報告　新築建築物における鉄筋のかぶり厚さ調査に関する基本検討

吉田　泰[*1]・陣内　浩[*2]・辻谷　薫[*3]・山本　佳城[*4]

要旨：2009 年 2 月に改定された日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」では，鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ（以下，鉄筋のかぶり厚さと称す）の品質管理方法に関し，従来よりも詳細な規定が定められた。既にいくつかの研究が実施されているが，実際の建築物において最新の電磁誘導法による測定装置を用いた鉄筋のかぶり厚さ調査を行った報告は十分とはいえない。そこで筆者らは，2009 年時点でレンタルできる最新の鉄筋のかぶり厚さ測定装置を複数準備し，中規模の新築建築物の配筋を調査した。この結果，いくつかの測定装置で概ね妥当と思われる精度で測定ができることを確認した。

キーワード：かぶり厚さ，電磁誘導法，測定誤差

1. はじめに

2009 年 2 月に改定された日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」（以下，JASS5 と称する）[1)]では，鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ（以下，鉄筋のかぶり厚さと称す）の品質管理方法に関し，従来よりも詳細な規定が定められた。このような背景から，筆者らは 2009 年時点でレンタルできる最新の鉄筋のかぶり厚さ測定装置を複数準備し，それらの測定精度などを実験的に検証し，測定時の留意点なども含めた検討結果を報告してきた[2)3)]。その他にも既にいくつかの研究[4)5)]が実施されているが，実際の建築物において最新の電磁誘導法による測定装置を用いた鉄筋のかぶり厚さ調査を行った報告は十分とはいえない。そこで本報告では，最新の鉄筋のかぶり厚さ測定装置を複数準備し，同じ鉄筋コンクリート部材を異なる装置で測定した場合の測定結果がどのように異なるのかなどを調査した。

2. 調査計画

2.1 調査目的および調査建物の概要

本調査では，中規模鉄筋コンクリート造建築で施工されている柱，床および壁の鉄筋のかぶり厚さを 5 種類の電磁誘導式の測定装置で調査し，設計および最小かぶり厚さに対してどのような測定値が得られるのかを調査した。調査を実施した各部材の基本情報を**表－1** に示す。調査対象は，地上 3 階建ておよび地上 5 階建ての 2 つの建物から任意に抽出した柱，床および壁の D10 および D13 の最外筋（せん断補強筋）とした。いずれの部材も現場で配筋され，コンクリートを打ち込む在来工法で施工されている。なお，配筋が特別な精度で施工されないように調査を抜きうちで行ったため，コンクリート打ち込み前の配筋精度などの検証は実施していない。

2.2 測定装置の概要

測定に使用した装置の一覧を**表－2** に示す。使用した装置は 5 種類である。いずれの装置も電磁誘導法を測定原理とし，2009 年時点でレンタル可能な装置である。ただし，装置 E4o は装置 E4 の旧型であり，新旧の装置の比較検討を行う目的で選定している。なお，事前に実施したメーカへのヒアリングにより，最新の測定装置は既往の研究[6)]で使用された測定装置よりも精度が上がって

表－1　調査を実施した部材の基本情報

部材	最外筋		最外筋に直行する鉄筋	
	径	間隔	径	間隔
柱 C1	D10	100mm	D22	150mm
柱 C2	D13	100mm	D25	100mm
床 S1	D10	200mm	D10	200mm
床 S2	D13	100mm	D13	100mm
壁 W1	D10	200mm	D10	200mm
壁 W2	D13	200mm	D13	200mm

表－2　使用した測定装置の分解能と面内測定誤差[2)]

記号	測定原理	かぶり厚さの分解能*（mm）	面内位置の測定誤差			
			D10 厚 50mm	D10 厚 80mm	D25 厚 50mm	D25 厚 80mm
E1	電磁誘導	1	0	0	1	1
E2		1	0	0	0	0
E3		1	7	8	6	8
E4		1	0	1	0	0
E4o		1	0	2	1	2

*カタログ値による

*1 大成建設（株）　技術センター　建築技術研究所　研究員　修士（工学）　(正会員)
*2 大成建設（株）　技術センター　建築技術研究所　主任研究員　博士（工学）　(正会員)
*3 大成建設（株）　技術センター　建築技術研究所　主任研究員
*4 大成建設（株）　技術センター　建築技術研究所　副主任研究員　博士（工学）　(正会員)

