

学 位 論 文 題 名

鉄筋コンクリート床スラブの長期たわみ制御に関する研究

学位論文内容の要旨

鉄筋コンクリート（以下、RCと略記）建物における大たわみによる床面の湾曲は、水平であるべき床本来の機能を著しく阻害するだけでなく、たわみ障害を生じた床スラブはほとんど例外なく過大なひび割れと有感振動とを伴い、居住者や執務者に不快感と不安感を与えていることが多い。

RC床スラブのたわみ制御の基本は、支持形式、スパン、辺長比、荷重などに応じた厚さの設定と、精度の確保と養生を主眼とする入念な施工の二つである。RC建物の構造設計に際してわが国では、日本建築学会のRC構造計算規準（以下、学会RC規準と略記）に準拠して行われており、同規準のスラブ関係の条項や付録が現行のものとなった1988年以降、RC床スラブの大たわみ障害はほとんどなくなったといわれている。しかしながら、上記各要因のたわみへの影響量を定量化し、RC床スラブの安全性と使用性を確保する使用限界状態設計法を確立するには至っておらず、同規準も、スラブ厚算定式の限られた適用範囲、スラブのたわみ予測に不可欠な定着筋の伸びによる付加たわみ算定法の欠落など、必ずしも設計実務に役立つ十分な内容とはなっていない。

本論文は、現行学会RC規準のスラブ関連記載事項の改善に資するため、その基礎となる(1)床スラブの長期たわみ計算法の改善、(2)同計算法の適用範囲の拡大、(3)学会RC規準スラブ厚算定の適用範囲の拡大、(4)RC床スラブ長期たわみ計算の簡略化、(5)学会RC規準付13の長期たわみ計算法の精度向上、などを目的として行った、文献・現場調査を含む構造的検討結果を纏めたものである。

本論文は全8章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、研究の目的と意義について述べるとともに、主題に関する国内外の既往研究について概括し、本研究の位置付けを行っている。

第2章では、差分法を用いた一方向または二方向RC床スラブの長期たわみ計算法について詳述している。計算法として、梁または一方向床スラブによる実験結果を基に導かれた既往のたわみ推定式を適用した、基本的には差分法による弾性たわみ解析法を応用した杉野目らの方法を採用している。すなわち、①曲げひび割れを考慮した分割格子点の有効剛性をBranson式で評価し、②梁または床スラブのスパン方向の曲げ剛性が一様でない変断面部材としての初期たわみを求め、コンクリートのクリープと収縮による曲率増大を見掛け上のヤング係数低下と見なし、その長期たわみは、③クリープと収縮の影響量同時考慮のYu-Winterの実験式を用いた有効ヤング係数比法によっている。

また、周辺固定スラブでは、端部上ば鉄筋定着部の伸びによる付加たわみが無視できぬ大きさとなることが知られている。本研究では小柳らの付着クリープ実験結果を採用し、その影響量をスラブ端部の強制回転変形として処理する方法を用いている。

差分法による二方向床板の弾性たわみ解析法は、ある分割格子点を4板の結合点と考え各板の合反力を差分表示した土橋の方法を用いると、無梁板や自由辺を有するスラブへの

適用も可能となる。

第3章では、まず、前章で述べた長期たわみ解析法の適用範囲を無梁板へ拡大し、海外の实在建物で行われた数種類の実測データと予測値とを照合し、実用上十分な精度で任意材令におけるたわみを予測し得ることを検証している。

次に、辺長比、柱幅、積載荷重、スラブ厚の異なるフラットプレート、ドロップパネル付きフラットスラブ、テーバーハンチ付きフラットスラブを計算モデルとした長期たわみ解析を行い、無梁板のたわみ制御に有効な具体的提案を行っている。すなわち、弾性たわみを基準とした長期たわみ倍率の概略値は周辺固定スラブで7~13倍、平均約10倍程度となるが、①フラットプレートでは5~6倍、②フラットスラブでは6~7倍となることを明示し、基準値である各無梁板の弾性たわみと併示している。

第4章では、自由辺をもつ床スラブへの適用を試み、弾性たわみを基準とする長期たわみ倍率が、3辺固定1辺自由、2辺固定2辺自由ともに周辺固定時と同程度となるが、たわみ障害を生じさせぬためには学会RC標準の周辺固定用スラブ厚を大幅に割り増しする必要があることを明らかにしている。

第5章では、学会RC標準スラブ厚算定式の適用範囲の拡大を試みている。同標準には周辺固定と片持ちの場合のスラブ厚算定式が記されているが、前2章で取り上げた各床スラブについても現行のスラブ厚算定式を用いて種々の計算を行い、適正な長期たわみ制御のためのスラブ厚設計値の増減係数を導きだせば、当該スラブ厚算定式の汎用性を高めることが可能となる。ここでは、通常考えられる範囲内の規模、積載荷重、材料性状をもつ周辺固定スラブ、フラットプレート、フラットスラブのスラブそれぞれについて、直交表を用いた応答解析を行い、多岐にわたる要因の影響量を定量化するとともに、支配的要因からなる、長期たわみ予測式の約90%の表現力をもつ簡便な近似式を導き、これらを用いて得られたスラブ厚修正係数を提示している。

