

マサ化した骨材のコンクリート材料への適用に関する研究

遠藤典男^{*1}・小林星哉^{*2}・ナシャ^{*3}丸山健太郎^{*4}

Study on Applying MASAKA- Sand to Concrete

ENDOH Norio, KOBAYASHI Seiya, SABRI Sabrina Nasha,
and MARUYAMA Kentaro

From the point of view, longer life for Dam structures, it is necessary to carried out sediment of lake in bottom. That sediment is used to backfilling material, base course material, but some of them are not used effectively and have been piled up state. In this study, MASAKA-soil, which is kind of sediment, are applied to porous concrete of small particle size. Deciding setting void content by considering volume of cement paste per unit volume of concrete, evaluating compressive strength, void content and permeability coefficient.

Results of trial production for porous concrete of small particle size, practical product can be produced, but it is difficult to control void content. And when void content is about 20(%), permeability coefficient are about 10^{-3} order, it is expected that application in various field.

キーワード：マ砂，小粒径ポーラスコンクリート，空隙率，透水試験，圧縮強度

1. 緒 論

日本国内には利水，治水，発電目的で建設されたダムが多数存在しており，近年の長寿命化に対する社会的ニーズの中で種々な取り組みがなされている．ここで，ダムに堆積する土砂により貯水能力は低下し，当初の性能が発揮できなくなる．そこで近年では，ダム湖への排砂トンネル建設，あるいは湖底よりの土砂採取によっても長寿命化への取り組みがなされている．採取された土砂は，埋め戻し材や路盤材として使用されている他，品質の優れたものに対しては，粒度調整後コンクリート用骨材と適用されているものもある．ここで，採取された土砂量が多く，かつ，品質が低い場合には，埋め戻し材や路盤材として使用されるだけでは，排出量に比し使用量が少なすぎ，多数の土砂がストックヤードに野積みされて放置されることになる．このような理由によ

り，低品質な土砂に対しても有効利用する方策を模索，検討する必要があると考えられる．ここで，ダム湖に堆積する土砂のなかでも，一般に山岳部で産出される花崗岩¹⁾は，石英，長石，斜長石，雲母，角閃石を主要構成鉱物としており，結晶粒子が大きい．この花崗岩は，構成する鉱物結晶の熱膨張率が異なることに起因し，温度差が大きい場所では，粒子間の結合が弱まり，表面における構成鉱物の剥離が生じることになる．さらに，花崗岩中の主成分である石英は風化しにくく，他の構成鉱物が風化することにより，石英などの粗い構成鉱物の粒子が残ることになり，非常に脆く崩れやすくなる．このような過程により生成される白色から黄土色の粗い砂をマサ土（真砂土），あるいは単にマ砂（真砂）と呼ばれている．上述のマサ土をコンクリート用骨材に適用した場合，既往の研究成果においては，単位水量が増加するとともに，ブリーディング量が増加するとの報告^{2,3)}がなされている．

このような背景により，本研究ではマサ土のなかでも 5(mm)ふるいを通過するようなマ砂を，比較的単位水量が少ない，小粒径のポーラスコンクリート（以下，小粒径 PoC と記す）に適用し，圧縮強度，

*1 環境都市工学科教授

*2 平成 29 年度 専攻科生産環境システム専攻

*3 平成 29 年度 環境都市工学科卒業研究生

*4 技術支援部 技術職員

原稿受付 2018 年 5 月 20 日

透水係数に対して考察する。なお、小粒径 PoC は、細骨材の空隙にセメントペーストと空隙が混在するもので、空隙は通常の PoC よりも小さく、透水係数が非常に小さいことが特徴である。ここで、本研究で使用したマサ土は、長野県大町市の高瀬ダム湖底より採取されたものであり、500～15(mm)程度の粒径の大きいも散見されはしたが、大部分は 10(mm)ふるいを通過するような小粒径のものである。

2. マ砂の物性値

図 1 に、本研究で使用した、大町市の高瀬ダム湖底より搬出したマサ土を示す。前述したように、ダム湖より搬出した状態のマサ土は、目視による判断ではあるが、大部分が 10(mm)ふるいを通過する小粒径のものであったが、500～15(mm)程度の粒径の大きいも散見された。このため、100(mm)を超えるような大きな粒径の砂利は予め除去した後、マサ土 3.0(kg)を 5(mm)ふるい通過分と残留分を計測した結果、質量割合で前者は 70(%)、後者は 30(%)となった。このため、後述するマ砂はマサ土のうち 5(mm)ふるい通過分のみを使用した。

