

超音波トモグラフィ装置を用いた RC 造内部の変状調査事例と有用性

株式会社建設調査コンサルタント 定塚 賢次朗
株式会社オリエンタルコンサルタンツ フェロー ○広瀬 知晃

1. はじめに

コンクリート構造物の点検等で実施される外観目視調査では、コンクリート表面に発生した変状（外部変状と称す）を捉えており、内部に発生した変状（内部変状と称す）を捉えることは困難である．このため、外観目視調査をもとに補修設計・工事を行った後、再補修を伴う事象が発生している．

本稿では、外部変状のうち、豆板、コールドジョイント等の初期欠陥が発生した RC 造を対象に、超音波トモグラフィ装置（UT 装置と称す）を用いた内部変状の調査事例を紹介するとともに、コア採取法と衝撃弾性波法との併用により得られた結果とその有用性について報告する．

2. 調査事例

(1) 調査機器：UT 装置は、本体に配置された 48 個（4 行×12 列）のセンサから順次、超音波横波を発・受振し、得られたエコーを断面画像として表示する非破壊調査機器である．測定では、UT 装置本体をコンクリート表面に直接押し当てて行い（写真-1）、内部に発生したひび割れ・空洞・豆板や鉄筋等の深さ・範囲を確認することができる．電磁波レーダ法による測定深さの適用限界が約 30cm 程度に対して、UT 装置では約 200cm と深いのが特徴である．

(2) 事例①：2 階建て RC 造の壁・梁・柱の全部材に対して、外観目視による外部変状と UT 装置による内部変状の調査を行った．結果を表-1 に示すが、外部変状は 348 箇所発生しており、管理者の判定ランク A, B 合わせ、140 箇所 40%を占めていた．一方、内部変状は梁に 1 箇所だけ発生しており、その箇所の外部変状はランク B のコールドジョイントであった（写真-1）．この内部変状を確認するため、φ 30mm の小径コアを採取し、UT 装置の断面画像と対比した．その結果（図-1）、断面画像では約 70mm 付近に濃い赤色の反応が見受けられた．一方、採取コアも約 70mm 付近までが形状保持のできない脆い状態になっており、断面画像の深さとほぼ合致していた．本事例では、外部・内部変状の発生数から、コンクリートの施工品質がある程度良好であったことが伺える．

(3) 事例②：5 階建て RC 造のうち、1 階の壁・梁・柱の全部材に対して、事例①と同様の調査を行った．結果を表-2 に示すが、外部変状は 101 箇所発生しており、ランク A, B 合わせて 97 箇所 96%を占めていた．このことから、コンクリートの施工品質は、事例①に比べ不良であったことが伺える．また、「外部変状なし」の 57 箇所の内、「内部変状あり」が 41 箇所 72%も占めており、外部変状の有無に依らずに、内部変状を効率的に抽出することが課題であった．

