



有メナーゼヒンジUBRC柱の開発

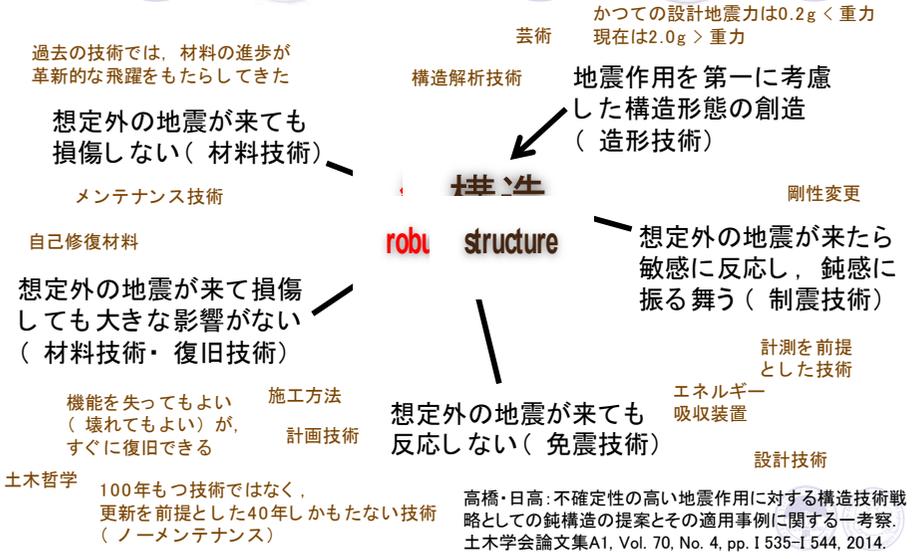
高橋良和
(京都大学 教授)

我が国において、**大震災**が耐震工学におけるパラダイムの形成の要因となってきた。

- 被害から何を読み取り、何を教訓と考えるか？
- 関東**大震災**後に「**剛構造**」が確立し、
- 阪神・淡路**大震災**後に「**柔構造**」が広まった。
- では、東日本**大震災**後に「**？構造**」がパラダイムシフトになり得るか？

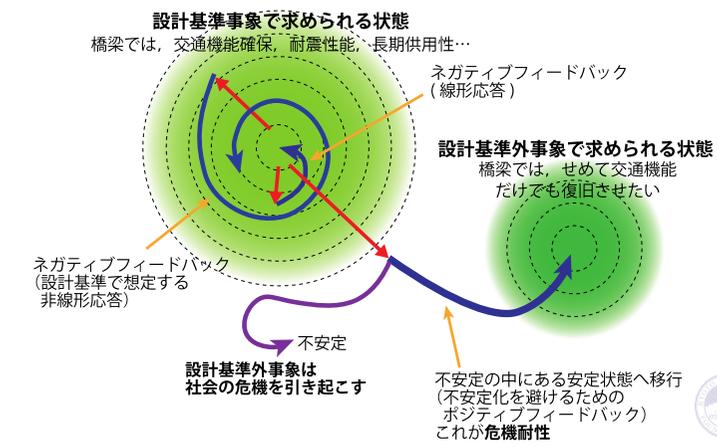


圧倒的に不確定性の高い地震作用に **鈍感**であること



システムの鈍感な反応

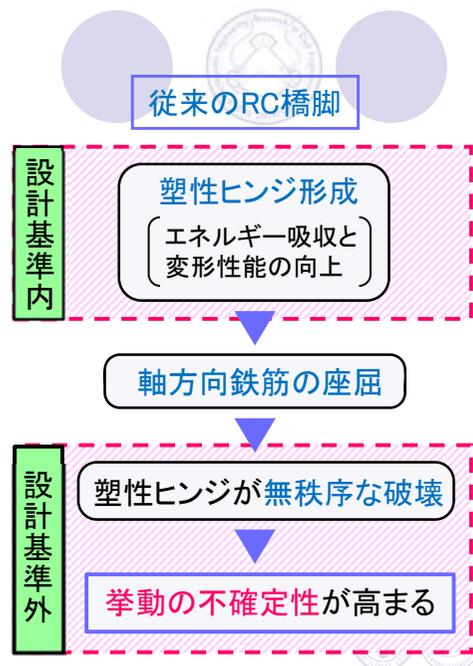
- 設計基準事象に対しては**求められる性能を維持しつつ**、設計基準外事象に対しては**機能を制限した状態に移行することで安定性を維持させる。**



