

報告 まさ土を主原材料としたセメント固化体

進藤 邦雄*¹・伊藤 隆二*²

要旨：全国各地で産出するまさ土（花崗岩質岩石の風化残積土¹⁾）を主原材料として、粗骨材を使わずに一般の二次製品製造設備と常圧蒸気養生によってセメント固化体を製作し、強度、耐久性他の物性を確認した。この固化体はコンクリートとは異なるものとして位置付けるが、その物性はコンクリートと比べて遜色のない値を示し、特に強度、耐久性も十分あり、製品化の可能性が予見できた。

キーワード：まさ土、建設残土、吸水率、耐久性、高性能減水剤、こわばり

1. はじめに

近年、環境重視の流れの中で建設副産物（コンクリート塊、アスファルト塊、建設残土等）のリサイクルが大きく進んでいる。また、これら以外の廃棄物についても建設資材としてのリサイクル活用が積極的に進められ、ヘドロ、汚泥の固化技術等の研究も進展している。こうした背景の中で、建設副産物、特に建設残土の建設資材への応用を研究開発することによって社会貢献を果たそうとした。それには比較的入手が容易で取り扱い易い土としてまさ土に着目し、これをセメントで固化させる技術を開発し、固化体の物性を明確にすることにより大量に排出する建設残土処理への応用を図ることが先決であると考えた。これまで粘土に関しては高温高圧養生（オートクレーブ養生）処理したもの²⁾や、まさ土を洗浄処理せずにそのまま細骨材としてコンクリートに使用する研究³⁾などがある。

本研究は、山から採取した無処理のまさ土を主原材料としてセメントと混練りし、骨材を一切使用せず、また一般の二次製品製造設備と常圧蒸気養生によって固化体を製作し、吸水率、強度および耐久性等の検討を行ったものである。なお、この実験はまさ土を使用した製品化を念頭においている。

2. まさ土について

わが国には花崗岩が全国的に広く分布し、極めて強度が高いことから、古くから今日まで代表的な石材として各地で使用されてきた。このような花崗岩も地表近くにあると、物理的、化学的な風化作用を受け玉ねぎ状の形態を経て土化が進行する。花崗岩の風化した土はまさ土、さば土あるいは真砂と呼ばれ⁴⁾、たたきとして古くから使用されてきた。まさ土は原石である花崗岩の性状、風化の過程などから、基本的に粗粒部分を多く含んだ土と言うことができる。一般に土には有機不純物が含まれている場合が多く、また微粒成分も含まれるため、コンクリートに使用した場合は強度、耐久性等に悪影響を与えると考えられてきた。本研究は骨材の代替としてまさ土を利用して強度に優れ、耐久性のあるセメント固化体を製作しようとの試みである。表-1に主な産地である愛知県、岩手県、茨城県および香川県産のまさ土の土質試験結果を示す。

3. 実験概要

3.1 使用材料

本実験では愛知県新城産のまさ土を主に使用した。

*¹ 共和コンクリート工業(株)技術研究所所長 工修 (正会員)

*² 共和コンクリート工業(株)技術研究所主席研究員

表-1 土質試験結果

			愛知産	岩手産	茨城産	香川産
土粒子の密度	ρ_s	g/cm ³	2.56	2.68	2.59	2.62
強熱減量	L_i	%	3.8	1.3	1.8	1.4
pH			6.5	7.4	7.1	8.2
有機物含有量		%	0.03	0.05	0.03	0.07
最大粒径		mm	19.0	19.0	9.5	26.5
乾燥単位容積質量		g/cm ³	1.527	1.640	1.680	1.590
礫分	2~75mm	%	18	35	25	35
砂分	75 μ m~2mm	%	63	59	62	54
シルト分	5~75 μ m	%	14	4	10	7
粘土分	5 μ m未満	%	5	2	3	4

※試験方法は土質工学会による。

その他の使用材料の種類、物性を表-2に示す。

表-2 使用材料

材料名	種類・物性
まさ土	愛知県新城産 密度 2.56g/cm ³
セメント	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ 比表面積 3310cm ² /g 高炉セメント B 種 密度 3.04g/cm ³ 比表面積 3870cm ² /g
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系 添加量 セメント×2% 密度 1.05g/cm ³
高強度用 混和材	エトリンガイト系 添加量 セメント×10% 密度 2.50g/cm ³

