

日本非破壊検査工業会規格

NDTS 4101 : 2021

コンクリート中の配筋探査に使用する装置についての規格

本規格は、コンクリート構造物の健全性を評価するために、コンクリート中の配筋探査に用いる装置について規定するものである。

1. 適用範囲

本規格は、コンクリート中の鉄筋位置、かぶり厚さ及び鉄筋径の推定における電磁波レーダ法及び電磁誘導法を用いる装置の機能、性能及び装置の点検方法について規定する。

2. 引用規格

次の規格の年号がない規格については最新版を引用する。

- ① 国土交通省 非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領
- ② 日本建築学会 JASS5T-608 電磁誘導法によるコンクリート中の鉄筋位置の測定方法
- ③ 日本非破壊検査協会 NDIS3429 : 2011 コンクリートの非破壊試験
－鉄筋平面位置及びかぶり厚さの電磁波レーダ試験方法－

3. 定義

本規格で用いる主な用語の定義は、JIS Z 2300 の用語及び定義によるほかは、次による。

- ① かぶり厚さ
測定位置の表面から鉄筋の表面までの最短距離。
- ② 1 規格
鉄筋の呼び名の 1 ランクの差を指す。D13 と D16 の差は 1 規格である。
- ③ 試験体 (Test Block)
日常点検で装置が正常動作していることを確認するために用いる試験体。

4. 装置の構成、機能及び性能

4.1 電磁波レーダ法を用いた装置の構成、機能及び性能

- ① 主な構成として距離測定機能を有するアンテナ部、表示部から構成されること
- ② 性能に関しては、「表 1. 電磁波レーダ法を用いた装置の要求性能」を満たすこと

表 1. 電磁波レーダ法を用いた装置の要求性能

項目		要求性能	
装置の性能	探査対象の鉄筋の種類	当該工事で使用する鉄筋 (D10~D51) が探査可能であること	
	距離測定性能	装置の分解能 (最小読み取り数値)	5mm 以下
		鉄筋位置の許容誤差	±5mm 以下
		走査距離の許容誤差	移動距離 500mm の範囲で±5mm 以下で、且つ移動距離に対する誤差は±1%以内
		鉄筋間隔(ピッチ)の識別能力 (走査方向の分解能)	かぶり厚さが 75mm 未満の場合、75mm 以下の鉄筋間隔が測定できること
	かぶり厚さが 75mm 以上の場合、かぶり厚さの距離以下の鉄筋間隔が測定できること		
	かぶり厚さ測定性能	かぶり厚さの分解能 (最小読み取り数値)	3mm 以下
		かぶり厚さの測定精度 (許容誤差範囲) (注 1)	かぶり厚さが 50~200mm の範囲で誤差が ±5mm 以下または伝搬時間換算誤差で±0.1ns 以下
探査性能	探査深度	200mm 以上	

注 1 : ここでのかぶり厚さ測定精度は装置としての性能であり、比誘電率が既知で、安定している試験体を用いて測定したときの精度をいう。かぶり厚さ測定精度(許容誤差範囲)の詳細については、解説 3.2 電磁波レーダ法の要求性能を参照のこと。

4.2 電磁誘導法に用いる装置の構成、機能及び性能

- ① 主な構成は、センサ部、表示部とする。
- ② 得られたデータは記録可能で、パソコン等で処理出来る機能を有すること。
- ③ 性能に関しては、「表 2. 電磁誘導法を用いた装置の要求性能」を満たすこと。

