

# 建設混合廃棄物から生じるふるい下残さの ソイルモルタルへの適用

井原 壮<sup>\*1</sup>・池上 浩樹<sup>\*1</sup>・松井 秀岳<sup>\*1</sup>・藤原 斉郁<sup>\*1</sup>

Keywords : minus sieve materials, construction waste, soil mortar, sound material-cycle society  
ふるい下残さ, 建設混合廃棄物, ソイルモルタル, 循環型社会

## 1. はじめに

主に建物の解体工事から生じる建設混合廃棄物を分別・処理して排出されるもののうち、比較的粒径の大きいがれき類は再生砕石等として再利用するリサイクルスキームが確立している一方、粒径の小さな砂分を主体とする「ふるい下残さ」と呼ばれるものについては利用が進んでおらず、多くが有償で最終処分されている。著者らは、このふるい下残さを再生土砂として、埋戻し・充填等に用いられるソイルモルタルの母材へ再生利用する技術の開発を進めてきた。

本報では、ふるい下残さやソイルモルタルの性質について室内試験・試験施工を通じて詳細に調査した結果についてまとめ、本設構造物の充填材として初適用した事例とともに報告する。

## 2. ふるい下残さの性質とその変動

### 2.1 ふるい下残さについて

ふるい下残さは、ふるい分けを含む処理過程により建設混合廃棄物を中間処理した際に生じる残さである。見た目は土砂に近いが、土砂以外に粒径の小さなコンクリートがらをはじめ、プラスチック片や木くずなどの混入物があるため、管理型最終処分場で処理される。

本報で取り扱うふるい下残さは、特定の中間処理施設から排出されたものであり、2 mm 程度のふるいを通したものである（写真-1）。

### 2.2 物性の変動・環境影響

ふるい下残さは多様な建設現場から発生する廃棄物から産出されるため、その粒度分布や木くずなどの有



写真-1 ふるい下残さ  
Photo.1 Minus sieve materials

機物の含有量などの物性の変動することが予想される。母材の物性はソイルモルタルの品質を左右する可能性があり、値やその変動の程度の把握は重要である。また、コンクリートがらの混入に起因して六価クロム等の有害物質の溶出が懸念される。そこで、対象の中間処理施設にて定期的にサンプリングしたふるい下残さに対し、物性値やその変動、有害物質の溶出の有無を調査した。

#### 2.2.1 物性試験・有害物質溶出試験の概要

物性試験用の試料は、湿潤質量で 10 kg 程度、週 1 回の頻度で連続 3 か月間、計 12 回採取した。物性試験として粒度試験（JIS A 1204）、土粒子密度試験（JIS A 1202）、強熱減量試験（JIS A 1226）を実施した。採取 1 回分の試料に対して各物性試験は 2 回実施した。なお、粒度試験は沈降分析を実施せずふるい試験のみとした。

有害物質溶出量試験用の試料は、月に 1 回の頻度で連続 2 年間、計 24 回採取し、環告 46 号に従って検液を作成し、有害物質溶出試験を実施した。判定基準は地下水の水質汚濁に係る環境基準（環告 10 号）とした。

\* 1 技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室

## 2.2.2 調査結果

図-1 に粒度試験から得られた粒度分布を、表-1 に物性試験結果の記述統計量を示す。図-1 より、粒度分布にはばらつきがみられ、細粒分含有率の範囲は 17.0~64.4 %であった。表-1 より、細粒分含有率の平均値と中央値はほぼ一致しており、標準偏差は約 9 %であった。流動化処理土を用いた埋戻し・充填工事の施工事例 1)によると、母材の粒度分布は現場によって様々であり、それらの細粒分含有率は 10~90 %と広範である。今回得られた結果はその範囲内であり、ソイルモルタルの母材としてばらつきが大きいものではなかった。表-1 より、土粒子密度と強熱減量の平均値と中央値は一致しており、標準偏差は小さく、サンプリングされた試料においてこれらの物性変動の程度は小さいことが確認された。なお、これら 3 つの物性変動の時系列変化は不規則であった。

24 回の有害物質溶出量試験について、基準値の超過が確認された項目は 28 項目中、六価クロム化合物、セレン及びその化合物、ふっ素及びその化合物の 3 項目であり、それぞれ 7 回、8 回、5 回の超過が確認された。

以上より、サンプリングされたふるい下残さの平均的な物性値とその変動を把握した。物性値は特異ではなく、変動は一定程度あるものの、ソイルモルタルの母材として利用可能な範囲にとどまるものであった。一方、ふるい下残さから地下水基準を超過する有害物質が溶出する場合があるため、ソイルモルタルの母材として利用する場合は最終的な固化物として環境影響がないことを確認する必要がある。今回は特定の中間処理施設を対象としたものであるが、これらの結果はふるい下残さの発生源や処理方法によって変化する点にも注意が必要である。ふるい下残さは発生時点では産業廃棄物であり、関係法令・条例に従って適切に取り扱う必要があることも念のため付記する。

