

Ⅲ－B 285

改良土中の固化材添加量の推定方法について

三菱マテリアル(株) 正会員○中村 俊彦
同上 堤 徹郎

1. はじめに

セメント系固化材を用いた地盤改良においては、施工後の改良土中の固化材添加量を把握することは品質管理上重要である。また、配合設計に際して現場／室内強度比が考慮され、室内強度と現場強度が対比されるが、現場強度については改良土の配合推定まで含めた十分な検討がなされていない。改良土の配合推定方法を確立することは、地盤改良の施工性や品質の維持・向上、現象の解明のためにも役立つ。ここでは、配合既知の改良土供試体を室内で作製し、固化材添加量の推定方法について検討した。

硬化コンクリートの配合推定方法として、不溶残分により骨材量を、カルシウム量によりセメント量を求める方法¹⁾が提案されており、類似の方法で硬化後の改良土の配合を推定することも行われている。地盤改良においては添加量を地山 1m³ に対する重量(kg)で表わすのが通例であるため、推定値として重量比だけでなく添加量(kg/m³)を求めることを前提に、改良土の配合推定を試みた。

2. 実験方法

(1) 改良土の作製

表1に示す土に一般軟弱土用セメント系固化材($\rho_c=3.02\text{g/cm}^3$)をW/C=60%の湿式混合にて、150、200、250kg/m³配合した改良土を作製した。土と固化材の混合にはホバート型のソイルミキサーを用い、混合後の改良土を直径5cm、高さ10cmの型枠に充填し、材齢28日まで密封して20℃の室内に保存した。試料土はほぼ飽和状態で、供試体の作製は締め固めをしない供試体作製方法によった。

(2) 供試体の湿潤密度および含水比の測定

材齢28日経過後、供試体を脱型し直径、高さ、重量を測定し湿潤密度を求めた。また、供試体をステンレス製の鉢で5mm以下程度に粗粉碎し、含水比を測定した。含水比は、試料約50gを100ccのビーカーに入れ、電子レンジにより恒量となるまで乾燥させて求めた。電子レンジ乾燥後の試料をめのう乳鉢を用いて微粉碎し、以下の不溶残分、CaO量および強熱減量の測定に用いた。

(3) 不溶残分、CaO量および強熱減量の測定

不溶残分の測定は、セメント協会F-18法²⁾においてろ過後の強熱温度を700℃に変更して行った。この方法は試料1gを1:100の塩酸250ccで溶解し、ろ過後の残留物の重量を求めるものである。CaO量は、不溶残分測定時のろ液を用いICPにより測定した。強熱減量の測定条件は、700℃、3時間とした。

3. 実験結果と考察

固化材添加量の推定に用いた各測定結果を表2に示す。改良土の不溶残分、CaO量は、それぞれ未改良土の不溶残分、固化材のCaO量に由来することが分かる。また、乾燥試料中にはセメント水和物の結合水が含まれることが強熱減量の測定値からも推察される。これらの測定値を利用して改良土中の固化材添加量を推定する基本的な手順を以下に示す。

表1. 試料土の土質性状

項目		測定値
湿潤密度(g/cm ³)		1.858
含水比(%)		35.7
土粒子の密度(g/cm ³)		2.697
強熱減量(%)		3.99
コンシステンシー	液性限界(%)	32.2
	塑性限界(%)	22.6
	塑性指数	9.6
粒度特性	砂分(%)	45
	シルト分(%)	40
	粘土分(%)	14
土の分類名		粘質土(CL)

キーワード：改良土、配合推定、固化材添加量、不溶残分、CaO量

連絡先：埼玉県大宮市北袋町1-297、Tel. 048-647-2011、Fax. 048-643-5146

未改良土の不溶残分：A（％）

未改良土のCaO量：B（％）

改良土の不溶残分：C（％）

改良土のCaO量：D（％）

固化材のCaO量：E（％）

改良土の湿潤密度：F（kg/m³）

改良土の含水比：G（％）とする。

表2 各測定値一覧

試料	添加量 (kg/m ³)	湿潤密度 (kg/m ³)	含水比 (％)	不溶残分 (％)	CaO (％)	強熱減量 (％)
固化材	—	—	—	0.35	60.17	3.79
未改良土	0	1858	35.70	93.52	0.42	3.99
改良土	150	1829	35.97	81.33	5.91	4.67
	200	1840	36.06	77.92	7.33	5.30
	250	1833	36.19	74.20	9.09	5.76

