ソイルモルタルの強度予測における40℃促進養生の効果

鹿島建設（株）正会員○ 川野健一，正会員 吉田輝

1. はじめに

近年，建設コストの縮減と建設副産物の減容化に対する社会的要求の高まりを背景に，粒度や含水比などの品質が必ずしも安定しない現地発生土や掘削残土を材料とする，比較的高密度（1.5t/m^{3}程度）かつ高強度（0.5N/mm^{2}程度以上）で品質が安定した流動性のあるセメント系のソイルモルタルを，地中連続壁，柱列壁及び一般の埋戻しに用いることが多くなっている（この種の材料を以下，泥土モルタル[1)]と称する）．泥土モルタルの配合管理としては，まず事前の配合試験において土砂，固化材，水等の添加量（示方配合）を土砂の粒度（指標としては例えば細粒分含有率）に応じて求めておき，実際の製造時には，その都度適切な示方配合を選択するとともに，土砂の含水比に応じて混練時の添加水量を調整する方法が確立されている[2)]．この手法により流動性の過不足や強度不足等の不具合はほとんど生じなくなった．しかしながら配合試験の効率あるいは信頼性の面で改善の余地が残っていると思われる．即ち，一軸圧縮強さ等の基準値は通常材齢28日（4週）時点において規定されるが，より早い段階（例えば材齢7日）で材齢28日時点の物性を精度良く予測できれば，手戻りが減少し検討期間の短縮につながると言える．

2. 既往の知見

吉田ら[3)]は，14種類の流動性を有するソイルモルタル系材料について養生温度20℃での7日強度（以下$\sigma_{7\text{-}20}$と記す）及び養生温度20℃での28日強度（以下$\sigma_{28\text{-}20}$と記す）の相関性を調べ，$\sigma_{7\text{-}20}$及び水セメント比から$\sigma_{28\text{-}20}$を予測する手法を提案した．この関係を用いて$\sigma_{28\text{-}20}$の予測を行うことは有用であるが，一方で，高温養生を行えば$\sigma_{28\text{-}20}$と同等の強度が早期に得られるという経験則に基づく$\sigma_{28\text{-}20}$の予測もしばしば行われる．しかしながら，予測精度について取り纏めた事例は少ない．そこで筆者らは，経験的に$\sigma_{28\text{-}20}$に近いとされている養生温度40℃での7日強度（以下$\sigma_{7\text{-}40}$と記す）に着目し，これによる$\sigma_{28\text{-}20}$の予測精度を検討した．

3. 検討方法及び結果

表-1に示す18種類の流動性を有するソイルモルタル及び類似の材料（No. 13のみ生石灰による地盤改良）について，$\sigma_{7\text{-}40}$，$\sigma_{28\text{-}20}$の相関性を調べた．これらの材料の大半は，1970年代中頃から先駆的に取り組んだ開発成果[4)]に端を発する泥土モルタルであるが，より普遍的な知見を得るべく，通常の泥土モルタルより比較的高強度側の人工軟岩材料（No. 7～10，No. 12），生石灰系改良土（No. 13），ベントナイトモルタル（No. 14），セメントベントナイト（No. 15）及びセメント系改良土（No. 19～21）も含めた．なお，表-1で材料の添加量が幅を持っているものは複数の配合のデータがあることを示す．表-1は，ほとんどが室内配合試験時のデータであるが，No. 16～18については，実機混練による施工時のものである．図-1は，表-1の材料について$\sigma_{7\text{-}40}$と$\sigma_{28\text{-}20}$の関係をプロットしたものである．図-1から，$\sigma_{28\text{-}20}/\sigma_{7\text{-}40}$はおおよそ0.8～1.4の間にあり，平均的には$\sigma_{28\text{-}20}\fallingdotseq 1.1\sigma_{7\text{-}40}$の関係があることが読み取れる．また図-2は，一軸圧縮強度2000kPa以下の範囲の拡大図であるが，同様の傾向が読み取れる．

4. 結論

以上，材料や配合が異なる様々なソイルモルタル系材料の強度試験データに基づいて，養生温度40℃における7日強度$\sigma_{7\text{-}40}$と養生温度20℃における28日強度$\sigma_{28\text{-}20}$の関係を調べた．その結果，$\sigma_{28\text{-}20}\leqq 10000$kPaの範囲で（1）平均的に$\sigma_{28\text{-}20}\fallingdotseq 1.1\sigma_{7\text{-}40}$の関係があり，（2）ばらつきは$\sigma_{28\text{-}20}/\sigma_{7\text{-}40}$=0.8～1.4の範囲内であった．この関係を用いて$\sigma_{7\text{-}40}$から$\sigma_{28\text{-}20}$を概略予想することができ，配合試験時のみならず施工時における$\sigma_{28\text{-}20}$の信頼性のある早期予測に役立つものと考えられる．

