

## FCBの長期耐久性に関する考察

## A consideration on long-term durability of Air-Mixed Lightweight Soil

池田 一成<sup>1</sup>, 藤岡 一頼<sup>2</sup>, 小林 一<sup>3</sup>

- 1 高速道路総合技術研究所・道路研究部土工研究室・k.iked@ri-nexco.co.jp
- 2 高速道路総合技術研究所・道路研究部
- 3 高速道路総合技術研究所・道路研究部土工研究室

## 概 要

気泡混合軽量盛土（以下、「FCB」という。）は、軟弱地盤上の盛土や拡幅、急傾斜地盤上での盛土工事等において採用され、これまでに多くの施工実績がある。そのFCBの今後の維持補修を見据えて、長期耐久性について追跡調査を実施している。これまで、長期耐久性は、平成7年から10年間にわたり強度確認試験が行なわれた結果、暴露状態では強度が低下することから、表面保護を施すことが重要であると報告されている<sup>1)</sup>。FCBの経年劣化を抑制するために、保護壁や遮水・防水シート等を用いる構造とすべく、平成17年に設計・施工指針として取りまとめられた。本研究は、遮水・防水シートの効果を確認するため、FCBブロック体を作製し約11年間の長期耐久性を確認するとともに、現地での追跡調査を実施した。その結果、11年経過しても目標強度は確保でき、遮水・防水シートの効果も確認できた。ただし、強度は低下傾向にあることから、今後の維持補修方法について検討する必要があることが分った。

キーワード：FCB，軽量盛土

## 1. はじめに

FCB工法は、1987年に横浜新道で仮設道路に用いられて以来、軟弱地盤上の盛土や拡幅、急傾斜地盤上での盛土工事等において採用され、これまでに多くの施工実績がある。今後は、維持管理の必要性や補修・補強方法を検討していく必要があると考えられる。

過去には、長期耐久性を確認するため、平成7年から供試体寸法φ100mm×H200mmを長期養生し、耐久性を確認した。その結果、暴露状態では強度低下が生じたことから、経年劣化を抑制するために保護壁や、遮水・防水シート等を用いる構造とすべく、平成17年に設計・施工指針として取りまとめられた<sup>1)</sup>。

しかし、この寸法では外的環境に対してかなり厳しい条件であるとも考えられた。そのため、平成17年にブロック状の供試体を作製するとともに、遮水・防水シートの効果を確認することとした。また、同時に現地のFCBからサンプリングし、室内試験との比較を行った。

## 2. 試験概要

長期耐久性試験は、FCBブロック体および現地サンプリングそれぞれで、一軸圧縮試験、湿潤密度試験および中性化試験を実施した。以下に概要を示す。

## (1) FCBブロック体



写真-1 FCBブロック体の暴露養生状況

作製したブロック体形状はW530×D350×H260である。配合は、砂セメントの容積比0, 3, 5の3種類、それぞれ設計一軸圧縮強度を300, 500, 1000kN/m<sup>2</sup>の3種類の計9種類とし、養生日数28日, 180日, 365日(1年), 730日(2年), 1825日(5年), 3955日(約11年)に相当する分を作製した。養生方法は、養生室(20±3℃)で28日養生してからそれぞれ暴露(屋外に放置;写真-1参照)、土中(土中にブロック体を直に埋設)、土中シート(ブロック体を土木用遮水シートt=1.0mmで包み土中に埋設)、空気(20±3℃の養生室)、水浸(20±3℃の水槽)で行った。

## (2) FCBの現地サンプリング

FCBの現地サンプルは、現場耐久性確認試験用に現場で施工した箇所(A地区)、および平成15年に試験施工として本線脇に施工した箇所(B地区)と写真-2に示すように、劣化が進行していると思われる箇所(C地区)にて行った。

経過年数は、A地区10年、B地区8年、C地区4年である。供試体はA地区については、ブロックサンプリングで、B,C地区については、水平ボーリングにて採取した。また、C地区は、カルバートの裏込め部全てがFCBであり、両側から水平ボーリングを実施している。

なお、B地区の試験盛土では遮水シートをせず、防水シートのみを使用している。C地区ではFCB上面に遮水シート、背面には防水シートが用いられている。



写真-2 現地調査箇所 (C地区)

## (3) 試験方法

ブロック体の一軸圧縮試験は、3等分してその中心部をφ100mm×200mmに整形し、JIS A 1216「土の一軸圧縮試験方法」に準拠し実施した。湿潤密度試験は、JIS A 1225「土の湿潤密度試験方法」のノギス法に準拠した。中性化試験は、3等分に切り分けた切断面の一部にフェノールフタレインを吹きかけ1日後の状況を観察した。

