

5. 垂水産の建設発生土を活用した還土ブロックのオフィスエントランスへの適用

Application of “Renewable Soil Block” to office entrances utilizing on-site soil in Tarumi

福原 ほの花*1 山崎 順二*1 加藤 猛*1

要 旨

建設発生土は建設工事に有効にリユースし得る資源であるが、不適正な埋立てによる崩落事例も発生しており¹⁾、建設発生土を建築に活用することは、これらの問題解決の一助となり得る。既報²⁾では、建設発生土を再利用し、版築壁をプレキャスト化した「還土ブロック（特許出願中）」を開発し、名古屋支店に適用した事例について述べた。本報では、垂水産の建設発生土を再利用した還土ブロックのオフィスエントランスへの適用に際し、材料調達、調査検討、物性試験、還土ブロックの作製および組積を行った。その結果、垂水産の土の粒度を調整することで、所要の性能が得られることが確認できた。土の粒度試験の結果を踏まえて調整した材料を用いて還土ブロックを作製し、オフィスエントランスに適用した。

キーワード：建設発生土／版築／粒度／調査／物性

1. はじめに

建設発生土とは、地山の掘削により生じる自然由来の純良な土砂のことであり、建設工事に有効にリユースし得る資源である¹⁾。一方で、建設発生土の不適正な埋立てによる崩落事例が大都市部周辺を中心に相次いで発生している¹⁾。建設発生土を建築に活用することは、これらの問題解決の一助となり得ると考える。

既報²⁾では、社内の建設発生土を活用した「還土ブロック（特許出願中）」を開発し、浅沼組名古屋支店に適用した事例について述べた。還土ブロックとは、日本に古来より存在する版築壁をプレキャスト化することで、乾式施工を可能にするとともに、自然素材のみを用いることで使用後に土へ還せるようにしたブロックである。

本報では、垂水産の建設発生土を活用した還土ブロックのオフィスエントランスへの適用に際し、材料調達、調査検討、物性試験、還土ブロックの作製および組積を行ったので、その結果を報告する。

2. 材料調達

2.1 土の採取場所

還土ブロックに使用した土の採取場所を写真-1に示す。兵庫県神戸市垂水区の建設現場を採取場所とした。写真-2に示した現地の土と思われる暗茶色の土と、写真-3に示した盛土と思われる明茶色の土を採取できた。

2.2 採取した土の性質

2.2.1 試験方法

採取した土の性質を調べるため、土の粒度試験（JIS A

1204）および土の強熱減量試験（JIS A 1226）を JIS に準じて行った。還土ブロックは版築工法により施工するため、版築に適した土であるか否かの判定基準として、海外の指針である RAMMED EARTH Design and construction guidelines³⁾を用いた。同指針³⁾によると、図-1に示す範囲の粒度分布を有し、強熱減量（有機物含有量）が2%以下である土が適しているとされている。

2.2.2 試験結果

(1) 粒度試験

粒度試験の結果を表-1および図-2に示す。暗茶色の土、明茶色の土ともに0.5mm以下の粒度の土が少なく版築の適用範囲から外れていた。0.075mm以下のシルト、



写真-1 土の採取場所



写真-2 暗茶色の土



写真-3 明茶色の土

*1 技術研究所 建築材料研究グループ

粘土は突固める際、土同士の結合を手助けする役割を有するため、細粒分を添加することで、版築の適用範囲内の粒度分布になると考える。

(2) 強熱減量試験

強熱減量試験の結果を示した表-2より、明茶色の土（同表中試料番号1）は4.9%、暗茶色の土（同表中試料番号2）は4.1%と、指針³⁾における版築に適した土の強熱減量の上限の基準である2%を満たさない結果となった。しかし、今回は室内利用を想定していることから、還土ブロックの腐敗（水に接しないため）や虫害は生じにくいと考える。

土の粒度試験の前処理として行った水洗い後の土の状況を示した写真-4および写真-5より、写真-4の暗茶色の土では、バットの縁に木くずなどの浮遊物が確認できた。強熱減量試験では2mmふるいにかけることで木くずなどが多少取り除かれるため、実際の暗茶色の土は試験結果よりも強熱減量の割合が高いと考えられる。

写真-6に試料を105°Cで乾燥させた後の色を示す。還土ブロックは、土にコンクリート用細骨材（収縮低減のため）、土壌硬化材を混合して突固めるため、写真-6に示した乾燥後の色に白味を加えた色が還土ブロックの仕上がり色となると予想される。木くずなどがみられたことや、乾燥後の色味から、明茶色の土を還土ブロックに採用することとした。