いることを確認した。現場測定に先立って各装置の基本性能を検証[2]した結果，いずれの測定装置も**表－3** に示す JASS5 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」[1]（以下，JASS5 T-608 と記す）で規定された要求性能を満たしていることが確認できている。なお，本調査に関連する各測定装置の D10 および D13 の測定誤差を**図－1** に示す。**図－1** の結果より、かぶり厚さの測定精度は必ずしもかぶり厚さが大きい場合のみに落ちるわけではなかった。今回の調査では、プローブが車輪の上に載っているような E3 や、旧式の E4o などでは、かぶり厚さが小さい場合にも測定精度が落ちる結果となった。

表－3　装置本体の性能（JASS5 T-608:2009）

項目	性能
面内位置の測定誤差	±10mm または探査距離の±1.0%以下
走査方向の分解能（判別可能な 2 つの鉄筋の空の最小値）	75mm 以下（深さ方向 50mm まで） かぶり厚さ×1.5 倍以下（深さ方向 80mm まで）
かぶり厚さの測定範囲	最小 10mm 以下，最大 80mm 以上
かぶり厚さの測定誤差	±2mm 以下（深さ方向 50mm まで） ±3mm 以下またはかぶり厚さの±5%以下（深さ方向 80mm まで）
かぶり厚さの分解能	1 mm 以下

2.3　調査の概要

本調査における鉄筋のかぶり厚さの調査は，JASS5 T-608 に示される測定手順に準拠して実施した。ただし，実際の配筋を用いて実測後の補正を行うようなことは行っていない。具体的には，以下の手順で実施した。

(1)　図面で鉄筋径，配筋状況，設計かぶり厚さ，スペーサの寸法を確認

(2)　測定面の選定

(3)　探査センサを用いて鉄筋の面内位置をマーキング

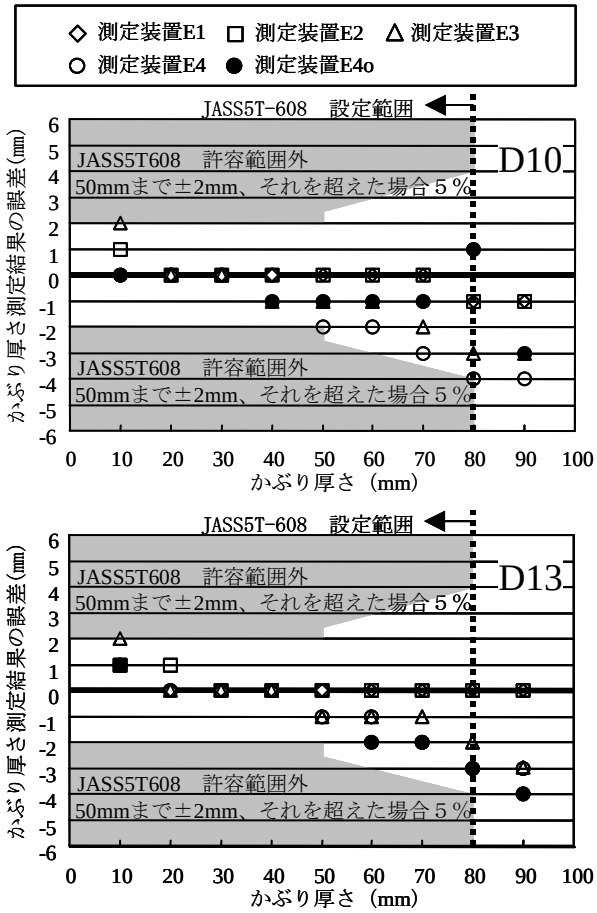
(4)　測定部位・部材の箇所ごとに最外筋のせん断補強筋を 10 本以上，それぞれ 3 回ずつ測定

なお，実際に使用されたスペーサの寸法と図面の寸法が一致していることを施工管理記録写真から確認した。また，コンクリート中の型枠セパレータ等，明らかに鉄筋を測定していないと考えられる測定点は避けた。

