

## 論文 RC床スラブの施工誤差を考慮した長期たわみ設計

植松 武是\*<sup>1</sup>・井野 智\*<sup>2</sup>・杉野目 章\*<sup>3</sup>・伊藤 正義\*<sup>4</sup>

**要旨：**周辺固定の長方形RC床スラブについて、長期たわみ性状に支配的な影響要因をパラメータとした実験計画法に基づくモデルを設定し、差分法を用いた精密解から、簡便に長期たわみを予測できる近似式を提案した。この近似式により任意の長期たわみ目標値を与えるスラブ厚を算定することが可能である。目標値を例えば短辺スパンの1/250と定めることにより現行の学会RC規準スラブ厚の増減係数が得られるが、これについてはたわみにおよぼす影響が特に大きなスラブ厚と端部上ば筋位置の施工誤差を考慮して、安全係数の求め方を示した。

**キーワード：**床スラブ，長期たわみ近似式，たわみ制御，安全係数，使用限界状態設計

## 1. はじめに

これまで日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下、「学会RC規準」と略記）では、鉄筋コンクリート（以下、「RC」と略記）床スラブの構造・使用性能をスラブ厚さの規定によって保証してきた[1]。現行の学会RC規準のスラブ厚算定式は、実在のRC床スラブの調査結果に基づく長期たわみ限界値を指標として導き出したものである[2]。RC床スラブの長期たわみに影響をおよぼす要因は材料性状・断面性状・荷重などの多岐にわたっており、たわみ制御を念頭に置いた設計に際しては各要因の変動状況および長期たわみへの影響量を定量的に把握することが肝要となる。また、実在RC建物においてはこれら各影響因子がランダムに生起する確率現象として複雑に絡み合っていることを考慮する必要がある。

本研究ではまず、周辺固定鉄筋コンクリート床スラブについて、その力学的挙動に支配的な要因をパラメータとした実験計画法に基づくモデル設定を行い、差分法による長期たわみ解析結果から長期たわみの簡便な予測近似式を導いた。次に、スラブ厚と端部上ば鉄筋有効せいの施工誤差に関する著者の既往の調査データを基に[3]、モンテカルロ法によりこれらの長期たわみにおよぼす影響量の定量化を試みるとともに、現行の学会RC規準の周辺固定スラブ厚さ算定値を基準とする同影響を勘案したスラブ厚の増減係数についての検討を行った。

## 2. 計算の概要と検討モデルの設定

現在、持続荷重下におけるRC床スラブの長期たわみ性状に関する種々の厳密な解析方法が提案されてきている[4][5]。ここでは、コンクリートの曲げひび割れと時間依存性、および端部上ば鉄筋

表1 変動要因とその水準

変動要因	第1水準	第2水準	第3水準
短辺スパン $l_x$ (m)	4.0	6.5	9.0
辺長比 $\lambda$	1.0	1.5	2.0
設計積載荷重LL (kgf/m <sup>2</sup> )	180.0	300.0	550.0
コンクリートの設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	18	21	24
スラブ厚修正係数 $\alpha$	0.7	1.0	1.3
積載荷重係数 $\beta$	1.0	2.0	3.0
スラブの影響係数 $\alpha'$	0.75	1.00	1.25
載荷開始材令 $a$ (日)	14.0	21.0	28.0

\* 1 北海道立寒地住宅都市研究所生産技術部構法開発科研究職員，工博（正会員）

\* 2 北海道大学教授 工学部情報図形科学講座，工博（正会員）

\* 3 室蘭工業大学教授 工学部建設システム工学科，工博（正会員）

\* 4 北海道工業大学教授 工学部経営工学科（正会員）

定着部の伸びによる付加たわみを考慮した二方向RC床スラブの長期たわみ解析法として、著者らの既発表文献[6]に段階的に改良を加えた、主として文献[7]に準拠した方法を用いる。本法の適合性については、長期載荷実験および実在床スラブでその妥当性を明らかにしてある。