背景・目的

危機耐性に富む構造

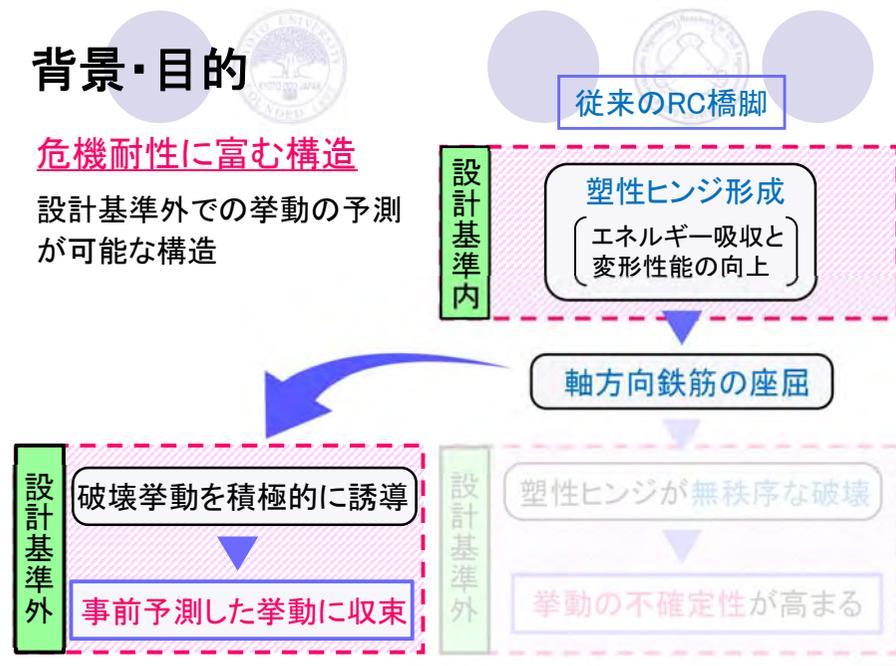
設計基準外での挙動の予測が可能な構造



背景・目的

危機耐性に富む構造

設計基準外での挙動の予測が可能な構造



設計基準外の挙動予測が可能な構造

RC柱における塑性ヒンジの機能 (設計基準内の挙動)

ヒンジ機能	
<ul style="list-style-type: none"> 軸力とせん断力の伝達 たわみの連続性の維持 	
エネルギー吸収能	
<ul style="list-style-type: none"> 塑性化によるエネルギーの吸収 	

設計基準外の挙動予測が可能な構造

RC柱における塑性ヒンジの機能 (設計基準外の挙動)

ヒンジ機能	
<ul style="list-style-type: none"> 軸力とせん断力の伝達 たわみの連続性の維持 	
エネルギー吸収能	
<ul style="list-style-type: none"> 塑性化によるエネルギーの吸収 	

求める機能を限定化

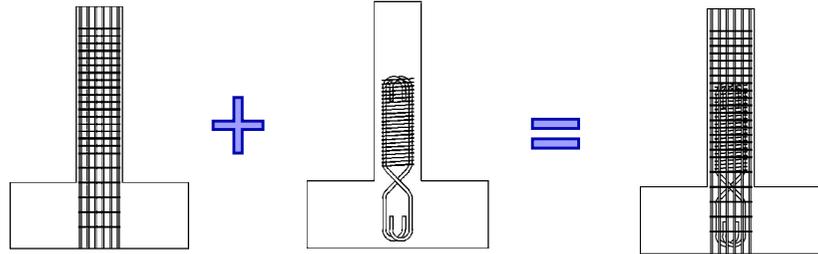
埋込メナーゼヒンジRC柱

(助成研究提案時には有メナーゼヒンジ柱)

