セメントモルタルのセラミック化に関する基礎的研究

STUDY ON CERAMICS OF CEMENT MORTAR

三田紀行*, 山本康弘**, 大沢清八***

Noriyuki MITA, Yasuhiro YAMAMOTO

and Seihachi OSAWA

This paper is intended to develop and study the technology to produce the ceramics of cement mortar by using cement, fritted glaze, silica fume and some special sands. The specimens were casted ($2 \times 2 \times 8$ cm) with this mortar. And after curing, they were fired at 940°C or 1000°C for two hours to measure the properties of these specimens before and after firing.

As the result, the fritted glaze of low fusing point with 20% frits/cement ratios and of 5 ~ 8% silica fume/cement ratios was found to be most suitable for these ceramics of cement mortar. And the most suitable firing temperature for the properties of these specimens after firing is found to be 1000°C . And the surface of these mortar was tested to be colored with the glaze by these firing.

Keywords : cement-concrete , ceramics , fritted glaze , firing , strength , silica fume

セメント・コンクリート, セラミックス, フリット釉, 焼成, 強度, シリカフューム

1. 序論

近年、建築物は多様化・高機能化が進み、従来に増してその本来の機能に対して様々な要求が求められている。特に大都市における集合住宅やオフィスビルの高層化・複合化が進み、より一層災害に対して強い建物が要求されている。一般にコンクリートを用いた建物は耐火建築物として火災に対して強いとされている。しかしセメント硬化物はその化学的性状から約 105°C でキャピラリー水およびゲル水を失い、さらに約 $250 \sim 350^\circ\text{C}$ で Al_2O_3 や Fe_2O_3 を含む水和生成物が、また約 500°C ではシリケート水和生成物および $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が脱水され、強度が急激に減少する。¹⁾ 事実火災にあったために躯体の補修を必要とする場合も多い。特に高層建築物の場合、事実上補修が不可能なことも考えられ、躯体自体に今まで以上の耐火性能が要求されるものと思われる。

一方最近では、建物に対して上記のような機能的要求だけでなく、文化的要求の所産として美しさが求められ

る傾向が増大している。意匠材料としてタイル・石材等が多く用いられているが、これらは色彩鮮やかで経時変化が少なく、安定感があり耐久性に優れている。しかし一般には小さなブロック片を張り付けるため工費が高く、剥落等の欠損も生じやすい。このためコンクリートの表面に直接釉薬を施釉できればこれらの問題が解決できる。

そこで本研究は、セメント硬化物にほうろうびきに使用されるフリット釉等のセラミック材料を、あらかじめ混入してセラミック化し耐熱性の向上を図るとともに、このセメント硬化物の表面を色釉薬により施釉し焼成して、色彩表現豊かで経時変化の少ない磁器質の施釉面とし、そのまま意匠材として使用可能にすることなどを目的としたもので、今回はこのうちセメントのセラミック化についての基礎的な研究と施釉方法についての研究を行ったものである。²⁾

2. セメントモルタルのセラミック化実験

2.1. フリットによるセメントモルタルのセラミック化

* 職業能力開発大学校建築工学科 助手・工修

** 東京都立大学工学部建築学科 教授・工博

*** 相武生コン株式会社

Research Assoc., Dept. of Architectural Engineering, Polytechnic Univ., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

Soubu Namacon Company

表1 実験計画

実験因子	水 準
A: 細骨材種類	標準砂および抗火石の2水準
B: フリット種類	屈伏点 510~665℃ の4水準
C: フリット混入量	F/C = 0, 15, 30, 45% の4水準

表2 フリット組成表

フリット 種類	屈伏点 (℃)	比重	100~ 300℃ 体膨張 係数 ($\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	酸化物質量パーセント(%)							
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	BaO	
①	510	2.54	334	33	2	29	23	1	12	—	
②	530	2.54	347	36	10	23	22	2	7	—	
③	580	2.52	267	45	3	28	11	2	11	—	
④	665	2.33	130	68	2	20	4	—	2	4	

ここではセメントモルタルのセラミック化を図るにあたって、モルタルに混入するフリットの混入量（セメントに対するフリットの重量比で F/C で表す）・フリットの種類およびモルタルの主要構成材料である細骨材の種類について、焼成前後の物性の変化との関係を検討した。

