

超音波横波トモグラフィ装置による 配合が異なるRC壁の鉄筋探査事例



青木あすなろ建設(株)	正会員	○新井 佑一郎
	フェロー会員	牛島 栄
(株)地球システム科学	正会員	坂本 浩之
		三上 創史

1.はじめに

RC構造物の改修工事では、内部の配筋や配管の状況を正確に把握し、設計や施工計画を立てる必要がある。



部材内部の把握は、設計図書のほかに構造物の調査を行わなくてはならない。調査手法は、なるべく構造物を傷めない方法、とりわけ破壊せずに調査を行う非破壊試験法の活用が不可欠である。



非破壊試験法で求められる条件

正確：見えない部分を正しく調査できること(工事の円滑化)

簡便：容易で手間がかからない手法で診断作業を省力化(コスト低減)

明確：適用可能な対象物、範囲が明示できること(標準化)

調査・診断技術に求められるニーズは明確
新技術を常に取り入れ、ニーズを満たす方法を提案していく

本論では、超音波トモグラフィ(横波)による、コンクリート材料を変化させた配筋調査事例について報告する

2. 非破壊試験法の例

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	電磁誘導
			超音波トモグラフィ	超音波				
	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
	概観 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	○※	○	○			
	部材厚さ・内部欠陥(空洞、配管)		○	○	○	○	○	
点検	ひび割れ・はくり		○	○	○	○		

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

このほかに、X線を用いたコンクリート内部の調査手法もある。

3.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

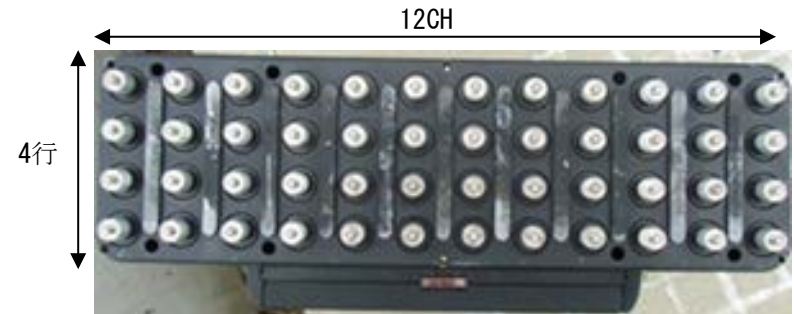
CH1より超音波横波が発信される。

CH2-CH12で反射波が受信される。

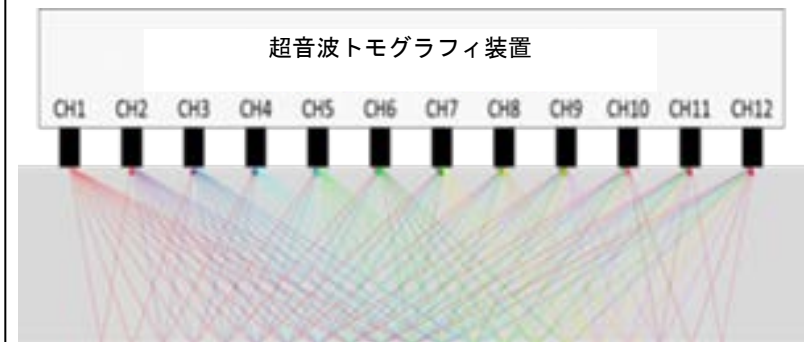
反射波の伝搬時間と初期設定した横波伝搬速度から、試験装置の解析ソフトによって、2次元トモグラフィ画像として内部の鉄筋、配管等を表示する。



試験装置



アレイセンサの配置状況



超音波伝搬のイメージ

4. 調査目的と方法

- ・既往の実験*では、土木・建築を想定した部材ごとの試験体(4種類)を用い、鉄筋位置の検出を行った。
- ・形状によらず高い精度で検出を行うことが可能であることが確認された。
- ・試験体の構成材料は普通コンクリートに限定されている。

