超音波トモグラフィによるRC部材のASR劣化調査に関する基礎的研究

パシフィックコンサルタンツ㈱　正会員　○芳賀　尭
京都大学大学院工学研究科　正会員　山本　貴士
京都大学大学院工学研究科　正会員　服部　篤史
京都大学大学院工学研究科　フェロー　宮川　豊章

1．目的

本研究では，ASR劣化RC部材の深さ方向のコンクリート品質の評価を目的として，超音波トモグラフィの適用性について検討した。

2．供試体概要

T型橋脚張出し部の切断部位を想定し，アルカリシリカ反応性を有する北海道産骨材を使用したASR供試体を2体作製した（**図1**）。寸法は550mm×550mm×190mmとし，主筋にD29，拘束筋にD13を使用した。材齢28日まで水中養生後，材齢2ヵ月までは30℃，3ヵ月以降は40℃にて促進養生（100%RH蒸気養生）とした。

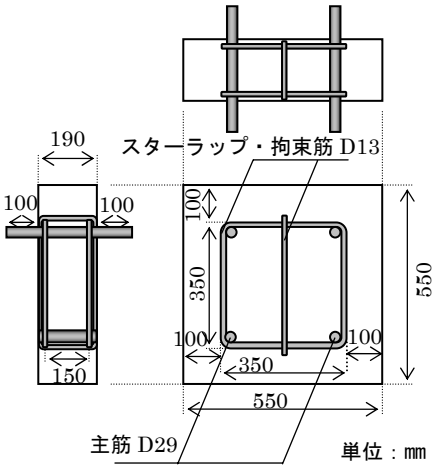

図1　供試体の形状・寸法および配筋図

3．超音波トモグラフィの原理と測定方法

トモグラフィ（Tomography）とは，さまざまな方向から対象物に光波・電波・音波などを当て，その透過情報や散乱情報をもとにマトリクス演算を行い，対象物内部の物理量を導き出して断層画像を得る手法である。本研究では，超音波パルス（PUNDIT，周波数50Hz）を使用し，**写真1**に示すようにx，y，2方向の伝播速度測定を行い，推定伝播速度分布を得ることとした。一つのメッシュは等方・等質で一様な伝播速度を有すると仮定し，鉄筋の表現を目的として，メッシュの1辺をスターラップ径と等しい13mmと設定した。測定はx，y方向に各42箇所で，養生後，1ヵ月に2回，7ヵ月間行った。あわせて断面ひずみ・部材軸方向の伝播速度を測定するとともに，管理供試体（φ10mm×20mm）についても同様に測定した。

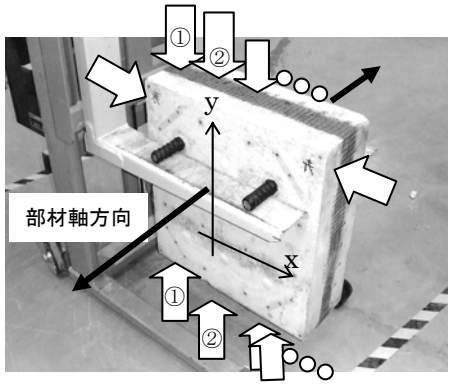

写真1　超音波トモグラフィの測定概要

4．測定結果および考察

（1）断面ひずみ

コンタクトゲージにより**図2**に示す位置の断面ひずみを測定した。材齢7ヵ月までの測定結果を同種箇所で平均して**図3**に示す。3ヵ月頃から膨張速度が増大し，6ヵ月までほぼ等速度で膨張が進行し，7ヵ月で収束し始める傾向であった。7ヵ月にて④隅角部のひずみが8000μに達した。

一方，分布に関しては，

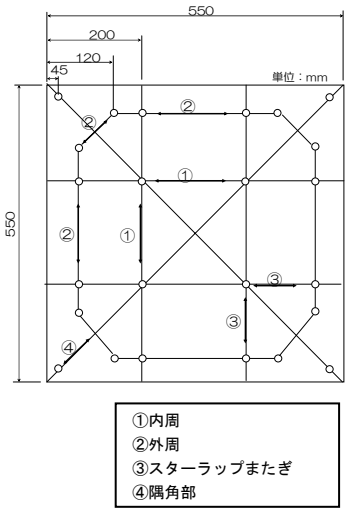

図2　断面ひずみ測定位置

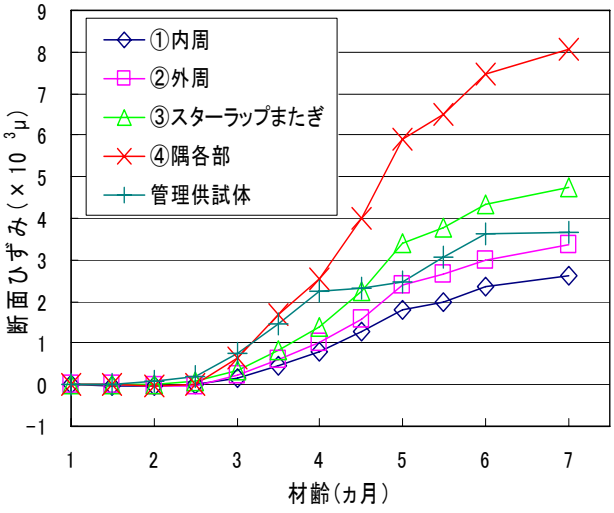

図3　断面ひずみ

キーワード　トモグラフィ，ASR，非破壊検査，超音波パルス伝播速度，静弾性係数
連絡先　〒541-0052　大阪府大阪市中央区安土町2-3-13　パシフィックコンサルタンツ㈱　ＴＥＬ06-4964-2296