## 3. ふるい下残さのソイルモルタルの母材としての適用性

### 3.1 ソイルモルタルについて

ソイルモルタルは土・水・セメントなどの固化材を混合する安定処理土である。製造直後は流動性を持つため、転圧や締固めが困難な狭隙部の埋戻し・充填を行うことが可能で、固化材の水和反応が進行することで強度を発揮する特徴を持つ。配合を調整することで、用途に応じた流動性と強度を得ることが可能である。

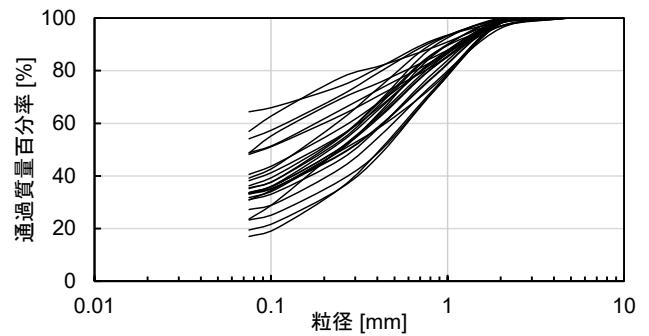


図-1 粒度試験結果

Fig.1 Results of particle size analysis

表-1 物性試験結果の記述統計量

Table 1 Descriptive statistics of physical property test results

	平均値	中央値	標準偏差
細粒分含有率 [%]	31.6	31.6	9.33
土粒子密度 [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.68	2.68	0.05
強熱減量 [%]	15.6	15.4	2.44

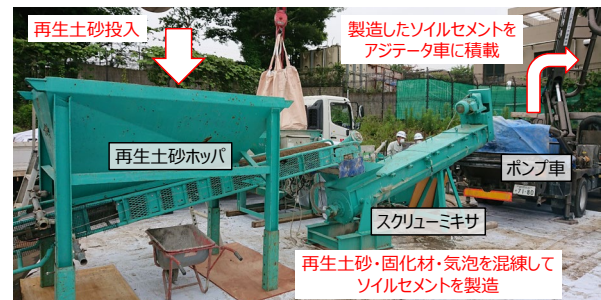


写真-2 製造プラント

Photo.2 Mixing plant

### 3.2 製造方法

ふるい下残さを母材とするソイルモルタルは、砂質系の流動化処理工法である TAST 工法<sup>2)</sup>によって製造することとした。写真-2 に TAST 工法の製造プラントを示す。同工法は、特殊連続ミキサーを用いて砂・水・セメント・気泡を混練する技術である。砂を母材とする場合に懸念される材料分離に対して、気泡を混合することによって単位水量を減じることで、分離しやすい砂を母材とした場合でも流動性と材料分離抵抗性の両立を可能にする配合上の工夫がなされている。本事例では共通して固化材に高炉セメント B 種を用いた。また、気泡材としてフローリック FA100 を 25 倍希釈、発泡倍率 20 倍で使用した。

### 3.3 室内品質確認試験

ふるい下残さを母材とするソイルモルタルを室内で製造し、想定される品質を満足できるか品質確認試験を実施した。

3.3.1 試験概要

図-2 に品質確認試験に用いたふるい下残さの粒度分布を示す。土粒子密度は  $2.734 \text{ Mg/m}^3$ ，強熱減量は  $14.1 \%$ であった。表-2 に本検討における目標品質を示す。適用事例の多い小規模空洞への充填を想定し，流動化処理土の技術マニュアル<sup>3)</sup>に記載されている要求品質（用途：小規模空洞への充填）を参考に設定した。表-3 に作製したソイルモルタルの配合を示す。ここでは固化材量が  $60, 80, 100 \text{ kg/m}^3$  の 3 水準となる配合を設定した。

品質確認として，湿潤密度試験（JIS A 1209），テーブルフロー試験（JHS 313），ブリーディング率試験（JSCE-F 522），一軸圧縮試験（JIS A 1216）を実施した。ブリーディング率は混練 3 時間後の値を測定し，一軸圧縮供試体は直径  $50 \text{ mm}$ ×高さ  $100 \text{ mm}$  のモールド供試体とし，材齢 7 日まで湿空養生した後，試験に供した。

3.3.2 試験結果

表-4 に試験結果の一覧を示す。いずれの配合でも表-2 の目標品質を満足する結果が得られた。固化前性状の各品質は全ての配合で同程度の値となり，一軸圧縮強さについては，目標の 2~3 倍程度の値となった。

