

マサ土を用いたモルタルの凍結融解作用の力学的挙動に対する 考察

丸山健太郎*¹・遠藤典男*²・小林正幸*³・蒲生麗*⁴

A study on behavior for freeze thaw resistance of mortar using Masa sand

MARUYAMA Kentaro, ENDOH Norio, KOBAYASHI Masayuki and GAMOU Rei

Construction by-products (remaining soil from construction) generated during the construction of new structures and the use of facilities are being used, but at present they are not sufficient. Delivering sediment deposited on a dam requires cost and time. Therefore, the method of utilizing the sediment deposited on the dam will be examined. However, the sediment deposited on the dam is brittle, it cannot be used for coarse aggregate. Therefore, the application to fine aggregate for use in mortar is examined.

Mortar is affected by frost damage. This study evaluates the freeze thaw resistance of mortar using sediment deposited on dam by compressive strength and relative dynamic elastic modulus.

キーワード：モルタル，凍結融解，マサ土

1. ま え が き

新規建造物の建設や施設利用にあたり発生する建設副産物（建設発生残土等）の活用は行われているが、十分でないのが現状である。例えば長野県大町市の山岳ダム（東京電力高瀬ダム）に自然流下する土砂は約 150t/日であり、堆積土砂を平地まで搬出するためには多くの労力と時間が必要である。また、搬出した土砂の大部分は亀裂が多いため脆くなり減りに対する抵抗力が乏しいマサ化した花崗岩（以下、マサ土）である。そのため、粗骨材としては利用されておらず、別の用途を模索する必要がある。このような背景から、モルタルに使用するための細骨材への適用を検討する。

ここで、細骨材の要求性能を考えるうえで凍結融解作用に対する抵抗性が必要である。凍結融解作用は、コンクリート建造物の代表的な劣化原因であり、スケーリングなどの不具合が生じる。また、長野県は凍害の危険度が全国に比べて大きく、建造物の新設にあたっては対策を十分に行う必要がある。

本研究では、マサ土を使用したモルタルの凍結融解作用に対する抵抗性を圧縮強度と相対動弾性係数により評価、考察をする。

2. 試験概要

実験のフローチャートを図 1 に示す。まず細骨材として使用する川砂とマサ土の物性値の測定を行っ

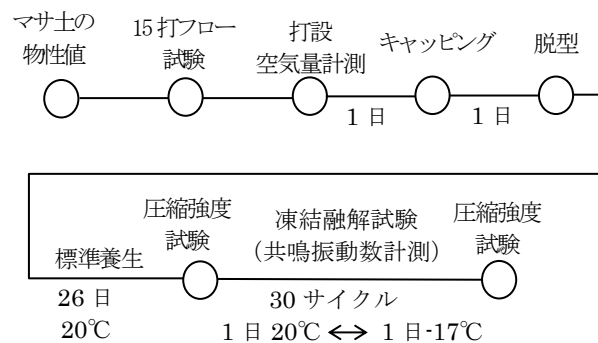


図 1 実験フローチャート

*1 技術支援部 技術専門職員

*2 環境都市工学科 教授

*3 令和元年度生産環境システム専攻卒業研究生
(現：日本工営(株))

*4 令和元年度環境都市工学科卒業研究生
(現：東京電力パワーグリッド(株))

原稿受付 2020年5月20日

表1 川砂利とマサ土の物性値

	川砂	マサ土	JIS 規格
表乾密度 (g/cm ³)	2.62	2.61	—
絶乾密度 (g/cm ³)	2.58	2.59	2.5 以上
吸水率 (%)	1.57	0.770	3 以下
単位容積質量 (kg/l)	1.64	1.70	—
実積率 (%)	63.4	65.6	59 以上
粗粒率 (%)	2.71	3.00	—

表2 モルタルフロー値

細骨材 種類	S/C	W/C (%)	モルタルフロー値			
			1 回目	2 回目	3 回目	平均
川砂	3.0	50	153	150	145	149
マサ土	3.0	50	171	165	171	176
川砂	2.0	40	162	159	162	166
マサ土	2.0	40	180	171	175	175