表 2. 電磁誘導法を用いた装置の要求性能

項目		要求性能	
装置の性能	探査対象の鉄筋の種類	JIS G 3112 及び JIS G 3117 に規定される鉄筋コンクリート用棒鋼及び再生棒鋼で、呼び名が D10 以上かつ D38 以下のもの	
	距離測定性能	鉄筋位置の測定精度	かぶり厚さ 50mm 未満：±5mm 以内 かぶり厚さ 50mm 以上：かぶり厚さの±10%以内
		鉄筋間隔(ピッチ)の分解能(走査方向の分解能)	かぶり厚さが 50mm 未満の場合、75mm 以下の鉄筋間隔が測定できること かぶり厚さが 50mm 以上の場合、かぶり厚さ×1.5 倍以下の鉄筋間隔が測定できること
	かぶり厚さ測定性能	かぶり厚さの分解能(最小読み取り数値)	1 mm 以下
		かぶり厚さの測定精度(許容誤差範囲)(注 1)	かぶり厚さ 40mm 未満：±2mm 以内 かぶり厚さ 40mm 以上：±5%以内
	探査性能	必要探査深度	最小 10mm 以下、最大 100mm 以上
	鉄筋径の測定精度	60mm 以下の範囲で、±1 規格または±4mm 以下	

注 1：隣接する鉄筋及び交差する鉄筋がない状態での測定精度をいう。

4.3 装置の管理方法

装置は次の点検を行い、異常がないことが確認された装置を使用するものとする。

4.3.1. 定期点検校正

年に一度、装置メーカー等で、総合的な点検・校正を行う。

4.3.2. 日常点検

- ①始業前点検・・・始業前に点検を行う。
- ②作業中点検・・・作業中に、必要に応じて作業者の判断で点検を行う。
- ③終業時点検・・・その日の終業時に点検を行う。

4.3.3. 特別点検

以下の場合、簡易点検を行う

- ①装置を購入した場合(メーカーの検査成績書等で代用が可)
- ②装置の修理を行なった場合(メーカーの検査成績書等で代用が可)
- ③その他、特別に点検する必要があると認められた場合

5. 日常点検方法

5.1 電磁波レーダ法の日常点検方法

電磁波レーダ法の日常点検は、距離測定性能とかぶり厚さ測定性能を次の手順で測定し、表 1 の要求性能を評価し記録する。

(1) 走査距離の日常点検

- ① 平らな面にあらかじめ探査装置の操作開始位置及び停止位置をマーキングする。マーキング間の距離は 500mm 及び 1000mm とする。
- ② 探査装置を走査し、マーキング間の距離を読み取り、その許容誤差が表 1 の要求性能を満足することを確認する。

(2) かぶり厚さの日常点検

かぶり厚さの日常点検は、試験体(TB-R1)を使用し、次の手順によって電磁波伝搬時間を用いて実施する。

- ① 探査装置の比誘電率 ϵ を 8 又は 9 に設定し、動作モードを時間送り(フリーラン)モード^(注1)で待機させる。
- ② 試験体の中央に探査装置をセットし、約 5 秒後に金属反射板を空中かぶり厚さ $D_1(=150\text{mm})$ の位置に挿入する。約 5 秒後に引き抜き、次に空中かぶり厚さ $D_2(=450\text{mm})$ の位置に挿入し、約 5 秒後に測定を終了する。
- ③ 測定データ画像から空中かぶり厚さ D_1 、 D_2 にそれぞれ対応した電磁波伝搬時間 T_1 、 T_2 ^(注2)を測定する。
- ④ かぶり厚さの日常点検の合格基準は、空中かぶり厚さ D_2 、 D_1 間の測定電磁波伝搬時間差 $\Delta T(=T_2 - T_1)$ と、理論電磁波伝搬時間差 $\Delta T_0(=T_{20} - T_{10})$ ^(注3)との差が $\pm 0.1\text{ns}$ ^(注4)以下とする。

注 1：時間送りモードのない探査装置では、装置を試験体の開口部でレーダビームが蹴られない範囲で走行タイヤを移動させてかぶり厚さを測定する。

注 2：電磁波伝搬時間 T は、装置の比誘電率 ϵ を 8 又は 9 に設定し、かぶり厚さ測定値 D から次式により電磁波伝搬時間 T を計算する。

$$T = \frac{2\sqrt{\epsilon}}{c} \times D \quad \text{式(1)}$$

ここで、 C ：光速($3 \times 10^8 \text{m/s} = 300 \text{mm/ns}$)

