NDIS 意見受付

NDIS3429 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 原案作成委員会

この NDIS は「日本非破壊検査協会規格(NDIS)制定等に関する規則」に基づき関係者に NDIS の

制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されている NDIS についての意見提出は下記メールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日:2020年12月21日(月)

意見提出先:Email:bsn@jsndi.or.jp

Ripcome

1	まえがき
2	
3	
4	この規格は、日本非破壊検査協会規格(NDIS)制定などに関する規則に基づき、標準化委員会の審議を
5	経て、(一社)日本非破壊検査協会が制定した規格である。この規格は、著作権法で保護対象となっている
6	著作物である。
.7 Q	この規格の一部か,特計権,出願公開後の特計出願,美用新条権又は出願公開後の美用新条登録出願に 抵軸する可能性があることに注意を施起する (一社)日本非破壊検索協会は このような特許接 出願公
0 9	1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.
10	
11	
12	この規格を適用する責任は、この規格の使用者に帰する。また、規格を適用した場合に生じるかもしれ
13	ない安全上又は衛生上の諸問題に関しては、この規格の適用範囲外である。この規格の適用に際して、安
14	全上又は衛生上の規定が必要な場合は、この規格の使用者の責任で、安全又は衛生に関する規格又は指針
15 16	などを併用しなけれはならない。
17	
18	
19	
20	
21	
22	Y Y
23	
	Ripcoule

目 次

25				ページ
26	序づ	<u> </u>	•••••	1
27	1	適用範	;囲	1
28	2	引用規	格	
29	3	用語及	び定義…	1
30	4	電磁波	マーダ試	験の原理 ····································
31	5	試験技	術者	
32	6	試験装	置	
33	6.1	試験	装置の構	成 4
34	6.2	試験	装置の機	能及び性能
35	6.3	試験	装置の点	検
36	7	試験方	法	
37	7.1	試験	方法の概	要
38	7.2	事前	調査	
39	7.3	シン	グルパス	方式による1段配筋の試験方法(一般的な試験方法)
40	7.4	シン	グルパス	方式による多段配筋の試験方法
41	7.5	三次	元表示に	よる画像処理 ····································
42	7.6	マル	チパス方	式による試験方法 ····································
43	8	鉄筋平	面位置及	びかぶり厚さの推定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
44	9	報告…	•••••	6
45	9.1	必ず	報告する	事項
46	9.2	必要	に応じて	報告する事項 ······ 7
47	附属	属書 A	(参考)	電磁波レーダ試験の原理
48	附属	民書 B	(規定)	試験装置の機能及び性能
49	附属	【書 C	(参考)	試験装置の日常点検の方法
50	附属	民書 D	(参考)	標準試験体 ····································
51	附属	民書 E	(規定)	ー般的な試験方法 ····································
52	附属	K書 F	(参考)	シングルパス方式による多段配筋の試験方法
53	附属	द 書 G	(参考)	シングルパス方式による三次元表示による鉄筋平面位置の試験方法16
54	附属	民書 H	(参考)	マルチパス方式による鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法
55	附属	属書 I	(参考)	マルチパス方式の三次元表示による鉄筋平面位置の試験方法・・・・・・・・・・・・・・・
56	附属]書 J	(規定)	カーブフィッティング法による比誘電率推定方法
57	附属	民書 K	(参考)	鉄筋径法によるコンクリート内部の比誘電率分布推定方法
58				及びかぶり厚さ計算方法19
59	附属	属書 L	(規定)	実測法による比誘電率推定方法
60	附属	【書 M	(参考)	データ処理 ·······23

61	附属	【書 N(参考)	報告の様式例 ····································
62	解	説	29
63			

Rijocome

64	日本非破壊検査協会規格		
65			
00			
66	INDIS 3429:202X		
67			
68	コンクリートの非破壊試験ー鉄筋平面位置及びかぶ		
69	り厚さの電磁波レーダ試験方法		
70			
71	Non-destructive testing for concrete structures –		
72	Methods of inspecting projected position on concrete surface and cover for		
73	reinforcing steel bar by Radar		
74			
75	序文		
76	この規格は、電磁波レーダ試験によってコンクリート構造物中の配筋状態を試験するための日本非破壊		
77	検査協会規格である。		
78	なお、対応国際規格は現時点で制定されていない。		
79			
80	1 適用範囲		
81	この規格は, JIS G 3112 及び JIS G 3117 に規定する丸鋼及び異形棒鋼(以下,併せて鉄筋という。)の		
82	電磁波レーダ試験による配筋状態 ¹⁾ (鉄筋平面位置,鉄筋間隔及びかぶり厚さ ²⁾)の試験方法,試験装置		
83	の機能・性能及び点検方法について規定する。		
84	注¹⁾ 試験の対象は、1段配筋、多段配筋のうち主に2段目の重ね配筋及び千鳥配筋である。		
85	注 ²⁾ モルタル,タイルなど,厚く,比誘電率がコンクリートより大きく異なる又は/及び変化しゃ		
86	すい仕上げ材などがある場合は、鉄筋平面位置・鉄筋間隔の試験を適用対象とし、かぶり厚さ		
87	は参考扱いとする。		
88			
89	2 引用規格		
90	次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の一部を構成する。この引用規格は、		
91	その最新版(追補を含む)を適用する。		
92	JIS A 0203 コンクリート用語		
93	JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼		
94	JIS G 3117 鉄筋コンクリート用再生棒鋼		
95	JIS Z 2300 非破壊試験用語		
96	NDIS 3435 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試験方法の種類とその選択		
97			
98	3 用語及び定義		



100 **3.1**

101 電磁波レーダ試験

- 102 媒質中を直進する電磁波が比誘電率の異なる境界で反射する性質を利用した配筋状態の試験。
- 103 注記 コンクリートの変状,試験面の対面などからも反射することに注意が必要である。
- 104 **3.2**

105 比誘電率

106 媒質の誘電率と真空の誘電率の比。

- 107 **3.3**
- 108 配筋状態

109 鉄筋平面位置,鉄筋間隔及びかぶり厚さの総称。

110 **3.4**

111 **鉄筋平面位置**

112 対象とする鉄筋の中心からコンクリート試験面への投影位置(図1)。



123 (上:重ね配筋,下:千鳥配筋)

図 1 試験面が平面及び曲面の場合の鉄筋平面位置

125 **3.5**

124

126 **鉄筋間隔**

127 試験面が平面の場合(図2(a))で,試験面に平行に配筋されている鉄筋間隔は,対象とする2本の鉄筋
 128 の中心を通るように試験面に垂線を下ろしたときの,垂線間の距離。重ね配筋の1段目が①,2段目が②,
 129 1段目と2段目が③,千鳥配筋が⑤及び⑥。

130 試験面が曲面の場合(図 2(b))で,試験面に平行に配筋されている鉄筋間隔は,対象とする2本の鉄筋
 131 中心間の中点³①を通るように試験面に法線を下ろし②,その交点に接線を設け③,対象とする2本の鉄
 132 筋の中心⁴から接線に垂線を下ろした④ときの,垂線間の距離⑤。重ね配筋の2段目が⑥,千鳥配筋が⑧
 133 及び⑨。

134 試験面に垂直方向に配筋(多段配筋)されている鉄筋間隔は,対象とする2本の鉄筋の中心を通る接線
 135 ③に平行な線の距離。重ね配筋の1段目と2段目の鉄筋間隔が⑦(図2(a)),千鳥配筋の場合が⑩(図2(b))。

136 注³ 試験面が曲面の場合,鉄筋中心間の中点は,厳密には鉄筋径が既知の場合に求めることができ
 137 る。鉄筋径が不明の場合は,構造物の種類・規模,建設時期などに応じて鉄筋径を仮定する。
 138 注記 試験面が曲面の場合の鉄筋間隔は、厳密には上記のとおりとなる。ただし、コンクリート構造

139 物の鉄筋間隔を非破壊試験によって測定する目的は、コア採取時にコアビットが鉄筋に接触す
 140 ることがないかを知るような場合に必要となることから、実際に鉄筋間隔を求めるには、鉄筋
 141 平面位置、かぶり厚さ、鉄筋径から図解などによって簡易に鉄筋のあきがコアビットの外径以
 142 上あるかなどを確認すればよい。
 143



179 基準線

180 測定位置の座標を定めるための基準となる線。

181 **3.11**

182 **走査線**

- **183** 試験装置を走査する線。
- 184

185 4 電磁波レーダ試験の原理

186 電磁波レーダ試験による配筋状態の試験は、附属書 A のように電磁波を媒質中(コンクリート中)に放
 187 射すると電気的性質(誘電率,透磁率など)の異なる境界で反射するという性質を利用したものである。ア
 188 ンテナ部を走査しながら微小距離間隔で電磁波を放射し、試験対象である鉄筋が存在する地点で生じた反
 189 射波により、鉄筋平面位置を推定し、反射波が返ってくるまでの時間から深さ方向の位置(かぶり厚さ)
 190 を推定するものである。

192 **5 試験技術者**

- 193 この規格を適用して配筋状態の試験を行う試験技術者は、試験装置及び試験の原理に加えて鉄筋コンク194 リート材料及び構造に関する知識をもつ者でなければならない。
- 195

191

196 6 試験装置

197 6.1 試験装置の構成

- 198 試験装置は、アンテナ部及び演算処理部から構成されている(図4参照)。
- 199
 注記
 図4はアンテナ部と演算処理部が有線でつながっている場合を示しているが、一体となってい

 200
 る場合又は無線の場合もある。



201 202

203 6.2 試験装置の機能及び性能

204 試験装置に要求される機能及び性能については、附属書 B による。

205 **6.3 試験装置の点検**

206 6.3.1 定期点検

207 定期点検の目的,時期,実施者,方法及び試験装置の調整は,次による。

- 208 a) 定期点検の目的
- 209 定期点検は、試験装置が**附属書**Bに示す機能及び性能をもつことを確認するために行う。
- **210 b)** 定期点検の時期
- 211 定期点検は、定められた期間ごとに行う。
- 212 c) 定期点検の実施者

- 213 定期点検は、装置製造者又はその代理者に依頼して行う。
- 214 d) 定期点検の方法
- 215 定期点検の方法は、装置製造者又はその代理者が定める方法による。試験装置の校正には、標準試
- 216 験体(**附属書 D**)など比誘電率が既知の材料で、定められた形状・寸法のものを用いる。
- 217 e) 試験装置の調整
- 218 定期点検時に**附属書 B**に示す機能及び性能を満足できない場合は、試験装置の調整を行う。
- 219 6.3.2 日常点検
- 220 日常点検の目的,時期,実施者及び方法は,次による。
- 221 a) 日常点検の目的及び時期
- 222 試験装置が正常に作動していることを試験開始前,試験中及び試験終了時に確認する。
- 223 1) 試験開始前点検
- 224 適切な対比試験体のを用いて、試験開始前に試験装置が正常に作動することを確認する。
- 225 2) 試験中点検
- 226 適切な対比試験体 のを用いて,試験中は必要に応じて随時に試験装置が正常に作動していること
 227 を確認する。
- 228 3) 試験終了時点検
 - 適切な対比試験体のを用いて、試験終了時に試験装置が正常に作動していたことを確認する。
 - **注**^の 対比試験体には,標準試験体(**附属書 D**)のほか,コンクリート又は類似材質のもので作 製した試験体などを用いるとよい。
- 232 b) 日常点検の実施者
- 233 日常点検は、試験技術者が a)の時期に適宜行う。
- 234 c) 日常点検の方法
 - 附属書 C による方法を参考に実施する。
- 236 6.3.3 異常の場合の措置
- 237 6.3.2 の日常点検の各点検時に異常が認められた場合の措置は、次による。
- 238 a) 日常点検で異常が認められた試験装置は、使用してはならない。
- 239 b) 試験中又は試験終了時点検で異常が認められた場合は、その点検の直前の点検以降に実施した試験の
 240 結果を無効とする。
- 241 c) 日常点検において異常が確認された場合,調整したのちに 6.3.1 と同様の点検を行う。
- 242

 $\frac{230}{231}$

235

243 7 試験方法

244 7.1 試験方法の概要

- 245 シングルパス方式の試験装置による試験方法は 7.3~7.5, マルチパス方式の試験装置による試験方法は
 246 7.6 のとおりとする。
- 247 7.2 事前調査
- 248 試験の実施に先立ち、設計図書、施工図、中間検査(配筋検査)結果などにより配筋状態を確認する。
- 249 注記 1 設計図書などによる配筋状態の確認ができない場合には、ヒアリングを行うなど配筋状態を
 250 確認するよう努める。
- 251 注記 2 繊維混入コンクリートなど電磁波レーダが適用できない場合があり, NDIS 3435 を参考にす
 252 るとよい。

253 7.3 シングルパス方式による1段配筋の試験方法(一般的な試験方法)

- 254 シングルパス方式による単鉄筋又は複鉄筋の試験面側の鉄筋,若しくは多段配筋の1段目の鉄筋の試験
- 255 方法(以下,一般的な試験方法という。)は、附属書 E による。

256 7.4 シングルパス方式による多段配筋の試験方法

257 シングルパス方式による多段配筋の試験方法は、附属書 F によることができる。

258 **7.5 三次元表示による画像処理**

259 三次元表示による画像処理は、附属書 G によることができる。

260 7.6 マルチパス方式による試験方法

261 マルチパス方式による試験方法は、附属書H又は附属書Iによることができる。

262

263 8 鉄筋平面位置及びかぶり厚さの推定

- 264 鉄筋平面位置及びかぶり厚さの推定は、次の手順による。
- 265 a) 反射波形から,電磁波伝搬時間が最小の位置とその時間を求める。
- 266 b) かぶり厚さを式(1)により算定する⁷。
- 267

268

269

- ここで, d: かぶり厚さ (mm)
 - t: 電磁波伝搬時間 (ns)
 - ε: 比誘電率
 - C: 真空中における電磁波伝搬速度(3×10² mm/ns)
- 270 かぶり厚さの数値は、四捨五入により整数に丸めた数値(JIS Z 8401 規則 B)とする。
- 271 注ⁿ式(1)は,比誘電率を一定値と仮定した場合のかぶり厚さを求める式である。附属書 K の場合,
 272 コンクリート内部の含水状態を考慮して,表面の比誘電率は小さく,内部は大きくなるよう
- 273 な分布を仮定している。このような場合の比誘電率分布の推定の例を K.4.3 に示す。その場
 274 合のかぶり厚さの計算方法の例を式(K.3)に示す。
- 275 c) 波形が見えにくい場合は、附属書 M などによってデータ処理を行ったうえで、かぶり厚さ及び鉄筋平
 276 面位置を求める。
- 277 d) 試験装置で,鉄筋平面位置及びかぶり厚さがデータ表示される場合は,それを利用してもよい。
- 278

279 **9 報告**

- 280 9.1 概要
- 281 一般的な試験方法による結果の報告書には, 9.2 及び必要に応じて 9.3 の事項を記載する。報告の様式
 282 は、附属書 N などによることができる。
- 283 シングルパス方式による多段配筋の試験結果の報告は、9.2h)の試験結果に、2段目以降の試験結果を追
 284 加する。
- 285 シングルパス方式の三次元表示及びマルチパス方式による試験結果は,試験目的,試験装置の出力項目
 286 (試験装置の取扱要領などによる)などに応じて必要な項目を報告する。

287 9.2 必ず報告する事項

- 288 必ず報告する事項を次に示す。
- 289 a) 工事名称
- 290 b) 試験年月日及び時刻
- 291 c) 試験箇所
- 292 d) 試験技術者(氏名,所属など)
- 293 e) 試験装置本体の型式及び製造番号
- 294 f) 点検の記録(定期点検及び日常点検)
- 295 g) 試験箇所の概要
- 296 h) 試験結果