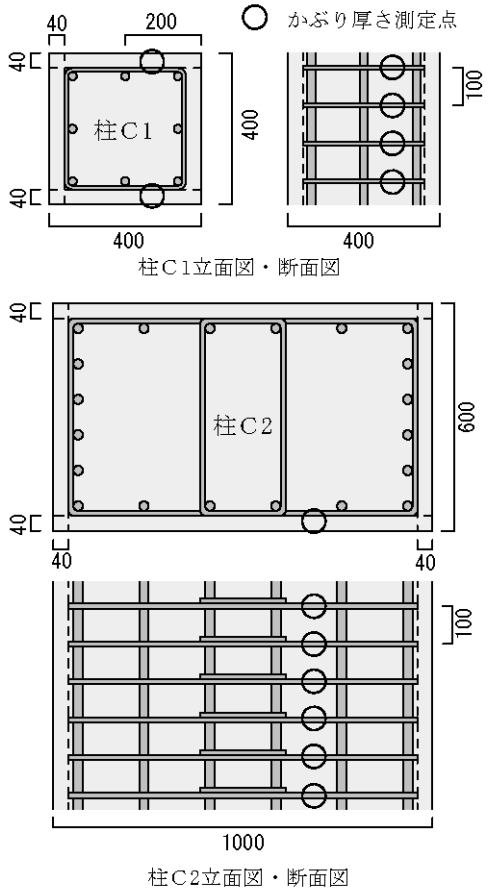
3. 測定結果

3.1 柱

測定した柱の立面図・断面図を**図－2** に示す。柱 C1 は断



図－1　かぶり厚さの測定結果の誤差[2]