表3 モルタルの配合

	細骨材 種類	S/C	W/C (%)	設定 空気量 (%)	S	C	W	AD	空気量 (%)
					(kg/m ³)				
MS-3.0	川砂	3.0	50	7.0	1422	474	237	2.5	8.3
MM-3.0	マサ土		50		1418	473	236	2.5	7.9
MS-2.0	川砂	2.0	40		1256	628	251	3.4	6.3
MM-2.0	マサ土		40		1254	627	251	3.4	8.0

た。結果を表1に示す。川砂とマサ土の物性値を比較すると、表乾密度および絶乾密度ともに差はなかった。吸水率は川砂に比べマサ土の値は低くなった。また粗粒率は川砂に比べマサ土の値は大きくなった。

次に細骨材に川砂及びマサ土を用いたモルタルの配合を決定するために、モルタルフロー試験 (JIS R 5201) を行い、モルタルのコンシステンシーを評価した。既往の研究結果より、モルタルフロー値が180mm程度の場合にコンクリートのスランプは8cm程度となると報告がある。そのため、S/C (セメントの質量に対する細骨材の質量割合)2.0, 3.0, およびW/C (水セメント比) 40%, 50%, 60%でモルタルを配合し、それぞれのモルタルフロー値を測定し、どの配合でモルタルフロー値が180mm程度となるか確認をした。モルタルフロー値が180mm程度となった測定結果を表2に、そのモルタルの配合を表3に示す。試験体はφ100×200の円柱供試体としそれぞれ6本作製した。また作製した4種類の試験体は、以下次のように記す

- MS-3.0 : S/C=3.0, 川砂を使用した試験体
- MM-3.0 : S/C=3.0, マサ土を使用した試験体
- MS-2.0 : S/C=2.0, 川砂を使用した試験体
- MM-2.0 : S/C=2.0, マサ土を使用した試験体

ここでS/Cの異なるモルタルを作製する理由としては、マサ土は亀裂が多く脆いという特性があり、マサ土の割合が多くなるほど凍結融解作用に対する影響が顕著になると考えたためである。また、混和剤にAE減水剤ではなく減水剤を用いることで、凍結融解作用に対する抵抗性が低減し、凍結融解作用による損傷が顕著になると考えた。

作製したモルタル試験体を28日間養生した後に、それぞれ3本ずつ圧縮強度試験を行った。また後述する凍結融解試験を行った試験体も、凍結融解試験後に圧縮強度試験を行う。これは凍結融解作用によってモルタルが凍害によって劣化し強度が低下すると予想されるため行う。

凍結融解試験は次に示す方法で行った。供試体を冷凍庫(-17℃)で1日低温環境に静置した後、水中(20℃)にて1日常温環境に静置する。この工程を1サイクルとして30サイクル行い、5サイクルごとにモルタルの共鳴振動数を測定し相対動弾性係数を算出する。相対動弾性係数は、凍結融解作用による劣化によって低下していくと考えられる。