3.2 試験項目

実験で行った試験項目を表-3に示す。試験に用いるまさ土は採取後無処理のままのため、採取位置、堆積層あるいは採取状況によって含水量が変化するものと思われる。

表-3 試験項目

試験項目	試験方法
フロー試験	JIS R 5201 に準拠
圧縮強度試験	JIS A 1108 に準拠
引張強度試験	JIS A 1113 に準拠
曲げ強度試験	JIS A 1106 に準拠
凍結融解試験	JSCE-G501-1986
流動性能試験	フロー時の経時変化測定

従って混練り時におけるコンシステンシーの管理にはフロー試験を行い、フロー値を一定値とし、各種試験を行った。また、まさ土自体の吸水作用によるフロー値の経時変化、いわゆるこわばり現象が考えられ、作業可能時間を把握するために流動性能試験を行った。

3.3 配合および練混ぜ

予備実験の結果使用セメント量は 350kg/m³、450kg/m³、550kg/m³ とし、コンシステンシーはフロー値 180±20mm で管理した。

強度、耐久性を確保するため高性能減水剤および高強度用混和材を添加した。練混ぜは 0.1 m³ の試験用パン型強制練ミキサを使用した。基本試験配合を表-4に示す。

表-4 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
	C	W	まさ土	高性能 AE 減水剤	混和材
108.5	350	380	1142	7	35
84.4	450	380	1047	9	45
69.1	550	380	952	11	55

3.4 養生方法

養生は通常の常圧蒸気養生とし、前置時間を 2 時間、温度勾配を 25°C/ Hr で最高温度 70°C~80°C を 2 時間保持した後自然冷却した。その後試験材齢まで水中養生し、各種試験は材齢 1 4

日で行った。

4. 実験結果および考察

4.1 適正セメントの決定

セメントは安価な結合材として、最も一般的である。通常のコンクリートでは普通ポルトランドセメントが使用されているが、その肌面は灰色を呈している。まさ土を材料とした製品化を考える場合、その表面の色が非常に重要な要点になるとの判断から、なるべく土の色を再生する結合材を選ぶため予備試験で対象を絞り普通セメントと高炉セメントとの比較試験を行った。試験結果を図-1に示す。

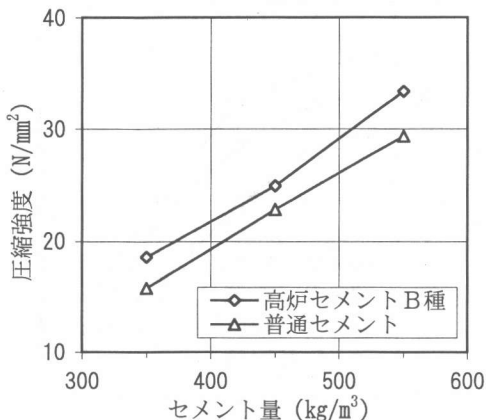


図-1 使用セメント比較

圧縮強度は普通セメントと比較して高炉セメントは約 9%~18%の強度増進が見られた。また、肌面、色調を目視観察すると、高炉セメントの場合はセメント色が薄められ土の風合いが適度に醸し出されている。強度、肌面の風合い、経済性を考慮すれば、まさ土の結合材として高炉セメントが適切であると考えられる。以下の試験には高炉セメントを使用している。