2.1.1. 実験概要

実験は表1に示すように、2種類の細骨材に対しフリットの種類を4種類、フリットの混入量を4通りとして、それぞれの組み合わせに対し試験体を作成した。なお圧縮・曲げ強度試験結果に関しては各水準の母平均の推定を行うとともに分散分析による解析を行った。

2.1.2. 使用材料

実験には普通ポルトランドセメントを用い、フリットには表2および図1に示す4種類を用いた。これらは屈伏点が比較的低い510~665℃のものである。

細骨材にはJIS R 5201(セメントの物理試験方法)に用いる豊浦産標準砂と最大粒径 2mm以下の東京都新島産の抗火石(単位容積質量:1.27kg/ℓ, 粗粒率:1.79)を使用した。この抗火石は流紋岩の一種で、火成岩であるため耐熱性にすぐれている。また多孔質なため軽量で保温性があり、同時に酸に対する抵抗が大きい。化学成分としてはSiO₂が約75%, Al₂O₃を約13%含んでおり、代表的な長石である加長石(K₂O・Al₂O₃・6SiO₂)と比較してSiO₂が10%程多く、Al₂O₃が5%ほど少ない組成を示している。^{3), 4)}

2.1.3. 試験体の作成

試験体は標準砂および抗火石ともにセメント:砂=1:2のモルタルとし、これに4種類のフリットについてそれぞれセメント重量比で 15%, 30%, 45%を外割りで混入したもの、および比較用として無混入のものの4通りとし、合計32種類となった。各調合とも図2に示すようにモルタルミキサーを用いた分割練り^{5), 6)}により計5分間練り混ぜ、フロー値125±5となるよう練り混ぜ水量を調節した。その場合の各調合の水セメント比は図3の通りである。

試験体はJIS A 6904(せっこうプラスター)に準じた寸法2×2×8cmの角柱状のものを、2時間の焼成用および4週強度試験用の2通りについて各3本を作成した。これらの試験体は成型後24時間で脱型したのち、材齢7日まで水中養生(20℃)を行い、以後材齢28日まで湿空中(20℃、

図1 フリットのふるい分け試験結果

図2 モルタルの練り混ぜ方法

図3 フリット混入量と水セメント比の関係

図4 昇温曲線

RH80%)で養生した。その後 110℃の定温乾燥器中で24時間乾燥を行い、焼成時まで乾燥剤入りのデシケータ内にて保存した。

2.1.4.試験体の焼成および試験

試験体の焼成は火災時の急激な温度上昇にも対処可能かを判断するために、常温の試験体をマッフル炉中に挿入したのち、図4に示すように2時間で900℃になるように加熱し、940℃となったのちそのまま2時間温度を維持し焼成した。焼成後は炉内で自然放冷させ、炉内温度が200℃以下になってから試験体を取り出し、各試験を行うまで前述のデシケータ内で保管した。

試験項目は養生期間中より各焼成段階を通じてノギスによる長さ測定および重量測定を行った。強度試験は2×2×8cmの試験体を焼成前後で前述のJIS A 6904に従って曲げ試験を行い、その切片を用いて前述のJIS R 5201に準じ、加圧面積を4cm²として圧縮試験を行った。

2.1.5.実験結果および考察

図5、図6に標準砂、抗火石それぞれに関して焼成前後におけるフリットの混入量と圧縮・曲げ強度の結果を示す。これよりフリットの混入量が多くなると焼成後の強度減少が小さくなり、焼結反応が進んでいることが推測される。特に混入量が45%のものは焼成前後での強度差が少なく安定していることがわかる。そこで各試験体の圧縮・曲げ試験結果に対する細骨材の種類、フリットの混入量、フリットの種類の影響について分散分析を行った。

その結果は表3に示すように圧縮・曲げ強度ともに細骨材の種類、フリットの種類およびフリットの混入量の各因子いずれに関しても危険率1%で有意差を示しており、各因子間に関しては交互作用が認められている。

