

13. 気泡モルタルを用いた裏込め工法の開発 (その3. 実験施工)

Development of Backfill Grouting Method Using Air-entrained Mortar (Part 3 .Test Construcion)

崎山 和隆* 高見 錦一*²
竹下 廣義* 樋川 実*

要 旨

これまで気泡モルタルを用いて裏込め工事への利用を図るため、室内試験、屋外試験を重ねてきた。今般、本工法を利用して地盤改良する工事があり、実験施工を行って、施工性や品質および経済性の検証を行った。気泡モルタルの骨材には発生土砂を利用して、合計2,218m³を製造打設した。発生土は礫やコンクリート塊が多く混ざった関東ロームでありモルタル状のものを製造するには極めて悪い条件であったが、気泡モルタルとして品質面では目標通りの結果を得ることができた。

キーワード：気泡モルタル／裏込め工事／埋め戻し工事／LLT試験／リサイクル

1. はじめに

これまで斜面地での裏込め工事や埋め戻し工事に対して、極低強度の気泡モルタルをポンプ圧送し、安価で、かつ大量施工が可能な工法の開発を行ってきた。

今般、受注した建設工事で、敷地の一部に旧建物の地下を解体した後の埋め戻しに脆弱な部分があり、その部分を周囲の健全な地盤以上の性状を有するように改良する必要が生じたため、本工法を利用することとなった。工事は、脆弱な部分を掘削し気泡モルタルで置換するという内容であったが、作業所の要求から掘削発生土を再使用して改良するという事になった。周囲地盤を含め掘削土は関東ロームであり、加えて解体・埋め戻しの際に混入したと考えられるコンクリート塊や礫が多く混ざっており、改良土を製造するには極めて悪い状態であった。そのため、製造はコンクリート塊や礫を除去する工程を追加して施工を行った。

本報では、打設した気泡モルタルの品質管理試験結果について概要を報告する。

2. 計画概要

2.1 周囲地盤の土質性状

平成10年10月に実施された敷地地盤の土質試験結果を表-1に示す。

2.2 FEMによる地盤の弾塑性解析

以前に埋め戻された土砂を、気泡モルタルで置換して

表-1 敷地地盤の土質性状

地層 (m)	一軸圧縮	三軸圧縮 (UU)		変形係数
	q _u (N/mm ²)	c(N/mm ²)	φ (度)	E _m (N/mm ²)
ローム 3.0~3.7	0.155~ 0.231	0.075	10.37	14.22

地盤改良する範囲を杭径の2.5倍とした場合、地盤改良した部分が杭の水平変位に対して有効に働くかどうかを確認するためにFEMによる弾塑性解析を行った。解析の結果、一軸圧縮強度 $\sigma = 0.3\text{N/mm}^2$ 、変形係数 $E = 75\text{N/mm}^2$ 以上のものに改良できれば、攪乱されていない健全な地盤に設置した杭に比べても変位量は小さくなることが判った。このことから改良モルタルの目標値を $\sigma \geq 0.3\text{N/mm}^2$ 、 $E \geq 75\text{N/mm}^2$ に設定するとともに、改良する範囲を杭径の5.0倍とした。図-1に解析結果の一例を示す。

2.3 事前試験練り

あらかじめ、施工を予定している所の土を掘削し、改良土の調合、ワーカビリティ、強度および変形係数を確認するための事前試験練りを行った。その結果から調合の補正を行い、実施用の調合を決定した。試験練りに用いた調合を表-2に、材齢4週の試験結果を表-3に示す。

2.4 調合と施工

事前試験練りの結果を補正して実験施工の調合を決定

*東京本店建築部 *²東京分室

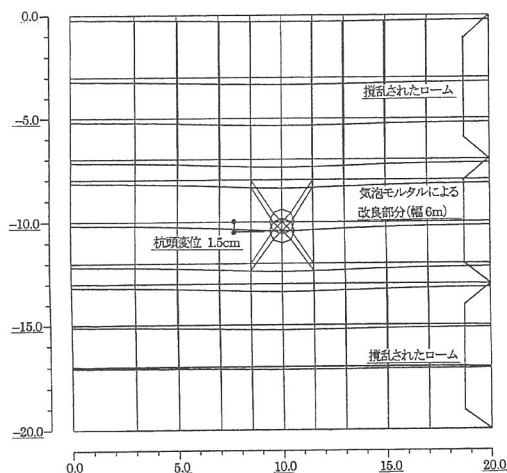


図-1 FEMによる弾塑性解析の一例

表-2 事前試験練り調合表

記号	W/C (%)	セメント (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	骨材量 (kg/m ³)
250	250	120	300	985
200	200	120	240	985
100K	250	100	250	1002
80K	300	80	240	1019

