

IV-415

111年経過した鉄道トンネルのレンガ物性試験結果について

○東日本旅客鉄道（株）正会員 森島啓行

東日本旅客鉄道（株）長田 忍

東日本旅客鉄道（株）湯浅健治

1 まえがき

レンガ積構造物の健全度評価は非常に困難であり、現時点で定まった評価手法はない。

本研究においては、精度の高いレンガトンネル構造物の健全度評価手法の提案を目的とし、その第一段階として、建設から111年経過したレンガトンネルのコアを採取し、コア及びレンガの圧縮強度試験等を実施して物性を明らかにすると共に、試験結果に基づきあと施工方式のアンカーを施工して引き抜き試験を実施したので報告する。

2 構造物の概要

本トンネルは、東海道線横浜・戸塚間に位置している単線型の2トンネルのうち明治20年に建設された単線トンネルである。延長は213.7m、形状は内空高さ5.19m、幅4.58mで側壁は垂直である。坑門はイギリス積みで覆工は長手積みの5枚巻きとなっており、目地は覆輪目地で装飾が施され、レンガの形状は小口が110×55(mm)、長手方向が220×55(mm)となっている。側壁は、大正12年の震災の被害を受け、コンクリートで補強されている。坑門の全景を図-1に示す。

3 試験方法

本試験は、トンネルの坑門において合計8本のコア(φ=100mm)を採取し、(1)長さ200mmに切断し、目地部分を含んだ圧縮強度を測定する。(2)レンガ単体の試験体を作成し、吸水率と圧縮強度を測定する。(3)目地部分のせん断強度を測定する。の4項目の試験を実施した。

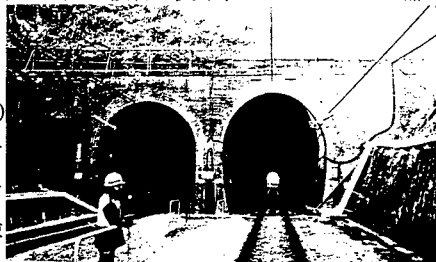


図-1

また、レンガコアの各種試験終了後、コア、レンガ及び目地の強度結果から壁体の平均的圧縮強度を推定し、その推定値からモルタルアンカーの壁体破壊から決定される基準の許容引長力をコンクリートに対する計算式から計算し、アンカー施工後に実施した引長試験値と比較した。

$$P=2.1 \times \pi \times \phi \times (D+5.5 \times \phi) \times \sigma^{1/3} + 0.7 \times \pi \times D(L-4\phi) \sigma^{2/3}$$

P=6,125kg 設計引長力:P、D:削孔径30mm φ:アンカー(D25)径25mm L:アンカー埋込み長30cm σ:壁体の圧縮強度200kgf/cm²

表-1

4 試験結果

試験測定値を表-1にレンガ単体の吸水率と圧縮強度の関係を図-2、乾燥密度と圧縮強度の関係を図-3に、コアの圧縮強度と重量の関係を図-4にそれぞれ示す。(1)コア外観:全8本の内黒く焼ムラの認められる物は1本であった。また、原料の粘土は径1~2mm程度のレキが混入していた。目地は表面から3枚目程度まで良く詰まっているが4枚目以降は詰まっていないものも見られ

試験体番号	乾燥密度	湿潤密度	吸水率	圧縮強度(kgf/cm ²)
3-3①	1.79	2.04	13.5	
3-3②	1.69	1.97	16.6	
4-1③	1.79	2.05	14.1	504.80
4-1④	1.80	2.05		508.20
1-2⑤	1.82	2.03	11.7	255.90
1-2⑥	1.66	1.92	15.6	119.00
3-2⑦	1.74	2.00	15.0	359.10
1-3⑧	1.71	1.99	15.9	438.40
1-3⑨	1.77	2.02	14.2	392.40
1-3⑩	1.75	2.00	14.2	453.10
4-1⑪	1.81	2.02	11.8	522.80
4-2⑫	1.96	2.10	7.0	794.50
4-2⑬	2.01	2.15	6.9	
1-2⑭	1.61	1.85	15.5	104.60

