

論 文

[2103] 非損傷鉄筋コンクリート床スラブの施工精度

正会員 井野 智（北海道大学工学部）

正会員 伊藤正義（北海道工業大学）

正会員 杉野目章（室蘭工业大学）

正会員○布川信一（北海道大学大学院）

1. はじめに

鉄筋コンクリート建物の床スラブは、他の構造部材に比べ施工誤差を生じ易く、特に厚さの過不足と上端鉄筋の沈下はスラブのたわみやひび割れ性状に顕著に影響し、その使用性を損なう事例も少なくない^{1), 2)}。

したがって、健全な床スラブをつくるため施工精度の確保を計ることはもとより大切であるが、通常床スラブがどの程度に施工されているかを明かにし、設計に当たって施工誤差を勘案して使用性能の検討を行うこともまた肝要である。

本報告は、過去約15年間にわたり、かかる観点から実施した鉄筋コンクリートの既存建物または新築工事現場における床スラブの厚さ、鉄筋位置、鉄筋間隔、均し等の施工精度調査の結果を項目別に整理し、分析したものである。

2. 調査概要

調査建物の38件中、4件が既存建物、他はすべて新築工事現場において調査したものである。調査した既存建物の床スラブの一部には、微細な曲げひび割れが散見されたが、使用上支障となる大たわみや有感振動などは一切みとめられず、新築工事現場調査分についても大半は、竣工後なんらかの形で、その健全性を確認している。

以下、主たる調査内容を項目別に示す。

2.1 有効スパン

型わく寸法または脱型後のスラブ下面を測定し、床スラブの長辺と短辺の有効スパン実測値を施工図の寸法および設計値と比べた。

2.2 鉄筋間隔

既存建物では床スラブの端部上端鉄筋2本以上を研り出し、新築工事現場ではコンクリート打設直前の柱間帯端部上端鉄筋について、それぞれ鉄筋間隔を実測し設計値と比べた。なお、下端鉄筋は上端鉄筋よりも間隔の乱れが小さいのが通例であり³⁾、上端鉄筋の間隔のみを検討対象とした。

2.3 鉄筋有効せい

短辺方向柱間帶の端部上端鉄筋のスラブ下面から鉄筋中心までの距離（以下、有効せいという）を実測し設計値と比べた。上端鉄筋有効せいの実測値は、既存建物では研り出した鉄筋の近傍をドリルで貫通して計測したスラブ厚とかぶり厚から、新築工事現場ではコンクリート打設直前の鉄筋の高さを測り求めたもので、設計値はスラブの短辺方向上端鉄筋のかぶり厚を直仕上げの場合が3cm、それ以外はすべて2cmとした。

また、9箇所の新築工事現場において、スラブの上端鉄筋のかぶり厚、すなわち有効せいを一

定に保持するスペーサーの挿入数とその効き具合とをコンクリート打設直前に調べた。

2.4 スラブ厚

ドリルでスラブを穿孔し直接スラブ厚を実測する方法と、一定長さの鋼線をコンクリートがまだ固まらない状態のスラブに埋め込み、翌日その余長を実測する方法のいずれかによった。測定点は、原則としてスラブ周辺の中央近辺各1、スラブ中央1の計5箇所とした。なお、参考までに同一スラブでの測定点を17箇所（周辺各3、中央部5）に増やしても、スラブ厚は平均値で高々3%程度の差しか生じなかった。

2.5 モルタル厚

解体撤去建物である3件について、床をドリルで穿孔したのちモルタル部分を研ぎ、スラブと床仕上げ下地モルタルの厚さを実測した。

2.6 均しの誤差

スラブの上面を直仕上げした場合と床仕上げ材の下地をモルタルとした場合の均しの誤差を調べた。調査方法は、大ばりに囲まれる部分に着目して、小ばかりの有無・設置形式とは無関係に、4隅の柱間に水糸を張り、柱脚位置を基準とする計測スパン中央近傍の最大不陸値をmm単位のスケールで測り、対角2方向の不陸値の平均値を床仕上げ面の均しの誤差とし、はり間方向とけた行方向の不陸値を大ばりに沿っての床仕上げ面の誤差とした。

