

コンクリートに生じた微細ひび割れの可視化による詳細調査の高度化技術

「蛍光エポキシ樹脂含浸法による コアのひび割れ観察手法」



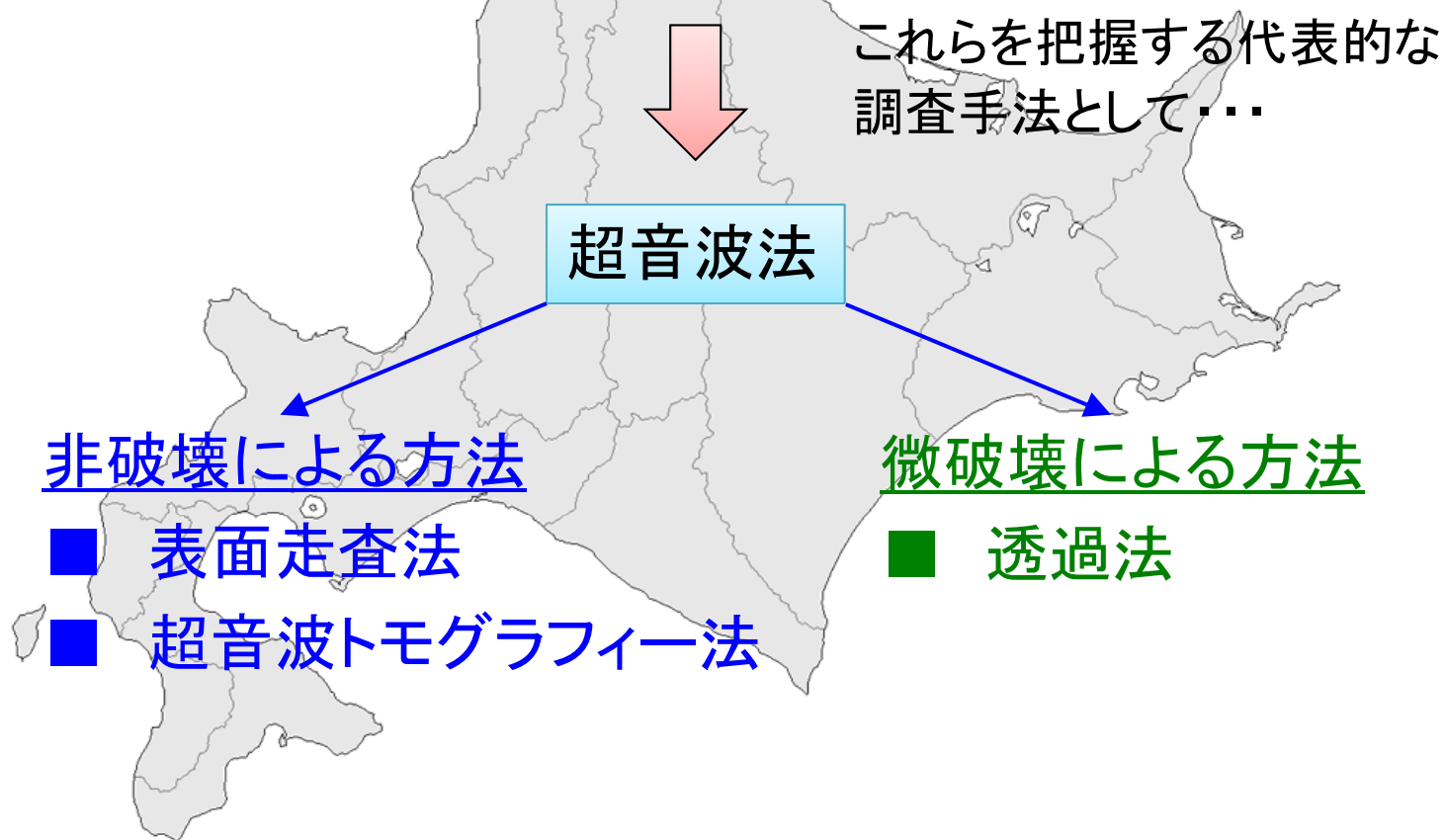
(株)北未来技研
黒丸 涼太

本日の内容

- ◆ 開発に至った背景
- ◆ 蛍光エポキシ樹脂含浸法とは？
- ◆ 蛍光エポキシ樹脂含浸法によるひび割れ観察の流れ
- ◆ 適用事例
- ◆ 本手法の課題(その1)
 - ～定量的に評価するために
- ◆ 本手法の課題(その2)
 - ～内部の状態をよりわかりやすくするために
- ◆ 本試験の留意点
- ◆ おわりに