通常のRC柱

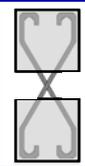
メナーゼヒンジ

埋込ヒンジRC柱



メナーゼヒンジ

設計基準外の挙動が生じても
軸力とせん断力を伝達する構造



埋込メナーゼヒンジRC柱に期待する挙動

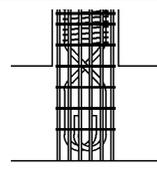
通常のメナーゼヒンジ

- 上部と下部が交差鉄筋のみで接続
- ヒンジ部にコンクリートの切欠きがある



埋め込みヒンジ

- 上部と下部が交差鉄筋と軸方向鉄筋で接続
- ヒンジ部にコンクリートの切欠きがない



ヒンジ部に損傷が集中するように
破壊を積極的に誘導する必要がある

埋込メナーゼヒンジRC柱に期待する挙動

設計基準事象

通常のRC柱と同様の挙動を示す

設計基準外事象

ヒンジ機構への移行により挙動の
不確定性を低下

求める機能

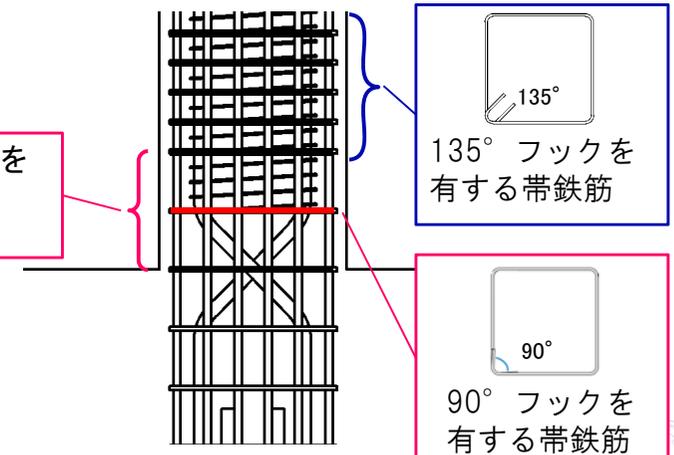
- 基部のせん断変形と軸変形の防止
- 死荷重支持機能の保持

柱の破壊が進行していくにつれて想定した変形モードに移行し、
挙動の不確定性が低下していく

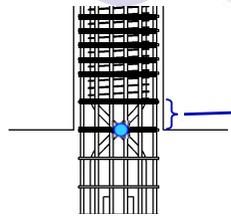
積極的な破壊の誘導

軸方向鉄筋の座屈のコントロール

帯鉄筋間隔を
相対的に
疎にする



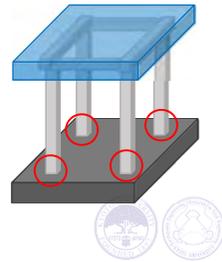
積極的な破壊の誘導



損傷が集中し、ヒンジ機構が発現
 ▼
 RC柱の挙動が予測可能になる一方、回転剛性が失われる

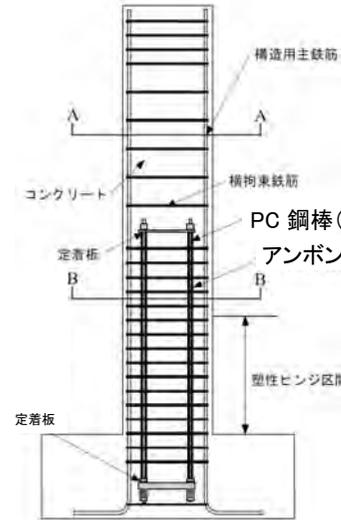
埋込ヒンジRC橋脚の適用

- 門型ラーメン高架橋の下部の塑性ヒンジ部
- 変位制御構造などの対策で倒壊を制御
- 埋込ヒンジRC橋脚をUBRC構造化 (埋込ヒンジUBRC橋脚の提案)

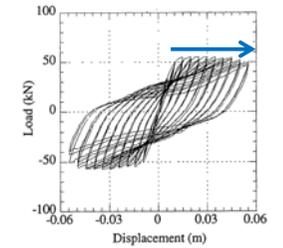


UBRC構造 (Unbonded Bar Reinforced Concrete columns)

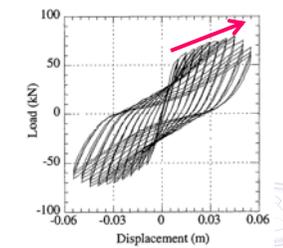
家村・高橋・曾我部: アンボンド芯材を活用した高耐震性能RC構造の開発. 土木学会論文集, No.710/1-60, pp. 283-296, 2002.