3. 調査結果

3.1 鉄筋コンクリート構造部材寸法の施工誤差⁴⁾

同じ現場打ちコンクリート部材であっても、パネル上のコンクリートを均して成型する床スラブと、閉鎖形での型わくで成型される柱・はりとでは、施工精度にかなり違いがあるようと思われる。解体撤去建物である2件で実施した構造部材寸法の計測結果によれば、柱・はりが±10mm程度の誤差範囲におさまっているのに対し、スラブ厚はその設計寸法が小さいにも拘らず、誤差が±20mmを越えるものも少なくない。

図1は、設計寸法に対する誤差の割合（誤差率とよぶ）を横軸にとって、柱・はりの断面寸法とスラブ厚の分布状況を累積相対度数で表したもので、90%の信頼区間をとると、柱・はりの断面寸法の誤差率が±3%であるのに対して、スラブ厚の誤差率は±18%の範囲にほぼ一様に分布しており、スラブ厚の誤差のばらつき度合が他の部材寸法に較べ著しく大きいことが知られる。

3.2 床スラブの施工誤差

使用障害を伴わぬ床スラブについて、これまでに筆者らが実施した施工誤差に関する全調査データの項目別度数分布を表1に掲げた。原則として構造上安全側の誤差がプラス、危険側はマイナスとなるように、スラブ厚、モルタル厚、および上端鉄筋有効せいについては【実測値-設計値】を、有効スパン（型わく寸法）と鉄筋間隔については【設計値-実測値】を、それぞれ施工誤差とした。

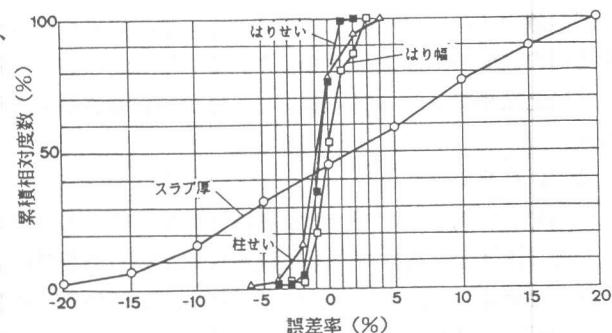


図1 誤差率による構造部材寸法の精度

4. 調査結果の分析

4.1 有効スパンについて

図2は、型わく寸法誤差の相対度数分布を表したものである。型わくはパネル部材の定尺、納まりなどの関係から、設計図はもとより施工図どおりに組み立てられていないことが多く、実測値と施工図に示されている寸法との差を一概に施工誤差と呼べないのが実態である。しかし、床スラブの短辺または長辺スパンの端部2箇所と中央における実測値の平均が、ほぼ施工図に一致する場合の誤差は、せいぜい25mm程度であった。

4.2 鉄筋間隔について

図3は、鉄筋間隔誤差の相対度数分布である。間隔にやや乱れはあるが、配筋量は所要値をほぼ満足している。鉄筋間隔は、大半がコンクリート打設直前の状態を実測したものであり、打ち込み作業によって配筋の乱れが助長される。参考までに、既存建物3件の床スラブを研り実測した鉄筋間隔誤差

の相対度数分布を掲げると図4のようになる。

4.3 鉄筋有効せいについて

各現場とも、床スラブの端部上端鉄筋にはかなりの沈下が見られる。とくに、9mm丸鋼、またはD10異形鉄筋使用の床スラブでは、鉄筋の折れ曲がりなどにより上端鉄筋を正規の位置に保持することが難しく（図5）、全体の平均でも-12.6mmの誤差が生じており、現場単位の平

