

論文 歴史的な組積造建造物のモルタルの色彩と力学特性に関する基礎的研究

青木孝義*¹・伊藤憲雄*²・角舎輝典*³・宮村篤典*⁴

要旨: 近年, 歴史的建造物をユネスコの世界遺産委員会で世界遺産条約の「世界遺産」に指定して保存しようという気運が高まってきている。本研究は, このような歴史的な組積造建造物の保存を目標に, 使用されている消石灰モルタルの調合を色彩と水分量の変化として捉え, それが力学特性とどのような関連性を示しているかをあきらかにすることにより, 色彩と水分量からモルタルの調合推定, 及びその力学特性推定の可能性を検討している。材齢 4 週から 13 週におけるモルタルの色彩に及ぼす水分量と調合の影響をあきらかにし, 調合の推定式と重要な力学特性である圧縮強度の推定式を提案している。

キーワード: 組積造, 消石灰, モルタル, 調合, 色彩, 力学特性

1. はじめに

歴史的な組積造建造物の多くは, その崩壊に関する構造的安定性が進行中の亀裂により脅かされ, 保存や補強の面からその解明が切望されている。そのためには使用材料の基本的な力学特性を把握する必要があるが, 歴史的価値の高い建造物ほど実際に材料のサンプルを採取して実験を行うことが厳しく禁止されているという問題を抱えている。

このため本研究では消石灰モルタルの調合を色彩と水分量の変化として捉え, それが力学特性とどのような関連性を示しているかをあきらかにすることにより, 色彩と水分量から実際のサンプルを採取して実験を行うことが厳しく禁止されているという問題を抱えている歴史的建造物のモルタルの調合推定, 及びその力学特性推定の可能性を検討することを目的としている。

2. 水分量測定, 測色の概要と色彩値

2.1 水分量測定の概要

消石灰モルタルの水分量の測定は高周波容量式水分計 (モルタルの水分量を高周波容量[pF

:ピコファラッド])の変化として評価)で, 自動温度補整を用いて実施した。

2.2 測色の概要

消石灰モルタルの測色は分光測色計を用いて実施した。照明, 受光方式はd / 8 (拡散照明・8° 方向受光, 正反射光成分除去・SCE)でJIS Z 8722の条件Cに準拠, 測色光源はパルスキセノンランプ, 測色条件は光源D₆₅, 分光角度2° 視野1回瞬時発光, 測定項目は色彩値(L*a*b*値)である。

2.3 L*a*b*表色系

L*a*b*表色系は1976年に国際照明委員会CIEで規格化され, 日本ではL*a*b*表色系及びL*u*v*表色系による物体色の表示方法 JIS Z 8729において採用され, 明度(明るさの度合い)をL*, 色相(色あい)と彩度(あざやかさの度合い)をC* : (C*)² = (a*)² + (b*)²を示す色度をa*, b*で表す¹⁾。a*, b*は色の方向を示しており, a*は赤, -a*は緑, b*は黄, -b*は青方向をそれぞれ示し, 数値(絶対値)が大きくなるに従って色あざやかになり, 小さくなるに従ってくすんだ色になる。

*1 名古屋市立大学助教授 芸術工学部生活環境デザイン学科 工博 (正会員)

*2 宮城工業高等専門学校助教授 建築学科 (正会員)

*3 岐阜工業高等専門学校助教授 建築学科 工博

*4 名古屋市立大学教授 芸術工学部生活環境デザイン学科 工博

3. 実験の概要

3. 1 モルタルの構成材料

消石灰 (L) は岐阜県大垣産の市販品、細骨材 (S, 山砂, 粗粒率2.79, 吸水率1.29%) は愛知県豊田産、レンガ破砕粒 (以下, レンガという) は市販品, 練り混ぜ水は水道水を使用した。JASS5²⁾に規定された普通コンクリート用骨材の標準粒度範囲で, 粒度の粗い下限値と同値としたレンガをC (粗粒率3.43, 吸水率9.88%), 粒度の細かい上限値と同値としたレンガをF (粗粒率2.00, 吸水率4.91%), また粒度の細かい上限値を平行移動して粒径0.6mm未満としたレンガをP (粗粒率: 0.85) とした。

