

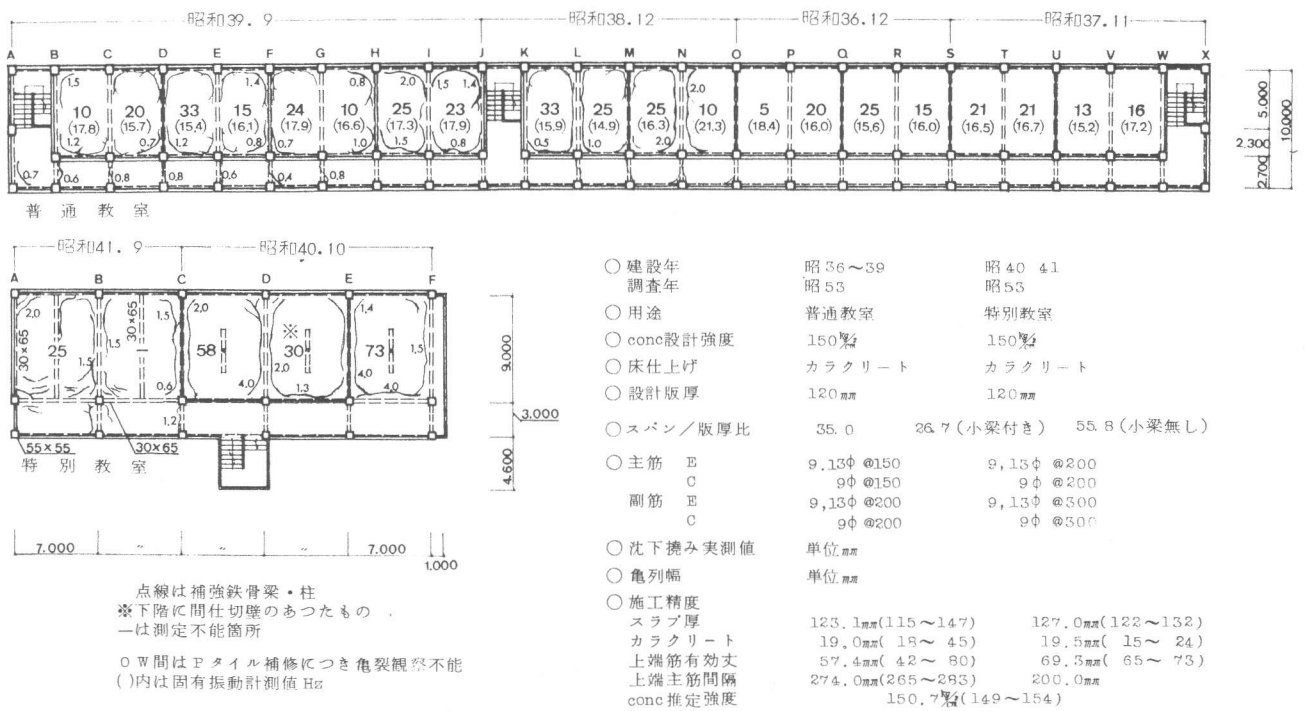
正会員 土橋由造(北大) 同 ○井野 智(同左)

はじめに 従来、わが国における小、中学校、或いは高等学校の教室面積は、4間×5間(7.2m×9.0m)が標準となっており、鉄筋コンクリート造(以下、RCと略記)校舎の場合には、その架構形式や柱間が自ずから限定され、同一形状・寸度の床スラブが設計・施工されることが多い。このことは、或るRC校舎の床スラブに生じた障害は、他の校舎にも同様に起り得ることを意味する。例えば、日本建築学会RC構造規準のスラブ厚制限条項が現行のものに改定される以前に多用された、梁心スパン4.5m×7.2m、版厚120mmの教室床スラブには、過大な亀裂と有感振動とを伴う大撓み障害が可成の頻度で発生していることが知られている。著者等は最近、二つの学校の床スラブを調査する機会を得た。その一つは同一建物中に種々の障害スラブが含まれた中学校(M中と仮称)で、今一つは沈下撓みの経年変化を重点的に計測することのできた小学校(F小と仮称)である。