注 3：比誘電率 $\epsilon=1$ の空気中では、空中かぶり厚さ $D_1=150\text{mm}$ 、 $D_2=450\text{mm}$ の電磁波伝搬時間は、式(1)より、それぞれ $T_{10}=1.0\text{ns}$ 、 $T_{20}=3.0\text{ns}$ となる。従って、理論電磁波伝搬時間差 ΔT_0 は 2.0ns である。

注 4：許容伝搬時間誤差 $\pm 0.1\text{ns}$ は、式(1)より、比誘電率 $\epsilon=9$ のコンクリート中のかぶり厚さ誤差 $\pm 5\text{mm}$ に相当する。

5.2 電磁誘導法の日常点検方法

電磁誘導法の日常点検は、かぶり厚さ測定性能を次の手順で測定し、表 2 の要求性能を評価し記録する。

(1) かぶり厚さの日常点検

かぶり厚さの日常点検は、各メーカー推奨のテストブロック、または、試験体(TB-E1)を使用し、次の手順により実施する。

- ① 試験体(TB-E1)を準備し、平坦な机や台の上に置く^(注1)。
- ② 装置の使用方法に応じて初期設定を行なう
- ③ 試験体にセンサを置き、ゆっくりとスライドさせる^(注2)。

④かぶり厚さ精度については、試験体の測定位置を変えて、かぶり厚さ 20mm 以下と、50mm 以上 100mm 未満の 2 箇所を測定する。

⑤測定値が、「表 2. 電磁誘導法を用いた装置の要求性能」の基準を満たしているか確認する。
2 箇所とも基準内にあることで日常点検合格とする。

注 1：試験体は、300mm 以内に金属等磁性体含まない台の上で使用する。

注 2：センサは、標準試験体の鉄筋と平行になるように置き、その鉄筋の上を横切るように走査する。誤差が生じないような速度で走査する。

6. 日常点検に用いる試験体

6.1 電磁波レーダ法の試験体

6.1.1 適用範囲

探査装置の日常点検に使用する試験体 (TB-R1) について規定する。

6.1.2 形状と材料

①形状は図 1 を参考とする。材料は木材、プラスチックなど誘電率低いものとし、装置設置用板から、50mm ピッチ間隔で 50～450mm の深さに反射金属板を載せる棚を設けること。装置設置用板上面から各棚までの距離精度は±1mm 以下のこと。

