

◇技術紹介 Technical Report◇

無収縮プレミックスグラウト
「オーケイグラウト®」
Non-shrinkage Premixed Grout
「O-kay Grout」

小柳 光生 Mitsuo Koyanagi
栗田 康平 Kohei Kurita

1. はじめに

建物耐震改修工事の増加に伴い、補修用充填グラウトの使用も着実に増えてきている。当社では1999年に安価な「現場計量タイプの無収縮グラウト」を開発し、地下の逆打ち工法や耐震壁（3Q-Wall 工法®を含む）に使用するグラウト材として既に2000m³以上の使用実績がある。市販の製品に比べてコスト面で有利であることもあって、現在もこの現場計量タイプのグラウトは継続的に使用されている。その一方でプレミックスタイプのグラウト開発への要望が強かった。これは現場計量の場合、セメント、砂を個別に準備する必要があり、作業スペースの確保や作業効率が劣るという理由による。

そこで、上記の現場計量タイプのノウハウを応用したプレミックスタイプのグラウト材「オーケイグラウト®」を2005年5月に開発した。製造は、埼玉県川越市および大阪市淀川区の二工場で行っている。ここではこの無収縮プレミックスグラウトの材料特性などについて紹介する。

2. 技術概要

2.1 技術の特徴

グラウト材に要求される性能は、高流動性、無収縮性（沈降ゼロ）、所要強度であるが、同時に作業性、経済性なども重要な要求項目である。

開発した「オーケイグラウト®」の目標品質をTable 1に示す。使用材料は、普通セメント、良品質の骨材、膨張剤として、反応遅延タイプの特殊膨張剤（アルミ粉末系）を使用し、特殊混和剤（粉末高性能AE減水剤）をブレンドしたシンプルな無機系材料で構成されている（25kg/袋入り）。なお、一袋当りの練上がり量は約14%である。

2.2 施工方法

- 1) 容器にあらかじめ所要水量（4.2±0.2kg/袋）を入れ、ハンドミキサーを回転させながら本製品（Photo 1参照）を小分けして投入する。
- 2) 全量投入後、約2分間混練りする（Photo 2参照）。
- 3) 所要水量の目安は、モルタルスランプフローで35±3cm、あるいはJ14ロートで13±5秒の流動性を有する軟度とする（Photo 3, 4参照）。標準的な水量は通常期で一袋当たり4.1~4.2kg、冬期と夏期で4.3~4.4kgである。なお、硬い場合は許容範囲内（最大

Table 1 オーケイグラウト目標品質
Target Quality of O-kei Grout

項目	目標値	試験方法
①軟度	モルタルスランプフロー 35±3cm	スランプコーン 50×100×150mm
②流動性	流下時間 13±5 秒	J ₁₄ ロート
③膨張率	自由膨張 0.5~3.0%	非接触型変位計
④圧縮強度	40N/mm ² 以上（材齢4週）	JIS A 1108



Photo 1 グラウト荷姿（25kg 入り）
Form of Grout



Photo 2 練混ぜ
Mixing



Photo 3 フロー試験
Test for Flowability



Photo 4 J₁₄ ロート試験
Test for Flowability by J₁₄



Photo 5 膨張率試験
Test for Expansion Ratio

4.6kg)の水を追加投入して練り混ぜ、所要水量を決定する。

4) 混練り後、すみやかにポンプ圧送して打ち込む。

2.3 施工上の留意点

- 原則として、事前に使用材料を使って試し練りを行い、流動性、膨張率、圧縮強度などの品質を確認する。
- 使用できる温度範囲(養生温度)は8℃~35℃である。ただし、30℃を超える場合、練り上がり後しばらくすると、流動性が損なわれることがある。そのため、冷却水を使用するなど、できるだけ30℃以下に養生する。
- 気温5℃以下では膨張効果が殆ど無くなるため、この期間では使用しない。やむを得ず使用する場合は、温水使用や初期養生など何らかの対策が必要となる。
- 使用するハンドミキサーは高速型(1000rpm以上)のH型羽根を使用することとし、アルミ製の羽根や、スクリュ型の羽根は、練り上がり性状に悪い影響をおよぼすので使用してはならない。
- 最初はやや硬くても混練り中に混和剤の効果で所定の流動性が得られることが多い(低温の場合)。過剰水量になると材料分離を起すので、水量が多過ぎないように留意する。
- 練り上がり後しばらくすると膨張を開始するため、1時間以内で打ち終わるようにする。夏期は特に膨張開始が早いので30分以内で打ち終わる。
- 賞味期限は約3ヶ月である。購入後、長期間保管して使用すると流動性が低下するので留意する。