開発に至った背景

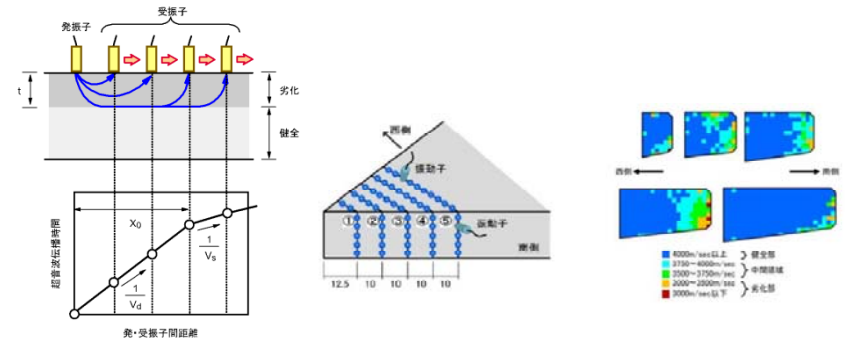
積雪寒冷地にある北海道のコンクリート構造物は、凍害の単独劣化あるいは凍害との複合劣化により、**微細ひび割れやスケーリングが発生し、劣化の進行が早まる環境下**にある。



開発に至った背景

非破壊による方法

- 表面走査法や超音波トモグラフィ法
コンクリート表面近傍や隅角部に存在する劣化層の厚さを超音波により非破壊で推定する方法。



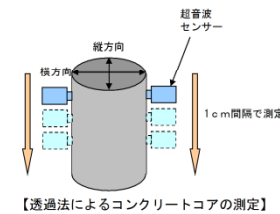
【表面走査法】

【超音波トモグラフィ法】

微破壊による方法

■ 透過法

採取したコンクリートコアの対向する面にセンサーを設置し、透過する超音波の伝播速度を測定することで、深さ方向の品質を調査する方法。



【透過法】

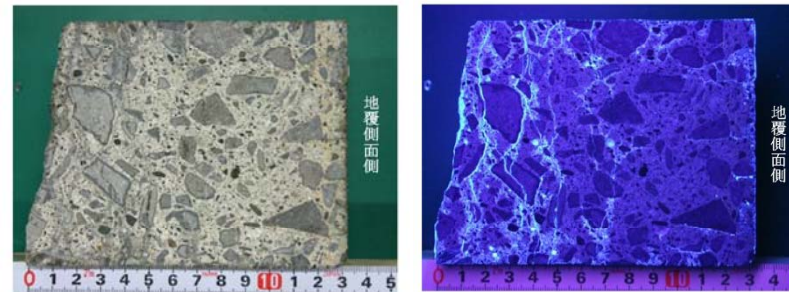
劣化層の厚さは把握できるが、可視化ができないことから内部の状況がわからない

可視化する技術が必要

微細ひび割れを観察する方法「蛍光エポキシ樹脂含浸法」の開発へ

蛍光エポキシ樹脂含浸法とは？

- コンクリートコア試料に蛍光塗料を添加した超低粘度形エポキシ樹脂を低真空で注入
- 硬化後、コアを深さ方向に切断し、切断面に紫外線を照射
- 微細ひび割れの情報を可視画像として得ることにより、評価を行う