4.2 混和剤の検討

(1) 高性能 AE 減水剤

まさ土固化体の強度に及ぼす高性能 AE 減水剤の効果確認のため、ポリカルボン酸系とリグ

ニン酸系の AE 減水剤を使用したものとプレーンとの強度比較を行った。試験条件は次のとおりである。

セメント量 350kg/m³, 450kg/m³,

550kg/m³

高性能 AE 減水剤 セメント量の 2% 添加

高強度用混和材 セメント量の 10% 添加

フロー値 180±20mm

試験結果を図-2に示す。

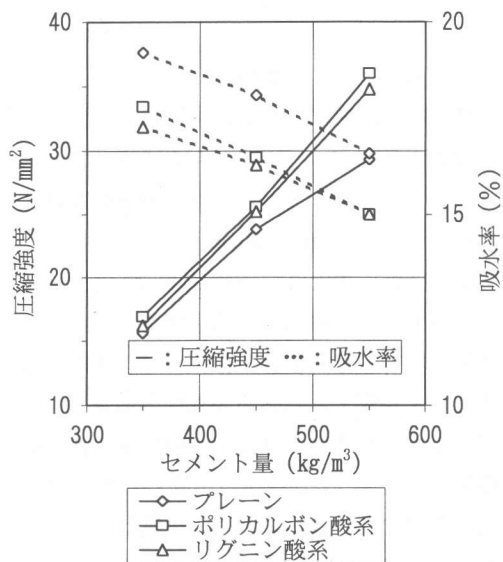


図-2 減水剤性能試験

高性能 AE 減水剤を使用すれば、セメント量によって違いはあるが、プレーンに対し 4~23%の強度増進が見られた。これは単位水量が減少し固化体が密になり強度増進したものと思われる。

また、吸水率は混和剤を添加するとセメント量に関係なくプレーンに比べて 10%程度低くなった。セメント量が大きくなるとフロー値を一定としているため、水セメント比が小さくなって強度が増加し、吸水率は小さくなった。

これはコンクリートの挙動と同じ傾向を示している。⁵⁾

なお、ポリカルボン酸系とリグニン酸系においては強度、吸水率にほとんど差はみられない。

(2) 高強度用混和材

予備試験では乾燥状態で $44\mu\text{m}$ 以下の微粒成分含有率が 5~30%程度の土を使用し、固化体の吸水率の範囲は 10~30%であった。コンクリート製造の場合このような材料は、単位水量を多く必要とするため、強度、耐久性に乏しいと考えられている。まさ土固化体の場合もこのようなことを考慮して高強度用混和材を使用することにし、添加量と強度の関係を検討した。

試験条件は次のとおりであり結果を図-3に示す。

セメント量 450kg/m^3
 高性能 AE 減水剤 セメント量の 2% 添加
 高強度用混和材 セメント量の 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5% 添加
 フロー値 $180\pm 20\text{mm}$

プレーンのもと 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5% 添加したものを比較している。図から混和材の添加量の増加に伴って、圧縮強度は直線的に増加することが解る。試験範囲外の添加量でもこの関係が継続するかどうかは不明であるが、経済性等を考えて、プレーンと比較して 30% 増の強度が発現できれば要求される品質はクリアするものとして、添加量をセメントの 10% と決め、各種試験における添加量とした。

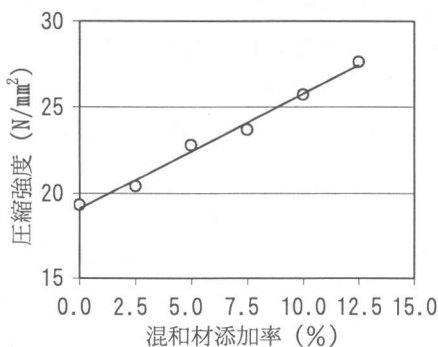


図-3 混和材の添加率と圧縮強度

4.3 流動性能試験

まさ土の使用時の状態は、湿っているかあるいは気乾状態の場合が多い。したがって、適当

なフロー値であっても、まさ土自体の吸水作用によってフロー値が小さくなり、一般に言う「こわばり」が発生する。このフローロス把握するためにフロー試験により作業可能時間を検討した。

試験条件は次のように設定した。

フロー値 $180\pm 20\text{mm}$
 土の含水量 0, 5, 10, 15%
 練り混ぜ時間 2分

(容量 2 リットルのモルタルミキサー)

フロー値測定時間 3, 10, 20, 30, 40 分
 (練り混ぜ開始後)