表1 健全スラブの施工誤差の度数分布

代表 間 隔	型わく 寸 法	端部上端鉄筋 間 隔	有効丈	スラブ 厚	床外 厚	床内 + スラブ 厚	床中央 の均し
-16			1				
-15			1				
-14			1				
-13			5				
-12		3	1				
-11		4	7				
-10		5	24				
-9	1	10	32				
-8	0	14	49	1			
-7	3	23	95	0			
-6	9	21	110	0			
-5	14	48	102	1			
-4	21	75	146	6		2	
-3	24	73	174	31	1	1	8
-2	37	193	276	79	6	0	27
-1	36	510	254	154	6	6	150
0	103	695	238	184	12	7	349
1	24	449	104	227	10	13	232
2	5	140	56	195	10	14	46
3	5	74	19	129	12	14	14
4	2	32	16	60	6	5	5
5	21	16	13	19	4	6	3
6	14	23	10	9	3	1	3
7	11	31	5	4	0	3	2
8	0	11	4	1	0	0	2
9	1	6				1	
10	1	8					
11	1	3					
12	1	1					
13		2					
14		0					
15		1					
計		334	2471	1739	1103	71	71
平均値		15	15	5	5	5	3
標準偏差		-2.5	-2.7	-12.6	4.6	8.1	11.1
		50.4	39.6	16.0	9.9	11.6	11.3
							0.8
							2.6

間隔、平均値、および標準偏差の単位:mm

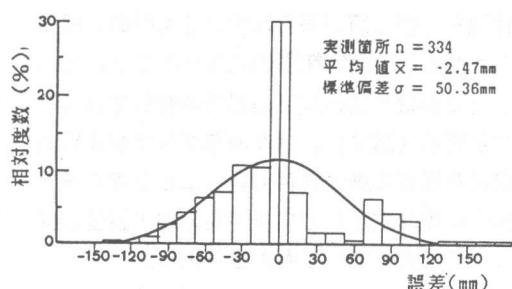


図2 有効スパン（型わく寸法）の誤差

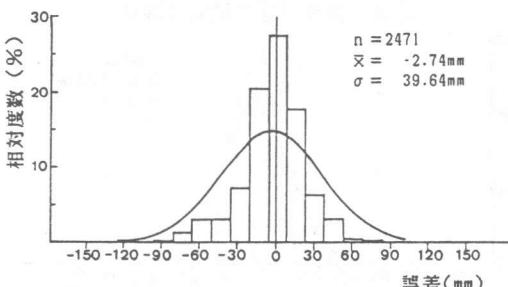


図3 上端鉄筋間隔の誤差（コンクリート打設前）

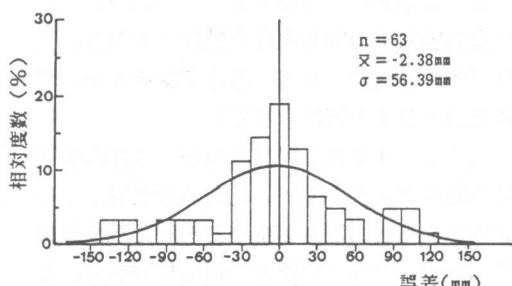


図4 上端鉄筋間隔の誤差（既存建物研り）

表2 床スラブ上端鉄筋スペーサー挿入状況

現場	材質	床スラブ当り		1m ² 当り	
		挿入数	有効数	挿入数	有効数
T T B	P	5.3	5.3	1.00	0.33
D K S	S	12.6	11.8	0.94	1.02
M B S	M	7.0	6.3	0.90	0.48
H G S	P	10.0	8.5	0.85	0.49
S G H	M	9.7	9.7	1.00	0.40
H K T	M	9.6	9.6	0.95	0.48
H O K	M	8.0	7.8	0.98	0.30
A F S	M	5.8	5.1	0.88	0.34
M M K	P	12.4	11.6	0.94	0.57
平均	-	8.9	8.4	0.94	0.46

スペーザーの材質 P:アラミック、S:鋼線、M:PEI

均では-22mmに達するものもあった。

表2には、9現場で調査した床スラブ単位のスペーザー挿入数を示した。スペーザーは、破損、転倒、離脱等によって、必ずしも全部が有効に働いているとはいえない。挿入数が1個/m²以上のD K Sでは、鉄筋有効せいの誤差、標準偏差ともに小さい。これは、安定度の高い鋼線のスペーザーを他の現場のように単に鉄筋の折り曲げ位置だけでなく、はり際にも挿入するなど、とくに入念に施工された結果である。参考までに、床スラブ用バーサポート使用現場の事例を図6に掲げる。

