

[12] 実際の鉄筋コンクリート造建築物における鉄筋のかぶり厚さの実態

正会員 ○ 梶田佳寛 (建設省建築研究所)
 正会員 友沢史紀 (建設省建築研究所)
 正会員 矢島義麿 (東京ソイルリサーチ)

1. はじめに

鉄筋コンクリート造建築物の早期劣化の原因として取り上げられる要因には、海砂による鉄筋の腐食、飛来塩分の浸透による鉄筋の腐食、反応性骨材によるコンクリートのひびわれや組織破壊などと並んでかぶり不足による鉄筋の腐食があげられる。このうち、特に建築物においては、かぶり不足による鉄筋の腐食が原因で、かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が露出するという現象が数多くみられる。かぶり不足は設計と施工の両方にかかわる問題であり、従来の設計・施工方法で作られた建築物において、どの程度の割合でかぶり不足な部分が生じて来るかを調べることは重要である。

この報告は、実際の建築物について、かぶり厚さを調査した実測データを出来るだけ多く集め、実際の建築物におけるかぶり厚さの分布やかぶり不足箇所が生じる割合などについて分析したものである。

2. 調査方法

調査のために集めたデータは、建設省建築研究所および東京ソイルリサーチが、建物診断や建物解体時の調査に際して、はつり調査によって調べたかぶり厚さの実測値であり、そのうち、分析に用いたデータは、柱筋および壁筋で、1つの建物で各々6箇所以上で調査を行っているものを対象とした。また、柱で表面が2つあって、1本の鉄筋について測定値が2つある場合は、その両方の値をデータとして用いた。図-1は、はつり調査時のスケッチの一例を示すものである。

調査対象建物の一覧は、表-1に示すとおりであり、調査建物の棟数は40、部材数は810、鉄筋本数は2123である。

3. 調査結果

3.1 柱筋のかぶり厚さ

柱筋には、主筋と帯筋とがあり、帯筋の方が主筋の外側に位置するためにかぶり厚さの最小値の規定は、柱の場合は一般に帯筋に対して適用されることになるがここでは、主筋と帯筋との両方についてかぶり厚さの分析を行うことにする。

a. 柱主筋のかぶり厚さ

柱主筋のかぶり厚さの建物ごとの平均値を10mmごとの相対度数分布で表すと図-2のようになり、その平均値は52mm、標準偏差は

11mmである。また、建物別の柱主筋のかぶり厚さの分布における標準偏差を5mmごとの相対度数分布で表すと図-3のようになり、その平均値は19mm、標準偏差は6mmである。図-2によると80~90%の建物で、柱主筋の平均かぶり厚さは40~60mmの範囲にあり、柱主筋に対しては、JASS5における最小かぶり厚さの規定を満足させようとしていることがうかがえる。次に、1つの建物の中で、柱主筋のかぶり厚さがどのような分布をしているかをみるために、柱主筋についての実測値が20以上ある建物について柱主筋のかぶり厚さを15mm

