

氏 名	あ だ ち ま さ と 足 立 将 人
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2432 号
学位授与の日付	平 成 16 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	PC 鋼より線の付着特性と地震時架構復元力特性に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 渡 邊 史 夫 教 授 宮 川 豊 章 教 授 田 中 仁 史

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プレストレストコンクリート（以下 PC）構造が、大地震のような繰返し水平力を受ける際の履歴復元力特性予測に不可欠な、PC 鋼より線の付着特性とその影響を実験及び解析によって明らかにしたもので、4 章からなっている。

第 1 章は序論であり、研究の目的及び背景が述べられている。

第 2 章では、PC 構造が地震水平力による履歴載荷を受ける場合の、PC 鋼より線の付着挙動に焦点を当て、各種実験変数を設定した付着実験を行っている。採用した実験変数は、載荷履歴、付着区間に対する横圧及び載荷中の鋼材ひずみであり、それぞれの実験結果を検討して得られた結論は以下の通りである。

- 1) 単調漸増載荷を受ける場合、付着滑りの進行に伴って付着応力は上昇するが、付着応力値が 2.5～3.5Mpa（付着滑り量 0.1～0.2mm）で付着抵抗が大きく低下する現象（付着降伏）が生じ、その後の滑り量の進行とともに再び付着応力は上昇に転じる。又、グラウト強度が高いほど、付着降伏応力及び付着降伏点滑りは大きくなるが、付着降伏点剛性に大きな変化は生じない。
- 2) PC 鋼より線に導入された引張応力が、降伏応力の 50% 程度であれば、PC 鋼より線の付着特性への影響は殆ど無い。
- 3) 付着降伏を経験した後繰返し載荷を受ける場合には、付着耐力は、付着降伏応力に比べて大きく低下するが、正方向と負方向載荷ではほぼ同じ付着応力—滑り曲線を示す。
- 4) 横圧力の下で繰返し載荷を受ける場合、付着応力—滑り量曲線のループ形状は、横圧の大小に関わらずほぼ同じ形状を示す。しかし、滑り量がゼロの時のループ幅、及び 1 サイクルで囲まれるループ面積は、横圧が増加すると共に若干大きくなる。
- 5) PC 鋼より線の付着滑りメカニズムは、より角度に沿った回転と周辺グラウトを押し広げる軸方向移動の両者より成り立っている。この付着メカニズムが、繰返し載荷時において、すべり量が小さい場合には一定の付着応力を示し、滑り量が増大すると付着応力が増大する現象を引き起こす。この考察に基づいて、PC 鋼より線の繰返し付着応力—滑りモデルを構築した。このモデルは、森田・角によって提案された、異形鉄筋に対する付着応力—滑りモデルに大幅な修正を加えたもので、実験結果と極めてよく適合する。

第 3 章では、PC 鋼より線の付着応力—滑り関係を、部材若しくは架構解析に組み込む手法の提案と、PC 鋼より線の付着特性と導入プレストレス力が PC 部材の強度、履歴復元力特性及び残存プレストレス力に及ぼす影響を、各種付着パラメータに対するケーススタディーで明らかにしている。得られた結論は以下の通りである。

- 1) PC 部材においては、コンクリート断面と PC 鋼より線の間で平面保持の仮定が成立しない。従って、PC 鋼より線全長に対する伸びとコンクリートの伸びを一致させる変形の適合条件を、収束計算で満足させることになる。本研究では、PC 鋼より線の付着応力—滑り構成則を、部材若しくは架構解析における全体マトリックスに直接組み込む手法を新たに構築しており、収束計算を不要としている。