相対動弾性係数は、コンクリートの凍結融解試験方法 (JIS A 1148:2010) に基づき次式により計算を行った。

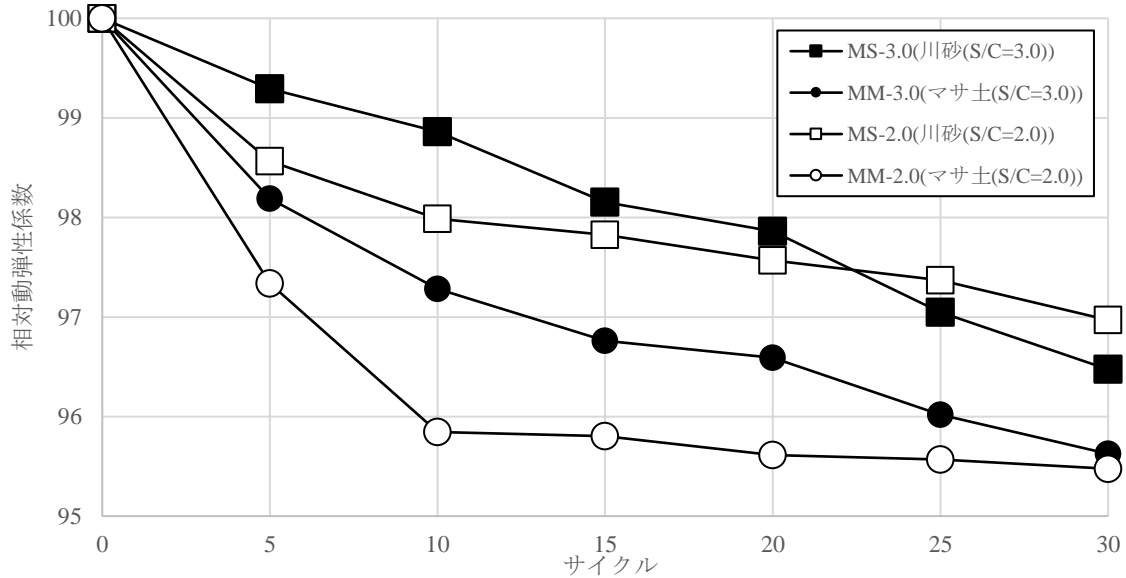


図2 相対動弾性係数-サイクル 図

$$P_n = \frac{f_n^2}{f_0^2} \times 100$$

P_n :凍結融解 n サイクル後の相対動弾性係数[%]

f_n :凍結融解 n サイクル後の共鳴振動数[Hz]

f_0 :凍結融解 0 サイクル時の共鳴振動数[Hz]

3. 実験結果および考察

3-1 相対動弾性係数

凍結融解試験によって得られた、相対動弾性係数とサイクルの関係図を図2に示す。

まず川砂とマサ土を比較すると、川砂を用いたMS-3.0とMS-2.0に比べマサ土を用いたMM-3.0とMM-2.0のほうが相対動弾性係数の低下が大きい。これは川砂に比べマサ土の方が凍結融解の膨張圧によって劣化が多く生じたためであると考えられる。またMM-3.0, MM-2.0ともに10サイクル目までの相対動弾性係数が特に大きく低下している。このことから、マサ土を用いた場合、凍結融解試験直後の劣化が特に激しいと考えられる。

一方S/C=2.0とS/C=3.0の比較をすると、MM-3.0とMM-2.0を比較するとマサ土が多いMM-3.0の方が相対動弾性係数の低下が少ない。これはMM-3.0とMS-3.0はMM-2.0とMS-2.0に比べ単位水量が少ないため凍結融解による劣化が緩和されたと考えられる。

3-2 圧縮強度

凍結融解試験前（モルタル打設後28日間養生後）の圧縮強度と、凍結融解試験後の圧縮強度を表4に示す。

表4 圧縮強度

	圧縮強度(N/mm ²)	
	凍結融解試験前	凍結融解試験後
MS-3.0	38.3	49.6
MM-3.0	37.5	48.6
MS-2.0	52.8	61.0
MM-2.0	46.1	52.5

まず凍結融解試験前の圧縮強度を比較すると、川砂を用いたMS-3.0およびMS-2.0の圧縮強度に比べ、マサ土を用いたMM-3.0およびMM-2.0それぞれの圧縮強度が若干低くなった。これは粒子に亀裂が多く脆いというマサ土の特性によるものと考えられる。またMS-3.0やMM-3.0に比べ、MS-2.0やMM-2.0の圧縮強度が大きくなったのは、MS-2.0やMM-2.0のセメントの単位量が多いためであると考えられる。

次に凍結融解試験後の圧縮強度を比較すると、凍結融解試験前の圧縮強度と同様に、川砂を用いたMS-3.0およびMS-2.0の圧縮強度に比べ、マサ土を用いたMM-3.0およびMM-2.0それぞれの圧縮強度が若干低くなった。しかしながら、通常、凍結融解試験後は供試体が劣化するため圧縮強度は低下するのに対し、今回の試験では圧縮強度が上昇した。その要因として、作製した試験体の水セメント比が50%と40%と通常のコンクリートには小さく強度が高くなったため、凍結融解作用による劣化が生じにくかったことと、凍結融解試験前は打設後28日で圧縮試験を行ったが、凍結融解試験後は打設後3か

