

第6回シンポジウム「コンクリート構造物の非破壊検査」
2018年8月2日 於：芝浦工業大学豊洲キャンパス

報告 超音波トモグラフィ装置を用いた コンクリート内部の非破壊試験・調査事例



(株)地球システム科学
青木あすなろ建設(株)

○坂本浩之（正会員）・三上創史
新井佑一郎・佐藤俊男・牛島栄

内容

- **1. はじめに**
- **2. 調査概要**
 - 2.1 超音波トモグラフィ装置の概要
 - 2.2 模擬試験体を用いた調査の概要
- **3. 各試験体の概要と検証結果**
 - 3.1 床版モデルの概要と検証結果
 - 3.2 トンネル覆工モデルの概要と検証結果
 - 3.3 基礎梁、スラブ・壁モデルの概要と検証結果
 - 3.4 コア抜きによるかぶり実測値との比較
- **4. まとめ**

1. はじめに

高度経済成長期に建設された大量のコンクリート構造物は、建設から40～50年が経過し、**大規模な改修・更新が必要な時期**を迎えている。

特に改修工事を行う場合、躯体への開口新設、アンカー打設が行われるため、**コンクリート内部の配筋状態や埋設配管の位置や有無を調査する必要がある。**

本報では、超音波トモグラフィ装置を用いた、実構造物を模擬した供試体において実施した、**コンクリート内部の配筋状態、埋設配管、版厚の非破壊試験、調査事例**についての検証結果を報告する。

適用性を検証しながら、データ蓄積を進めて点検・診断に活かしたい。

表-1 RC構造物の非破壊試験法の特徴¹⁾

分類	検査・点検項目	非破壊試験法					
		弾性波				電磁波	
		超音波		衝撃弾性波	打音	電磁波レーダー	電磁誘導
		超音波トモグラフィ	超音波				
概観	使用周波数帯域	横波 25kHz ～85kHz	2MHz ～5MHz	80Hz ～35kHz	20Hz ～20kHz	1600MHz ～600MHz	20kHz ～40kHz
	適用可能深さ	2.0m	1m	2.5m	0.3m	0.2m	0.1m
	施工不良(ジャンカ、コールドジョイント)	○	○	○	○	○	
検査	配筋状態	○ 多段配筋可				○	○
	かぶり厚さ	○ 多段配筋可				○ 上筋可	○ 上筋可
	コンクリート品質	強度	○	○			
		緻密性	○※	○			
点検	部材厚さ・内部欠陥(空洞、配管)		○	○	○	○	
	ひび割れ・はくり		○	○	○		

※ 超音波伝搬速度(横波)の大小による表層の緻密性評価が可能。

○ 出典 大成出版社「非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の検査・点検マニュアル」により作成