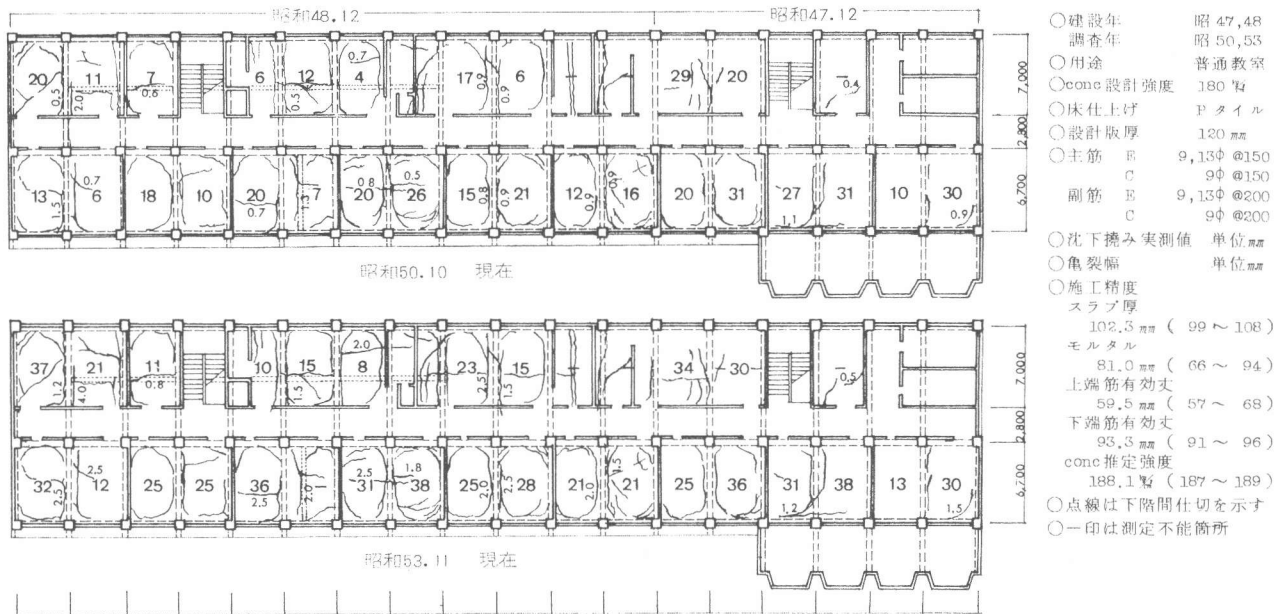
1 調査建物と被害を受けた床スラブの概況

調査した両建物は、いずれも道内地方都市に建設された2階建RC造の学校々舎である。M中学校は片廊下式、F小学校は中廊下式で、それぞれの2階床伏図と床スラブの被害の概況を、第1図及び第2図に掲げる。

(1) M中学校の場合 被害を受けた床スラブは、梁心スパンが4.5m×7.3mの普通教室、同じく7.0m×9.0m(昭和40年度建設)と3.5m×9.0m(昭和41年度建設)の特別教室の寸度の異なる3種類で、設計版厚はいずれも120mmである。現行学会規準によると普通教室床スラブの所要厚は125mmで、しかもスラブ厚は安全側の誤差をもつて施工されているのが一般であるにも拘らず、殆ど凡ての床スラブに曲げ亀裂と大撓みが生じている。一方、柱間が7.0m×9.0mの特別教室の床スラブは、梁間方向に小梁を設ける予定で設計されていたが、梁伏図に小梁の表示を忘れたため、1期工事では凶面通りに極めて薄い大スパン床スラブが施工されたものと推定され、スラブ中央部の平均沈下撓みは53.7mmと大きく、現在は鉄骨の梁・柱で補強されている。翌年建設された部分の床スラブには、設計通りの小梁が設けられたが、前述のスラブと同様に障害を防ぐことはできなかつたもので、床スラブの上面に大梁に沿って弓状の亀裂が発生し、大梁で圍繞された領域の中央部には25mmの沈下撓みが生じている。