鉄道トンネル、レンガ物性、あと施工アンカー

〒220 横浜市西区高島2-19-12 東日本旅客鉄道（株）横浜支社 工務部 施設課

た。(2)レンガの絶乾密度は、最大で2.01、最小で1.61、平均1.78であった。(3)レンガの吸水率は最大16.6%、最小6.9%、平均13.2%であった。(4)レンガの圧縮強度は最大で794.5、最小で104.6平均404.8kgf/cm²であった。(5)レンガコアの圧縮強度は最大で313.2、最小で212.6、平均257.3kgf/cm²であった。(6)モルタルのせん断強度は最大47、最小25、平均36kgf/cm²であった。(7) 引長力は4本全て5tをクリアした。

5 考察

レンガの品質については、一般的に大きな幅を持っていることが知られている。本試験の結果に於いても104.6kgf/cm²から794.5kgf/cm²と非常に大きな幅があることを改めて確認した。しかし、全11の試験体のうち、100kgf/cm²代のものは2つで、他の大部分が300kgf/cm²代以上とコンクリート並の強度を有していた。これは、約100年経過していても、建設時の品質のままで強度の低下は殆どないものと推定される。

当時の残存する文献によれば、建設時は品質に関する定量的な規定はなく、明治44年に初めて鉄道で使用するレンガの吸水率による品質規定がなされた。これによれば、一等品が12%以内、二等14%以内、三等17%以内となっている。本試験においては約半分が二等以上で他が三等となり、図-2の結果からも吸水率が圧縮強度と相関があることがわかる。また、密度とも相関がみられる結果となっている。

コアの強度は200kgf/cm²代から300kgf/cm²代と平均しており、平均が257.3kgf/cm²と山岳工法によるトンネル覆工コンクリートの設計基準強度が160kgf/cm²であり、コンクリートコアを採取し圧縮強度を測定した場合と同程度の強度を有している。これは、近代土木技術の揺籃期においても経験的にトンネル構造体に必要な強度を熟知していたものと推定できる。

レンガ壁体のアンカーは、コアの目地を含んだ圧縮強度の平均値を使用してコンクリート用の設計計算値に対して同様な結果が得られることがわかった。

6 あとがき

本研究の結果のよれば、レンガの品質に幅はあるものの一定以上の品質は確保されており、強度は吸水率、比重等と一定の相関が見られた。これらの関係から表面にでているレンガについて、何らかの非破壊技術を使用することでレンガ構造体全体の定量的な品質評価が可能であると思われる。

今後、他の多くのレンガトンネルでのデータを収集し、より精度の高い、レンガ壁体の品質評価手法の確立を目指したい。

7 参考文献

小野田滋、「明治・大正期における鉄道用煉瓦の技術基準とその変遷」土木学会第51回年次学術講演会概要集（平成8年9月）第4部P.692,693

岡田庸男等、「あと施工アンカー・設計施工」技術書院、1996,7.1

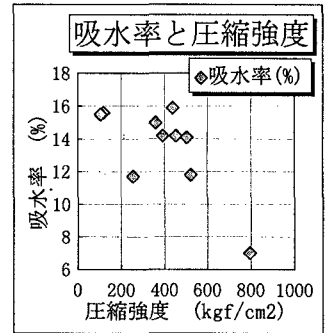


図-2

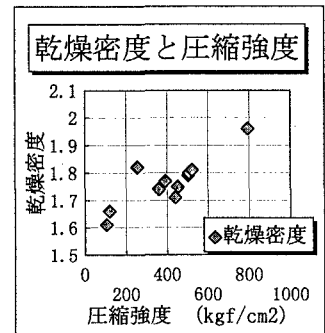


図-3

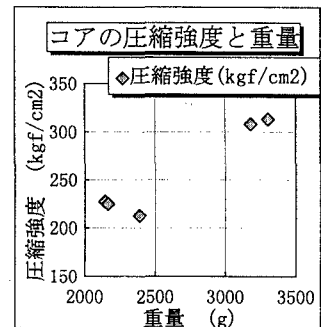


図-4