300

302

- **297** 1) 鉄筋平面位置の推定結果
- 298 2) かぶり厚さを求める場合
 - 比誘電率の推定結果
 - かぶり厚さの推定結果

301 9.3 必要に応じて報告する事項

- 必要に応じて報告する事項を次に示す。
- 303 a) 試験技術者(資格など)
- **304 b**) コンクリートの圧縮強度及び材齢
- 305 c) 鉄筋の位置が確認可能な設計図,施工図,補修図などの図面

con

- 306 d) アンテナの型式及び製造番号
- 307 e) 出力波形
- 308 f) 仕上げ材の有無及び種類
- 309 g) 留意事項
- 310 h) 指定事項
- 311 i) 協議事項
- 312

附属書 A (参考)

電磁波レーダ試験の原理

314

315

316

317

318 **序文**

319 この附属書は、本体及び附属書(規定)に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。ここ320 では、電磁波レーダ試験の原理について示す。

321

327

322 A.1 電磁波レーダ法

323 コンクリート用電磁波レーダ試験の原理は,現在広く用いられている通信レーダなどと同じ原理である。
 324 インパルス状の電磁波をコンクリート内へ送信アンテナから放射し、コンクリート内の比誘電率及び透磁
 325 率の異なる物体との境界面からの反射波を受信アンテナで受信するまでの時間(以下,電磁波伝搬時間と
 326 いう。)から反射物体(鉄筋)までの距離を求めるものである。

328 A.2 鉄筋平面位置及びかぶり厚さ推定原理

329 A.2.1 反射波形

330 電磁波の場合,アンテナから放射される波は走行方向に広がりをもっているため,図A.1に示すように 331 鉄筋などの異なる物質があった場合,その前後でも反射し,受信アンテナが受信した場合,アンテナが異 332 なる物質に近づいてから遠ざかるまでの距離の差異によって,図A.1に示す破線は山形の双曲線状になる。 333 したがって,電磁波レーダ試験において,コンクリート面でアンテナ部を走査させながら連続的に電磁波 334 の送信と反射波の受信を繰り返し,得られる反射波形に対して,横軸を移動距離,縦軸を時間とした場合, 335 反射波形が上に凸の曲線となり,この曲線の頂点での伝搬時間 T_m が鉄筋の推定位置と推定深さ(かぶり厚 336 さ D_m)となる。

337



338

図 A.1—電磁波レーダ試験の原理

339 A.2.2 鉄筋までの距離の推定

340 電磁波伝搬速度は、空中及び真空中では約3.0×10² mm/ns である。また、ある媒質中での電磁波伝搬速

341 度 Vは,通過する媒質の電気的性質の影響を受け,一般に式(A.1)で与えられる。

342

343
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon} \cdot \sqrt{\mu}} \cdot \dots \cdot (A.1)$$

344

ここで、
 C: 真空中の電磁波伝搬速度(mm/ns)
 ε: 媒質の比誘電率

μ: 媒質の比透磁率 (空中,水中,地中では1)

345

346 電磁波伝搬速度は,媒質の比誘電率に依存することから,電磁波伝搬速度が推定できれば,電磁波伝搬347 時間を測定し,式(A.2)に代入することにより,鉄筋までの距離を推定することができる。

348

350

ここで, D: T:

D: 反射物体までの距離(mm)T: 電磁波伝搬時間(ns)

351 A.2.3 かぶり厚さの推定方法

352 かぶり厚さを推定する主な方法には、次の2つの方法がある。

353 a) 比誘電率を設定して推定する方法

354 代表的な媒質の比誘電率は,表A.1に示すように空気1,水81,地中5~20,コンクリート4~20(地中・
 355 コンクリートは材質により異なる)である。電磁波の伝搬速度は,空中に比べコンクリート中で1/2~1/4
 356 程度となる。また,電磁波の反射の強さは電磁波の通過又は反射する媒質の比誘電率の差によって大きく
 357 左右される。つまり,図A.2に示すように比誘電率の差が大きいほど伝搬時間の差が大きくなる。

358 そこで、かぶり厚さの推定では測定時に試験装置内の比誘電率を仮に設定しておき、電磁波の鉄筋まで
 359 の伝搬時間を測定する。次に、コンクリート中の比誘電率を**附属書 E、附属書 F、附属書 G** などを参考に
 360 推定し、測定した伝搬時間と推定した比誘電率からかぶり厚さを推定する。

 $361 \\ 362$

表 A.1-各媒質の比誘電率

	F		
材質	比誘電率	材質	比誘電率
真空	1	空気	1
清水	81	海水	81
清水氷	4	海水氷	6
雪塊	1.4		
石灰岩(乾燥)	7	石灰岩 (湿潤)	8
頁岩 (湿潤)	7	砂岩(湿潤)	6
砂(乾燥)	3~6	砂(湿潤)	10~25
砕石	5~9		
コンクリート (乾燥)	4~12	コンクリート(湿潤)	8~20



図 A.2―コンクリート中の含水率の違いが伝搬時間に及ぼす影響

365 b) 単数の伝搬経路(シングルパス方式)及び複数の伝搬経路(マルチパス方式)からの推定方法
 366 電磁波レーダ試験の原理は,送信アンテナから放射した電磁波が鉄筋表面で反射して受信アンテナ
 367 で受信するまでの時間を計測し,その時間(t)を2で除した時間にコンクリート中の電磁波伝搬速度
 368 (V)を乗じて距離(ここではかぶり厚さ)を推定するものである。

364

- 369 通常,1対の送信アンテナと受信アンテナを用いてかぶり厚さを推定する(シングルパス方式)が,
 370 その場合 a)に示したように比誘電率を定める必要がある。
- 371 一方,複数の経路を伝搬する時間の違いからかぶり厚さを推定する方法(マルチパス方式)がある。
 372 この方法を用いれば,比誘電率を設定することなくかぶり厚さを推定することが可能となる。例示と
 373 して,図A.3に2経路の場合の伝搬概要図を示す。送受信アンテナの距離の異なる2組のアンテナを
 374 内蔵したアンテナ部を,図中に示す送信アンテナ1(ここでは,アンテナを省略)及び2の位置で電
 375 磁波を放射して反射波を受信1及び2で受信することを考える。ここで送信1,送信2,受信1及び受
 376 信2は一直線上に配置し,送受信の中心を一致させる。

377経路1(図中の実線)では、送信1から放射した電磁波がコンクリート中を伝搬し鉄筋表面で反射
して受信1へ戻ってくる。この伝搬時間を t_1 とする。同様に、経路2(図中の破線)のそれを t_2 とす
る。コンクリート中の伝搬速度Vが一定であると仮定すると、送信1から受信1及び送信2から受信
3803802の伝搬経路では各々式(A.3)及び式(A.4)が成立する。反射点は鉄筋表面までの最短距離となる。
かぶり厚さは、鉄筋直上において伝搬速度V(比誘電率)を変化させて、式(A.3)で求めた d_1 と式
382381かぶり厚さは、鉄筋直上において伝搬速度V(比誘電率)を変化させて、式(A.3)で求めた d_1 と式
382383かぶり厚さを推定することができる。



401 A.2.4 出力画像の表示

402	コンクリート部材の垂直断面上の出力画像の表示方法としては、試験装置が受信した信号を縦軸に時間
403	(深さ),横軸に振幅(反射の強度)を表示したAモード(Ampritude Mode)と,縦軸に時間(深さ),横
404	軸に計測距離として, 画面上に振幅を輝度で表した B モード (Brightness Mode)の2種類がある (図 A.4)。



417	附属書 B
418	(規定)
419	試験装置の機能及び性能
420	
421	B.1 適用範囲
422	この附属書は,試験装置の機能及び性能について規定する。
423	
424	B.2 機能
425	試験装置は、次の機能をもつものとする。
426	a) 試験方法
427	電磁波レーダ試験方法による。試験方法の原理は、 附属書A を参考にする。
428	b) アンテナ部
429	1) 送受信アンテナ
430	アンテナは、電磁波を送信又は/及び受信する機能をもつ。
431	
432	内部に距離検出機能をもち,アンアナ部か移動した距離を検出する機能をもつ。 、
433	 C)
404	1) 便昇微能 伝拠時間の測定値と 立西に広じて比誘重素を設定し かどり厚さを推定する演算機能をたつ
450 436	仏脈時間の側だ値と、必要に応して比誘電学を設たし、かぶり序さを推定する) 画像を読み取りやすくするための 画像如理機能をもつ
437	四家を記が取りてすてするための, 西家を建成記をもう。 2) 表示機能
438	受信した信号、その信号に画像処理を加えたものなどを表示する機能をもつ。
439	3) 記録機能
440	内部メモリ、外部メモリなどにデータを記録する機能をもつ。
441	
442	B.3 性能
443	試験装置の基本的な性能は、表 B.1 による。要求性能1又は要求性能2以上の性能をもつものとする。
444	注記 多段配筋の試験に用いる試験装置の性能の例を表 B.2 に示す。
445	
446	

表 B.1-試験装置の要求性能

項	目	要求性能1	要求性能 2
	装置の最小読 み取り数値	5 mm 以下	2.5 mm 以下
走查距離	走査距離の測 定性能	移動距離 500 mm の範囲で±5 mm 以 下で,且つ 500 mm を超える場合は移 動距離に対しての誤差は±1%以内	移動距離500 mmの範囲で±2.5 mm以 下で,かつ500 mmを超える場合は移 動距離に対しての誤差は±0.5%以内
測定性能	鉄筋のあきの 識別能力 (走査方向の 分解能)	かぶり厚さが 75 mm 未満の場合, 75 mm 以下の鉄筋間隔が測定できること	かぶり厚さが 60 mm 以下において, 40 mm 以下のあきが測定できる
		かぶり厚さが 75 mm 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	かぶり厚さが 60 mm を超える場合, かぶり厚さの 2/3 倍以下のあきが測定 できる
	必要測定深さ	200 mm 以上	最小 10mm 以下,最大 300 mm 以上測 定できる
かぶり厚 さ	最小読み取り 数値 ^{a)}	3 mm 以下	1 mm 以下
測定性能	かぶり厚さの 測定精度 ^{b)}	かぶり厚さが 50~200 mm の範囲で誤 差が±5 mm 以下,又は電磁波伝搬時 間誤差が±0.1 ns 以下	かぶり厚さが 10~200 mm の範囲で誤 差が±5 mm 以下,又は電磁波伝搬時 間誤差が±0.1 ns 以下,200 mm を超え る場合は±10 mm 以下

449

450

注 ^{b)}

451

452

453

表 B.2-多段配筋の試験に用いる試験装置の性能(例)

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、物性が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。

注^{a)} 比誘電率が一般的なコンクリートに相当する6以上の場合

項	目	要求性能	
重ね配筋 の鉄筋平 画位置 a)	 新 シングル マ コ 1 段目の鉄筋のあきが 100 mm 以上かつ 1 段目のかぶり厚さが 10mm を 目と 2 段目の試験面に平行及び垂直の鉄筋のあきが 100mm 以上の場合 位置を測定できる(図 B.1 (a)) 		
面位直 の測定性 能	マルチ パス方式	1 段目及び2 段目の鉄筋のあきが 150 mm 以上かつ1 段目のかぶり厚さが 50 mm 以 上,1 段目と2 段目の試験面に垂直の鉄筋のあきが 40 mm を超える場合,鉄筋平面 位置を測定できる(図 B.2 (a))	
千鳥配筋 の鉄筋平 亜位置 a)	シングル パス方式	1 段目のかぶり厚さが 10 mm を超え,1 段目と2 段目の試験面に平行の鉄筋のあき が 50 mm 以上の場合かつ1 段目と2 段目の試験面に垂直の鉄筋のあきが 90 mm を 超える場合,鉄筋平面位置を測定できる(図 B.1 (b))	
回回 の測定性 能	マルチ パス方式	1 段目のかぶり厚さが 10 mm 以上, 1 段目と 2 段目の試験面に平行の鉄筋のあき が 65 mm 以上, 1 段目と 2 段目の試験面に垂直の鉄筋のあきが 40 mm を超える場 合,鉄筋平面位置を測定できる(図 B.2(b))	

注a) かぶり厚さも測定できる装置もある。

454

455



484	附属書C
485	(参考)
486	試験装置の日常点検の方法
487	
488	序文
489	この附属書は,本体に関連する事項を補足するもので,規定の一部ではない。ここでは,試験装置の日
490	常点検の方法について示す。
491	-VI->
492	C.1 適用範囲
493	この附属書は、試験装置が正常に作動していることを確認するための点検内容、点検方法及びその結果
494	の記録について記述する。
495	日常点検の性能確認は、走査距離の測定性能及びかぶり厚さの測定精度とし、点検結果が、所定の範囲
496	に入っていることを確認する。
497	
498	C.2 目視点検及び動作確認
499	試験装置の損傷,距離検出部の動作,記録部の動作,ケーブル,コネクタなどの異常の有無を,目視又
500	は動作確認で点検する。
501	
502	
503	
504	走 (1) 定 (1) 定 (1) 定 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
505	a) 平坦度 I mm 以内の平らな面にあらかしの試験装直の定省開始位直及び停止位直をマーキングする。
505	マーインク间の距離は 500 mm 及び 1000 mm とりる。 ト、 試験状況を主本し、フーセング間の距離を誇り取り、その調美が、 車D1 を満見していることを確認
508	り, N族表色を定直し, マーインク向の距離を記念取り, Cの族左が, なり , を何定していることを確応 する
509	ッシ。 C32 かぶり厚さの測定結度
510	かぶり厚さの測定精度の日常点給は、次の手順による。
511	 a) 日常点検は、対比試験体又は標準試験体を用いて行う。
512	b) 対比試験体又は標準試験体を用いてかぶり厚さの日常点検を行う場合は、かぶり厚さを数段階変化さ
513	せ, 表 B.1 を満足していることを確認する。
514	c) 附属書 D の標準試験体(TB-R1)を用いて日常点検を行う場合は, C.4 による。
515	
516	C.4 附属書 D 標準試験体(TB-R1)によるかぶり厚さの測定精度性能確認の例
517	かぶり厚さの測定精度の日常点検は、標準試験体(TB-R1)を使用し、次の手順で行う。
518	a) 試験装置の比誘電率 ε を 9 に設定し,試験装置の動作モードを時間送り(フリーラン)モードで待機
519	させる。
520	b) 標準試験体の中央に試験装置をセットし,金属反射板を空中かぶり厚さ D ₁₀ =150mm の位置に挿入し,
521	かぶり厚さ D1を測定する。金属反射板を引き抜き,次に空中かぶり厚さ D20=450mm の位置に金属反

522 射板を挿入しかぶり厚さ D₂を測定する。時間送りモードのない試験装置では、装置を試験体の開口部

- 523 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。
- 524 c) 測定したかぶり厚さ D₁, D₂から,式(C.1)を使用し, D₁, D₂に対応した電磁波伝搬時間 T₁, T₂を算出
 525 する。

$$T = \frac{2\sqrt{\varepsilon}}{C}D \cdot \cdots \cdot (C.1)$$

526

- ここで, T: 電磁波伝搬時間初期値(ns)
 - D: かぶり厚さ(mm)
 - ε: 試験装置設定比誘電率
 - C: 真空中における電磁波伝搬速度(3×10² mm/ns)

