

## 深層混合処理工法による改良体の強度確認に関する一考察

建築研究所 正会員 田村 昌仁 テノックス 正会員 日比野 信一  
兼松日産農林 正会員 水谷 羊介 ジオテック 正会員 須々田 幸治  
日本大学 正会員 川村 政史

### 1. はじめに

深層混合処理工法による地盤改良は、構造物の本設地盤を構築するために用いられているが、いくつかの課題も残されている。建築分野では、先般の建築基準法の改正により、深層混合処理工法などのセメント系固化材を使用した改良体に関しては、国土交通省告示第1113号第3で改良地盤の許容応力度が規定され、固化工法も一般工法として認知されることになったが、その一方で、原則、改良体から切取った試験体（以下、ドリルコア）を用いた28日材令の強度確認の必要性が明確になった。この規定は許容応力度計算を要する全ての建築物に対して適用される。施工後に強度確認するための試験体の作成方法は、上述の告示に示されているドリルコアが基本であるが、工程や経済性などのため、実務ではまだ固まらない段階で試料をモールドに充填することもある（以下、固まらない状態で試料をモールドに充填して硬化させた試料をモールドコアという）。このため、信頼できる強度確認法を構築するためには、モールドコアの強度に及ぼす充填方法などの影響を明確にすることが必要である。本研究は、モールドへの充填方法の現状や課題と整理するとともに、充填方法が強度に及ぼす影響について考察したものである。

### 2. モールドコアによる試験体作成方法

表-1には、モールドコアによる試験体作成方法の概要を示す。室内配合試験による試験体の作成方法に関しては、まず、突き固めを伴う場合と伴わない場合に2分され、突き固め方法に関しては静的荷重を用いるものと動的荷重によるものに大別されるが、ほとんどの場合は試料が柔らかいため、突きかためを伴わない自己充填方式で作成されている。現場で採取した未硬化試料に関しても、室内試験と同様な方法でモールド充填して試験体を作成していると考えられるが、充填段階での試料の硬さやコンシステンシーが室内試料と現場試料では大きく異なることがある。モールドコ

アの充填方法に関しても、紐状や団子状に練り上げて充填する場合のほか、ランマーや棒で突き固める場合など様々な方法が用いられている。本研究では、強度に及ぼす充填方法などの作成方法の違いや実務での充填方法の違いなどを考察することにした。

写真-1は、モールドコアによる試験体作成方法のうち、最も代表的な紐状、団子状、スラリー状の試料の状況を示す。写真からわかるように、試験体の性状は、かなり柔らかいスラリー状のものだけでなく、硬い団子状のものまで様々であり、試料の状況によっては充填方法に工夫を有すると考えられる。

表-1 モールドコアによる試験体作成方法の概要

	名称	充填方法	コンシステンシー	充填時強度
1	自己充填式 (JGS0821)	ソイルセメントスラリーを2-3層に分けてモールド缶に詰め、流動性が高い状態で、スコップや棒を用いて充填し、各層でタッピング法によって気泡の除去を行なう。地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作成方法」に近い作成方法といえ、同基準の気泡の除去方法は、コンクリート床などに軽くモールドを打ちつける。木槌でモールドをたたく、振動テーブルにモールドを置く、などが提案されている。	流動性高い	低い
2	棒状詰込み式	ソイルセメントスラリーをモールド缶の直径に合わせて、棒状（紐状）に成型してモールド缶に詰め込む。詰め込んだ後にタッピング法によって気泡の除去を行なって供試体を作成する。		
3	団子状挿入式	ソイルセメントスラリーを2-3層に分け、団子状にしてモールド缶に挿入する。各層毎にタッピング法によって気泡の除去を行なって供試体を作成する。		
4	突き固め棒併用団子挿入式	ソイルセメントスラリーを2-3層に分け、団子状にしてモールド缶に挿入する。各層毎にモールド缶に挿入した試料を突き棒で、ゆっくり突いた後にタッピング法によって気泡の除去を行なって供試体を作成する。		
5	静的締固め式 (JGS0812)	地盤工学会基準「安定処理土の静的締固めによる供試体作製」により供試体を作成する。作成する供試体の空気間隙率を2-10%の範囲に設定し、モールドにプラグを挿入して静的に供試体をソイルセメントスラリーは、4層に分け充填する。		
6	突き固め式	ソイルセメントスラリーは、4層に分け充填する。各層毎に1.5kgの突き棒を高さ20cmから自由落下さ	流動性低い	高い



棒状（紐状）

団子状

スラリー状

写真-1 試料の状態

### 3. 攪拌後のまだ固まらない試験体の性状

図-1には攪拌直後からの経過時間と試料の硬さの関係を示す。目視で柔らかいと判断される状態は、ベーン試験で概ね15kN/m<sup>2</sup>秒以下であるが、採取深度