表-3 試験練り結果

記号	一軸圧縮 q_u (N/mm ²)	三軸圧縮 (UU) c (N/mm ²) ϕ (度)	変形係数 E (N/mm ²)
250	0.144	0.116 26.6	21.71
200	0.235	0.099 32.2	45.05
100K	0.151	0.077 32	22.16
80K	0.078	0.138 10.8	9.36

表-4 実機用の調合表

W/C (%)	s/c (%)	セメント (kg/m ³)	起泡剤 (kg/m ³)	空気量 (%)
200	12	100	1.57	30

した。表-4に調合表を示す。

施工は、図-2の製造フローに示す工程で進捗した。掘削は攪乱されていないローム層が露出するまで行い、確認は目視とコーンペネトロメーターで行った。写真-1に露出地盤の検査状況を、写真-2にコーンペネトロメーターによる確認状況を示す。製造プラントは連続ミキサーを組み込んだコンクリートモービルを使用し、設置した後に各材料の時間当たり供給量を調整するキャリブレーションを行った。キャリブレーションで、設定した調合通りの気泡モルタルが製造できることを確認した後に実施工に移り、製造・打設を行うとともに管理試験による監視とフィードバックを実施した。写真-3に気泡モル

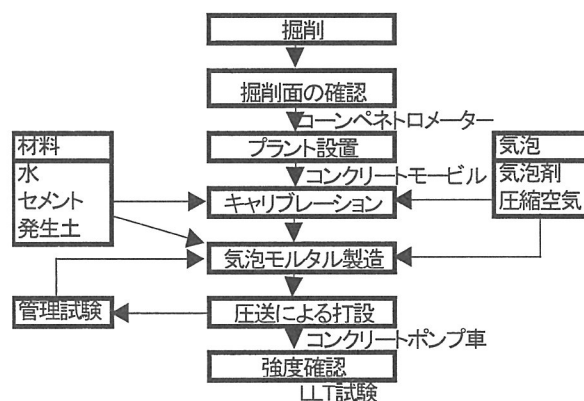


図-2 気泡モルタルの製造フロー



写真-1 掘削による露出地盤の検査

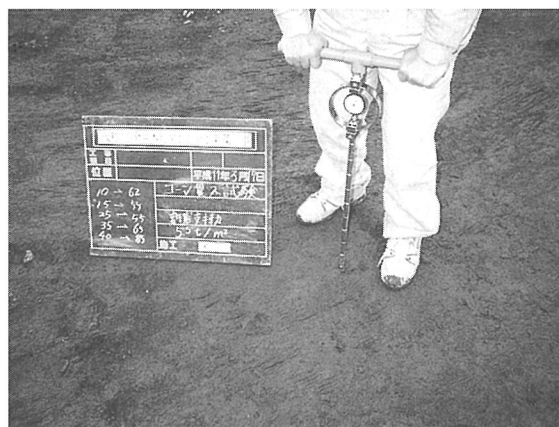


写真-2 コーンペネトロメーターによる確認

タルの製造・打設の状況を、写真-4にフレッシュ時の性状試験の状況を示す。

3. 管理試験結果と考察

3.1 フレッシュ時の性状試験

試験は、1日当たりの施工量が100m³前後であったため、1日1回とした。ミキサーの排出口より試料を採取し、フレッシュモルタルのフロー、空気量および生比重を測定した。図-3にフレッシュ時の試験結果を示す。



