

気泡混合軽量盛土工法の積雪寒冷地への適応性について

旭川開発建設部 旭川道路事務所 第2工事課 ○城内 一大
和田 芳明
館山 孝利

気泡混合軽量盛土工法（FCB工法）とは、セメントミルクに発泡剤を混合した、軽量のエアモルタルを道路の路体とする工法であり、軽量盛土としてコスト面でも優位性があるが、北海道開発局における施工実績は少ない。とりわけ本工事箇所は旭岳の麓という道内でも有数の積雪寒冷地であることから、冬期における凍上などが軽量盛土本体に与える影響について、凍結融解に対する強度変化や、今回施工のFCB内部の温度変化から検討を行ったので報告する。

キーワード：軽量盛土工法、FCB工法(気泡混合軽量盛土工法)、一軸圧縮強さ、凍結融解

1. まえがき

一般道道富良野上川線は上川町と富良野市を結ぶ延長 87km(内、約 38km)が開発道路に指定) の一般道道です。この路線が整備されることで、旭川市から大雪山系に通じる道道が有機的に結ばれる。また、上川・富良野地域の連絡道路が形成されるため、旭山動物園や花と丘陵地の美しい美瑛、富良野方面への広域周遊観光や農産品流通の利便性向上の面など、地域からの期待が寄せられている路線でもある。

このうち、東川美瑛道路は上川郡東川町から上川郡美瑛町に至る施工延長 15.7km の道路である。その内、1工区(L≒5.4km)の起点から 2.8km の区間を「一般道道富良野上川線 東川町 野花南道路新設工事」として、平成 20 年度に施工した。

この工事区間で延長約 80m の擁壁区間について、補強盛土壁工や軽量盛土工等の検討を行った結果、気泡混合軽量土工が経済性において優位であったため、本工法を採用した。



写真-1 現場環境

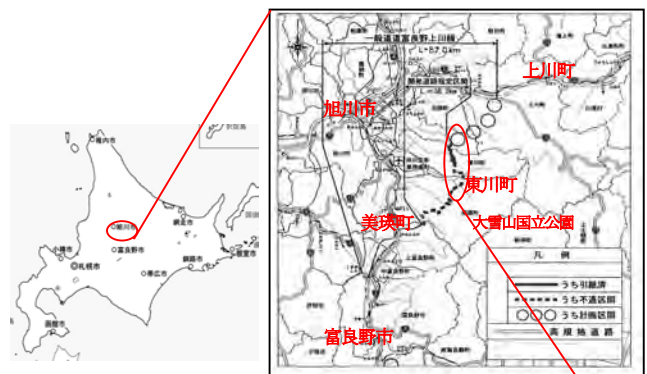


図-1



図-2

2. 気泡混合軽量盛土とは

気泡混合軽量盛土（FCB工法）は、セメントミルクやセメントモルタルに起泡材を用いて製作した気泡を混入し、エアミルク、エアモルタルを作るものである。その単位体積重量は0.5t/m³程度。一軸圧縮強度は300kN/m²～5,000kN/m²まで設定出来る。



写真-2 起泡材発泡状況



写真-3 起泡材混入状況



写真-5 プラント



写真-6 打設状況

現地においては、写真-5のプラントで発泡混合した気泡混合軽量盛土を圧送し打設した（写真-6）。

気泡混合軽量盛土は今回の現場で実施した拡幅盛土のほか、橋台背面盛土、トンネル坑口盛土、シールド中込材などに使用されている。



写真-4 コンポジット取付状況

3. 検討内容

(1) 目的

本工法は、施工実績においても、NETIS登録されているように、数々あるが、当現場のような積雪地、まして、例年気温がマイナス25℃にも至る寒冷地での施工は少ない。そこで施工自体は10月に行ったが、耐久性における強度について気泡混合軽量盛土としての凍結融解による変化の把握を試みた。