【蛍光エポキシ樹脂含浸法 左:可視光 右:紫外線光】

メリット

- ・内部の微細ひび割れの有無が容易に判別可能
- ・凍害、ASRの判別可能(表層部の弛緩状態、骨材の割れ等)
- ・任意の深さで試験可能



可視化ができる！劣化原因の推定も可能。

蛍光エポキシ樹脂含浸法によるひび割れ観察の流れ

コンクリートコア採取

① 蛍光塗料と超低粘度形エポキシ樹脂を準備・混合攪拌



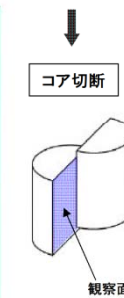
② 容器にコア試料をセットし、①の蛍光エポキシ樹脂を流し込む



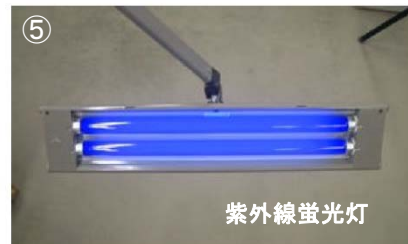
③ アクリル製の真空脱泡装置に設置後、1/100気圧の低真空状態で注入・硬化



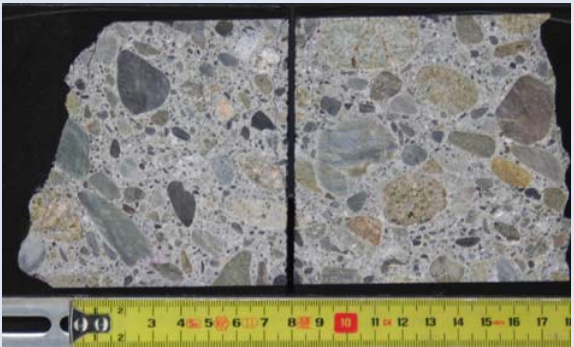
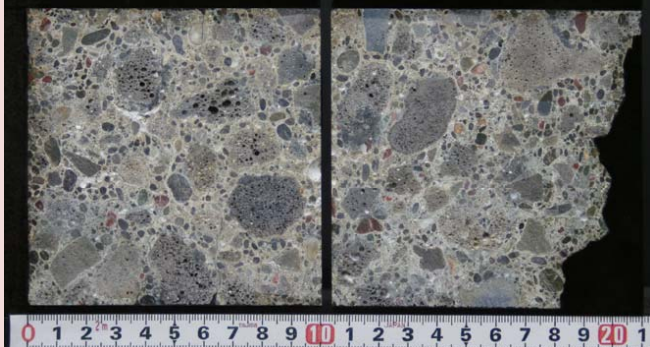
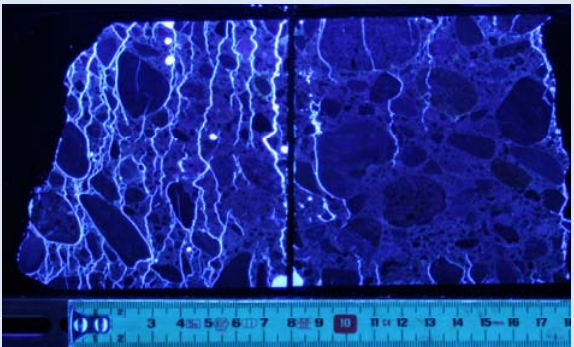
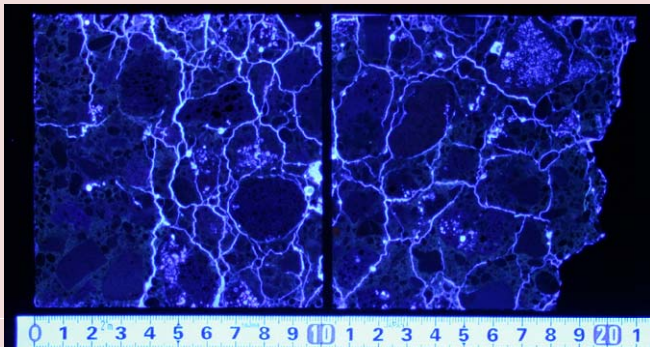
④ 送水式コンクリートカッターを用いて硬化コアサンプルを深さ方向に切断