試験結果を図-4に示す。

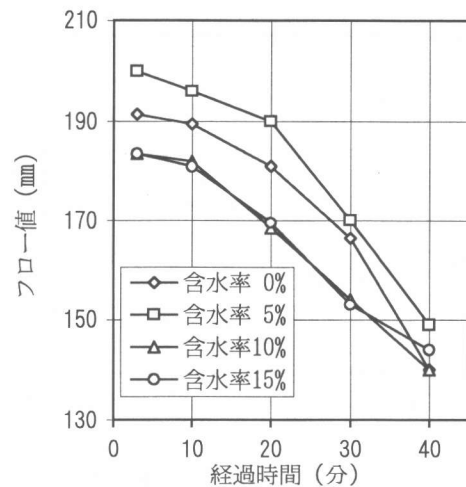


図-4 流動性能試験

ミキシング後 3 分のフロー値を 100% とした場合、土の含水状態によって多少異なるが、40 分後に 22~27% のフロー値の低下が確認できた。製品製造時のワーカビリティを考えると、管理限界フロー値を 160mm とすると、ミキシング後における作業可能時間は 30 分程度が限界と思われる。

ただし、こわばり発生を進行させる要因は、練混ぜ水温、外気温、湿度、まさ土の温度およびミキシング時間も関係するものと考えられ、なおこれらについて実験継続が必要であると考えている。

4.4 強度

圧縮、引張および曲げ強度試験の結果を図-5に示す。強度は使用セメント量の増加に伴い強度も増加している。これはコンクリートと同様である。また、曲げ強度は圧縮強度の1/5~1/7, 引張強度は圧縮強度の1/8~1/11の範囲にあり、概ねコンクリートで言われている物性の範囲にあることがわかった。

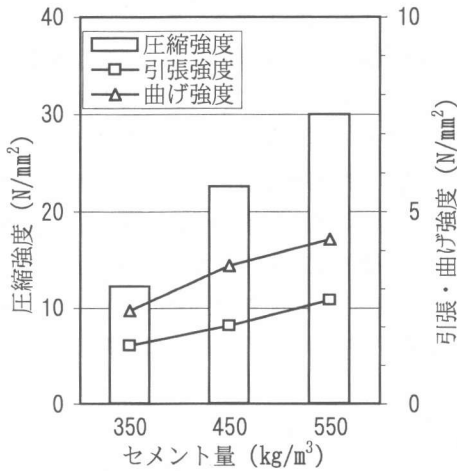


図-5 強度試験

4.5 耐久性

愛知県新城産のまさ土を使用し、空気量 2.8~6.4%の供試体により凍結融解試験を行い、質量変化率を図-6、相対動弾性係数を図-7に示す。使用セメント量 350 kg/m³では240サイクルで破壊し、質量変化率も他と比べて大きい。セメント量 450 kg/m³, 550 kg/m³においては300サイクル時相対動弾性係数は平均 85~90%の範囲であり、質量変化も小さい。凍結融解発生地域においてもセメントを 450 kg/m³以上使用すれば、まさ土固化体も十分耐久性があるものと思われる。

5. まさ土の産地ごとの強度、吸水率および耐久性

耐久性試験は愛知県産の他に岩手、茨城、香川県産のまさ土についても行った。

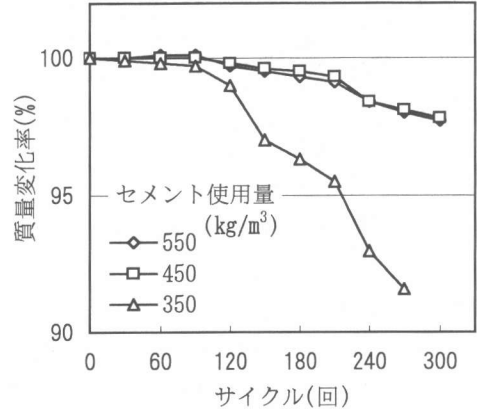


図-6 質量変化率

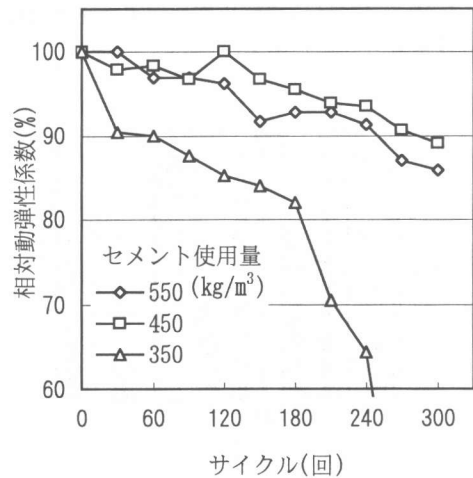


図-7 相対動弾性係数

5.1 強度および吸水率

強度および吸水率の結果を図-8, 図-9に示す。強度は岩手県産が最も低く、愛知、茨城県産が高い。一方吸水率は平均して岩手県産が低く、愛知県産が最も高い値を示した。

