

レンガ構造の剥離強度およびせん断強度に関する実験的検討

関東学院大学	正会員	○岸	祐介
立命館大学	正会員	野阪	克義
関東学院大学	正会員	北原	武嗣
立命館大学	正会員	伊津野	和行

1. はじめに

レンガ構造物の多くは、幕末から明治にかけて西洋文化の流入とともに日本中で建設され、近年では、明治・大正期に建設されたレンガ構造物が近代化遺産として文化庁より認定を受けるなどの注目を集めている。

過去の地震の経験から、一般にレンガ構造は地震時の耐力が低いものとして認識されており、現存する構造物の耐震性能を把握することが求められている。

本研究では、レンガ構造の崩壊メカニズムを明らかにするため、2種類の強度試験を行った。レンガ・目地間での引張強度とせん断強度に着目し、各パラメータに関してレンガ構造の試験体を用いた強度試験を行い、それぞれの値を実験的に求めた。

2. 実験概要

剥離強度試験およびせん断強度試験の実施にあたっては、それぞれ異なった形状の試験体を作成した。また試験体作成に用いた目地材（モルタル）は、セメントと砂の配合質量比が JIS 規格の 1 : 3 モルタルを使用した。

2.1 剥離強度試験

本研究では、レンガと目地材の接着状態における引張力への抵抗強さをレンガ構造の剥離強度として仮定した。付着強度を求める手法としては、Kahlaf (2005) により提案された図-1 に示すような剥離強度試験方法を採用した。2枚のレンガをずらして合わせた試験体を9体作製し、万能試験機を用いて図-1のPの位置に鉛直荷重を加え、試験体が破壊したときの強度を後述する式(1)~(3)によって求めた。

$$R_A(l_b - 0.5t_{bar}) = 0.5l_b W + 0.667l_{mj}F_{fb} + 0.5t_{bar}P \quad (1)$$

$$f_{fb} = \frac{(0.5l_b^2 - l_b t_{bar} + 0.5t_{bar}^2)P + (0.75t_b^2 + 1.25l_b t_{bar} + 0.5t_{bar}^2)W}{(0.42l_{mj}^2 w_b)(1.5l_b - t_{bar})} \quad (2)$$

$$F_{fb} = 0.667(l_{mj} f_{fb} w_b) \quad (3)$$

ここで、 R_A ：反力、 f_{fb} ：剥離強度、 l_b ：レンガの長さ、 t_{bar} ：治具の幅、 P ：作用させた荷重、 W ：レンガの重量、 w_b ：レンガの奥行き幅、 l_{mj} ：レンガと目地の付着部長さ、 F_{fb} ：剥離強度の合力。

2.2 せん断強度試験

せん断強度試験においては、図-2に示すようにレンガを3段積みにした試験体を40体作製した。試験体はジャッキを用いて鉛直方向（目地層に対する法線方向）を拘束し、0~30 kNの4パターンの初期拘束圧の下、アクチュエーターを用いて水平方向への漸増載荷を行った。

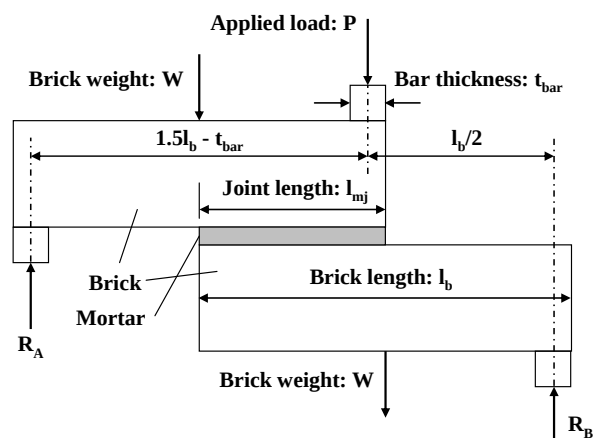


図-1 剥離強度試験

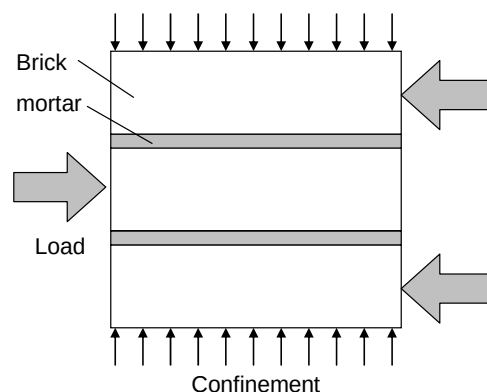


図-2 せん断強度試験

キーワード レンガ構造, 剥離強度, せん断強度, 強度試験

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学 工学部 TEL 045-786-7807

3. 実験結果

目地材の物性値として、モルタルの圧縮強度、引張強度および圧縮強度試験で得られた弾性係数の平均値と変動係数を表-1に示す。

3.1 剥離強度試験結果

表-2 に組違いレンガ試験体の剥離強度試験の結果を示す。表-2 を確認すると、レンガと目地の付着強度は目地材の引張強度のおよそ 1/5 の値となり、目地材の引張強度よりもかなり小さい値となった。また、変動係数に関しては、15%程度の値となった。目地材の試験結果と比べて、ばらつきの大きい結果となっている。これはレンガの組成に起因するものであり、直方体のレンガの形状が一樣ではないために生じるものである。