キーワード：ソイルモルタル，一軸圧縮強さ，予測，標準養生，促進養生
連絡先　東京都調布市飛田給2-19-1　鹿島建設（株）技術研究所 TEL：042-489-7692　FAX：042-489-7189

表-1 材料一覧

No.	材料種別	適用先	混練場所	固化材の種類	固化材添加量 (kg/m³)	土の種類	混和剤 (*1)	土砂特性 (*2)	密度(t/m³) (*3)	水セメント比(%) ①0～300 ②300～500 ③500～1000 ④1000～2000	データ数 (*4)	供試体数 (*5)
1	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	50～150	粘性土	遅延剤(ショーエース) なし又はC×6%	Dmax=2mm Fc=96.3%	1.246～1.262*	③④	3	6
2	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	50～150	中間土 (粘性土+砂質土)	遅延剤(ショーエース) なし又はC×6%	Dmax=4.75mm Fc=14～28.8%	1.612～1.624*	②～④	3	6
3	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	50～150	砂質土	遅延剤(ショーエース) なし又はC×6%	Dmax=4.75mm Fc=14～28.8%	1.879～1.891*	②③	3	6
4	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	100～200	粘性土	なし	Dmax=30mm Fc=7.7%	2.05～2.1	①②	3	9
5	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	100～200	粘性土	なし	Dmax=30mm Fc=19.5～30.3%	1.76～1.97	①～③	3	9
6	泥土モルタル	連壁	室内	高炉セメントB種	100～200	粘性土	なし	Dmax=30mm Fc=19.5～30.3%	1.81～1.83	①～③	3	9
7	人工軟岩	埋戻し	室内	高炉セメントB種	175～325	破砕泥岩	なし	Fc=24%	1.753～1.804	①②	4	12
8	人工軟岩	埋戻し	室内	高炉セメントB種	175～275	破砕泥岩	なし	Fc=17%	1.788～1.817	③	3	9
9	人工軟岩	埋戻し	室内	高炉セメントB種	175～275	破砕泥岩	なし	Fc=10%	1.898～1.931	①	3	9
10	人工軟岩	埋戻し	室内	高炉セメントB種	175～275	破砕泥岩	なし	Fc=3%	1.914～1.954	②	3	9
11	流動化処理土	埋戻し	室内	高炉セメントB種	100～300	土丹	なし	Dmax=9.5mm Fc=44.1%	1.541～1.708	①②	7	21
12	人工軟岩	地盤改良	室内	六価クロム低溶出型固化材(タフロック3E型, 住友大阪セメント(株)製)	200～400	破砕泥岩	なし	rs=2.67Mg/m3 wn=20.6% Fc(75um以下含有率,Dmax=9.5mm	1.62～1.85	①②	10	30
13	生石灰系	地盤改良	室内	生石灰系固化	40～160	関東ローム	なし	Fc=78%	1.353～1.397	–	18	54
14	ベントナイトモル	連壁	室内	高炉セメントB種	130～250	砂質土	なし	Fc=4%	–	①	9	18
15	セメントベントナイト	連壁	室内	台湾製ボルトランドセメント	200～400	なし	なし	–	1.161～1.301	①②	5	5
16	泥土モルタル	連壁	現場	高炉セメントB種	130～150	土砂+粘土	遅延剤(ジオリター10) なし又はC×2～4%	Fc=22.6%	1.707～1.791	②	7	21
17	泥土モルタル	連壁	現場	高炉セメントB種	130～150	土砂+粘土	遅延剤(ジオリター10) なし又はC×2～4%	Fc=18%	1.75～1.931	①②	4	12
18	泥土モルタル	連壁	現場	高炉セメントB種	130～150	土砂+粘土	遅延剤(ジオリター10) なし又はC×2～4%	Fc=23.1%	1.789～1.978	①②	4	12
19	セメント系改良土	地盤改良	室内	普通ポルトランドセメント	65～225	破砕硬岩	なし	Dmax=19mm Fc=13%	1.879～2.155	–	4	12
20	セメント系改良土	地盤改良	室内	普通ポルトランドセメント	57～203	強風化軟岩	なし	Dmax=19mm Fc=12%	1.645～1.942	–	4	12
21	セメント系改良土	地盤改良	室内	普通ポルトランドセメント	72～249	表土ローム	なし	Dmax=19mm Fc=36%	1.386～1.588	–	4	12

「–」:不明又は特定困難. *1:Cは固化材量. *2:粒度調整後の値. 供試体採取時の一定粒径以上の礫分除去により供試体内の最大粒径がこれより小さい場合がある. *3:硬化前の実測値であるが, 一部(*印)では配合表からの計算値. *4:図-1におけるデータポイントを構成する1材齢当り供試体数. *5:1つのデータポイントを構成する1材齢当り供試体数.