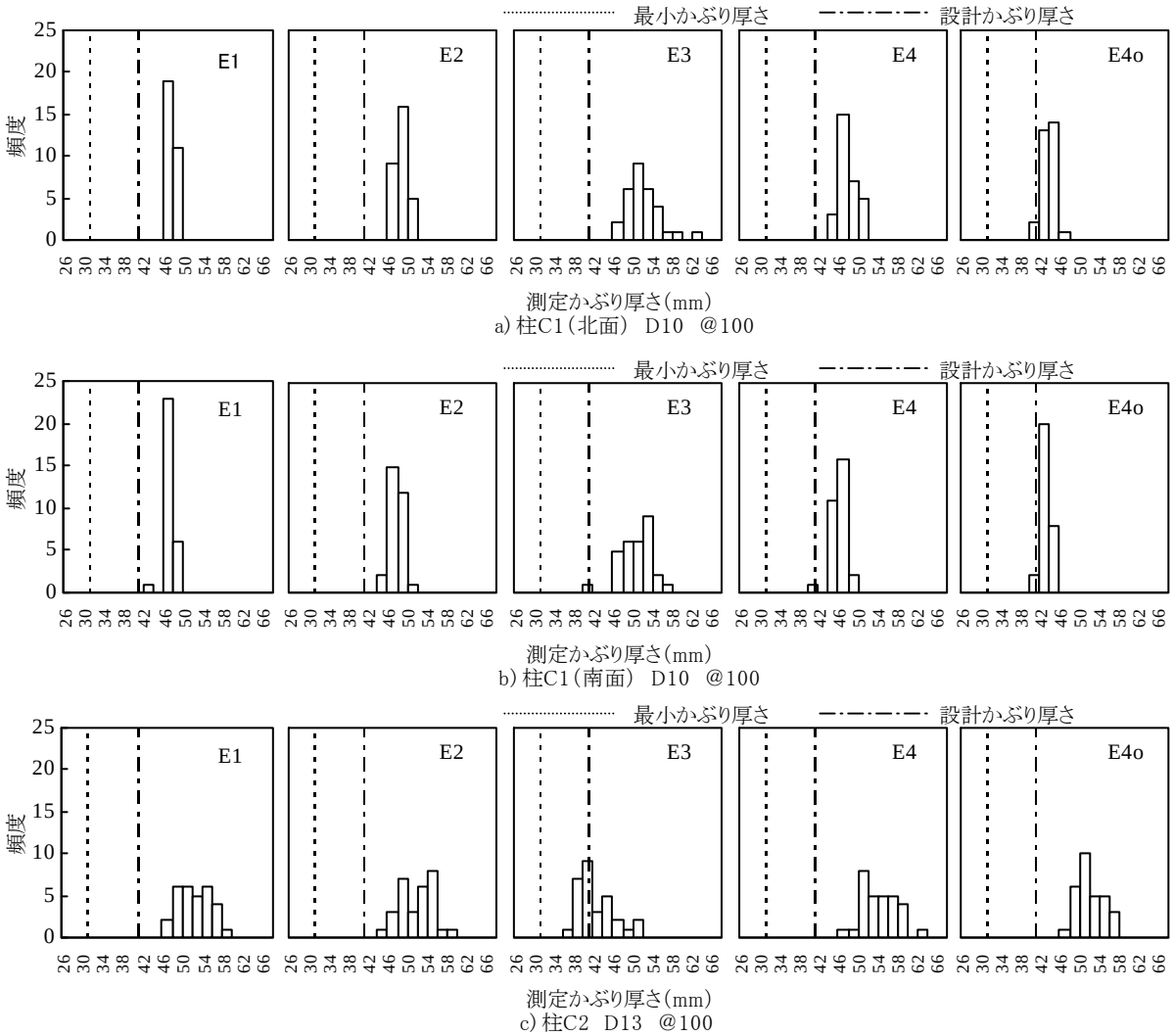
図－2　測定を実施した柱の立面図・断面図

面寸法 400×400mm で D10 のせん断補強筋が 100mm 間隔で配置されている比較的小さな柱，柱 C2 は断面寸法 1000×600mm で D13 のせん断補強筋が 100mm 間隔で配置されている一般的な大きさの柱である。柱 C1 に比べ，柱 C2 は直行する主筋の径が太く，主筋と主筋の間隔も狭い。ここでは，前述した調査手順に従って，10 本のせん断補強筋をそれぞれ 3 回，計 30 点のかぶり厚さを測定した。測定値は，**表－3** に示すかぶり厚さの分解能の規定から 1mm の位までを読むこととした。なお，柱 C1 に関しては南北の 2 面で同様の測定を行い，柱の断面中心と配筋全体がどのような関係になっているのかについても確認することとした。測定結果を**図－3** および**表－4** に示す。図中の頻度は，例えば 30mm と 31mm の合計というように， 2mm ごととした。いずれの柱をいずれの測定装置で測定した結果においても，平均測定値は 42～54mm 程度を示しており，最小かぶり厚さ未満となることはなかった。また，前述した**図－1** の結果を含めて考えると，周辺鉄筋の干渉が少なければ，今回準備した測定機器は十分な精度で測定できる範囲を測定したことになる。測定装置 E1，E2 および E4 はほぼ同様の平均値や変動係数となっていたが旧式の測定装置である E4o は 4～5mm 程度小さい値を示し，測定装置 E3 は 3～4mm 程度大きな値を示した。これらの差は，測定装置ごとの測定原理の差および装置内部での計算方法の違いによって発生しているものと考えられる。また，柱 C1

表－4　測定かぶり厚さ　柱

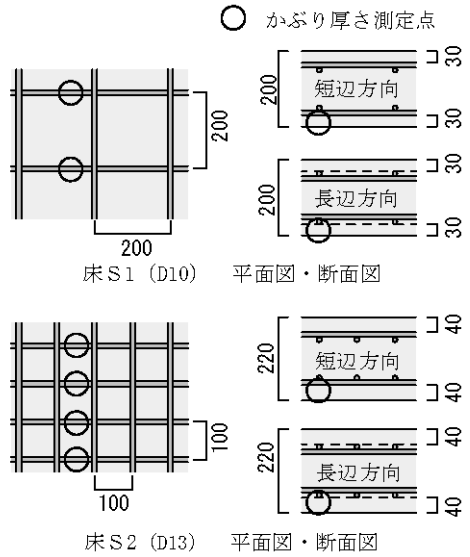
		E1	E2	E3	E4	E4o
柱 C1 北面	平均値（mm）	47.2	48.1	51.5	47.4	43.3
	標準偏差	0.9	1.3	3.4	1.7	1.2
	変動係数	1.9	2.8	6.5	3.6	2.7
柱 C1 南面	平均値（mm）	46.6	47.4	50.2	45.7	42.8
	標準偏差	1.2	1.3	3.1	1.3	1.0
	変動係数	2.5	2.6	6.3	2.8	2.3