特に細骨材の種類の影響は大きく、図6より細骨材として抗火石を用いたものが標準砂を用いたものを大きく上回っていることがわかる。同様にフリットの混入量も各種強度に及ぼす影響は図7に示すごとく非常に大きく、フリット混入の効果は約30%程度から顕著であることがわかる。さらにフリットの種類の影響であるが、図8に示すように圧縮および曲げ強度に及ぼす影響はかなりあり、今回の実験ではフリット③およびフリット①を用いたものが高い値を示している。これは図9に示すフリットの種類とフリットの混入量の影響からも明らかで、フ

表3 圧縮・曲げ強度の分散分析表

要 因	圧縮強度		曲げ強度		F (5%)	F (1%)
	自由度	分散比	自由度	分散比		
A(細骨材)	1	169.4**	1	621.0**	4.00	7.08
B(フリット種類)	3	15.1**	3	29.0**	2.76	4.13
C(フリット混入量)	3	350.5**	3	572.9**	2.76	4.13
A×B	3	4.6**	3	25.2**	2.76	4.13
A×C	3	28.9**	3	11.5**	2.76	4.13
B×C	9	15.8**	9	25.8**	2.04	2.72
A×B×C	9	2.4*	9	9.3**	2.04	2.72
誤差 e	62	—	62	—	—	—
計	95	—	95	—	—	—

図5 焼成前後におけるフリット混入量と強度変化の関係 (標準砂細骨材を使用した場合)

図6 焼成前後におけるフリット混入量と強度変化の関係 (抗火石細骨材を使用した場合)

図7 細骨材種類およびフリット混入量と圧縮・曲げ強度の関係

リットの混入量が30%以上になるとフリット③およびフリット④が顕著な影響を示していることが確認できた。

次に図10に細骨材の種類別の焼成前後における試験体の長さ・重量変化を示す。いずれも試験体乾燥後焼成前の値を基準としてその増減を百分率で示している。まず重量変化であるが、標準砂および抗火石ともに試験体の乾燥および焼成による重量の減少が見られる。乾燥による減少はセメントモルタル中の自由水が脱水しているためと思われる。また焼成による重量減少は試験体が焼成される際に結晶水が失われることによるものと考えられる。焼成による重量減少よりも乾燥によるほうが2%程度大きく、セメント硬化物中の自由水の多さがうかがえる。次に長さ変化であるが、標準砂の場合は膨張しているが、抗火石の場合は逆に収縮しており、焼き締まる傾向が認められる。この傾向はフリットの混入量には影響されておらず、細骨材自身の性質によるものと思われる。特に標準砂の場合は焼成後重量が減少しているにもかかわらず長さが膨張しているのは、標準砂の主成分である石英が573℃で α から β へ転移するためと考えられる。⁷⁾

以上の実験より、セメントモルタルのセラミック化(以後セラミック化モルタルと呼ぶ)に使用する細骨材として抗火石が有効であることが確認された。またフリットの種類では③および④がよく、その混入量は30%程度から顕著な効果が得られることが明かとなった。

なお砂セメント比が1.75の抗火石モルタル(水セメント比38.5%)にフリット③をF/C=30%混入し、アミノスルホン酸系の高性能AE減水剤を対セメント重量比で3%添加し成形した試験体を、940℃で2時間焼成したのち、気温20℃、相対湿度60%の湿空中で保存した試験体の焼成後の材齢91日までの経過日数と圧縮・曲げ強度変化を図11に示す。これより焼成した試験体の圧縮・曲げ強度は長期材齢においてもほぼ安定していることがわかる。

2.2. セラミック化モルタルの調合と混和材の検討

2.2.1. 実験概要

前節2.1.においてセメントモルタルにフリットを混入することによるセラミック化の可能性が確認できた。そこで本節ではセラミック化に最適となるモルタルの調合と混和材の影響を調べることを目的として、(1)セメントに対する細骨材の重量調合比(以下、砂セメント比と呼び、S/Cで表す)および(2)シリカ系混和材であるシリカフュームの添加量の検討を行い、さらには(3)シリカフュームの使用とフリットの混入量の影響についての影響を調べた。

2.2.2. 使用材料

実験に使用した材料は前節2.1.に準ずるが、細骨材は最大粒径 0.5mm以下の抗火石(単位容積質量:1.24kg/ℓ, 粗粒率:1.10)を使用し、またフリットは先の実験で比較的良好な結果を示した屈伏点が 580℃の③を使用した。