検討モデルについては3水準系の直交表L<sub>27</sub>を利用した応答解析[8]を行うことを前提とし、表1に掲げる変動要因についてそれぞれ通常考えられる範囲で等間隔に各水準を定めた。設計用積載荷重LLは、

logLLについて

ほぼ等間隔となっている。

スラブ厚については、大たわ

みの発生防止の観点から導

かれた現行の学会RC規

準値[2]とひび割れ発生

限度に基づく既往の

学会RC規準値[1]との

比率を踏まえ、ここでは、

現行の学会RC規準

スラブ厚の修正範囲を3

割増減値と仮定し、

同規準値に $\alpha$ を乗じた

値を用いる。また、

長期持続荷重に関し

ては、設計積載荷重の

以下となる事例報告

のあることから[9]、

設計積載荷重に $\beta/3$ を乗

じた値を用いる。

表2 計算モデルとたわみ計算結果

モデル No.	短辺スパン $l_x$ (m)	辺長比 $\lambda$	設計用積載荷重 LL (kgf/m <sup>2</sup> )	コンクリートの設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	スラブ厚修正係数 $\alpha$	積載荷重係数 $\beta$	スラブの影響係数 $\alpha'$	載荷開始材令 a (日)	弾性たわみ $\Delta e$ (mm)	長期たわみ $\Delta$ (mm)
1	4.0	1.0	180.0	18	0.7	1.0	0.75	14.0	1.2	17.8
2	4.0	1.0	300.0	21	1.0	2.0	1.00	21.0	0.8	6.6
3	4.0	1.0	550.0	24	1.3	3.0	1.25	28.0	0.4	5.6
4	4.0	1.5	180.0	21	1.0	2.0	1.25	28.0	0.9	11.1
5	4.0	1.5	300.0	24	1.3	3.0	0.75	14.0	0.5	5.7
6	4.0	1.5	550.0	18	0.7	1.0	1.00	21.0	1.6	15.3
7	4.0	2.0	180.0	24	1.3	3.0	1.00	21.0	0.5	6.3
8	4.0	2.0	300.0	18	0.7	1.0	1.25	28.0	1.9	23.6
9	4.0	2.0	550.0	21	1.0	2.0	0.75	14.0	0.8	6.0
10	6.5	1.0	180.0	18	1.0	3.0	0.75	21.0	1.5	11.3
11	6.5	1.0	300.0	21	1.3	1.0	1.00	28.0	0.6	4.3
12	6.5	1.0	550.0	24	0.7	2.0	1.25	14.0	2.5	27.6
13	6.5	1.5	180.0	21	1.3	1.0	1.25	14.0	0.8	7.1
14	6.5	1.5	300.0	24	0.7	2.0	0.75	21.0	3.0	22.3
15	6.5	1.5	550.0	18	1.0	3.0	1.00	28.0	1.6	11.3
16	6.5	2.0	180.0	24	0.7	2.0	1.00	28.0	3.2	28.9
17	6.5	2.0	300.0	18	1.0	3.0	1.25	14.0	1.8	17.0
18	6.5	2.0	550.0	21	1.3	1.0	0.75	21.0	0.6	3.8
19	9.0	1.0	180.0	18	1.3	2.0	0.75	28.0	1.0	5.5
20	9.0	1.0	300.0	21	0.7	3.0	1.00	14.0	4.1	35.1
21	9.0	1.0	550.0	24	1.0	1.0	1.25	21.0	1.2	10.5
22	9.0	1.5	180.0	21	0.7	3.0	1.25	21.0	4.7	41.7
23	9.0	1.5	300.0	24	1.0	1.0	0.75	28.0	1.6	9.8
24	9.0	1.5	550.0	18	1.3	2.0	1.00	14.0	1.0	7.2
25	9.0	2.0	180.0	24	1.0	1.0	1.00	14.0	1.8	16.2
26	9.0	2.0	300.0	18	1.3	2.0	1.25	21.0	1.2	9.1
27	9.0	2.0	550.0	21	0.7	3.0	0.75	28.0	4.7	26.5