現地サンプリングは、ボーリングにより水平コアを採取し、そのまま一軸圧縮試験および湿潤密度試験を実施した。中性化試験は現地のサンプリング箇所で行った。

## 3. 試験結果

### 3.1 一軸圧縮強さ

#### (1) FCBブロック体の一軸圧縮強さ

養生日数と一軸圧縮強さの関係を図-2に示す。

K0-3:φ10空気養生は、供試体サイズφ100mm×200mmで養生したもので、ブロック体養生から整形した供試体と強度特性を比較するためのものである。

ここで、設計一軸圧縮強さの目標強度は、盛土体として必要な強度の3倍を目安に設定しているため、K0-3配合の場合は300kN/cm<sup>2</sup>の1/3がひとつの目安となる。

図-2より、ブロック体で養生したものは、供試体サイズ

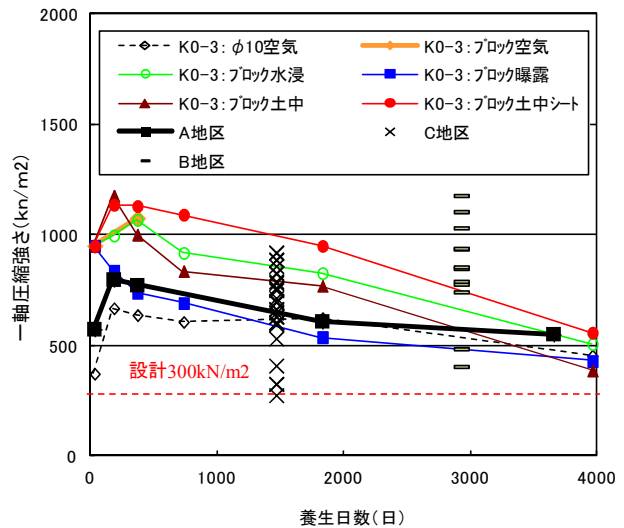


図-2 養生日数と一軸圧縮強さの関係

φ100mm×200mmで養生したものより初期には2倍程度強度が高くなったが、どちらも長期的には設計強度に収束していく傾向が見られた。

曝露養生は、養生初期から一軸圧縮強度が下がり、その後は比較的緩やかに下がる傾向が見られた。その他の養生では、養生初期に設計強度の3~4倍程度強度増加してから緩やかに設計強度に収束していく傾向が見られた。

遮水シートの有無により200kN/m<sup>2</sup>程度の強度差が見られ、ある程度の抑制効果が確認できた。

また、B地区(12供試体)とC地区(32供試体)の一軸圧縮強さの範囲を図-2に示した。これを見るとかなりのばらつきがあることが分かった。

#### (2) B地区の一軸圧縮強さ

壁面からの距離と一軸圧縮強さの関係を図-3に示す。

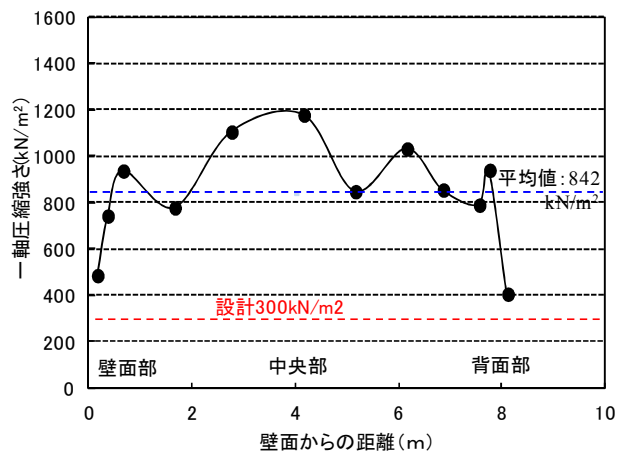


図-3 壁面からの距離と一軸圧縮強さの関係

全体的に見ると、中心部付近の強度が高く、壁面部付近と背面部付近に行くにしたがって、強度は下がる傾向が認められた。これは、遮水対策がされていないため、雨水等の影響を受けたものと考えられる。

(3) C 地区の一軸圧縮強さ

FCB 両側の壁面において地表面からの高さ約 1m, 3m, 5m の位置で壁面水平コア(約 5m)をボーリングマシンを用いて各 1 本採取した。壁面からの距離と一軸圧縮強さの関係を図-4 に示す。