2. 調査概要

2.1 超音波トモグラフィ装置の概要

・試験装置の仕様

外形寸法：縦38cm×横13cm×高14cm

使用周波数：25kHz-85kHz 可変 @5kHz

・アレイセンサ配置

4行×12列(CH)=48CH

・原理

CH1より超音波横波が発信される。

CH2-CH12で反射波が受信される。

反射波の伝搬時間と初期設定した横波伝搬速度から、試験装置の解析ソフトによって、2次元トモグラフィ画像として内部の鉄筋、配管等を表示する。



写真-1 試験装置



写真-2 アレイセンサの配置状況

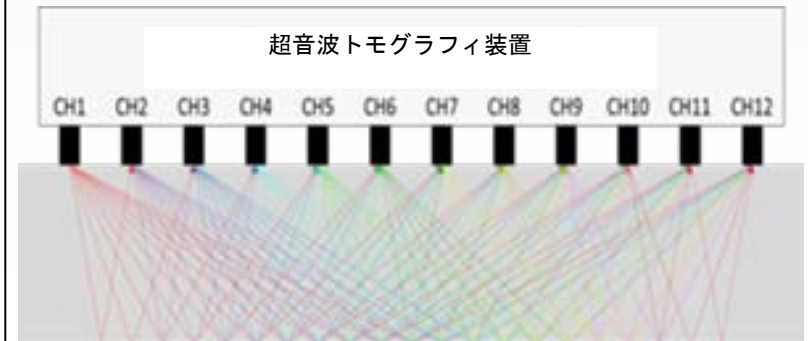


図-1 超音波伝搬のイメージ

2.2 模擬試験体を用いた調査の概要

4つの試験体を用いて検証した。

表-2 検証に用いた試験体概要

試験体	板厚, 断面(mm)	鉄筋	空隙	備考
床板 ²⁾	500	D22, D19	電気配管	
トンネル覆工 ²⁾	400	D16	なし	
基礎梁 ^{3),4)}	1000×950	D10～D35	なし	コア抜き調査実施
スラブ・壁 ^{3),4)}	200	D13	なし	コア抜き調査実施

試験体調査に関する引用文献

2) 坂本, 三上, 牛島: 超音波トモグラフィ・非破壊検査装置を用いたコンクリート構造物の調査事例, セメントコンクリート, No.810, pp.50-58, 2014.8

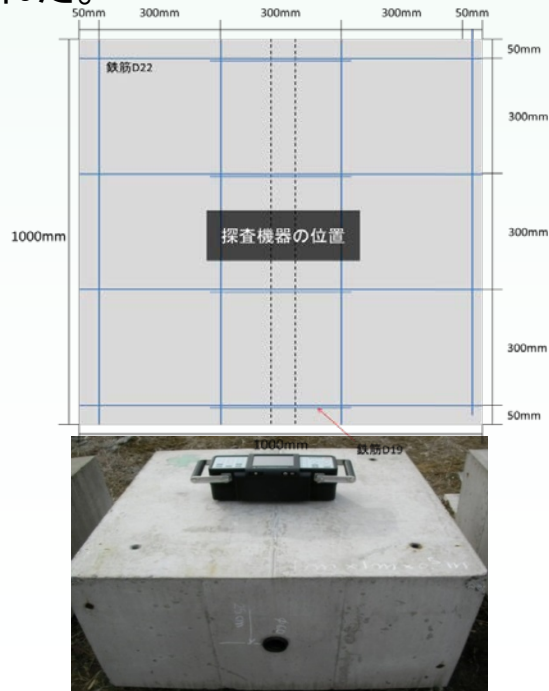
3) 新井, 坂本, 三上, 牛島: 超音波アレイセンサ(横波)を用いたコンクリートの非破壊試験法に関する検証, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1831-1836, 2017.7

4) 新井, 坂本, 三上, 佐藤, 牛島: 超音波横波トモグラフィ装置によるコンクリート内部調査事例, 土木学会 第72回年次学術講演梗概集, pp.509-510, 2017.9