荷重-変位関係
 従来RC柱



UBRC柱

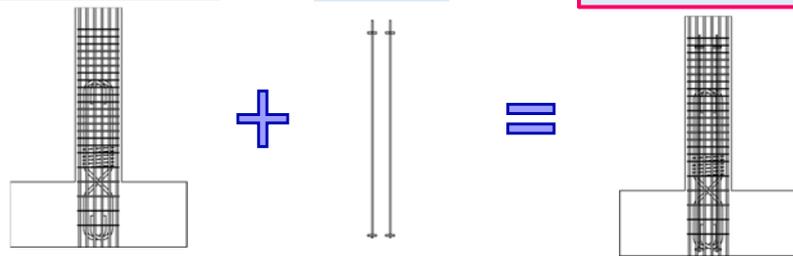


埋込メナーゼヒンジUBRC橋脚

埋込メナーゼヒンジRC橋脚

PC鋼棒

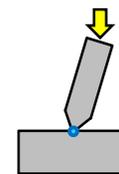
埋込メナーゼヒンジUBRC橋脚



- 設計基準外での挙動の予測が可能
- ヒンジ機構が発現した際の挙動の不安定化を防ぐ

埋込メナーゼヒンジUBRC橋脚

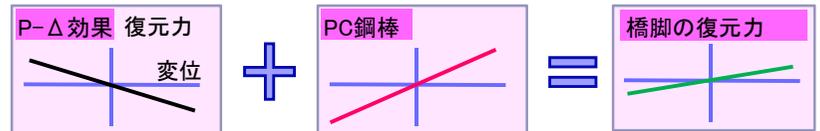
埋込メナーゼヒンジRC橋脚



設計基準外においてヒンジ挙動が発現

▼
 P-Δ効果により倒壊する危険性

埋込メナーゼヒンジUBRC橋脚



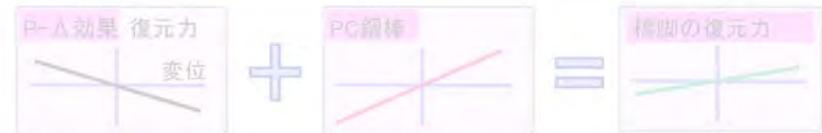
PC鋼棒の弾性的な正の復元力によりP-Δ効果を打ち消す

埋込メナーゼヒンジUBRC橋脚

埋め込みヒンジRC橋脚

設計基準外においてヒンジ挙動が発現

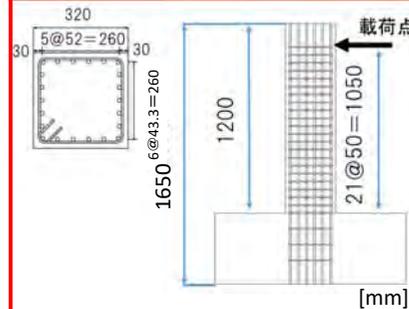
本研究で提案する埋込メナーゼヒンジRC柱と埋込メナーゼヒンジUBRC柱の性能を正負交番载荷実験にて検討した。



PC鋼棒の弾性的な正の復元力によりP-Δ効果を打ち消す

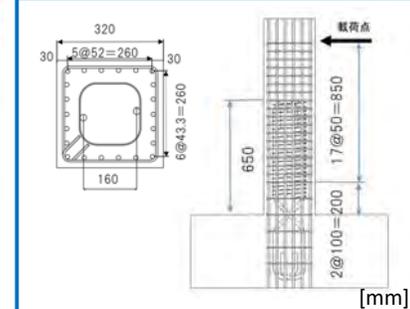
供試体概要

① 従来RC柱



- ✓ 現行の耐震基準を満たすRC柱
- ✓ 帯鉄筋間隔50mm (帯鉄筋体積比0.8%)