表-1 にモルタルの構成材料の比重, 水分量と色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) を, 図-1 (a) に色度図 (色相と彩度) を, 図-1 (b) に色調図 (明度と彩度) を示す。消石灰, 細骨材, レンガの順に明度は小さくなり, 細骨材は黄, レンガは黄赤で粒径が小さくなるに従って彩度が大きくなるのがわかる。また, 水分量が多くなるに従って色あざやかになり, 明度が小さくなるのがわかる。

3. 2 モルタルの割合

資料から推定された消石灰と細骨材の容積比1:2.0を中心とする割合計画を作成した。すなわち, 試験体としては,

- 1) 消石灰のみのもの (L),
- 2) 消石灰と細骨材, JASS5²⁾に規定された普通コンクリート用骨材の標準粒度範囲で粒度の粗い下限値と同値としたレンガC (粗粒率3.43) の容積比を変化させたもの (C),
- 3) 上記2)でレンガを粒度の細かい上限値と同値としたレンガF (粗粒率2.00) とし, その容積比を変化させたもの (F),
- 4) 上記3)でレンガを粒度の細かい上限値を平行移動して粒径0.6mm未満としたレンガP (粗粒率0.85) とし, その容積比を変化させたもの (P)

の質量, 水分量, 色彩, 圧縮強度と動弾性係数

に及ぼす影響をみるためのもの, 計10種類を製作した (表-2)。

表-1 モルタルの構成材料の比重, 水分量と色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系)

材料	測色点数	水分 (pF)	$L^*a^*b^*$ 表色系				比重
			L*	a*	b*	C*	
L-K	10	130	96.79	-0.39	2.52	2.55	2.34
S-H	30	767	50.12	2.54	17.92	18.10	2.55
S	20	688	50.88	2.56	18.29	18.47	
S	20	464	53.47	2.53	19.10	19.26	
S	20	271	54.77	2.62	19.64	19.82	
S-K	20	186	62.41	1.64	13.77	13.87	
S-Z	20	178	63.25	1.92	13.63	13.76	2.52
C-H	30	507	29.50	20.32	21.21	29.38	2.35
C	20	428	29.64	20.77	21.94	30.22	
C	20	264	33.36	21.49	23.10	31.55	
C	20	266	32.32	21.18	22.87	31.17	
C-K	30	103	39.48	18.89	20.48	27.86	
C-Z	30	102	39.64	19.22	20.89	28.39	2.12
F-H	30	849	30.05	20.86	21.88	30.23	2.51
F	20	621	30.06	21.02	22.19	30.56	
F	20	431	30.90	21.71	23.17	31.75	
F	20	326	32.63	22.33	24.09	32.85	
F-K	30	169	42.40	20.80	22.78	30.85	
F-Z	30	152	41.87	20.74	22.64	30.71	2.39
P-H	30	743	31.56	22.33	23.64	32.52	
P	20	537	32.39	22.84	24.37	33.40	
P	20	428	33.67	23.50	25.39	34.60	
P	20	311	34.51	23.82	25.86	35.16	
P-K	30	200	43.04	22.16	24.22	32.83	2.63
P-Z	30	200	44.15	22.46	24.56	33.28	

Lは消石灰, Sは細骨材, Cは粗粒率3.43, Fは2.00, Pは0.85のレンガを, -Hは表乾, -Kは気乾, -Zは絶乾状態を, 水分は高周波容量をそれぞれ示す。

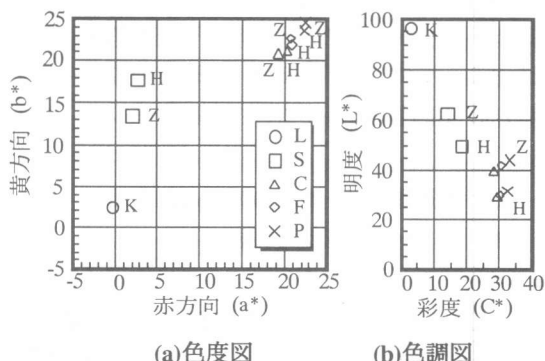


図-1 構成材料の色度図と色調図

Lは消石灰, Sは細骨材, Cは粗粒率3.43, Fは2.00, Pは0.85のレンガを, Hは表乾, Kは気乾, Zは絶乾状態をそれぞれ示す。

表-2 モルタルの調合表 (1リットルあたり)