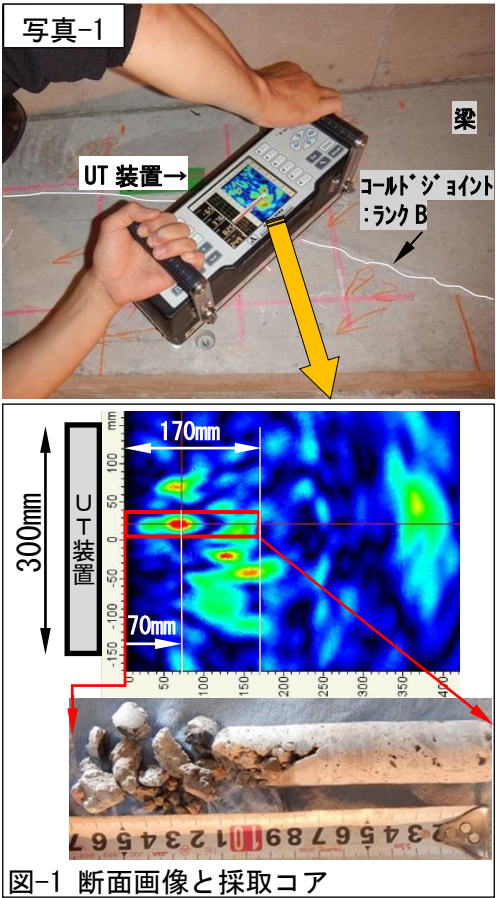


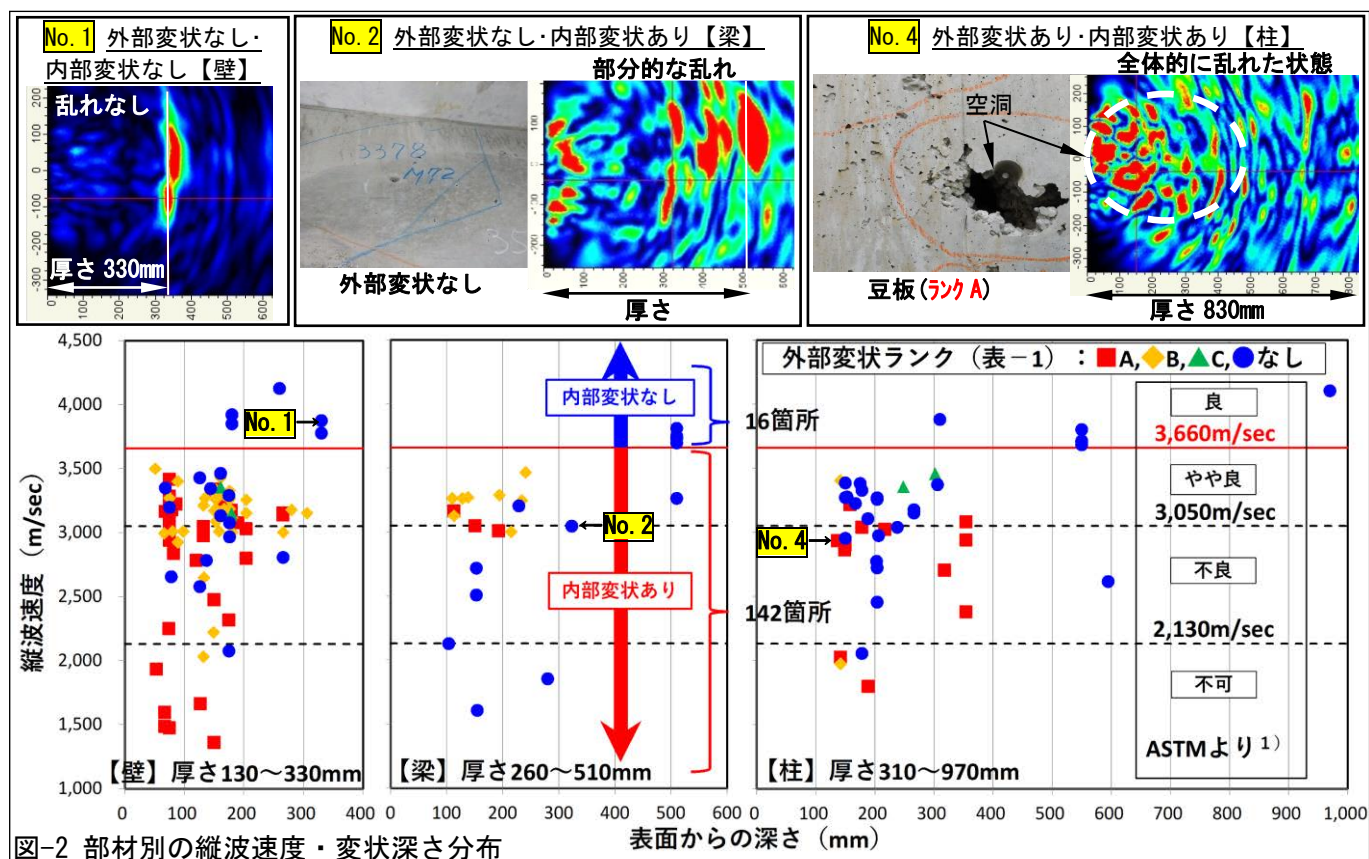
図-1 断面画像と採取コア

表-1 外部変状のランクと発生数

ランク	豆板、空洞、表面剥離	コールドジョイント	発生数 (%)
A	・内部にも空洞が多くなる ・粗骨材が露出、粗骨材相互がわずかな部分のみで連結された状態 ・深さ 10 cm 以上	豆板状になっている	33 (9)
B	・内部に大きな空洞なし ・粗骨材相互は強く結ばれ、連続的にバラバラ落ちない ・深さ 3 ~ 10 cm	縁切れしている	107 (31)
C	・表面的に軽微 ・粗骨材は叩いても落ちない ・深さ 1 ~ 3 cm	-	208 (60)
計			348 (100)

キーワード 超音波トモグラフィ装置、衝撃弾性波法、縦波速度、初期欠陥、豆板、コールドジョイント

連絡先 〒178-0063 東京都練馬区東大泉 1-26-16 株式会社建設調査コンサルタント TEL 03-6904-6038
〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL 03-6311-7853



そこで、ASTM から提案された縦波速度とコンクリートの品質評価との関係¹⁾に着眼し、衝撃弾性波法による縦波速度を測定することとした。さらに、部材別（壁・梁・柱）の縦波速度と変状深さ分布を整理し、次の結果を得た（図-2、表-2）。

外部変状：縦波速度 3,660m/sec 以上では、「外部変状なし」が 16 箇所分布している（図中青丸）。一方、3,660m/sec 未満では、「外部変状あり」のランク A～C が鉄筋かぶり（約 70～100mm）以深に 101 箇所分布している。しかし、「外部変状なし」も 41 箇所分布しており、外部変状と縦波速度の相関は低いと言える。

