

孔内局部載荷試験によるレンガの物性評価に関する研究

川崎地質株式会社 正会員 ○皿井 剛典

川崎地質株式会社 澤口 啓希

国土交通省東京湾口航路事務所 正会員 野口 孝俊

国土交通省東京湾口航路事務所 正会員 内川 直洋

1. はじめに

孔内局部載荷試験（以下、載荷試験）は、コンクリート構造物に小径削孔した孔内における局部（点）載荷により、深度毎の物性評価を行う原位置試験手法である。コンクリートを対象とした既往の研究¹⁾では、載荷試験で得られる貫入抵抗値を 3.9 倍することで、圧縮強度の推定が可能であることが分かっている。

本稿では、明治から大正にかけて建設された第二海堡から採取したレンガ塊を用い、コア孔内における載荷試験を行い、レンガの物性評価への適用性について検討した。

2. 試験概要

試験に用いたレンガ塊は、第二海堡の東側地区から採取したものであり、大は 30cm×20cm 程度、小は 20cm×15cm 程度の大きさである（図-1）。レンガ塊は波浪の影響等により崩壊した煉瓦構造物の一部であり、いずれのレンガも構造物表面側に配置された“焼き過ぎレンガ”である。

載荷試験は、直径 6mm 半球状の載荷先端を備えた直径 40mm、長さ 270mm の孔内局部載荷試験装置（図-2。以下、試験装置）を用いて実施した。試験は、1) レンガ部・目地モルタル部を含むように直径 42mm でコア削孔、2) 試験装置を孔内に挿入し、測定深度に固定、3) 油圧により載荷先端をレンガ部又は目地モルタル部に貫入、4) 荷重と貫入量のデータを 0.1 秒毎に収録、という手順で実施した。荷重と貫入量の測定値は荷重-貫入量曲線として表し、曲線の傾きから“貫入抵抗値”を算出した。

測定深度は、レンガ寸法（概ね長さ（長手）210mm、幅（小口）100mm、厚さ 60mm）および圧縮強度試験用コアの寸法（概ね直径 49.5mm、長さ 99mm）を考慮し、レンガ部は深さ 2~8,10,12~18cm（大・左は、レンガ塊破損により 2,3,5cm で測定）、目地モルタル部は深さ 3,5,10,21cm とした。

載荷試験結果との比較のため、直径 49.5mm、長さ 99mm のコアを、載荷試験位置と対応するレンガ部から各 2 本採取し（大・右下、小・右、小・左は、奥行き方向に 2 本採取）、圧縮強度試験を実施した。

3. 試験結果および考察

レンガ部の試験結果を表-1、図-3 に示す。レンガ塊・大の右下、レンガ塊・小の右、左は、レンガの長手側（長さ 210mm）が奥行き方向となるよう配置されており、測定深度 18cm までは 1 個のレンガに相当する。

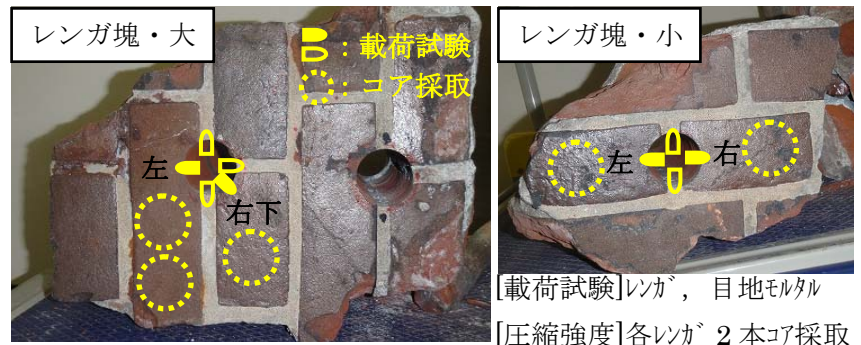


図-1 レンガ塊と載荷試験およびコア採取位置

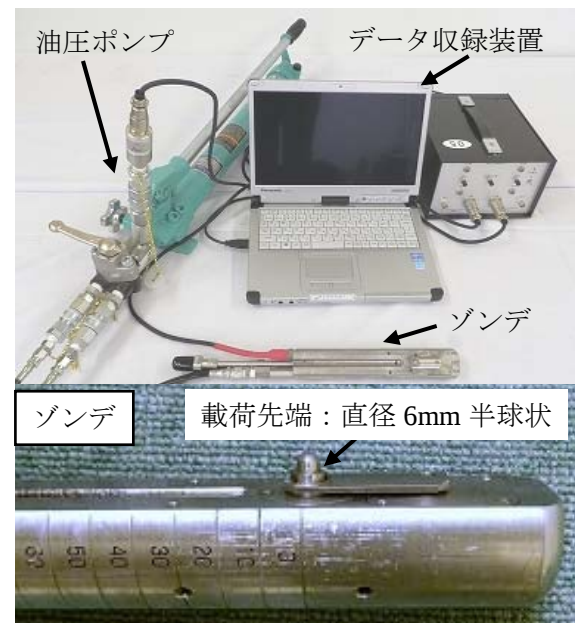


図-2 孔内局部載荷試験装置

キーワード 孔内局部載荷試験、レンガ、目地モルタル、貫入抵抗値、圧縮強度

連絡先

〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15 川崎地質(株) TEL 03-5445-2080