(2) 方法

試験は、直径 5 cm、高さ 10 cm の供試体を作成した。気泡混合軽量土の供試体の配合については表-1 に示す 3 配合である。いずれも高炉 B セメントと水を混合したスラリーに、気泡材を発泡させて混合した。なお今回使用したのは路体部に使用する目標強度 300kN/m² と路床部（下部）に使用する 500kN/m² であり、砂の入らないセメントミルクと気泡を混合したエアミルクである。水浸による気泡混合土への影響として、時間経過による供試体の形状および密度の変化を求めた。室内にての空中養生の供試体とそれを水浸後の供試体（2 タイプ）について凍結融解を繰り返したときの一軸圧縮強さも求めた。一軸圧縮強さを求めるために凍結は -20℃ で 24 時間以上、融解は 5℃ で 24 時間の養生することを 1 回とするサイクルを設定した。打設後 7 日、28 日を経た供試体で、凍結融解の繰り返し回数毎に強度を測定することとした。

また、気泡混合軽量土内部温度と外気温の変化の関係を把握するため温度計を設置し計測することとした。

表-1 気泡混合土の配合(1m³)

配合No.	1	2	3
目標密度 ρ (t/m ³)	0.49	0.52	0.53
目標強度 qu_{28} (kN/m ²)	300	500	500
フロー値(mm)	180±20	180±20	180±20
水セメント比(%)	87.6	79.1	
空気量(%)	66.5±5%	64.0±5%	66.6±5%
セメント(kg)	268	298	298
水(kg)	207	207	207
気泡剤(kg)	0.282	0.278	0.278
希釈水(kg)	27.92	27.52	27.52

温度計については外気温を含め、8 箇所を設定し、図-3 で表すように壁裏 0.25m、0.50m、1.00m の深さに設置した。気泡混合軽量土の打設終了を待って温度計を設置し、11 月 11 日よりデータロガー（写真-7）への取り込みを開始した。



写真-7 データロガー



写真-8 温度計設置箇所およびデータロガー

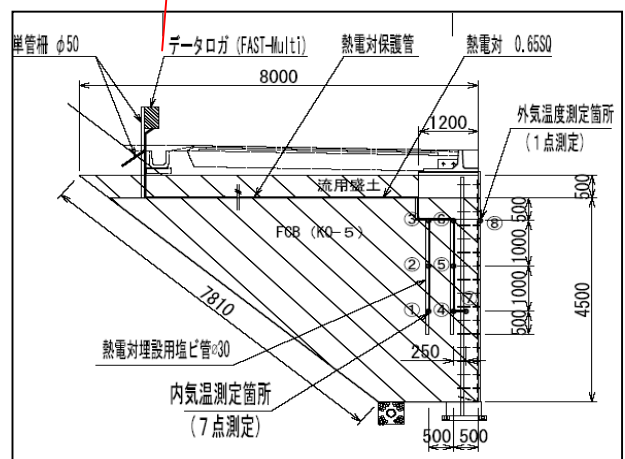


図-3 (温度計設置図)

4. 結果

(1) 気泡混合土の吸水性

a) 気泡混合土の体積変化

気泡混合土の水浸による吸水の程度として、No. 3 の気泡混合土に対して 7、14、21、28 日養生後の供試体を水浸して、経過時間と直径と高さを求めた。図-4 に 7 日養生後に水浸したときの供試体の直径と高さの変化を示す。水浸後 60 日が経過しても、供試体の直径、高さともに変化がない。14、21、28 日後も同様の傾向を示しており、気泡混合土は、固化後は水浸しても膨張や収縮がない材料であるといえる。