②装置設置用板は、電波送受信のためセンター振り分けで 120×220[□]の開口部を設けること。装置設置用板及び開口部の寸法は装置に合わせて変更する。

③反射金属板の材質はアルミニウム、寸法は 225W×300D×2t とする。

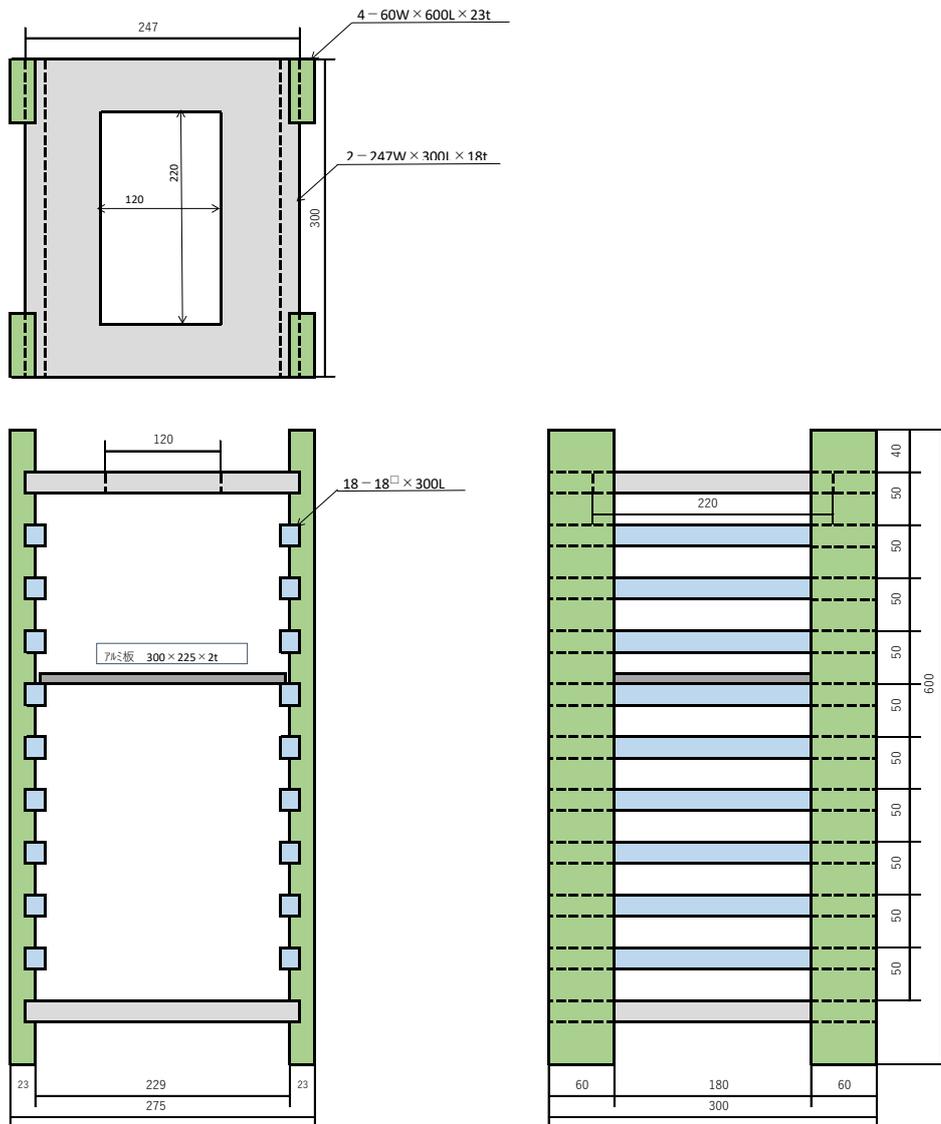


図1 試験体(TB-R1)

6.2 電磁誘導法の試験体

6.2.1 適用範囲

探査装置の日常点検に使用する試験体 (TB-E1) について規定する。

6.2.2 形状と材料

- ① 材料は磁気成分を含まないものとする。
- ② 使用する鉄筋は、JIS G 3112 に規定する SD345 を使用する。
- ③ 鉄筋径は、D16 とする。
- ④ 鉄筋のかぶり厚さは、20mm 以下、50mm 以上について各一点測定可能なものとする。
- ⑤ 試験体(TB-E1)の各寸法は図2、図3に定めるとおりとする。