①乾燥試料中の土（Sd）、固化材（Cd）、結合水（Wb）の重量比を以下により求める。

$$Sd(\%) = 100(C/A), \quad Cd(\%) = 100(D - Sd \times B/100)/E, \quad Wb(\%) = 100 - Sd - Cd$$

②改良土の含水比より、改良土中の土（Sw；乾燥状態）、固化材（Cw）、水（W）の重量比を求める。

$$Sw(\%) = 100 \times Sd / (100 + G), \quad Cw(\%) = 100 \times Cd / (100 + G), \quad W(\%) = 100(Wb + G) / (100 + G)$$

③湿潤密度より、改良土1m³中の土（Sw'；乾燥状態）、固化材（Cw'）、水（W'）の重量（kg）を求める。

$$Sw'(kg) = F \times Sw / 100, \quad Cw'(kg) = F \times Cw / 100, \quad W'(kg) = F \times W / 100$$

④固化材の体積および湿式混合の場合はスラリーからくる水の体積を差し引いたものが改良土中の土の体積（Sv1）とする。あるいは、未改良土の湿潤密度（ ρ_t ）と含水比（Wn）が既知の場合、土の体積（Sv2）を以下により求める。なお、Sv2の場合改良土の湿潤密度は不要となり、Sw'、Cw'はそれぞれSw、Cwに置き換え可能である。

$$Sv1(m^3) = 1 - Cw' / \rho_c - Cw' \times a / 1000$$

$$Sv2(m^3) = Sw'(1 + Wn/100) / \rho_t$$

ただし、 ρ_c ；固化材の密度（kg/m³）、a；スラリーの水／固化材重量比

固化材添加量（kg/m³）= Cw' / Sv1 または Cw' / Sv2

以上の計算により求めた固化材添加量を表

表3 添加量推定結果

3のⅠに示す。表には土の体積として上記Sv1、Sv2それぞれを用いた場合についての結果を示した。Ⅱは土のCaO量を0%とした場合で、今回使用した土のように土のCaO量が非常に少ない場合は無視しても差し支えない。Ⅲは強熱減量を用いて結合水量を求めた場合、Ⅳ

設計添加量 (kg/m ³)	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ	
	Sv1	Sv2	Sv1	Sv2	Sv1	Sv2	Sv1	Sv2
150	140	145	151	155	145	145	146	145
200	184	191	195	200	192	191	195	191
250	240	251	251	261	252	251	259	251

Ⅰ：本文記載の方法。Ⅱ：土のCaO量を0%とした。

Ⅲ：強熱減量から結合水量を求めた。Ⅳ：結合水量を無視した。

は上記①の過程において結合水量を無視して、土と固化材の合計を100%とした場合である。設計添加量からのずれは最大でも8%であり、いずれの方法でも設計添加量にかなり近い推定値が得られた。改良土の湿潤密度の差が計算結果に与える影響は小さかった。ⅠおよびⅡの方法では、結合水量の算定値が大きいのと思われる。Sv1とSv2による差が大きくなったのは、そのためである。改良土中の固化材重量割合が最大でも11%程度と少ないために、結合水の扱い方が推定結果に与える影響は小さかったものと考えられる。また、改良の前後で飽和度が変化したり、水が逃げるような場合にもSv1とSv2による差が大きくなると予想され、その場合Sv2による計算方法が妥当であると考えられる。

4. まとめ

改良土中の固化材添加量を推定する方法について検討した結果、改良前後の不溶残分、CaO量等を用いて、地山1m³に対する添加量として比較的精度良く固化材添加量を推定できることが分かった。本手法を、現場改良土に適用することにより、現場で起きている現象の解明にも役立つものと期待される。

<参考文献>

1)セメント協会コンクリート専門委員会報告F-18「硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告」（1967）