《備考》(1)コンクリートのヤング係数 $E_c$  (kN/mm<sup>2</sup>):  $21 \times (\gamma/2.3)^{1.5} \times \sqrt{F_c/20}$ , (2) $\gamma$ :コンクリートの気乾単位容積質量: 2.3t/m<sup>3</sup>, (3)コンクリートの引張強度(N/mm<sup>2</sup>):  $0.18 \sqrt{10F_c}$ , (4)ポアソン比: 0.2, (5)鉄筋の許容引張応力度: 200N/mm<sup>2</sup>, (6)鉄筋のヤング係数 $E_s$ : 210kN/mm<sup>2</sup>, (7)鉄筋の付着クリップ係数: 1.0, (8)スラブの影響係数 $\alpha'$ : スラブ15cm以上で1.25, スラブ5~15cmで1.00, スラブ5cm以下で0.75となる。(9)仕上げ荷重: 80.0kgf/m<sup>2</sup>, (10)鉄筋のかぶり厚: 3.0cm, (11)施工時荷重: 自重 $\times 2.1$ , (12)クリップと乾燥収縮を考慮した有効ヤング係数の算出に際しては載荷期間を5年とした。(13)配筋は現行の学会RC規準に準じて行い、鉄筋全断面のコンクリート全断面に対する割合は0.2%以上とし、柱間帯中央部の圧縮筋は配筋しない。(14)短辺スパンを40等分し、分割形状は正方形とした。(15)スラブ厚最小値は8.0cmとした[2]。

表3 長期たわみ計算結果の分散分析表

要因	自由度 f	変動 S	分散 V	分散比 F <sub>0</sub>	純変動 S'	寄与率 $\rho$ (%)
短辺スパン $l_x$	1	224.37	224.37	36.09*	218.03	8.02
2次効果	1	1.10	1.10	0.18		
辺長比 $\lambda$	1	9.73	9.73	1.57		
2次効果	1	0.05	0.05	0.01		
設計用積載荷重LL	1	57.34	57.34	9.22**	51.00	1.88
2次効果	1	0.95	0.95	0.15		
コンクリートの設計基準強度 $F_c$	1	12.14	12.14	1.95		
2次効果	1	20.43	20.43	3.29		
スラブ厚修正係数 $\alpha$	1	1886.47	1886.47	303.40*	1880.13	69.16
2次効果	1	164.47	164.47	26.45*	158.13	5.82
積載荷重係数 $\beta$	1	149.40	149.40	24.03*	143.06	5.26
2次効果	1	7.55	7.55	1.22		
スラブの影響係数 $\alpha'$	1	109.77	109.77	17.65**	103.43	3.80
2次効果	1	0.00	0.00	0.00		
載荷開始材令 a	1	9.75	9.75	1.57		
2次効果	1	2.95	2.95	0.47		
誤差 e (e)***	10 (20)	62.18 (126.84)	6.23 (6.34)		164.89	6.07
合計	26	2718.68				100.00

\*:F分布検定で1%有意, \*\*:F分布検定で5%有意, \*\*\*:F分布検定で有意でない効果をモデルした誤差

これら各要因の交互作用が主効果に関する情報に偏りをもたらすことを極力避けるよう、直交表L<sub>27</sub>の第1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12列目に各変動要因を表1の上から順にそれぞれ割り付けた[10]。このようにして得られた表2に掲げる27個のモデルについて差分法による長期たわみ計算を行った。

### 3. 計算結果と長期たわみ予測式

各モデルの弾性たわみ $\Delta_e$ と長期たわみ予測値 $\Delta$ の計算結果を表2の末尾に掲げる。 $\Delta$ を特性値とし、各要因の主効果を1次と2次の成分に分解して分散分析を行うと表3ようになる。これら全ての要因効果を直交多項式を利用して推定することにより、本解析法による長期たわみ予測値を各要因の関数である下記の近似式で求めることができる[8]。

$$\begin{aligned} \delta_L = & 14.56 + 1.41(l_x - 6.5) - 0.000685\{(l_x - 6.5)^2 - 4.17\} \\ & + 1.47(\lambda - 1.5) - 0.352\{(\lambda - 1.5)^2 - 0.167\} \\ & - 3.20(\log LL - \log 300) - 1.28\{(\log LL - \log 300)^2 - 0.208\} \\ & + 0.274(F_c - 21.0) - 0.205\{(F_c - 21.0)^2 - 6.0\} \\ & - 34.12(\alpha - 1.0) + 58.17\{(\alpha - 1.0)^2 - 0.060\} \\ & + 2.88(\beta - 2.0) + 1.12\{(\beta - 2.0)^2 - 0.667\} \\ & + 9.88(\alpha' - 1.0) - 0.00622\{(\alpha' - 1.0)^2 - 0.0417\} \\ & - 0.105(a - 21.0) + 0.0143\{(a - 21.0)^2 - 32.67\} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