⑤ 切断面に紫外線を照射し、蛍光に発色した状態のコアをカメラで撮影・記録

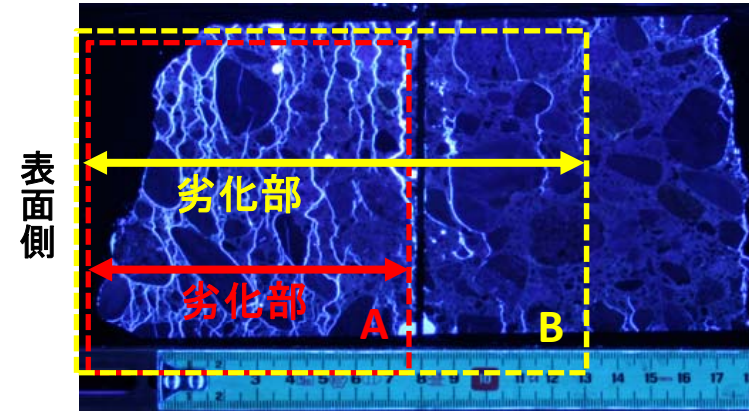


適用事例

劣化機構	凍害のケース	ASRのケース
可視光		
紫外線光		
特徴	<p>ひび割れは、水平方向かつ層状に発生している。また、表面側にひび割れが多く、深部側はひび割れが認められない。</p>	<p>ひび割れは、方向性がなく、深度全域に認められる。また、骨材を通るひび割れが認められる。</p>

本手法の課題(その1)～定量的に評価するために

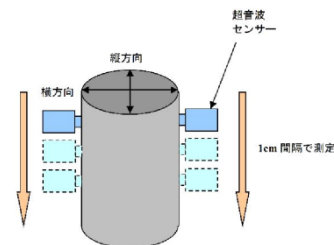
蛍光エポキシ樹脂含浸法は、劣化の状態や深さを定性的(半定量的)にしか把握ができない。



超音波による透過法との併用により、定量的かつマッピングによる把握ができる(ASTMや相対動弾性係数等)

超音波による透過法(深さ方向の品質分布)