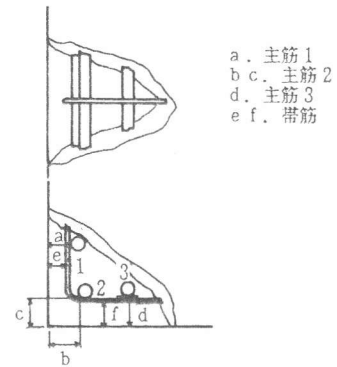


図-1 はつり調査の一例

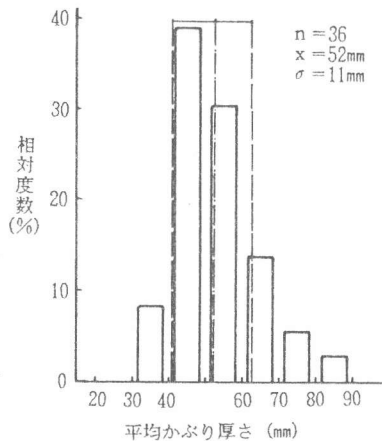


図-2 柱主筋のかぶり厚さの建物別平均値の分布

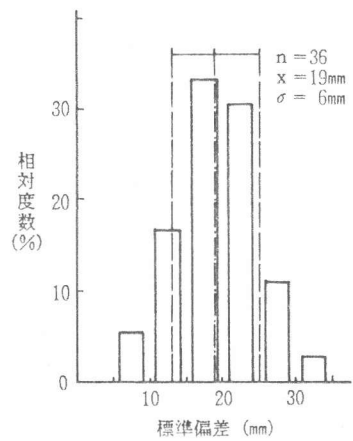


図-3 柱主筋のかぶり厚さの建物別標準偏差の分布

表—1 調査対象建物および調査結果一覧

建物号	所在地	竣工年	用途	階数	延床面積 (m ²)	調査箇所数	鉄筋種類、本数、かぶり厚さ (mm) および標準偏差 (mm)			
1	岐阜	1924	庁舎	3	11.503	柱 21 壁 7	主筋 n = 43 縦筋 n = 5	66±15 41±13	横筋 n = 7	37±12
2	神奈川	1926	小学校	3	3.982	柱 19	主筋 n = 41	70±22	帯筋 n = 20	50±20
3	福岡	1927	庁舎	5	7.942	柱 33	主筋 n = 33	44±16		
4	東京	1927	事務所	9	—	柱 6 壁 54	主筋 n = 10 縦筋 n = 49	47±8 51±19	帯筋 n = 8 横筋 n = 38	35±9 46±23
5	神奈川	1928	小学校	3	3.806	柱 20	主筋 n = 108	50±23	帯筋 n = 26	38±27
6	神奈川	1929	小学校	4	3.635	柱 19	主筋 n = 104	44±19	帯筋 n = 22	26±18
7	徳島	1930	庁舎	3	8.760	柱 27	主筋 n = 27	37±13		
8	東京	1930	大学	4	5.050	柱 8 壁 9	主筋 n = 7 縦筋 n = 9	43±16 45±27	帯筋 n = 8 横筋 n = 8	28±19 31±19
9	青森	1931	展示館	2	1.093	柱 8	主筋 n = 44	84±21	帯筋 n = 19	70±21
10	新潟	1932	庁舎	4	14.489	柱 6	主筋 n = 12	55±24	帯筋 n = 6	40±20
11	東京	1934	住宅	6	12.249	柱 10	主筋 n = 10	30±21		
12	東京	1935	事務所	6	1.454	柱 8	主筋 n = 9	46±21	帯筋 n = 7	23±17
13	京都	1935	庁舎	3	1.495	柱 23 壁 6	主筋 n = 133 縦筋 n = 15	59±18 42±10	帯筋 n = 53 横筋 n = 13	43±12 46±11
14	東京	1937	事務所	8	28.700	柱 26 壁 41	主筋 n = 28 縦筋 n = 39	52±34 34±24	帯筋 n = 23 横筋 n = 28	38±23 26±24
15	京都	1941	図書館	3	4.729	柱 12	主筋 n = 46	60±20	帯筋 n = 18	38±23
16	大阪	1951	事務所	5	3.640	壁 22	縦筋 n = 11	59±21	横筋 n = 15	50±17
17	東京	1952	大学	2	751	柱 6 壁 7	主筋 n = 6 縦筋 n = 7	41±15 36±19	帯筋 n = 5 横筋 n = 7	29±19 34±20
18	東京	1953	事務所	9	16.926	壁 42	縦筋 n = 26	39±18	横筋 n = 26	40±15