表 1 にマ砂の物性値を示す。同表に示す各物性値は、JIS に準拠した試験方法で算出したが、千曲川水系で採取される砂の物性値と概ね同等程度であり、コンクリートに混合する細骨材に使用されている。ここで、一般的なコンクリートに使用される細骨材の粗粒率が 2.6～3.1 程度であるのに対し、対象とするマ砂が 3.00 上限値に近く、粒径の大きい粒子が多い砂であることがわかる。

図 2 にマ砂の粒径分布を示す。表 1 に示す粗粒率でも言及したが、図 2 においても示されているように、各ふるいを通過する質量割合は、一般的なコンクリートに使用する細骨材の下限値近くではあるが、許容範囲内に入っている。以上のことから、比較的粒径が大きい細骨材であり、小粒径 PoC を作製するには適した砂であると判断した。

3. 小粒径 PoC の試作

小粒径 PoC とは、細骨材に少量のセメントペース

トを加えることにより細骨材を接着した、有孔質なわれている。対象とするマ砂が比較的粒径の大きいモルタルであり、保水性、透水性を有しているとい砂であること、および少量のセメントペーストを使用するため単位水量が小さいことから、小粒径 PoC の作製に適しているのではないかと考えた。そこで、マ砂を適用した小粒径 PoC を試作するにあたり、まず、配合の検討—特に水セメント比の検討—を行った。表 2 に小粒径 PoC の配合を示す。セメントは普



図 1 使用したマサ土

表 1 マ砂の物性値*1

	実験値	JIS 規格
表乾密度[g/cm ³]	2.61	—
絶乾密度[g/cm ³]	2.59	2.5 以上
吸水率[%]	0.77	3 以下
単位容積質量[kg/l]	1.70	—
実積率[%]*2	65.6	59 以上
粗粒率	3.00	—

*1 5(mm)ふるい通過分

*2 ジッキングによる締め固め

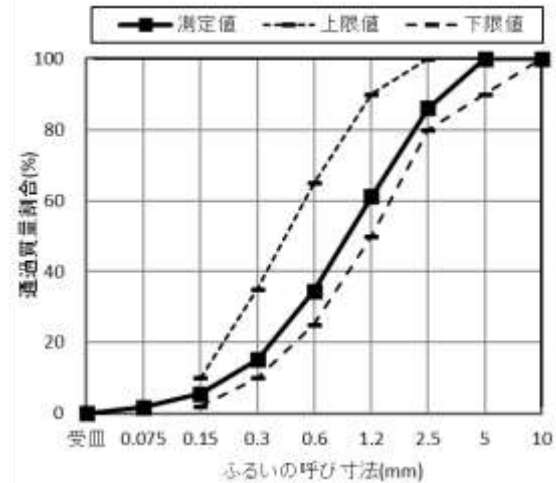


図 2 マ砂の粒度分布

表 2 小粒径 PoC の配合

セメント 種類	W/C [%]	P/V*1 (ℓ/m ³)	V _a /V*2 (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	C	S	A*3 (g/m ³)
BB	30	200	14.3	95	318	1713	3180
	35			103	295	1713	2946
	40			110	274	1713	2744

*1 単位ペースト量（全体積にセメントペーストの体積割合）

*2 空隙率（全体積に対する空隙の体積割合）

*3 ポリカルボン酸系減水剤（低空気連行タイプ）

通ポルトランドセメントに比し ASR 抑制効果が期待でき、さらに密実なセメントペーストの作製が期待できる、高炉セメント B 種(BB, 密度 $3.04(\text{g}/\text{cm}^3)$) を使用し、水セメント比を 30(%), 35(%), 40(%)と 5(%)刻みで変化させた場合の圧縮強度を測定した。ここで、小粒径 PoC 供試体の作製は、直径 50(mm) 高さ 100(mm)の型枠容積の 3 分の 1 程度にモルタルを充填した後、質量 1480(g), 直径 49(mm), 高さ 100(mm)の円柱状の鋼塊を 50(mm)程度の高さから落下させるという突き固めを 20 回実施した後、同様の充填と突き固めを各層で実施し、翌日、端面のペーストキャッピングを行った。