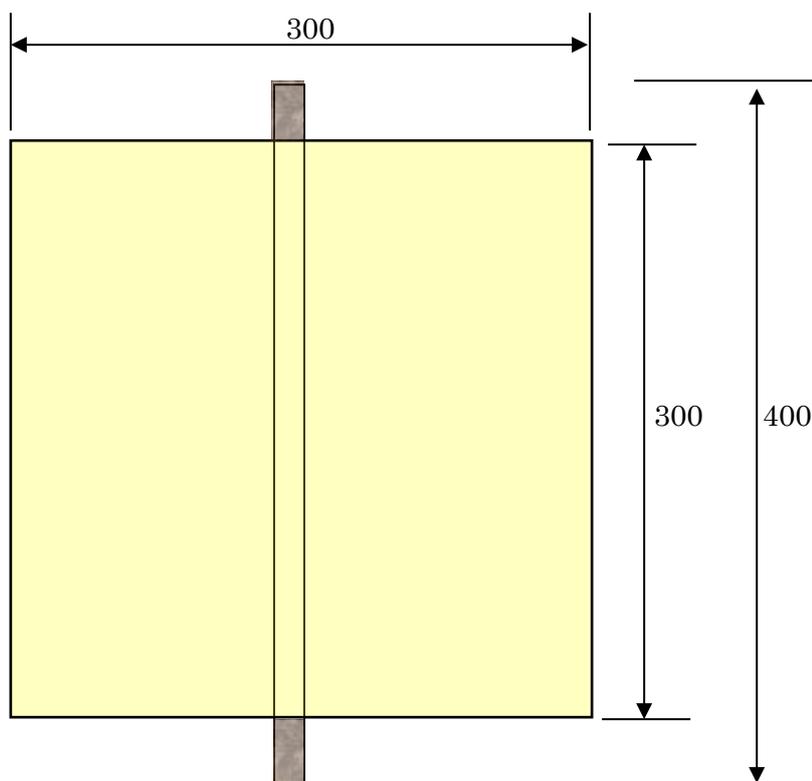


図2 TB-E1の平面図

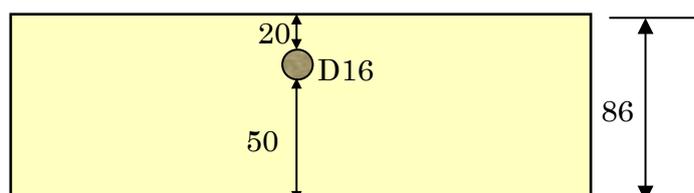


図3 TB-E1の側面図

【解説】

本解説は、本規格を制定・改正するにあたって関連した事項を説明するものであって、規格の一部ではない。

1. 制定の経緯

既存のコンクリート構造物、特に1950～70年代に大量に建設されたものの寿命といわれる時期が到来してきている。また先の阪神・淡路大震災、耐震強度偽装事件が発生するなど、社会資本としてのコンクリート構造物を適切にメンテナンスするための診断方法の確立が望まれている。これらの診断のためには、測定装置を使用する技術者の力量が診断結果を左右するため、社団法人日本非破壊検査工業会（以下、工業会）では、コンクリート配筋探査講習会を実施し、技術の向上を図ってきた。

また、技術者資格認証制度の立ち上げに伴い、国土交通省より、機器の認定基準（校正方法等含む）及び判定基準の制定が要請されていた。

これに対応するため、工業会内に機器認定（判定）基準化WGを設置し検討を行ない、理事会の承認を経て、まとめたものが本書である。

2. 改正の趣旨

2.1 改正の経緯

本規格は、平成 20 年 9 月に制定されて以来改正されていない。この規格制定後、関連する次の規格が、制定され、可能な限りこれら規格との整合を図る必要がある。

① 日本建築学会規格

・ JASS 5 T-608:2009 電磁誘導法によるコンクリート中の鉄筋位置の測定方法

② 日本非破壊検査協会規格

・ NDIS 3429:2011 電磁波レーダ法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法

・ NDIS 3430:2011 電磁誘導法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法

また、電磁波レーダ法の要求性能の一部不明確な点及び日常点検方法の実現性に困難な点があることが判明したため、改正が必要となった。

2.2 主な改正点

この規格の主な改正点は、次のとおりである。

- (1) かぶり厚さの用語の定義は、NDIS 3429、3430 と整合性をとるため、“かぶり(厚さ)”の表記から括弧を外した“かぶり厚さ”に統一した。
- (2) 電磁波レーダ法のかぶり厚さの測定精度の要求性能に伝搬時間換算誤差を追加した。電磁波レーダ法のかぶり厚さ測定性能の日常点検方法を全面的に見直した。日常点検に使用する試験体の電磁波伝搬媒質を空気とすることで、伝搬媒質の比誘電率を測定することなく基準のかぶり厚さを設定することを可能とした。
- (3) 日常点検に使用する試験体の表記を、対比試験体(Reference Block)から試験体(Test Block)に変更した。ここに規定した試験体は、対比すべき標準試験体がなく、それ自身が標準試験体(Standard Test Block)に準ずる試験体であるため、単なる試験体と表記した。