**普通コンクリートに限定すれば高い精度で検出が可能
材料の違いによる適用範囲を明示する情報は不足**

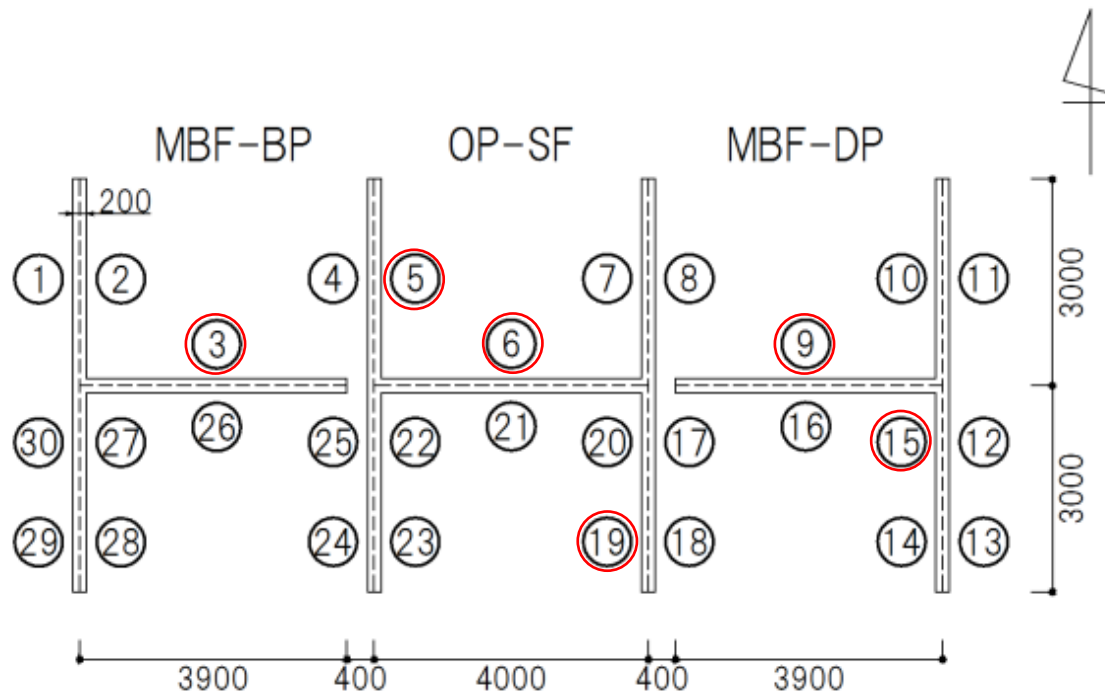


- ・近年、コンクリートは高強度化や長寿命化のために水セメント比が小さいものが用いられる傾向が強まっている。
- ・発熱を抑えるために低発熱セメントが用いられるケースも多い。
- ・非破壊試験法も多種多様なコンクリートに対応する必要がある。
- ・適用できるコンクリートの範囲を明確化しないと、実施適用は難しい。

**低発熱セメントを用いた強度の高いコンクリートで構成された
RC壁の鉄筋探査を行う**

*出典: 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.

5-1.試験体概要



試験体概要



調査状況

- ・既往の施工実験*で製作した厚さ200mmのRC壁モデルを対象に調査
- ・コンクリートは配合が異なる3種類で構成されている
- ・コンクリートは打設後22年(屋外暴露)が経過している

本論は屋外既設構造物という現実に近い条件で調査を実施

*出典: 牛島, 舟川: 寒中時養生方法が各種混和材料を用いた高流動コンクリートの諸性状に及ぼす影響, 材料 53巻(2004)10号, 日本材料学会

5-2.試験体概要

試験体コンクリートの配合

配合	W/C (%)	単位量(kg/m ³)				増粘剤	
		水	セメント	細骨材	粗骨材	種類	(kg/m ³)
MBF-DP	35	175	500	741	861	DP	1.0
MBF-BP	35	175	500	741	861	BP	0.5
OP-SF	50	185	370	865	861	SF	0.4