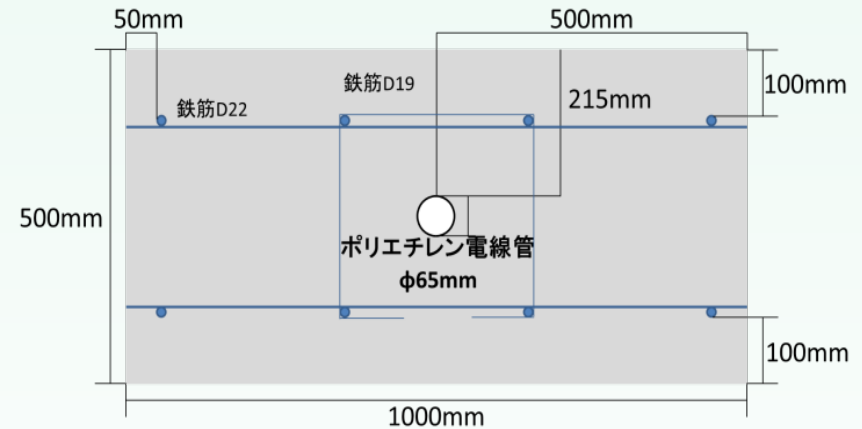
3. 各試験体における検証の概要と結果

3.1 床版モデルの概要と検証結果

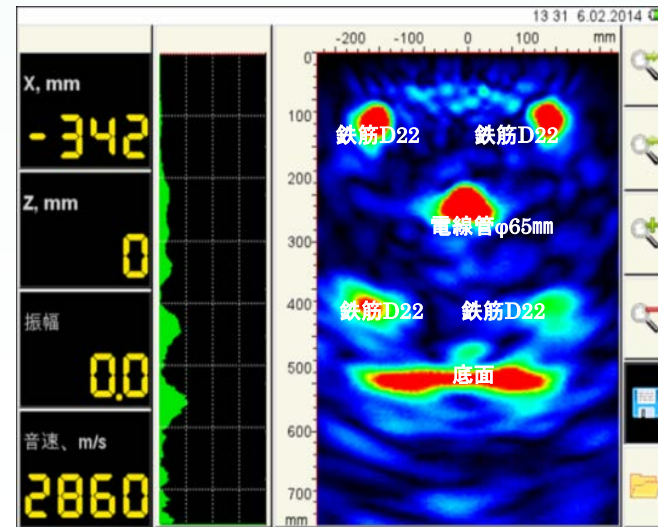
- ・検証結果から、D22の2段配筋およびポリエチレン電線管φ65mmが検知できた。
- ・検証位置は試験体断面図と良く整合した。
- ・版厚500mmの部分に線状の強い底面反射が検知され、精度よく検出可能であることが確認された。



