

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06282

研究課題名(和文) 緊張力変動抑制装置と梁端ダンパーを備えたアンボンドPCaPC構造の提案

研究課題名(英文) Proposal for post-tensioned energy dissipating precast concrete frame structures with prestressing force variation suppression devices

研究代表者

越川 武晃 (Koshikawa, Takeaki)

北海道大学・工学研究院・助教

研究者番号：10399983

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：梁端ダンパーを付加したアンボンドPCaPC圧着接合構造を対象として、PC鋼材の定着部に圧着接合部での損傷低減を目的とする弾性バネを用いた緊張力変動抑制装置を組み込んだ新たな構造形式を提案した。構造特性の定量評価を目的として、提案構造の全体挙動や部材レベルの挙動を対象とする数値解析、および損傷領域におけるより詳細な3次元有限要素解析を用いた検討を行った。得られた結果を整理・分析し、提案構造の非線形応答性状や損傷程度におよぼす影響と効果を示したうえで、構造特性の評価手法を提示した。

研究成果の概要(英文)：A new type of post-tensioned energy dissipating precast concrete frame structure is proposed. The frame includes prestressing force variation suppression devices connected directly to post-tensioning tendons in anchorage zone. To investigate and validate the structural performance of the frame, analytical studies are conducted using several types of numerical models. The effect of the devices on the nonlinear behavior and condition of damage is presented, and the evaluation methods for the structural performance are proposed.

研究分野：工学

キーワード：建築構造・材料 アンボンドPC 構造工学・地震工学 制震 耐震 損傷制御 セルフセンタリング エネルギー吸収

1. 研究開始当初の背景

建築構造物の性能設計が指向される流れを受けて、損傷制御の概念を取り入れた設計法に関する取り組みが精力的に行われている。耐震性能に関する損傷制御の基本的な考え方では、構造物を構成する主構造と制振部材の役割を明確に分けて、地震時に構造物が被る損傷を意図的に制振部材に集中させることでエネルギーを吸収し、柱・梁といった常時荷重を支える主構造は軽度な損傷の内に収めることを目標性能とする。損傷制御構造は、被震後に制振部材の補修あるいは取替えを行なうことによって、再び本来の耐震性能を発揮できる優れた修復性を兼ね備えたものであり、建築物の長寿命化の実現に向けた大きな可能性を有している。

コンクリート系構造において、この損傷制御を実現し得る構造形式として有力視されているのが、アンボンド PCaPC 柱・梁圧着接合構造である。工場生産された高品質のプレキャスト柱・梁部材をアンボンド PC 鋼材の緊張力によって一体化するこの構造は、地震時に大変形を受けた後においても緊張力の効果により残留変形を少なく抑えることができる、復元性の高さに大きな特徴がある。さらに、目開きを伴う圧着接合部付近に損傷領域が限定されるという特性を持ち、損傷制御の観点から大きなメリットを有している。その一方で、構造としてのエネルギー吸収性能が低いために過大な応答変位の懸念があるといった欠点をも併せ持っている。そこで、このような課題を克服すべく、エネルギー吸収デバイスを付加する工法がいくつか提案された。この中の一つが、摩擦型や鋼材系のダンパーを圧着接合部の柱と梁をつなぐように外付けで設置し、ダンパー素材の降伏等によりエネルギー吸収を図る「梁端ダンパーを付加したアンボンド PCaPC 構造」である。

これらの梁端ダンパーを用いた効果は、主として柱と梁端部間の圧着面に目開き（離間変位）が生じることによって発揮されるものであるが、この圧着面における目開きは、一方でアンボンド PC 鋼材に伸びを生じさせ、その緊張力を増加させてしまうことにもつながる。これは、圧着接合部の梁端部コンクリートが負担する圧縮力の増加とこれによる著しい損傷を招き、ひいては予期せぬ緊張力の喪失や残留変形を生じさせる危険性があるなど、この種の構造の安定性と耐震性能にも大きく影響する。もし、このような目開きに伴うアンボンド PC 鋼材の緊張力の増加を適度に抑制することで圧着接合部での損傷を低減することができれば、梁端ダンパーによって効果的な履歴エネルギー吸収性能を付与した本構造の有する特徴を最大限に生かしつつ、より明快で合理的な損傷制御構造を実現できるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、梁端ダンパーを付加したアンボ

ンド PCaPC 構造を対象として、圧着接合部での損傷低減を目的とする弾性バネを用いた緊張力変動抑制装置を PC 鋼材の定着部に組み込んだ上で一体化を図る新たな構造形式を提案するものである。本研究では、提案構造の全体挙動や部材レベルの挙動を対象とする数値解析とその損傷領域に焦点をあてたより詳細な非線形有限要素解析等を用いた検討を行うことによって、その効果と構造特性の定量評価を図ることを主な目的とする。