3. 改正内容の解説

ここでは、改正内容の技術的根拠及び補足的事項を中心にして解説する。

3.1 かぶり厚さの定義

NDIS 3429:2011、NDIS 3430:2011 の制定に伴い、規格の整合をとるために用語と定義を、上記規格に合わせ改正した。従来の用語は、かぶり(厚さ)としていた。

3.2 電磁波レーダ法の要求性能

(1) 距離測定性能

装置の性能向上を鑑みて、NDIS 3429 の規格と整合をとるため上記規格に合わせ改正した。

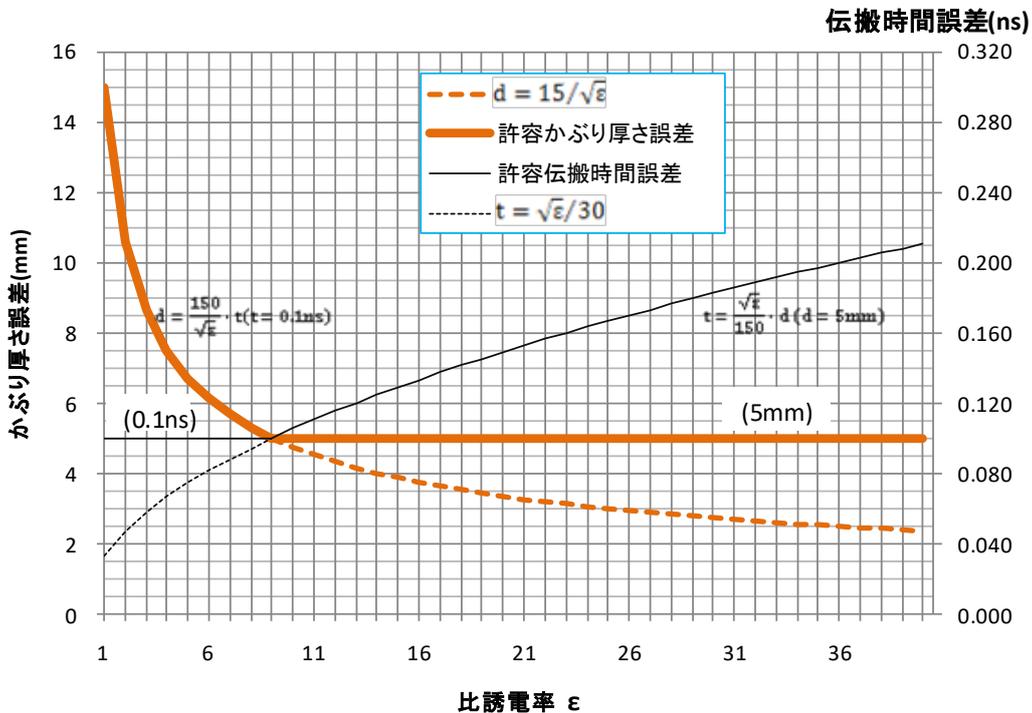
(2) かぶり厚さ測定性能

改正前のかぶり厚さの測定精度は 50～200mm の測定範囲内において、比誘電率が既知で、安定している試験体を用いて、一律±5mm 以下と規定されていたが、この要求性能は、次の観点から試験条件に不備が見られ改正を検討した。