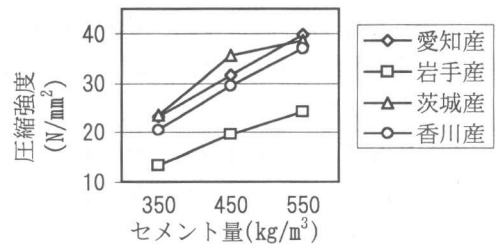


図-8 産地毎の強度

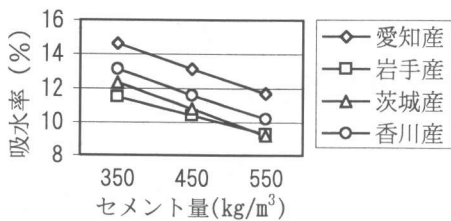


図-9 産地毎の吸水率

5.2 耐久性指数

各産地の耐久性指数を図-10に示す。単位セメント量 350kg/m³では茨城県産を除き、いずれの産地のまさ土も 300 サイクルをクリアしなかった。450kg/m³では香川県産のみがクリアせず、550kg/m³ではいずれの産地のまさ土も 300 サイクルをクリアした。

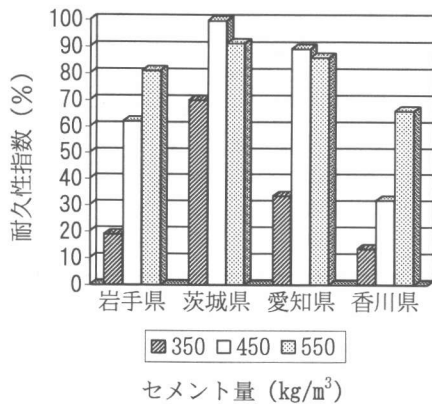


図-10 産地毎の耐久性指数

6. まとめ

まさ土を主原材料としたセメント固化体について各種試験をした結果以下のようなことが確認できた。

1. まさ土の固化体については、強度、耐久性の面から高性能 AE 減水剤、高強度用混和材の使用が不可欠である。
2. 高炉セメントは、普通セメントに比べて平均して 15% 程度の強度増進が見られ、また肌面の風合いからも、まさ土の固化に適していると考えられる。
3. まさ土の固化体の凍結融解作用における耐

久性はセメント量に左右されることが明らかになった。また、産地によって耐久性に差があることが解った。

4. 流動性能試験により、ミキシング後約 30 分以内が作業可能時間であることが判明した。

まさ土は全国に分布し比較的入手し易い材料である。その中で愛知、岩手、茨城および香川県産のまさ土について検討した。

一連の試験には愛知県の新城産のまさ土を使用した。実験に際してはまさ土に関する知見、文献も少なく、手さぐり状態であった。

安定したまさ土を得ることや管理が難しく品質の変動に対しての把握が十分ではない。各種試験に供した供試体数も少なく、必ずしも適正な数値、傾向を把握したわけではなく引き続き実験を行い物性を明確にする必要がある。

参考文献

- 1) 土壌物理研究会編：土の物理学，森北出版（株），pp.338-346，1979
- 2) ㈱イナックス：例えば不燃性硬化体，公開特許公報，特開平 9-132440
- 3) 高倉寅喜，吉野好明：マサ土コンクリートの開発，建設マネジメント技術，pp.72-78，1998.10
- 4) 大橋公雄：人造石（たたき）工法とその遺構，産業遺産研究第 5 号，1998.4
- 5) 石田 宏：コンクリートの吸水量と凍結融解に対する耐久性，土木学会第 43 回年次学術講演会，pp.176-177，1998.10