

氏 名	西 尾 浩 志
国 籍 ・ 本 籍	東京都
学 位 の 種 別	博士（工学）
学 位 の 番 号	乙216
学位授与の日付	令和7年2月14日
学位授与の要件	名城大学学位規程第 3 号 4 項該当
学 位 論 文 題 目	PC 構造における合理的な新緊張解析法の 開発および緊張管理に関する提言
論文審査委員	主 査 石 川 靖 晃 副 査 葛 漢 彬 副 査 岩 下 健太郎

論文内容の要旨

近年、プレストレストコンクリート構造(以下 PC 構造)の建設過程の高度化に伴い、PC 構造の設計技術の向上がますます求められることになる。同時にプレストレスを導入するための緊張解析手法の発展も求められる。従来の代表的な緊張解析方法としては、初期ひずみ法が主流であった。すなわち初期ひずみ法を 3D FEM に適用することによって、PC 鋼材のプレストレスによる構造物の応力計算が可能であると考えられてきた。しかし、この考え方が間違いである旨の報告が近年散見されている。さらに初期ひずみ法では、緊張端における PC 鋼材の抜け出し量を計算できない上に、PC 鋼材の端部への定着時(以下セット)の解析も不可能といった致命的な欠陥を有している。

上記の点を鑑み、本論文では初期ひずみ法とは異なる新たな緊張解析手法を開発し、その信頼性および適用性を明らかにした上で、従来の緊張管理に対する提言を行うことを目的とした。

一般的に、緊張解析は PC 鋼材とコンクリート間での摩擦損失による非保存系問題となるが、新たな緊張解析の特徴は、PC 鋼材とコンクリート躯体を分けて取り扱うことである。まず、摩擦力による緊張力の PC 鋼材長さ方向 s に対する変化率 dT/ds を、摩擦の影響を含めた微分方程式の形で表現することで摩擦を考慮した緊張力を一般化された形で表現した。さらに PC 鋼材とコンクリートが相対移動しない位置（不動点）を定義することで、PC 鋼材の緊張力およびコンクリートに生じる摩擦力および向心力を 3DFEM に直ちに導入可能な形で表現することを可能にした。さらに、コンクリートの変形を考慮に入れた PC 鋼材両端での抜け出し量およびセット時の緩和による抜け出し量の変化を 3DFEM に

において陽に計算することが理論上可能とした。

提案解析法の信頼性を明らかにするために、理想的な 3 径間連続橋モデルに対する従来 2D フレーム解析モデルと提案 3DFEM 解析における緊張の効果に関しての比較を行うことで、本提案解析法の信頼性を示した。また、初期ひずみ法に対する提案解析法の優位性に関して、二つの事例で検討した結果、いずれの事例でも初期ひずみ法では、特に緊張端部において非合理的な PC 鋼材応力分布を与える一方で、提案解析法は妥当な応力分布を与えることが示された。また、初期ひずみ法では、コンクリートの剛性の違いが全体のプレストレス力に大きく影響を及ぼす一方で、提案解析法ではこのような矛盾が生じず、提案解析法の妥当性が示された。加えて、初期ひずみ法では、緊張端における PC 鋼材の抜け出し量を計算することができない一方で、提案解析法では、コンクリートの変形を含めた抜け出し量を摩擦係数の値に応じて合理的に計算できることが示された。

本提案解析法の適用性を明らかにするために、実際に建設された橋長 462m の曲線状 6 径間連続ラーメン箱桁橋を対象に、それぞれの施工段階における PC 鋼材緊張による橋梁の応答性状を考究し、その特徴を明らかにするとともに、提案した 3DFEM 解析法による解析値と建設時の計測値との比較および従来解析法との比較を行った。この箱桁橋では、光ファイバ組込み式 PC 鋼材が配置され、実際の建設時の各建設段階に、各 PC 鋼材緊張時の PC 鋼材ひずみが計測されている。その結果、計測値と本提案解析法による計算値はよく一致することが示された。特に従来の考え方では不可能であったセット時の応力緩和挙動を精度よく捉えることが示された。すなわち提案した提案解析法の適用性が示された。

最後に、本提案解析法による PC 構造の緊張管理に関するいくつかの提言を行った。

まず実際の単純桁構造に対して本提案解析法により数値シミュレーションを実施し、従来手法にて算定された各種応力と比較検討を行った。本提案解析法で計算されたプレストレスによる応力分布が、従来手法のそれとはほぼ一致すること、抜け出し量においては本提案解析法による解析値は実測値をよくとらえることを確認した。次に、緊張管理図の作成を行い、実際の緊張管理図と比較検討を行った。その結果、従来手法においては PC 鋼材に対して見かけのヤング係数を適用する考え方が主に採用されているが、本論文の検討範囲内では、従来手法の考え方はプレストレス導入において概ね安全側となっていることが示された。

PC 構造、特に大規模な構造における緊張には、部材剛性や地盤剛性などの未知量に関与するため、当該部位へ作用する PC 鋼材緊張力の計算の不確定性が大きくなることが知られているが、前述の曲線状 6 径間連続ラーメン箱桁実橋を例にこの不確定性に及ぼす要因について検討を行った。そして得られた知見に基づき、構築された PC 構造物の信頼性を確保するための新しい緊張管理方法を提案した。

以上より、PC 構造における開発された合理的な新緊張解析法および提言された緊張管理に関する事項により、PC 構造物の設計および管理の一層の精度向上が可能となり、PC 構造物の品質向上技術を現実化できる見通しを得た。

以上