第6章では、施工誤差がスラブの長期たわみに及ぼす影響量を明らかにし、前章で求めたスラブ厚修正係数に対する安全係数を模索している。ここでは、スパン 6.5 m、厚さ 15 cm、事務所建築用正方形スラブを検討例として、筆者らの手がけた現場実測データから得られる施工誤差分布曲線を基に、モンテカルロ法でスラブ厚と端部上ば筋位置の誤差の組み合わせが異なる50通りの計算を行い、これら施工誤差による長期たわみの分布性状を明らかにした。また、長期たわみの管理目標値〔平均値+2 σ 〕を得るスラブ厚補正係数を逆算し、所要の安全係数を求めている。

第7章では、小柳提案のRC曲げ部材の長期たわみ計算法である学会RC標準付13に欠落している影響要因として、スラブ端部上ば鉄筋定着部の伸びと、ラーメン架構の連成効果によるたわみ増大量を簡便に求める方法を提案している。本章ではまず、前述の強制変形法に立脚した付加たわみ概算法の適合性を検証したのち、架構状態が内スパン、外スパン、単スパンとなる場合の周辺固定スラブを基準とする補正係数を提示し、次に、これらの提案式と補正係数を用いることで、上記付13の長期たわみ計算法が改善されることを、实在RC建物の床スラブを適用例として実証している。

おわりに、本論文の総括と結語を掲げ、今後の研究課題について述べている。

以上のように、本論文は、複合要因からなるRC床スラブ長期たわみ制御設計に有用となる基礎資料を整備し、実験と調査データを主たる論拠として改訂された日本建築学会RC標準の床スラブ関連規定の改善と適用範囲の拡大につらなるいくつかの提案を行ったものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 井 野 智
副 査 教 授 城 攻
副 査 教 授 内 山 武 司
副 査 教 授 角 田 與史雄

学 位 論 文 題 名

鉄筋コンクリート床スラブの長期たわみ制御に関する研究

鉄筋コンクリート（ＲＣ）建物における床面の大たわみによる湾曲は、水平であるべき床本来の機能を著しく阻害するだけでなく、過大なひびわれと有感振動をとともない、居住者や執務者に不快感と不安感を与えていることが多い。ＲＣ床スラブのたわみ制御の基本は、構造形式や用途などに応じた厚さの設定と、施工精度の確保の二つである。

本論文は、使用限界状態設計法への移行を前提として改訂された現行の日本建築学会のＲＣ構造計算規準（ＲＣ規準）の床スラブ関連条項などの整備・改善を目的とした、現場調査を含む構造学的検討結果をまとめたもので、主な成果は次の点に要約される。

(1) 本論文では、曲げひびわれ発生により直交異方性となるスラブ任意点の剛性を有効断面２次モーメントと有効ヤング係数で表わし、差分法による弾性解析を繰り返す既往の方法でＲＣ床スラブの長期たわみ計算を行っている。この解析法を近年需要が増えつつある無梁板への適用をはかり、既存建物における実測データと比較照合して実用上十分な精度で任意材令におけるたわみを予測し得ることを示した。

(2) 周辺固定長方形スラブ、フラットプレート、フラットスラブそれぞれについて、実験計画法に基づき検討モデルを設定し、分散分析法を用いて長期たわみの影響要因を定量化し、支配的要因からなる累積寄与率約90%の簡便な長期たわみ略算式を導いた。

(3) 上記略算式を用い、ＲＣ規準スラブ厚規定を見直すとともに、同規定の適用範囲を拡張した。これは、構造形式の異なるＲＣ床スラブについて、長期たわみ目標値（許容たわみ）を与える所要厚の規準値に対する倍率を板厚修正係数とする実用的方法である。

(4) 実在ＲＣ床スラブの施工精度を勘案した使用限界状態設計のための部分安全係数の求め方を確立した。これは、スラブ厚と鉄筋位置の誤差分布曲線を基にモンテカルロ法で種々の施工状態を再現して得られる長期たわみの分布性状から、所要管理目標値に対するスラブ厚補正係数を算出する方法である。

(5) ＲＣ規準にある長期たわみ計算法の精度向上を目指した架構変形と定着筋の伸びによる付加たわみ概算法を提案し、実測データによりその成果を確認した。

これを要するに、本論文は、ＲＣ床スラブにおける複合要因からなる長期たわみの制御設計に有用な多くの実用的な知見を与えており、コンクリート工学ならびに建築構造学の進歩に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。