ISSN 2186-5647

4-21

歴史的れんが造建物の強度に関する影響

日大生産工(院)　○荒木　優也　　日大生産工　湯浅　昇
日大生産工　　永井　香織　　日大生産工　松井　勇

１．はじめに

日本における近代の歴史的建造物にはれんが造建物が多くあるが、多くが建てられ 100 年近く経過しているため、劣化が進行している。これら歴史的建築物は、単に古いだけでなく、文化的価値・産業遺産的価値が高く、地域のシンボルとなっている場合もある。そのため維持・保全が求められている。

明治、大正期に使用された目地には少なからず消石灰が用いられているが、消石灰は、現在使用されているセメントモルタルとは硬化方法が異なり硬化速度や補修方法が確立されていないのが現状である。歴史的建築物のれんが目地の補修を行うには、当時使用されている材料の物理的性質を把握し、同程度の調合、強度の目地モルタルを使用することが望ましい。しかし、当時の調合を再現し強度試験を行うには、非常に長期間の養生が必要と予測される。そこで、本研究では、炭酸促進試験器を用いて早期に石灰を炭酸化させ、石灰を含む目地モルタルの持つ強度特性を把握することを目的に炭酸化促進試験を行なっている。本報告では炭酸化促進試験と空気中養生の強度に及ぼす影響について述べている。

２　試験概要

２．１試験方法

試験体は、各種調合の目地モルタル試験体をモールドに打設後、モールド中にて7日間養生したのち脱型し、炭酸化促進試験、空気中養生に移行した。

炭酸化の確認ついては各試験体材齢の圧縮試験、割裂引張試験により確認した。

２．２試験体形状

試験体の形状については　JIS A 1132(コンクリート強度試験用供試体の作り方)に準拠し、φ50×100㎜円柱供試体を用いた。

２．３目地モルタルの調合

目地モルタルの調合を表 1 に示す。文献[1)]から実際に用いられた調合と、これらを基準にオリジナルの調合を加えたものとした。

２．４養生条件

予備実験結果、石灰モルタル試験体は封緘状態では 7 日間は脱型できる硬度に達しなかったため、打ち込み後モールド上部を開放し 7 日間 20℃、R.H.60%にて養生したのち脱型の後、炭酸化促進条件下、空気中養生それぞれ試験条件へ移動し静置した。なお、セメントモルタルは封緘状態で 7 日間養生とした。

(1)空気中養生(20℃、R.H.60%)

セメント系(C 系)の試験体は封緘状態のまま試験条件下に静置した。

(2)炭酸化促進養生

石灰系(CL系、L系)の試験体は脱型後、全面開放し試験条件下に静置した

表 1 目地モルタルの調合

目地の種類	No.	質量比				質量(g)				W/C	W/L	W/B	S/L	S/C	フロー	備考
		C	L	S	W	C	L	S	W							
石灰	L1	0	1	1	0.75	0	15000	15000	11250	-	0.75	0.75	1.0	-	181	CL3を基準に作製
	L2	0	1	1.5	0.819	0	13000	20000	10650	-	0.82	0.82	1.5	-	175	CL3を基準に作製
	L3	0	1	2	0.9	0	10000	20000	9000	-	0.90	0.90	2.0	-	183	煉瓦要説1902年(明治35年)
セメント＋石灰	CL1	1	2	5	1.5	2500	5000	12500	3750	1.50	0.75	0.50	2.5	5.0	171	建築工事仕様便覧1905年(明治38年)れんが積み用
	CL2	1	1	3	1.25	6125	6125	18375	7780	1.27	1.27	0.64	3.0	3.0	181	大建築学　下巻1908年(明治41年)迫持ち用
	CL3	1	3	4	2.6	3500	10500	14000	9850	2.81	0.94	0.70	1.3	4.0	175	CL1とCL2の中間
セメント	C1	1	0	3	0.74	4730	0	14200	3470	0.73	-	0.73	-	3.0	180	石材用1923年(大正12年)
	C2	2	0	1	0.31	10000	0	5000	3100	0.31	-	0.31	-	0.5	184	化粧用1908年(明治41年)
	C3	1	0	1	0.39	10000	0	10000	3900	0.39	-	0.39	-	1.0	181	化粧目地用1903年(明治38年)
	C4	1	0	1.13	0.39	10000	0	11300	3950	0.40	-	0.40	-	1.1	185	JASS5(メーソンリー工事)目地モルタル壁用