試験体	消石灰 (g/L)	砂 (g/L)	レンガ (g/L)	水 (cc/L)	フロー 値 (mm)	水/消 石灰比 (%)	消石灰 の割合 (%)	容積比 消石灰: 細骨材	容積比 細骨材: レンガ	レンガ 粒径 (mm)	レンガ 粗粒率
L1	845.4	0.0	0.0	634.0	154	75.0	100.0	1:0.00	1:0.00	—	0.00
C1	618.9	506.4	141.7	464.2	135	75.0	48.8	1:1.00	1:3.00	<10	3.43
C2	465.4	761.6	213.1	395.6	145	85.0	32.3	1:2.00	1:3.00	<10	3.43
C3	380.0	932.7	261.0	342.0	138	90.0	24.1	1:3.00	1:3.00	<10	3.43
F1	618.9	506.4	160.1	464.2	143	75.0	48.2	1:1.00	1:3.00	<2.5	2.00
F2	465.4	761.6	240.8	395.6	155	85.0	31.7	1:2.00	1:3.00	<2.5	2.00
F3	380.0	932.7	294.9	342.0	133	90.0	23.6	1:3.00	1:3.00	<2.5	2.00
P1	618.9	506.4	176.4	464.2	158	75.0	47.5	1:1.00	1:3.00	<0.6	0.85
P2	465.4	761.6	265.2	395.6	155	85.0	31.2	1:2.00	1:3.00	<0.6	0.85
P3	380.0	932.7	324.8	342.0	135	90.0	23.2	1:3.00	1:3.00	<0.6	0.85

Lは消石灰のみ, CはJASS²⁾に規定された普通コンクリート用骨材の標準粒度範囲で下限値のレンガ, Fは上限値のレンガ, Pは上限値を平行移動し粒径0.6mm未満としたレンガを用いた試験体をそれぞれ示す。

実験には細骨材とレンガ粒径0.6mm以上は絶乾状態, 消石灰とレンガ粒径0.6mm未満は気乾状態のものを用いた。

3. 3 試験体とその養生

消石灰モルタルの試験体寸法は4cm×4cm×8cmとした。消石灰は気硬性(空气中の二酸化炭素と消石灰に含まれる水酸化カルシウムが化学反応を起こして炭酸カルシウムが生成され固まる $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$)であるため, 試験体はセメントの物理試験方法JIS R 5201に従って4cm×4cm×16cmで作製し, 3日で脱型して気中養生した後, 材齢14日でダイヤモンドカッターを用いて2分割した。分割後, 気中養生して実験にあてた。なお, 試験体数は各試験項目に対して3本とした。

3. 4 測定項目と実験方法

実験では, 調合計画に基づき作製したモルタルの質量と比重, 水分量と色彩, 圧縮強度と動弾性係数の変化を測定した。それぞれの測定項目について4週, 13週の材齢で試験を行った。

モルタルの水分量測定点は各試験体側面, 測色測定点数は各試験体側面5点, 打設面5点, 切断面5点の計15点である。

圧縮強度試験はJIS A 1108に, 動弾性係数試験はJIS A 1127に従って実施した。消石灰の比重試験はJIS R 5201に定める密度試験に準じて実施した。ただし, 消石灰は気硬性で水と化学

反応をおこさないため, ここでは鉱油の代わりに水を用いた。レンガ粒の比重試験および吸水率試験はJIS A 1109に従って実施した。

4. 実験結果とその考察

4. 1 質量, 比重, 水分量と力学特性

表-3に各試験体の材齢4週と13週における質量と比重, 水分量, 圧縮強度と動弾性係数の実験結果を示す。これより, すべての試験体で材齢とともに空气中の二酸化炭素と消石灰が反応して比重が大きくなり, その傾向は各試験体でほぼ同じであることがわかる。また, 消石灰の割合が大きい程, 材齢とともに水分量(高周波容量)の小さくなる割合が大きいことがわかる。