528

 $531 \\ 532$

533

- 529 d) 測定した電磁波伝搬時間差 $\Delta T = T_2 T_1$ と設定かぶり厚さ D_{20}, D_{10} から算出される設定電磁波伝搬時間
- 530 T_{20}, T_{10} の差 $\Delta T_0 = T_{20} T_{10}$ との誤差が、式(C.2)を満足していることを確認する。

534 C.5 点検結果の記録

- 535 点検結果の記録は、次による。
- 536 1) 点検の年月日及び時間
- 537 2) 点検者の氏名
- 538 3) 点検の場所
- 539 **4)** 試験装置の番号
- 540 5) 使用した対比試験体又は標準試験体の種類, 個別の番号など

Coult

- 541 6) 点検の結果(測定結果及び合否)
- 542

543	附属書 D
544	(参考)
545	標準試験体
546	
547	序文
548	この附属書は,本体に関連する事項を補足するもので,規定の一部ではない。ここでは,試験装置の定
549	期点検及び日常点検に用いる標準試験体について示す。ここに示す標準試験体は,電磁波が伝搬する媒質
550	を空気(比誘電率 $\epsilon = 1$)とするものである。
551	
552	D.1 材料
553	標準試験体を構成する材料は、木材、プラスチックなど比誘電率の低い非磁性体、及び比誘電率の高い
554	反射板とする。
555	
556	D.2 形状及び寸法
557	D.2.1 厚さ,長さ及び幅
558	試験装置の動作の確認に支障を及ぼさない範囲とする。
559	D.2.2 かぶり厚さ
560	測定結果の直線性が判断できるように、少なくとも5点 ¹ のかぶり厚さが設定できるようにする。
561	注 ¹⁾ 対比試験体として使用する場合は,2点程度でもよい(附属書CのC.4参照)。
562	D.2.3 表面仕上げ
563	測定精度に影響を及ぼすことがないように反射板の平面度は 0.2 mm 以内とする。
564	
565	D.3 標準試験体の例
566	標準試験体(TB-R1)の一例((一社)日本非破壊検査工業会:検規 6502)を図 D.1 に示す。標準試験体
567	(TB-R1)の材質,形状及び寸法は,次のとおりである。
568	a) 形状・寸法は図 D.1 を参考とし,装置設置用板から 50 mm 間隔で 50 mm~450 mm の深さに反射金属
569	板を載せる棚を設ける。装置設置用板上面から各棚までの距離精度は±1mm以下とする。
570	b) 装置設置用板は,電磁波送受信のためセンター振り分けで 120W×220D mm の開口部を設ける。
571	c) 反射金属板の材質は平面度 0.2 mm 以内のアルミニウム板とし, 寸法は 225W×300D×2t mm とする。
572	d) 標準試験体の長さ及び幅,装置設置板の開口部寸法,反射金属板の寸法は,試験装置の仕様に合わせ
573	変更するものとする。
574	
575	Y Contraction of the second seco













図 E.1—一般的な試験方法のフロー

593 E.2 事前調査

594 配筋状態の試験を行うにあたって事前調査を行い、対象とするコンクリート構造物の構造形式、形状・
 595 寸法、配筋状態などの測定条件を確認し、計測計画を立案する。

596 コンクリート材料には、鋼繊維補強コンクリートのように電磁波レーダによる配筋状態の試験の妨げと
 597 なるような材料が使用されている場合もあるため、コンクリートの材料・配合なども確認する。

598 また,配管などの埋め込まれた物がある場合には,鉄筋と誤って判別する恐れがあるため,事前に埋込
599 み金物などの有無を確認する。補修・補強が行われている場合は,構造物の形状・寸法が変更されている
600 ことがあるため,資料を収集して確認を行う。

602 E.3 試験位置の選定

601

603 試験位置は、コンクリート構造物の構造形式及び形状・寸法を考慮し、配筋状態の試験の目的に応じて
 604 適切な箇所を選定する。また、事前調査による鉄筋の間隔、かぶり厚さなどの情報から NDIS 3435 を参考
 605 に適切な試験装置を選定し、必要とされる試験断面(走査線)数を計画する。

606 E.3.1 鉄筋平面位置の試験

607 鉄筋平面位置の試験における注意点などを次に示す。

608 a) 試験面の処理

- 609 試験を良好に実施するため、試験面(コンクリート表面)の金属、水分など、測定に影響を与えるもの
 610 が存在する場合にはこれらを除去する。試験面にモルタル、タイルなど非磁性体の仕上げ材があり、これ
 611 らを除去できない場合には、鉄筋平面位置の推定は可能であるが、仕上げ材とコンクリートとの比誘電率
 612 が異なるため、かぶり厚さの推定は困難であるため参考値とする。特に湿潤状態にあるモルタル仕上げは、
- 613 含水状態の影響が大きいために比誘電率が変化しやすく、厚い仕上げ材であるため、かぶり厚さの推定で

614 は誤差が大きくなるため注意が必要である。

615 試験面に金属が存在する場合には,電磁波は金属面で反射してしまいコンクリート内部へは伝搬しない。616 また,脱型直後,雨天直後など,コンクリート内に水分が多く含まれている場合,測定が困難になる,若

- 617 しくは比誘電率が異なることにより測定誤差の要因となる場合がある。
- 618 試験面が平滑ではない場合,土砂などの堆積がある場合,試験装置の車輪の滑り又は空転により距離測
 619 定に誤差を生じることがある。このため,試験面に測定に影響をあたえるものが存在する場合にはこれら
 620 を除去する必要がある。

621 b) 基準線及び鉄筋平面位置走査線の設定

622 1) 基準線の設定

623 試験範囲内に予想される鉄筋の軸方向にあわせて,直交する2本の基準線(X軸,Y軸)を定め,マー
 624 キングする。

625 走査線は、2)より試験範囲より長く設定する必要があるため、基準線は図 E.2 のように、試験範囲より
 626 も大きく設定する。

627 ただし、試験範囲が部材端部、隅角部など基準線を試験範囲より大きく設定することが困難な場合は、

628 部材の形状寸法を考慮して基準線の位置を工夫するなど、できる限り大きく設定する。

629 また、スラブと壁、柱と梁などの隅角部では試験装置がコンクリート表面にあたるため、電磁波が送受630 信できない範囲では測定できないことに留意する(図 E.3 参照)。

631 2) 鉄筋平面位置走査線の設定

632 電磁波レーダ試験は、鉄筋からの反射波画像が双曲線状になることを利用し、反射時間が最短となる位

- 633 置から鉄筋平面位置を判別することから、鉄筋平面位置の試験には鉄筋前後の画像が必要とされる。仮に
- 634 試験範囲の端部に鉄筋が存在した場合,鉄筋範囲内だけを走査対象とすると試験範囲端部に存在する鉄筋
- 635 を見逃す恐れがある。このため鉄筋平面位置走査線は、走査線内に試験範囲を含むよう走査線及び測定起
- 636 終点を設定する。
- 637 ただし,測定範囲が部材端部などの場合は,測定起終点が試験範囲の縁端となることがあるため,試験638 装置の向きなどを工夫して端部まで測定できるようにする。
- 639 3) 鉄筋平面位置のマーキング
- 640 走査線に沿って試験装置を走査し、鉄筋平面位置をマーキングする。
- 641 注記1 Bモードによる鉄筋の検出が不鮮明な場合は、Aモードで確認する。
- 642
 注記 2
 鉄筋平面位置の精度を向上するためには、測定長と走査線長を測定し、距離測定誤差を補正

 643
 するとよい。



図 E.3—隅角部における試験不可範囲(例)

645 c) 鉄筋平面位置の作図及びかぶり厚さ走査線の設定

646 鉄筋平面位置のマーキング点を結び、配筋マップを作図する。配筋マップから鉄筋平面位置を確認し、

647 かぶり厚さ試験のための走査線(かぶり厚さ走査線)を、図 E.4 のように鉄筋間の中間¹⁾かつ測定対象鉄
 648 筋に直交するよう走査線を設定する。

 649
 注¹⁾ 鉄筋近傍にかぶり厚さ走査線を設定した場合に,鉄筋の影響を受け,鉄筋の判別が難しくなる

 650
 ためである。



図 E.4-鉄筋平面位置の作図及びかぶり厚さ走査線の設定

651 E.3.2 走查方法及び鉄筋平面位置の推定

652 鉄筋平面位置及びかぶり厚さ試験のための走査は、アンテナを試験面から浮かせたり、試験面上を滑ら
 653 せたりせずに、試験面に対して平行に行う²⁾。

654 計測された画像及び反射波形から、反射時間が最小となる位置を鉄筋平面位置とする。

655 波形が見えにくい場合は、附属書Lなどによってデータ処理を行い波形を見やすくしたうえで、反射時
 656 間と位置を求める。

- 657
 注記
 距離が加算される試験装置は、前進、後退いずれの方向に移動させても計測距離が加算される

 658
 ため、一方向に移動させることが原則である。
- (659 注²⁾ 試験装置は車輪の回転からエンコーダによって水平距離を測定し,等間隔で電磁波を送信して
 (660 いる。アンテナを試験面から浮かせたり,滑らせたりして車輪が無回転となった場合,距離計
 (661 測が行われずに電磁波が送信されないままアンテナが移動してしまい鉄筋が検出されなかった
 (662 り,測定距離が実際の走査距離に対して短くなって鉄筋平面位置の計測に誤差を生じたりする
 (663 原因となる。逆にアンテナが浮いた状態で車輪が空転した場合には、アンテナが移動していな
 (700 くても電磁波が送信され、鉄筋の判別が困難になったり、実際の走査距離に対して測定距離が
 (665 長くなったりして鉄筋平面位置の推定に誤差を生じる原因となる。

666 E.3.3 比誘電率の算定

667 比誘電率の算定方法は,複数の方法が提案されており,ここでは3つの方法を附属書I,附属書J,附属

668 **書**Kとして示した。また、その他検証された方法を用いて算定を行う。

670 E.4 かぶり厚さの推定

671 E.3.2 によって得られた鉄筋平面位置の反射時間と E.3.3 によって得られた比誘電率からかぶり厚さを算
 672 定する。

673 試験装置本体で、鉄筋平面位置及びかぶり厚さがデータ表示される場合は、それを利用してもよい。

- 674
- 675 E.5 報告

676 報告は,箇条の9及び附属書 M の様式例の柱部材及び壁部材について記入例を,表 E.1 及び表 E.2 に示
 677 す。試験結果の報告にあたっては,これらの様式例及び記入例を参考に,試験対象となる構造物及び試験
 678 の目的に応じて修正して用いる。

679 680

Coult

表 E.1-報告書様式の記入例(柱部材)

NDIS 3429	NDIS 3429 に基づくかぶり厚さ・鉄筋平面位置試験結果						報告書番号:		_
会社名				測定	年月日]	年 月	日時	天候
工事名称									
試験技術者	č I	会社名:				担当者:			資格名・番号
信田懋思	装置本体	製造番号:				製造メーカ	/ー・型式:		名称
使用機益	アンテナ	製造番号:				製造メーカ	/ー・種類 :		登録番号
定期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者: 07	機器製造会社	点検結果	↓:附属書 B に適合
初期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者: 〇	o調査会社	点検結果	と: 附属書 B に適合
日常点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者: ○	o調査会社	点検結果	と:附属書Bに適合
測定モード		Bモード							
試験部材·	記号	5 階柱・C3							
試験部材位	置	X3-Y6 通り				試験箇所	各々の面で床	上 250 mr	n 起点,上方に試験

かぶり厚さ試験結果

試 懸	食 面	北面	東面	南面	西面
構造図に	主筋	D35×5本	D35×5本	D35×5本	D35×5本
よる配筋 状況	せん断 補強筋	D13@100	D13@100	D13@100	D13@100
	当守古	推定値	推定値	推定値	推定値
	侧足尽	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	1	40	50	44	60
	2	38	52	45	61
	3	41	53	43	62
	4	40	55	44	60
	5	39	54	45	63
	6	40	52	46	64
	7	42	50	45	64
	8	41	49	46	65
かぶり	9	39	50	44	66
厚さ	10	47	51	43	64
	11	51	50	42	65
	12				
	13	5			
	14				
	走査線	1100 mm	1100 mm	1100 mm	1100 mm
	長さ	1100 11111	1100 IIIII	1100 IIIII	1100 IIIII
	平均值	42	51	44	63
	標準偏差	3.9	1.9	1.3	2.1
	最大値	51	55	46	66
	最小值	38	49	42	60
	比誘電率	7.6	7.9	7.6	7.7

鉄筋平面位置試験結果

	主筋本数	5
北面	せん断補強筋単位	10 + /
	長さ当たりの本数	10 /4 / m
	主筋本数	5
東面	せん断補強筋単位	10 ± 1
	長さ当たりの本数	10 本/ m
	主筋本数	5
南面	せん断補強筋単位	10 * /m
	長さ当たりの本数	10 /4 / III
	主筋本数	5
西面	せん断補強筋単位	10 ★ /m
	長さ当たりの本数	10/4×/ III

仕上げ材(有・無)
仕上げ材の仕様
留意事項
セパレータは適用対象外とした西面のか
ぶり厚さの測定値はモルタル仕上げの厚
さを含んだ値。
比誘電率は附属書 L 実測法の背面からの
反射により求めた。

配筋状態図又は写真

682

表 E.2-報告書様式の記入例(壁部材)

NDIS 3429 に基づくかぶり厚さ・鉄筋平面位置試験結果(例) 報告書番号								_		
会社名				測定	E年月日]	年 月	日時	天候	
工事名称										
試験技術者		会社名:				担当者:			資格名・番	号
信田继盟	装置本体	製造番号:				製造メーカ	ー・型式:		名称	
使用機奋	アンテナ	製造番号:				製造メーカ	'ー・種類 :		登録番号	
定期点検状	沉	実施日	年	月	日	実施者:ot	機器製造会社	点検結果	↓:附属書 Β	に適合
初期点検り	沉	実施日	年	月	日	実施者: ○	o調査会社	点検結果	↓:附属書 B	に適合
日常点検状	沉	実施日	年	月	日	実施者: ○	o調査会社	点検結果	↓:附属書 ₿	に適合
測定モード										
試験部材・記号 5 階壁・W15										

	5 階壁・W15		
試験部材位置	X3 通り, Y2-Y3 間	試験箇所	各々の面で床1000 mm上, Y2 側 250 mm 起点,
			Y3 方向に試験

鉄筋平面位置試験結果

かぶり厚さ試験結果

試験面		東側面	西側面					単位長さ当たりの	5 * /m			
構造図に	主筋	D10@200	D10@200				声彻声	縦筋本数	5 /4× / III			
よる配筋	せん断	D10@200	D10@200			\mathbf{N}	术则回	単位長さ当たりの	5本/m			
状況	補強筋	2100200	2100200					横筋本数	0.17			
	測完占	推定値	推定值	推定值	推定值			せん断補強筋単位	5 木 / m			
	例人	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		亜個毒	長さ当たりの本数	5747 III			
	1	42	43		\frown	\mathbf{D}	四則田	単位長さ当たりの	5 * /m			
	2	40	43					横筋本数	5 /4× / III			
	3	41	43									
	4	33	44									
	5	41	44									
	6	39	44									
	7	34	44									
	8	36	43				仕上げ材(有・無)無し					
かぶり	9	36	44				仕上げ材の仕様					
厚さ	10	36	40									
	11											
	12											
	13											
	14						留意事項					
	走査線	1100 mm	1100 mm				縦筋表面	側。				
	長さ	1100 mm	1100 mm				比誘電率	は附属書 L 実測法の ³	背面からの			
	平均值	38	43				反射を用	いて求めた。				
	標準偏差	3.2	1.2									
	最大值	42	44			1						
	最小值	33	40			1						
	比誘電率	6.7	6.5			1						
							L					