今回の実験結果から、レンガ造において層間に垂直な方向へ（レンガ―目地間に引張が生じるような）力が加わった場合、破壊形式としては目地材の割裂破壊よりもレンガと目地の剥離破壊が生じる可能性が高いと考えられる（写真-1）。

3.2 セン断強度試験結果

表-2 にせん断強度試験の結果を示す。せん断強度は、剥離強度に比べて高い強度が得られた。最も値の小さい拘束圧無しの場合でも、剥離強度の 6 倍ほどの値となっている。図-3 は初期拘束圧の違いによるせん断強度の変化を示している。図-3 を確認すると、初期拘束圧が 30 kN の場合を除いては、初期拘束圧が高いほどせん断強度も大きい値となった。

レンガ構造物の崩壊形式を数値的に求める際には、剥離とせん断で強度が異なることと、せん断強度は鉛直方向に作用する圧力に依存することを考慮しなければならない。

4. まとめ

本研究では、レンガ構造の崩壊メカニズムに影響の大きいと考えられるパラメータとして、引張強度とせん断強度に着目し、それぞれ強度試験を行った。

その結果、レンガ構造における剥離強度は、せん断強度と比較して 1/6 ほどの小さい値であることが分かった。レンガアーチ橋の耐震性能を数値シミュレーションによって評価する際、剥離強度に関して考慮する必要があると考えられる。今後、ケーススタディを重ねてより検討する必要がある。

謝辞：本研究の実施に際して、2011 年度関東学院大学工学会研究補助費、文部科学省グローバル COE プログラム「歴史都市を守る『文化遺産防災学』推進拠点」（立命館大学）の助成を受けた。

表-1 目地材の材料特性

	平均値 (MPa)	変動係数 (%)
圧縮強度	28.4	4.2
引張強度	2.5	9.7
弾性係数	14430	5.4

表-2 剥離強度試験結果

	平均値 (MPa)	変動係数 (%)
剥離強度	0.51	14.7

表-3 セン断強度試験結果

拘束圧 (kN)	平均値 (MPa)	変動係数 (%)
0	2.9	25.2
10	4.7	36.2
20	6.4	28.7
30	6.1	20.4

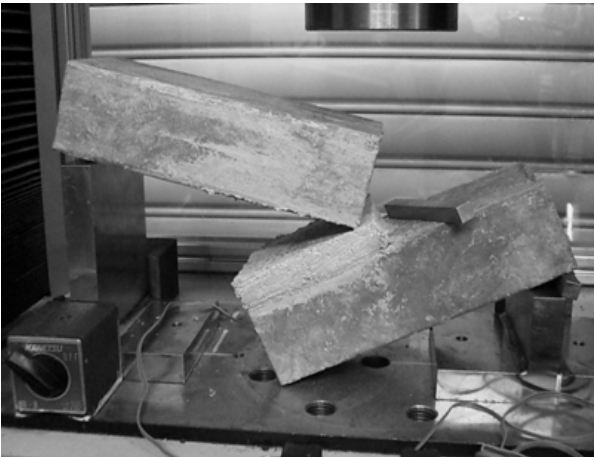


写真-1 剥離強度試験体の破壊形式

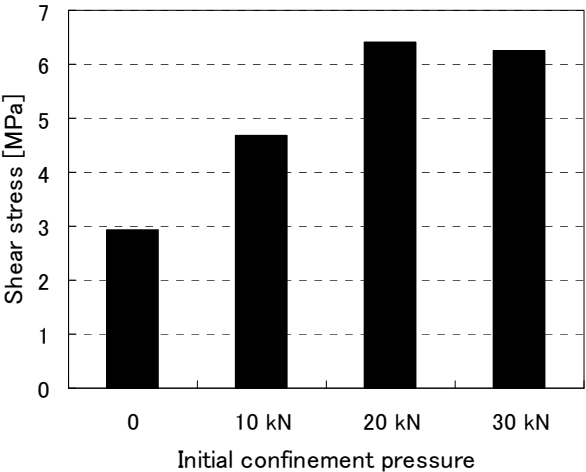


図-3 セン断強度（平均値）と拘束圧の関係