3. 研究の方法

(1) 緊張力変動抑制装置と梁端ダンパーを有するアンボンド PCaPC 構造のための非線形応答解析法を開発する。既提案の解析法をベースとし、これに緊張力変動抑制装置と梁端ダンパーのモデル化を行って解析に取り入れる。

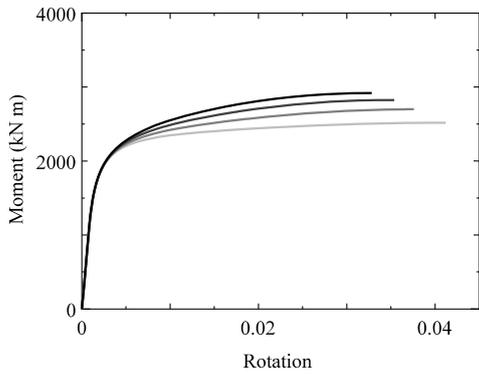
(2) 開発した解析法を用いたパラメータ解析を行うことにより、緊張力変動抑制装置および梁端ダンパーの効果とアンボンド PCaPC 構造の非線形応答性状に関する検討を行う。パラメータは、緊張力変動抑制装置と梁端ダンパーの性能やアンボンド PC 鋼材の緊張力等とし、骨組の挙動に影響を及ぼすと思われるいくつかの項目について、その関連性を考慮した定量的な評価を試みる。

(3) 非線形有限要素解析システムを用いて、提案構造圧着接合部の損傷評価に関する検討を行う。解析には、コンクリート構造物の解析において数多くの実績がある汎用非線形有限要素解析システムを用いる。解析対象の諸条件（梁端ダンパーの性能、部材の寸法、アンボンド PC 鋼材の緊張力、コンクリートの圧縮強度等）を変化させた解析を行い、圧着接合部の損傷状態の変化について、解析結果の可視化と数値の詳細な検討を通して把握する。

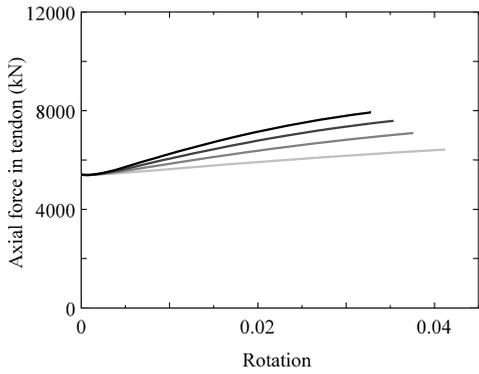
4. 研究成果

(1) 提案構造の非線形応答性状や損傷程度に及ぼす緊張力変動抑制装置の影響と効果について検討を行った。緊張力変動抑制装置を組み込んだアンボンド PC 鋼材の剛性と緊張力が全体の非線形応答と圧着接合部における損傷に大きく影響することが分かり、その程度と緊張力変動抑制装置の性能の関係性についての評価をおおむね実施できた。（図 1 参照）

(2) 提案構造の非線形応答性状や損傷程度に及ぼす梁端ダンパーの影響と効果について検討を行った。部材レベルと部分架構レベルの応答評価を目的とする解析法を合わせて開発し、摩擦型の梁端ダンパーを想定した場合のパラメータ解析から、アンボンド PC 鋼材の緊張力と梁端ダンパーの摩擦力の関



(a) モーメント-部材角関係



(b) 緊張力-部材角関係

図1 緊張力変動抑制装置の効果

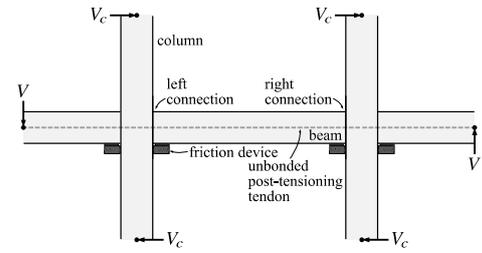
係がエネルギー吸収性能に影響を及ぼすことを明らかにした。そのうえで、梁端ダンパーの摩擦力と圧着接合部における配置、およびアンボンド PC 鋼材の緊張力をパラメータとする力学挙動に基づくエネルギー吸収性能の評価手法を構築し、基準化したパラメータを用いて任意のエネルギー吸収性能を実現するための設計方法を提示した。(図2、3参照)

(3) 提案構造の非線形応答性状と損傷程度に関する更なる検討を行った。変形が集中する圧着接合部の挙動に着目して、圧着面における回転とコンクリートおよびアンボンド PC 鋼材における応力・変形状態の力学的関係に関する考察を行い、曲げ終局時のアンボンド PC 鋼材における応力状態をもあわせて評価することが可能な新たな耐力および変形評価手法を提案した。アンボンド PCaPC 部材を用いた既往の実験結果との比較・検討からこの手法の適用性を確認した。さらには、パラメータスタディによる検討から提案構造における耐力・変形状態を把握した。(図4参照)