3. 品質性能試験結果

3.1 練り上がり温度とフレッシュ性状

練り上がり温度の違いによりフレッシュ性状が異なる。測定した一例を Table 2 に示す。フロー試験はモルタルスランブコーン(頂部内径 50mm, 底部内径 100mm, 高さ 150mm)を使用する(Photo 3 参照)。なお、1袋当りの水量は 4.1kg(一定)とし、練り上がり温度は、水温を調整して試験温度とした。

Table 2 から、練り上がり 10 分後にはフローが伸びる傾向にあることが分かる。ただし練り上がり温度 30℃を超えると、10 分後にはフロー値が小さくなるので留意する。Fig. 1 に、J14 試験(Photo 4 参照)とフロー試験との関係性の例を示す。

3.2 雰囲気温度と膨張率の関係

グラウトの膨張率試験は、モールド φ150×150mm にグラウトを採取しレーザー変位計を用いて翌朝までの膨張量(頂部変位量)から測定(Photo5 参照)し次式によって膨張量を算定した。

$$\text{膨張率(\%)} = \text{膨張量} / \text{グラウト打込高さ} \times 100$$

測定例を Fig. 2 に示す。

雰囲気温度 10℃, 20℃, 30℃の一例であるが、10℃で

Table 2 練り上がり温度とフレッシュ性状
Concrete Temperature and Mixture

練り上り温度(℃)	フロー値 (cm)		J ₁₄ 流下時間 (秒)	
	直後	10 分後	直後	10 分後
15	35.0	39.0	9.92	9.09
20	34.8	39.5	11.43	10.50
25	30.5	34.8	11.27	10.40
30	29.8	26.5	13.72	15.20

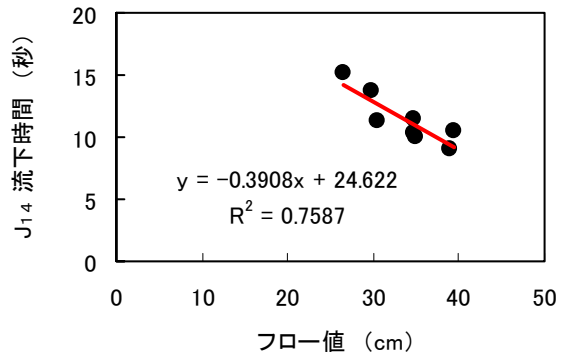


Fig. 1 フロー値と J₁₄ 流下時間の関係
Relation to Flow Length and Flow Time

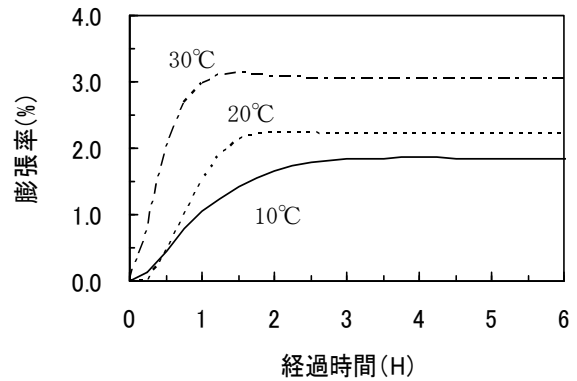


Fig. 2 雰囲気温度と膨張率
Atmosphere Temperature and Expansion Ratio



Photo 6 流動性が良好な状況 Good Fluidity Photo 7 流動性が低い状況 Low Fluidity

1.8%, 20℃で 2.2%, 30℃で 3.0%の膨張率であった。温度が高くなると膨張量も大きな値を示し、膨張速度も速く、膨張している時間も短くなる傾向がある。この Fig. 2 から通常期は練り混ぜ後、1 時間以内、夏期では 30 分間以内で打ち終わることが望ましいといえる。

3.3 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験に供した水量 4.3kg, 練上り温度 20°Cにおけるグラウトの性状は、フロー値 31×31cm, J₁₄ 流下時間 9 秒, 膨張率 (24 時間) 2.6%であった。

供試体は軽量型枠 φ50×100 に採取し, 20°C封かん養生とした。特に上面への重石は使用していない。圧縮強度結果を Table 3, Fig. 3 に示す。

材齢1週で設計強度の 40N/mm²以上の強度を発現した。また, 材齢 182 日までの強度も安定しており, 最終的に 60N/mm²以上の圧縮強度を有していた。なお, 弾性係数は 23.3N/mm² (1 週) ~27.5N/mm² (4 週) であった。