4.4 スラブ厚について

平均実測スラブ厚（平均値又）は約5mm設計値を上回る値が得られているものの、標準偏差からは全測定箇所の約3分の1が、10mm以上または-10mm以下の誤差を有していることが判る（図7）。個々の床スラブが比較的均等な厚さで施工されていることを考えると、標準偏差は主としてスラブ間の施工誤差のばらつきを表しているものと云える。

図8、9は、スラブの中央部と端部双方の厚さを実測することのできたものについて、両者の誤差の分布状況を比較したもので、スラブ中央が端部よりやや厚めではあるが、有意差はほとんど認められない。

図10、11は、年代的な施工精度の変化の検証を試みたもので、比較的最近竣工した建物と、多数の調査事例がある昭和50年竣工の建物のスラブ厚誤差の頻度分布を分けて表したものある。両者の間には、有意差が検

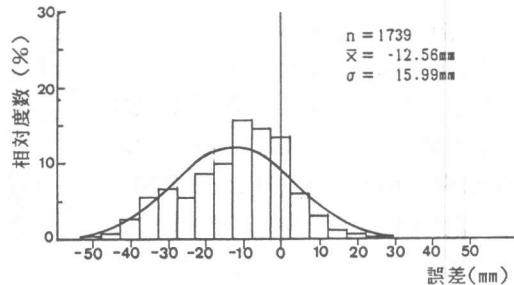


図5 上端鉄筋有効せいの誤差（スペーザー使用）

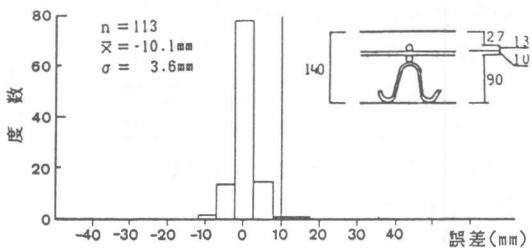


図6 上端鉄筋有効せいの誤差（バーサポート使用）

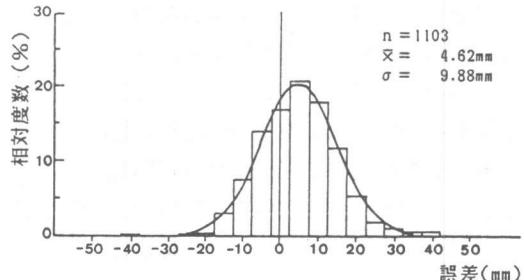


図7 スラブ厚の誤差