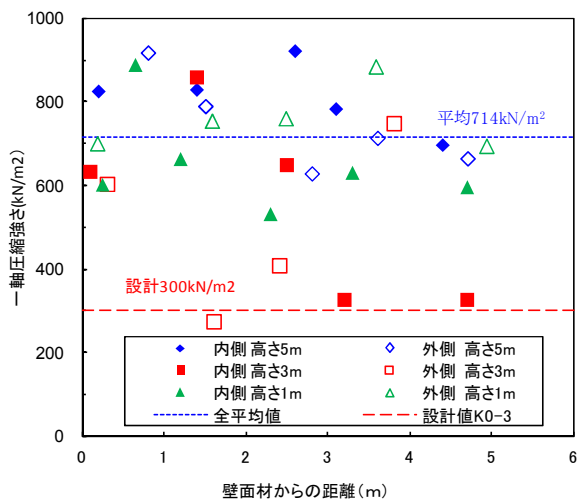


図-4 壁面からの距離と一軸圧縮強さの関係

一軸圧縮強さの平均は 714kN/m<sup>2</sup>であった。全体的にばらつきがあり壁面付近と中心部および背面部には特別な関係は見られない。これは、FCB 上部部に遮水シート、背面部に防水シートを施工した効果によるものと思われる。なお、外側高さ 3m のところで設計基準強度を下回ったものがあるが、採取した供試体を観察すると、直径約 5mm の連続した気泡が確認された。これが弱点となり設計強度を下回ったものと思われる。

3.2 養生方法と湿潤密度

(1) ブロック体の湿潤密度

養生期間と湿潤密度の関係を図-5 に示す。

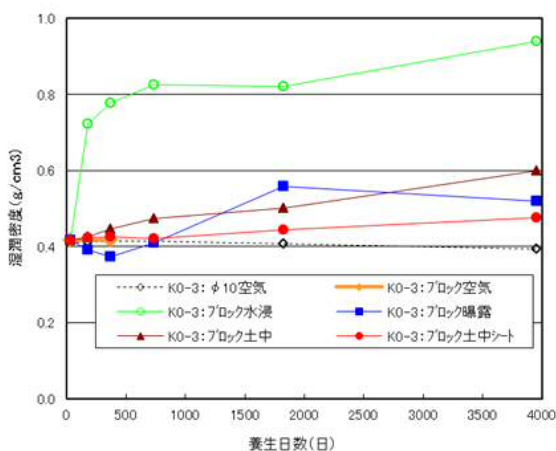


図-5 養生日数と湿潤密度の関係

水浸養生は、水浸後 180 日までに湿潤密度が著しく増大

し、その後も漸増している。暴露養生では、試験ごとに増減しているがこれは降雨や湿度による影響と思われる。また、空気養生については、ほとんど増減していない。

(2) B 地区の湿潤密度

壁面からの距離と湿潤密度の関係を図-6 に示す。

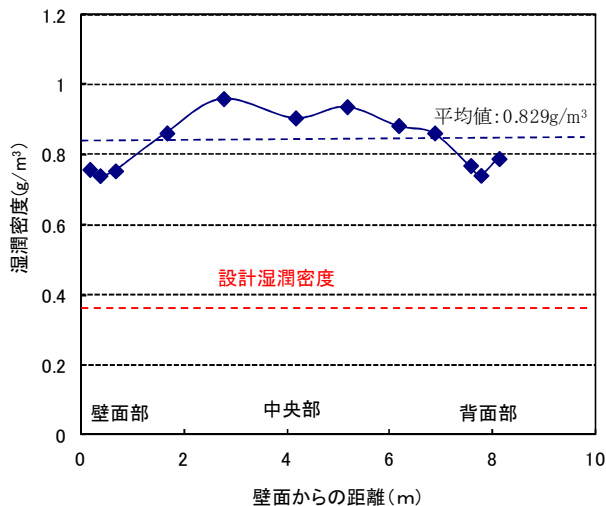


図-6 壁面からの距離と湿潤密度の関係

湿潤密度は全般的に設計値よりも高く、平均値は 0.829 g/cm<sup>3</sup>であった。中心部より壁面部や背面部のほうが湿潤密度が低い傾向が確認されたが、これは雨水等が入りやすく抜けやすいためと思われる。