図8 細骨材種類およびフリット種類と圧縮・曲げ強度の関係

図9 フリット種類およびフリット混入量と圧縮・曲げ強度の関係

図10 焼成前後における試験体長さ および 重量変化

図11 焼成後試験体圧縮・曲げ強度経時変化

表4 試験体調査表

実験	調合比	砂セメント比 (S/C)	シリカフューム添加量	フリット混入量	水結合材比 ^[注]
(1) 砂セメント比	3段階	1.25 1.5 1.75	—	20%一定	40%一定
(2) シリカフューム	1.25一定	—	3段階 0% 5% 8.5%	10%一定	38% ^(W/C) 36% 35%一定
(3) フリット混入量	1.25一定	—	5%一定	3段階 10% 20% 30%	37%一定

[注]: 実験(2)の水結合材比は各シリカフューム添加量に対応している。

図12 試験体処理の流れ図

さらに高性能AE減水剤としてアミノスルホン酸系のものを使用し、シリカフュームは比表面積200,000cm²/g、平均粒径0.15μmの粉末状のものを使用した。

2.2.3. 試験体の作成

試験体は前項(1)～(3)の各実験項目について表4に示す調合により作成した。また減水剤添加量は各実験ともセメント重量比で4%と一定にして行った。練り混ぜは前述の図2に示すモルタルの練り混ぜ方法に準じたが、2次練りを60秒→20秒休止→300秒として計9分間の練り混ぜを行った。試験体は前節と同様に2×2×8cmの角柱状試験体を焼成温度940℃、1000℃ならびに比較用の1週強度用の3通りについて各3本ずつ作成した。これらを図12に示すごとく養生、乾燥および焼成を行った。

2.2.4. 試験体の焼成および試験

試験体の焼成も前節にはほぼ同じであるが、焼成温度を2時間で940℃または1000℃の2通りとなるように設定するとともに、各焼成時間は2時間とした。試験項目も前節に従い、試験体焼成前後での圧縮・曲げ試験を行った。

2.2.5. 砂セメント比(S/C)の影響

図13に試験体焼成後の強度変化を示す。S/C=1.5および1.75では、940℃の焼成においては試験体内の組織が壊れ、強度が低下しているが、さらに温度を上げ1000℃で焼成すると焼結し再び一週強度と同等か、それに近づく程度まで強度が回復する傾向が見られた。これに対しS/C=1.25の場合は、焼成後の強度が増加することが確認できた。これはセメントに対する砂の割合が減ったため、高性能AE減水剤の添加によりモルタルの流動性が増す結果、試験体内の空隙が減るような混練が行われ、緻密性が高まったためと思われる。以上よりセラミック化に最適な砂セメント比は1.25ということが確認された。

2.2.6. シリカフューム添加の影響

図14にシリカフュームを添加したセラミック化モルタルのシリカフューム添加量とフロー値および単位容積

図13 砂セメント比と圧縮・曲げ強度の関係

図14 シリカフューム添加量とフロー値および単位容積質量の関係

図15 シリカフューム添加量と圧縮・曲げ強度の関係

質量の関係を示す。これよりシリカフューム添加量が増えるほどその流動性が大きくなり、同時に単位容積質量も増加していることがわかる。これは抗火石の粒形が角ばっているために骨材間の摩擦が大きくなりモルタルの流動性を損なっているが、粒形が球に近いシリカフュームを添加することで流動性がよくなり、単位水量を減らし密実な試験体とすることが可能で、施工性の向上につながる。また図15に、これらを成形し焼成した後の試験体強度試験結果を示す。これよりシリカフューム添加量が多いほど、焼成後の強度の増加が見られ、焼成による試験体の爆裂等の問題も生じなかった。