配筋状態図又は写真

685

附属書 F

688

(参考)

シングルパス方式による多段配筋の試験方法

689 690

691 **序文**

692 この附属書は、本体に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。ここでは、シングルパス693 方式による多段配筋の試験方法の手順について示す。

694

695 F.1 概要

696 シングルパス方式による多段配筋の試験方法は、これまで電磁波レーダ試験の対象外とされてきた最外
 697 縁の鉄筋よりも内側に位置する鉄筋、又はシースなどの金属製埋設物の平面位置及びかぶり厚さの試験方
 698 法である。

699

706

712

700 F.2 適用範囲

701 この附属書の適用範囲は、事前調査により配筋図などで多段配筋であることが確認されたコンクリート
702 構造物の試験に適用する。また、鉄筋のみではなくシース、配管などの金属製埋設物の平面位置及びかぶ
703 り厚さ試験にも適用する。

- 704 なお、試験の適用限界は、試験対象の配筋状態及び試験装置の方式の種別により、附属書 B の表 B.2-
- 705 多段配筋の試験に用いる試験装置の性能(例)の範囲とする。

707 F.3 事前調査

- 708 多段配筋の場合,電磁波レーダによる鉄筋の反射画像が重なり合うなど,鉄筋からの反射波形の推定難709 度が高度化するため,事前調査による情報が重要となる。
- 710 試験の実施に先立ち、設計図書、施工図、中間検査(配筋検査)結果などにより配筋状態を確認する。
- 711 設計図書などによる配筋状態の確認ができない場合には、ヒアリングを行うなど配筋状態を確認する。

713 F.4 試験方法

714 試験位置の選定並びに鉄筋平面位置の試験,走査方法,比誘電率の算定,最外縁の鉄筋平面位置及びか

- 715 ぶり厚さの推定方法については、附属書 E(一般的な試験方法)により行う。また、この附属書に記載の
- 716 ない事項については、附属書Eによる。
- 717 多段配筋の鉄筋平面位置及びかぶり厚さの推定は、以下の手順により行う。

718 a) 計測画像の画像処理

719 附属書Lのデータ処理方法などを用いて画像処理を行い,最外縁鉄筋内部からの反射信号を強調す
 720 る。このとき,最外縁鉄筋の反射エコー,ノイズなどについては,可能な限り除去する。

721 b) 多段配筋の場合の推定

- 722 多段配筋の場合,最外縁鉄筋と内部鉄筋とが重なり合う重ね配筋と,最外縁鉄筋と内部鉄筋との配
 723 置が千鳥配筋となる場合とがある。
- 724 重ね配筋の場合は、電磁波は最外縁鉄筋で反射してしまい、内部鉄筋直上での反射信号が得られな

- 725 いことから、斜め方向に反射した電磁波の信号波形から内部鉄筋の位置を次の手順で推定する。
- 726 1) 反射波形から,電磁波伝搬時間が最小となる位置とその時間を求める。
- 727 2) 内部鉄筋のかぶり部の比誘電率を算定し、かぶり厚さを求める。ただし、かぶり厚さの算定値は
 728 参考値とする。
- 729 3) 試験装置で,鉄筋平面位置及びかぶり厚さがデータ表示される場合は,それを利用してもよい。

730 c) 千鳥配筋の場合の推定

- 731 千鳥配筋の場合,最外縁鉄筋間を伝搬した電磁波により,内部鉄筋からの反射信号が得られ,次の732 手順で推定する。
 - 1) 反射波形から,電磁波伝搬時間が最小となる位置とその時間を求める。

Scottle

- 734 2) 内部鉄筋のかぶり部の比誘電率を算定し、かぶり厚さを求める。ただし、かぶり厚さの算定値は
 735 参考値とする。
- 736 3) 試験装置で、鉄筋平面位置及びかぶり厚さがデータ表示される場合は、それを利用してもよい。

737 d) 金属製埋設物の場合の推定

738 金属製埋設物の場合,最外縁の鉄筋間隔が十分にあり,内部に存在する金属製埋設物への電磁波の
739 伝搬経路が確保できる場合は,金属製埋設物からの反射信号を得ることができ,反射信号から電磁波
740 伝搬時間が最小となる位置とその時間を求める。ただし,かぶり厚さの算定値は参考値とする。

- 741 最外縁の鉄筋間隔が十分ではなく電磁波の伝搬経路が確保できない場合又は、金属製埋設物と鉄筋
 742 とが重なり電磁波の反射画像が得られない場合は、金属製埋設物の有無のみ推定する。金属製埋設物
 743 直上での反射信号が欠落した状態の画像から、反射信号の双曲線形状を仮定して鉄筋平面位置及びか
 744 ぶり厚さを推定する場合は、推定結果を参考値とする。
- 745 プラスチック製埋設物などが混在する場合,金属製埋設物と誤認しやすいので,事前調査結果及び
 746 反射波形を参考に注意深く推定する。
- 747

733

- 748
- 749

- 751
- 752



791 三次元表示は、X 軸、Y 軸を複数の走査結果を演算・処理して表示するため、各軸2本以上走査する必
 792 要がある。

794 G.4 注意点とその確認事項

795 走査範囲を一致させる必要があるため、あらかじめ走査開始及び終了ラインを決めておく。

796

797

confe

附属書 H

(参考)

マルチパス方式による鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法

800 801

798

799

- 802 **序文**
- 803 この附属書は、本体に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。ここでは、マルチパス方804 式による鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法について示す。
- 805

806 H.1 概要

- 807 マルチパス方式による鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法は、複数の経路を伝搬した電磁波の反射808 波から、鉄筋平面位置及びかぶり厚さを求める方法である。
- 809

810 H.2 異なる 2 経路による試験方法

- 811 H.2.1 推定原理
- 812 推定原理は**附属書** A を参考にする。
- 813 図 H.1 に示すとおり既知のアンテナ間隔の2組の送受信アンテナによる対象の鉄筋からの反射により,
- 814 各々のかぶり厚さを計算する。
- 815 この送受信アンテナがマルチパス方式の場合は、伝搬経路が複数あり、お互いに送信と受信を繰り返し816 ている。
- 817 これにより、計算されたかぶり厚さが一致する伝搬速度(結果的に比誘電率)が求められ、その速度に
- 818 より計算されたかぶり厚さを求めることで結果が自動的に得られる。



819 820

821 H.2.2 計測手順

822 事前調査・試験位置の選定に関しては**附属書**Eの試験方法に準じて行う。

823 なお、走査線の決定にあたっては使用する機器の仕様により、データの取りこぼしが無いように、アン
 824 テナ間隔より走査線の間隔が広くならないよう考慮する。

825 ① 基準線及び走査線をマークする。後で配筋図の作成が容易となるよう、各々の線と基準となる点と

- **826**の位置関係を記録する。
- 827 ② 基準線及び走査線に合わせてアンテナを走査させる。
- 828 走査の方法は各機器の取扱説明書による。
- 829 ③ 計測画像より配筋状態を直接把握することができるので、鉄筋平面位置をマーキングする。
- 830 ④ 推定原理により比誘電率を仮定すること無くかぶり厚さが計算されるので、その値を読み取る。
- 831 ⑤ 鉄筋平面位置及びかぶり厚さを記録する。
- 832 自動記録機能のある機種もある。その場合は③~⑤の手順は不要である^{a)}。
- 833 ⑥ 必要に応じて計測データをファイルに保存する。
- 834 ⑦ 予めマーキングした基準線と基準となる点との位置及びマーキング位置より配筋図を作成する。
- 835 ⑧ 直交方向の配筋についても①~⑦の手順により試験を行う。
 - **注** ^{a)} 直交二方向の走査を何度か繰返し行うことにより,自動的に平面画像(C モード画像)を作成 する機能をもつ装置の取り扱いについては,装置の取扱説明書による。
- 839

837 838

附属書I

841

(参考)

842 843

パルチパス方式の三次元表示による鉄筋平面位置の試験方法

844

845 I.1 三次元画像を使ったその他の手法

846 配筋状態の試験装置の基本的な性能(**附属書 B の表 B.1**)は満たさないが、コンクリート内部状態を三
 847 次元表示して配筋状態を視覚的に把握できる装置もあるので、その試験方法について示す。

848

849 I.2 測定原理

850 複数の送信アンテナから発信された電磁波の反射波を複数の受信アンテナで受信し、それらを統合して
851 データ処理することにより、全ての反射信号に対して三次元座標が特定されるため、1回の走査で三次元
852 立体画像を表示することができる。

853 図 I.1 に試験時の電磁波の伝搬経路イメージを,図 I.2, I.3, I.4 に三次元画像の例を示す。

854 この方法によれば、多段配筋の状況も三次元立体画像の情報として把握ができるため、視覚的に配筋状855 態を観察することができる。





915 I.3 計測手順

916 事前調査・試験位置の選定に関しては**附属書**Eの試験方法に準じて行う。

917 なお、走査線の決定にあたっては、使用する機器の仕様により、データの取りこぼしが無いように、ア

918 ンテナ間隔より走査線の間隔が広くならないよう考慮する。

919 また、基準線及び走査線は鉄筋の軸方向と一致している必要はないが、配筋図作成の際に計算が複雑に

- 920 なるので一致している事が望ましい。
- 921
 ① 基準線及び走査線をマークする。後で配筋図の作成が容易となるよう、各々の線と基準となる点と

 922
 の位置関係を記録しておく。
- 923 ② 基準線及び走査線に合せてアンテナを走査する。
- 924 ③ データを保存した後データ処理プログラムにより三次元画像データを作成する。
- 925 ④ 三次元表示プログラムに③のデータを受け渡し、三次元立体画像を表示する。
- 926 ⑤ 表示された画像より配筋状態を読み取る。

- 927 ⑥ 計測範囲全ての走査が完了するまで①~⑤の操作を繰り返す。
- 928
 ⑦ 必要に応じ予めマーキングした基準線及び走査線と基準となる点との位置より鉄筋平面位置を計算

 929
 し,配筋図を作成する。
- 930 また、現場へマーキングする必要がある場合は鉄筋平面位置をマーキングする。
- 931 932

934

カーブフィッティング法による比誘電率推定方法

附属書 J

(規定)

935936

939

- 937 序文
- 938 ここでは、カーブフィッティング法によるコンクリート内部の比誘電率を推定する手順について示す。

940 J.1 概要

- カーブフィッティング法は、鉄筋からの反射画像が双曲線状になることを利用し、その形状を評価する 941 942ことによって、比誘電率を推定する方法である。
- 943

948

944 J.2 比誘電率を求める手順

比誘電率を求める位置の選定 945 J.2.1

- かぶり厚さを測定する範囲の中央付近を走査し,鉄筋からの明瞭な反射画像が得られる位置を選定する。 946
- 947 J.2.2 測定手順
 - カーブフィッティング法は、次の手順で行う(**図 J.1**参照)。
- a) 試験装置を鉄筋に直角に走査し、鉄筋からの明瞭な反射画像を計測する。 949
- b) 反射画像に双曲線を表示させる。 950
- 得られた反射画像の双曲線の頂点と、双曲線の頂点位置をあわせる。 951 c)
- 反射画像の双曲線の形状と、双曲線の形状とを合わせる。 952d)
- 双曲線の形状から比誘電率を推定する。 953 e)



955



- 957 958
- 959
- 960



- 962
- 963
- 964
- 965
- 966 967





図 J.1-カーブフィッティング法の手順

注記 実際の操作にあたっては、試験装置の製造者発行の取扱説明書、操作手順書などを参考にする。

972	附属書 K
973	(参考)
974	鉄筋径法によるコンクリート内部の比誘電率分布推定方法
975	ひびかぶり厚さ計質方法
976	
977	· 宾 文
978	この附属書は本体に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。ここでは、鉄筋径法によ
979	るコンクリート内部の比誘電率分布の推定及びその比誘電率分布を用いてかぶり厚さを計算する方法の手
980	順について示す。
981	
982	K.1 比誘電率分布の推定原理
983	鉄筋径法は、格子状に配筋されている縦筋と横筋のかぶり厚さの差が、本来コンクリート表面に近い鉄
984	筋の径に一致することを利用して、かぶり厚さの差が鉄筋径になるように比誘電率分布を推定し、試験対
985	象鉄筋のかぶり厚さを算定する方法である。
986	
987	K.2 仮定
988	鉄筋径法により比誘電率分布を推定するにあたって、次の3点を仮定している。
989	a) 鉄筋径は既知である。
990	b) 縦筋と横筋は緊結されている。
991	c) コンクリート表層は、含水率が内部ほど大きくなる勾配をもち、比誘電率も同様に内部ほど大きくな
992	る勾配をもっている。
993	
994	K.3 適用範囲
995	鉄筋径法は, K.2 c)の仮定より,表面が乾燥しており,含水率が大きい勾配をもっている範囲に鉄筋が
996	ある場合に適用できる ¹⁾ 。
997	注 ¹⁾ 含水率が大きい勾配をもっている範囲は,新設構造物は,コンクリート打設数箇月後において
998	も表面から 100 mm 程度までの深さと考えてよい。既設構造物は,雨がかり部分も 100 mm 程
999	度と考えてよい。常時乾燥状態にあるような場合には、コンクリート打設数箇月以降の鉄筋径

1000 法の適用は難しい。

1001

1002 K.4 比誘電率分布の推定手順

1003 **K.4.1** 比誘電率分布を推定する位置の選定

- 1004 比誘電率分布を推定する位置は、試験する範囲の含水状態がほぼ同じと見なせる位置であり、かつ縦筋
 1005 と横筋が緊結されていると考えられる位置³⁾を選定する。
- 1006 注²⁾ 縦筋と横筋が緊結されていると考えられる位置は、含水状態とかぶり厚さを想定して試験装置
 1007 の比誘電率を設定し、縦筋と横筋のかぶり厚さの差がコンクリート表面に近い鉄筋径程度にな
 1008 る場合である。それを確認する方法は、K.4.2 の注³を参照する。

1009 **K.4.2** 比誘電率分布の推定手順

1010 次の手順で比誘電率分布を推定する。



$$KB$$
 \int_{C} K K

1057 K.5 かぶり厚さの計算

1058 かぶり厚さの計算手順は、次による。

- 1059 a) 電磁波が比誘電率分布のとおり伝搬したものとして,鉄筋位置までの伝搬時間を計算する。
- 1060 b) 計算した伝搬時間が測定値に一致したときが、かぶり厚さの推定結果である(手順3参照)。
- 1061 手順3 比誘電率分布を仮定したときのかぶり厚さ算定の例

OU.