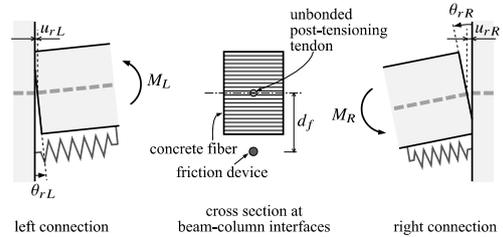
5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

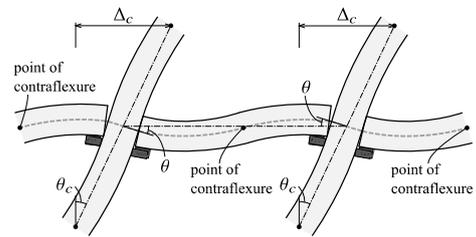
- ① Koshikawa T, Moment and energy



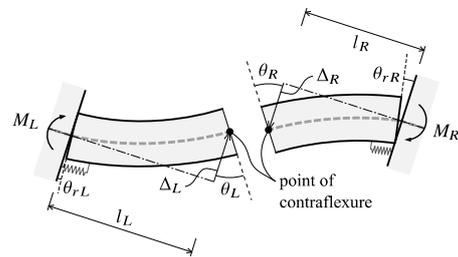
(a) 対象部分架構



(b) 圧着接合部の断面解析

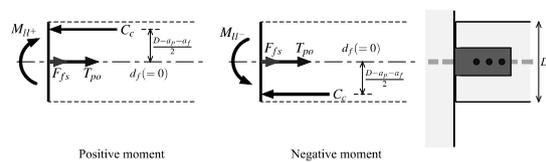


(c) 部分架構の変形状態

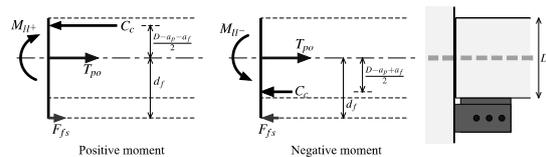


(d) 梁の変形適合条件

図2 部分架構解析モデル

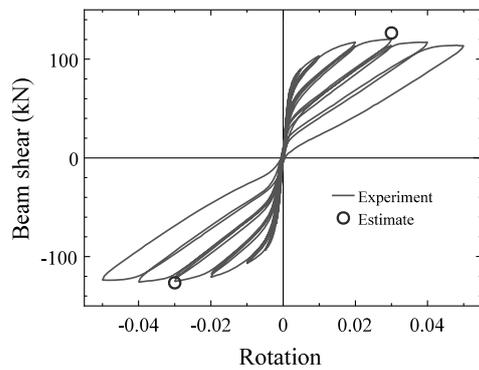


(a) 梁端ダンパー側面配置の場合

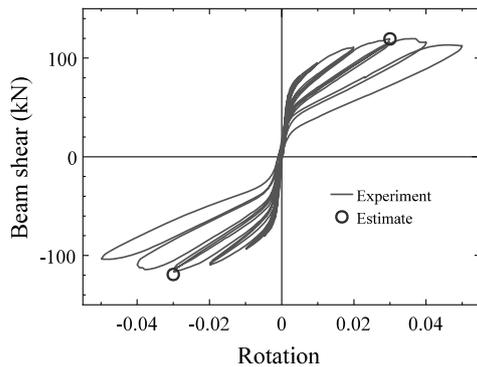


(b) 梁端ダンパー下端配置の場合

図3 力学挙動に基づく評価手法



(a) ト形試験体



(b) 十字形試験体

図4 耐力・変形評価手法の適用性

dissipation capacities of post-tensioned precast concrete connections employing a friction device, *Engineering Structures*, 138, 170-180 (2017) 査読有

DOI: 10.1016/j.engstruct.2017.02.012

[学会発表] (計4件)

- ① 越川 武晃、北野 敦則、PC 鋼材が降伏しないアンボンド PCaPC 梁の曲げ終局強度点算定法、日本建築学会大会 (2017)
- ② Koshikawa T, Energy dissipation in self-centering precast concrete frame subassemblies with friction devices, 16th World Conference on Earthquake Engineering (2017)
- ③ 越川 武晃、篠原 保二、摩擦ダンパーを有するアンボンド PCaPC 部分架構のエネルギー吸収性能に関する検討、日本建築学会大会 (2016)
- ④ Koshikawa T, Energy dissipation in post-tensioned self-centering precast concrete connections with a friction device, 8th International Structural Engineering and Construction Conference (2015)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

越川 武晃 (KOSHIKAWA, Takeaki)