3. 調合検討および物性試験

3.1 調合検討

還土ブロックに使用した材料の炉乾燥質量比を表-3に示す。土の粒度試験の結果を踏まえ、細粒分を補うために5mmふるいでふるった瀬戸産の土を使用し、そこに収縮低減のためのコンクリート用細骨材と、酸化マグネシウム系の土壌硬化材を混合した。混合割合は、垂水産の土に対して、瀬戸産の土を質量比で30%、細骨材を

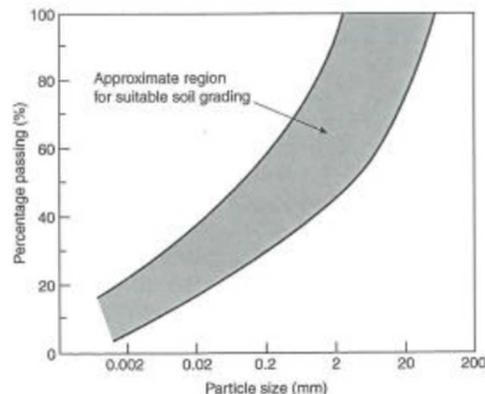


Figure 36 Grading limits for rammed earth soils

図-1 版築に適した土の粒度分布³⁾

表-1 粒度試験結果

土の種類	透過質量百分率 (%)		
	細粒分	砂分	礫分
暗茶色の土	17.8	42.4	39.8
明茶色の土	12.7	41.8	45.5

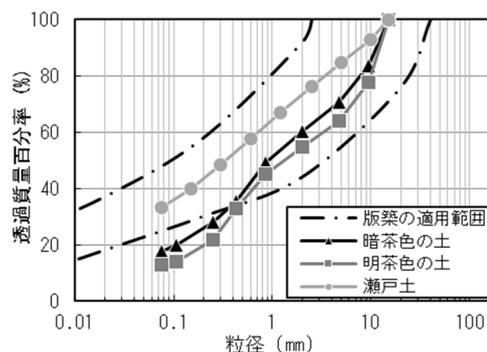


図-2 採取した土の粒度分布

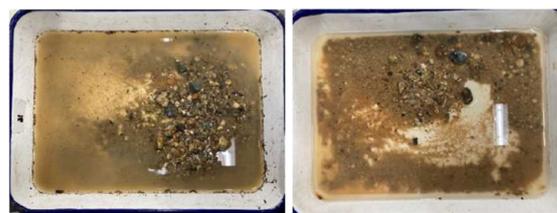


写真-4 水洗い後 (暗茶色)

写真-5 水洗い後 (明茶色)

表-2 強熱減量試験結果

試料番号 (深さ)	1				2		
容器 No.	188	1	316	55	248	314	
m_a g	21.660	21.466	21.782	22.256	21.897	21.262	
m_{b1h} g	21.536	21.360	21.665	22.155	21.799	21.170	
m_{b2h} g	21.535	21.359	21.664	22.153	21.796	21.169	
m_{b3h} g	21.535	21.359	21.665	22.153	21.797	21.169	
m_{b4h} g	----	----	----	----	----	----	
m_{b5h} g	----	----	----	----	----	----	
m_c g	19.107	19.254	19.401	19.830	19.516	18.909	
L_i %	4.9	4.8	5.0	4.2	4.2	4.0	
平均値 L_i %		4.9			4.1		
強熱時間 h	2	2	2	2	2	2	

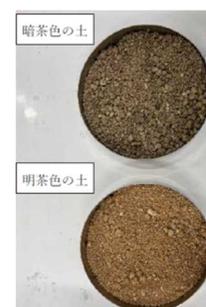


写真-6 試料乾燥後の色

10%、硬化材を 21%とした。なお、硬化材の混合割合は、垂水産と瀬戸産の土および細骨材の炉乾燥質量の 15%となるように計画した。また、水量は固体の炉乾燥質量全体の 15%程度となるように調整した。

3.2 物性試験

3.2.1 試験方法

(1) 圧縮・曲げ強度試験

還土ブロックの基礎物性を把握するため、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験」に準じて φ150×300mm の鋼製型枠で作製した、写真-7のような供試体を用いて圧縮強度試験を行った。また、JIS R 5201「セメントの物理試験」に準じて 40×40×160mm の三連式鋼製型枠で作製した、写真-8のような供試体を用いて曲げ強度試験を行った。供試体は、圧縮強度試験、曲げ強度試験ともに、1日封かん養生後に脱型し、材齢 28 日で試験を実施した。