ここで、 $\delta_L$  : 長期たわみ近似値(mm),  $l_x$  : 短辺スパン(m),  $\lambda$  : 辺長比, LL : 設計積載荷重(kgf/m<sup>2</sup>),  $F_c$  : コンクリートの設計基準強度(N/mm<sup>2</sup>),  $\alpha'$  : スラブの影響係数, a : 載荷開始材令(日)

また、F分布検定で有意とならなかった要因の1次または2次効果を誤差に帰したときの、有意と判定した各効果の純変動 $S'$ とその寄与率を表3の後尾に掲げる。スラブ厚が1次、2次効果ともに有意となり、約75%の寄与率を示した。なお、有意と判定した要因の寄与率の合計は約94%であった。長期たわみ予測値 $\Delta$ に関して有意と判定した各要因効果を直交多項式を利用して推定すると、本解析法による長期たわみ予測値 $\Delta$ は、その推定値を $\delta_L$ として次式で近似することができる。

$$\begin{aligned} \delta_L = & 14.56 + 1.41(l_x - 6.5) - 3.20(\log LL - \log 300) - 34.12(\alpha - 1.0) \\ & + 58.17\{(\alpha - 1.0)^2 - 0.06\} + 2.88(\beta - 2.0) + 9.88(\alpha' - 1.0) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

このようにして得られた近似式(2)は、著者らの差分法による長期たわみ解析法の約94%の表現力をもつと言え、(1)式の代わりに(2)式を用いても実用上問題はない。

### 4. スラブ厚修正係数について

学会RC規準の周辺固定用スラブ厚さ算定式は、国内の床スラブの長期載荷実験結果[11]を参考に、周辺固定スラブにおける長期たわみの弾性たわみに対する増大率を一律16倍と設定し、その長期たわみを短辺スパン $l_x$ の250分の1以下に抑えるようにして得られたものである[12]。前出の各計算モデルにおいて、スラブ厚を同規準値、すなわちスラブ厚修正係数 $\alpha=1.0$ として設計を行い、差分法により設計積載荷重に対する長期たわみ予測値 $\Delta$ を求め、許容たわみ $l_x/250$ に対する比率(以下、「誤差率」)を短辺スパンの各水準ごとにプロットすると図1のようになる。このときの長期たわみ倍率 $\Delta/\Delta_e$ を図2に示す。長期たわみ倍率は最大でも15倍に達しておらず、また、誤差率はすべて安全側に位置し、短辺スパン $l_x$ が6.5mおよび9.0mのモデルにおいては平均で50%以上もの誤差

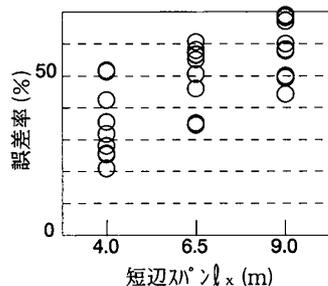


図1 長期たわみ目標値  $l_x/250$  に対する長期たわみ予測値の誤差率 (学会RC規準スラブ厚値)

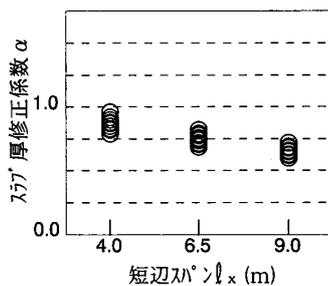


図3 スラブ厚修正係数  $\alpha$

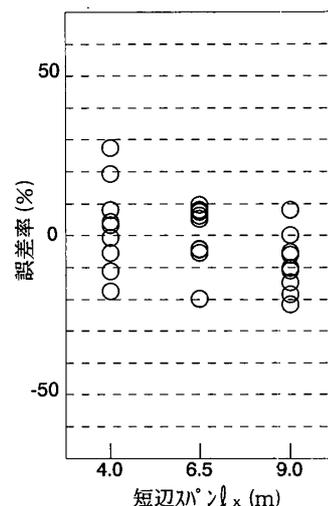


図5 長期たわみ目標値  $l_x/250$  に対する長期たわみ予測値の誤差率 (学会RC規準スラブ厚値  $\times \alpha$ )

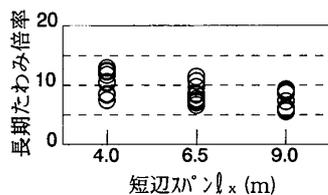


図2 長期たわみ倍率 (学会RC規準スラブ厚値)