(3) C 地区の湿潤密度

壁面からの距離と湿潤密度の関係を図-7 に示す。

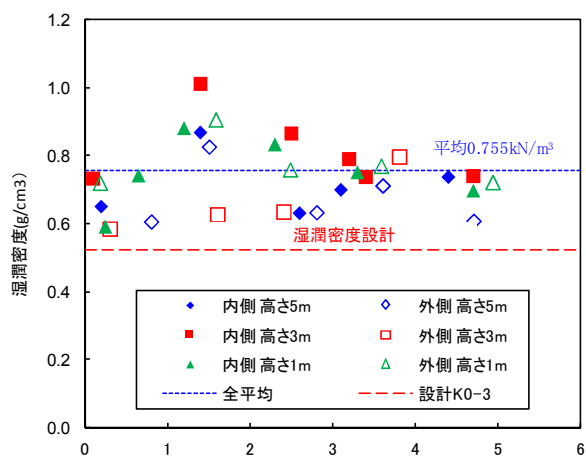


図-7 壁面からの距離と湿潤密度の関係

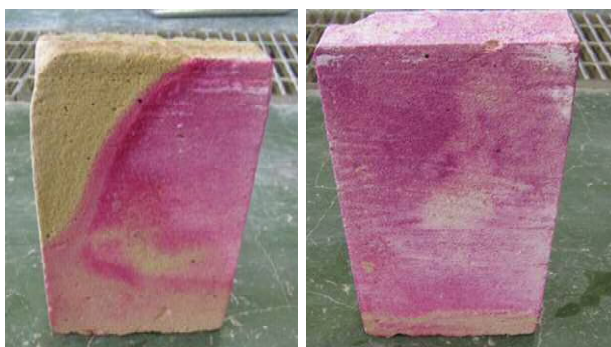
湿潤密度は、設計値よりも高く、平均値は 0.755 g/cm<sup>3</sup>であった。ばらつきも少なく壁面部と中心部に顕著な差は見られない。遮水シートや防水シートを施工したがブロック体の水浸養生や遮水シートのない B 地区の値とほぼ同じであった。



### 3.3 養生方法の違いによる中性化

#### (1) ブロックの中性化状況

遮水・防水シートの効果を確認するために養生約 11 年の供試体について中性化試験を行った（写真-3 参照）。



(a) シート無

(b) シート有

写真-3 シートの有無による中性化の状況

土中養生では、外側から内部に向かって中性化が進行している。これは雨水等が土中に浸透し FCB の表面近くから徐々に内部に向かって浸透していることを示している。

土中シート養生では、全面中性化は見られなかった。

中性化は、FCB 内部を水が移動することによりアルカリ成分がその水といっしょに移動して FCB から抜けてしまうためにおこるものと考えられ、中性化対策には水に触れさせない遮水シートを用いることが有効であることが確認できた。

#### (2) B 地区の中性化状況

保護壁から遊離石灰が滲出している箇所ではフェノールフタレインによる中性化試験を行った（写真-4 参照）。



写真-4 FCB 現場養生状況

調査箇所には打ち継ぎ目と見られる白い筋がみられたが壁面材には FCB が付着しておりまた浸入水が流れた形跡は見られなかった。このことから外気と遮断されていたことにより中性化しなかったものと思われる。

#### (3) C 地区の中性化状況

保護壁をはがしブロック供試体を採取した後でフェノールフタレインによる中性化試験を行った（写真-5 参照）。水の滲み出しによりフェノールフタレインの赤着色が



(ランプ外側)

(ランプ内側)

写真-5 FCB 現場養生状況

一部消えているように見えるが中性化はしていないことが確認された。

### 4. まとめ

一連の試験結果を踏まえ想定される事象を以下に示す。

#### ①強度特性

- ・実現場においても穏やかに強度低下している。
- ・強度低下は FCB の寸法が大きいほど穏やかである。
- ・最も小さい  $\phi 10\text{mm} \times 20\text{mm}$  の供試体は、養生初期の強度はブロック体と比較して低いものの長期的には横這い傾向にある。
- ・目標強度は必要な強度の 3 倍の安全率を考慮した値であるため直ちに変状に至る可能性は少ない。

これらの結果から類推すると、将来的には強度は横這いなることも考えられる。

#### ②遮水・防水シートの効果

- ・中性化試験結果から、アルカリ分の溶出が抑制されていることから、水の浸入は抑制できていることが分る。
- ・そのため、長期強度も遮水・防水シートがあるほうが上回っていたと考えられる。
- ・ただし、現場サンプリングの結果では、湿潤密度が上昇していることから、完璧に遮水できているとは言い難い。

これらの結果から遮水・防水シートの効果は見られるものの、ある程度の水の浸入は考慮する必要があると考えられる。

FCB の長期耐久性に関して、目標強度を確保していることから、直ちに構造物の安全性に影響を及ぼすことは無いものの、強度が収束することを確認していないことや、強度のばらつきも大きいことから、今後の維持補修を見据えて、補修・補強等、維持管理手法の検討が必要と考えられる。

### 参考文献

- 1) 藤岡一頼, 長尾和之, 北村佳則, 加藤喜則: 気泡混合軽量土の長期耐久性に関する試験, 土木学会第 60 回年次学術講演会