第1図 M中学校2階床スラブの被害の概況と施工精度実測値



第 2 図 F小学校2階床スラブの被害の概況と施工精度実測値

研り、またはドリル穿孔によつて実測した床スラブの施工精度は、平均スラブ厚が普通教室で123.1 mm、特別教室では127.0 mmであつて、ばらつきはあるが全般的に若干厚目となつてゐる。しかし、配筋状態は極めて悪く、端部上端鉄筋は所定の位置より40 mm内外の沈降が見られるほか、鉄筋探知器による調査では、普通教室床スラブの上端鉄筋間隔247 mmは設計値より著しく大きく、可成の鉄筋が間引かれたまゝコンクリート打ちが行なわれた形跡がある。なお、シュミット・ハンマー試験によるコンクリートの推定圧縮強度は、設計規準強度にほぼ等しい値が得られている。

(2) F小学校の場合 当小学校の建物は、昭和47,48年度の2ケ年に亘る継続事業として建設されたもので、竣工後約1年を経過した時点から、2階教室床スラブ上面の仕上げ材を通じて亀裂が顕われ、スラブ中央に20 mm前後の沈下撓みが見られるようになったため、昭和50年10月に設計・施工上の適否と安全性を検討することを目的として調査を実施した。その結果、「この現象は過大な亀裂の発生により、撓みが長期的に進行し、大撓みと振動障害をもたらすRC床スラブの典型的な被害例で、今後数年の推移を見極めてから修理を実施するべきこと」を提案し、昭和53年11月に第二回目の調査を行ない、補修工事着手の可否について検討したものである。被害を受けた床スラブは、梁心スパン4.5 m×6.7 mの普通教室、同じく4.5 m×9.8 mの特別教室の2種類で、版厚は共に120 mmである。特別教室の床スラブには、廊下間仕切壁押えの小梁や、木造またはブロックの間仕切壁等が取付けられているが、これらの二次部材の影響を無視した配筋が原因と考えられる亀裂が多数見受けられた。

当該建物の床スラブの施工精度は、平均版厚102.3 mmに対して、平均塗り厚が81.0 mmという過厚なモルタルが積層されている(写真1)。また、スラブの鉄筋は設計通りの量が配置されているが、上端鉄筋、下端鉄筋共に下部に沈んだまゝコンクリート打ちされており、バー・サポートは必ずしも有効に挿入されていなかったようである(写真2)。スラブのコンクリート強度は、コア採取りによる圧縮強度試験及びシュミット・ハンマー試験による調査結果においても、設計規準強度180 kg/cm²をほぼ満足している。

2 調査結果の考察

二つの建物に発生した種々の障害のうち、通常のRC造建物の床スラブに

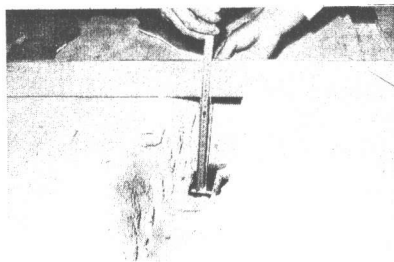


写真1 F小床スラブ版厚の実測状況
(平均塗り厚81 mmの過厚なモルタルが積層)

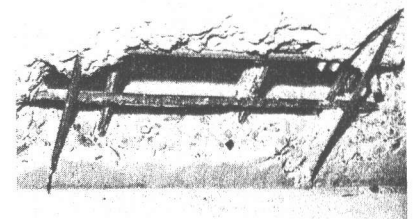


写真2 F小床スラブ鉄筋被り厚実測状況
(バーサポートの挿入された形跡なし)