19	沖縄	1955	倉庫	1	2.848	柱 9	主筋 n = 22	50±18	帯筋 n = 17	39±18
20	高知	1956	中学校	2	2.547	柱 12 壁 9	主筋 n = 24 縦筋 n = 9	47±13 43±15	帯筋 n = 10 横筋 n = 11	37±13 54±9
21	静岡	1957	ホテル	7	8.240	柱 18 壁 26	主筋 n = 42 縦筋 n = 14	59±22 52±23	帯筋 n = 27 横筋 n = 32	41±15 60±29
22	東京	1957	事務所	9	30.163	柱 20	主筋 n = 27	45±17	帯筋 n = 22	31±18
23	東京	1958	事務所	9	—	柱 7 壁 15	主筋 n = 13 縦筋 n = 10	38±17 35±21	帯筋 n = 8 横筋 n = 7	25±18 40±23
24	東京	1958	小学校	3	1.117	柱 22	主筋 n = 26	54±16	帯筋 n = 25	40±17
25	東京	1958	小学校	3	1.820	柱 39	主筋 n = 39	51±14	帯筋 n = 39	36±14
26	東京	1959	公会堂	4	—	柱 14 壁 20	主筋 n = 15 縦筋 n = 15	45±14 57±24	帯筋 n = 6 横筋 n = 14	32±12 68±17
27	東京	1959	中学校	4	3.941	柱 22	主筋 n = 48	66±27	帯筋 n = 43	47±22
28	愛知	1961	庁舎	3	5.438	柱 10	主筋 n = 10	50±21	帯筋 n = 9	36±23
29	東京	1962	大学	4	4.259	柱 7 壁 9	主筋 n = 7 縦筋 n = 9	60±23 47±13	横筋 n = 7	46±25
30	山口	1962	住宅	4	1.076	壁 14	縦筋 n = 13	45±13	横筋 n = 10	39±17
31	青森	1963	体育館	1	884	柱 6	主筋 n = 6	72±27	帯筋 n = 6	56±27
32	愛知	1963	浄水場	4	—	柱 7	主筋 n = 10	63±26	帯筋 n = 9	41±26
33	青森	1964	体育館	1	884	柱 7	主筋 n = 12	57±5	帯筋 n = 10	45±6
34	北海道	1964	庁舎	6	17.210	柱 23	主筋 n = 14	48±17	帯筋 n = 12	33±12
35	神奈川	1964	住宅	4	1.064	壁 14	縦筋 n = 14	65±26	横筋 n = 10	54±28
36	東京	1966	幼稚園	4	1.187	柱 6	主筋 n = 10	42±20		
37	東京	1967	小学校	3	1.993	柱 6	主筋 n = 15	48±14	帯筋 n = 14	34±13
38	兵庫	1969	小学校	3	2.378	柱 10	主筋 n = 20	44±16	帯筋 n = 15	24±13
39	山口	1973	小学校	4	5.360	柱 19	主筋 n = 57	42±14	帯筋 n = 34	34±18
40	山口	1974	小学校	3	3.003	柱 13	主筋 n = 28	56±26	帯筋 n = 18	39±22