スペーサ寸法：40mm，形状：ドーナツ型



図－3　測定かぶり厚さ　柱

の南北面がいずれも設計かぶり厚さよりも大きくなっている理由は，せん断補強筋を設計かぶり厚さが確実に得られる精度で小さく加工していることに起因している。本来，JASS5 における設計かぶり厚さの検査では，配筋検査時の判定値は明記されていない。合否の判定値については特記あるいは管理者との協議によって決められるべきである。しかし，実務では配筋検査時に特記あるいは管理者との協議なしに，設計かぶり厚さをそのまま配筋検査時の判定値とし，設計かぶり厚さ以上のかぶり厚さを確保していることを要求されてしまうことも多いため，せん断補強筋は 5～10mm 程度小さく加工することが多ようである。したがって，柱や梁の鉄筋のかぶり厚さを 1 面しか測定できず，その値がやや部材内部に寄っていたとしても，配筋全体が部材断面の中心に対してズレていると判断するのは，やや早計といえる。



図－4　測定を実施した床の平面図・断面図

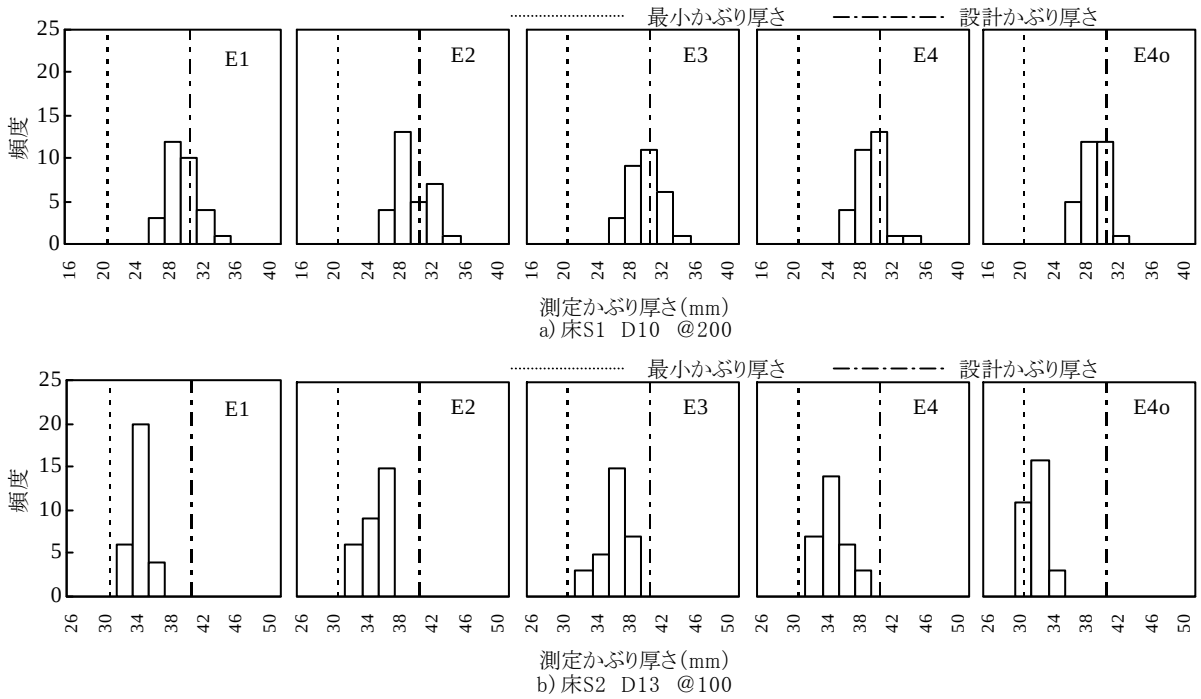
3.2 床

測定した床の断面図および平面図を**図－4** に示す。床の測定は，対象とする床の下階から実施した。ここでも前述の手順に従って， 10 本の下端筋をそれぞれ 3 回，計 30 点のかぶり厚さを測定した。測定結果を**図－5** および**表－5** に示す。床 S1 は床厚 200mm で D10 の異型鉄筋が 200mm 間隔で配置され，床 S2 は床厚 220mm で D13 の異型鉄筋が 100mm 間隔で配置された一般的な床である。床 S1 の設計かぶり厚さは 30mm，床 S2 の設計かぶり厚さは 40mm であり，各々設計かぶり厚さと同じ寸法のスペーサが使用されていた。床 S1 は測定値の平均が