以上より，3 種の配合で室内製造されたソイルモルタルは目標品質を満足することが確認された。

4. 実機を用いた試験施工

ふるい下残さを母材とするソイルモルタルの施工では，打設後の材料分離により砂分が沈降することで深さ方向に強度が不均一になり上部の強度が小さくなることが懸念された。一般の土質材料を母材とする場合，ブリーディング率を  $1\%$  以内とすることで，材料分離を抑制する工夫がなされている<sup>4)</sup>。一方で，ふるい下残さを母材とする場合の知見はなく，ふるい下残さ特有の微細な木片・プラスチック片等が材料分離を助長する懸念もあった。そこで試験施工を実施し，施工性も含め上記の懸念事項について調査した。

4.1 実験概要

4.1.1 試料の概要

試験施工に先立ち，ふるい下残さの物性試験と有害物質溶出試験および室内配合検討を実施した。表-5 に配合検討に用いたふるい下残さの物性値（含水比，土粒子密度，強熱減量）を，図-3 に粒度分布を示す。物性は 2 章で確認した範囲であり，有害物質の溶出量は

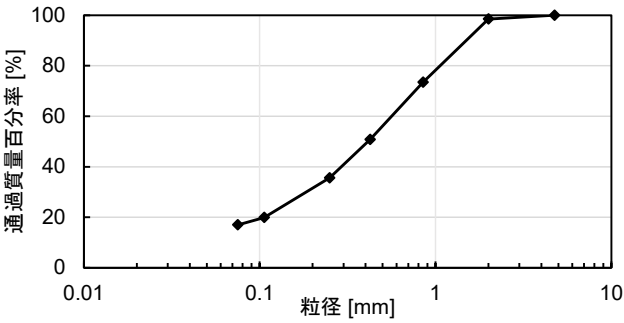


図-2 品質確認試験に用いた粒度分布  
Fig.2 Particle size distribution for quality confirmation test

表-2 ソイルモルタルの目標品質 Table 2 Target quality of soil mortar	
湿潤密度	1.35 Mg/m <sup>3</sup> 以上
フロー値	160 mm 以上
ブリーディング率	3 時間後 3 %未満
一軸圧縮強さ $q_u(\sigma_7)$	100 kPa 以上

表-3 品質確認試験におけるソイルモルタルの配合 Table 3 Mix proportion of soil mortar for quality confirmation test				
配合	ふるい下残さ [kg/m <sup>3</sup> ]	固化材 [kg/m <sup>3</sup> ]	水 [kg/m <sup>3</sup> ]	気泡 [L/m <sup>3</sup> ]
1	732	60	613	100
2	724	80	609	
3	717	100	605	

表-4 品質確認試験結果 Table 4 Results of quality confirmation test				
配合	湿潤密度 [Mg/m <sup>3</sup> ]	フロー値 [mm]	ブリーディング率 [%]	$q_u(\sigma_7)$ [kPa]
1	1.36	193	3.0	228
2	1.36	194	2.5	240
3	1.38	192	2.5	303

表-5 ふるい下残さの物性値（配合検討用・試験施工用） Table 5 Physical property of under-sieve residue for laboratory mix proportion test and test construction		
項目	配合検討用	試験施工用
含水比 $w$ [%]	30.5	30.0
土粒子密度 $\rho_s$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.60	2.61
強熱減量 $L_i$ [%]	19.2	15.1

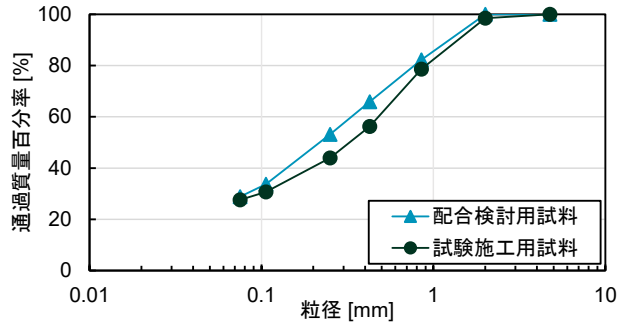


図-3 試験施工・配合検討に用いた粒度分布  
Fig.3 Particle size distributions for laboratory mix proportion test and test construction

全て地下水基準値（環告 10 号）以下であった。都合により、試験施工には別の時期に得られたふるい下残さを使用したため、試験施工用の試料に対して物性試験と溶出試験を再実施したが、物性は配合検討用（表-5、図-3）と同程度の値で、溶出量も地下水基準値以下であった。目標品質は表-2 に示す通りとし、事前の室内配合検討により目標品質を満たす表-6 に示す配合を決定した。

#### 4.1.2 試験施工の概要

打設箇所は仮仕切りした奥行き 6,800 mm×幅 2,500 mm×高さ 1,530 mm の試験施工用に準備した空間である。打設箇所から約 500 m 離れた場所に TAST 工法のプラントを設置し、製造したソイルモルタルをアジテータ車で約 2 分かけて打設箇所に運搬した。運搬したソイルモルタルはポンプ車で圧送し、上記空間の中心付近上部より打設した。