生じ易い被害例について、以下にその調査結果を掲げ、若干の考察を行なうこととする。

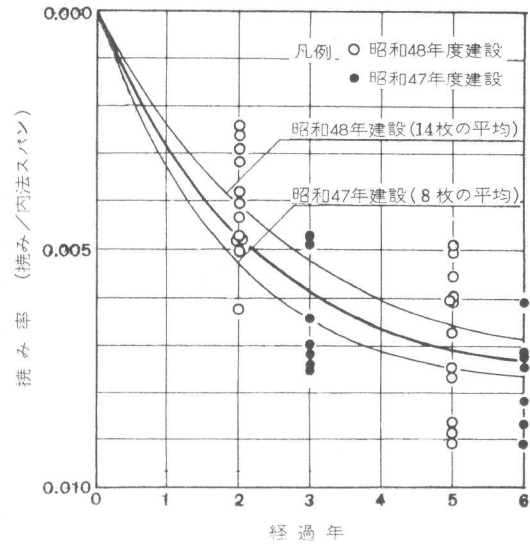
2・1 普通教室床スラブの被害

(1) 亀裂について 床スラブの亀裂の状況は、第1図および第2図に示すように、スラブ上面の大梁に沿って円弧状に発生しているものが多く、これらは曲げ応力による、所謂構造亀裂であつて、コンクリートの引張強度を越えた力による亀裂である。床仕上げ材やその下地のモルタルに生ずる亀裂は、コンクリート床版表面に生ずる亀裂幅の2~3倍に拡大されるのが通例で、沈下撓みの然程大きくない床スラブにも、亀裂幅2mm前後のものが多数見受けられる。

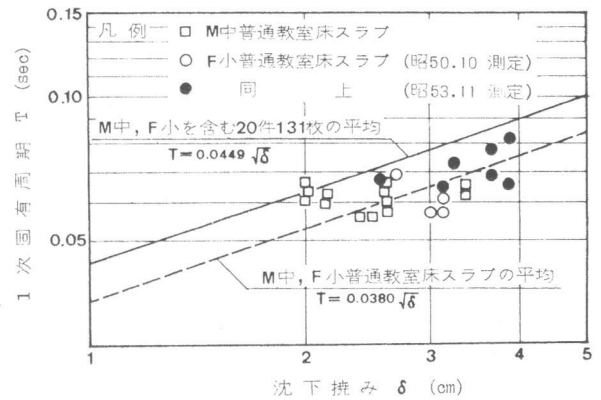
(2) 沈下撓みについて RC床スラブに障害をもたらす過大な撓みが、コンクリートのクリープや乾燥収縮の影響によつて長期的に進行し、安定するまでに5年前後の経過を要することは既に報告した²。F小学校における前後2回の調査結果を比較してみると、各床スラブ共、第一回の調査から沈下撓みは進行しており、下階に間仕切壁等のあるものを除く平均値は、昭和47年度工事のもので第一回調査時(3年経過)26.8mm、第二回(6年経過)32.0mm、昭和48年度工事のもので第一回(2年経過)15.7mm、第二回(5年経過)26.4mmで、3年間における伸び率は、前者で約1.2、後者で約1.6倍であつた。従つて、経年に伴う沈下撓みの推移は、大凡第3図に示す如きものと推定され、安定状態に達するまでに5、6年の経過を要することが知られる。

(3) 振動障害について 大撓みの発生した床スラブは、例外なく有感振動を伴い、建物使用者に不安と不快感を与えていることが少なくない³。第4図は、M中、F小両校の普通教室床スラブの中央に設置した換振器を中心として、半径約1mの円周上を大人が普通の状態を歩行した時の振動記録を、振動感覚曲線にプロットしたもので、殆どの床スラブが日本建築学会提案の制限基準値を越えている。一般に、大撓みの発生した床スラブの沈下撓み量と1次固有周期との間には密接な相関々係があつて、第5図に示す如く、障害床スラブの1次固有周期は、その沈下撓みの平方根にほぼ比例するのが通例である³。従つて、振動性状の経年変化は、沈下撓み程には顕著ではなく、二回目の調査で測定したF小普通教室床スラブの固有振動数は、前回測定時と較べ、10%内外の低下が見られるが、振動感覚的には感覚レベルが僅かに上昇した程度に過ぎない。