写真-3 気泡モルタルの製造・打設



写真-4 フレッシュ時の性状試験

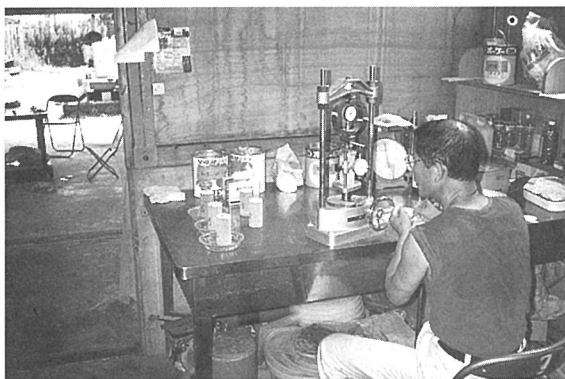


写真-5 硬化モルタルの一軸圧縮試験

発生土が不均一なため大きなバラツキが予想されたが、フロー値、空気量とも $\pm 20\%$ の範囲内に収まった。フロー値と空気量は高い相関性を示すものと予想したが、それほど良い相関性を示していなかった。コンシステンシーについては、空気量と水だけで決まらず、土質や粒径による影響が大きかった。

3.2 硬化したモルタルの物性

硬化した改良モルタルの物性は、主に一軸圧縮試験で評価した。一軸圧縮試験では圧縮強度とともに圧縮ひずみを計測して変形係数を算出した。このほかに物性値として、湿潤密度および含水比を測定している。供試体は

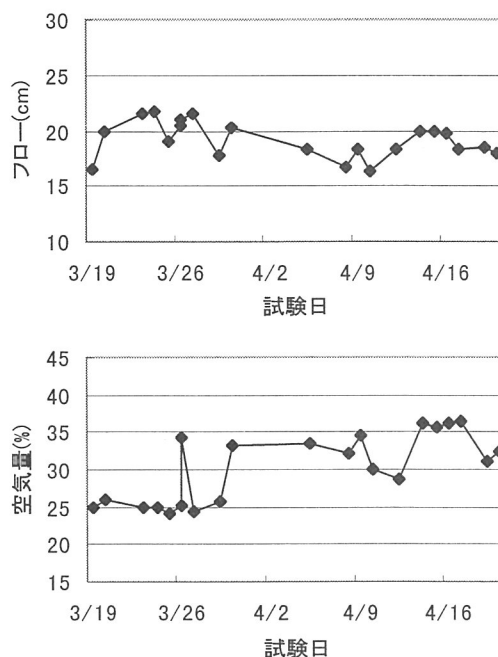


図-3 フレッシュ時の性状試験

50 Φ ×100mmのプラスチック製簡易モールドで作成し、現場封緘養生を行った後、材齢14日で6本、材齢28日で3本を試験に供した。一軸圧縮強度の試験結果を図-4に、変形係数の試験結果を図-5に示す。地盤の弾塑性解析から設定した目標値に対して、材齢14日では目標値に近い数値を示し、材齢28日では全て目標値を満足した。

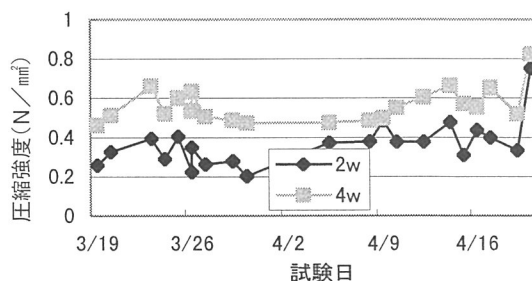


図-4 一軸圧縮強度の試験結果

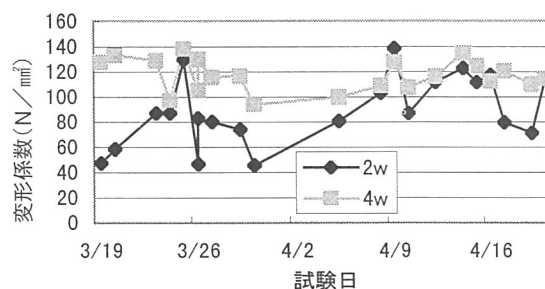


図-5 変形係数の試験結果

3.3 日内変動調査

骨材となる発生土の性状が均一でなく、含水状態も土質の違いや天候によって異なっていたため、気泡モルタルの品質が日内で大きく変動することが危惧された。従って、製造期間中は2回調査を行った。調査は、1時間間隔で試料を採取し、日常の管理試験と同じ試験を行い、特性値のバラツキで評価した。第2回目調査の一軸圧縮強度と変形係数を図-6および図-7に示す。結果は、バラツキも小さく試験の数値も満足できるものであった。