#### 4.1.3 調査の概要

ソイルモルタルの固化前性状として、湿潤密度、フロー値、ブリーディング率を測定した。試料はアジテータ車 1 台ごとに、混練後としてプラントの排出口から、運搬後としてポンプ車へ投入するアジテータ車のシュートからそれぞれ採取した。さらに固化後性状として一軸圧縮試験を行った。試料は 1, 3, 5 台目に固化前性状測定用と同時に採取し、直径 50 mm×高さ 100 mm のモールドに詰めて供試体（以下、モールド供試体）とした。モールド供試体は、モールド上端をラップで密閉し、所定の材齢まで湿空養生した。また、打設から 3 週間経過後にボーリングを実施し、一軸圧縮試験用のコア試料を 4 本採取した。コアの直径は 65 mm であったため、高さ 130 mm となるようにコアを分割し、試験に供した。なお、試験材齢については、祝祭日等の都合から、8 日及び 29, 30 日とした。

#### 4.2 調査結果

表-7 に固化前性状の測定結果を示す。湿潤密度は 1.38~1.46 Mg/m<sup>3</sup> で混練後と運搬後に大きな差は見られず、台数毎では 1~4 台目と比較して 5 台目は小さい値となった。フロー値は 1 台目で混練後より運搬後が 80 mm 程度大きいものの、2 台目以降は混練後と運搬後で同程度の値であった。これは実施前に行ったミキサー車・ポンプ車の水通しの残水により、1 台目のソイルモルタルの単位水量が増加し、2 台目以降はこの状態が解消されたことによるものと考えられる。ブリーディング率は 1, 2 台目でやや大きな値であったが 3 台目以降で小さな値となった。結果として固化前性状は全ての運搬試料で表-2 の目標品質を満たすものであった。

図-4 に台数と材齢 8 日におけるモールド供試体の一軸圧縮強さの関係、図-5 に材齢 28, 29 日におけるモールド供試体および 4 本分のコア供試体の一軸圧縮強さと深さの関係を示す。図-5 中のモールド供試体の一軸圧縮強さに対応する深さは、1 台当たりの打設量に相当する層の中心としている。図-4 より、各供試体の一軸圧縮強さは材齢 8 日とはなるが、いずれも目標品質を満足する結果となった。なお、3 台目は 1, 5 台目と比較して大きな値を示した。図-5 より、材齢 29, 30 日のモールド供試体の一軸圧縮強さは 690~1,792 kPa で材齢 8 日の 1.3~1.7 倍程度であった。コア供試体の一軸圧縮強さは 842~2,238 kPa であった。モールド供試体は材齢 8 日と同様に 3 台目で最も大きく、コア供試体は 3 台目に相当する深さ 600 mm 付近でピークを持つような傾向が見られた。コア供試体の強度の深度方向の変化の傾向と混練後・運搬後の強度の車両毎の変化の傾向は一致していることから、コア供試体の深度方向の強度変

表-6 試験施工時のソイルモルタルの配合

Table 6 Mix proportion of soil mortar for test construction	
ふるい下残さ [kg/m <sup>3</sup> ]	667
固化材 [kg/m <sup>3</sup> ]	100
水 [kg/m <sup>3</sup> ]	605
気泡 [kg (L)]	0 (100)

表-7 固化前性状の結果（1~5 台目のアジテータ車）

Table 7 Measurement results of pre-solidification property (1st to 5th mixing truck)

	湿潤密度 [Mg/m <sup>3</sup> ]		フロー値 [mm]		ブリーディング率 [%]	
	混練後	運搬後	混練後	運搬後	混練後	運搬後
1 台目	1.44	1.43	232	308	1.79	2.76
2 台目	1.42	1.45	243.5	250	2.10	1.54
3 台目	1.41	1.46	199.5	206.5	0.46	0.90
4 台目	1.45	1.45	204.5	191	1.05	0.26
5 台目	1.38	1.38	189	194	0.42	0.13



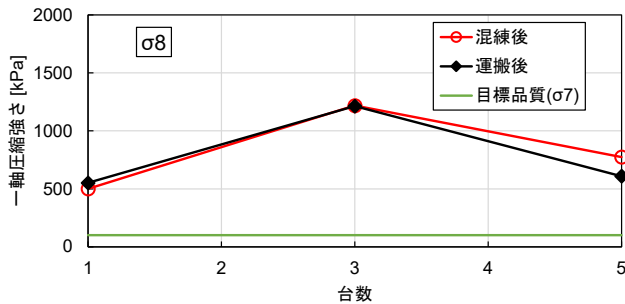


図-4 台数とモールド供試体の一軸圧縮強さ ( $\sigma_8$ ) の関係  
Fig.4 Relationship between uniaxial compressive strength( $\sigma_8$ ) and number of units