以上よりシリカフュームを5～8%程度添加することにより、モルタルの流動性を向上させ、焼成後の強度増加を図ることが可能であることが確認された。

2.2.7.シリカフュームの使用とフリットの混入量の関係

図16にシリカフュームを対セメント重量比で5%添加し、フリットの混入量を変化させた試験体を、940℃または1000℃で2時間焼成したのちの試験体の圧縮・曲げ強度の結果を示す。これよりフリットの混入量が20%以上の場合は圧縮・曲げ強度ともに焼成前の一週強度とほぼ同等の値を示し、特にフリットの混入量が20%で1000℃で焼成した場合は、圧縮・曲げ強度ともに焼成前の一週強度を上回った。またフリットの混入量が30%の場合、焼成温度にかかわらず焼成前の一週強度を上回り、特に1000℃の焼成では大幅に強度が増加することが確認された。全体的に焼成温度は940℃よりも1000℃、フリットの混入量は20%よりも30%の方が高い強度を示している。これは焼成温度が1000℃の方がフリットも熔融しやすく、熔融量が多くなり、これらが試験体中の空隙を埋めて焼結が進むためではないと思われる。

以上の実験より、セラミック化モルタルに最適な割合は、砂セメント比を1.25程度のセメント量の多いものとし、同時にシリカフュームを5～8%程度添加することが効果的であった。特にフリットの混入量は20%程度以上が適当であった。さらに焼成温度も940℃よりは1000℃と高温の方が良い結果を示した。

3. 測色実験

本章ではセラミック化モルタルの表面に色釉薬を施釉し焼成することにより、意匠材としての利用の可能性を調べることにし、(1)実験に使用する色釉薬の焼成温度の検討および(2)色釉薬により施釉したセラミック化モルタルの測色を行った。

3.1. 色釉薬の焼成温度の検討

3.1.1. 実験概要

本実験は色釉薬の施釉に最適な焼成温度を調べることを目的としたもので、表5⁹⁾に示す標準フリットに発色剤を混入した6色の釉薬を用意し、これらをそれぞれ白色素焼きタイルに施釉し、5通りの焼成温度で焼成した

図16 フリット混入量と圧縮・曲げ強度の関係

表5 色釉薬調合表(重量調合比による%)

標準フリットA	標準フリットB	標準フリットC
鉛 白 81.1	炭酸ソーダ 22.8	ほう砂 68.6
珪 石 18.9	酸化鉛 40.0	石灰石 8.4
-----	珪 石 37.2	珪 石 23.2
1:鉄黄釉 □	2:マンガン紫釉 +	3:アンチモン黄釉 ◇
標準フリットA 74.6	標準フリットA 65.9	標準フリットA 74.0
標準フリットC 19.7	標準フリットC 28.3	標準フリットC 18.5
カオリン 3.2	カオリン 2.9	カオリン 2.8
酸化鉄 2.5	炭酸マンガ 2.8	酸化アンチモン 4.7
-----	酸化カル 0.1	-----
4:トルコ青釉 △	5:銅緑釉 ○	6:クロム赤釉 ▽
標準フリットB 8.6	標準フリットA 76.3	標準フリットA 47.3
標準フリットC 78.7	標準フリットB 8.6	鉛 白 47.3
カオリン 2.2	標準フリットC 10.3	カオリン 2.8
長石 5.7	カオリン 3.0	重クロム酸カリウム 2.6
炭酸銅 4.8	炭酸銅 1.8	-----

図17 焼成温度と彩度の関係

ものの彩度を調べることにより、施釉に最適な焼成温度の検討を行った。

3.1.2. 色釉薬の調合および施釉方法

色釉薬は表5に基づき計100gとなるように重量調合で行った。調合した粉末状の釉薬は蒸留水を加えて懸濁液とし、これを図18の(a)に示す、25mm角、厚さ4.65mmの白色タイルの中央に直径25mm程度の円形となるように筆で施釉した。これを110℃の定温乾燥器中で恒量となるまで乾燥させた。各釉薬ともに各焼成温度に対して4枚ずつ計120枚の施釉タイルを作成した。