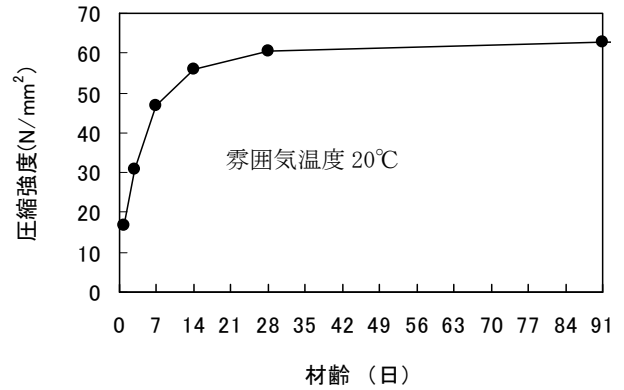


Fig. 3 材齢と圧縮強度

Compressive Strengths under Typical Ages

3.4 その他の強度試験結果

3.3 節のグラウトと同じものを用いて割裂引張強度試験 (φ150×150, 封かん養生), 付着試験 (既存コンクリート版, 強度 30N/mm²程度への厚 5mm 塗布, 下地処理は水湿し) を行った。割裂引張強度試験結果は, 4.4N/mm² (1 週), 4.5N/mm² (4 週) であった。また付着試験結果は 3.4N/mm² (4 週) であった。

Table 3 グラウト強度試験結果
Test Result of Grout Strengths

材齢 (日)	圧縮強度(N/mm ²)		
	10(°C)	20(°C)	30(°C)
1	—	16.8	—
3	—	31.0	—
7	58.7	46.7	43.6
14	68.9	55.8	49.5
28	68.0	60.5	57.1
91	—	62.8	—
182	—	62.6	—

3.5 長さ変化測定試験

長さ変化の測定方法はコンタクトゲージ法を使用した。

供試体形状 100×100×400mm の型枠にグラウトを採取し, 翌日脱型して標点を貼り付け, 乾燥収縮率を測定した。測定結果の一例を Fig. 4 に示す。乾燥収縮率は材齢 182 日で 1000×10⁻⁶程度と普通コンクリートの収縮率 (一般に 800×10⁻⁶程度) より多少大きかった。

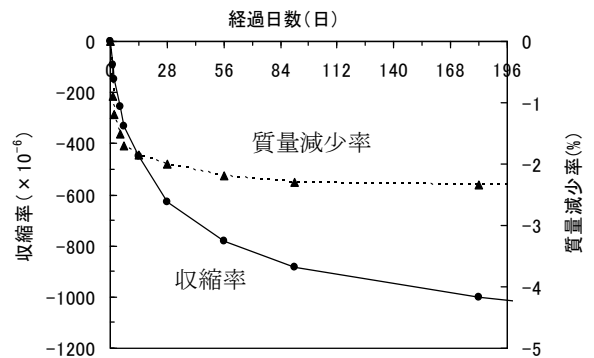


Fig. 4 乾燥収縮測定結果

Dry Shrinkage Results of Grout

3.6 ハンドミキサーの違いによる性状試験

アルミ製の羽根の使用は, アルミ粉末の発泡で過度に膨張するため使用してはならない。その他, 羽根の形状や, 回転数の違いで性状が変化する一例を Table 4 に示す。スクリュ型 (3 枚羽根, 回転数 800rpm) を使用した場合, 練上り直後のフロー値が大きいのに, J₁₄ 流下時間が遅くなっている。また, スクリュ型で練混ぜた方は, フロー値が 10 分後には 8cm も大きくなり, 分離気味となった (Photo 9 参照)。H 型羽根 (回転数 1300rpm) で練混ぜた方は, 経時変化も少なく, 良好な状態であった。

以上よりスクリュ型の羽根は, 練り上がり性状に悪い影響をおよぼすので使用してはならない。

Table 4 ハンドミキサーの違いによる性状
Mixture Proportion under Differ Hand Mixers

ミキサー 形状	フロー値 (cm)		J ₁₄ 流下時間 (秒)	
	直後	10 分後	直後	10 分後
3 枚羽根	34.3	42.5	14.67	13.69
H 型羽根	30.0	34.0	12.75	11.80



Photo 8 ミキサーの羽根の形状
Wing Forms of Hand Mixers



Photo 9 分離状況
Segregation of Materials

4. 施工事例

某店舗において耐震補強のため、当社で開発した3Q-Wall工法を用いて増設壁補強工事を行ったが、その際、営業しながらの工事であり、プレミックスタイプのグラウトが望ましいと判断され、本製品を使用して施工を行った。

