

(論文内容の要旨)

本論文は、地震後の早期復旧・建物機能維持が可能な構造物を比較的安価に提供することを目的として、損傷抑制効果と復元性に優れた圧着型プレキャスト（以下 PCa と略記）プレストレストコンクリート（以下 PC と略記）架構にエネルギー消費要素を組み合わせた構造形式の提案、および、その設計に必要な履歴特性の予測手法を提案したものである。提案構造形式の部分架構または部材モデルを用いた載荷実験により、PCaPC 架構に、波形鋼板を用いた間柱型パネルダンパー、または緊張材とダンパーを兼ねる混合より線を用いることで、エネルギー消費と復元性を両立した履歴挙動が実現できることを示した。次いで、PCaPC 構造の履歴に影響を与える PC 鋼材の抜け出し挙動について、繰り返しによる劣化を考慮した PC 鋼材の付着特性を組み込むことで、実験時の履歴挙動を精度良く追跡可能な FEM モデルを構築した。これに基づき、建物全体の地震時応答解析を行う骨組モデルに組み込み可能な部材端回転バネモデルを提案し、提案構造形式の地震時挙動を簡便に予測する手法を示した。本論文は序論と結論を含め、全 6 章で構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的を述べている。

第 2 章では関連分野の既往の研究について、これまでに提案された、圧着型 PCaPC 構造を用いた構造形式、および、圧着型 PCaPC 部材の挙動を予測する解析モデルに関して概観し、現状における問題点を明らかにするとともに、その解決法の提案も含めて本論文の位置付けを示している。

第 3 章では、圧着型 PCaPC 構造を用いてエネルギー消費と復元性を両立させた構造形式として、これまでに提案された構造形式に対し、断面配筋の複雑さを解消し、復元性とエネルギー消費性能の調節を容易にした 2 種の構造形式を提案した。そのうち的一方である圧着型 PCaPC 架構に波形鋼板を間柱型パネルダンパーとして組み合わせた構造形式については、門型架構試験体を用いた静的繰り返し載荷実験の結果を述べ、エネルギー消費と復元性を両立した履歴挙動が得られたことを示すとともに、鉄筋コンクリート（以下 RC と略記）構造とした試験体と比較して部材の損傷・残留変形を大幅に低減できることを示した。もう一方の提案

構造形式である、降伏強度の異なる2種の素線をより合わせた混合より線をPCaPC部材の緊張材とする構造形式については、片持ち梁試験体を用いた静的繰返し載荷実験の結果を示し、前者と同様にエネルギー消費性能と復元性に優れた履歴が実現できること、部材損傷は大変形時まで軽微に留められることを示した。

第4章では、圧着型PCaPC架構の特徴的な挙動である、圧着接合面の離間および回転挙動と、PC鋼より線の付着すべりを模擬したFEM解析モデルの構築について述べた。特に付着すべり特性に関して、既往の繰返し履歴モデルでは考慮されていなかったランダムな繰返し履歴に対応するようモデルを修正することで、FEM解析に組み込むことを可能とした。解析結果から、繰返し履歴におけるPC鋼材付着応力分布の推移を解明し、これを基に、建物全体の地震時応答解析に用いることを前提とした、骨組モデルに使用可能なPCaPC部材端回転バネモデルを提案した。このモデルは、圧着接合面におけるPC鋼材の抜け出し量とひずみ増分を関係付けることで、圧着型PCaPC部材の挙動を容易に予測可能としたものである。PC鋼材抜け出し量とひずみ増分の関係式において、FEM解析を用いたパラメトリックスタディ結果に基づき係数を決定することで、提案した材端回転バネモデルは、FEM解析と比較して大幅に計算コストを低減しながら、同程度の精度で実験結果を追跡でき、提案構造形式の地震時応答解析に十分使用できることを示した。

第5章では、第4章で提案した部材端回転バネモデルから、架構の復元性維持に必要なPC鋼材の最低量算出式を導出し、混合より線を用いた構造形式について、より線を構成する2種の素線の組み合わせ割合および断面量を適切に決定する手法を示した。また、波形鋼板を用いた構造形式については、架構とダンパーそれぞれの履歴の足し合わせにより全体の挙動が予測可能であることを示し、第4章で提案した部材端回転バネを組み込んだ骨組解析を、ダンパー量を変数として行うことによって、適切なエネルギー消費要素と復元性を実現するダンパー量を決定する手法を示した。

第6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、復元性に優れた圧着型プレキャスト（以下 PCa と略記）プレストレストコンクリート（以下 PC と略記）構造に、エネルギー消費要素を組み合わせることによって、地震時の損傷を修復不要なレベルに低減し、地震後の即時復旧・継続使用が可能な建物を実現する構造形式、ならびにその履歴特性を求める手法を提案したものである。得られた主な研究成果は次のとおりである。

1. エネルギー消費と復元性を両立させた構造形式として、(1) 圧着型 PCaPC 架構に波形鋼板を間柱型パネルダンパーとして組み合わせた形式、(2) 降伏強度の異なる 2 種の素線をより合わせた混合より線を、PCaPC 部材の緊張材として用いた形式、の 2 種を提案した。
2. 提案構造形式の部分モデル静的繰り返し載荷実験を行い、(1) の波形鋼板ダンパーを組み込んだ PCaPC 門型架構、(2) の混合より線を緊張材とした PCaPC 片持ち梁のいずれにおいても、地震時エネルギー消費性能と復元性に優れた履歴を実現した。
3. 圧着型 PCaPC 架構の特徴的な挙動である、圧着接合面の離間・回転挙動と PC 鋼より線の付着すべりを模擬した FEM 解析モデルを構築した。特に付着すべり特性に関して、既往の繰り返し履歴モデルでは考慮されていなかったランダムな繰り返し履歴に対応するようモデルを修正し、FEM 解析において付着応力分布の推移を解明した。
4. FEM 解析を用いたパラメトリックスタディ結果に基づき、圧着接合面における PC 鋼材の抜け出し量とひずみ増分を関係付けることで、圧着型 PCaPC 部材の挙動を容易に予測可能な材端回転バネモデルを提案した。提案した材端回転バネモデルによれば、FEM 解析に比べて大幅に計算コストを低減しながら、同程度の精度で実験結果を追跡できた。
5. 部材端回転バネモデルから、架構の復元性維持に必要な PC 鋼材の最低量算出式を導出し、適切なエネルギー消費要素の構成・量を決定する手法を示した。

これらの研究成果は、圧着型 PCaPC 構造を用いた新たな構造形式を実現し、PCaPC 構造を用いた耐震設計法の拡充に貢献するものであり、学術上、實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）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 21 年 1 月 29 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。