3.1.3. 焼成および測色方法

焼成には前章2. セメントモルタルのセラミック化実験と同様にマッフル炉を使用した。焼成温度は800, 820, 840, 860, 880℃の5通りとし、各焼成温度毎に24枚の施釉タイルをランダムにパレットの上に載せ、常温のマッフル炉中に挿入した。その後110分間で炉内温度を各焼成温度まで上昇させ、2時間温度を維持して焼成した。焼成後は炉内で自然放冷し、炉内温度が150℃以下になったのち炉から取り出した。測色は施釉タイルが十分に冷却されたのち、携帯用分光色差計（測定径：14φmm、以後色差計と呼ぶ）を用い、各施釉タイルの中央部を三刺激値X, Y, Zおよび三属性H, V, Cにより測色し、その平均値を求めた。

3.1.4. 実験結果

図17に焼成温度による色釉薬の彩度変化を示す。全体的に焼成温度が820℃から860℃の間では彩度は上昇する傾向にあるが、焼成温度が880℃と高くなると彩度はやや低下した。なおマンガン紫釉は880℃においても良好な彩度を示した。これらの結果から、色の鮮やかさを表す彩度の値は860℃付近が最も高く、この温度が本実験で使用した色釉薬の最適施釉温度であると考えられる。

3.2. セラミック化モルタルへの施釉実験

3.2.1. 実験概要

次に前節3.1. で使用した色釉薬をセラミック化モルタルに施釉し、焼成した場合の施釉状態および焼成時間と色釉薬の生地への浸透状況について検討した。

3.2.2. 試験体の作成および施釉方法

実験に使用した試験体は最大粒径2.0mmの抗火石を用いたS/C=1.75のモルタルに、フリット③を対セメント重量比30%を混入したものとし、これにより2×2×8cmの角柱型試験体を計18本作成し、これを940℃で2時間素焼した。これに前述の色釉薬を試験体1本につき1色を割り当て、各試験体の任意の1面に対し図18の(b)に示すように3箇所を施釉厚さ0.5mmとなるように筆で施釉した。

3.2.3. 試験体の焼成および測色方法

施釉された試験体は110℃の定温乾燥器中で恒量となるまで乾燥させたのち、6色を一組としてランダムにパレットに載せ、常温のマッフル炉中に挿入した。これを

図18 試験体施釉位置

図19 試験体測色結果(色度図)

図20 焼成時間と釉薬浸透厚の関係

110分間で炉内温度を最適施釉温度の860℃まで昇温させ、焼成時間を5分、30分、60分の3通りとして温度を維持し焼成した。その後炉内で自然放冷させ、炉内温度が150℃以下に下がったところで炉から取り出した。

試験体の測色は試験体の素焼きを行う前後および色釉薬を施釉・焼成後に図18の(b)に示す3カ所の中央部を色差計により測色し、その平均値を求めた。

また色釉薬の生地モルタルへの浸透状況を調べるため、測色した試験体3カ所のそれぞれの中央部をダイヤモンドカッターにより切断し、試験体表面から色釉薬が浸透した位置までの距離および色釉薬の残留厚さをノギスにより測定し、その平均値を求めた。

3.2.4. 実験結果および考察

図19に各色釉薬を試験体に施釉し、860℃で30分間焼成した後の測色結果を示す。また前節3.1. 色釉薬の焼成温度の検討において、各色釉薬を白色素焼きタイルに施釉し、860℃で2時間焼成した色釉薬の測色結果を同時に示す。ここで図中央の×字は標準光“C”を示している。

これより色釉薬は矢印の向きが示すように、生地の違いによりその発色の程度を変化させることがわかる。さらに図上の◎印はモルタル試験体を940℃で2時間素焼きする前の色を、●印は素焼きした後の色を示し、モルタル試験体は素焼きすることにより色相Hが黄赤の方向に変色し、同時に彩度が上昇することがわかる。この◎から●への矢印の向きと、生地の違いによる色釉薬の変色の矢印の向きがほぼ同じ方向に移動していることから、色釉薬本来の色に940℃で素焼きを行った生地モルタルの黄変が影響することを裏付けている。これによりセラミック化モルタルの施釉には単に色釉薬だけでなく、生地の色が大きく影響することでさらに奥行き深い色合いを出せることが確認できた。