ごとの相対度数分布で表すと図-4のようになる。その分布型は、かぶり厚さの小さい方で急に立ち上がり、大きいほうへはなだらかに下る場合や、その逆に、小さいほうでなだらかに立ち上がり、大きい方では急に下る場合など、いろいろなパターンがある。しかし、これらを平均してみると図-5のようになり、正規分布で近似しても差しつかえないと考えられる。

b. 帯筋のかぶり厚さ

帯筋についても主筋と同様に、かぶり厚さの建物ごとの平均値を10mmごとの相対度数分布で表すと図-6のようになり、建物別の分布における標準偏差を5mmごとの相対度数分布で

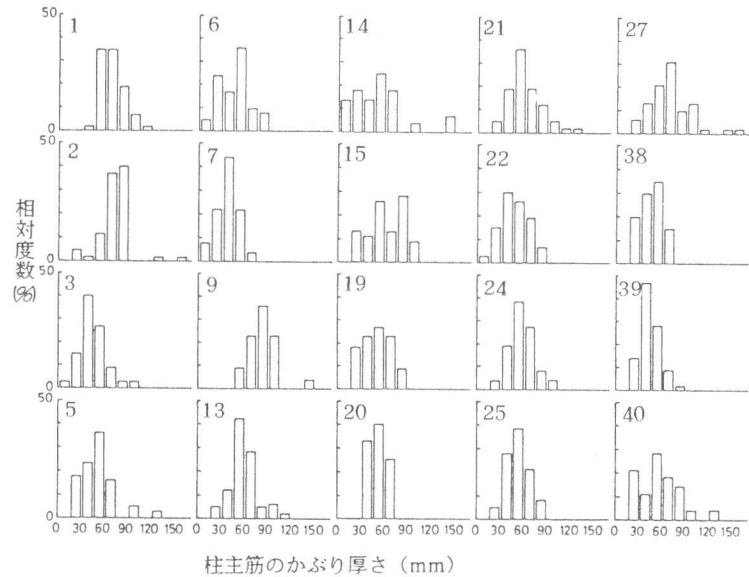


図-4 建物中での柱主筋のかぶり厚さの分布例

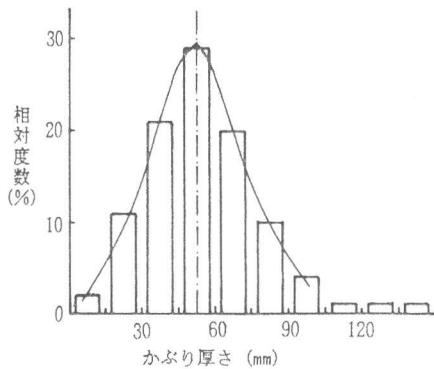


図-5 建物中での柱主筋のかぶり厚さの分布

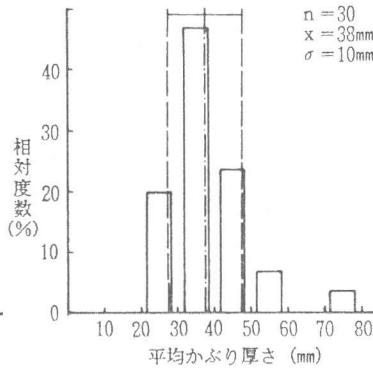


図-6 帯筋のかぶり厚さの建物別平均値の分布

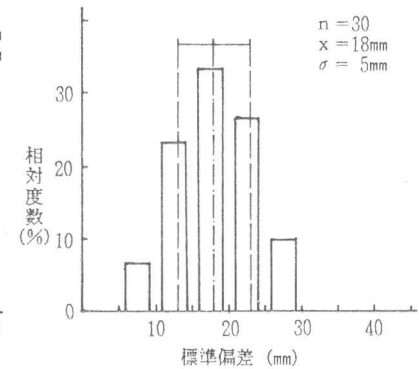


図-7 帯筋のかぶり厚さの建物別標準偏差の分布

表すと図-7のようになる。帯筋のかぶり厚さの建物別平均値は、主筋のかぶり厚さの建物別平均値に比べて14mm程度小さいが、かぶり厚さの建物別標準偏差は、主筋の場合と大差ないことがわかる。帯筋のかぶり厚さと主筋のかぶり厚さとの差は、帯筋の径に、主筋と帯筋との隙間を加えたものであるが、この位置関係をもう少し詳しくみるために、建物別の主筋のかぶり厚さの平均値と帯筋のかぶり厚さの平均値との差を相対度数分布で示すと図-8のようになる。これは、帯筋の径を0としたポアソン分布で近似できると考えられる。

帯筋についても、主筋の場合と同様に、建物中でのかぶり厚さの分布がどのようになっているかをみるために、実測値が10以上ある建物についてかぶり厚さの分布を求め、それらを平均してやると図-9のようになる。この図によると、建築基準法で規定されて

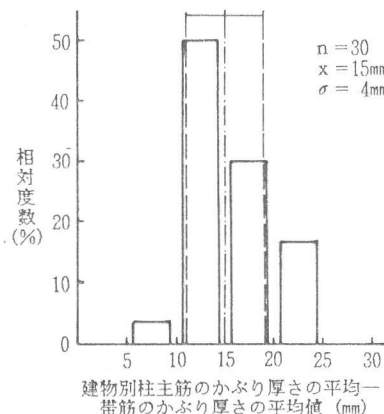


図-8 主筋と帯筋との位置関係

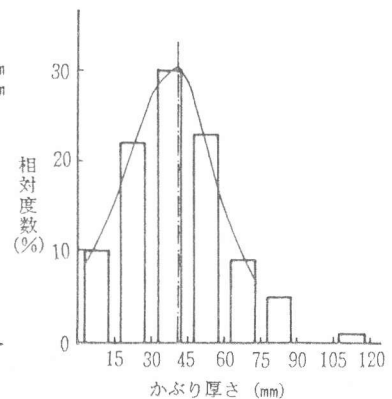


図-9 建物中での帯筋のかぶり厚さの分布

いる柱のかぶり厚さの最小値である30mmを満足しない部分は32%もあり、さらに、15mm以下になる部分は10%もある。このことから、柱においては帯筋のかぶり厚さを確保するような設計、施工方法を確立していくことが重要であると思われる。

3.2 壁筋のかぶり厚さ

壁筋には、縦筋と横筋とがあり、また、配筋方法も単筋と複筋とがあるが、ここでは、複筋の場合の手前側にある縦筋と横筋のかぶり厚さを分布の対象とする。

縦筋および横筋について、それぞれかぶり厚さの建物ごとの平均値を10mmごとの相対度数分布で表すと図-10のようになり、縦筋でも横筋でも、建物ごとの平均かぶり厚さでみると大差ないといえる。また、建物別の壁筋のかぶり厚さの分布における標準偏差を5mmごとの相対度数分布で表すと図-11のようになり、縦筋の場合も横筋の場合も 19 ± 6 mmとなり、柱筋の場合とほぼ同じ値となっている。