図 3 に作製した供試体を示す。同図(a), (b), (c) は各々水セメント比が 30(%), 35(%), 40(%)の配合で作製した供試体であるが、水セメント比が 35(%), 40(%)の供試体に比し、空隙が多いことが確認できる。これは、表 2 に示す配合において、全ての水セメント比でセメントペーストは液体状であるが、マ砂とセメントペーストを混合した場合のフレッシュ性状は、塑性体の性状も液体の性状も示さず、湿った粒状体の様相を示しており、水セメント比が大きくなるにしたがい、湿気を帯びた状態が顕著となる。このため、一番水セメント比の小さい 30(%)の供試体では、先述した締め固め方法では十分に締め固まらず、空隙が残ってしまったと考えられる。以上のことから、小粒径 PoC の締め固めには高いエネルギーが必要であり、また、空隙率の制御が難しいと考えられる。

図 4 にセメント水比と小粒径 PoC の圧縮強度の関係を示す。一般にはセメント水比が大きいほうがモルタルの強度は大きくなるが、同図においてはセメント水比 (C/W) が 2.5 と 2.86 (水セメント比が 40(%) と 35(%)) の圧縮強度は $16(\text{N}/\text{mm}^2)$ 程度でほぼ等しい。これに対し、セメント水比が 3.33 (水セメント比が 30(%)) では $9(\text{N}/\text{mm}^2)$ 程度とセメント水比が大きいほうが強度は小さくなっている。これは、図 3 の考察にも記したが、フレッシュ性状に起因した締め固めが不十分となり、供試体中に粒径の大きい空隙が多く存在したことが影響したと考えられる。

4. 小粒径 PoC の空隙率と透水係数

小粒径 PoC の透水係数は「JIS A 1218 土の透水試験方法」に、空隙率は「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法 (案)」に準拠し計測した。

表 3 に透水試験で使用した供試体の配合を示す。空隙率と透水係数を測定するため、表 2 に示す配合に比し、表 3 の配合は、単位ペースト量(P/V)を 210(ℓ), 245(ℓ)と多くし、設定空隙率(V_a/V)は小さくした。これは、小粒径 PoC の空隙率が小さい場合でも、透水性能の有無を確認するためであり、透水性能を有する場合には透水係数の評価を行うためである。なお、本研究においては、試験体への長期にわたる透水を実施した場合に危惧される、遊離石灰等の析出に伴う空隙の目詰まりに対する評価は行わない。

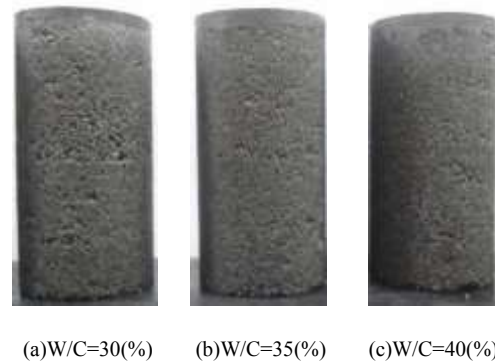


図 3 試作した供試体

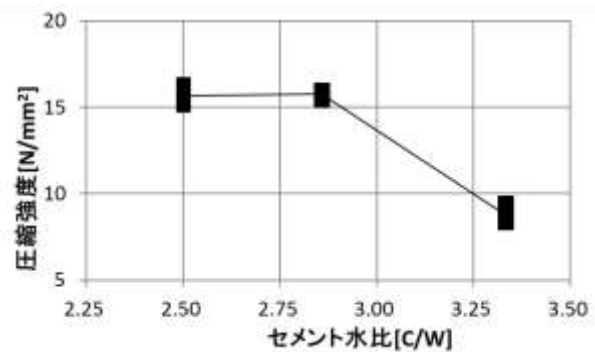


図 4 セメント水比と圧縮強度

表 3 透水試験供試体の配合

セメント 種類	W/C [%]	P/V*1 (ℓ/m^3)	V_a/V *2 (%)	単位量(kg/m^3)			
				W	C	S	A^{*3} (g/m^3)
BB	35	210	13	108	309	1713	3094
		245	9	126	361	1713	3609