- ・超音波伝播速度の測定
- ・内部に欠陥がある場合は、伝播速度が健全部に比べて遅くなる

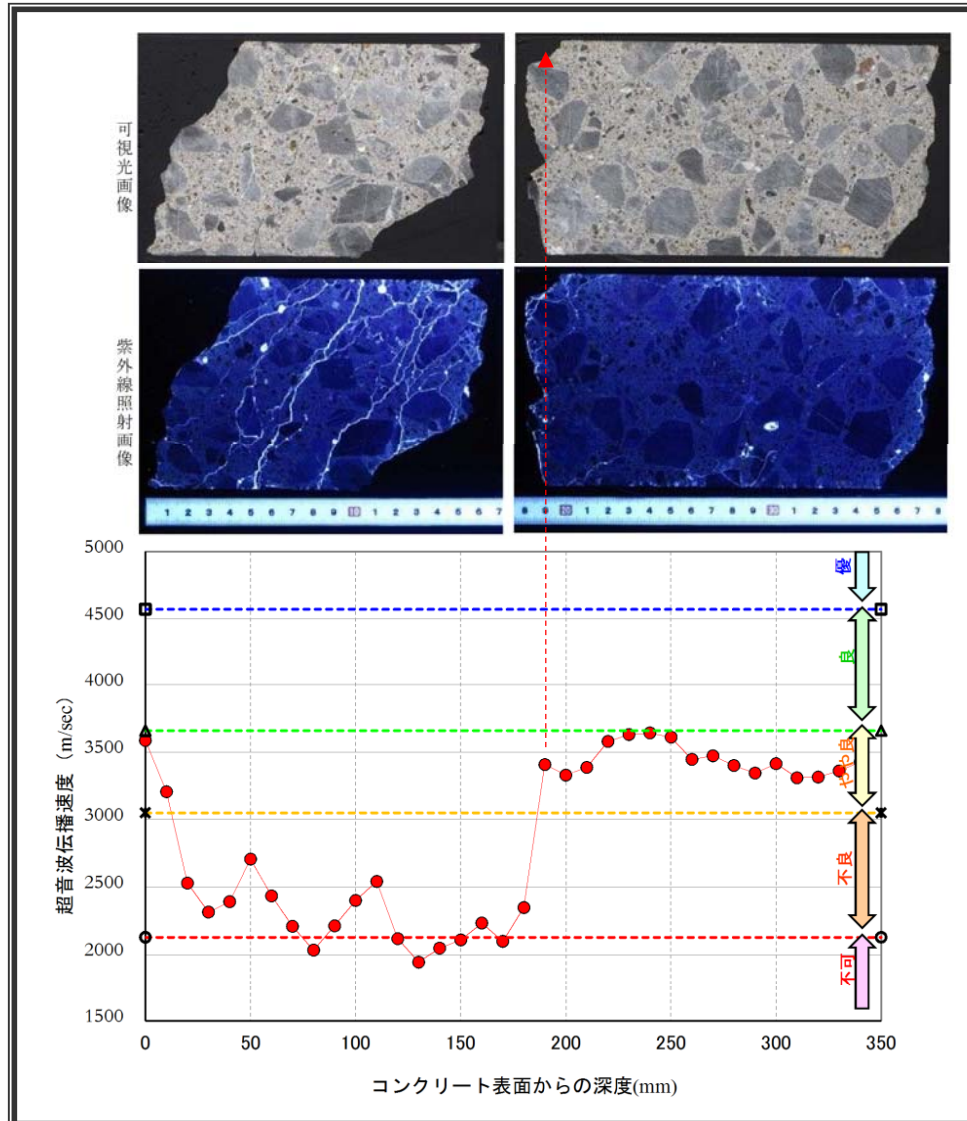


超音波伝播速度のASTM評価基準

超音波伝播速度(m/sec)	品質
4,570 以上	優
3,660 ~ 4,570	良
3,050 ~ 3,660	やや良
2,130 ~ 3,050	不良
2,130 以下	不可

本手法の課題(その1)～定量的に評価するために

蛍光エポキシ樹脂含浸法と超音波による透過法の併用



- ・表層部から200mm程度まで内部ひび割れが見られる(定性的)

- ・骨材を通るひび割れが認められない(定性的)

- ・表層部から200mm程度まで、3,000m/secを下回る(定量的)



定性的かつ定量的な評価が可能
(劣化原因は凍害, 最大深さは200mm程度)