写真－3 試験位置



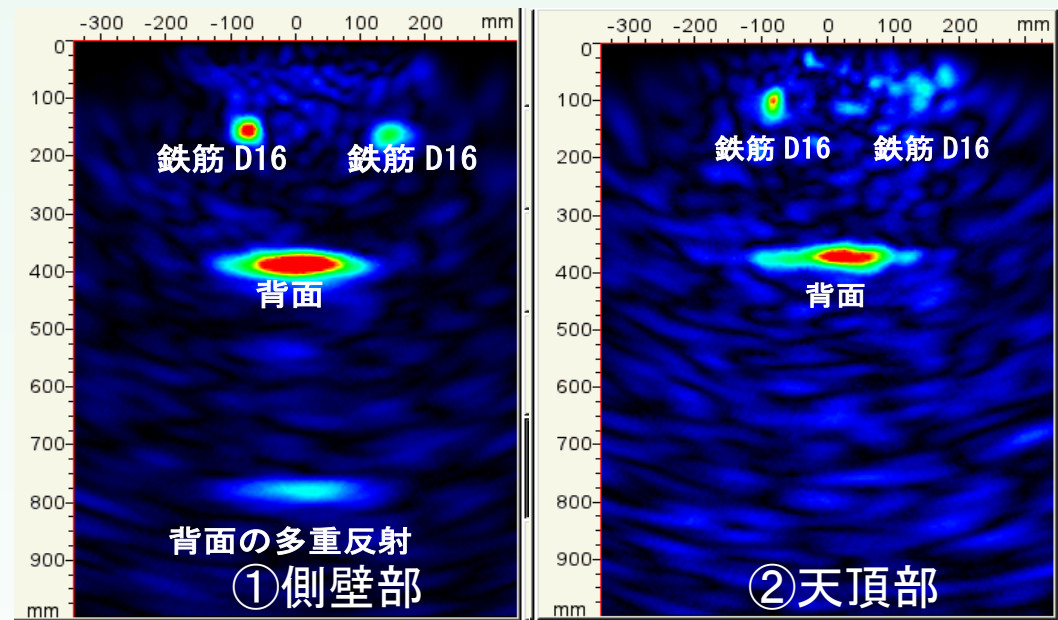
図－2 RC床版試験体の断面



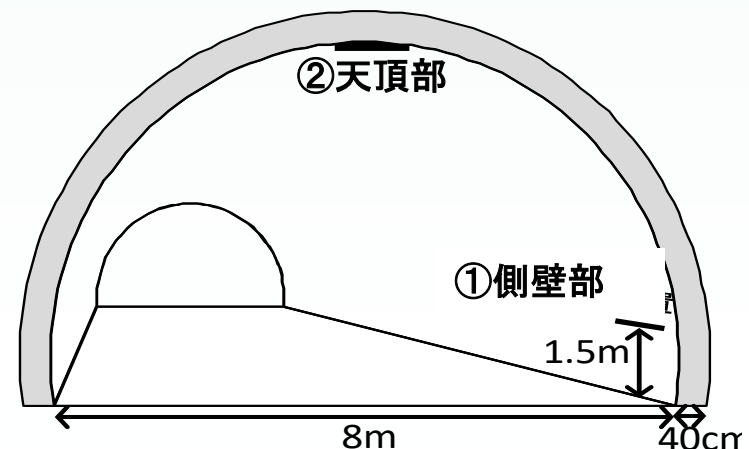
図－3 検証結果

3.2 トンネル覆工モデルの概要と検証結果

- ・側壁部の鉄筋D16、かぶり150mm、鉄筋間隔250mmに配置された鉄筋、厚さ400mmから背面反射波が明瞭に検知できた。
- ・背面からの多重反射が800mm深度に検知された。
- ・頂部では、鉄筋径D16、かぶり100mm、鉄筋間隔250mmに配置された鉄筋、厚さ380mmから背面反射波が検知できた。
- ・頂部の鉄筋かぶりは、側壁部150mmに比べて50mm小さくなった。打設時のコンクリートによる鉄筋の沈み込みによるものと推察される。



図ー5 トンネル覆工の探査結果



写真ー4 トンネル覆工モデル写真

図ー4 トンネル試験体探査位置

3.3 基礎梁、スラブ・壁モデルの概要と検証結果

表-3 基礎梁モデルの配筋

領域名	主筋	スターラップ	上面かぶり
u, s	7-D32	D13@100	11.5cm
r	7-D35	D16@100	8cm
c	7-D35, 7-D32		8cm