- 1062
 比誘電率分布を式(K.1)と仮定した場合,ある鉄筋位置のかぶり厚さは,その位置の鉄筋

 1063
 までの伝搬時間を式(K.3)のTに代入し,両辺が一致するときのxである。
- 1064
- 1065
- 1066
- 1067
- 1068

1069	附属書上
1070	(規定)
1071	実測法による比誘電率推定方法
1072	
1073	序文
1074	ここでは、実測によりコンクリート内部の比誘電率を推定する手順について示す。
1075	
1076	L.1 概要
1077	実測法は、鉄筋のかぶり厚さ、部材の背面エコーなどの寸法を実測し、試験装置の設定誘電率と推定値
1078	並びに実測値から比誘電率を推定する方法である。
1079	
1080	L.2 比誘電率を求める手順
1081	L.2.1 比誘電率を求める位置の選定
1082	かぶり厚さを求める範囲の中央付近を選定する。
1083	
1084	比誘電学を水める位直の寸法の計測は、
1080	a) 試験表面の比誘电学を任息の値に設定し、計測を行うし、対象内伝を推定する。 b) 鉄筋の実動どり厚くを用いて比誘重素を載める場合は、試験した鉄筋位置に小区のってなどにより削
1087	り) 妖師の天がふり厚さを用いて比勝電率を求める物合は、武鞅した妖師位直に小性のコノなどにより削 コーて鉄筋を震出させ、コンクリート表面から対象とする鉄筋上面までのかどり厚さを実測する
1088	1.して欧加を盛田させ、ユンノリート衣面から内家とりる欧加工面よてのかぶり厚さを天倒りる。
1089	厚さをメジャーなどを用いて実測する.
1090	L2.3 比誘電率の計算方法
1091	Liss電率 ε _m は,式 (L.1) により計算する。
1092	
	D^2
1093	$\mathcal{E}_m = \mathcal{E} \cdot \frac{D}{D^2} \cdot \cdots \cdot $
	D_m
1094	
	ここで、 ϵ : 試験装置の設定比誘電率
	D: 対象寸法の試験表面による側定値 D_m : 対象寸法の実測値
1095	
1096	
1097	Y

1098	新聞 新
1099	(参考)
1100	データ処理
1101	
1102	序文
1103	この附属書は、本体に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。ここでは、測定したデー
1104	タを解析するために、ノイズが大きい場合はノイズを除去し、信号が小さい場合は信号を強調して、画面
1105	を見やすくするデータ処理方法などを示す。
1106	そのほかにも多くのデータ処理方法がある。それらの具体的な処理方法は、試験装置の製造者発行の取
1107	扱説明書、操作手順書などを参考にする。
1108	
1109	M.1 差分処理
1110	M.1.1 適用
1111	試験画像から,鉄筋からの反射がない位置の波形を差分することで,背景のノイズを除去し,鉄筋から
1112	の反射波のみを表示させ、鉄筋平面位置及びかぶり厚さを明確にする方法。
1113	M.1.2 差分処理の手順
1114	差分処理の手順は、次による。
1115	a) 試験画像の鉄筋がない位置にカーソルを移動する。
1116	b) 試験装置の差分処理機能を選択し,処理を実行する。
1117	c) 差分処理画像が表示される。
1118	
1119	M.2 信号強調処理(Sensitivity Time Control,STC)
1120	M.2.1 適用
1121	かぶり厚さが深い鉄筋からの信号を強調して表示し、深い位置での試験画像を見やすくする方法。
1122	M.2.2 信号強調処理(STC)の手順
1123	信号強調処理の手順は、次による。
1124	a) 試験画像を表示する。
1125	b) 試験装置の信号強調処理(STC)機能を選択し、処理を実行する。
1126	c) 信号強調処理(STC)画像が表示される。
1127	
1128	
1129	試験装置を鉄筋に直角に走査させ、横軸に進行方向、縦軸に深さ方向をとった B モード画像を表した場
1130	合, 双曲線状に広がった画像となり (附属書 A の 図 A.1), 具の位置を推定することは困難である。
1131	住意の計測対象について、広かりをもったレータの画像アータを、具の位置及び形状を表す画像アータ
1132	に发換するための処理がマイクレーションである。
1133	マイクレーンョン処理は、波の速度の推定と重ね合わせによって行われることから、真の位置のほか、
1134	比誘電學の推定にも用いることかでさる。
1139	

1138 **B** 1139

附属書 N (参考) 報告の様式例

- $1140\\1141$
- 1142 **序文**
- 1143 この附属書は、本体に関連する事項を補足するもので、規定の一部ではない。

, court

- 1144 この規格に基づく調査結果の報告の例として、一般的な試験方法の結果について表 N.1~N.4 に柱、梁、
- 1145 壁,床の部材ごとに様式例を示す。
- 1146

表 N.1-柱部材の様式例

NDIS 3429 に基づくかぶり厚さ・鉄筋平面位置試験結果(例) 報告書番号: –										
会社名				測定	三年月日		年 月	日時	天候	
工事名称										
試験技術者	2	会社名:				担当者:			資格名・番	号
使用機器	装置本体	製造番号:				製造メーカ	リー・型式:		名称	
	アンテナ	製造番号:				製造メーカ	/ー・種類 :		登録番号	
定期点検状	(況	実施日	年	月	日	実施者: 点検結界		1:		
初期点検状		実施日	年	月	日	実施者: 点検結界		4:	7	
日常点検状	(況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	4 : V	
測定モート	ŝ									
試験部材・記号										
試験部材位	1置					試験箇所				
かぶり厚さ	试验结里						針 笛亚面-	位置試驗網	は里	

かぶり厚さ	位置試験結果							
試馬	険 面	北面	東面	南面	西面			主筋本数
構造図に	主筋						北面	せん断補強筋単位
よる配筋	せん断							長さ当たりの本数
状況	補強筋					\mathbf{N}		主筋本数
	のいた。た	推定值	推定値	推定值	推定値		東面	せん断補強筋単位
	側正息	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			長さ当たりの本数
	1							主筋本数
	2					D	南面	せん断補強筋単位
	3							長さ当たりの本数
	4							主筋本数
	5						西面	せん断補強筋単位
	6			61.				長さ当たりの本数
	7							· · · · · ·
	8			V			仕上げ材	(有・無)
かぶり	9						仕上げ材	の仕様
厚さ	10							
	11							
	12							
	13							
	14						留意事項	
	走査線							
	長さ							
	平均值							
	標準偏差							
	最大値							
	最小值							
	比誘電率							

配筋状態図又は写真

1148

表 N.2-梁部材の様式例

NDIS 3429	に基づくか	ぶり厚さ・会	失筋平面位置	試験	結果(例)	報告書番号:		_
会社名				測定	至年月日		年 月	日時	天候
工事名称									
試験技術者	2.]	会社名:				担当者:			資格名・番号
庙田幽聖	装置本体	製造番号:				製造メーカ	・型式:		名称
便用機奋	アンテナ	製造番号:				製造メーカ	'ー・種類 :		登録番号
定期点検状	(況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	:
初期点検状	(況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	
日常点検状	(況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	
測定モート	ŝ								
試験部材·	記号								
試験部材位	7置					試験箇所			

かぶり厚さ	試験結果					鉄筋平面	位置試験結果
試験面		東側面	西側面	上面	底面	测读工	主筋本数
構造図に	主筋					梁 広 田 逆 郊	せん断補強筋単位
よる配筋	せん断					이덕때역	長さ当たりの本数
状況	補強筋					测成素	主筋本数
	测点上	推定值	推定值	推定値	推定值	采 広 田 山 山 却	せん断補強筋単位
	側止息	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	中大中	長さ当たりの本数
	1					测皮工	主筋本数
	2					采広田	せん断補強筋単位
	3					「而司)	長さ当たりの本数
	4					测点声	主筋本数
	5					采 広 田 山 山 却	せん断補強筋単位
	6			6		十大中	長さ当たりの本数
	7						
	8			V		仕上げ材	· (有・無)
かぶり	9					仕上げ材	の仕様
厚さ	10						
	11						
	12						
	13					rina ata ata arri	
	14		Y			留意事項	
	走査線						
	長さ						
	平均值						
	標準偏差						
	最大値						
	最小值						
	比誘電率						

配筋状態図又は写真

 $\begin{array}{c} 1151 \\ 1152 \end{array}$

表 N.3-壁部材の様式例

NDIS 3429	に基づくか	ぶり厚さ・釒	快筋平面位置	試験	結果(例)	報告書番号:		_
会社名				測定	官年月日		年 月	日時	天候
工事名称									
試験技術者	ć I	会社名:				担当者:			資格名・番号
庙田幽聖	装置本体	製造番号:				製造メーカ	/ー・型式 :	名称	
使用機奋	アンテナ	製造番号:				製造メーカー・種類:			登録番号
定期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	
初期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	
日常点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	
測定モート	*								
試験部材·	記号								
試験部材位置						試験箇所			

鉄筋平面位置試験結果

かぶり厚さ試験結果

試験面		東側面	西側面					単位長さ当たりの	
構造図に	主筋						声侧声	縦筋本数	
よる配筋	せん断						宋 側囬	単位長さ当たりの	
状況	補強筋							横筋本数	
	加卢卡	推定値	推定値	推定値	推定值			せん断補強筋単位	
	側止息	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		亜加云	長さ当たりの本数	
	1				()	2	四側囬	単位長さ当たりの	
	2							横筋本数	
	3								
	4								
	5								
	6								
	7			· · ·					
	8						仕上げ材	(有・無)	
かぶり	9						仕上げ材	の仕様	
厚さ	10								
	11								
	12								
	13		×			-			
	14					_	留意事項		
	走査線								
	長さ								
	平均值					_			
	標準偏差								
	最大値								
	最小值								
	比誘電率								

配筋状態図又は写真

表 N.4-床部材の様式例

NDIS 3429	NDIS 3429 に基づくかぶり厚さ・鉄筋平面位置試験結果(例) 報告書番号: – –									
会社名				測定	三年月日		年 月	日時	天候	
工事名称										
試験技術者	ć I	会社名:				担当者:			資格名・番	号
体 田 桃 昭 装置本体		製造番号:				製造メーカ	・型式:		名称	
使用機奋	アンテナ	製造番号:				製造メーカー・種類:			登録番号	
定期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	k :	
初期点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	<u>!</u> :	
日常点検状	、況	実施日	年	月	日	実施者:		点検結果	!: V	
測定モート									ľ	
試験部材·	記号									
試験部材位	匠置					試験箇所				
かぶり厚さ	かぶり厚さ試験結果 鉄筋平面位置試験結果									

かぶり厚さ試験結果

試験面	試験面		中央下面					単位長さ当たりの
構造図に	主筋					1	端部	主筋縦筋本数
よる配筋	せん断						上面	単位長さ当たりの
状況	補強筋					N Í		配力筋本数
		推定値	推定値	推定値	推定値			単位長さ当たりの
	測定点	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		中央	主筋縦筋本数
	1						下面	単位長さ当たりの
	2) `		配力筋本数
	3			(
	4							
	5							
	6							
	7							
	8						仕上げ	材 (有・無)
かぶり	9						仕上げ	材の仕様
厚さ	10							
	11							
	12							
	13							
	14						留意事	·項
	走査線		×					
	長さ							
	平均值					_		
	標準偏差					-		
	最大値							
	最小值							
	比誘電率							
277 Arr - LD - 66 133	ㅋㅋ (그 (ㅋ ㅎ							

配筋状態図又は与具

囲を広げることができ、コンクリート構造物の品質確認をより確実に行うことができるようになり、鉄筋

コンクリート構造物の品質確保に役立つことが期待されることから、改正することとした。

- コンクリートの非破壊試験ー鉄筋平面位置及びかぶり厚さの 電磁波レーダ試験方法 説 鼦 この解説は、本体及び附属書に規定・記載した事柄、参考に記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄 を説明するもので、規格の一部ではない。 この解説は、(一社)日本非破壊検査協会が編集・発行するものであり、この解説に関する問合せは、(一 社)日本非破壊検査協会へお願いします。 1 改正の経緯 2015年に NDIS 3435 "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試験方法の種類とそ の選択"が制定された。配筋状態を試験する方法には電磁波レーダ試験,電磁誘導試験,及び放射線透過 試験がある。NDIS 3435は、これら3つの方法の特徴を整理し、試験目的及び試験対象に応じて試験方法 を選択する方法が規定されている。これらの中で特に電磁波レーダ試験装置の性能向上は目覚ましく、今 回改正することになった NDIS 3429 "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"(2011 年制定)は、その当時の試験装置の性能よりもかなり向上しており、NDIS 3435 に取り入れられている多 段配筋などの試験方法について具体的に規定することが必要となった。また、用語の整理も行われている ことから、これらを NDIS 3435 と整合させ、具体的な試験方法を規定するために NDIS 3429 を改正した。 2 改正の趣旨 改正の主な内容は、上記のとおり用語の整理及び装置の性能の見直し、並びに装置の性能の見直しに伴 う試験方法の見直しである。 用語及び定義は、NDIS 3435 制定の際、用語及びその定義が見直されているが、電磁波レーダ装置の性 能の向上に伴い、多段配筋などの試験も可能になってきていることから、かぶり厚さなど基本的な用語に 関して、非破壊試験に適した定義の見直しを行った。 試験装置の性能は、適用できるかぶり厚さが深く、より狭い鉄筋間隔まで分離して検出することが可能 になっている。これらの性能向上により、条件によっては2段配筋の内側の鉄筋(試験面より遠い側の鉄 筋)の試験、三次元表示などもできるようになっている。これらの性能を取り込むことによって、適用範
- 1187 1188

1189 3 審議中に特に問題となった事項

1190 審議中に特に問題となった事項は、次のとおりである。

1191 a) 規格名称

NDIS 3429 : 2020

 $1156 \\ 1157$

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165 1166 1167

1168

1169 1170

11711172

1173

1174

1175

1176 1177

1178 1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1192 制定時の規格名称"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"の"探査"について
1193 は、原案の校閲時から曖昧すぎるなどの問題点が指摘されていた。その時は、測定精度がまだ低いなどの
1194 問題があったことから、"探査"のままで制定された。その後、NDIS 3435 "コンクリートの非破壊試験-

1195 鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法の種類とその選択"が制定された。特に電磁波レーダ試験につい

1196 ては、試験装置の性能が向上し、測定精度の向上が期待できることから、NDIS 3435 では"探査"が"試

1197 験"になったことなどから, NDIS 3435 を参考に名称を見直した。

1198 b) 適用範囲

- 1199 これまでは最外縁の鉄筋を適用対象としていた。試験装置の性能向上に伴い多段配筋の試験にも適用で1200 きる規定について検討した。
- 1201 多段配筋を対象にすると、測定結果が複雑になることから、三次元表示、マルチパス方式の試験装置が1202 使用できるようにすることについても検討した。

1203 c) 用語及び定義

 1204
 用語及び定義についても NDIS 3435 を参考に、また試験装置の性能向上などに伴い、次の点について見

 1205
 直しが必要となった。

1206 **1) 鉄筋平面位置**

- 1207NDIS 3429 制定時の"鉄筋位置"は、NDIS 3435 では"鉄筋平面位置"と修正されたことから、用1208語は NDIS 3435 に合わせた。
- 1209 定義は、両規格とも"鉄筋のコンクリート表面への投影位置"であるが、試験装置の性能向上によ
 1210 り深いかぶり厚さまで測定できるようになり、条件によっては多段配筋も検出できるようになってき
 1211 たため、"コンクリート表面"とはどの面かを明確にすることが必要になり、定義を見直した。

1212 **2) 多段配筋**

1213 これまでの試験対象は,最外縁(1段目)の鉄筋であったが,電磁波レーダ試験装置の性能の向上
 1214 により,多段配筋の配筋条件によっては2段目の検出も可能になったことから,多段配筋の定義を明
 1215 確にすることが必要となった。

1216 3) 鉄筋間隔

1217 鉄筋間隔の定義は、制定時は"コンクリート部材内にお互いに平行に配置された鉄筋の中心間の距
1218 離"である。配筋図では平行に配置されている場合が多いが、実際には平行になっているとは限らな
1219 い。そもそも設計において平行でない配筋もある。また、コンクリート表面が曲面の場合、これまで
1220 の定義では、本来、非破壊試験によって求められる鉄筋間隔とは異なる。このようなことから、新た
1221 に定義することが必要であり、全面的な見直しが必要となった。