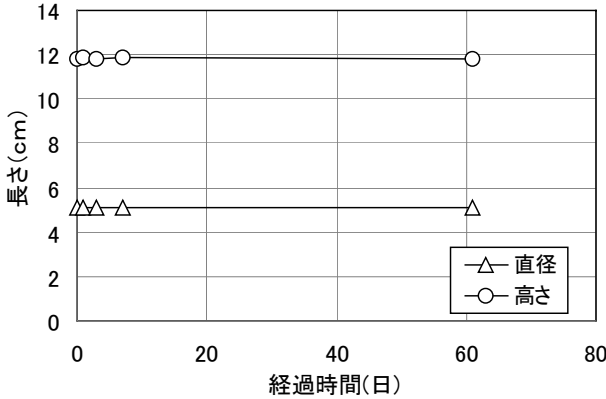


図-4

b) 気泡混合土の湿潤密度の変化

気泡混合土の水浸による吸水状況を把握するため、No. 3 の気泡混合土に対して 7、14、21、28 日養生後の供試体を水浸させたときの湿潤密度を図-5 に示す。図-6 に示す水浸しない場合は、作成時の湿潤密度にかかわらず、いずれの配合も時間経過による湿潤密度の変化はほとんどない。これに対し、水浸した場合は、養生時間に関わらず、湿潤密度が大きくなっている。水浸してから 30 日後には、どの養生期間であっても水浸前に対して 18%程度湿潤密度が大きくなり、水浸から 30 日以降もさらに密度が大きくなった。気泡混合土は長期間水にさらされると吸水していく性質がある。また、この実験での水浸とは、供試体の密度が小さいため、完全に水没しないので、水面に浮いた状態であった。

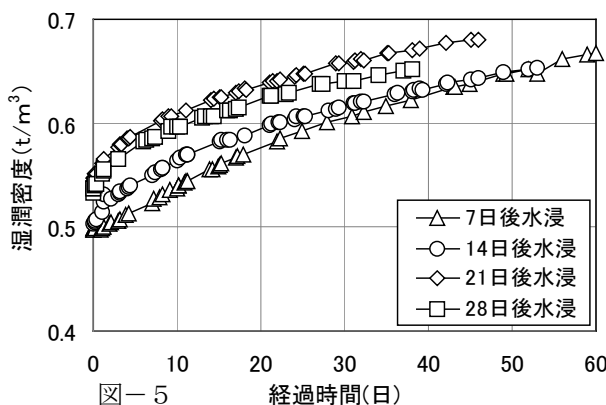


図-5

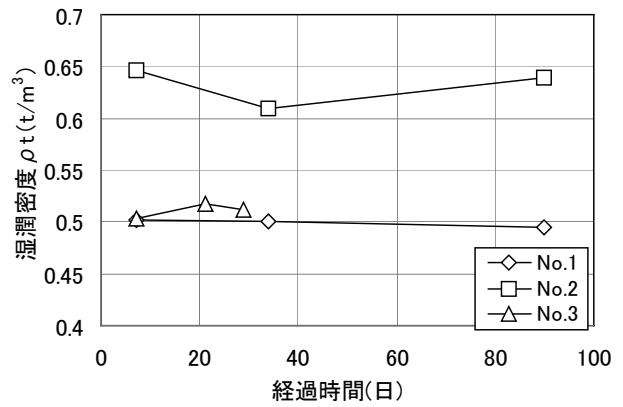


図-6

(2) 気泡混合土の一軸圧縮強さ

(a) 時間経過と一軸圧縮強さ

時間経過による気泡混合土の一軸圧縮強さ (q_u) の変化を図-7 に示す。No. 1 (目標強度 300 kN/m^2 : 室内配合)、No. 2 (目標強度 500 kN/m^2 : 室内配合)、No. 3 (目標強度 500 kN/m^2 : 現場配合) のいずれも時間の経過とともに一軸圧縮強さは大きくなっている。目標強度の大きい No. 2 が目標強度の小さい No. 1 よりも時間経過に対する一軸圧縮強さの増加の程度が大きい。時間経過に対する一軸圧縮強さが、No. 3 と No. 2 とはほぼ等しく、同じ配合の室内と現場では目標一軸圧縮強さに 200 kN/m^2 の差があった。現場の施工が室内の混合よりも低い強度発現であったことから、現場に適用する場合は室内配合に対して、セメント量の割り増しなどを考慮しなければならない。