当工事における増設壁総数は50枚以上あり、5,000袋以上のオーケイグラウトを使用して順調に施工された。

Photo 10 に施工状況を示す。この他にも30件以上の工事現場に適用している。



Photo 10 施工状況
Constructive Situation

5. 低乾燥収縮型グラウトの検討

5.1 概要

上述のように、本グラウトは既にかんがりの実績が得られているが、グラウト面がそのまま打ち放し面となる場合、長期的には微細な収縮ひび割れが発生することがあった。この原因はグラウト自体の乾燥収縮による収縮ひび割れと判定される。そのため、ひび割れ低減を目的として、乾燥収縮の小さい調合に改良すべく検討を行ってきた。最終的に石灰系の膨張材添加は経済性も含めて乾燥収縮低減にかなり有効であることが分かった。この石灰系の膨張材添加による改良調合について、各種性状試験を実施し、実用化の目処がついたので紹介する。

5.2 試験結果

改良調合の練り上がり温度毎にフレッシュ性状を測定し、Table 5 に示す。20℃～30℃についてはスランプフローの時間変動も少なく、フレッシュ性状も安定している。ただし、35℃になるとフレッシュ性状の変動が大きく、所要水量が多少大きくなることが分かった。2週強度は47.4N/mm² (20℃)、45.4N/mm² (35℃) とこれまでと比較して若干小さくなった。膨張率、乾燥収縮をそれぞれFig. 5、Fig. 6 に示すが、乾燥収縮は改善された。

以上、改良調合について、夏期使用の場合、練り上がり温度を上げないような配慮と練混ぜ後から打込み終了までの時間短縮に留意する必要があるものの、基本的には乾燥収縮の少ない優れた品質を有すると判断される。

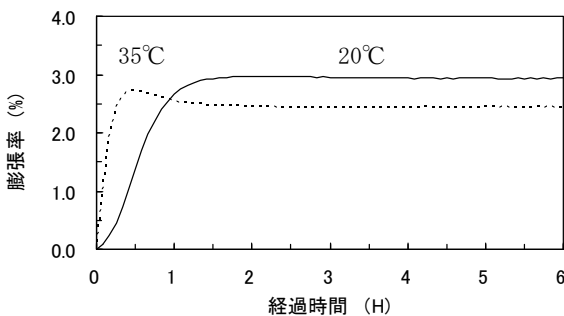


Fig. 5 雰囲気温度と膨張率
Atmosphere Temperature and Expansion Ratio

Table 5 練り上がり温度とフレッシュ性状
Concrete Temperature and Mixture proportion

温度 (°C)	水量 (kg)	フロー値 (cm)		J ₁₄ 流下時間 (秒)	
		直後	10分後	直後	10分後
20	4.0	39.0	39.5	12.65	12.63
25	4.1	39.5	39.3	10.00	10.68
30	4.3	35.5	31.0	7.92	9.43
35	4.6	31.8	24.5	5.86	9.27

註) 2週圧縮強度: 47.4N/mm² (20℃), 45.4N/mm² (35℃)

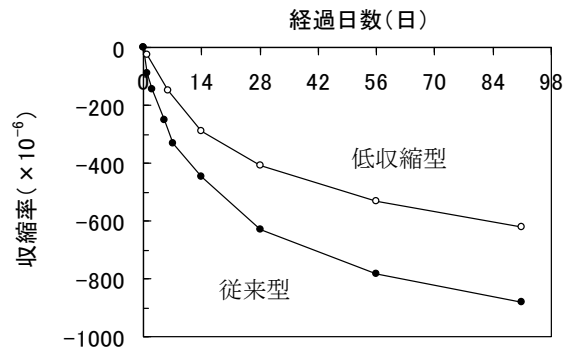


Fig. 6 乾燥収縮測定結果
Dry Shrinkage Results of Grout

6. まとめ

1999年に開発した現場計量タイプの無収縮グラウトに引き続き、そのノウハウをもとに今回、プレミックスタイプの無収縮グラウトを開発した。既に耐震改修工事を中心にかんがりの使用実績を得ているが、本稿ではそのフレッシュ性状、強度特性、収縮特性、施工上の留意点について紹介した。またさらなる高品質化を目指して低収縮型グラウトの検討を行い、実用化の目処が得られた。

参考文献

- 1) 小柳光生, 川口徹: 補修・逆打ちグラウトの開発; 大林組技術研究所報, No. 59 1999