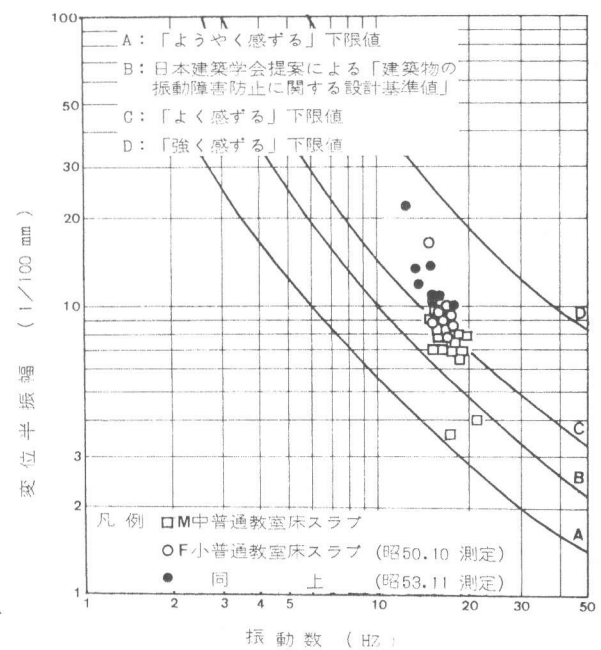
(4) 小梁付き床スラブの被害例について M中特別教室のように、長手大梁に平行な小梁を設置する架構形式は、大梁と小梁間に相対する過大な撓みを生じ易く、長手大梁と床版の接合辺の負曲げモーメントが増大し(第6図)、



第3図 F小床スラブの沈下撓みの経年変化



第4図 被害を受けた教室床スラブの振動感覚レベル



第5図 損傷スラブの沈下撓みと1次固有周期の相関々係

大梁に沿つての過大な亀裂と、大梁で圍繞された領域の中央に大撓みの発生することがある⁴。

3 撓み障害の防止対策と補修対策

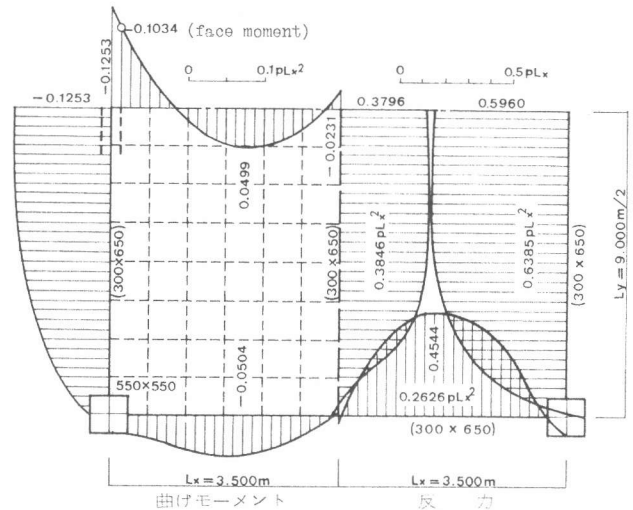
(1) 防止対策について これまでに著者等は、多くの実在床スラブの調査結果から、大撓みの発生を防止するためには、曲げ応力による縁応力度をコンクリートの引張強度以内に納め、曲げ亀裂の発生を許さぬようにすべきことを提案したが、その方式によりコンクリートの圧縮強度を $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 、引張強度をその $1/10$ と仮定し、通常、教室床スラブの荷重履歴として最大と考えられるコンクリート打設時の施工荷重を用いて、適正なスラブ厚を計算してみると、両校普通教室の床スラブは大凡 145 mm となる。M中特別教室の小梁付き床スラブの場合には、第1表に示す如く、各構造要素の断面を一部変更するだけで、床版応力を大幅に引き下げ得るが、この際単にスラブ厚を若干大きくするだけでは、それ程有効ではないようである⁵。