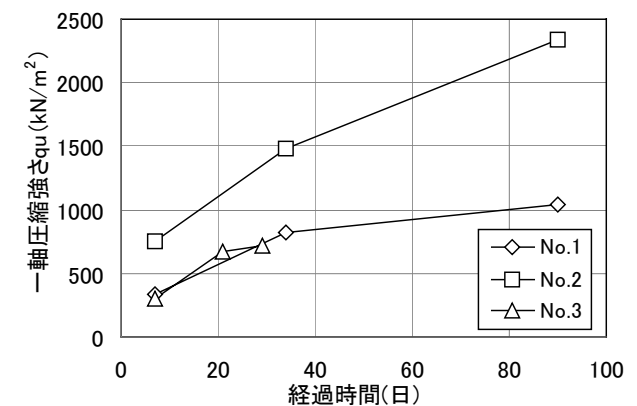


図-7

(b) 凍結融解繰り返しと一軸圧縮強さ

前記のとおり気泡混合軽量土の供試体を作成し 7 日および 28 日養生してから、凍結と融解を繰り返して、一軸圧縮強さを求めた。凍結融解繰り返し回数と一軸圧縮強さの関係を図-8 に示す。No.1 の 7 日養生と No.3 の 7 日養生をのぞいて繰り返し回数が 4~5 回で一軸圧縮強さがいったん低くなる。7 日、28 日養生のどちらでも同じ傾向が見られ No.2 でこの傾向が顕著であった。しかし、その後、凍結融解繰り返し回数が増えるとも一軸圧縮強さも若干大きくなる傾向にあり、No.2 の 7 日養生を除いて繰り返し回数 0 回よりも大きな一軸圧縮強さとなった。

以上の結果より、凍結融解繰り返し回数が25回までの間であれば、凍結融解による一軸圧縮強さの低下はほとんどなく、凍結融解を繰り返している間でも、若干の強度の増加があるといえる。また、7日強度においても目標強度を大きく上回ってはいるが、打設後28日強度を求めるまでは極力凍結融解させない現場管理が求められる。

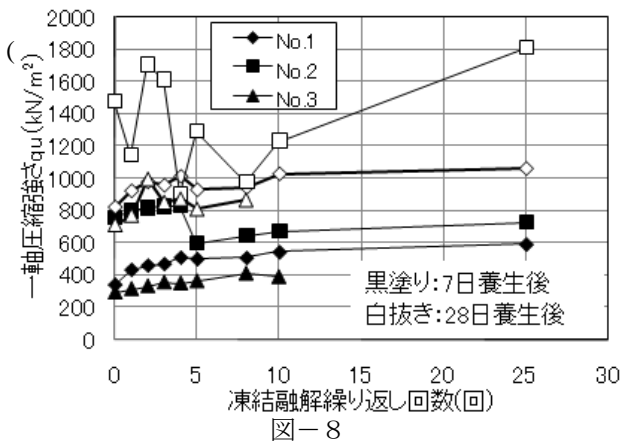


図-8

c) 水浸後の凍結融解の繰り返しと一軸圧縮強さ

No.3供試体を作製してから7日および28日養生し24時間水浸させた後、凍結融解を繰り返したときの一軸圧縮強さの変化を非水浸の場合もあわせて図-9に示す。水浸した後凍結融解を繰り返した場合、7日養生では、4回までの間では、非水浸の状態とほぼ同じである。このことから、固化した気泡混合土を24時間水浸した後凍結融解させてもほとんど一軸圧縮強さは低下せず、24時間程度の水浸では影響は見られなかった。