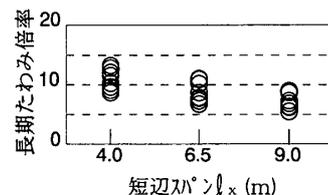


図4 長期たわみ倍率 (学会RC規準スラブ厚値  $\times \alpha$ )

率を有している。学会RC規準スラブ厚算定式によるスラブ厚は、中・大規模スパンにおいて十分安全であり、大スパンにおいてはむしろ過厚であることが伺える。

長期たわみ近似式(2)において、長期たわみ目標値  $\delta_L$  を  $l_x/250$ 、積載荷重係数  $\beta$  を 3.0 とし、各設定モデルごとのスラブ厚修正係数  $\alpha$  を逆算すると図3のようになる。大スパンではスラブ厚規準値の3割程度の低減が可能であることがわかる。

スラブ厚規準値にこれらの係数  $\alpha$  を乗じたスラブ厚（以下、「修正スラブ厚値」）で各検討モデルの設計を行い、前述と同様に差分法による長期たわみ予測計算を行うと、長期たわみ倍率  $\Delta/\Delta_0$  は図4のようになる。スラブ厚修正前と同倍率に顕著な違いはない。また、その目標値  $l_x/250$  に対する誤差率は図5のようになる。近似式(2)によるスラブ厚修正係数  $\alpha$  を用いることで、約20%程度の誤差範囲で長期たわみを目標値に近づけることができる。

以上のことから、床スラブの規模などの違いによる長期たわみ性状の相違を勘案した、周辺固定床スラブのより適正な長期たわみ制御を行うに当たり、(1)または(2)式から得られる  $\alpha$  をスラブ厚修正係数として用いることができよう。ただし、近似式の誤差や、施工精度および積載荷重などの不確定要素に起因する危険側の誤差の生じる可能性を考慮し、現段階で本修正係数  $\alpha$  を用いるに当たっては許容たわみ量  $\delta_L$  の引き上げが必須と考える。

### 5. 施工誤差による長期たわみの変動

ここでは、短辺スパン  $l_x$  が 4.0, 6.5, 8.0m、辺長比  $\lambda$  が 1.0, 1.5, 2.0となる各ケースにおいて、設計積載荷重  $LL$  を  $180\text{kgf/m}^2$ ,  $300\text{kgf/m}^2$ ,  $550\text{kgf/m}^2$  とし、学会RC規準のスラブ厚値で設計した周辺固定床スラブをそれぞれ基準モデルとする。設定モデルの概要を表4に掲げる。

これら27個の基準モデルにおいて、サンプル数を50とし、スラブ厚および端部上は鉄筋有効せいの施工誤差をそれぞれ著者らの既往の非損傷床スラブの調査データに基づく分布性状[3]に従って独立に発生させた[13][14]時の各基準モデルの長期たわみの分布性状は表5のようになる。長期たわみはその許容たわみ量  $l_x/250$  を越えるものは見受けられない。また、 $l_x$  が 8.0mの時の長期たわみ分布の平均値は目標値の50%にも達しておらず、このことから、同規準スラブ厚値には改良の余地のあることが伺える。

6. 施工誤差の影響を勘案したスラブ厚修正係数

本研究で提案したスラブ厚修正係数  $\alpha$  を用いる場合、施工誤差などの不確定要因によって生じる長期たわみのパターンを考慮して目標値を設定する必要がある。このような不確定要因の影響を考慮しない時の長期たわみ目標値を  $\delta_L$ 、これと(1)または(2)式によって得られる修正スラブ厚値を用いた時の、不確定要因による周辺固定RC床スラブの長期たわみ変動分布の平均値を  $\mu$ 、また、その時の管理限界値を  $e$  とし、この不確定要因の影響を考慮した見かけの許容長期たわみ量を  $\delta$  で表すと、これらの関係は図6のようになり、 $\delta$  は次式で得られる。

$$\delta = \delta_L - [(\mu + e) - \delta_L] \dots (3)$$

すなわち、前出の長期たわみ近似式において  $\delta$  を見かけの長期たわみ目標値として  $\delta_L$  の代わりに用いることで、不確定要因の影響を考慮した、真の目標値  $\delta_L$  に対するスラブ厚修正係数  $\alpha$  を得ることができる。