壁筋のかぶり厚さを、柱筋のかぶり厚さと比べてみると、主筋よりは6mm程度小さめであるが、帯筋よりは、逆に8mm程度大きめになっている。JASS5における壁筋のかぶり厚さの最小値は、耐力壁では柱筋と同じ値であり非耐力壁では、それより10mm小さい値となっている。今回の調査の対象とした壁筋のデータを、耐力壁のものと非耐力壁のものに分けることは困難であるが、その半数を耐力壁と仮定すれば、柱筋よりも5mm程度小さい値となると考えられる。しかしながら壁筋のかぶり厚さの建物別平均値は、帯筋に対しては8mm程度大きめの値となり、主筋に対しては6mm程度小さめの値となっており、このことは、壁筋においても、柱筋においても、同じ程度の厳しさでかぶり厚さの最小値の規定を守ろうとしているならば、柱においては、主筋のかぶり厚さが、柱におけるかぶり厚さの最小値を満足すればよいとするようなことがあると考えられる。

最後に、柱筋の場合と同様に、1つの建物の中で、壁筋のかぶり厚さの分布がどのようになっているかをみるために、データ数が20以上ある建物について、かぶり厚さの15mmごとの相対度数分布を求め、これらを平均すると図-12のようになる。この図から、壁筋の場合は、縦筋でも横筋でも、およそ20%の部分でかぶり厚さが30mm以下になることがわかる。

4. むすび

この報告は、実際の鉄筋コンクリート造建築物40棟の調査データにもとづいて、鉄筋のかぶり厚さの実態について分析し、かぶり厚さの分布やかぶり不足部分が生ずる割合などについて考察したものである。分析の結果、問題となった点をまとめると次のようである。

(1) 柱においては、帯筋において、かぶり不足を生ずる確率が高し、帯筋のかぶり厚さを確保するような設計、施工方法を確立することが重要である。

(2) 壁においては、屋外に面する部分でのかぶり厚さで、30mm以下の部分が20%もあるのは問題であり、屋外側のかぶり厚さを確保することが重要である。

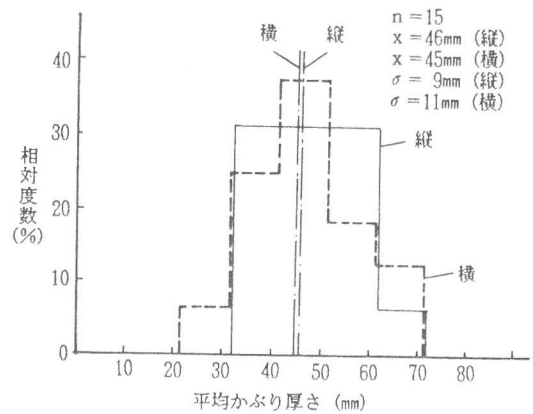


図-10 壁筋のかぶり厚さの建物別平均値の分布

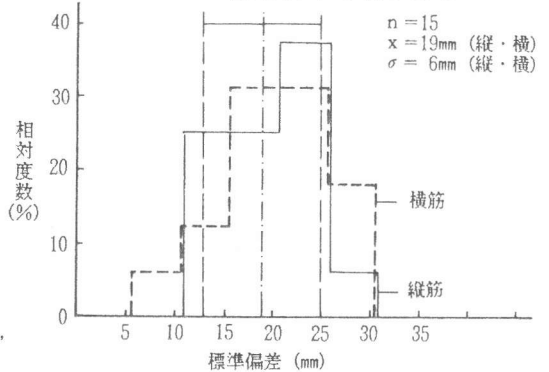


図-11 壁筋のかぶり厚さの建物別標準偏差の分布

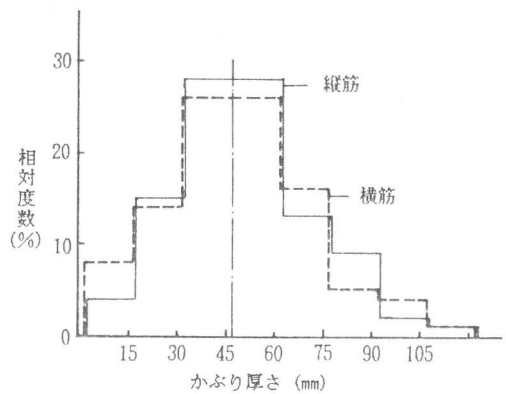


図-12 建物中での壁筋のかぶり厚さの分布