Study on the Strength of the Historic Brick Building

Yuya ARAKI, Noboru YUASA, Kaori NAGAI, Isamu Matsui

２．５試験条件

表2.に試験条件を示す。

(1)空気中養生条件下

建物に使用されていることを想定し外気に触れる場所に静置した。また、この際雨にかからない条件とした。

(2)炭酸促進養生

促進条件は JIS A 1153(コンクリートの促進中性化試験)に準じ、20±2℃、R.H60±5%、炭酸ガス濃度 5±0.2%で行った。

表2.試験条件

試験体種類	養生条件				
	打設後7日間		打設後7日以降		
石灰モルタル	モールド上部開放	20℃, RH.60%	全面開放	空気中養生	外気
				炭酸促進養生	20±2℃,RH.60±5%,炭酸ガス濃度5±0.2%
セメントしっくいモルタル				空気中養生	外気
				炭酸促進養生	20±2℃,RH.60±5%,炭酸ガス濃度5±0.2%
セメントモルタル	封緘養生			空気中養生	外気

２．６炭酸化確認方法

(1)圧縮試験

JIS A 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)に準拠し行った。

(2)割裂引張試験

JIS A 1113(コンクリートの割裂引張強度試験方法)に準拠し行った。

３．結果および考察

３．１．１材齢と強度の関係

(1)石灰モルタル

図１に石灰モルタルの材齢と圧縮強さ、および引張強さの関係を示す。また、点線に空気中養生条件、実線で炭酸化促進条件の結果を示す。
炭酸促進試験の試験体はいずれも、材齢35日から63日にかけて圧縮、引張強さの値がほぼ一定となった。今後も継続して強度試験を行うが、この結