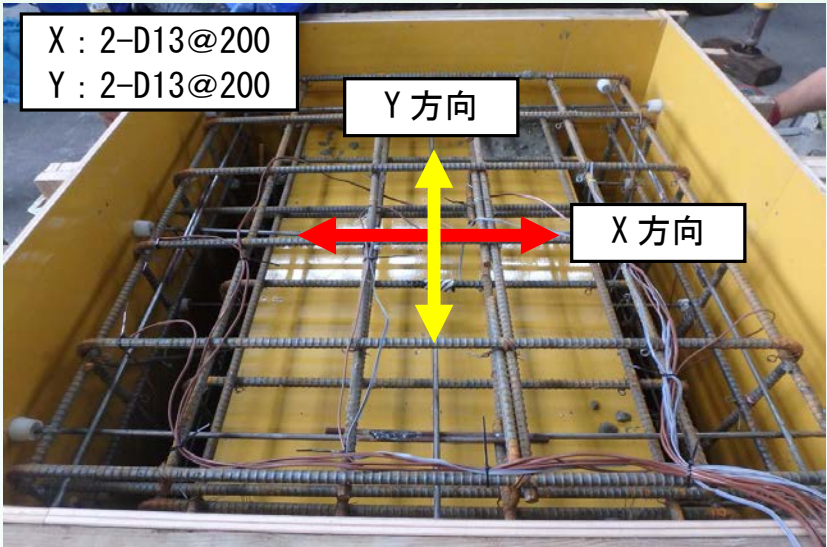


写真-5 スラブ・壁モデル配筋

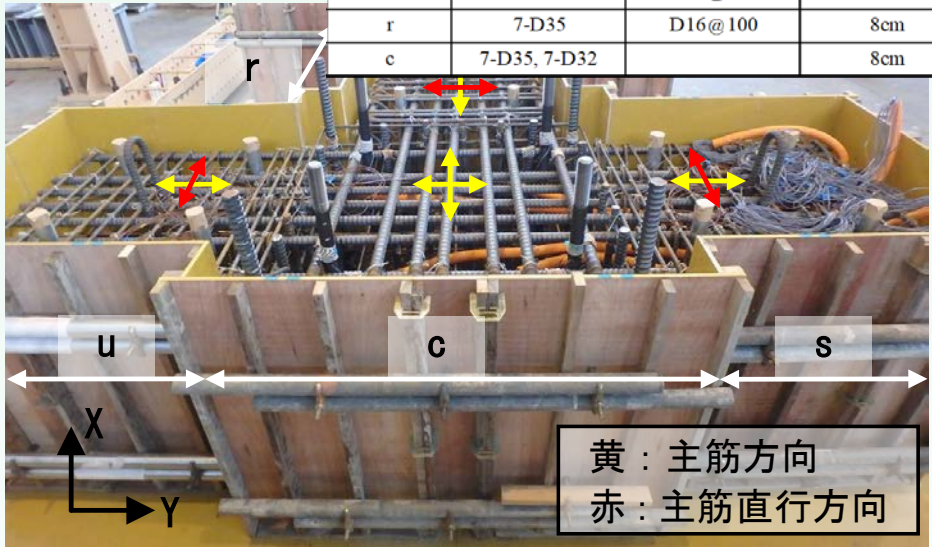
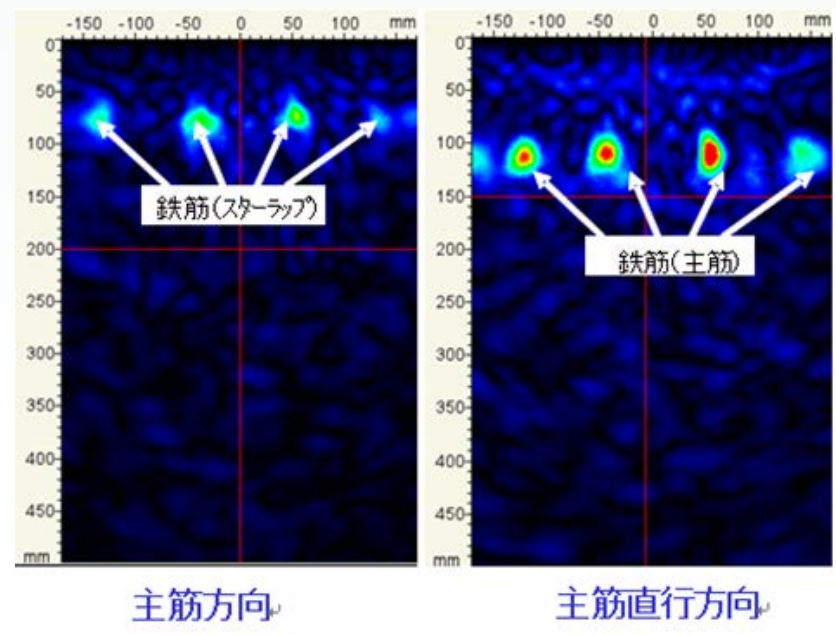
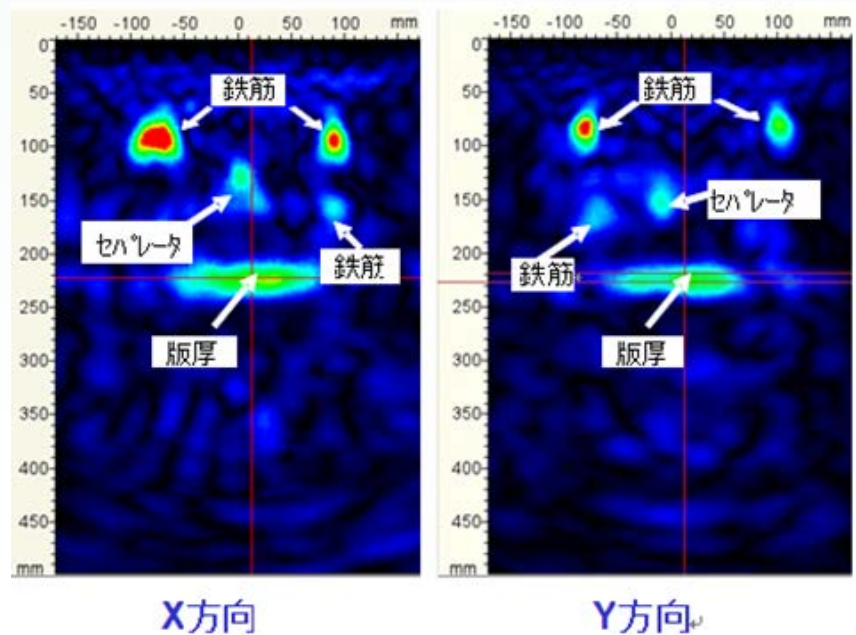


