嶋純一：初期高温養生を受けた気泡混合軽量土の応力ひずみ関係に関するモデルシミュレーション，地盤工学ジャーナル，Vol.2，No.2，pp.65-72，(社)地盤工学会，2007。

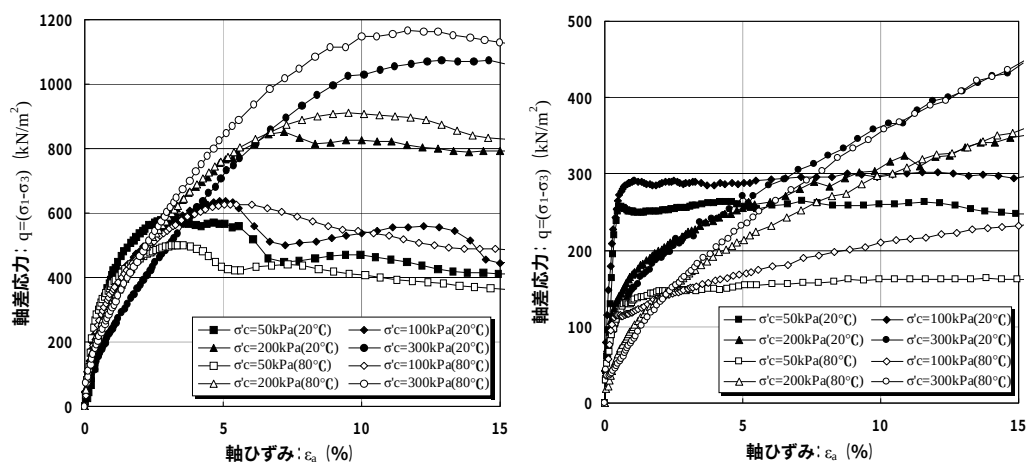


図-3 養生温度の異なる改良土と軽量土の三軸圧縮試験結果(CD-test)

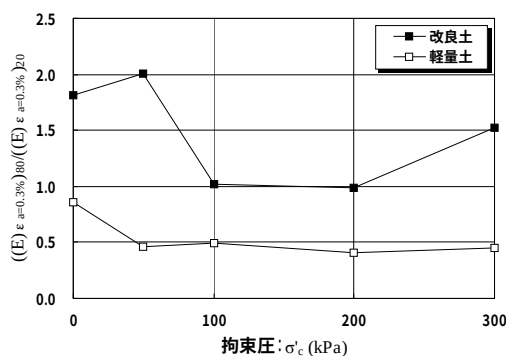


図-4 変形係数と拘束圧の関係

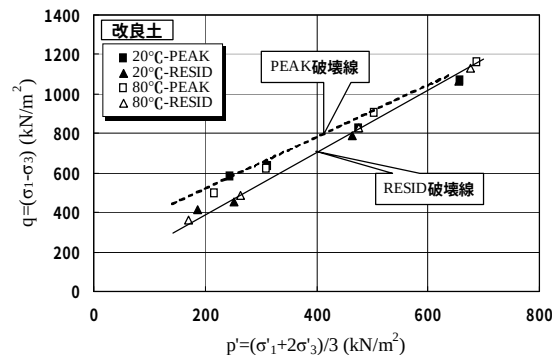


図-5 改良土の破壊線

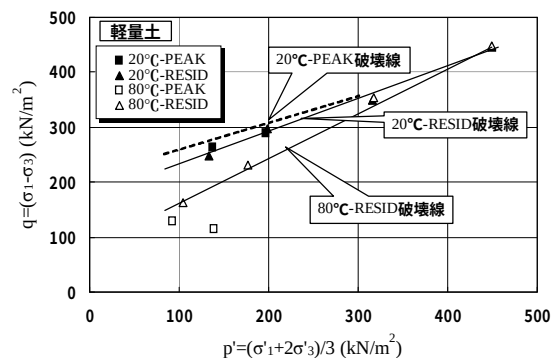


図-6 軽量土の破壊線