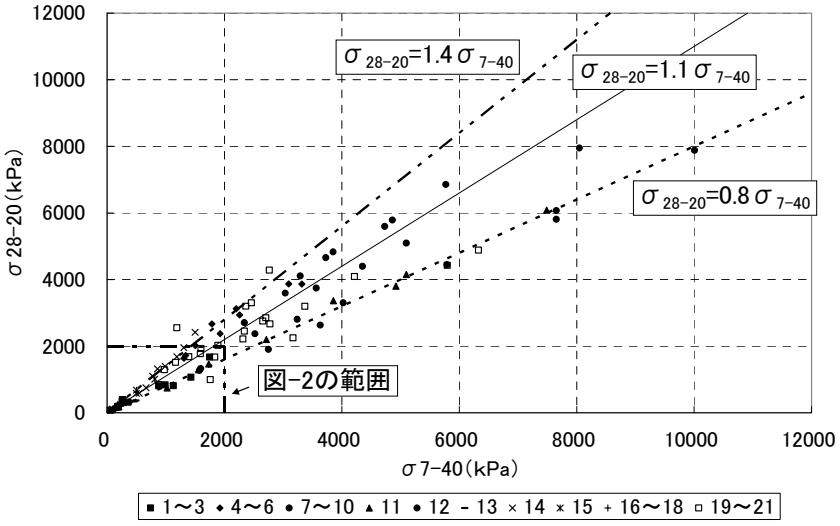

図-1 $\sigma_{7\text{-}40}$ と $\sigma_{28\text{-}20}$ の関係
(凡例の番号は表-1 に対応)

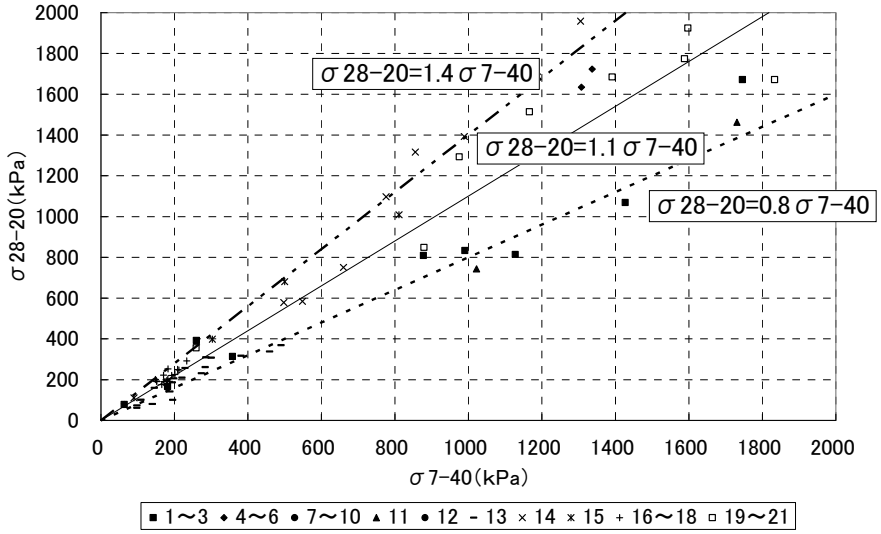

図-2 $\sigma_{7\text{-}40}$ と $\sigma_{28\text{-}20}$ の関係（拡大図）
(凡例の番号は表-1 に対応)

参考文献:

1) 船迫俊雄・吉田輝:現場発生土砂の活用工法とその現状, 建設機械, Vol. 42, No. 3, pp. 9-13, 2006. 3

2) 真鍋智・永谷英基・深澤榮造:現地発生土利用のソイルモルタルの配合管理方法, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp. 1259-1260, 2000

3) 吉田輝・北本幸義:発生土利用ソイルモルタルの強度発現に及ぼす水セメント比の影響, 第 41 回地盤工学研究発表会, pp. 769-770, 2006

4) 有泉昌・保国光敏・藤崎邦弥・栗原宏武・深澤榮造:セメントバチルスの生成を利用した軟弱土の安定処理について, 第 10 回土質工学研究発表会, pp. 999-1002, 1975