4. LLT試験

施工を終了してから3ヶ月後、変形係数の室内試験結果を検証するためにボーリング孔内水平載荷試験を行った。試験装置はLLT（1室型ゴムセル加圧タイプ）を使用した。表-5に試験結果を示す。

一般に、LLT試験による変形係数は一軸圧縮試験のものに比べて2〜3割低い数値を示すといわれるが、今回の実験施工においても一軸圧縮試験による変形係数110〜130N/mm²に対してLLT試験では80〜95N/mm²と3割程度低い結果を示した。これは、硬化したモルタルの粘性が低いため、ボーリングの際に孔壁が粗面となり、孔壁面の変位量が大きくなったためと考えられる。しかし、いずれも目標値の75N/mm²は満足している。

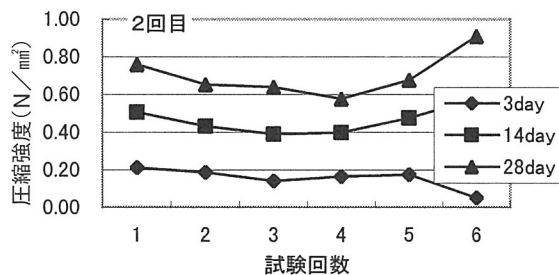


図-6 一軸圧縮強度の日内変動

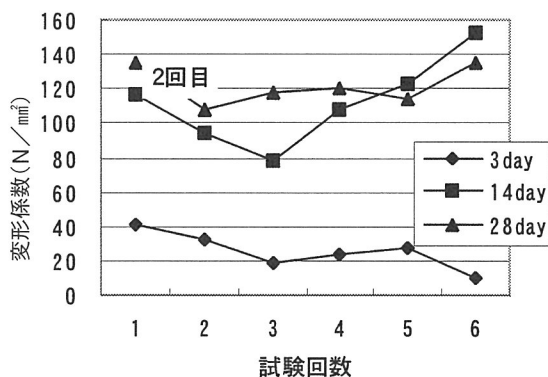


図-7 変形係数の日内変動

表-5 LLT試験結果

試験No.	深度 (GL-m)	静止土圧 P_0 (N/mm ²)	降伏圧 P_y (N/mm ²)	測定K値 K_m (N/mm ²)	弾性係数 E_m (N/mm ²)
1	4.6	0.32	1.07	12.90	82.76
2	4.6	0.30	0.93	12.85	95.27
3	4.6	0.30	1.14	13.22	85.00

5. おわりに

今回の実験施工から、大量の裏込め工事や埋め戻し工事に本工法の適用が有効であることを確認できた。その際、気泡モルタルの製造システムは本実験施工のものを基本として良い。規模が大きくなった場合は、セメントや骨材を自動供給できるサイロを設置すればより効果上がるものと考ええる。

モルタルに混入する気泡の量を調整することにより、必要とする強度や変形係数および施工軟度などが容易に得られ、さらに圧送する際の滑材としての効果もあり施工性は非常に良い。

また、現場での発生土を利用できることはコスト面で大きなメリットとなる。発生土がロームやシルトではなく、砂質土であればより効率の良い施工が可能と考える。今回の施工実験では現場発生土の土質状態が極めて悪く、歩掛かりや時間当たりの製造量については当初考えていた計画に及ばなかったが、今後は実施工への適用を増やすことでデータを蓄積し、効率のよい施工を目指していきたいと考えている。

この工法の実験施工を行うに当たり、協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 日本道路公団試験研究所「気泡混合軽量土を用いた計量盛土工法の設計・施工指針」
- 2) 土木学会「連続ミキサによる現場練りコンクリート指針（案）」
- 3) 大崎 順彦「建築基礎構造」技法堂出版(株)