- ① 比誘電率が既知で安定した試験体とあるが、試験体の比誘電率が特定されていない。どんな比誘電率の値をもつ試験体でも使用できることになる。
- ② 電磁波レーダ法のかぶり厚さ測定原理は、電磁波の被検査体(鉄筋)からの往復伝搬時間と伝搬媒質の伝搬速度から算出している。一般的に装置の測定分解能は、伝搬時間の測定時間分解能に依存する。従って、伝搬媒質の比誘電率により伝搬速度が、異なるため、装置

のかぶり厚さ測定分解能(誤差)は、伝搬媒質の比誘電率の値に依存することになり、一律なかぶり厚さ誤差の標記だけでは十分ではなく、伝搬時間差の規定を併記する必要がある。今回の改正では、かぶり厚さ測定精度(許容誤差範囲)をかぶり厚さ誤差が±5mm 以下、または伝搬時間換算誤差±0.1ns 以下とした。

解説図 1 は、伝搬媒質の比誘電率に対する電磁波レーダ法許容誤差の計算値を図示したもので、許容かぶり厚さ誤差 d は、比誘電率 $\epsilon > 9$ のとき±5mm、比誘電率 $\epsilon \leq 9$ のときは $\pm d = 15/\sqrt{\epsilon}$ (mm)となる。また、伝搬時間誤差 t は、比誘電率 $\epsilon > 9$ のとき $\pm t = \sqrt{\epsilon}/30$ (ns)、比誘電率 $\epsilon \leq 9$ のときは±0.1ns となる。比誘電率 9 は、コンクリートの比誘電率を想定し、この時のかぶり厚さ誤差±5mm、伝搬時間誤差±0.1ns を基準としている。



解説図 1 比誘電率と電磁波レーダ許容誤差の関係

3.3 電磁誘導法の要求性能

NDIS 3430:2011 の規格と整合をとるため上記規格に一部合わせ改正した。

3.4 電磁波レーダ法の日常点検

改正前の点検名称は、「簡易点検」という名称としていたが、本改正では、「日常点検」という名称に統一した。始業前点検、作業中点検、終業時点検で実施する電磁波レーダ法の日常点検項目を、「走査距離」と「かぶり厚さ」の日常点検の 2 項目とし、「かぶり厚さ」の点検方法を全面的に改正した。