図-2と図-3に材齢と圧縮強度, 動弾性係数の関係を示す。これより, すべての試験体で材齢とともに圧縮強度と動弾性係数が大きくなり, その傾向は各試験体でほぼ同じであることがわかる。

図-4と図-5に消石灰と細骨材の容積比, 粗粒率と動弾性係数の関係を示す。図中, -4と-13はそれぞれ材齢4週と13週を示す。これより, いずれの容積比の試験体においてもレンガの粗粒率が小さい試験体(P)はその他の試験体より動弾性係数が大きくなっているが, これは微細分のレンガが骨材粒子間の空隙を埋め密実に

表-3 モルタルの質量, 比重, 水分量, 圧縮強度と動弾性係数実験結果

試験体	質量 (g)		比重		水分量 (pF)		圧縮強度 (N/mm ²)		動弾性係数 (x10 ³ N/mm ²)		容積比 消石灰 : 細骨材	レンガ 粒径 (mm)	レンガ 粗粒率
	4週	13週	4週	13週	4週	13週	4週	13週	4週	13週			
L1	115.0	117.2	0.94	0.95	170	128	0.99	1.89	1.31	1.79	1:0.00	—	0.00
C1	172.7	177.5	1.38	1.42	163	141	1.17	2.06	2.54	3.48	1:1.00	<10	3.43
C2	197.8	201.3	1.57	1.60	160	150	0.75	1.76	2.78	3.93	1:2.00	<10	3.43
C3	216.3	219.6	1.71	1.74	164	161	0.78	1.51	3.41	4.60	1:3.00	<10	3.43
F1	173.9	176.9	1.39	1.41	169	148	0.71	2.08	2.31	3.30	1:1.00	<2.5	2.00
F2	197.5	201.4	1.57	1.60	158	154	1.00	1.90	3.08	4.22	1:2.00	<2.5	2.00
F3	218.1	221.6	1.72	1.75	158	159	0.95	1.78	3.67	4.93	1:3.00	<2.5	2.00
P1	175.4	180.1	1.40	1.43	158	149	1.13	2.20	2.44	3.45	1:1.00	<0.6	0.85
P2	198.0	202.3	1.57	1.61	156	156	1.16	2.28	3.31	4.68	1:2.00	<0.6	0.85
P3	219.8	223.5	1.74	1.77	168	169	1.20	2.15	4.45	5.92	1:3.00	<0.6	0.85

Lは消石灰のみ, CはJASS5²⁾に規定された普通コンクリート用骨材の標準粒度範囲で下限値のレンガ, Fは上限値のレンガ, Pは上限値を平行移動し粒径0.6mm未満としたレンガを用いた試験体をそれぞれ示す。