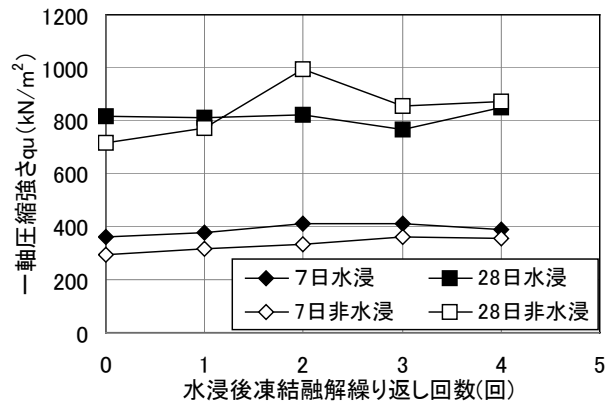


図-9



写真-9 一軸圧縮強度試験の状況

(d) 外気温と内部温度

図-10に12月3日までの観測データを示す。最終打設日は10月18日であり、観測開始日の11月11日までの24日間ではセメントの反応が収束していないのか、一番温度の高い箇所では約48℃。一番温度の低い箇所でも14℃と内部温度は高い。その後12月3日まで最も温度低下した箇所は②であり16℃であった。低下の幅が少なかった箇所は⑥で8℃であった。

ここでは、内部温度が落ち着いていないことも含め、今冬の変化を測定するものとする。

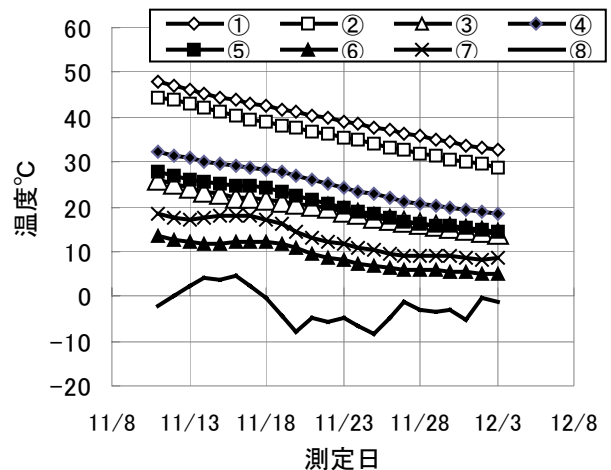


図-10

5. まとめ

今回の検討の結果、分かったことをまとめると次のとおりになる。

- ① 気泡混合土は水浸しても膨張や収縮がない材料である。しかし、水浸により湿潤密度が大きくなり、水浸してから30日後には、水浸前の供試体に対して18%程度湿潤密度が大きくなる。
- ② 気泡混合土は、時間の経過とともに一軸圧縮強さがは大きくなる。
- ③ 室内の混合と現場の混合では、強度に差が生じるため、室内試験の結果を現場に反映させる場合は、固化材の割り増しなどを考慮する。
- ④ 凍結融解繰り返し回数が25回までの間であれば、凍結融解による一軸圧縮強さの大きな低下はなく、凍結融解を繰り返している間でも、若干の強度増加がある。
- ⑤ 7日養生で28日養生よりも凍結融解による一軸圧縮強さがやや低いため、28日養生までは凍結融解の無い時期の施工が望ましい。
- ⑥ 24時間水浸した後、凍結融解を繰り返しても4回までは、固化した気泡混合土の一軸圧縮強さは低下しない。

11月25日に外気温が -8°C まで低下しているがこの地域では例年最低気温が約 -25°C であるため、冬期間の観測を継続し、気泡混合軽量土の内部温度と外気温の関係についてもさらに検討を加え、本工法の積雪寒冷地への適応性について今後報告を行うこととする。



写真-7 (完成写真) 終点より

6. あとがき

本報告は気泡混合軽量盛土工法が、積雪寒冷地における施工実績が少ないことから、凍結融解と強度の面から試験を試みたものであり、凍結融解が繰り返されても強度に悪影響のないことがわかった。これが今後の北海道における施工に際して参考となれば幸いである。

謝辞：供試体作成や室内試験にご協力頂いた、土木研究所寒地土木研究所寒地地盤チームの関係された皆様には記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) NEXCO：FCB工法設計・施工要領、2007.1
- 2) NEXCO：気泡混合土を用いた軽量盛土工法の設計施工指針、1996.9
- 3) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、2004.6