※セメントに対する重量比 MBF:低発熱3成分セメント, OP:普通ポルトランドセメント

DP:微生物菌体, BP:多糖類ポリマー, SF:セルロース系

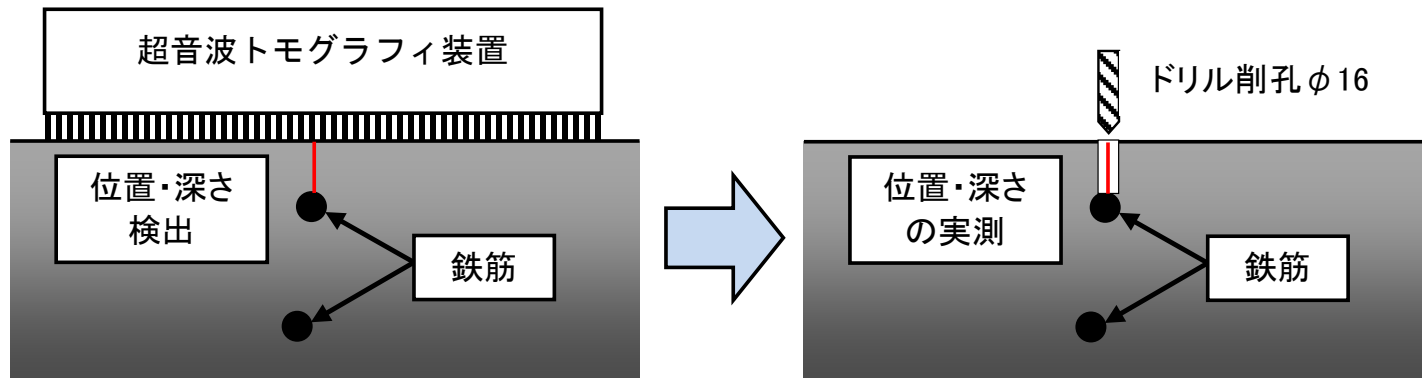
圧縮試験結果

配合	圧縮強度(N/mm ²)			静弾性係数(kN/mm ²)		
	平均	標準偏差	データ数	平均	標準偏差	データ数
MBF-DP	58.5*	6.71	7	27.7	1.04	8
MBF-BP	55.8*	4.67	8	27.3	0.89	8
OP-SF	35.3	2.56	14	19.8	1.20	13