- 2) プレストレスによって断面コンクリートが受ける軸力レベル λ_N （コンクリート断面中心圧縮強度に対する比率）が大きく、PC 鋼より線有効プレストレス応力と0.2%オフセット降伏応力との比である導入緊張力レベル λ_P が小さいほど、PC 鋼より線の滑りを考慮して得られる曲げ耐力は、断面の平面保持が成立するとして導かれた曲げ耐力を下回る。特に $\lambda_N \geq 0.2$ 、 $\lambda_P \leq 0.6$ の条件を共に満たす場合には、曲げ耐力減少率が10%を超える。
- 3) λ_N が小さく λ_P が大きな場合ほど、PC 鋼より線の降伏による塑性引張ひずみの進行の為に残存プレストレス力（繰返し载荷において、外力がゼロの時のPC 鋼より線張力の総和）の減退量が多い。これに対し、 $\lambda_N=0.3$ 、 $\lambda_P \leq 0.6$ を共に満たす条件下では、コンクリートの損傷による危険断面重心軸ひずみの圧縮側への進行の為に残存プレストレス力の減退が生じたが、PC 鋼より線の引張降伏によって減退が発生する場合と比較すると、その減退量は小さい。
- 4) 一定変位振幅下での定常ループにおける原点近傍での剛性低下現象は、コンクリートの損傷程度によって大きく影響を受ける。危険断面コンクリートの損傷が大きかった $\lambda_N=0.3$ 、 $\lambda_P=0.4$ のケースでは、プレストレス減退は少ないが定常ループにおける原点近傍での剛性は大きく低下する。
- 5) バイリニア型 の付着—滑り特性を仮定した場合、PC 鋼より線の初期付着剛性が荷重—たわみ関係及び残存プレストレス力に及ぼす影響は殆どない。一方、付着降伏応力がそれらの値に及ぼす影響は大きく、付着降伏応力が高いほどPC 鋼より線の降伏が生じやすくなると共に残存プレストレスの減退も大きくなる。

第4章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、プレストレストコンクリート（以下PC）構造が、大地震のような繰返し水平力を受ける際の履歴復元力特性予測に不可欠な、PC 鋼より線の付着特性を実験によって明らかにすると共に、解析に適用する為のモデル化を行ったものである。あわせて、付着の良否がPC 構造の履歴復元力特性と残存プレストレス力に及ぼす影響を解析的に明らかにしている。得られた主な成果は次のとおりである。

1. PC 鋼より線の付着応力—滑り関係には、急激に付着抵抗の低下をきたす付着降伏点があること、その後の滑りの増大に伴って付着抵抗が再度上昇すること、PC 鋼より線の存在応力は付着特性に影響しないことを実験によって見出し、異形鉄筋とは異なる付着応力—滑り関係のモデル化が必要であることを指摘した。又、PC 鋼より線のより角度と実測滑り回転角度の比較より、PC 鋼より線の付着滑りメカニズムは、より角度に沿った回転と周辺グラウトを押し広げる軸方向移動の両者より成り立っていることを見出した。
2. 実験で見出された付着滑りのメカニズムに基づいて、PC 鋼より線の付着応力—滑り履歴モデルを新たに構築した。これは、森田・角によって提案された異形鉄筋に対するモデルに大幅な修正を加えたもので、実験結果と極めて良く適合することが示された。
3. PC 鋼より線の付着応力—滑り関係を、部材若しくは架構解析における全体マトリックスに直接組み込む手法を新たに提案した。この手法によると、平面保持の仮定が成立しない場合に用いられてきた、PC 鋼より線の全長にわたる伸びと同位置コンクリートの伸びを一致させる収束計算手順が不要となる。
4. PC 部材に対する初期導入プレストレス力及びPC 鋼より線の付着強度と付着剛性が、大変形域を含む履歴復元力特性と残存プレストレス力に与える影響を解析的に調査し、初期PC 鋼より線プレストレス力が高いほど、初期コンクリートプレストレス応力が小さいほど、付着強度が高いほど、梁緊張材に降伏が発生しやすく残存プレストレス力小さくなることを明らかにした。又、付着剛性の大小はほとんど影響しないことをあわせて示した。

以上述べたように、本論文は、PC 鋼より線の付着応力—滑り関係、付着特性及び導入プレストレスが地震時架構復元力特性に及ぼす影響を実験及び解析によって明らかにしたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年10月6日、論文内容とそれに関した事項について試問を行った結果、合格と認めた。