化については、打設や運搬による品質変化によるものではないといえる。

以上より、室内配合検討で定めた配合で目標品質を満たすソイルモルタルを実機製造可能であること、特殊連続ミキサーによる混練、ポンプ車での圧送、アジテータ車での運搬による施工が可能であることが確認された。また、懸念された材料分離に起因すると思われる深度方向の強度の変化は確認されず、上部の強度も目標品質を十分に満足していた。

## 5. 運搬による品質変化

一般の土質材料を母材とするソイルモルタルは、運搬に伴って流動性等の品質が経時的に低下することが指摘されている<sup>4)</sup>。ふるい下残さを母材とする場合に運搬工程が材料品質に与える影響については、前章の試験施工では運搬時間が約2分と短く、十分に確認できなかった。そこで現場実験を実施し、改めて運搬による品質変化について調査した。

### 5.1 実験概要

表-9に本実験におけるソイルモルタルの配合を示す。本検討における目標品質は湿潤密度以外は表-2に示した値とし、湿潤密度は $1.4 \text{ Mg/m}^3$ 以上とした。製造直後の品質が異なる場合の経時変化を確認するため、室内配合検討により単位水量を変化させた2配合を選定し、運搬による品質変化を調査した。調査では、製造後の運搬を模擬してアジテータ車による混練を継続した場合（以下、混練条件）と比較のため容器に静置した場合（以下、静置条件）の2条件に対し、製造から0, 30, 60, 120, 180分経過後の固化前性状の測定、強度試験用の供試体作製を実施した。固化前性状は湿潤密度、ブリーディング率（3時間後）、シリンダーフロー値を測定した。強度試験用の供試体は直径50mm×高さ100

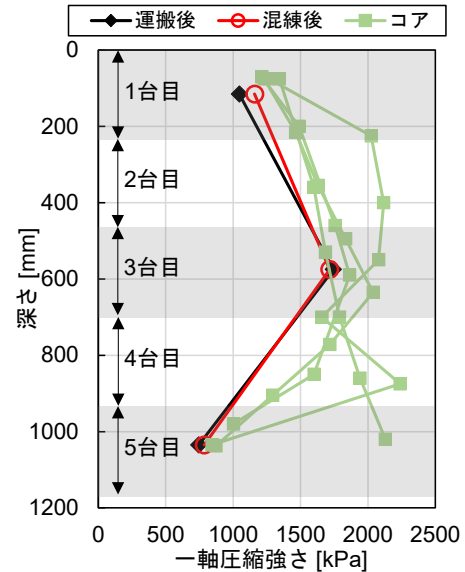


図-5 一軸圧縮強さと深さの関係  
Fig.5 Relationship between uniaxial compressive strength and depth

表-8 現場実験に用いたふるい下残さの物性値  
Table 8 Physical property of under-sieve residue for field experiment

含水比 $w$ [%]	31.8
土粒子密度 $\rho_s$ [ $\text{Mg/m}^3$ ]	2.66
強熱減量 $L_i$ [%]	14.5

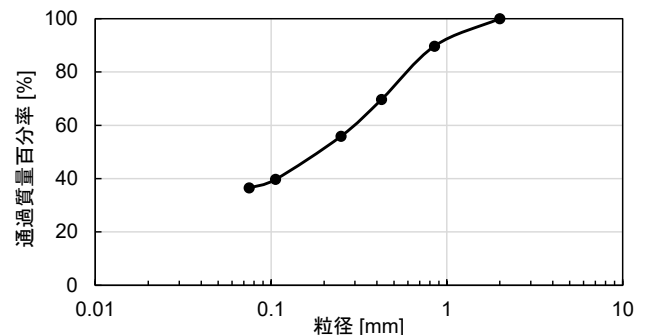


図-6 運搬による品質変化確認実験に用いた粒度分布  
Fig.6 Particle size distribution for field transport experiment

表-9 現場実験におけるソイルモルタルの配合  
Table 9 Mix proportion of soil mortar for field transport experiment

配合	ふるい下残さ [ $\text{kg/m}^3$ ]	固化材 [ $\text{kg/m}^3$ ]	水 [ $\text{kg/m}^3$ ]	気泡 [ $\text{L/m}^3$ ]
1	696	100	605	100
2	716		597	