写真-6 基礎梁モデル配筋



- ・スラブ・壁モデルは、鉄筋量は0.63%で細径の鉄筋
- ・基礎梁モデルは、鉄筋量が1.17～1.41%と多く、太径の鉄筋
- ・矢印(黄色、赤色)に示す方向で、超音波トモグラフィ装置による検出を行った
- ・調査方向の影響として、基礎梁試験体では主筋方向による差が考えられる

**配筋量・鉄筋径が異なる2種類の試験体において、
超音波トモグラフィ装置を用いて、断面内の検出の有効性を確認した。**

- ・スラブ壁モデルによる場bb板厚の計測は、実測値とほぼ同じ値となった
- ・上端筋の鉄筋間隔は、試験体設計時の値とほぼ同一となった
- ・基礎梁では、鉄筋太さ(主筋・スターラップ)により反射の強さが異なることが分かった
- ・ダブル配筋の検出精度について、今後の課題として検討する

**配筋量と鉄筋径が大きく異なる2種類の試験体において、
双方とも同等の検出精度であることを確認した。**

表－4 スラブ・壁モデルの計測値と実測値比較

診断項目	計測値(mm)	実測値(mm)	誤差(mm)	誤差率(%)
上筋かぶり厚	75	70	5	7.1
	85	80	5	6.3
鉄筋間隔	190	195	-5	-2.6
	185	190	-5	-2.6

表－5 基礎梁モデルの計測値と実測値比較

診断項目	計測値(mm)	実測値(mm)	誤差(mm)	誤差率(%)
上筋かぶり厚	75	70	5	7.1
	105	115	-10	-8.7
鉄筋間隔	100	100	0	0.0
	95	100	-5	-5.0
	95	100	-5	-5.0
	90	95	-5	-5.3
	100	100	0	0.0
	95	100	-5	-5.0

