

れんが構造物の超音波音速測定と解析（その2：音速と材料特性の評価）

鉄道総合技術研究所

正会員○峯岸邦行

正会員 羽矢 洋

正会員 水野進正

超音波技術研究所

正会員 小島 正

ジェイアール総研エンジニアリング グェン・タン・リー

1. はじめに

その1の研究では、波形や周波数帯域を最適化することで、コンクリート材料に限らずれんが材料においても、測定間長1mを超えるような供試体の音速を測定することができることが分かった。また、多数の測定結果から、標準的なコンクリート材料やれんが材料（目地のある場合および無い場合）の音速が分かった。

れんが材料を対象とした超音波音速と強度に関する研究は皆無であったが、多数のれんが供試体に対する試験の結果、正確に測定された音速と材料特性の間に有意な相関性が得られたため、ここに報告する。

2. 研究の概要

本研究では、明治・大正期より今なお現役として残存する複数のれんが構造物から、コアサンプリングによって供試体を作製し、超音波音速を測定した後に、圧縮試験および割裂引張試験を実施した。続いて、それらの各種試験結果から、超音波伝播速度と圧縮強度・引張強度・静弾性係数との関係をまとめた。

3. れんが供試体の音速と強度の関係

3.1 コア供試体の音速測定

図1に近畿地方に現存するれんが橋台からサンプリングした供試体A（長さ580mm）の写真を示す。完成後約100年経過する構造物であるが劣化もほとんどなく健全な構造物である。



図1 コア供試体 A

図2に、コア供試体Aの超音波音速測定結果を示す。

時間102.8 μ secにピークを持つ9波のガウシアン波形である送信波に対し、受信波は280 μ sec付近や400 μ sec付近等、複数のピークを持つ。これは、れんが構造物がれんがと目地モルタルの複合材料であることに起因し、反射や散乱等、超音波が様々な経路を通過してコア供試体内を伝播するためであると考えられる。

本研究では、最も速く到達した透過波である280 μ sec付近の受信波を透過超音波として採用し、3,273m/secをコア供試体Aの超音波音速であると定義した。これは、最速の透過波はコア供試体内の最短の経路を伝播した超音波であると推測されること、および後述する強度試験結果との相関性が高いこと等の理由による。

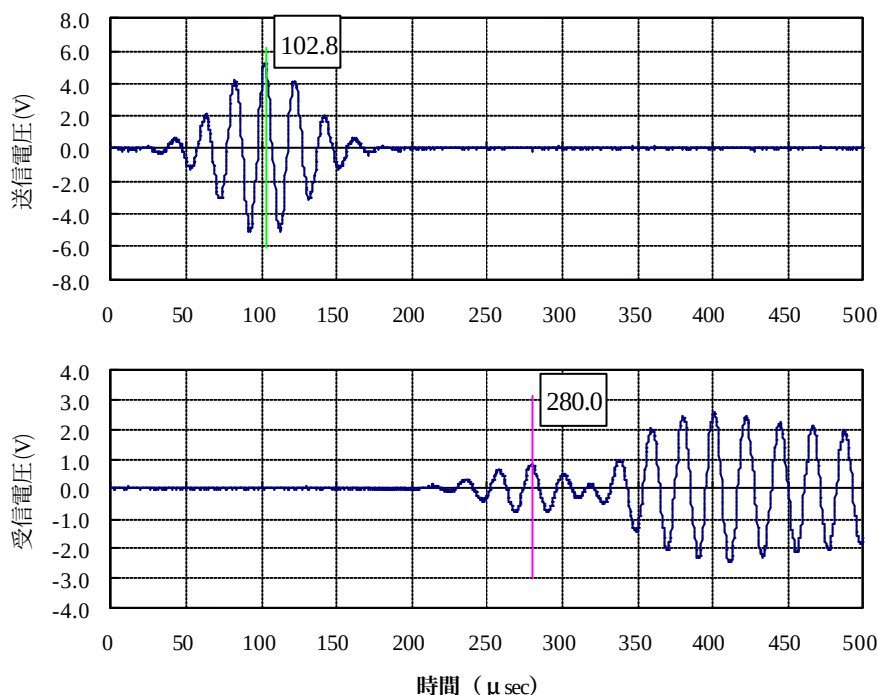


図2 コア供試体Aの超音波音速測定結果

3.2 音速測定結果と強度試験結果の比較

コア供試体 A を長さ 200mm に整形し圧縮強度試験を実施，圧縮強度と静弾性係数を測定した．また，供試体の余剰部から長さ 150mm の供試体を作製し引張割裂試験を実施，引張強度を測定した．表 1 にコア供試体 A の強度試験結果を示す．

同様の試験を，複数の構造物から採取した多数のれんがコア供試体を実施し，音速－強度関係を導出することとした．構造物の選定に際しては，なるべく同一地域の構造物とならないよう留意した．図 3 に音速と圧縮強度の関係を示す．