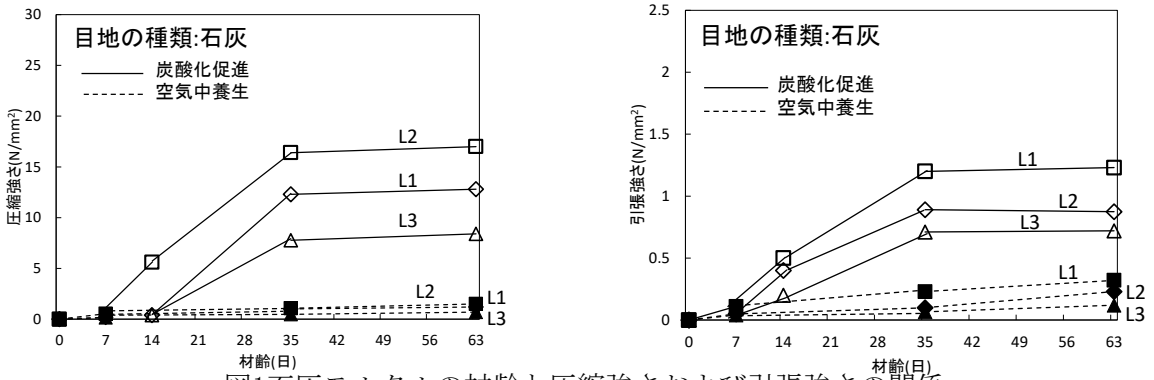

図1石灰モルタルの材齢と圧縮強さおよび引張強さの関係

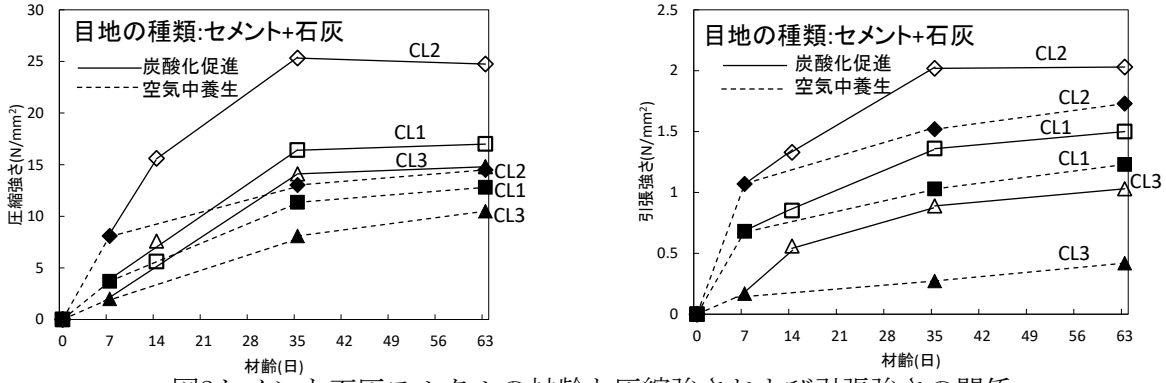

図2セメント石灰モルタルの材齢と圧縮強さおよび引張強さの関係

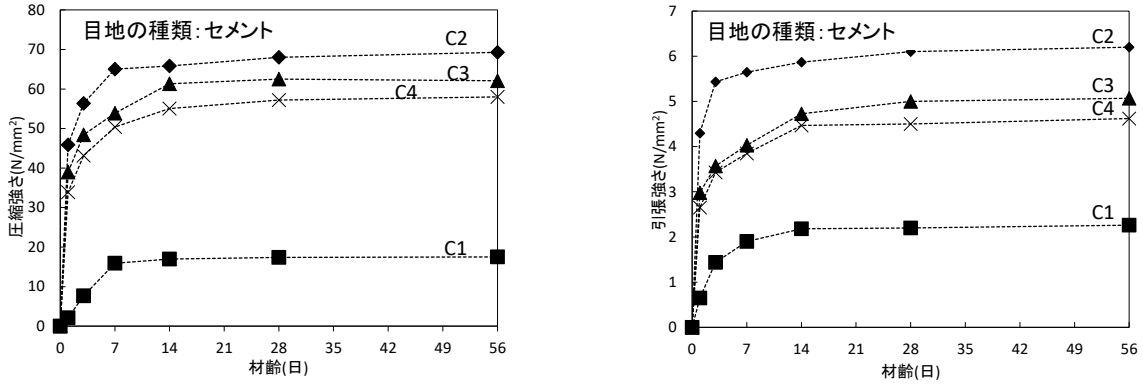

図3セメントモルタルの材齢と圧縮強さおよび引張強さの関係

果から材齢 14 日から 35 日にかけて炭酸化がほぼ完了したと考えられる。

圧縮、引張強さいずれも調合された砂の量に比例し強度が小さくなる傾向を示した。

(2)セメント石灰モルタル

図2にセメント石灰モルタルの材齢と圧縮強さ、および引張強さの関係を示す。石灰モルタル試験体と同様に材齢35日を境に一定となった。

石灰モルタル試験体と比較し炭酸促進試験と空気中養生の強度の差が小さいが、これはセメントの硬化が石灰に比べ早いためだと考えられる。

(3)セメントモルタル

図3にセメントモルタルの材齢と圧縮強さ、および引張強さの関係を示す。水セメント比に比例し強度が大きくなっている。また、C2、C3、C4の試験体に石灰が調合されたいずれの試験体よりも圧縮、引張強さで大きな値となった。

(4)各種れんがとの圧縮強さの比較

表2.に各種れんがの圧縮強さを示す。れんが造目地の強度は母材と同等以上が望ましいとされるが、今回行った目地モルタルは使用された年代のれんがともほぼ同等、もしくは同等以上の圧縮強さを示した。

３．１．２炭酸促進と空気中養生の違い

(1)石灰モルタル

図4に石灰モルタルの材齢63日の炭酸促進養生と空気中養生の圧縮強さの関係を示す。炭酸促進条件と空気中養生を材齢63日で比較すると、圧縮強さが、L1が11.5倍、L2が14.2倍、L3が12倍となった。