キーワード 深層混合処理，強度確認，コア，モールド，ソイルセメント

連絡先 〒305-0802 つくば市立原1（独）建築研究所 国際地震工学センター TEL 0298-64-6663

が深い場合や地中での攪拌時間が長い場合(地中障害物との接触等)には、30~40 kN/m<sup>2</sup> を超える状態も十分にありうる。

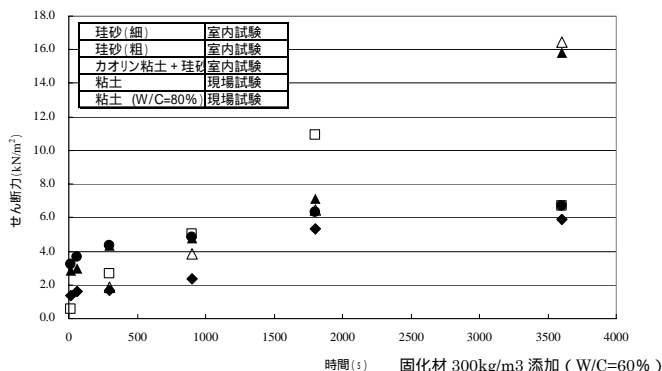


図-1 試料の経過時間とせん断抵抗の関係

#### 4. 試験結果

改良強度を調べるには、原地盤を利用することが重要であるが、地盤のばらつき等の不確定要素を省くため、試験体は室内で作成した試験体(コラム頭部の養生条件に近い)を用いた。試料は、大型ミキサーを用い、砂/セメント/水を攪拌混合して作成した。使用砂は、川砂(細砂)である。攪拌状態は、攪拌混合度の影響を確かめるため、十分に攪拌したものと十分でない場合の2水準とした。攪拌試料を鋼製型枠(φ60cm、H60cm)に投入し、パイプレータで空隙をなくした後そのまま硬化させて大型試験体を作成した。モールドコアは、型枠内の試料を採取し、モールド(φ5cm/H10cm)を用いて、自己充填方式(落下高10cm/3層とし、底部を数度地盤面に軽打)で作成した。モールドコアの養生方法は、戸建住宅の実務の現状を考慮し、乾燥しないように密封して気中養生し、ほぼ4週後に一軸圧縮試験を実施した。大型試験体から切取する場合も、密封した後コアドリルマシンでコア抜きしてほぼ4週後に一軸圧縮試験を実施した。

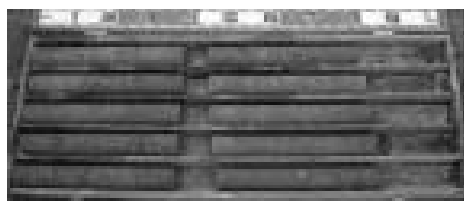


写真-2(a) 攪拌度の優れた試験体から採取したドリルコアの状況



写真-2(b) 攪拌度の乏しい試験体から採取したドリルコアの状況

表-2 改良体のコア試験体の強度特性

No.	採取方法	攪拌度	試験体の数量	平均密度 (kN/m <sup>3</sup> )	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )	変動係数
D-1	DC	大	31	1.97	6,900	0.31
M-1	MC	小	24	2.1	15,100	0.3
D-2	DC	大	24	2.1	6,600	0.49
M-2	MC	小	28	2.04	3,100	0.96

コア抜き試料の状態に関して、攪拌良の場合(写真-2(a))はひびわれや欠損はほとんどなかったが、攪拌が十分でない場合(写真-2(b))はひびわれや欠損が多かった。表-2には、強度試験の結果を示す。攪拌が良好な場合、ドリルコアとモールドコアの強度の変動係数はともに30%前後で差異は少ないが、ドリルコアの平均強度はモールドコアの約半分、作成方法の影響が大きいことがわかる。この原因としては、モールドコアの密度が大きいことなどが考えられる。

一方、攪拌が十分でない場合は、攪拌良の場合と異なり、ドリルコアの強度がモールドコアよりも大きく、強度の関係が逆転している。密度に関しては、ドリルコアとモールドコアの差異は少ない。ドリルコアの強度が大きくなった理由は、コア抜きした状態の試料にひびわれや欠損が多く、十分に固まった部分のみからしか採取できなかったためであろう。モールドコアの場合、攪拌状態が充分でない試料でも試験に供することが可能で、強度のばらつきも非常に大きい結果となった。

#### 5. 今後の課題

モールドコアによる強度確認の課題を以下に示す。

モールドコアの場合、詰め方によって密度や性状の変化が少ない場合を除くと、詰め方が重要である。土質によっては、試験体が密実になって強度を過大評価するおそれもある。

攪拌が不十分な改良体からドリルコアを得ようとすると、確実に固結した部分から試験体を採取せざるを得ず強度を過大評価するおそれがあり、モールドコアの強度はドリルコアより大きく変動しうる。

モールドコアは、実務で多用されているが、試料の充填方法などは必ずしも明確でない。採取深度や施工及び地盤条件によっては、採取時の試料が硬く適切な充填が困難となるので要注意である。

ドリルコアであってもコアの採取状況を無視すると信頼した結果を得ることができないので、強度の数値だけでなく採取状況を写真等で記録しておくことが必要である。