*1~*3 表 2 の注釈と同一

図5に透水試験の概要を示す。本試験で使用する試験体に関しては、土や砂に用いるモールドは使用せず、同図に示すような内径100(mm)、高さ175(mm)の塩化ビニル管（厚さ7.5mm）で作製したモールドの底部より90(mm)程度の位置まで、直接、小粒径PoCを打設し、圧縮強度試験に用いた供試体と同様の締め固めを行った。なお、塩化ビニル製のモールド底部より、146(mm)の位置に越流排水用の孔を設けた。モールド上部より下部へと透水したを通過した

図6に小粒径PoCの空隙率と透水係数の関係を示す。同図において、全ての試験体において表3で設定した空隙率よりも大きい空隙率となったことから、締め固め方法と空隙率の制御が難しいことがわかる。計測された透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-4}(\text{m/s})$ であり、土質分類では砂やれきが堆積した地層と同程度の透水係数となった。このため、今後、種々な分野での展開も期待できると思われる。さらに、空隙率と透水係数の相関(R^2)が0.96程度と高いことから、比較的連続した空隙が多いと考えられる。

5. 結 論

本研究で得られた知見を以下に記す。

1) 小粒径PoCの締め固めには高いエネルギーが必要であり、水セメント比が小さい場合には、フレッシュ性状に起因し、設定空隙率を同一にしても、空隙率が大きくなる傾向にある。また、締め固めと空隙率の制御は難しい。

2) 空隙率が20(%)程度で $0.5 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ 程度の透水係数が得られたが、土質分類では砂やれきが堆積した地層と同程度の透水係数であり、種々な分野での適用が期待できると思われる。

現時点で締め固めと空隙率の制御が課題であり、特に空隙が微小なことに起因し、遊離石灰の析出に伴う透水時の目詰まりが危惧されるが、本件に関しても今後の課題としたい。

参 考 文 献

- 1) 小林星哉：マサ化した骨材のコンクリート材料への適用に関する研究，平成29年度長野高専

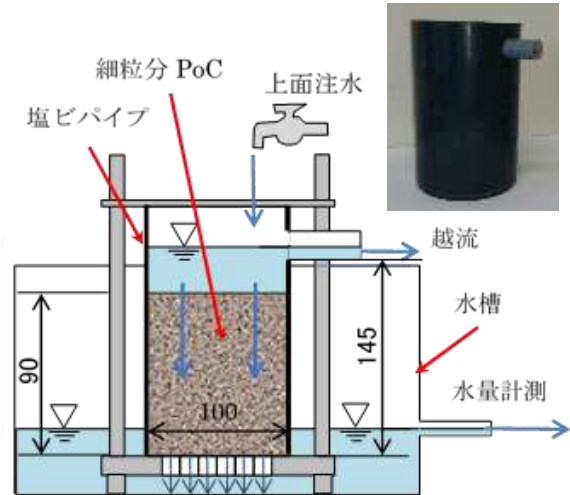


図5 透水試験概要とモールド

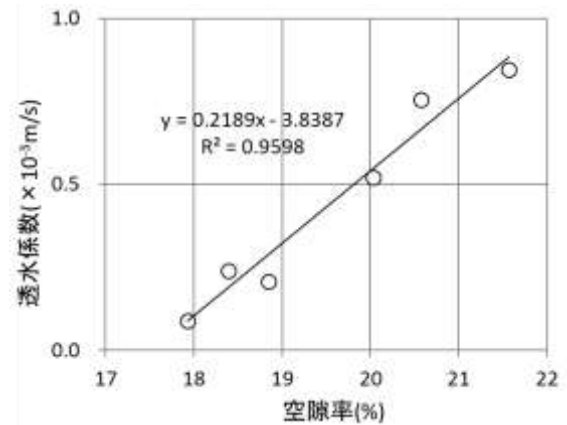


図6 透水係数と空隙率

専攻科特別研究論文(2018.2)

- 2) 古河，藤田，坂田，村田，渡辺：コンクリート用細骨材としてのまさ土の利用に関する基礎研究，土木学会論文集 No750/Ⅲ-65, pp.159-179 (2003.12)
- 3) 松井，井上，吉野，黒田：真砂土のコンクリート用細骨材への適用，コンクリート工学年次論文集，Vo.23, pp.277-282 (2001.7)
- 4) 月岡，大矢：小粒径ポーラスコンクリートの空隙率と透水係数について，平成19年度農業農村工学会全国大会講演要旨集，pp.768-769 (2007.9)