1222 **4) かぶり厚さ**

- 1223 かぶり厚さの定義は、JIS A 0203 では "鋼材、シースなどの表面とそれらを覆うコンクリートの外
 1224 側表面までの最短距離。"、JIS Z 2300 では "コンクリート表面から対象とする鋼材、シースなどの表
 1225 面までの最短距離。"となっている。主に最外縁の鉄筋を対象にしている場合,前者の定義でいい。多
 1226 段配筋なども対象にする場合,後者のように "対象"を明確にすればよい。ただし、多段配筋のよう
 1227 な場合,どの鉄筋に対して、コンクリートのどの表面から試験するのかが問題となることから、再定
 1228 義が必要になった。
- 1229 なお、"かぶり厚さ"と"かぶり"の使い分けについては、NDIS 3429 制定時(2011 年)に検討(解
 1230 説 3 a)及び 5.2 a)に記載)されているとおり、コンクリート表面から鉄筋表面までの最短距離を表す場
 1231 合は"かぶり厚さ"、鉄筋を覆っているコンクリートの部分を"かぶり"としている。

1232 d) 試験装置の機能・性能

1233 最外縁の鉄筋を検出する一般的な試験に用いる試験装置の性能について調査し、試験装置の機能・性能
 1234 を規定している**附属書 B**の表 B.1 の見直しについて検討した。

1235 また、鉄筋の検出可能なかぶり厚さと鉄筋のあきの関係は、向上していることが考えられることから、

1236 最外縁の鉄筋だけでなく多段配筋の2段目以下の検出ができる可能性が考えられることから、多段配筋の1237 検出可能な範囲についても検討することとした。

1238 e) 試験装置の点検及び点検に用いる試験体

- 1239 点検の考え方については、制定時と同様、装置の製造者又は代理者が実施する定期点検と、試験技術者
 1240 が実施する日常点検を規定した。また、日常点検の実施時期は、試験開始時点検、試験中点検及び試験終
 1241 了時点検を規定した。
- 1242 定期点検は、試験装置の機能及び性能を確認するために標準試験体が必要であり、制定時からの検討課
 1243 題であったことから、標準試験体を規定することについて検討し、附属書Dに参考ではあるが記載した。
 1244 日常点検は、試験装置の動作確認を行い、試験結果に問題がないことを確認する。また、日常点検の結
 1245 果の変化(指示値の変化,ばらつきなど)を確認することにより、早期に装置の異常などが発見できるよ
 1246 うにするために対比試験体が必要であり、制定時には参考ではあるが対比試験体の附属書を設けた。しか
 1247 し、その対比試験体は、比誘電率の管理が難しい、重く費用が高いという問題があったことから、見直し
 1248 が必要であり、新たな対比試験体について検討することとした。

1249 f) 試験方法

1250 制定時は、シングルパス方式による最外縁の鉄筋を対象とした一般的な試験方法について規定した。そ
1251 の後、試験装置の性能の向上、画像処理技術の発展、マルチパス方式の試験装置の研究開発などが行われ
1252 ており、これらの技術を取り入れた多段配筋などの試験方法について検討した。

1253 g) 比誘電率

- 1254 コンクリートの比誘電率は、コンクリートの含水状態に大きく左右され、その時のコンクリートの状態
 1255 及びコンクリート表面から内部に向かっても異なっている。そのため、この規格では、ある程度実績のあ
 1256 るコンクリート内部の比誘電率を推定する方法として、附属書 J (カーブフィッティング法による比誘電
 1257 率推定方法)、附属書 K (鉄筋径法によるコンクリート内部の比誘電率分布推定方法及びかぶり厚さ計算方
 1258 法)及び附属書 L (実測法による比誘電率推定方法)を引き続き示した。
- 1259 ただし、附属書Jと附属書Lについては、制定時は参考であったが、規定にできないか検討した。
- 1260 附属書 K については, 適用条件及び縦筋と横筋が緊結されていない場合の課題が残されており, 検討す1261 ることとした。
- 1262 h) データ処理

1263 かぶり厚さ推定値の精度向上などのためには測定結果のデータ処理が必要であり、制定時の差分処理、1264 信号強調処理のほか、追加すべき処理について検討した。

1265 i) 報告事項

1266 報告事項については,試験装置の性能及び個々の設定,仕様などに違いがあること,試験箇所及び条件
1267 によって得られる結果が異なる可能性があることなどから,再現性の高い試験を行うための規格上の対応
1268 として,報告の内容が重要であると考え,報告事項の充実を図り,様式例を示すことで対処することとし
1269 た。

1270

1271 **4 主な改正点**

1272 主な改正点は,**解説表1**のとおりである。

___.

1273

1274

解説表 1ー主な改正点

旧規格の箇条	番号・項目名及び内容	この規格の箇条	番号・項目名及び内容	改正の理由
規格の名称	電磁波レーダ法によるコ	規格の名称	コンクリートの非破壊	解説 3 a)参照
	ンクリート構造物中の鉄		試験-鉄筋平面位置及	
	筋探查試験方法		びかぶり厚さの電磁波	
			レーダ試験方法	
1 適用範囲	鉄筋の探査方法	1 適用範囲	対象とする鉄筋の明確	7
			化	
2 引用規格		2 引用規格	NDIS 3435 追加	解説 3 a)参照
3 用語及び定義		3 用語及び定義	用語の追加、記載順番の	多段配筋などを追
			見直し、定義の見直し	加、順番は階層別、
. Im. Is materia			AND A REAL POINT	定義は解説 3 a) 参照
4 探査原理	レーダによる鉄筋位置検	4 電磁波レーダ試	レーダによる鉄筋位置	X
	出原埋	験の原理	検出原理 	
5 試験技術者	試験技術者の要件	5 試験技術者	試験技術者の要件	
6 探査装置 - 探索支払	装置の機能・性能、点検	6 試験装置	装置の機能・性能、点検	
7 探查万法	最外縁の配筋試験	7 試験万法	多段配筋、マルチパス方	試験装置の性能の同
			式, 二次元表示による試	上を反映
• 冲放任要卫 水头	把本件用品。这些你任要		一次を附属書に整理 計算が出まされば正式	
8 鉄肋位直及ひか	探 省 結 未 か ら 妖 肋 位 直 ,	8	試験結果から鉄肋半面	
ふり厚さの推定	かかり厚さを氷める方法	いかふり厚さの推	位直, かふり厚さを推定 オスナオ	
0 却生		<i>L</i> 0 却生	りつ力伝	
9 和口 附尾書 A (宏老)	鉄筋位置 かどり厚くた	9 和口 附尾書 A (A エード D エードの波	
附属者 A(参考) 挖本百理		○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Aモート, Bモートの仮 形表示	
沐山亦垤	不のる墨本原達	电磁波レ シ 武族	12427	
附属書 B (損定)	探査装置の機能・性能	₩属書 B (損定)	旧規格の性能を基本性	試験装置の性能の向
探査装置の機能及		試験装置の機能及	能の要求性能 1. それ以	上を反映
び性能		び性能	後の性能を要求性能 2.	10000
0 12110			多段配筋に用いる試験	
			装置の性能の例示	
附属書 C(参考)	探査装置の初期点検・日	附属書 C(参考)	初期点検の削除	許容範囲の 2 回設定
探査装置の初期点	常点検	試験装置の日常点		を回避
検及び日常点検の		検の方法		
方法				
附属書 D(参考)	硬質塩化ビニルによる対	-	-	装置メーカー、試験
対比試験体	比試験片の例			技術者などに委ね,
				附属書を削除
		附属書 D(参考)	空気を媒質とした標準	定期点検に使用され
		標準試験体	試験体の例	ている試験体の例
		附属書 E(規定)	旧規格の解説を附属書	標準的な試験方法で
		一般的な試験方法	(規定)とした。	あり、規定
		附属書 ┣(参考)	多段配肋の試験方法	装直の性能回上に伴
		ンノクルハス力式		り武映力伝
		による多权能肋の 試験士法		
		武歌力伝 松属書 C(参考)	三次三主元に上る試験	壮罟の多機能化に伴
		前海首 ((参布))	二次九衣小による試験	表遣の多級肥化に伴う試験方法
		レトス三次元表示	574	ノ氏の大ノノゴム
		による三次元表示		
		置の試験方法		
		附属書 H(参考)	マルチパス方式の試験	マルチパス方式の伸
		マルチパス方式に	装置による試験方法	用方法
		よる鉄筋平面位置		

		及びかぶり厚さの		
		試験方法		
		附属書 I(参考)	マルチパス方式の三次	マルチパス方式の使
		マルチパス方式の	元表示による試験方法	用方法
		三次元表示による		
		鉄筋平面位置の試		
		験方法		
附属書 E(参考)	比誘電率を変化させ波形	附属書 J(規定)	参考を規定に格上げ	実績
カーブフィッティ	に近似させる方法	カーブフィッティ		
ング法による比誘		ング法による比誘		
電率推定方法		電率推定方法		
附属書 F(参考)	鉄筋径が一致するように	附属書 K(参考)	適用範囲,適用するにあ	鉄筋径法を適用する
鉄筋径法によるコ	比誘電率の分布の推定	鉄筋径法によるコ	たっての注意点などを	にあたっての厳格化
ンクリート内部の	と、かぶり厚さの求め方	ンクリート内部の	追加	
比誘電率分布推定		比誘電率分布推定		
方法及びかぶり厚		方法及びかぶり厚		
さ計算方法		さ計算方法		
附属書 G(参考)	かぶり厚さの実測値から	附属書 L(規定)	参考を規定に格上げ	実績
実測法による比誘	比誘電率を求める方法	実測法による比誘		
電率推定方法		電率推定方法		
附属書 H(参考)	差分処理,信号強調処理	附属書 M(参考)	マイグレーション処理	鉄筋位置をより精度
データ処理		データ処理	を追加	良く求める
附属書 I(参考)		附属書 N(参考)		
報告の様式例		報告の様式例		

1276 5 **規定項目の内容**

1277 **5.1 適用範囲**(本体の**箇条 1**)

1278 この規格の適用範囲としては、次のとおりである。

1279 a) 試験の直接の対象としているのは、JIS G 3112 及び JIS G 3117 に規定される丸鋼及び異形棒鋼の両
 1280 方(併せて鉄筋という。)であるが、鋼製シース、鉄骨及びその他の磁性体の試験にもこの規格を準用
 1281 することができる。

1282 なお、磁性体の鉄筋に JIS G 4322 (鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼) もあるが、電磁波レ 1283 ーダ装置による試験の事例がないため、適用範囲には含めていない。

1284 b) 試験装置の発展は目覚しいものがあり,性能も大きく向上していくことが予想される。そのため,こ
 1285 の規格では,試験深さ,鉄筋間隔又はあきの適用範囲については特に制限を設けず,附属書Bの装置
 1286 の性能によっている。

- 1287 c) モルタル、タイルなどの仕上げ材がある場合のかぶり厚さの測定は、仕上げ材の厚さ及びコンクリー
 1288 トのかぶり厚さの測定が必要である。そのためには、両者の電磁波伝搬時間及び比誘電率を推定する
 1289 必要がある。しかし、両者を分離して電磁波伝搬時間及び比誘電率を推定する方法は、現状ではない。
- 1290 そのため、仕上げ材がある場合、鉄筋平面位置だけの測定とし、かぶり厚さについては参考値とした。
- 1291 d) 電磁波レーダを用いて、コンクリート中の空洞などの検出も可能ではあるが、この規格では規定して
 1292 いない。
- 1293 ただし、多段配筋を対象に試験する場合、鉄筋など鋼材とは異なる CD 管なども検出されることが
 1294 考えられることから、それらの見分け方について検討することとした。

1295 **5.2 引用規格**(本体の**箇条 2**)

1296 この規格において引用した規格は、改正の必要性の契機となった NDIS 3435、並びに非破壊試験及びコ
 1297 ンクリートの用語として規定されている JIS 規格、対象としている鉄筋の規格である JIS G 3112 "鉄筋コ

1298 ンクリート用棒鋼"及び JIS G 3117 "鉄筋コンクリート用再生棒鋼"である。なお, JIS G 3117 について
 1299 は,現在では新設の構造物に適用される例は少ないと思われるが,既設の構造物に使用されている場合が
 1300 あることなどから試験の対象の鉄筋として引用した。

1301 5.3 用語及び定義 (本体の箇条 3)

1302 主な用語及び定義の補足を次に示す。

- 1303 a) 比誘電率
- 1304比誘電率は、本体の 3.7 の定義のとおり、媒体の誘電率と真空の誘電率の比である。附属書 A のと1305おり、かぶり厚さの推定に重要である。
- 1306 b) 鉄筋平面位置と鉄筋間隔
- 1307 非破壊試験によって求められる鉄筋平面位置と鉄筋間隔について定義を見直した。
- 1308 特に試験面が曲面の鉄筋間隔は、厳密には定義のとおりとなる。ただし、実際にはコア採取時にコ
 1309 アビットが鉄筋に接触することがないかを知るような場合に必要となることから、簡易に鉄筋平面位
 1310 置、かぶり厚さ、鉄筋径から図解などによって鉄筋のあきがコアビットの外径以上あるかなどを確認
- 1311 すればよい。
- 1312 c) かぶり厚さ

1317 1318

1319 1320 1321

1322 1323

1324

1325 1326

1313 解説図1に異形鉄筋の場合のかぶり厚さを示す。本体の3.5の定義のとおり、コンクリート表面から対象とする鉄筋表面までの最短距離である。鉄筋表面とは、すなわち異形鉄筋ではリブ又は節の上
 1315 面である。また、最外縁の鉄筋だけでなく、測定する鉄筋が多段配筋の2段目などであることが明確
 1316 になるように"対象とする"鉄筋表面までの最短距離とした。



▶解説図 1―異形鉄筋の場合のかぶり厚さの定義

1327 d) 多段配筋

1328 多段配筋については、上下に重なっている場合と、下が上の間にある場合がある。後者は千鳥配筋
1329 と呼ばれているが、前者については決まった呼び方はない。千鳥配筋と区別するために、この規格で
1330 は重ね配筋と呼ぶこととした。

1331 e) 標準試験体

1332 標準試験体は、定期点検時の校正に使用することから、材質及び寸法が安定している材料を用いる。

1333 f) 对比試験体

1334 日常点検には対比試験体が必要となる。対比試験体に標準試験体を用いることができれば、校正と1335 ほぼ同等の結果が得られる。

1336 通常,試験する材料(コンクリート)に近い材質のものを用いることが多いと考えられる。コンク
 1337 リートを対比試験体に用いる場合は,比誘電率が安定していることを確認して使用する。屋内に長期

- 1338 間据え置かれ空調によりよく乾燥したコンクリートは、使用する機器によっては比誘電率の補正範囲
- 1339 から外れる場合があるので注意が必要である。また、試験時に対比試験体の比誘電率を構造体の比誘
 1340 電率に用いてはならない。
- 1341 対比試験体の大きさは、持ち運びできるようにできる限り小さくできると試験の中間にも点検を行1342 いやすくなるが、側面からの反射など点検結果に影響しない程度とする。

1343 g) 基準線

- 1344 測定位置の座標を定めるための基準となる線のことを指し、X 軸, Y 軸の 2 つを定める。基準線は
 1345 走査線の設定及び試験結果の報告においても必要となり、試験の精度を左右するものであるため、試
 1346 験に先立って定め、できる限り正確にその位置を記録しておく。
- 1347 h) 走査線
- 1348 試験装置を走査する場合の走査方向の基準となる線のことを指す。試験の精度を確保するため、走
 1349 査線は試験対象とする鉄筋に対して直交する方向となるように定める必要がある。

1350 5.4 **電磁波レーダ試験の原理**(本体の**箇条 4** 及び**附属書 A**)