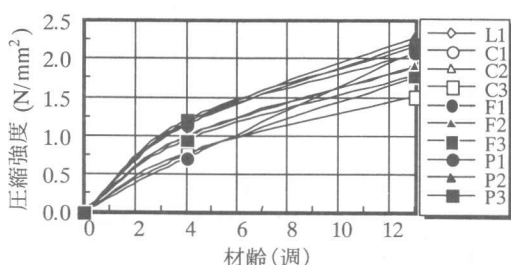


図-2 圧縮強度の変化

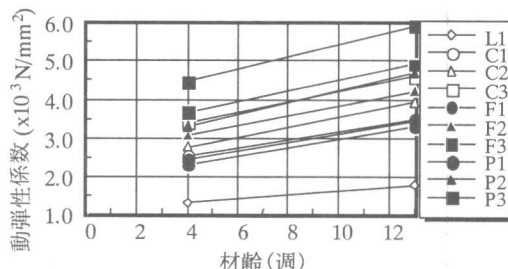


図-3 動弾性係数の変化

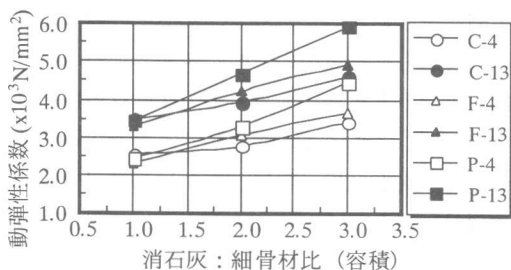


図-4 容積比と動弾性係数の関係

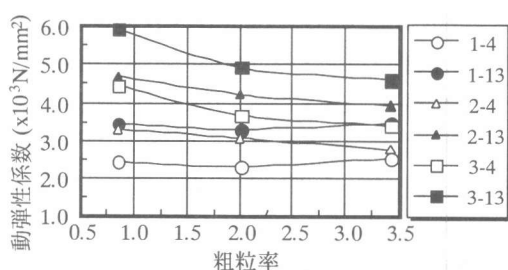


図-5 粗粒率と動弾性係数の関係

なっているためである。また、いずれの試験体でも消石灰に対する細骨材とレンガの混入量が多くなればなる程、動弾性係数が大きくなることわかる。その傾向は質量, 比重, 圧縮強度についてもほぼ同じであることがわかる。

4.2 色彩と調合

表-4に各試験体の材齢4週と13週における水分量と色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系)の測定結果を示す。これより、いずれの試験体においても材齢にともない彩度 c^* の数値が大きくなること、

すなわち黄赤が色あざやかになり、明度 L^* の値が小さくなることわかる。いずれの容積比の試験体においてもレンガの粗粒率が小さい試験体 (P) はその他の試験体より、また消石灰に対する細骨材とレンガの混入量が多くなればなる程、色あざやかになり明度が小さくなることわかる。

表-5に切断面の色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系)に及ぼす調合の関係をそれぞれ示す。これより、本実験条件の範囲では消石灰の量が多くなれば

表-4 モルタルの水分量と色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) 測定結果

試験体	材齢 (週)	水分 (pF)	$L^*a^*b^*$ 表色系												消石灰 : 細骨材	レンガ 粗粒率
			側面				打設面				切断面					
			L^*	a^*	b^*	C^*	L^*	a^*	b^*	C^*	L^*	a^*	b^*	C^*		
L1	4	170	97.03	-0.51	2.51	2.56	96.92	-0.51	2.60	2.65	96.98	-0.40	1.73	1.77	1:0.00	0.00
C1	4	163	92.38	1.40	2.93	3.24	92.30	1.40	2.98	3.29	76.66	4.45	7.88	9.05	1:1.00	3.43
C2	4	160	89.37	2.31	3.52	4.21	89.84	2.28	3.43	4.12	71.01	4.81	7.80	9.16	1:2.00	3.43
C3	4	164	86.41	2.63	4.11	4.89	87.24	2.55	3.79	4.57	68.71	4.63	8.52	9.69	1:3.00	3.43
F1	4	169	89.72	2.66	3.34	4.27	90.54	2.54	3.10	4.01	75.94	5.15	7.11	8.78	1:1.00	2.00
F2	4	158	86.28	3.72	3.88	5.38	87.02	3.58	3.63	5.10	70.82	5.67	7.97	9.77	1:2.00	2.00
F3	4	158	83.23	4.35	4.39	6.18	83.80	4.36	4.28	6.11	68.18	6.16	8.27	10.31	1:3.00	2.00
P1	4	158	86.16	4.48	4.28	6.20	86.46	4.43	4.20	6.10	74.29	6.87	7.73	10.34	1:1.00	0.85
P2	4	156	82.67	5.87	5.23	7.86	82.65	5.83	5.04	7.71	68.97	7.00	8.64	11.12	1:2.00	0.85
P3	4	168	79.23	6.51	5.84	8.74	79.36	6.53	5.61	8.61	67.17	7.36	9.14	11.73	1:3.00	0.85
L1	13	128	96.97	-0.49	3.16	3.20	96.58	-0.48	2.96	3.00	96.65	-0.41	2.29	2.32	1:0.00	0.00
C1	13	141	92.52	1.41	3.65	3.92	92.03	1.25	2.73	3.00	77.12	4.47	8.07	9.23	1:1.00	3.43
C2	13	150	88.98	2.57	4.42	5.11	90.49	1.69	2.83	3.30	71.78	4.81	8.10	9.42	1:2.00	3.43
C3	13	161	86.55	2.96	4.76	5.61	87.70	1.95	3.19	3.75	69.37	4.85	8.67	9.94	1:3.00	3.43
F1	13	148	90.00	2.82	4.07	4.95	90.62	2.03	2.71	3.38	76.41	5.33	7.48	9.19	1:1.00	2.00
F2	13	154	85.73	4.29	4.88	6.50	88.29	2.65	2.99	4.00	71.37	5.72	8.17	9.97	1:2.00	2.00
F3	13	159	82.57	4.97	5.59	7.48	85.01	3.42	3.68	5.03	68.58	6.27	8.59	10.64	1:3.00	2.00
P1	13	149	85.23	5.01	5.35	7.33	87.79	3.52	3.49	4.96	74.77	6.76	7.79	10.32	1:1.00	0.85
P2	13	156	80.47	6.93	6.82	9.73	85.55	4.36	3.93	5.87	69.85	7.14	8.90	11.42	1:2.00	0.85
P3	13	169	77.06	7.41	7.26	10.37	82.50	5.23	4.73	7.05	67.04	7.29	9.39	11.89	1:3.00	0.85