表－5　測定かぶり厚さ　床

		E1	E2	E3	E4	E4o
床 S1	平均値（mm）	29.7	29.9	30.1	29.4	29.0
	標準偏差	1.7	2.1	1.8	1.8	1.4
	変動係数	5.9	7.0	5.9	6.0	4.9
床 S2	平均値（mm）	34.4	35.2	36.3	34.8	31.9
	標準偏差	1.4	1.5	1.7	1.9	1.2
	変動係数	4.2	4.4	4.7	5.5	3.8

床 S1　スペーサ寸法：30mm，形状：サイコロ型
床 S2　スペーサ寸法：40mm，形状：サイコロ型

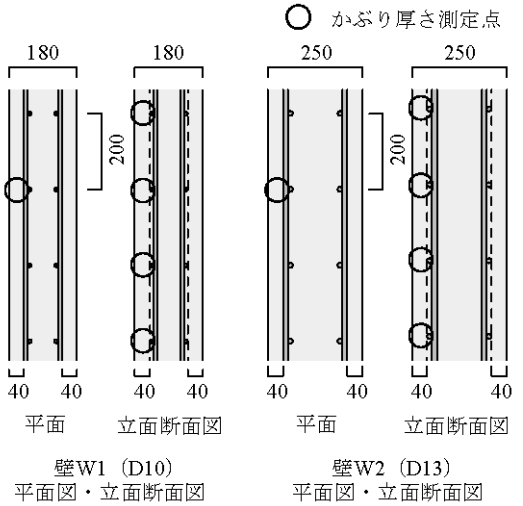


図－5　測定かぶり厚さ　床

29～31mm，床 S2 は 31～37mm の値であり，いずれも最小かぶり厚さ未満の値は測定されなかった。床 S1 は設計かぶり厚さと同じ 30mm 程度のかぶり厚さが多かったものの，床 S2 は設計かぶり厚さよりも 5mm 程度小さな測定結果となった。**図－1** より，いずれの装置もかぶり厚さが 40mm 程度において，周囲の影響を受けない場合の測定誤差は 1mm 程度である。**表－5** に示すとおり，装置 E1，E2，E4 の装置はほぼ同じ平均値および変動係数を示しており，これらの装置は周囲の鉄筋の影響を受けると小さめにかぶり厚さを評価する傾向である [3]ことから，実際のかぶり厚さよりも小さく評価している可能性が高いと考えられる。すなわち，測定結果が設計かぶり厚さよりも 5mm 程度小さくなったのは，施工精度の影響も考えられるが，床 S2 の配筋間隔が 100mm と小さいために，周囲の鉄筋からの影響を受けたためと考えられる。また，熊田らの研究 [7]でも D13 配筋間隔 100mm の条件において実測かぶり厚さ 20 および 50mm の試験体で非破壊検査によるかぶり厚さの測定値と実測かぶり厚さの差が 5mm 程度のデータが確認される。一方，床 S1 では装置 E3 と装置 E1，E2，E4 の平均値がほぼ同じ値となっている。これは，鉄筋間隔が 200mm と大きかったため，装置 E3 が周囲の鉄筋の影響を受けにくくなっていたためと考えられる。

3.3 壁

測定した壁の平面図および立面断面図を**図－6** に示す。ここでも前述の手順に従い，10 本の横壁筋をそれぞれ 3 回，計 30 点のかぶり厚さを測定した。測定結果を**図－7**