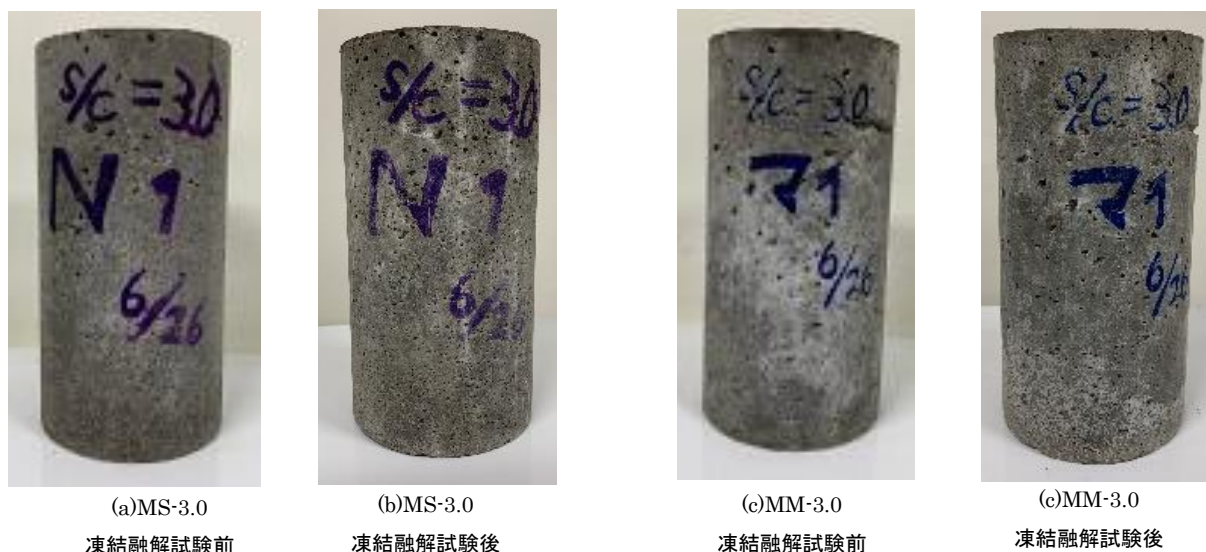


図3 凍結融解試験前後の試験体

月ほど経過していたため強度が増加したことが考えられる。

3-3 外観変化

図3にMS-3.0とMM-3.0の凍結融解試験前後の試験体外観を示す。MS-3.0、MM-3.0ともに外観に大きな変化は見られなかった。またMS-2.0およびMM-2.0も同様に、凍結融解試験前後で外観に大きな変化は見られなかった。これは前述した圧縮強度と同様で、試験体の水セメント比を小さく配合設計したため凍結融解作用に対し十分な強度を有していたためであると考えられる。

4. 結 言

本研究の結果から、細骨材に川砂を用いたモルタルに比べてマサ土を用いたモルタルは、凍結融解作用を受けると相対動弾性係数の低下が大きくなることが分かった。しかしながら今回試験を行ったモルタルの水セメント比を小さく設定したため強度が高くなり、凍結融解試験後の圧縮強度の低下は生じなかった。このことから、細骨材にマサ土を用いた場合でも水セメント比を40～50%程度とすることで、凍結融解作用による劣化は大きな影響を生じないと考えられる。

今後はモルタルの水セメント比が小さく設定したモルタルに対し凍結融解試験を行い、相対動弾性係数や圧縮強度を測定する。

参 考 文 献

- 1) 丸山健太郎, 遠藤典男, 井出圭介, 高田一哉: マサ化した骨材を用いた小粒径ポーラスコンクリートに関する研究, 平成30年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, V-32(2019.3)
- 2) 遠藤典男, 小林星哉, ナシヤ, 丸山健太郎: マサ化した骨愛のコンクリート材料への適用に関する研究, 長野工業高等専門学校紀要, 第52号, 1-1(2018.6)
- 3) Qinqing Quan, Osamu Senbu, Tomoko Fukuyama, Dequn Ma: Water absorption properties of concrete using surface penetrants influenced by various freezing and thawing conditions, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.801-806(2018)
- 4) 片平博, 渡辺博志, 山田宏: 粗骨材の対凍害性評価指標の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp1072-1077(2014)
- 5) 小林正幸, 遠藤典男: マサ土を用いたモルタルの凍結融解作用に対する考察(2020)