1351 電磁波レーダの原理は、現在広く用いられているレーダと基本的に同じである。コンクリート用の電磁
 1352 波レーダは、インパルス状の電磁波をコンクリート内へ送信アンテナから放射した場合、電磁波がコンク
 1353 リートと電気的性質(比誘電率・透磁率)の異なる物質(鉄筋・埋設管など)との境界面で反射する。そ
 1354 の反射波を受信アンテナで受信し、それにかかる往復の伝搬時間から反射物体までの距離を計算すると異
 1355 なる物質までの位置を推定することができる。試験原理に関しては、附属書Aに示す。

1356 5.5 試験技術者(本体の**箇条 5**)

- 1357 電磁波レーダ試験によって配筋状態の試験を行う試験技術者は、本体の箇条5のとおり試験装置及び試
 1358 験原理に関する知識並びに鉄筋コンクリート材料及び構造に関する知識をもっておくことが必要であり、
 1359 関連する資格制度などは次のとおりである。
- 1360 配筋状態試験に関する資格制度として、JIS、(一社)日本非破壊検査協会による技術者認証制度などの 1361資格制度はないことから、この規格においては、試験技術者に必要な資格などを定めることはしていない。 1362 現状(2020年3月現在)では、解説表2のように各種団体による認証制度,技能講習会などが開催されて いるので,参考に示す。電磁波レーダ試験については、(一社)日本非破壊検査工業会の認証制度があるが、 1363今回の改正による多段配筋の試験、三次元表示による試験、マルチパス方式の試験装置による試験は含ま 13641365れていないことから、これらの試験については装置の取扱要領などをよく理解し、適切な試験体によって 訓練することなどが必要である。なお、(一社)日本非破壊内部探査協会が2020年2月に認証制度を立ち 1366上げており、今後の実施状況の確認が必要である。 1367
- 1368 また,試験技術者に必要な知識として,特に電磁波レーダ試験においては試験結果がコンクリートの状
 1369 態及び配筋状態の影響を受けやすいことから,試験装置及び試験原理に関する知識に加えてコンクリート
 1370 の性質及び鉄筋コンクリート構造に関する知識が不可欠である。参考として,コンクリート又は/及び鉄
 1371 筋コンクリート構造に関連する資格などを解説表3に示す。
- 1372
- 1373
- 1374
- 1375
- 1376
- 1377

解説表 2-試験技術者に関連する資格認証及び講習会

実施団体	電磁波レーダ	電磁誘導				
	コンクリート構造物の配筋探	查技術者資格認証 配筋探查技術者(土木)資格				
(一社) 日本升版场 检查工業会		コンクリート構造物の配筋探査技術者資格認証				
快重工术云		配筋探查技術者(建築)資格				
(一財) 日本建築総		コンクリート現場試験技術者認定 電磁誘導法に				
合試験所		よるコンクリート中の鉄筋かぶり厚さ測定方法				
(一財) 建材試験セ		電磁誘道決に上ろ鉄路探査測定実務講習会				
ンター		电网码寻应在多多数加速电视定入初期自五				

1379 1380

解説表 3---鉄筋コンクリート構造に関連する資格制度

実施団体	コンクリート又は/及び鉄筋コンクリート構造に関連する資格など							
(小社)ロオコンクリート工学会	コンクリート診断士							
(公社)日本コンクリート工学会	コンクリート技士・コンクリート主任技士							
(公社)プレストレストコンクリ	コンクリート構造診断十							
ート技術協会	コンクリート構造診断工							
文部科学省	技術士(建設部門)							
	1級・2級建築士							
国土交通省	1級・2級土木施工管理技士							
	1級・2級建築施工管理技士							

1381

1382 **5.6 試験装置**(本体の**箇条 6**)

1383 5.6.1 試験装置の構成(本体の 6.1)

1384 試験装置の構成は,製造者によってはアンテナ部及び演算処理部が1つの筐体に収まっているものもあ
 1385 る。現在使用されている電磁波レーダ試験装置は,送信される電磁波の中心周波数が数百 MHz~数 GHz
 1386 のものが一般的である。

1387 5.6.2 試験装置の機能及び性能(本体の 6.2 及び附属書 B)

1388 試験装置の機能・性能は, **附属書** B に示されている。この解説を 6.1 に記載する。

1389 5.6.3 試験装置の点検(本体の 6.3, 附属書 C 及び附属書 D)

1390 試験装置の点検は,装置製造者又は代理者が実施する定期点検並びに試験技術者が実施する日常点検を1391 規定し,さらに日常点検は,試験開始時点検,試験中点検及び試験終了時点検を規定した。

1392 定期点検は、試験装置の機能及び性能を確認し、必要な性能を満足しているかを確認するためのもので
1393 ある。定期点検の頻度は製造者などによって推奨される頻度が異なることから、この規格においては定期
1394 的に実施するという記述とした。また、装置製造者又は代理者は、定期点検において、製造者などが保有
1395 する標準となる試験体を用い、装置の変化を継続的に確認できるようにすることが重要である。

1396 日常点検は、試験装置の動作を確認し、試験結果に問題がないことを確認するために行うものである。
 1397 日常点検の方法は、**附属書**Cを参考に実施するとよい。

- 1398 5.7 試験方法(本体の**箇条** 7)
- 1399 5.7.1 事前調査

1400 コンクリート構造物中の配筋状態の試験を行うにあたって事前調査を行い,対象とする構造物の構造形
 1401 式,形状・寸法,配筋などの測定条件を確認し,試験計画を立案することが精度の良い配筋状態の試験を
 1402 行ううえで重要である。

1403 コンクリート材料には、鋼繊維補強コンクリートのように電磁波レーダによる配筋状態の試験の妨げと

- 1404 なるような材料が使用されている場合もあるため, NDIS 3435 の附属書 A を参考にコンクリートの配合,
 1405 使用材料なども確認する。
- 1406 また、この改正により多段配筋も対象としていることから、配管などの埋込み金物がある場合には、鉄
 1407 筋と誤って判別する恐れがあるため、事前に埋込み金物の有無を確認しておくことが重要である。CD 管
 1408 などは空隙と同じように検出されるが、この場合も測定結果(波形)をよく確認しなければ、鉄筋などと
- 1409 誤って判断する恐れがあるので、配管などの情報も確認しておくとよい。
- 1410 補修・補強が行われている場合は,構造物の形状・寸法が変更されていることがあるため,資料を収集1411 して確認する。
- 1412 5.7.2 シングルパス方式による1段配筋の試験方法(一般的な試験方法)
- 1413 シングルパス方式による1段配筋という,一般的かつ試験需要の多い場合について**附属書**Eにその手順
 1414 を示した。その解説は, 6.4 を参照されたい。
- 1415 5.7.3 シングルパス方式による多段配筋の試験方法
- 1416 シングルパス方式による多段配筋の試験方法は、附属書 F による。その解説は、6.5 を参照されたい。
- 1417 5.7.4 三次元表示による画像処理
- 1418 三次元表示による画像処理は、附属書Gによる。その解説は、6.6を参照されたい。
- 1419 5.7.5 マルチパス方式による試験方法
- 1420 マルチパス方式による試験方法は、附属書H及び附属書Iによる。その解説は、6.7を参照されたい。
- 1421

1422 6 附属書の内容

- 1423 6.1 附属書 B 試験装置の機能及び性能
- 1424 6.1.1 概要
- 1425 試験装置の性能を,基本的な性能(表 B.1)と多段配筋の試験に用いる装置の性能(表 B.2)に分けた。
- 1426 また,基本的な性能は,要求性能 1 と要求性能 2 に分けた。性能の根拠,分けた理由などについて 6.1.2
 1427 で解説する。多段配筋の試験に用いる装置の性能について 6.1.3 で解説する。

1428 6.1.2 表 B.1 試験装置の要求性能

- 1429 表 B.1 のように要求性能 1 と要求性能 2 に分けたのは、制定時(旧規格)の性能を満足する装置を現在
 1430 でもその多くが使用されている。その後、高い性能をもつ多種類の装置も販売されていることから、新規
 1431 格では、旧規格の性能をベースにした規定が要求性能 1、その後に販売された装置の多くが満足できる性
 1432 能を要求性能 2 とした。
- 1433 要求性能の項目及び要求性能1の改正点,要求性能2の内容は次のとおりである。
- 1434 a) 要求性能の項目
- 1435 要求性能の項目は,解説表4のような理由で整理した。
- 1436
- 1437
- 1438
- 1439
- 1440
- 1441
- 1442
- 1443

解説表 4—表 B.1 の要求性能の項目の修正

[日規格の項目	į	新規格の項目	改正の理由
(大項目)	(小項目)	(大項目)	(小項目)	大項目は,走査距離と,か ぶり厚さの性能であること を明確にした
距離測定性能	装置の最小読み取り数値	走查距離測	装置の最小読み取り数値	改正なし
	鉄筋位置の許容誤差	定性能	_	原理上,波形のピークが鉄 筋位置であり,実際の測定 でもほとんど誤差がないこ とから,項目を削除
	走査距離の許容誤差		走査距離の測定性能	走査距離によって許容誤差 が異なることから,測定性 能とした
	鉄筋間隔(ピッチ)の識別		鉄筋のあきの識別能力	識別能力は、鉄筋径の影響
	能力(走査方向の分解能)		(走査方向の分解能)	を受けることから,鉄筋間 隔を鉄筋のあきに修正
かぶり厚さ探 査性能		かぶり厚さ 測定性能	必要測定深さ	旧規格の最下段の項目をか ぶり厚さの項目に移動
	最小読み取り数値		最小読み取り数値	改正なし
	かぶり厚さの許容誤差		かぶり厚さの測定精度	かぶり厚さによって許容誤 差が異なることから,測定 性能とした
探查性能	探査深度			かぶり厚さの項目に移動

1445

1446 b) 要求性能 1

1447 旧規格の要求性能を,新規格の要求性能1に修正した理由は,解説表5のとおりである。

1448

1449

解説表 5—旧規格の要求性能を新規格の要求性能1に修正した理由

(小項目)	旧規格の要求性能	新規格の要求性能1	改正理由
装置の最小読み取り数値	5 mm 以下	5 mm 以下	改正なし
走査距離の測定性能	移動距離 500 mm の範囲	移動距離 500 mm の範囲で	新規格の下線部分を追
	で±5 mm 以下で, かつ	±5 mm 以下で、かつ <u>500</u>	加。旧規格は間違い(距
	移動距離に対しての誤	<u>mmを超える場合は</u> 移動距	離に関係なく 1%以内と
	差は±1%以内	離に対しての誤差は±1%	なってしまう)。
		以内	
鉄筋のあきの識別能力	かぶり厚さが 75 mm 未	かぶり厚さが 75 mm 未満	
(走査方向の分解能)	満の場合,75mm以下の	の場合, 75 mm 以下のあき	鉄筋間厚な鉄筋のちき
	鉄筋間隔が測定できる	が測定できる	
	かぶり厚さが 75 mm 以	かぶり厚さが 75 mm 以上	に以上(表下の1)参照)。 理由け 報説書 2 のとな
	上の場合,かぶり厚さの	の場合, かぶり厚さの距離	座田は 所読衣 5 のとわ
	距離以下の鉄筋間隔が	以下の鉄筋のあきが測定	9 ₀
	測定できる	できる	
必要測定深さ	200 mm 以上	最小 50mm 以下,最大 200	かぶり厚さの測定精度
		mm 以上測定できる	の規定に合わせ, 最小 50
			mm 以下を追加
最小読み取り数値	3 mm 以下	3 mm 以下	改正なし
かぶり厚さの測定精度	かぶり厚さが 50~200	かぶり厚さが 50~200 mm	新規格の下線部分を追
	mm の範囲で誤差が±5	の範囲で誤差が±5 mm 以	加。比誘電率によって誤
	mm 以下	下,又は電磁波伝搬時間誤	差が異なることから追
		<u>差が±0.1 ns 以下</u>	加。詳細は表下の 2)参照

1451(1) 鉄筋の識別能力

1456

1471

1452鉄筋のかぶり厚さとあきによって鉄筋を識別できるかどうかの限界が存在することから、その適用の限 1453界を示しておくことは重要である。

旧規格では鉄筋間隔で規定していたが、新規格では鉄筋のあきで規定した。その理由は、例えば、鉄筋 1454間隔で規定すると,鉄筋径が太くなればあきは小さくなり,明確な電磁波の反射波形が得られにくくなり, 1455鉄筋が識別しにくくなるためである。

要求性能1は、解説図2の細い実線より下の範囲でも適用可能であることを求めている。 1457



14722) かぶり厚さの測定精度

旧規格のかぶり厚さの測定精度は 50~200 mmの測定範囲内において、比誘電率が既知で、安定してい 1473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、試験条件に不備が見られ改正 1474を検討した。電磁波レーダ試験方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 1475時間と伝搬媒質の伝搬速度から算出している。また、一般的に試験装置の測定精度は、主に、伝搬時間の 1476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 1477さ測定精度は、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 1478分ではなく, 伝搬時間誤差の規定を併記する必要がある。 1479

今回の改正では、かぶり厚さ測定精度の要求性能をかぶり厚さ誤差が±5 mm 以下又は伝搬時間誤差± 1480 0.1 ns 以下とした。 1481

1482解説図3は、伝搬媒質の比誘電率に対する電磁波レーダ試験方法の測定許容誤差を図示したもので、許 容かぶり厚さ誤差 ΔD は、比誘電率 $\epsilon > 9$ のとき ± 5 mm、比誘電率 $\epsilon \leq 9$ のとき ± 15/ $\sqrt{\epsilon}$ mm となる。比誘 1483電率9は、コンクリートの比誘電率を想定し、このときのかぶり厚さ誤差±5 mm、伝搬時間誤差±0.1 ns 14841485を基準としている。

1486

1487

1488

1489



1506 b) 要求性能 2

1507 要求性能2は、旧規格制定後に販売された装置の多くが満足できる性能をまとめたものであり、解説図1508 2のとおり要求性能1よりも適用範囲が広く、測定精度が向上している。

1509 6.1.3 表 B.2 多段配筋の試験に用いる試験装置の性能(例)

1510 多段配筋に適用する場合,鉄筋径,1段目と2段目の鉄筋のかぶり厚さとあきなど多くの組合せが考え
 1511 られるため,性能を規定するまでには至らず,土木構造物,建築物の代表的な例について検出できるかど
 1512 うかを確認して得られた性能の例を表 B.2 に示した。

1513 6.2 附属書 C 試験装置の日常点検の方法

1514 日常点検の基本的な項目,及び特にかぶり厚さは,参考に,附属書Dの標準試験体を用いた点検方法に1515 ついて示した。

1516 かぶり厚さの点検は、媒質の比誘電率が関係するため、どのような試験体を用いて、どのように点検す
1517 るのか、さまざまな方法が考えられる。かぶり厚さの日常点検の方法は、試験装置の種類に応じた装置製
1518 造者が提案する方法、試験技術者が日常点検に取り入れやすい方法などを適用すればいい。

1519 附属書 C に、附属書 D の標準試験体を用いた日常点検の方法を参考に示した理由は、附属書 D の標準
 1520 試験体を用いて定期点検を行い(試験装置の検査例を附属書 D の解説図 4 に示す)、同じ試験体を用いて
 1521 日常点検を行えば、日常点検の目的である、単に試験装置が正常に作動していることを確認するだけでな
 1522 く、試験装置の性能を直接確認することができるからである。

1523 なお,試験装置の走査距離の点検に用いる試験体の平坦(たん)度とは、そり(反り)とも呼ばれ、走
 1524 査範囲 1000mm において走査方向の直角方向(水平に走査した場合,鉛直方向)の反りが±1 mm 以内で
 1525 あることを要求している。