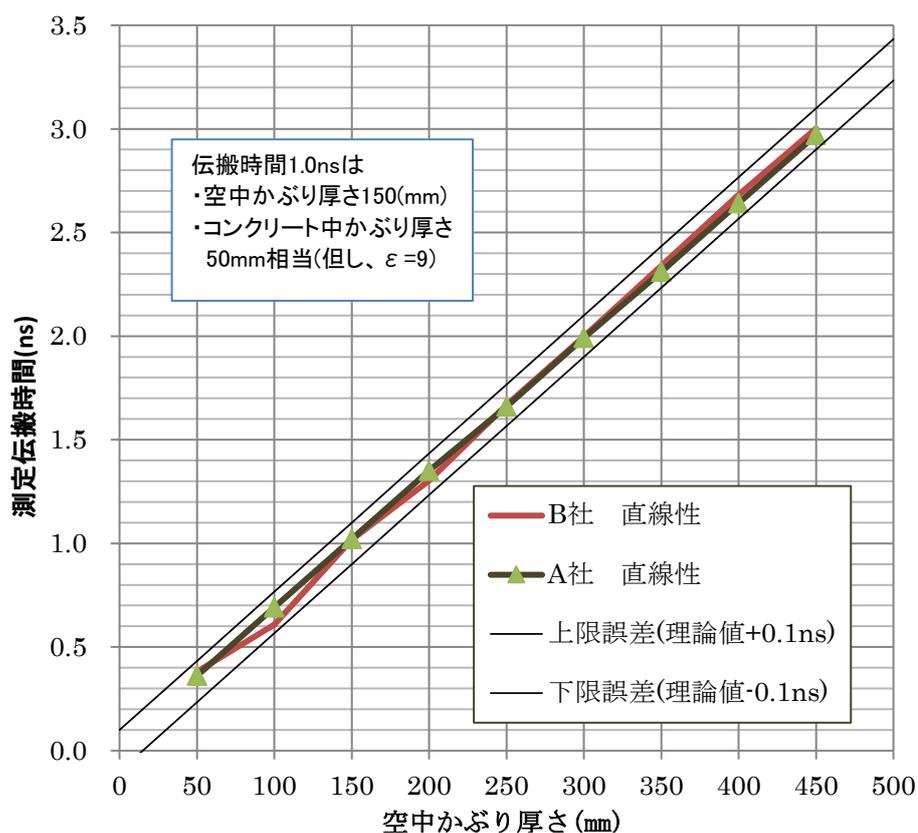
(1) 日常点検に使用する試験体

改正前の日常点検に使用する試験体として、硬質塩化ビニルを材料とした対比試験体(RB-R1)を規定したが、次のような課題があり、実現性が困難となっていた。

- ①硬質塩化ビニル樹脂の、電磁波に対する電気的特性、経時変化が明確でない。特に、日常点検には、対比試験体の比誘電率が既知であることが必須であるが、硬質塩化ビニル樹脂の比誘電率の測定、確定は困難である。
- ②総重量が約 40 kg と重くなり現場作業での取扱が容易でない。

③材料が安価でない。

配筋探査技術者の資格を保有している現場検査員からも、日常点検用の試験体の供給に対する強い要請があり、工業会では、技術部会に対比試験体検討 W/G を設置し、対比試験体(RB-R1)に替わり、電磁波の伝搬媒体を空気($\epsilon=1$)とすることで伝搬媒質の比誘電率を考慮することなく装置の点検を可能とする試験体の実現性について、実験検討を進めてきた。解説図 2 は、代表的 2 社の電磁波レーダ法探査装置について、図 1 に示す空気を伝搬媒体とする試験体(TB-R1)を使用し、かぶり厚さと伝搬時間の直線性性能を示したものである。空気かぶり厚さ 50mm~450mm(比誘電率 9 のコンクリートなかぶり厚さ 16.6mm~150.0mm 相当)の間 50mm ピッチで測定している。2 社の装置とも空気を伝搬媒体とした試験体(TB-R1)を使用した試験結果から、比誘電率 9 のコンクリートの許容誤差 $\pm 5\text{mm}$ (伝搬時間許容誤差 $\pm 0.1\text{ns}$)以内であることが判明し、試験体(TB-R1)の有効性が証明された。



解説図 2 電磁波レーダ直線性試験データ例

(2) 日常点検における設定かぶり厚さと点検合否基準

日常点検の設定かぶり厚さは、比誘電率 9 のコンクリート換算でかぶり厚さ 50mm と 150mm 相当の 2 点とし、点検合否基準は、2 点間の伝搬時間差の誤差で規定した。

①設定かぶり厚さ

- ・ 空气中距離 150mm(比誘電率 9 のコンクリート換算 50mm,伝搬時間換算 1.0ns)と空气中距離 450mm(比誘電率 9 のコンクリート換算 150mm,伝搬時間換算 3.0ns)の 2 点

②点検合否基準

- ・ 上記 2 点間の伝搬時間誤差が $\pm 0.1\text{ns}$ (^{注 1})以内(比誘電率 9 のコンクリート換算 $\pm 5\text{mm}$ 以内)

3.5 電磁誘導法の日常点検

改正前と、大きな変更点はないが、日常点検に用いる試験体名称を対比試験体(RB-E1)から、試験体(TB-E1)に変更し、設定かぶり厚さは、JASS 5 T-608 の標準試験体を考慮して 20mm 及び 50mm の 2 点設定とした。