前出の各基準モデルにおいて、長期たわみ目標値  $\delta_L$  を  $l_x/250$  として(2)式から得られる  $\alpha$  によりスラブ厚を修正し、スラブ厚と鉄筋有効せいを前述と同様に変動させたときの長期たわみの変動状況を表5に掲げる。また、短辺スパン  $l_x$  の 250分の1を長期たわみの真の目標値とし、管理限界値  $e$  が  $2\sigma$

表4 基準モデルの概要

短辺スパン $l_x$ (m)	4.0, 6.5, 8.0
辺長比 $\lambda$	1.0, 1.5, 2.0
設計積載荷重 LL (kgf/m <sup>2</sup> )	180.0, 300.0, 550.0

《備考》  
 (1) コンクリートのヤング係数  $E_c$  (kN/mm<sup>2</sup>):  $21 \times (\gamma/2.3)^{1.5} \times \sqrt{F_c/20}$   
 (2)  $\gamma$ : コンクリートの気乾単位容積質量 = 2.3 t/m<sup>3</sup>  
 (3)  $F_c$ : コンクリートの設計基準強度 = 21 N/mm<sup>2</sup>  
 (4) コンクリートの引張強度 (N/mm<sup>2</sup>):  $0.18 \sqrt{10F_c}$   
 (5) コンクリートのクリープと乾燥収縮を考慮した有効ヤング係数: 2.66 kN/mm<sup>2</sup>  
 (6) ポアソン比: 0.2  
 (7) 鉄筋の許容引張応力度: 200 N/mm<sup>2</sup>  
 (8) 鉄筋のヤング係数  $E_s$ : 210 kN/mm<sup>2</sup>  
 (9) 鉄筋の付着クリープ係数: 1.0  
 (10) スラブの影響係数  $\alpha'$ : 1.0  
 (11) 仕上げ荷重: 80.0 kgf/m<sup>2</sup>  
 (12) 鉄筋のかぶり厚: 3.0 cm  
 (13) 施工時荷重: 自重  $\times 2.1$   
 (14) 長期持続荷重: 設計積載荷重  
 (15) 配筋は同規準に準じて行い、鉄筋全断面のコンクリート全断面に対する割合は 0.2% 以上とし、柱間帯中央部の圧縮筋は配筋しない。