Lは消石灰のみ, CはJASS5²⁾に規定された普通コンクリート用骨材の標準粒度範囲で下限値のレンガ, Fは上限値のレンガ, Pは上限値を平行移動し粒径0.6mm未満としたレンガを用いた試験体をそれぞれ示す。

表-5 色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) に及ぼす
調合の関係

相関 係数	消石灰	細骨材	レンガ	粗粒率	重相関 係数
L^*	0.9346	-0.9626	-0.9587	-0.4084	0.9986
a^*	-0.7349	0.7803	0.8581	0.0994	0.9963
b^*	-0.8592	0.9010	0.8995	0.4438	0.9905

表-6 消石灰量, 細骨材量, レンガ量,
粗粒率, 材齢に及ぼす水分量と色彩値
($L^*a^*b^*$ 表色系) の関係

相関 係数	L^*	a^*	b^*	水分量	重相関 係数
消石灰	0.9346	-0.7349	-0.8592	—	0.9768
細骨材	-0.9626	0.7803	0.9010	—	0.9879
レンガ	-0.9587	0.8581	0.8995	—	0.9702
粗粒率	-0.4084	0.0994	0.4438	—	0.8888
材齢	0.0256	0.0129	0.0688	-0.5520	0.6222

なる程, 明度 L^* の値が大きくなり赤 (a^*) と黄 (b^*) の値が小さくなることわかる。逆に細骨材とレンガの混入量が多くなればなる程, a^* と b^* の値が大きくなり明度 L^* の値が小さく

なることわかる。いずれも重相関係数は 0.99 以上で, モルタルの色彩値に及ぼす調合の相関関係は非常に強いことわかる。

表-6 に消石灰モルタルの構成材料に及ぼす切断面の色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) の関係をそれぞれ示す。これより, 本実験条件の範囲では明度 L^* の値が大きくなればなる程, 消石灰の量が多くなり細骨材とレンガの量が少なくなることがわかる。逆に赤 (a^*) と黄 (b^*) の値が大きくなればなる程, 消石灰の量が少なくなり細骨材とレンガの量が多くなることがわかる。いずれも重相関係数は 0.97 以上で, モルタルの構成材料とその量に及ぼす色彩値の相関関係は非常に強く, 色彩値を測定することによって構成材料とその量を予測することが可能であることを示唆している。