圧縮強度，引張強度，静弾性係数ともに音速との相関性が見られるが，特に図 3 に示す音速と圧縮強度に高い相関が得られ，図中に示す線形近似式の相関係数は，0.73 であった．

構造物別に見ると，近畿地方構造物 A は非常に健全であり，東海地方構造物 C，東北地方構造物 B となるにつれて劣化が進行した構造物であったが，試験結果にそのまま反映され，圧縮強度・引張強度・静弾性係数および超音波伝播速度についても，近畿地方構造物 A > 東海地方構造物 C > 東北地方構造物 B の順に大きな値をとることが確認できた．

4. まとめ

超音波伝播速度（目地部の透過波の音速）を正確に測定することにより，れんが材料の強度を比較的精度よく推定することが可能であることが分かった．

超音波計測の方法や使用機器を最適化することにより，れんがのように表面が平滑な場合，測定間長が約 1.5m の構造物でも超音波音速の測定が可能であることを筆者らは確認している．

このことから小・中規模のれんが構造物においては，超音波を利用した現地非破壊試験を実施することで構造物の耐荷重等の現有性能を把握することが可能になると考えられる．

表 1 コア供試体 A の強度試験結果

長さ (mm)	直径 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
580.0	99.6	39.5	16.1	1.7

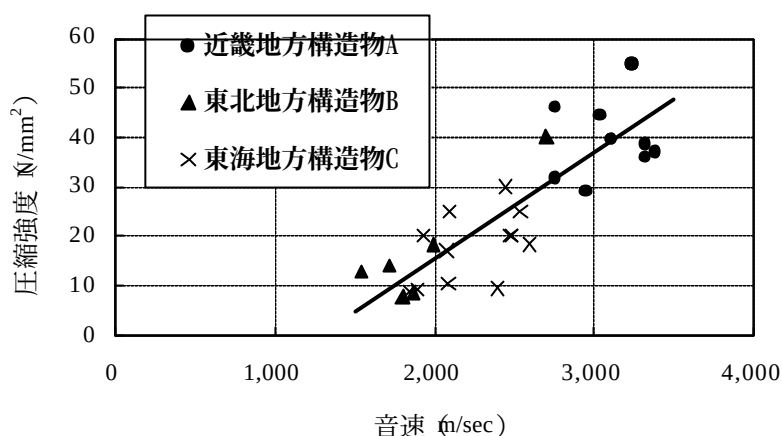


図 3 音速と圧縮強度の関係

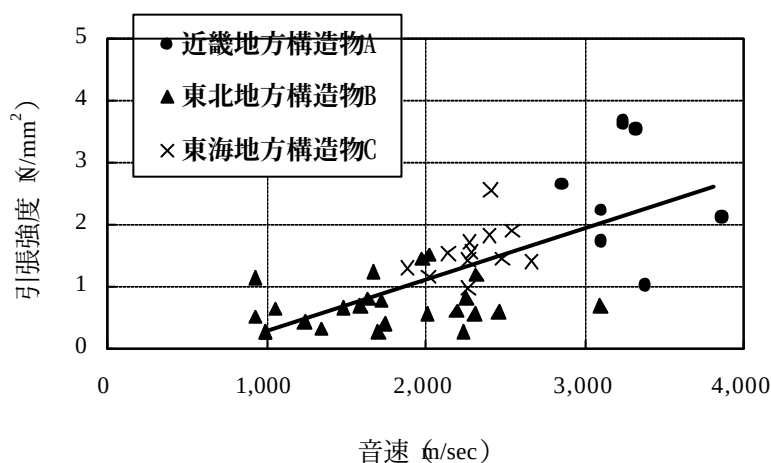


図 4 音速と引張強度の関係

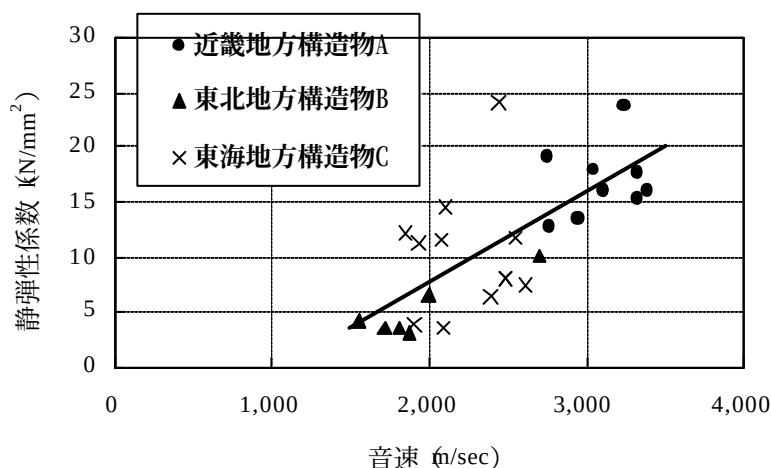


図 5 音速と静弾性係数の関係