7ヵ月にてスターラップ・拘束筋の拘束下にある①内周に比べ②外周では700μ程度上回った。また，④隅角部のひずみが顕著であるのは，隅角部で亀甲状のひび割れが顕著であったことに対応している。

（２）部材軸方向の超音波パルス伝播速度

部材軸方向の伝播速度を，材齢7ヵ月にて，50mm四方のメッシュに分割して測定し，**図4**に示す分布を得た。拘束部の平均値が約3550m/s，かぶりで約3730m/sであり，前者が180m/s程度遅い。また，隅角部近傍の平均値は約3800m/sであり，断面ひずみの分布とは整合していない。

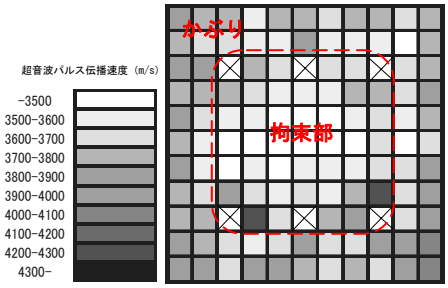

図4 部材軸方向の超音波パルス伝播速度
（×：鉄筋により測定なし）

（３）超音波トモグラフィによる推定伝播速度

材齢1，3および7ヵ月での，推定伝播速度分布を**図5**に示す。

まず，経時変化に関しては，2ヵ月間はほとんど変化がなく，3ヵ月目に，養生室内で比較的温度の高い供試体上部の推定伝播速度が断面内平均で約360m/s低下した。断面ひずみと同様に，3ヵ月前後で大きな変動があったことから，超音波トモグラフィによる推定結果は，膨張速度の増大を良く捉えたといえる。一方，ひび割れが顕著になった4ヵ月目には，断面の大部分で推定伝播速度が4000m/sを下回り，その後7ヵ月まで顕著な変化は見られなかった。ひび割れが顕著な段階では，ひび割れの程度と超音波パルス伝播速度の相関が悪くなることが示唆される。これは，近傍の鉄筋や骨材のかみ合った箇所など伝播速度が速い経路を迂回すること，およびある劣化程度まではその経路が失われないことが原因と考えられる。

次に，分布に関しては，材齢7ヵ月にて，拘束部の平均値が約3570m/s，かぶりで約3680m/sと推定され，前者が110m/s程度遅い。また，隅角部近傍の平均値は約3730m/sであり，断面ひずみの分布とは整合していない。しかし，部材軸方向の測定により得られた伝播速度分布とは，同傾向である。供試体内部のひび割れの位置・方向については検討の余地があるが，**図4**に示す分布が，供試体の実際の部材軸直角方向の伝播速度分布に近いものと考えると，超音波トモグラフィによって，伝播速度の絶対値，分布傾向ともに推定できると考えられる。

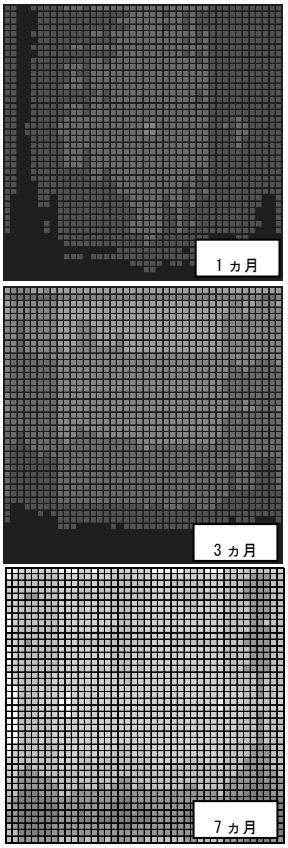

図5 推定伝播速度分布
凡例は図4を参照

（４）コアの静弾性係数

一般的に，コンクリートはASR劣化により静弾性係数の低下が顕著になる[1)]。静弾性係数の分布と超音波トモグラフィにより得られる推定伝播速度分布の相関性を把握することを目的に，材齢7ヶ月測定後に部材軸方向のコンクリートコア（φ=55mm）を多数採取し，静弾性係数試験を行った。コアの静弾性係数の分布を**図6**に示す。静弾性係数は拘束部平均で1.39×10^4N/mm^2，かぶり平均で1.54×10^4N/mm^{2}となり，推定伝播速度分布と同傾向であった。これより，超音波トモグラフィによって，断面の静弾性係数が推定できることが示唆される。

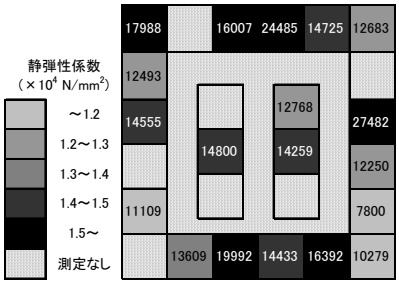

図6 静弾性係数分布

５．結論

超音波トモグラフィにより得られた推定伝播速度分布と，コア試験により得られた静弾性係数の間に相関があることを確認した。

謝辞

本研究の実施にあたりご助言・ご協力いただいた，独立行政法人産業技術総合研究所の西澤修様，阪神高速道路㈱の松本茂様，佐々木一則様に深く感謝いたします。

参考文献

1) アルカリ骨材反応対策小委員会報告書，(社)土木学会，pⅡ-3，2005