本手法の課題(その2)～内部の状態をよりわかりやすくするために

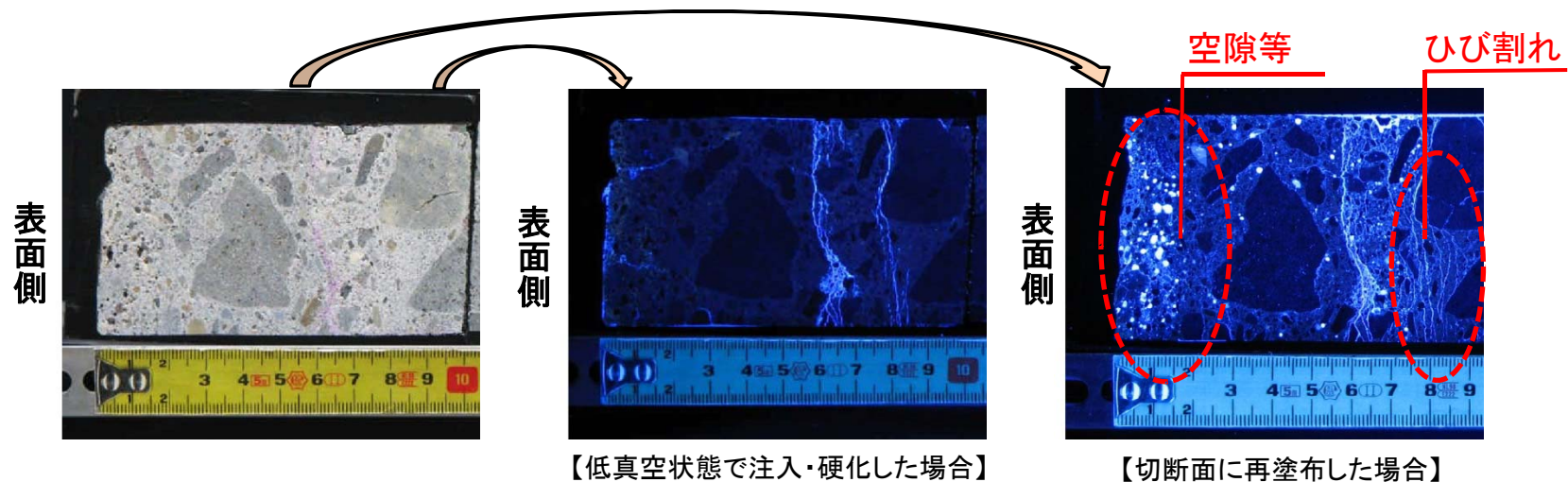
本手法は、連行したひび割れにのみ樹脂が含浸されるため、以下の問題が考えられる。

- ・ひび割れが内部のみで閉塞している場合は、可視化ができない
- ・気泡や空隙(骨材の抜け落ち部)等の可視化ができない



実際の内部性状を把握するためには・・・

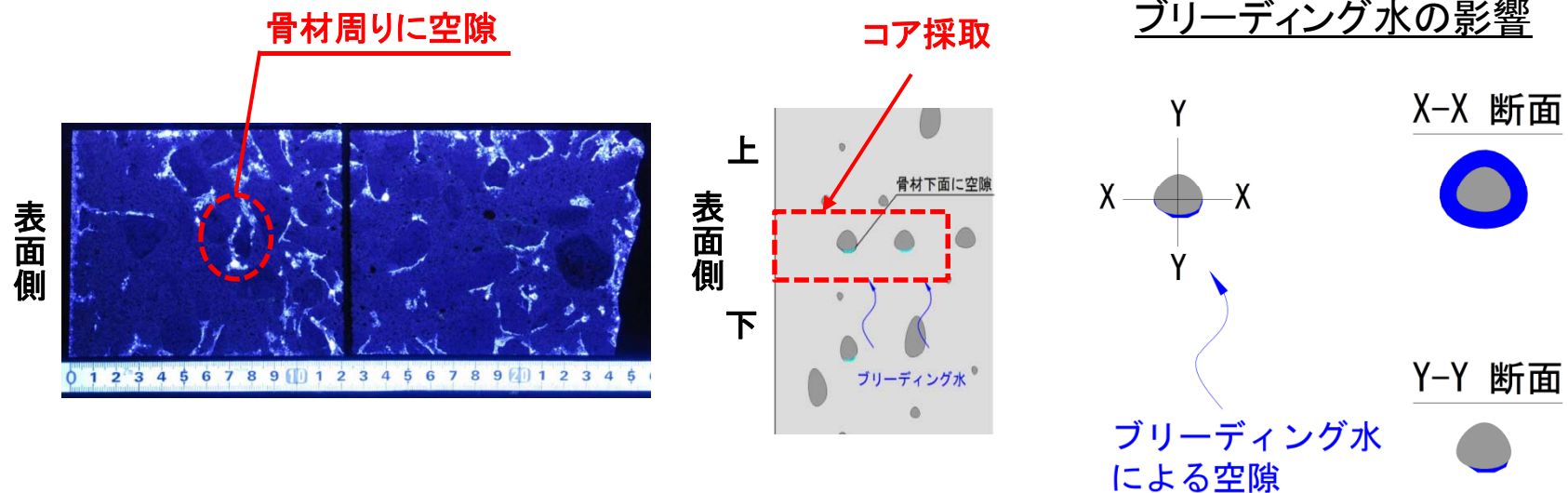
コアの切断面に直接、蛍光塗料を混入した樹脂を塗布し、可視化する方法。
⇒健全部においても、気泡や空隙、ひび割れの存在を把握することが可能。



本試験の留意点

蛍光エポキシ樹脂含浸法の観察において、以下のような事例がある。

コアを採取後、上下方向不明のまま、切断方向(X軸で切断)を間違えると、ブリーディング水の影響により、骨材周りに空隙が見られる。



切断面への配慮

- ・側面でのコア採取の際は、上下方向を明確すること。

おわりに

- 本手法は、コンクリート内部の微細ひび割れを可視化することにより、劣化の有無や原因の推定および程度についての知見を得ることができる。
- 超音波法(透過法)との併用により、定性的かつ定量的な評価を行うことが可能である。
- 今後は、さらに適用事例を蓄積し、精度向上や効率的な維持管理を行うために、研究を重ねていく予定である。その結果、積雪寒冷地である北海道内の構造物の一助となれば幸いである。