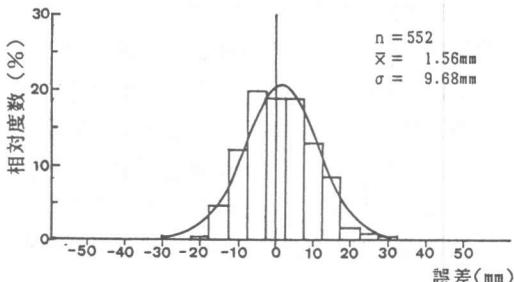


図8 スラブ厚の誤差（端部）

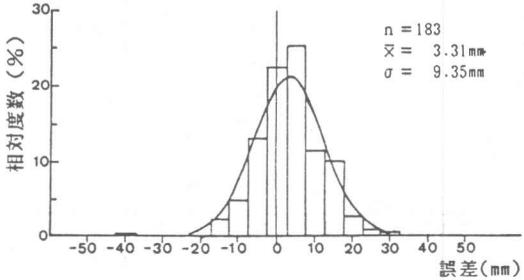


図9 スラブ厚の誤差（中央部）

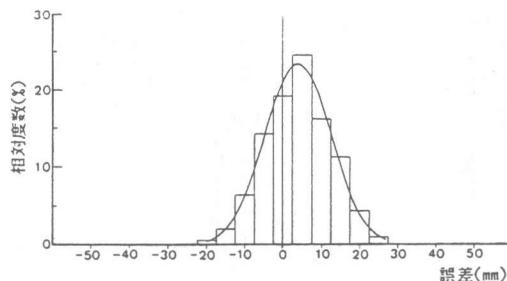


図 10 スラブ厚の誤差（昭和50年建設）

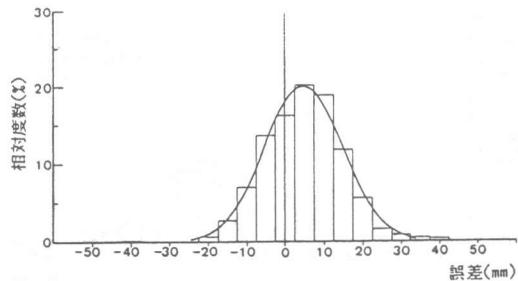


図 11 スラブ厚の誤差（昭和57～61年建設）

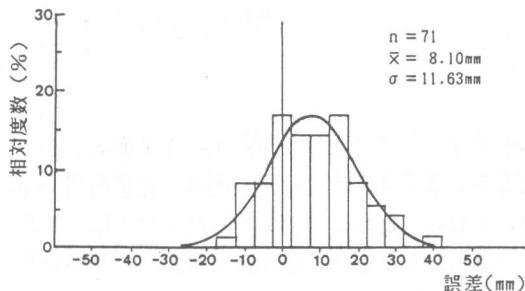


図 12 床仕上げ下地モルタル厚の誤差

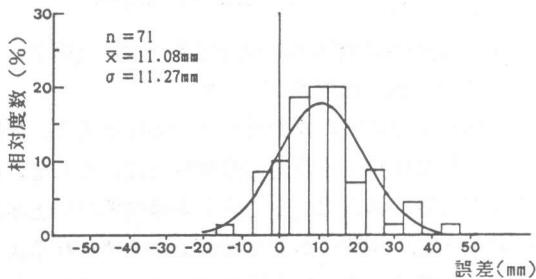


図 13 モルタル+スラブ厚の誤差

定されており、緩やかではあるが、スラブの施工精度が向上してきていることが判る。

4.5 モルタル厚について

床仕上げ下地モルタルとスラブの厚さを実測できた既存建物における調査結果によれば、平均実測モルタル厚の誤差は約8mmで、スラブこみでは約11mm設計値を上回っている（図12、13）。一般にモルタルは、スラブが薄めの箇所では厚めに、スラブが厚めの箇所では薄めに塗られており、スラブ厚とモルタル厚の和が設計値以