1526 6.3 附属書 D 標準試験体

1527 定期点検は、製造者及び装置の構造によって点検方法が異なることから、製造者などが実施することと1528 しており、校正に用いる標準試験体も試験装置に適したものを用いることとなる。

1529 附属書 D に示した標準試験体は,電磁波が伝搬する媒質を空気とすることにより比誘電率 $\epsilon = 1$ とした 1530 ものであり,比誘電率が安定している。また,この標準試験体による試験装置の検査例を解説図4に示す。

(一社) 日本非破壊検査工業会では、この標準試験体を用いて点検を行い、成績書を発行していることか 15311532ら,参考に標準試験体として示した。

また、この標準試験体は、比較的安価であり、制定時の対比試験体のように重くはなく、簡単に組立て 1533できるため、試験場所へ持参して日常点検に使用することも可能なことから、対比試験体としても適用で 1534きるものである。 1535

1536



- 15621563
- 1564

1565

1566

15671568

6.4 附属書 E 一般的な試験方法

1569制定時に適用対象にしており、現在でも試験の需要が多いと考えられるシングルパス方式の試験装置に よる最外縁の鉄筋を対象とした配筋状態の試験方法を附属書Eに規定した。附属書Eを基本に,そのほか, 1570

解説図 5-平面度

- 1571 シングルパス方式による"多段配筋"の配筋状態の試験方法,及び測定結果の"三次元表示"を,**附属書**
- 1572 F,及び**附属書 G**に参考に示した。"マルチパス方式"による配筋状態の試験方法を**附属書 H**及び**附属書 I** 1573 に示した。
- 1574 6.5 附属書 F シングルパス方式による多段配筋の試験方法
- 1575 最外縁の鉄筋の内部には、シース、組立鉄筋など比誘電率が無限大の金属製の埋設物がある場合がある。
- 1576 逆に、コンクリートの充填が不十分な部分がある場合、又は CD 管など比誘電率の小さいものが入ってい
- 1577 る場合がある。これらは、電磁波レーダによる配筋状態の試験では、鉄筋とともに検出される場合がある
- 1578 ことから、Aモード波形などにより、被検出鉄筋であることを確認する。
- 1579 6.6 附属書 G シングルパス方式による三次元表示の試験方法
- 1580 三次元表示は、複数の二次元の試験結果から試験面を透過若しくは奥行きをもたせ、配筋状態を表示す1581 る試験方法である。
- 1582 試験を実施していない場所のデータは前後左右の試験データを補間・演算により求めで表示する。
- 1583 一般的に二次元の鉄筋画像は双曲線で表示するが、三次元は鉄筋反射信号に演算処理を加え円形で表示 1584 する。
- 1585 附属書 G に示した三次元表示は一般的なシングルパス方式及びマルチパス方式の装置に適用される。
- 1586 ただし、送受信アンテナをアレイ状に多数配置したマルチパス方式の装置は1回の試験で三次元表示が
 1587 可能であるため**附属書**Gの適用外となる。

1588 6.7 附属書 H 及び附属書 I マルチパス方式による試験方法

- 1589 マルチパス方式による試験装置は、メーカー、装置によって使用方法が異なるため、**附属書**H及び**附属**
- 1590 書 I には試験方法の概要のみを示した。各装置の使用方法は取扱説明書などにより、鉄筋平面位置などの
 1591 試験方法は、附属書 H 及び附属書 I を参考にするとよい。
- 1592 6.8 附属書J カーブフィッティング法による比誘電率推定方法
- 1593 附属書Jのカーブフィッティング法の名称と原理について解説する。一般には"双曲線法"と呼ばれる
 1594 方法であるが、その違いについて説明する。
- 1595 まずは、双曲線法について説明する。電磁波レーダ試験により解説図6の太い曲線のような山形の波形
 1596 が得られる。双曲線法は、鉄筋の頂点の1点から反射すると仮定すると、装置がxのとき、鉄筋までの送
 1597 信は、反射後の受信波は斜めの実線Lとなるが、装置の表示は、コンクリート表面に鉛直方向の実線Lと
 1598 なる。Lの長さは、解説式(1)となり、解説式(2)が得られる。解説式(2)は双曲線を表す式であり、これまで
 1599 "双曲線法"と呼ばれてきている。
- 1600

1607 しかし,双曲線法の仮定である鉄筋の頂点の1点からの反射は,**解説図6**より,実際には考えられない。
1608 実際の反射位置は,**解説図6**の細い破線のように,装置の位置と鉄筋の曲面によって変化する。この場合
1609 の送信波,受信波の長さLは,解説式(3)となる。解説式(3)を解説式(2)のように変形すると解説式(4)とな
1610 る。解説式(4)の分母に変数Lが含まれており,得られる波形は太い破線のように,双曲線(太い実線)と
1611 は多少異なることから"カーブフィッティング法"とした。



- 15 -



- 1663 鉄筋径法による比誘電率分布の推定は、附属書 K のとおり、格子状に配筋された縦筋と横筋のかぶり厚
 1664 さの差が、コンクリート表面に近い鉄筋の径になることを利用した方法である²⁾。比誘電率の分布は解説
 1665 図9の形状から、附属書 K の式(K.1)及び図 K.2 のように仮定した例がある²⁾。この関係より、乾燥しやす
 1666 い表層の比誘電率を小さく、内部を大きく推定できるなどの特徴がある。ただし、K.2 c)の仮定より、比誘
 1667 電率が変化している範囲に鉄筋があることが必要であることから、改正に伴い K.3 に適用範囲を設けた。
 1668 その根拠は次のとおりである。
- 1669 鉄筋径法が適用できるのは, K.2 の仮定より, "含水率が大きい勾配をもっている範囲に鉄筋がある場合"
 1670 であり,その範囲は,注1)ではコンクリート表面から100 mm 程度までの深さとしている。その理由は,
 1671 次のとおりである。
- 1672 a) 新設構造物の場合は、雨がかかる、かからないにかかわらず、コンクリート打設後数箇月経過後でも
 1673 解説図 10 及び解説図 11 のとおり深さ 100 mm 程度まで含水率が変化しており、鉄筋径法の適用が可能
 1674 である。
- 1675 b) しかし、長期間経過後は、雨がかかる、かからないによって含水率分布は異なる。雨がかかることなく14年経過すると、比誘電率は解説図10の黒丸のように表層も内部もほぼ一定になっており、鉄筋径
 1677 法の適用はできない。雨がかり部については、解説図12のとおりである。解説図12は、解説図11の1678 10年後の結果である。10年後でも含水率は、表面から100mm程度まで変化しており、雨がかり部では長期間においても鉄筋径法の適用は可能である。





解説図 11 雨がかり部の比誘電率分布 3)

解説図 12 雨がかり部の比誘電率分布(10年後)³⁾

1692 鉄筋径法が適用できるもう一つの重要な仮定に,鉄筋が緊結されていることがある。鉄筋が緊結されて
1693 いなければ誤差が大きくなるという問題がある。その対策として,K.4.1 及びK.4.2 に注 2)及び注 3)を追加
1694 した。

1695 鉄筋径法によるかぶり厚さ測定精度は, 解説図 13~解説図 15 のとおり,部材による多少の違いはある
 1696 ものの,ほぼ±20%である⁴⁾。ただし,この結果は 2008 年の測定であり,その後,装置の性能は向上し,
 1697 文献 5)では±10%程度に改善されている(解説図 16)⁵⁾。





1741 参考文献

- 1742 1) 富士岳ほか:非破壊試験によるコンクリート品質,厚さ,鉄筋かぶり・径の計測に関する研究 第2報
 1743 電磁波レーダ法および衝撃弾性波法,非破壊検査,Vol.52, No.12, pp. 691-696, 2003.12
- 1744 2) 中村英佑,森濱和正,山口順一郎,松塚忠政:鉄筋径を利用した非破壊試験による比誘電率分布とか
 1745 ぶりの推定,コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.1801-1806, 2005.6
- 1746 3) 森濱和正:コンクリートの比誘電率の経年変化と推定方法,日本非破壊検査協会平成 25 年度秋季大会
 1747 講演概要集,pp.41-44, 2013.11
- 1748 4) 飯田洋志,松本 功,久富真悟,森濱和正:非破壊・局部破壊試験によるコンクリート構造物の品質
 1749 検査特集 (2) 非破壊試験によるコンクリート構造物の鉄筋かぶり厚さの測定,非破壊検査, Vol.58, No.4,
 1750 pp.132-137, 2009.4
- 1751 5) 森濱和正,中 民矢,飯田洋志,松田吉人,小山征一郎:電磁波レーダ(パルス方式)によるかぶり厚
 1752 さ測定,日本非破壊検査協会平成 22 年度春季大会講演概要集,pp.141-144, 2010.5
- 1753

1754 6.10 附属書 L 実測法による比誘電率推定方法

1755 附属書Lでは、かぶり厚さ、部材厚さなどの実測値を用いて比誘電率を推定する方法を示した。実測法
1756 は、実構造物からの情報をもとに比誘電率を推定する方法であり、参考として示した3つの推定方法の中
1757 で最も確実な方法といえる。ただし、得られるのは実施した位置のみである。また、小径コアなどにより
1758 削孔して鉄筋を露出させる場合など、コンクリート構造物の一部を破壊することとなるため、実施に際し
1759 ては構造物管理者の許可を得る必要があり、何箇所かの値を得ることが難しい。

1760 6.11 附属書 M データ処理

- 1761 附属書 M では,測定したデータを解析しやすくするための一般的なデータ処理方法を参考として示した。
 1762 鉄筋平面位置の試験にあたり,得られた反射画像を解析しやすいようノイズの除去,信号の強調などのデ
 1763 ータ処理を適切に行うことは,試験精度を確保するために重要である。ここに示したデータ処理方法は一
 1764 部であり,得られた反射画像の状態にあわせてデータ処理方法を選択するとよい。
- 1765 また,鉄筋平面位置及びかぶり厚さの推定精度を向上するためには,機器の精度向上だけでなく,画像1766 からの鉄筋平面位置の推定精度をさらに向上できるデータ処理方法の開発が必要とされる。
- 1767 今回,真の位置及び形状を表す処理を行うようにマイグレーション処理を追加した。

1768

1769 7 **懸案事項**

1770 懸案事項は、次のとおりである。

1771 a) **点検と点検に用いる試験体**

- 1772定期点検,日常点検と,その時に用いる標準試験体,対比試験体については,解説の箇条3のe)で1773も述べたとおりである。
- 1774 標準試験体は装置の性能を確認するために必要であり、製造メーカごとに、装置の特性などに応じ
 1775 て定められているのが現状であり、統一した標準試験体を提案することは難しい。附属書Dなどを参
 1776 考に、統一した標準試験体が提案されると装置の種類の違い、同じ種類の装置でも個体差の違いなど
 1777 を把握しやすくなるものと考えられる。
- 1778 対比試験体についても、検査会社、試験技術者などがそれぞれ独自のものをもっているのが現状で
 1779 ある。その多くは、コンクリートにかぶり厚さが既知の鉄筋を埋め込んだ試験体と考えられる。しか
 1780 し、コンクリート試験体は比誘電率が変化する恐れがある、現場に持参しにくいなどの問題があり、
- 1781 軽量・小型で、比誘電率が変化しにくい材質のもので作製した試験体が望ましい。
- 1782 b) 比誘電率
- 1783 電磁波レーダを用いてかぶり厚さを測定する場合,測定精度はコンクリート中の比誘電率の推定精
 1784 度に依存するといっても過言ではない。そのため、ある程度実績のある比誘電率の推定方法を**附属書** 1785 J, 附属書 K 及び附属書 L に示したが、次のような多くの問題がある。
- 1786 附属書Jは、反射波形に近似するような比誘電率を求めている。そのために、明瞭な反射波形が必
 1787 要であるが、最近のように鉄筋量が多くなり鉄筋間隔が狭いような場合には、隣接する鉄筋の影響に
 1788 より明瞭な反射波形を得ることが難しい場合には、適用は難しいなどの問題がある。
- 1789 附属書 K は,鉄筋径の測定誤差がかぶり厚さの推定に大きな影響を及ぼす。特に,縦筋と横筋が緊
 1790 結されていることを仮定して,それぞれのかぶり厚さの差から鉄筋径を求めており,縦筋と横筋が離
 1791 れているとかぶり厚さの推定値に大きな誤差を生じるなどの問題がある。
- 1792 附属書Lは、実測した位置では精度良く比誘電率を求めることができるが、コア抜きなどによって
 1793 実測する場合は、かなりの労力が必要になり、構造体に損傷を与えるため、比誘電率が異なっている
 1794 と考えられるところを何箇所も実測することが難しい。薄い部材の場合は、その厚さを用いることも
 1795 できるが、表層と内部の比誘電率の違いを考慮することができない、などの問題がある。
- 1796 かぶり厚さの推定精度を向上するためには、比誘電率の推定精度をさらに向上できる方法が開発さ1797 れ、規格化する必要がある。

1798 c) 2 段以上の配筋状態の試験

1799 この改正において、参考ではあるが多段配筋(対象は2段まで)の配筋状態及びそれに関連する試

- 1800 験について、**附属書**F(シングルパス方式による多段配筋の試験方法),**附属書**G(三次元表示による
- 1801 画像処理)及び**附属書**H(マルチパス方式による鉄筋平面位置及びかぶり厚さの試験方法),**附属書**I
- 1802 (マルチパス方式の三次元表示による鉄筋平面位置の試験方法)に記載した。しかし、適用できる範
 1803 囲が狭いなど、実際の配筋状態に対して適用できる場合が少ない。今後さらに装置の性能向上、解析
 1804 方法の改良などが望まれる。

1805 d) 仕上げ材とかぶりコンクリートの分離

pcom

- 1806 仕上げ材がある場合のかぶり厚さの測定は困難である。その理由は、仕上げ材の厚さ及びコンクリ
 1807 ートのかぶり厚さまでの伝搬時間を分離して求めることが困難であること、また、それぞれの比誘電
 1808 率を推定することも困難であるからである。今後、仕上げ材があるような場合、かぶりコンクリート
 1809 と分離して測定できる方法の開発が必要である。
- 1810 e) 電磁波レーダと電磁誘導又は放射線透過の併用による配管などと鉄筋の判別精度の向上
- 1811 コンクリート中には CD 管,空隙などもあり,電磁波レーダによって検出されるため,これらが鉄
 1812 筋かどうかを確認しなければならない場合がある。波形の位相によって判断できるが,熟練を要する
 1813 こと,判断に時間がかかることなどから,電磁誘導,放射線(X線)透過などを併用するとよい(併
 1814 用法)。併用法についても規定できれば,施工条件などに応じた試験が容易となる。

1815 f) 変状の試験

1816 電磁波レーダ法を有効に活用すれば,配筋状態の試験と同時にコンクリート中の空洞など変状の検
 1817 出も可能である。今後,変状検出の試験方法の規格化が望まれる。

1818 g) 試験技術者

- 1819 現在実施されている配筋状態の試験に関する技術者認証制度などは**解説表3**にまとめたとおりであ
- 1820 るが、これらは国土交通省が実施している"鉄筋探査"などに限定されて実施されているものであり、
- 1821 今後 b)~f)などの規格の確立とともに、今回、参考ではあるが、多段配筋、三次元表示、マルチパス
- 1822 方式の試験装置による配筋状態の試験方法も示した。今後は、これらの試験もより専門的に行うこと1823 ができる技術者の認証制度が望まれる。
- 1824 1825