(2)セメント石灰モルタル

図5にセメント石灰モルタルの材齢63日の炭酸促進養生と空気中養生の圧縮強さの関係を示す。

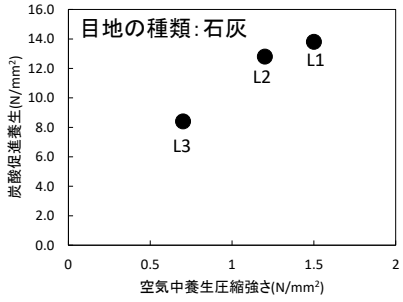

図4炭酸化養生と空気中養生の圧縮強さの関係

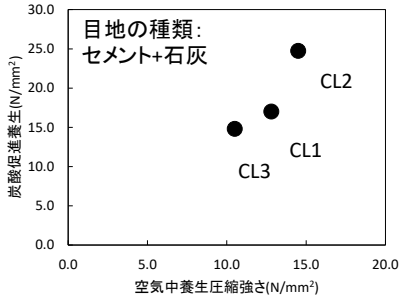

図5炭酸促進養生と空気中養生の圧縮強さの関係

炭酸促進条件と空気中養生を材齢63日で比較すると、圧縮強さが、CL1が1.32倍、CL2が1.70倍、CL3が1.41倍となった。

３．１．３圧縮強さと引張強さの関係

(1)石灰モルタル

図6に石灰モルタルの炭酸促進養生63日における圧縮強さと引張強さの関係を示す。圧縮強さに対する引張強さの割合はL1が11.2、L2が12.2、L3が14.4となった。

(2)セメント石灰モルタル

図7にセメント石灰モルタルの炭酸促進養生63日における圧縮強さと引張強さの関係を示す。圧縮強さに対する引張強さの割合はCL1が11.2、CL2が14.6、CL3が11.7となった。