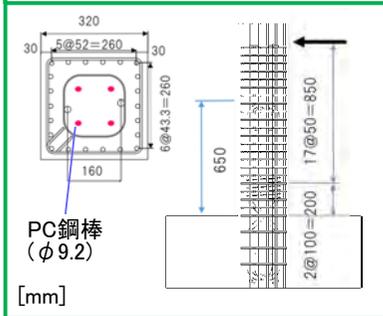
② 埋込ヒンジRC柱



- ✓ 本研究提案の埋込メナーゼヒンジRC柱
- ✓ C50-RCと同様の軸方向鉄筋の配置

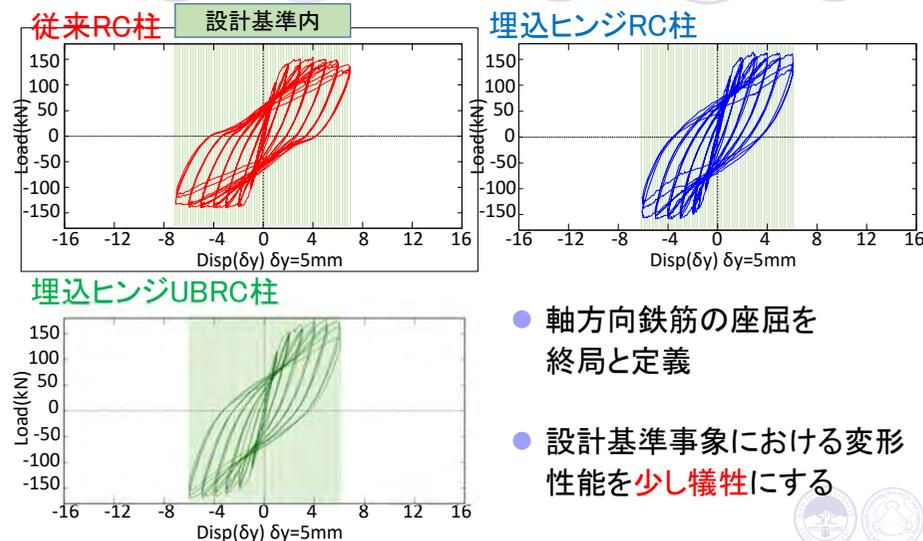
供試体概要

③ 埋込ヒンジUBRC柱



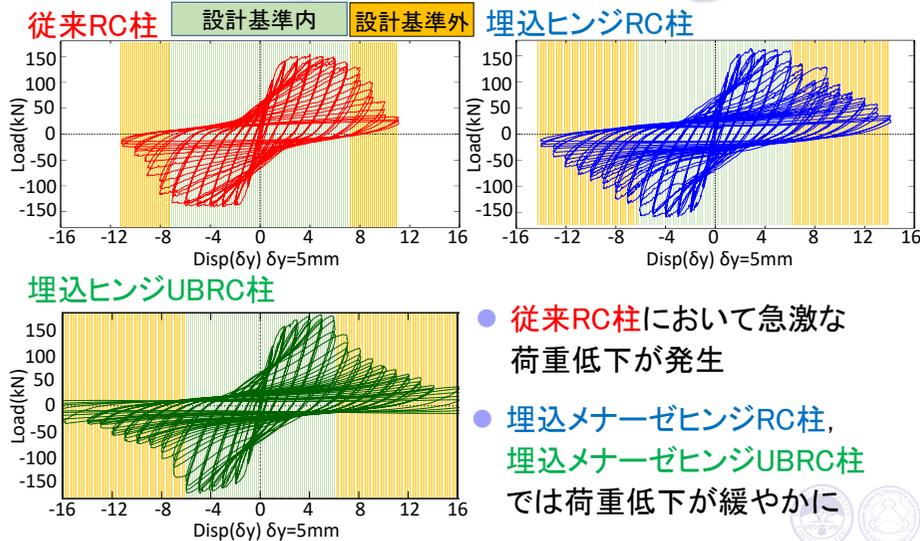
- ✓ 本研究提案の埋込メナーゼヒンジUBRC柱
- ✓ C50-RCと同様の軸方向鉄筋の配置
- ✓ $20\delta_y$ (载荷振幅100mm) の変形領域まで正の復元力を保ち, PC鋼棒を弾性に保つようPC鋼棒の配置位置を決定

実験結果 (荷重-変位関係)