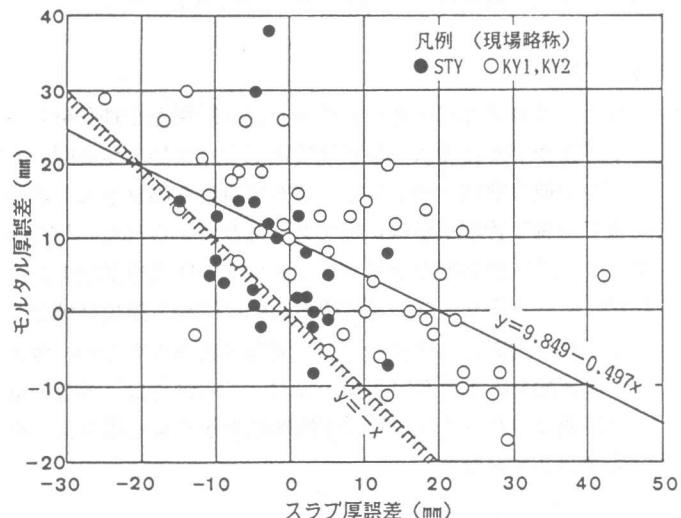


図 14 モルタル厚とスラブ厚の誤差関係

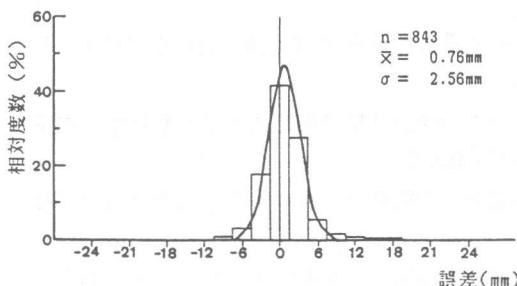


図 15 床中央の均しの誤差

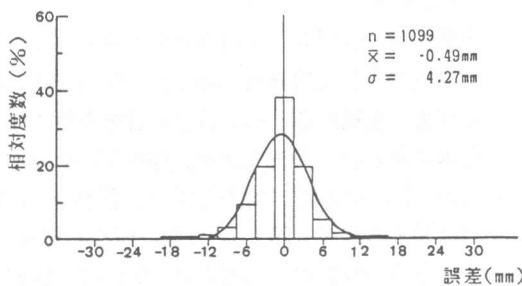


図 16 大ばり中央の均しの誤差

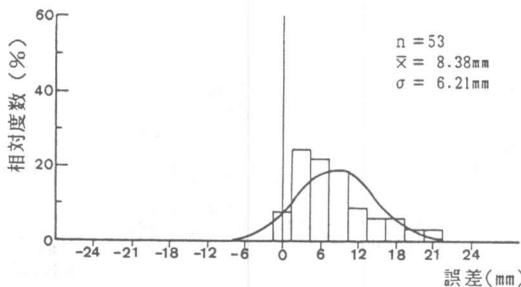


図17 床中央の均しの誤差
(昭和50~52年建設分)

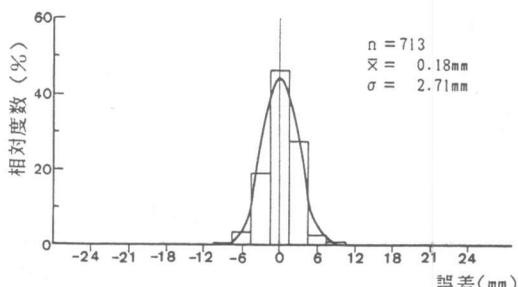


図18 床中央の均しの誤差
(昭和50~61年建設分)

下となるのは全体の約13%に過ぎない(図14)。

4.6 均しの誤差について

大ばりで囲まれた部分を一つの床と考え、柱脚を基準として計測した床仕上げ下地面の床および大ばり中央の不陸値の分布状況は、それぞれ図15、16のようになる。近年、建築現場では、TQC等の導入によって施工管理技術の向上がめざましく、とくに床面の均しについては、十数年前と較べ格段に良好な精度で仕上げられるようになってきている。例えば、竣工年を二つに分けて、床中央の平均不陸値を求めてみると、前者が約8mm沈下しバラツキも大きいのに対して、後者の不陸値はほぼ0、標準偏差も3mm以下となっている(図17、18)。

5.まとめ

以上、これまでに筆者らが行った調査結果を整理分析し、建築物における健全な鉄筋コンクリート床スラブがどのような精度で施工されているかを明らかにした。

三つの既存建物を除いては、すべて筆者らの立ち入り調査を了承した新築工事現場であり、通常よりも施工管理状態は良好であったと考えられる。したがって、本調査の分析結果は、施工上避け難い誤差の範囲を示すものであって、床スラブ施工の管理目標値の設定や、施工誤差を勘案し検討すべき床スラブの使用限界設計に関わる諸規準値の策定に有用となる。

この種の調査は、年代を追って実施されるべきものと考えられるので、今後も機会をとらえて資料の蓄積を計る所存である。なお、本報告では、調査したすべてのデータを集計対象としたが、その更新に当たっては変動幅が極端に大きくなる場合は、データを無作意に抽出し集計するなどの配慮が必要となる。

<参考文献>

- 1) 土橋由造、井野智：大撓みをもつ鉄筋コンクリート障害床スラブの実態調査とその対策、日本建築学会論文報告集、No.272、昭和53年10月
- 2) 井野智、土橋由造、杉野目章、日野正熙：床スラブの仕上げ材に顕われたひび割れ幅の調査、日本建築学会北海道支部研究報告集、No.56、昭和58年3月
- 3) 土橋由造、井野智、駒木根洋一、上松淳一、酒井隆一：鉄筋コンクリート床スラブの施工精度に関する調査、同上、No.45、昭和51年3月
- 4) 伊藤正義、井野智、和田俊良、駒込環、吉野修司、布川信一：或る鉄筋コンクリート建物における構造部材寸法の施工精度、同上、No.62、平成元年3月