次に色釉薬施釉焼成後の試験体切断面の観察を行い、鉄黄釉、マンガン紫釉およびトリ青釉の焼成時間と釉薬の浸透厚さの変化を、またトリ青釉に関しては試験体表面に残った釉薬の残留厚さの変化を図20に示す。ここで焼成時間が5分の場合はある程度釉薬は熔けて流れ、焼成時間が30分および60分と長くなるほどモルタル生地に深く釉薬が浸透していることが確認された。しかし焼成時間が長くなり釉薬の浸透が進むにつれて、表面の釉薬の残留厚さが少なくなりガラス質の光沢は逆に少なくなることが確認された。

以上の実験からセラミック化モルタルは焼成により無彩色から黄赤の色相を帯び、彩度が上昇することが判明した。また色釉薬については、860℃周辺に最適施釉温度が存在することが確認された。さらに耐火石モルタルへの施釉実験では、860℃で30分程度焼成することで色釉薬が満遍なく生地に浸透し安定した施釉面となることが確認された。以上よりセラミック化モルタルの表面には色

釉薬による施釉が可能であり、基材を生かした奥行き深い着彩が可能であった。

4. まとめ

本研究ではセメントモルタルにフリットを混入することにより、焼成後の強度低下を抑制しセメントモルタルのセラミック化を図ることが可能であることが確認された。これは焼成によりセメント水和物が結晶水を失うことで強度が低下するが、溶融したフリットがこれを補い、強度を維持するためと考えられる。このセメントモルタルのセラミック化を図るために以下の知見が得られた。

1. フリットの種類は屈伏点が580℃以下のものが適切。
2. フリットの混入量が多い程焼成後の残存強度は高い。
3. 細骨材には耐火石が適切。
4. 今回使用した耐火石の場合、その調合比は砂セメント比で1.25程度と、セメント量が多い方が焼成後の残存強度が高い。
5. シリカフェームを対セメント重量比で5～8%添加することでモルタルの流動性を増し、焼成後の強度上昇を図ることができる。
6. シリカフェームを添加した場合には、フリットの混入量は対セメント重量比で20%以上が効果的である。
7. 焼成温度は1000℃程度の高温の方が残存強度が高い。
8. 今回使用した色釉薬の場合、セラミック化モルタルの施釉に最適な焼成温度は860℃かつ焼成時間は30分程度である。

なお本研究は、東京都立大学の平成3年度修士論文（日本建築学会優秀修士論文賞受賞）として研究したものを中心にまとめたものであり、これらの研究に協力頂いた卒論生の中島聡一、赤瀬竜也両君に謝意を表します。

参考文献

- 1) W. チェルニン著、徳根吉郎訳：建設技術者のためのセメント・コンクリート化学、技報堂、pp.157-161,1969.12
- 2) 大門正毅：新種セメントと化学結合セラミックス、セメント・コンクリート、No.498, pp.26-29,1988.8
- 3) 岡田清：セラミックス原料鉱物、内田老鶴園、pp.45-106,1990.12
- 4) 木下亀城、小川留太郎：岩石鉱物、保育社、pp.119,1967.1
- 5) 魚本健人：分割方式によるコンクリートの練りまぜ方法に関する基礎研究、コンクリート工学、Vol.20, No.9, pp.99-113,1982.9
- 6) 岸谷孝一、伊東靖郎、加賀秀治、山本康弘：SECコンクリート工法—基礎理論と特性、実用化、建築技術、No.380, pp.87-104,1983.4
- 7) 日本セラミックス協会：セラミック材料、日本セラミックス協会、pp.68-72,1993.3
- 8) 桑本洋一：セラミックス手帳、技報堂、pp.470,1972.1
- 9) 三田紀行、大沢清八、浦部和順、山本康弘、島田良一：セラミック化コンクリートに関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.461-462,1991.9
- 10) 三田紀行、中島聡一、大沢清八、山本康弘、島田良一：セラミック化コンクリートに関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.251-252,1992.8
- 11) 三田紀行、赤瀬竜也、大沢清八、山本康弘：セラミック化コンクリートに関する基礎的研究(その1. 混和材および焼成温度の検討)、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.349-350,1993.9
- 12) 赤瀬竜也、三田紀行、大沢清八、山本康弘：セラミック化コンクリートに関する基礎的研究(その2. フリット種類と混入量の検討)、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.351-352,1993.9

(1994年9月8日原稿受理、1995年2月8日採用決定)