(2) 長さ変化試験

還土ブロックの乾燥による収縮の程度を把握するため、JIS A 1129-2「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法-第2部：コンタクトゲージ方法」に準じて 100×100×400mm の鋼製型枠で作製した、写真-9のような供試体を用いて長さ変化試験を行った。供試体は、材齢 1 日まで封かん養生し、長さ変化率を測定した。測定材齢は、1, 3, 4, 8 および 13 週とした。

3.2.2 試験結果

(1) 圧縮・曲げ強度試験

指針³⁾では、一般的な版築の圧縮強度の範囲は 0.5~4.0N/mm²とされており、一般壁として用いる場合は 1.0N/mm²、耐力壁として用いる場合は 2.0N/mm²という最低基準強度が示されている。材齢 28 日における圧縮強度試験結果を示した表-3および図-3より、いずれも耐力壁として用いる場合の最低基準強度 2.0N/mm²を満たし、さらに、一般的な版築の圧縮強度の範囲を超える結果となった。また、曲げ強度については、表-3に示すように 1.6N/mm²であった。

(2) 長さ変化試験

長さ変化率を図-4に示す。同図より、保存材齢の経過とともに長さ変化率は減少した。保存材齢 13 週時点での長さ変化率は、-3500μ 程度となった。

4. 還土ブロックの作製

4.1 作製手順

還土ブロックの作製手順を図-5の上段に示す。採取し

表-3 使用材料の炉乾燥質量比

垂水土	瀬戸土	細骨材	硬化材	水量 [※]
1	0.30	0.10	0.21	0.15

※水量は加水後の含水比である

表-4 圧縮・曲げ強度

No.	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
明-1	6.3	1.6
明-2	7.4	

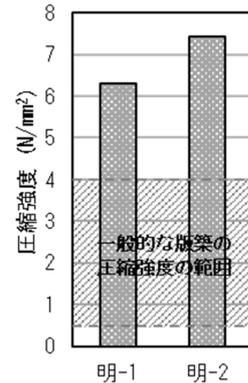


図-3 圧縮強度試験結果

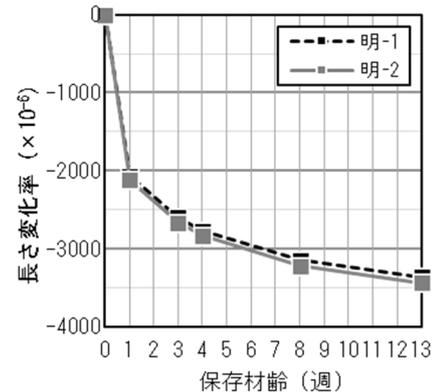


図-4 長さ変化率

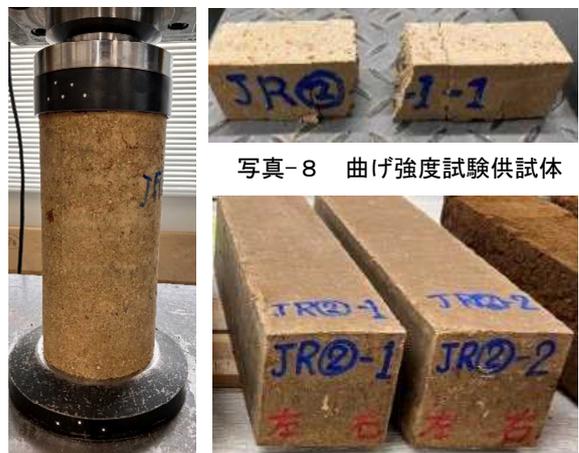


写真-7 圧縮強度試験供試体

写真-9 長さ変化試験供試体

た建設発生土を予め 10mm ふるいでふるい分けておき、当日材料の計量をして練混ぜた。型枠の内側には剥離剤を塗布し、練混ぜた材料を型枠に充填して突固めた後、寸法精度向上のために打込み面を削り取って平滑にした。1日気中養生してから脱型し、含浸材を還土ブロックの表面に塗布した。含浸材には、見た目を変化させず、手などで触った際のもらい汚れ（土の付着）が少なくなる²⁾ことから、シラン系の含浸材を使用した。

4.2 突固め方法

突固めの工程では、写真-10に示すハンマドリルの先端に、写真-11のような金物を取付けて還土ブロックの作製を行った。

還土ブロックの形状および突固め方法を図-6に示す。還土ブロックの大きさは、W300×H150×D250mmである。なお、ブロックは馬目地にして積上げるため、幅を半分にした W150×H150×D250mm のブロックも作製