内部変状：縦波速度 3,660m/sec 以上（評価：良）では、「内部変状なし」が 16 箇所分布している。一方、3,660m/sec 未満（評価：やや良、不良、不可）では、「内部変状あり」が 142 箇所分布している。これより、縦波速度 3,660m/sec を閾値として、内部変状を抽出することが可能である。

表-2 変状発生数

No.	外部変状	内部変状	小計	合計
1	なし:●	なし	16 (28)	57 (100)
2		あり	41 (72)	
3	あり ■ A:48(48) ◆ B:49(48) ▲ C:4(4)	なし	0	101 (100)
4		あり	101 (100)	
合計	()は%			158

3. 調査方法としての有用性

RC 造では、建設後の初期欠陥を直ちに補修する必要があるが、内部変状を確実に、かつ、効率的に捉えることが求められる。そこで、衝撃弾性波法のハンドリングの良さを活かし、UT 装置を用いた内部変状は、以下の調査手順で進める方針とした。このように、UT 装置はコア採取法や衝撃弾性波法と併用することで、RC 造等の広範な部材の調査方法として、その有用性は高いものと考えられる。

【調査手順】①全箇所に対して、衝撃弾性波法による縦波速度を測定（「外部変状なし」の箇所を含む）

②縦波速度 3,660m/sec 未満の箇所を抽出し、UT 装置による内部変状の調査を実施

4. おわりに

出力画像にもとづく内部変状の深さ・範囲・内容の判定では、技術者の判断に依存する部分が多く、個人差が生じやすい状況にある。今後、UT 装置による各種データが蓄積され、AI による内部変状の自動診断や、縦波速度を管理基準値とした内部変状の対策方針設定（例：通常管理、詳細調査、経過観察、要対策）等が行われ、効率的・効果的なコンクリート構造物の維持管理に発展していくことが望まれる。

参考文献

1) 土木学会：弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集，p31，2004