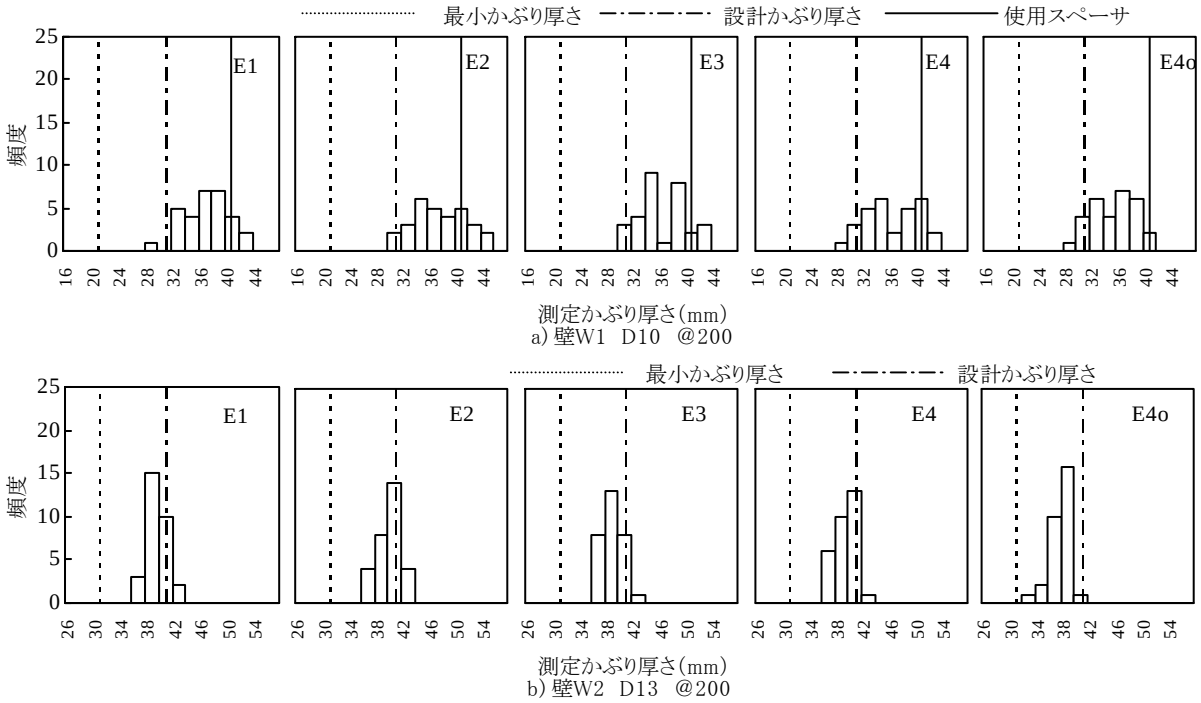


図－6　測定を実施した壁の平面図・断面図

表－6　測定かぶり厚さ　壁

		E1	E2	E3	E4	E4o
壁 W1	平均値（mm）	36.8	37.4	36.3	36.1	35.0
	標準偏差	3.3	3.8	3.6	3.8	3.1
	変動係数	8.8	10.2	9.9	10.6	8.9
壁 W2	平均値（mm）	39.2	39.7	38.7	39.1	37.4
	標準偏差	1.4	1.7	1.6	1.5	1.6
	変動係数	3.5	4.2	4.0	3.9	4.2

壁 W1　スペーサ寸法：40mm，形状：ドーナツ型
壁 W2　スペーサ寸法：40mm，形状：ドーナツ型



図－7　測定かぶり厚さ　壁

および**表－6** に示す。壁 W1 は壁厚 180mm で D10 の異型鉄筋が 200mm 間隔で配置され，壁 W2 は壁厚 250mm で D13 の異型鉄筋が 200mm 間隔で配置された一般的な壁であり，横壁筋がかぶり厚さを決定していた。いずれの壁いずれの装置でも，最小かぶり厚さ未満の測定結果は得られなかった。壁 W1 は設計かぶり厚さが 30mm なのに対し，いずれの装置も平均値が 35～37mm と大きい値となった。これは，施工において設計かぶり厚さ 30mm を確実に確保するため，余裕を見て 40mm のスペーサを使用したためである。使用されたスペーサの寸法よりも，測定結果が 3～5mm 小さいのは，壁厚が小さいために，反対面の鉄筋の影響を受けた結果であると考えられる。壁 W1 のほうが壁 W2 よりも変動係数が大きくなっていることからも周囲の鉄筋の影響を受けたことが考えられる。壁 W2 は，いずれの装置においても平均値が 39mm 程度の測定結果であり，設計かぶり厚さと概ね同じ値が得られている。ここで装置 E3 が装置 E1，E2，E4 とほぼ同じ平均値であるのは，床 S1 と同様に鉄筋間隔が 200mm と大きく，装置 E3 が周囲の鉄筋の影響を受けにくくなっていたためと考えられる。