写真-10 ハンマドリル



写真-11 ハンマドリル
先端の金物



写真-12 設置後の全景

している。ブロックの持ち手の空間確保のため、下部には W100～120 mm×H15mm の隙間を設けた。隙間の周辺を欠けにくくするため、概ね1層目は 60mm 分投入した材料が 30mm に、2層目は 40mm が 20mm に、3層目以降は 100mm が 50mm になるように突固めた。また、ブロックの脆性的な破壊を防ぐため、長手方向に荒縄を 2本ずつ 2 段配した。

5. 還土ブロックの組積

5.1 組積手順

作製した還土ブロックは、図-7の平面図に示すオフィスエントランスに、写真-12のように設置した。

還土ブロックの組積手順を図-5の下段に示す。還土ブロックを搬入し、オフィスエントランス周辺を養生した後、不陸調整およびブロック同士の静止摩擦力向上を目的として使用する充填材の練混ぜを行った。充填材を用いながら還土ブロックを OA フロア上に組積し、最後に天板を設置して完成とした。

5.2 組積方法

還土ブロックは、写真-12に示すように、4列6段の馬目地となるよう設置した。間仕切り壁に使用する時のような鉄筋や鉄骨による補強は施さず、床置き積上げ方式を採用することとした。

還土ブロック下部の隙間部分に施工した充填材には、ブロック作製時に練混ぜた材料の余剰分を使用し、強度向上のために土壌硬化材を、色合いおよび粒度の調整のために瀬戸土を少量ずつ混合した。