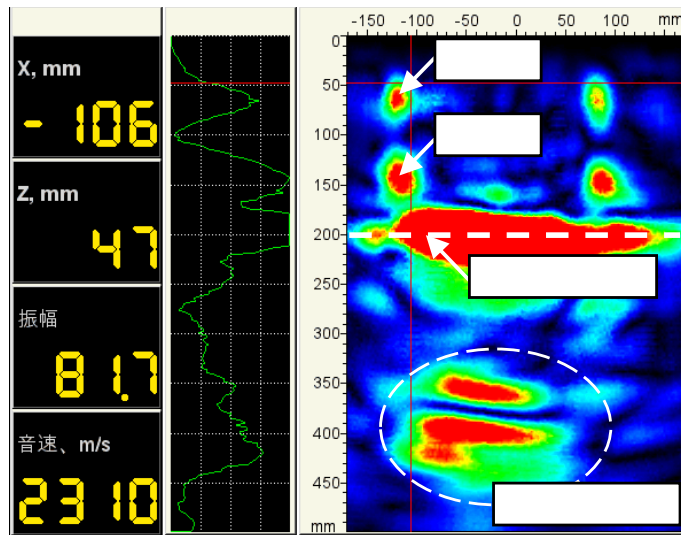
*: アンボンドキャップの許容値を超える供試体があったため参考値

水セメント比が少ない高強度コンクリートを用いている

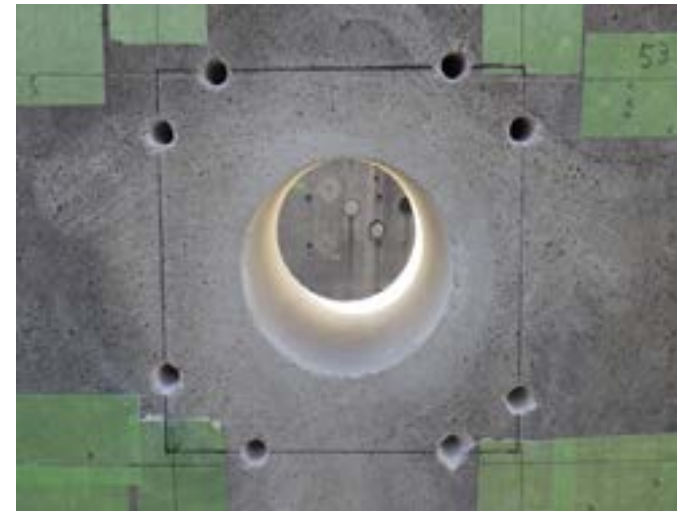
6.調査方法



鉄筋位置の計測と実測の比較イメージ



トモグラフィ画像



ドリル削孔後

非破壊試験後に鉄筋位置を実測し精度を検証

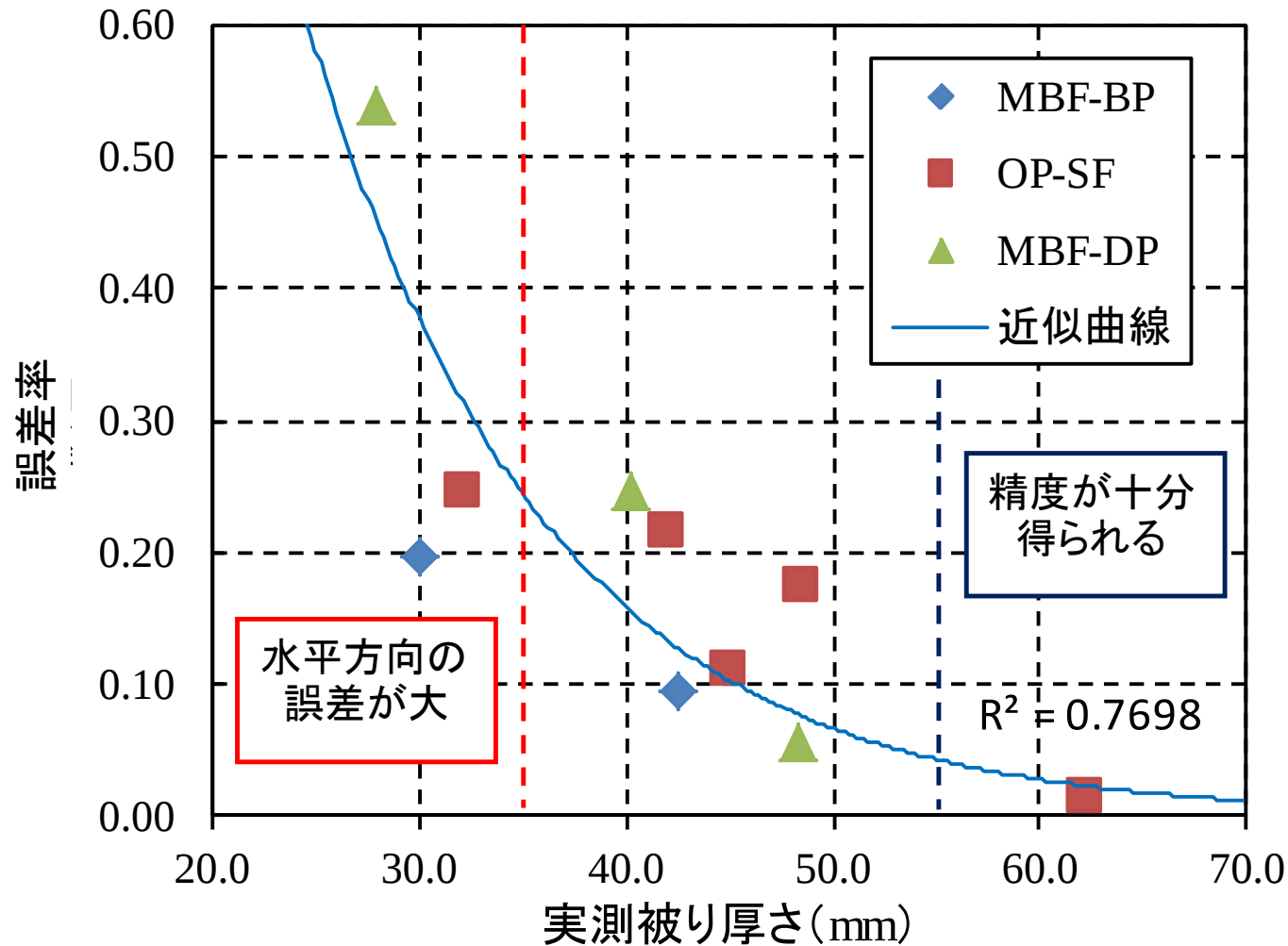
7.比較結果

被り厚さのおよび水平位置の誤差率

番号	コンクリート	鉄筋方向	被り厚さ			水平位置
			計測(mm)	実測(mm)	誤差率	誤差(mm)
③	MBF-BP	縦	36.0	30.1	0.20	0
		横	46.5	42.5	0.09	0
⑤	OP-SF	縦	57.0	48.5	0.17	0
		横	63.0	62.1	0.01	0
⑥	OP-SF	横	51.0	41.9	0.22	0
⑱	OP-SF	縦	40.0	32.1	0.25	3
		横	50.0	45.0	0.11	0
⑨	MBF-DP	横	51.0	48.3	0.06	0
⑮	MBF-DP	縦	43.0	28.0	0.54	4
		横	50.0	40.2	0.25	0

実測被り厚さが小さくなるほど誤差率が大きくなる

8.被り深さ-誤差率関係



コンクリートの配合によらず同一の傾向を示す

8. まとめ

本論では、超音波横波を用いた超音波トモグラフィ装置を用い、配合が異なるコンクリート壁試験体での鉄筋位置計測結果と実測結果を比較した。

- (1) 厚さ200mmの鉄筋コンクリート壁で調査を行った結果、板厚及びダブル配筋の検出が可能であることが確認された
- (2) 計測と実測により得られた鉄筋位置を比較した結果、実測の被り厚さが小さいほど誤差率が大きくなることが確認された。
- (3) 計測と実測の誤差率を比較した結果、コンクリートの配合が傾向に与える影響はほとんど見られなかった。