表－１ レンガ部の孔内局部載荷試験およびコアの圧縮強度試験結果

試験位置			項目		測定深度 (cm)														
					2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	15	16	17	18
レンガ部	大	右下	貫入抵抗値 (kN/mm)	測定値	6.72	4.93	3.58	6.55	5.82	8.44	7.04	6.90	5.89	5.10	4.74	4.52	3.00	2.98	3.11
				平均値 ^{*1}	6.15							4.53							
				圧縮強度(N/mm ²)*2	20.8							13.6							
		左	貫入抵抗値 (kN/mm)	測定値	8.17	7.63	-	5.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				平均値 ^{*1}	6.95							-							
				圧縮強度(N/mm ²)*2	24.5							-							
	小	右	貫入抵抗値 (kN/mm)	測定値	7.81	4.86	12.38	5.13	8.01	7.78	5.32	3.67	4.45	4.40	3.10	3.93	4.32	3.07	5.62
				平均値 ^{*1}	7.33							4.07							
				圧縮強度(N/mm ²)*2	25.9							20.5							
		左	貫入抵抗値 (kN/mm)	測定値	9.80	7.86	9.63	7.54	7.81	10.12	10.09	6.77	3.47	8.24	4.44	8.23	6.95	6.25	4.03
				平均値 ^{*1}	8.98							6.05							
				圧縮強度(N/mm ²)*2	30.1							25.6							

*1 貫入抵抗値の平均値は、圧縮強度試験用のコア試料の範囲（長さ）毎の値を平均した。

*2 圧縮強度は、レンガ塊より採取した直径49.5mmのコア試料により試験を実施した。

貫入抵抗値は、大・右下で 2.98～8.44kN/mm、小・右で 3.07～12.38kN/mm、小・左で 3.47～10.12kN/mm であり、レンガの 1 個中で値が大きくばらついている。これは、製造時の土の練混ぜや成形、焼成の過程で生じた品質のばらつきを捉えたためと推測される。

このため、深度毎の貫入抵抗値は局部的な物性のばらつきを反映した“点の値”と言え、“長さの平均値”であるコアの圧縮強度との比較は適切でない。そこで、コアの範囲（長さ）毎に値を平均し、圧縮強度と比較すると、図－3 に示すように「レンガの圧縮強度は貫入抵抗値の約 3.6 倍に近似する」ことが分かった。

目地モルタル部の試験結果を表－2 に示す。貫入抵抗値は、5～7kN/mm 程度であり、レンガ部と比べばらつきが小さい。これは、載荷試験位置が、同時期に施工された目地モルタルの近接した部位のため、物性に大きな違いが生じていなかったためと考えられる。

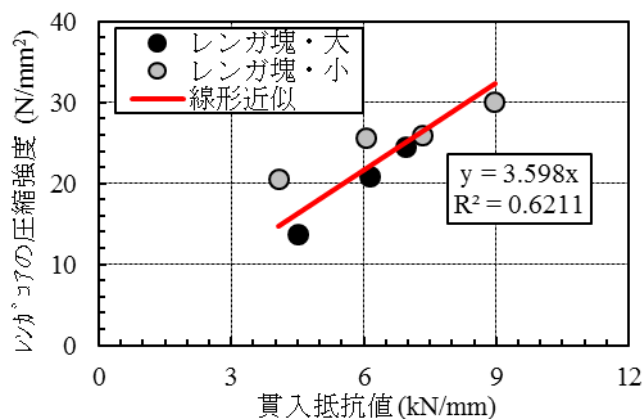
なお、貫入抵抗値とモルタル物性との関係は、コンクリートやレンガとは異なると考えられるため、今後、モルタル供試体等による検討が必要である。

4. まとめ

第二海堡から採取したレンガ塊における孔内局部載荷試験の結果、1) レンガ部と目地モルタル部の物性を個別に測定することが可能である、2) 貫入抵抗値を 3.6 倍することでレンガの圧縮強度の推定が可能である、3) レンガの圧縮強度と貫入抵抗値の関係はコンクリートの場合（3.9 倍）と近似している、ことが分かった。以上のことは、孔内局部載荷試験がレンガおよび目地モルタルの物性評価に適用できる可能性を示唆している。但し、レンガ、目地モルタルともに、今後、更にデータを蓄積し、両者の関係について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 皿井剛典，田中徹，澤口啓希：孔内局部載荷試験による構造物の深さ方向のコンクリート物性評価に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.34，No.1，pp.1828-1833，2012.7



図－3 貫入抵抗値とコアの圧縮強度の関係

表－2 目地モルタル部の孔内局部載荷試験結果

試験位置			貫入抵抗値 (kN/mm)				
			測定深度 (cm)				平均
			3	5	10	21	
目地 モルタル 部	大	上	7.03	7.29	7.48	5.11	6.73
		右	7.89	5.28	4.30	7.44	6.23
		下	7.53	7.17	7.17	4.77	6.66
	小	上	4.41	4.97	5.50	5.00	4.97
		下	5.05	5.04	6.07	-	5.39