4. 3 調合の推定式

材齢4週から13週の本実験条件の範囲における消石灰モルタルの調合と材齢の推定式を重回

帰分析により求めた結果、次式が得られた。

$$L = 44.3L^* + 41.6a^* + 57.8b^* - 3264 \quad (1)$$

$$S = -72.4L^* - 67.6a^* - 67.4b^* + 7081 \quad (2)$$

$$B = -21.3L^* + 5.57a^* - 40.5b^* + 2126 \quad (3)$$

$$F = 0.00574L^* - 1.08a^* + 1.36b^* - 3.31 \quad (4)$$

$$D = 0.408L^* - 0.250a^* + 2.43b^* - 0.243W - 0.896 \quad (5)$$

ここに、 L : 消石灰量 (g)

S : 細骨材量 (g)

B : レンガ量 (g)

F : 粗粒率

D : 材齢 (週)

W : 水分量 (高周波容量, pF)

$L^*a^*b^*$: 色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系)

消石灰モルタルの水分量と切断面の色彩値 $L^*a^*b^*$ がわかれば、式(1)~(5)よりその構成材料の調合と材齢を推定することができる。なお、推定式(1)~(5)の寄与率はそれぞれ95.4%, 97.6%, 94.1%, 79.0%, 38.7%である。

4. 4 圧縮強度の推定式

材齢4週から13週の本実験条件の範囲における消石灰モルタルの圧縮強度の推定式を重回帰分析により求めた結果、次式が得られた。

$$\sigma_c = -0.00176L - 0.00607S - 0.0150B + 0.241F + 0.109D + 2.443 \quad (6)$$

$$\sigma_c = 0.0625L^* + 0.152a^* + 0.119b^* + 0.101D - 5.712 \quad (7)$$

ここに、 σ_c : 圧縮強度 (N/mm^2)

調合と材齢による圧縮強度の推定式(6)、あるいは切断面の色彩値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) と材齢による圧縮強度の推定式(7)の各要因に数値を代入することによって圧縮強度の推定が可能となる。式(6)から消石灰とレンガの量が多くなれば、式(7)から黄赤が強く色あざやか(彩度 C^* の値が大)になれば圧縮強度が高くなることがわかる。なお、推定式の寄与率はそれぞれ95.8%, 94.7%である。消石灰モルタルの圧縮強度が推定できれば、さらに引張強度と弾性係数の推定が可能となる³⁾。

5. まとめ

本研究で得られた結果を列記すると以下のようになる。

- 1) 消石灰の割合が大きい程、材齢とともに水分量(高周波容量)の小さくなる割合が大きかった。
- 2) レンガの粗粒率が小さい程、また消石灰に対する細骨材とレンガの混入量が多くなればなる程、質量、比重、圧縮強度、動弾性係数が大きくなることがわかった。
- 3) 材齢4週から13週における消石灰モルタルの色彩に及ぼす水分量と調合の影響をあきらかにし、調合の推定式と重要な力学特性である圧縮強度の推定式を提案した。

本研究は、歴史的な組積造建造物の保存を目標に、消石灰モルタルの調合を色彩と水分量の変化として捉え、それが力学特性とどのような関連性を示しているかをあきらかにすることにより、色彩と水分量から実際のサンプルを採取して実験を行うことが厳しく禁止されているという問題を抱えている歴史的建造物のモルタルの調合推定、及びその力学特性推定の可能性を示した。今後は、長期材齢において調合推定と力学特性推定の可能性を検討するとともに、色彩と水分量の非破壊検査法としての可能性を検討したい。

謝辞

本研究を実施するにあたり、名古屋市立大学教授の廣川美子博士にはモルタルの測色に関して御助言をいただきました。心から感謝致します。また、実験にご協力をいただきました名古屋市立大学嘱託員の浅井慎一氏、押谷利隆氏、大場弘也氏、植木稔氏に感謝の意を表します。なお、実験には名古屋市立大学芸術工学部構造実験室を用いたことをここに付記する。名古屋市当局に感謝致します。

参考文献

- 1) 日本色彩学会 : 色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 1994.12
- 2) 日本建築学会 : 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5鉄筋コンクリート工事, 日本建築学会, 1993.5
- 3) 青木孝義, 伊藤憲雄, 角舎輝典, 宮村篤典 : 歴史的な組積造建造物のモルタルの力学特性に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集, 第10巻1号, pp.41-50, 1999.1