mmのモールド供試体とし、材令7日まで湿空養生ののち一軸圧縮試験に供した。

### 5.2 実験結果

図-7に湿潤密度と製造からの経過時間との関係を示す。本材料は体積割合で約10%の気泡を含んでいるた

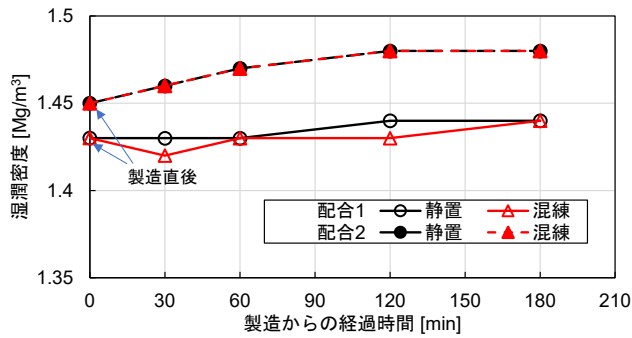


図-7 湿潤密度の製造からの経時変化

Fig.7 Temporal change of wet density from production

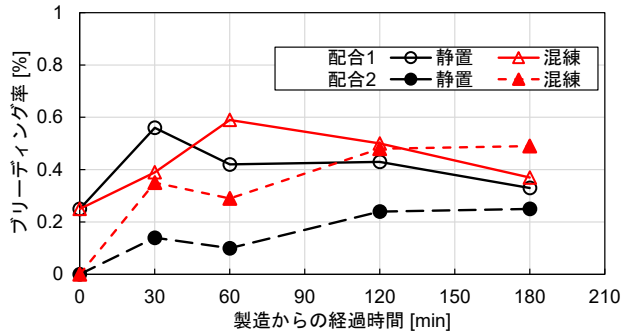


図-9 ブリーディング率の製造からの経時変化

Fig.9 Temporal change of bleeding rate from production

め、気泡の発泡・消泡による湿潤密度の変化が懸念された。両配合で湿潤密度は経時的にわずかに増加する傾向を示し、混練・静置条件での経時変化の傾向は両配合とも差はほとんどなかった。

同様に、図-8 にシリンダーフロー値と経過時間の関係を示す。全体の傾向として、配合や混練・静置によらずフロー値は経時的に低下する傾向が確認された。配合 1 では、製造から 60 分まで混練・静置の両ケースで同等のフロー値が得られた。一方、配合 2 では、製造から 30 分のフロー値は混練条件のほうが 10 mm 小さいが、60 分のフロー値は混練条件のほうが 18 mm 大きい結果となった。両配合とも 60 分以降のフロー値の低下傾向は静置・混練条件間で明白に異なり、混練条件のほうがフロー値の低下の度合いが小さく、高い流動性を維持する傾向を示した。混練条件における 180 分後のフロー値は、両配合とも製造直後に対して約 8 割となり、配合 1 で 181 mm、配合 2 で 160 mm であった。流動化処理土の技術資料<sup>4)</sup>では、シリンダーフロー値が 160 mm 程度であればポンプ車の圧送圧力 4000 kPa において 200 m 以上の圧送が可能であるとされており、今回検討した 2 つの配合は製造から 180 分まで圧送可能と判断される。

図-9 にブリーディング率と製造から試験開始までの

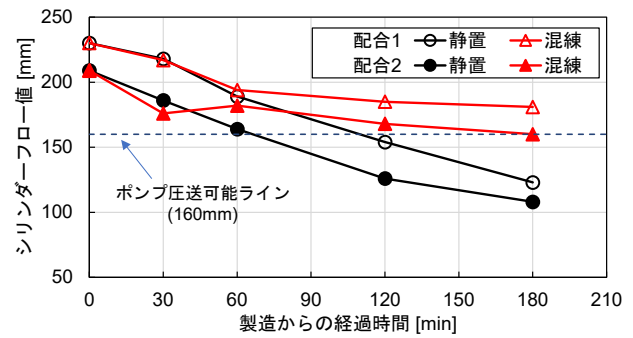
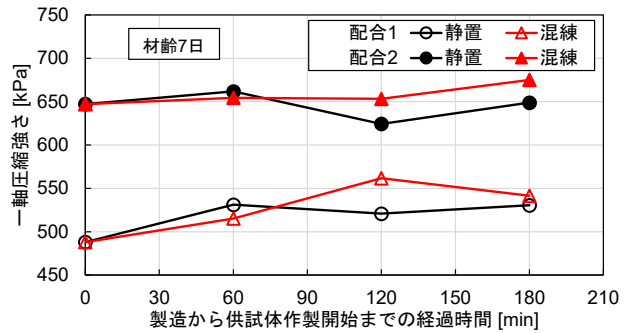


図-8 シリンダーフロー値の製造からの経時変化

Fig.8 Temporal change of cylinder flow value from production

図-10 一軸圧縮強さ(σ<sub>T</sub>)と製造から供試体作製開始までの経過時間Fig.10 Relationship between uniaxial compressive strength ( $\sigma_T$ ) and elapsed time from production to start of specimen preparation

経過時間の関係を示す。配合 1 では、混練・静置によらずほぼ同等のブリーディング率となったが、配合 2 では、いずれの経過時間においても混練条件の方が大きい結果となった。これは、配合 2 の試験を実施した時間帯が初夏の 13 時~16 時であり、高い気温の影響を受けた可能性が考えられた。ただし、配合や混練・静置によらず経時変化も含めブリーディング率 1% 以内に収まっており、品質に支障する状況は見られなかった。