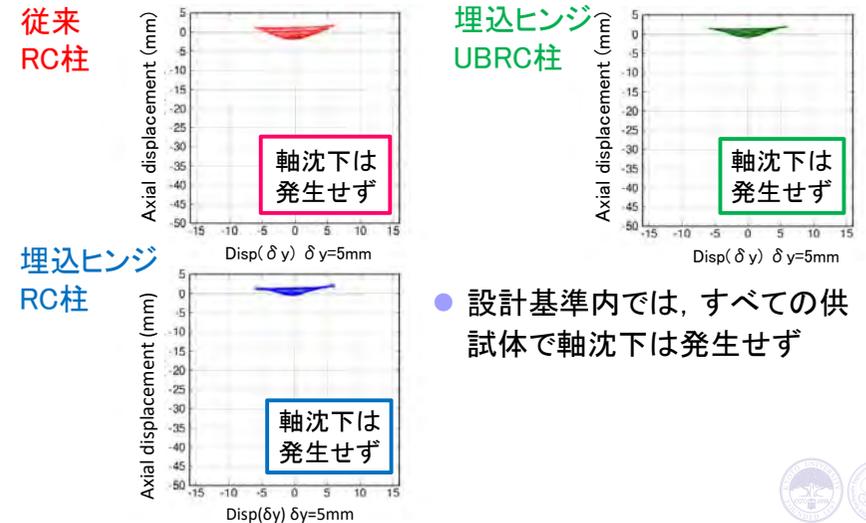
- 軸方向鉄筋の座屈を終局と定義
- 設計基準事象における変形性能を少し犠牲にする

実験結果 (荷重-変位関係)



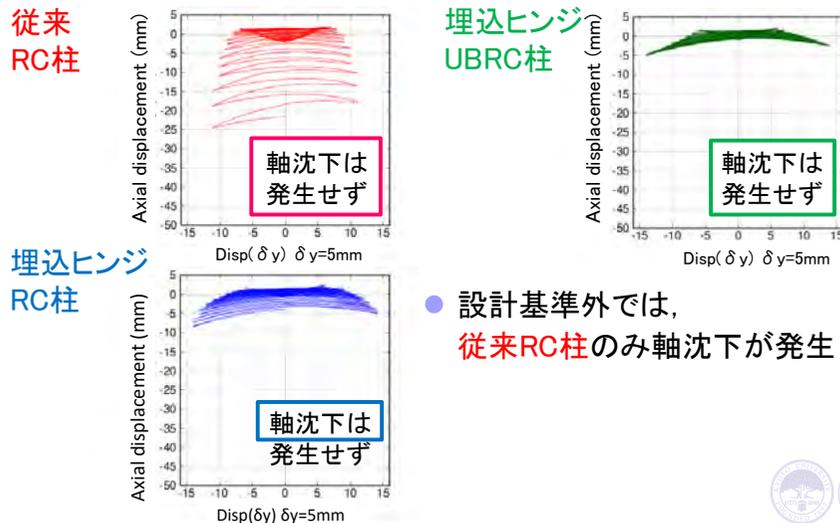
実験結果 (ヒンジ機構の発現)

柱基部の軸変形 (設計基準内)



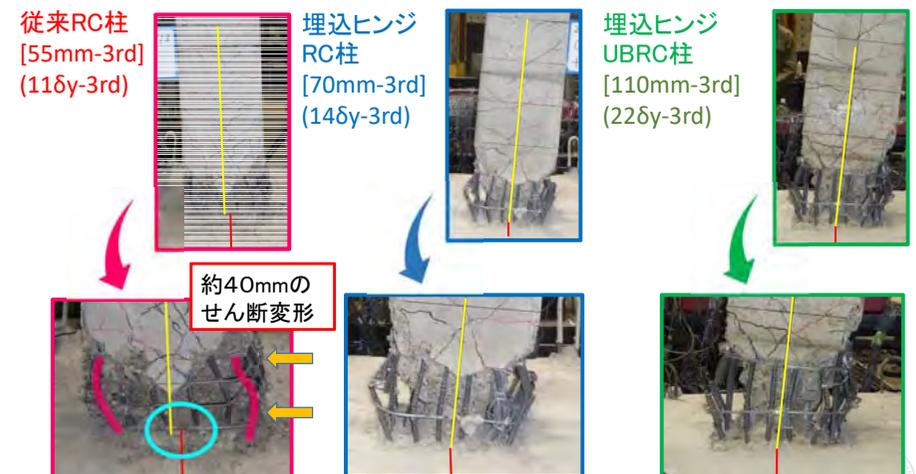
実験結果 (ヒンジ機構の発現)