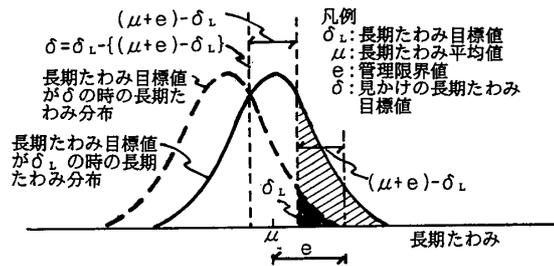


図6 長期たわみ目標値  $\delta_L$  と施工誤差を考慮した見かけの長期たわみ目標値  $\delta$  との関係

表5 施工誤差\*1の影響を勘案した長期たわみ目標値

短辺スパン $l_x$ (m)	辺長比 $\lambda$	設計積載荷重 LL (kgf/m <sup>2</sup> )	施工誤差*1による基準モデルの長期たわみ変動						長期たわみ目標値の短辺スパン $l_x$ に対する割合 $U_L$				U <sub>L</sub> の暫定値	スラブ厚修正係数 $\alpha$		
			スラブ厚が $t^*2$ の時			スラブ厚が $\alpha t$ の時			管理限界値					施工誤差影響無視	施工誤差影響考慮	
			サンプル数	平均値 (mm)	標準偏差 (mm)	サンプル数	平均値 (mm)	標準偏差 (mm)	2 $\sigma$		3 $\sigma$					
4.0	1.0	180.0	50	7.2	1.0	50	9.5	1.3	201	216	214	230	250	0.90	0.90	
		300.0	50	7.2	0.6	50	10.8	1.5	219	238				0.87	0.87	
		550.0	50	6.8	0.3	50	11.6	1.2	222	238				0.83	0.83	
		180.0	50	9.0	1.9	50	11.8	2.1	251	290				0.90	0.96	
		300.0	50	8.2	1.7	50	12.8	2.2	269	314				0.87	0.92	
		550.0	50	7.0	0.8	50	12.2	2.2	260	303				0.83	0.88	
	1.5	2.0	180.0	50	10.5	2.3	50	14.3	2.4	309	378	329	418	350	0.90	1.02
			300.0	50	9.8	2.3	50	15.2	2.7	350	456				0.87	0.97
			550.0	50	7.4	1.4	50	14.5	2.7	330	423				0.83	0.92
		1.0	180.0	50	12.0	1.1	50	23.2	2.6	275	309	288	327	300	0.78	0.86
			300.0	50	11.2	1.3	50	24.5	2.9	300	347				0.75	0.83
			550.0	50	9.0	1.2	50	24.2	2.7	289	328				0.72	0.79
6.5	1.5	180.0	50	12.9	1.1	50	24.0	2.9	293	338	297	342	300	0.78	0.86	
		300.0	50	12.2	1.0	50	24.8	3.1	311	366				0.75	0.83	
		550.0	50	10.4	0.7	50	23.9	2.7	286	325				0.72	0.79	
	2.0	180.0	50	14.4	1.4	50	27.3	3.8	379	485	381	485	400	0.78	0.98	
		300.0	50	13.4	1.2	50	28.2	3.8	400	521				0.75	0.94	
		550.0	50	11.2	0.9	50	27.3	3.5	365	453				0.72	0.89	
8.0	1.0	180.0	50	12.5	1.0	50	31.0	3.6	309	358	318	373	350	0.72	0.88	
		300.0	50	12.1	0.7	50	32.3	3.9	333	397				0.69	0.84	
		550.0	50	11.0	0.7	50	31.3	3.6	313	365				0.67	0.81	
		180.0	50	14.3	0.9	50	31.1	3.2	302	345				0.72	0.88	
		300.0	50	13.6	0.8	50	32.3	3.4	320	370				0.69	0.84	
		550.0	50	12.0	0.8	50	31.5	3.1	305	346				0.67	0.81	
	1.5	2.0	180.0	50	15.9	1.1	50	33.3	3.8	347	417	352	421	400	0.72	0.94
			300.0	50	15.1	1.0	50	34.4	3.9	366	445				0.69	0.90
			550.0	50	13.3	0.7	50	33.6	3.5	343	403				0.67	0.86

《備考》(1) \*: スラブ厚と端部上鉄筋有効せいの施工誤差, (2) \*:  $t$  は学会RC規準スラブ厚値, (3)  $F_c$ : コンクリートの設計基準強度 = 21 N/mm<sup>2</sup>, (4) コンクリートのクリープと乾燥収縮を考慮した有効ヤング係数: 2.66 kN/mm<sup>2</sup>, (5) 長期持続荷重: 設計積載荷重, (6) その他の諸条件については表2の備考を参照。

または  $3\sigma$  となる場合について、各基準レベルごとに (3) 式から求めた  $\delta$  の  $l_x$  に対する比率  $U_L$  と、各短辺スパンの辺長比ごとに求めた  $U_L$  を同表に併記する。管理限界値が  $3\sigma$  の場合、約 99.9% が管理限界の中にあることになるが、同値を  $2\sigma$  としても危険率は約 2.3% である。このことから、短辺スパン  $l_x$  に対する見かけの長期たわみの比率  $U_L$  は表 5 に暫定値として掲げた値とするのが妥当であろう。

このようにして定めた  $\delta$  から得られる、スラブ厚と端部上ば鉄筋有効せいの施工誤差による影響を加味した各基準レベルのスラブ厚修正係数  $\alpha$  を、これらの影響を考慮しない場合の修正係数  $\alpha$  とともに表 5 の末尾に掲げる。また、表 5 に掲げた暫定値  $U_L$  を長期たわみ目標設定の基準値として (1) 式から得られる  $\alpha$  の計算図表を図 7 に示す。

### 7. まとめ

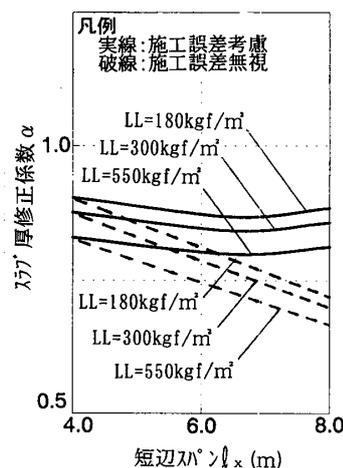
通常考えられる範囲内の規模および材料性状を有する周辺固定 RC床スラブについて、短辺スパンやスラブ厚などからなる簡便な長期たわみ近似式を導くとともに、現行の学会 RC 規準の周辺固定スラブ厚さ算定値の補正係数として同式から逆算して得られるスラブ厚修正係数  $\alpha$  を用いることで、長期たわみ目標値に対する所要のスラブ厚さを算定できることを示した。