図-10 に、ソイルモルタル製造から供試体作製までの経過時間と一軸圧縮強さ(材齢 7 日)の関係を示す。配合 1, 2 ともに両者の関係に混練・静置条件で差はほとんどなく、アジテータ車による運搬の影響は見られなかった。

以上より、実施した 2 配合について、湿潤密度・材料分離性・一軸圧縮強さの経時変化はほぼ見られず、運搬の影響はほぼないと考えられる。流動性については、両配合とも経時的に低下するものの、運搬時のアジテータ車の攪拌により低下の度合いを低減でき、本実験で用いた配合では 3 時間までフロー値 160 mm 以上を維持する結果が得られた。

## 6. 実施工への適用

これまでの検討で、ふるい下残さのソイルモルタルの母材としての適用性が確認された。本章ではふるい下残さを母材とするソイルモルタルを充填材として本設構造物に初適用した事例について報告する。

## 6.1 充填工事の概要

ふるい下残さを用いて製造したソイルモルタルは、大成建設(株)の事業所内に新設した人道橋<sup>5)</sup>橋台内部の充填に用いた。本施工は橋台重量確保を目的とした充填でソイルモルタルの性能には特段の要求がなかったことから、前章で使用したふるい下残さを用いて表-9 に示した配合 1 でソイルモルタルを製造・使用した。

本事例では、施工箇所近傍に製造プラントを設置できるスペースが確保できなかったことから、敷地外に製造プラントを設置し、同所で製造したソイルモルタルをアジテータ車に積載したうえで、20 分程度かけて運搬した後、ポンプ車を用いて橋台内部に打設した(写真-3)。充填対象の橋台内部の空間は約 12 m<sup>3</sup> あり、結果として大型アジテータ車 3 台分のソイルモルタルを打設・充填した。

## 6.2 運搬前後の品質変化

### 6.2.1 調査概要

本材料の実施工への適用は初となるため、通常の品質管理の枠組みを超えて、3 台分の運搬前後のソイルモルタルの品質変化を詳細に確認した。また、有害物質の分析はふるい下残さとソイルモルタルの双方に対して実施した。

品質調査にあたり、製造したソイルモルタルをアジテータ車に積載したのち 1 分間混合・均質化したものを運搬前試料、アジテータ車から充填用のポンプ車に投入する際に採取したものを運搬後試料とし、固化前性状の測定に供した。また一軸圧縮試験及び有害物質の分析には、これらのタイミングで採取したソイルモルタルを直径 50 mm×高さ 100 mm の円筒モールドに充填し、7 日間湿空養生して得られた固化体を供試体とした。なお、3 台目のソイルモルタルは前章の実験の混練

条件でアジテータ車内に残ったソイルモルタルを用いており、運搬開始時点で製造から 3 時間経過した試料であることを付記する。

### 6.2.2 調査結果

表-10 に運搬前後の品質調査結果を示す。湿潤密度は 1, 2 台目で運搬後の湿潤密度が大きい但其差はわずかで、運搬前後で密度変化は見られなかった。本事例においても気泡の発泡・消泡による密度変化が懸念されたが、それらに起因する密度変化は見られなかった。

シリンダーフロー値については、いずれの車両でも運搬後の流動性が低い結果となった。ただし、運搬後のフロー値はポンプ車による圧送が可能な範囲にあり、施工上の支障はなかった。図-11 にシリンダーフロー値の製造からの経時変化を示す。図中には図-8 の配合 1 のフロー値の経時変化を併記している。3 台目の結果は運搬前を前章の実験に要した経過時間 180 分とし、運搬後は同車両の運搬時間 24 分を加算した経過時間 204 分として図示した。前章にて流動性は経時的に低下することを示したが、本事例の流動性の低下の程度は運搬を模擬した混練条件よりも大きく、両検討の条件の相違点(例えばアジテータ車の走行の有無)が流動性の低下量を大きくした可能性が示唆される。

試料採取から 3 時間経過後のブリーディング率は、いずれも運搬後の値が大きい但其差はわずかであり、運搬に伴う材料分離性の変化は見られなかった。

材齢 7 日における一軸圧縮強さでは、いずれの結果も運搬後に採取した試料の一軸圧縮強さが 10~30 kPa 程



写真-3 充填の様子

Photo.3 Backfilling construction

表-10 運搬前後の品質調査結果  
Table 10 Quality survey results before and after transport

	湿潤密度 [Mg/m <sup>3</sup> ]		フロー値 [mm]		ブリーディング率(3h 後) [%]		一軸圧縮強さ( $\sigma_7$ ) [kPa]	
	運搬前	運搬後	運搬前	運搬後	運搬前	運搬後	運搬前	運搬後
1 台目	1.43	1.44	223	192	0	0.25	599.5	563.9
2 台目	1.42	1.44	225	193	0	0.25	547.1	536.0
3 台目	1.44	1.44	181	166	0.37	0.50	541.5	516.8