(2) 補修対策について 降伏線理論を用いて調査した床スラブの残存耐力を推定してみると、第2表のようになり、各スラブ共なお可成の耐力を保有していることが判る。従つて、補修の目的は不陸を均すことと、振動障害を緩和することであるが、この種の被害は建物全体に及んでいることが多く、補修に当つては沈下部分に接着剤混入のモルタルを塗る程度の簡便な工法が採用されるのが通例である。しかし、斯かる簡便な工法でも、補修当初は相当の補剛効果が見られ、有感振動も可成緩和されるが、時間の経過と共にモルタルには収縮や振動による亀裂が生じ、再び撓みの進行や有感振動をもたらすことも考えられるので³、損傷スラブの補修方法の検討と、補修済スラブの追跡調査を行なうことは今後の問題である。

おわりに 以上は主として、曲げ亀裂を伴う障害床スラブについての調査結果を掲げ論じたものであるが、平面図が細長いRC建物の床スラブには、長手と直角な方向に多数の収縮亀裂が入り、それが原因で大撓みの生ずることもあるようである。コンクリートの収縮やクリープ変形という材料、或いは施工的な面から大撓みを防止するためには、①コンクリートの単位水量をセメント量を少なくすること、②床版面積を小さくすること、③スラブラ下型枠支柱の存置期の適正をはかること、④鉄筋の沈下を防ぐこと、などの配慮が肝要である^{6,7}。

参 考 文 献

- 1 土橋, 井野外: 大撓みの発生する鉄筋コンクリート床スラブの限界寸度に関する一考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 昭51. 10
- 2 土橋, 井野: 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, 第272号, 昭53. 10
- 3 井野: 鉄筋コンクリート床スラブの振動性状について, 日本建築学会論文報告集, 第273号, 昭53. 11
- 4 土橋, 井野外: 長スパン大梁に平行な小梁上の鉄筋コンクリート床スラブの沈下撓みについて, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 昭52. 10
- 5 井野, 土橋: 小梁をもつ鉄筋コンクリート床版の応力性状と撓み障害について, 日本建築学会論文報告集, 第273号, 昭54. 4
- 6 土橋, 井野: コンクリートスラブのひびわれと大撓み, コンクリート・ジャーナル, Vol. 46, 昭53. 10
- 7 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造のひびわれ対策(設計・施工)指針案・同解説, 昭53. 2



第6図 梁・柱の変形を考慮したM中特別教室小梁付き床スラブの応力

第1表 M中小梁付き損傷床スラブの縁応力度の検討

	現状寸度	変更後の寸度		備 考	
		幅	厚		
小 梁	30×65	40×75	同左	階高は共に3.5m	
平行大梁	30×65	40×75	同左		
直交大梁	30×65	45×75	同左		
上下階柱	55×55	同左	同左		
スラブ厚	12	同左	13.5		
固定荷重時	19.0	14.7	13.6	13.6	施工荷重時は支柱2段一般階用
施工荷重時	28.5	22.1	20.6	20.4	

第2表 調査した床スラブの残存耐力推定値 t/m^2

—Johansenの降伏線理論による—

項 目	内法スパン m×m	版厚 cm	コンクリートの引張力	
			無視	考慮
校 名				
M中普通教室	4.200×7.000	12.3	1.10	2.12
M中特別教室	6.700×8.700	12.7	0.66	1.15
F小普通教室	4.200×6.900	10.2	1.25	2.08

注1 版厚及び鉄筋被り厚は実測断面による。

注2 M中普通教室床スラブは施工に際して鉄筋の間引きが行なわれた形跡があるので、配筋量を設計値の75%に低減した

注3 降伏線理論による終局耐力は、一般に上限値を与えず、実際にはコンクリートの引張力を考慮した値の75%程度となることが実験で確認されている。従つて、本表の値は推定強度の75%を採り終局耐力とした。