3.4 測定結果に関する考察

以上，いずれの装置を用いても，全ての部材で最小かぶり厚さ未満の測定値は得られなかった。いずれの部材においても装置 E1, E2, E4 がほぼ同じ値を示している。また，装置 E4o はいずれの部材においても装置 E1，E2，E4 よりも小さめの値を示し，鉄筋間隔が 200mm の場合は 1～2mm 程度，鉄筋間隔が 100mm の場合は 2.5～5mm 程度であった。一方，装置 E3 は鉄筋間隔が 200mm の場合は装置 E1, E2, E4 と同等か 1mm 程度小さな値となり，鉄筋間隔が 100mm の場合は 2～4mm 程度大きな値となった。

現行の JASS5 T-608 で示されるかぶり厚さの測定は，かぶり厚さ不足の兆候が見られる箇所において実施される。そして，事前に該当箇所の配筋状況を再現し装置ごとの補正値を求め，実際の測定値を補正しなければならない。しかしながら，周囲の鉄筋等の影響を受けた場合に，実際のかぶり厚さよりも小さめに評価するという概ねの傾向 [3]がつかめている装置 E1，E2，E4 を使用すれば，簡便にかぶり厚さの合否判定が実施できると考えられる。すなわち，測定されたかぶり厚さが，最小かぶり厚さよりも大きければ，必ずしもかぶり厚さの真の値は測れていなくとも，最小かぶり厚さが確保できていることを評価できると考えられる。

4. まとめ

本報告では，以下の事項を明らかにした。

(1) 2009 年時点での最新の頭厚さ測定装置を使用し，実際の現場での測定結果を報告した。限られた条件ではあるが，配筋条件によって測定装置によって測定結果が異なる場合があることとその具体例を示した。

(2) 周囲の鉄筋の影響を受けた場合のかぶり厚さ測定装置の測定傾向を事前に把握することにより，現行の JASS5 T-608 のように補正値を求めることなく，簡便にかぶり厚さの合否判定を実施できる可能性を示した。

かぶり厚さの非破壊検査は，かぶり不足の兆候がある場合に実施されるという性格上，実施する必要のないように施工を確実に行うことが重要であると考えられるが，近年の品質に対する要求の高まりから，より多くの場面で非破壊検査が実施される可能性がある。その場合，より正確な測定が実施できることが望ましい。したがって，より正確なかぶり厚さの測定を可能にするため，今後より多くのデータが蓄積されることが望まれる。

参考文献

1) 日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」, 2009. 2
2) 陣内浩，辻谷薫，吉田泰，中村光男，加藤圭，佐藤貢一，飯島眞人，並木哲：電磁誘導法によるかぶり厚さ測定装置の基本性能に関する実験的検討，日本建築学会技術報告集 16（34），pp.855-860, 2010.10
3) 陣内浩，辻谷薫，吉田泰，中村光男，加藤圭，佐藤貢一，飯島眞人，並木哲：電磁誘導法によるかぶり厚さの測定精度と補正法に関する実験的検討，日本建築学会技術報告集 16（34），pp.861-866, 2010.10
4) 西村進，桝田佳寛，松崎育弘，園部泰寿：鉄筋コンクリート造建築物の柱・梁側面におけるかぶり厚さの分布に及ぼす割増しや打増しの影響，日本建築学会構造系論文集 75（657），pp. 1941−1946，2010. 11
5) 西村進，桝田佳寛，松崎育弘，園部泰寿：鉄筋コンクリート造建築物の壁・梁・スラブにおけるかぶり厚さの分布に及ぼす打増しや施工方法の影響，日本建築学会構造系論文集 75（658），pp. 2079−2085，2010. 12
6) 李迅，毛見虎雄，藤井和俊：鉄筋コンクリート構造物の健全性評価技術に関する研究，日本建築学会技術報告集 13，pp.29-32, 2001.7
7) 熊田昭彦，太田達見：電磁誘導法による鉄筋のかぶり厚さ測定に関する実験的検討（その 1），日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），pp.769-770, 2009.8