(3)セメントモルタル

図8にセメントモルタルの圧縮強さと引張強さの関係を示す。圧縮強さに対する引張強さの割合はC1が7.7、C2が11.2、C3が12.2、C4が12.6となった。

表3各種れんがの圧縮強さ

れんが種類	圧縮強さ(N/mm²)
JISれんが	66.3
大正	13.4
明治	7.6

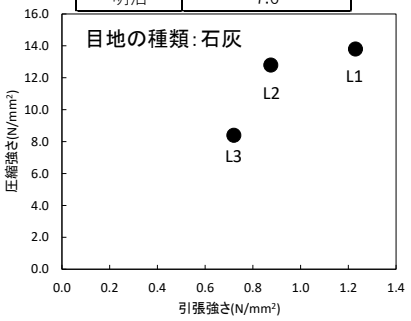

図6圧縮強さと引張強さの関係

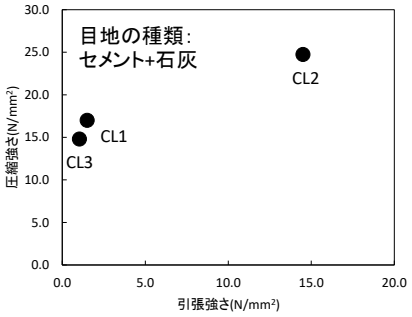

図7圧縮強さと引張強さの関係

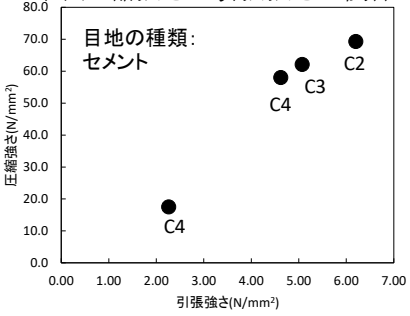

図8圧縮強さと引張強さの関係

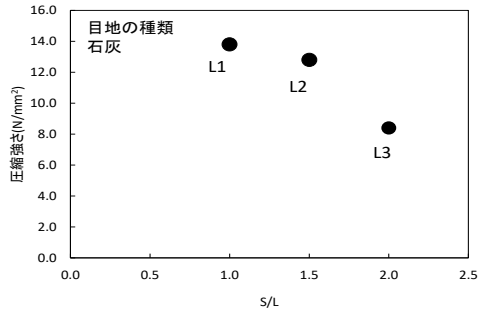

図9　S/Lと圧縮強さの関係

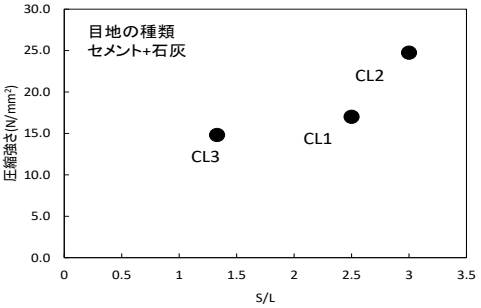

図10 S/Lと圧縮強さの関係

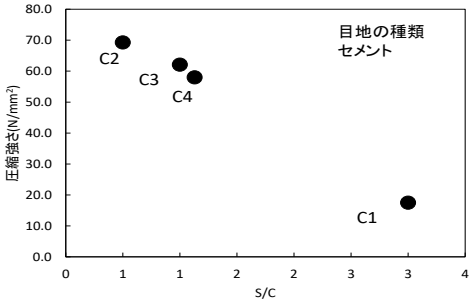

図11 S/Cと圧縮強さの関係

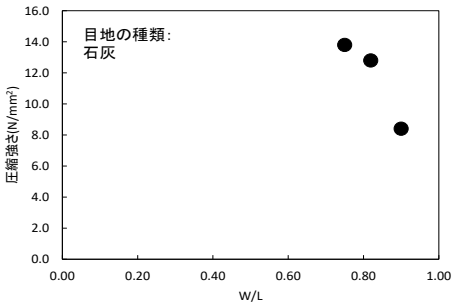

図12圧縮強さとW/Lの関係

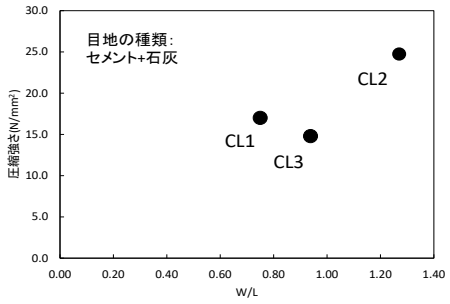

図13圧縮強さとW/Lの関係

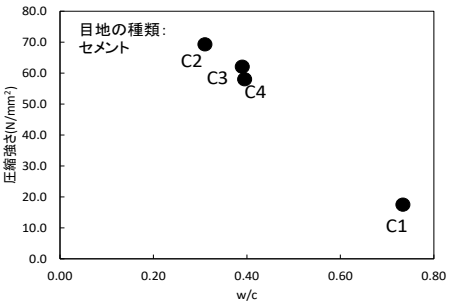

図14圧縮強さとW/Cの関係

３．２調合と圧縮強さの関係

３．２．1圧縮強さと砂セメント比の関係

(1)石灰モルタル

図9に炭酸促進試験における材齢63日の石灰モルタルの圧縮強さとS/Lの関係を示す。

S/Lに比例し圧縮強さが小さくなる傾向を示した。

(2)セメント石灰モルタル

図10に炭酸化促進による材齢63日におけるセメント石化モルタルの圧縮強さとS/Lの関係を示す。石灰モルタルとは反対にS/Lに比例し、圧縮強さが大きくなる傾向を示した。これは、石灰の量が減るとともにセメントの割合が大きくなるためだと考えられる。

(3)セメントモルタル

図11に空気中養生による材齢63日におけるセメントモルタル圧縮強さとS/Cの関係を示す。石灰モルタルと同様にS/Cに比例し圧縮強さが小さくなる傾向を示した。

３．２．２圧縮強さと水結合材比の関係

(1)石灰モルタル

図12に炭酸促進による材齢63日における石灰モルタルの圧縮強さとW/Lの関係を示す。W/Lに比例し圧縮強さが小さくなる傾向を示した。

(2)セメント石灰モルタル

図13に炭酸促進による材齢63日におけるセメント石灰モルタルの圧縮強さとW/Lの関係を示す。W/Lに比例し圧縮強さが大きくなる傾向を示した。

(3)セメントモルタル

図 14 に炭酸促進による材齢 63 日におけるセメント石灰モルタルの圧縮強さと W/C の関係を示す。

４．まとめ

1)本報告の試験体寸法、炭酸化促進条件において、材齢14日から35日にかけ炭酸化が完了することが確認された。

2) 今回行った目地モルタルは使用された年代のれんがともほぼ同等、もしくは同等以上の圧縮強さを示した。

参考文献

1)村松貞次郎　煉瓦の建築の時代　日本近代建築技術史　彰国社 1973 年 8 年 pp. 53~72

2)中浜貴生　煉瓦および煉瓦壁の強度特性に関する基礎的研究　三重大学博士学位論文 2011 年 pp. 48~49