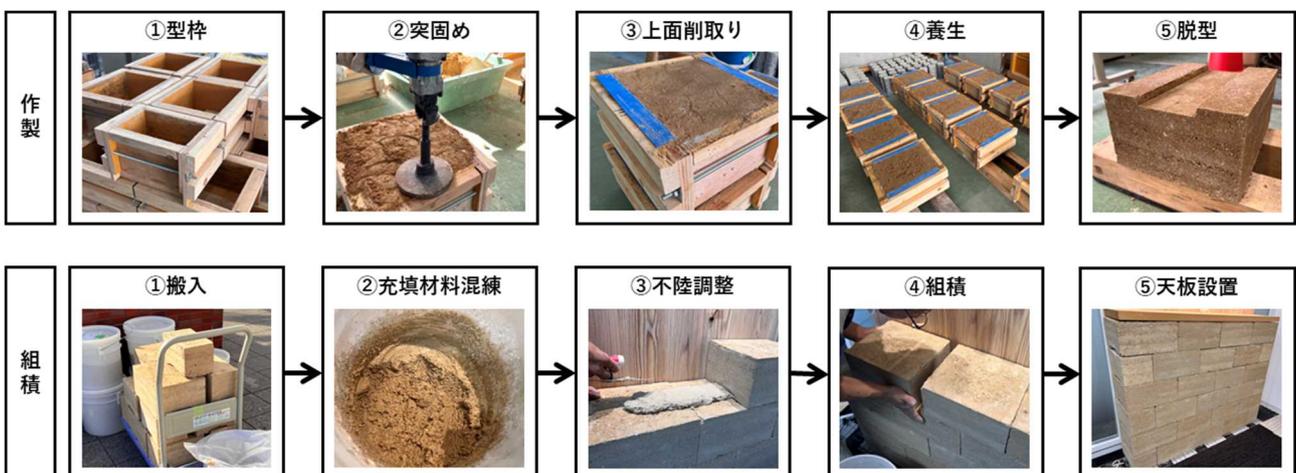


図-5 還土ブロックの作製手順および組積手順

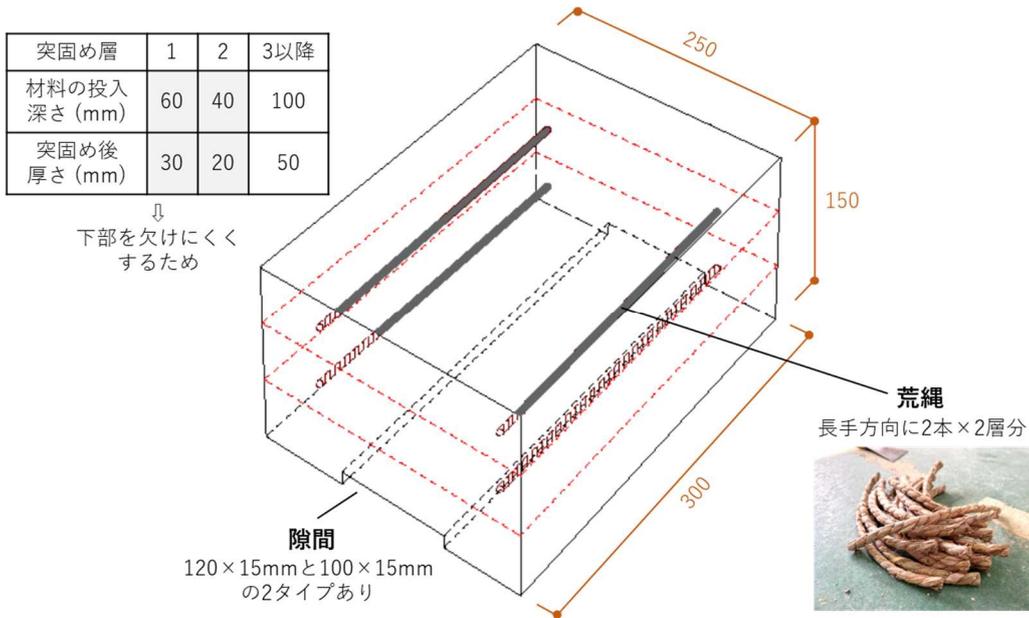


図-6 還土ブロックの形状および突固め方法

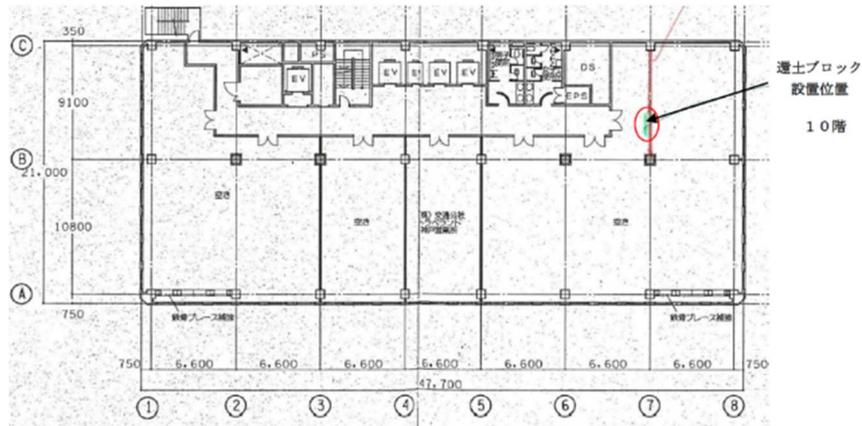


図-7 還土ブロック設置位置（平面図）

6. まとめ

本報では、垂水産の建設発生土を活用した還土ブロックのオフィスエントランスへの適用に際し、材料調達、調査検討、物性試験、還土ブロックの作製および組積を行った。本報のまとめを以下に示す。

- (1) 粒度試験の結果、垂水産の土は 0.5mm 以下の粒度の土が少なく、版築の適用範囲から外れていたが、細粒な土の添加による粒度調整や土壌硬化材および細骨材の添加などが寄与し、版築に関する海外の指針で示される圧縮強度の範囲を超えていることが確認できた。
- (2) 還土ブロックは、土のふるい分け、材料の計量、混練、突固め、上面の削り取り、養生、脱型という手順で作製し、ブロックの大きさは W300 mm×H150 mm×D250mm、持ち手の空間確保のための隙間は

W100~120 mm×H15mm とした。ブロックの脆性的な破壊を防止するため、長手方向に荒縄を配した。

- (3) 作製した還土ブロックはオフィスエントランスに設置した。不陸調整およびブロック同士の静止摩擦力向上を目的として、ブロック作製時に練混ぜた材料の余剰分に土壌硬化材および瀬戸土を混合した充填材を使用して組積した。

【参考文献】

- 1) 梅澤孝助：建設発生土をめぐる現状と課題，国立国会図書館調査と情報・ISSUE BRIEF，No.53，2021.7
- 2) 山崎順二，加藤猛，荒木朗，森浩二，古東秀文，山内豊英：現場発生土を使用して製造した「還土ブロック」の改修工事への実装，浅沼組技術研究報告，No.33，2021.3
- 3) Peter Walker, Rowland Keable, Joe Martin, Vasilios Maniatis : RAMMED EARTH Design and construction guidelines, 2005.1