度低い結果であるが、その差はわずかであり、運搬後も目標品質を満足する結果であった。

表-11 に施工に用いたふるい下残さとソイルモルタルに対する環告 46 号による有害物質溶出試験結果を示す。表中には、2 章の溶出試験で言及した項目を代表して示している。表への記載を省略した項目を含め、全項目で溶出量は基準値以下となった。また、ソイルモルタルからの溶出量はふるい下残さからの溶出量以下となっており、固化による溶出抑制効果が示唆される。なお、含有量についてもすべての項目で基準値以下となったことを付記する。

以上の結果から、ふるい下残さを用いたソイルモルタルを用いた充填工事を滞りなく完遂し、最終処分される予定であったふるい下残さ約 8 t をソイルモルタルの母材として再生利用することができた。

## 7. まとめ

建設混合廃棄物を中間処理して得られるふるい下残さを再生土砂としてソイルモルタルの母材に有効利用するために、室内試験、試験施工を通じて適用性を確認し、本設構造物の充填材として初適用した。以下に一連の検討で得られた知見を示す。

- (1) ふるい下残さを定期的にサンプリングし物性のばらつきを調べた結果、土粒子密度と強熱減量にばらつきは見られなかった。粒度分布にはばらつきが見られたものの、ソイルモルタルの母材として使用するうえでは許容される範囲であった。また、ふるい下残さの有害物質の溶出を調べた結果、有害物質が溶出する場合があるため、ソイルモルタルの母材として使用する上では、最終的な固化物からの溶出量が環境基準値を満足することを確認する必要がある。
- (2) 実機を用いた試験施工では、ふるい下残さを母材とする場合でも、室内検討で定めた配合で目標品質を満足するソイルモルタルを TAST 工法の従来設備により製造可能であり、特殊連続ミキサーでの混練、ポンプ車による圧送、アジテータ車での運搬により施工が可能であることが確認された。また、打設や打設後の固化中の材料分離の影響による深さ方向の強度の変化は確認されなかった。
- (3) 運搬を模擬したアジテータ車による混練では、湿潤密度・ブリーディング率・一軸圧縮強度につい

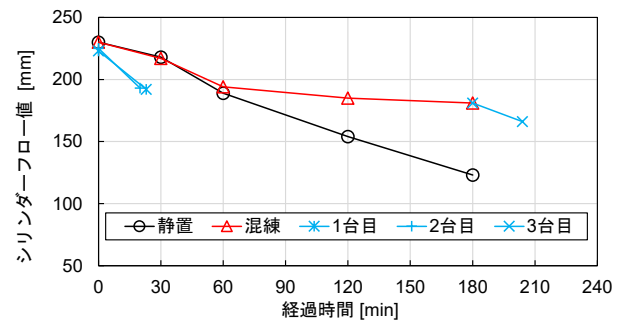


図-11 シリンダーフロー値の経時変化（車両毎の変化）

Fig.11 Temporal change of cylinder flow value since production

表-11 有害物質溶出試験結果

Table 11 Elution test results of hazardous substances

項目	溶出量 [mg/L]		基準値 [mg/L]
	ふるい下残さ	ソイルモルタル	
六価クロム化合物	0.031	0.0006	0.05 以下
セレン及びその化合物	0.001	0.001	0.01 以下
フッ素及びその化合物	0.44	0.3	0.8 以下

て経時変化はほぼなく、流動性については製造後から混練を継続することで流動性を維持できることが確認された。一方で、20 分程度の実際の運搬では流動性の低下の程度は模擬条件よりも大きく、車両の走行による影響があることが示唆される。

今後、本材料を積極的に活用することで最終処分量を低減し、循環型社会の形成に貢献していきたい。

## 謝辞

本研究の成果の一部は、株式会社光洲産業との共同研究により得られたものである。

## 参考文献

- 1) 土木研究所，流動化処理工法総合管理：流動化処理土利用技術マニュアル《平成 19 年/第 2 版》，pp. 79-117, 2008.
- 2) Matsui, H. et al.: Backfilling of intake and discharge structures using fluidized soil-cement mixture with air foam and fly ash, the 3rd international conference on geotechnics for sustainable infrastructure development, pp. 759-766, 2016.
- 3) 土木研究所，流動化処理工法総合管理：流動化処理土利用技術マニュアル《平成 19 年/第 2 版》，pp. 50-51, 2008.
- 4) 土木研究所，流動化処理工法総合管理：流動化処理土利用技術マニュアル《平成 19 年/第 2 版》，pp. 29-34, 2008.
- 5) 大成建設株式会社，“ロングスパン構造と長寿命化を可能にした木造人道橋を建設”，2024, [https://www.taisei.co.jp/about\\_us/wn/2024/240605\\_10015.html](https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2024/240605_10015.html)（参照 2024-06-17）