また、同係数を用いる場合、床スラブの規模に応じたスラブ厚修正係数  $\alpha$  の引き上げが必要であることを示した。ここでは、スラブ厚と端部上ば鉄筋有効せいの施工誤差を考慮した見かけの長期たわみ許容量を導き出し、同値を (1) 小規模床スラブで短辺スパンの 250 ~ 400 分の 1、(2) 中・大規模床スラブで短辺スパンの 300 ~ 450 分の 1 として、長期たわみ近似式からスラブ厚修正係数  $\alpha$  を求めれば良いことを明らかにした。

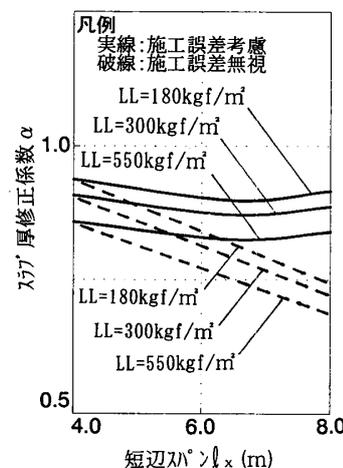
本研究は「RC床スラブの振動感覚評価尺度の推定に関する研究」の一環として行ったものであり、一部は文部省科学研究費補助金基礎研究 (c) (2) (研究代表者：井野 智、課題番号：07650650) によった。

### 参考文献

- [1] 例えば、日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1971.
- [2] 日本建築学会鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1988.
- [3] 例えば、杉野目章、井野智、伊藤正義：ある多層RC事務所建築の床構造についての総合的実測調査、日本建築学会構造系論文報告集、第429号、pp. 101-110、1991. 11.
- [4] 例えば、岩原昭次、小森清司、山下正吾：コンクリート系床構造のクランプ応力・変形解析、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17, No. 2, pp. 1047-1052、1995.
- [5] 例えば、李振宝、大野義照、五味久忠、鈴木計夫：鉄筋コンクリートスラブの端部筋抜け出しによる付加たわみ、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17, No. 2, pp. 1041-1046、1995.
- [6] 杉野目章、井野智、土橋由造、山村明義：使用荷重下における鉄筋コンクリート床スラブのたわみ予測計算、日本建築学会構造系論文報告集、No. 372, pp. 103-113、1987. 2.
- [7] 植松武是、井野智、杉野目章、谷垣正治：差分法による鉄筋コンクリート床スラブの長期たわみ解析—フラットプレートへの適用—、コンクリート工学年次論文報告集第5巻第2号、pp. 77-85、1994. 7.
- [8] 田口玄一、第3版実験計画法(上)、(下)、丸善、1993.
- [9] 例えば、遠藤薫、井野智、杉野目章ほか：ある事務所庁舎床スラブの積載荷重調査(その2 実積載荷重)、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、1990. 10.
- [10] 奥野忠一、芳賀敏郎：新統計学シリーズ2 実験計画法、倍風館、1994. 9.
- [11] 松崎育弘、星野克征：鉄筋コンクリート造床スラブの長期たわみ量の定量化に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、1982.
- [12] 岡田克也、岡本晴彦：たわみ制御を目的とした鉄筋コンクリート造床スラブの適正厚さ算定法に関する考察(たわみ限界による算定式の検討)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、1982. 10.
- [13] 津田孝夫：モンテカルロ法とシミュレーション—電子計算機の確率論的応用—(三訂版)、1995. 6.
- [14] 山内二郎、森口繁一、一松 信：電子計算機のための数値計算法II、培風館、pp. 70-78、1967. 3.



(a) 辺長比  $\lambda = 1.0$



(b) 辺長比  $\lambda = 2.0$

図7 修正係数  $\alpha$  と設計用積載荷重  $LL$ 、短辺スパン  $l_x$  との関係 (長期たわみ目標値  $= l_x / 250$ )