3.4 コア抜きによるかぶり実測値との比較

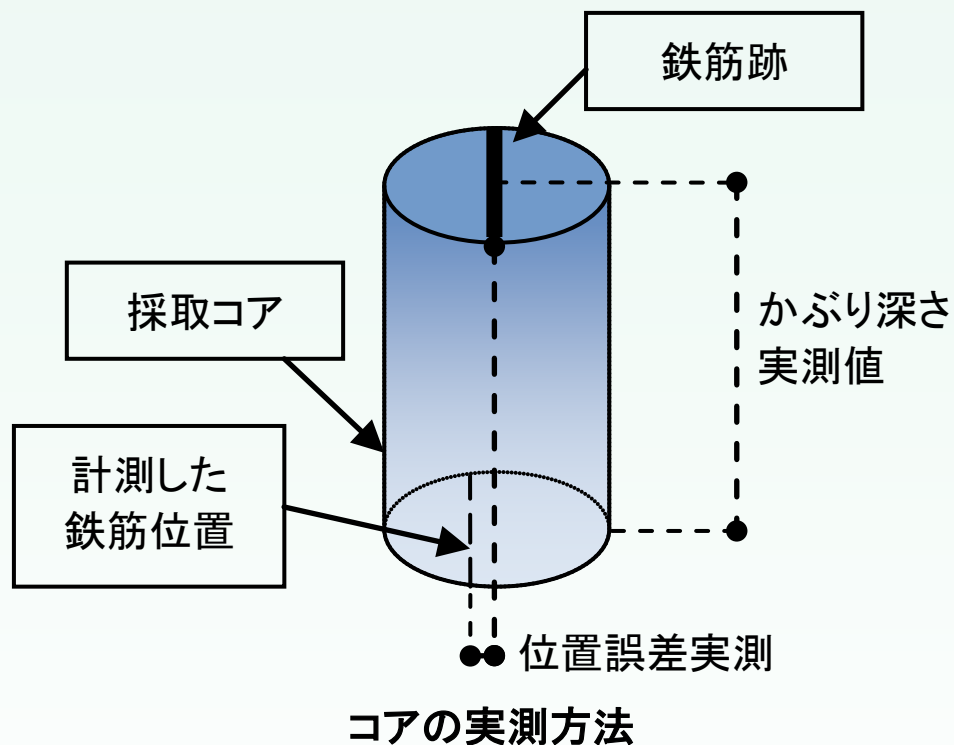
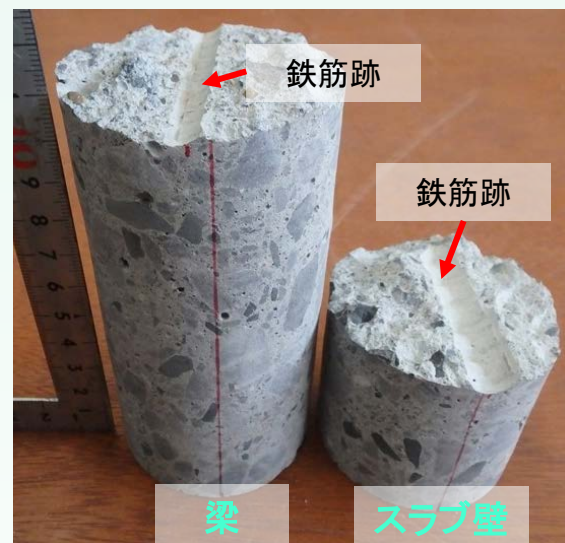
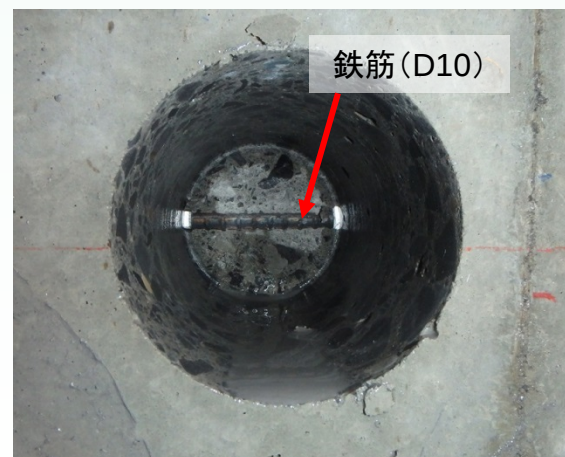


表-6 計測値と実測値の比較

調査部位	鉄筋	鉄筋かぶり			位置誤差 (mm)
		計測(mm)	実測(mm)	誤差率(%)	
壁	D13	50	50	0	1.5
梁	D10	110	111	0.9	4



採取コアの状況(Φ-50mm)



コア採取後の内部(梁モデル)

かぶり厚さ、鉄筋位置の検出精度は良好であった。

4. まとめ

- ・超音波トモグラフィ装置を用いて、各種コンクリート構造物を模擬した試験体内部の鉄筋、電気配管、版厚の検知と鉄筋探査精度について非破壊試験を行った結果、以下のことが確認できた。
- ・床版モデルでは、版厚50cm、D22ダブル配筋、ポリエチレン電線管 ϕ 65mm・かぶり215mmの検知ができた。
- ・トンネル覆工モデルでは、覆工厚40cm、D16シングル配筋・かぶり150mmが検知できた。
- ・基礎梁、スラブ(版厚235mm)・壁モデルでは、鉄筋位置の検出を行った。その結果、試験体設計時の鉄筋位置と概ね対応することが確認された。
- ・コアによるかぶり実測値との比較において、検知精度は高く、診断も短時間で容易に行えることが確認できた。
- ・今後も実構造物での試験データを更に蓄積し、適用性、検知精度を検証することで、インフラストックであるコンクリート構造物の点検・診断に貢献できればと考えている。