柱基部の軸変形 (設計基準外)



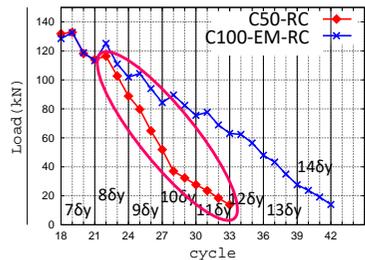
実験結果 (ヒンジ機構の発現)

柱基部のせん断変形

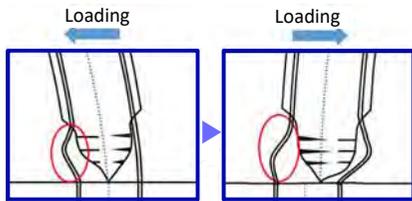


実験結果 (設計基準外での荷重低下)

軸方向鉄筋座屈後の柱の荷重低下の推移



従来RC柱

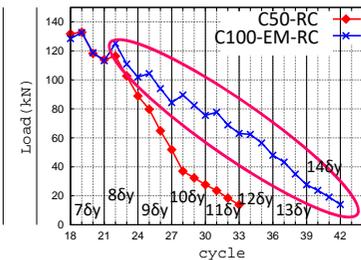


基部のせん断ずれにより
軸方向鉄筋が再引張されない



実験結果 (設計基準外での荷重低下)

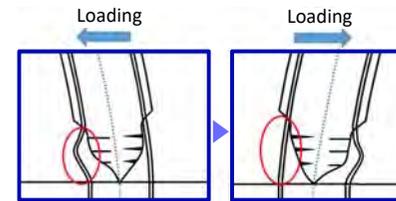
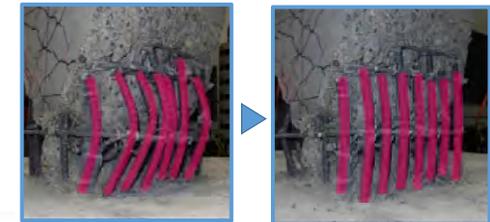
軸方向鉄筋座屈後の柱の荷重低下の推移



埋込ヒンジRC柱

圧縮変形

引張変形

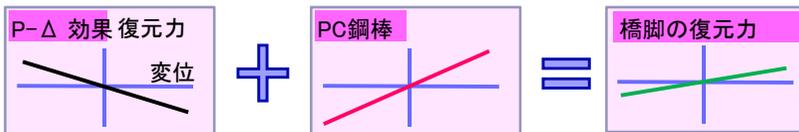


基部のせん断ずれが防止され、
軸方向鉄筋が引張力を発揮

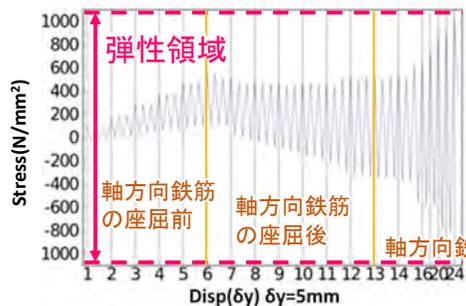


実験結果 (UBRC化による効果)

埋込ヒンジUBRC柱の設計思想



PC鋼棒の応力の推移 (埋込ヒンジUBRC柱)



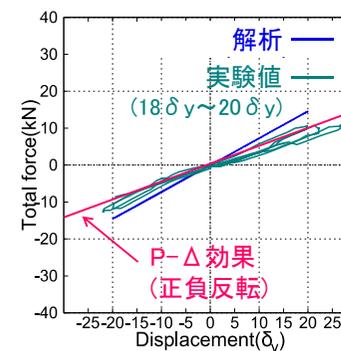
軸方向鉄筋の破断が発生
している24 δ_y の変形領域に
おいてもPC鋼棒は弾性挙動を
している



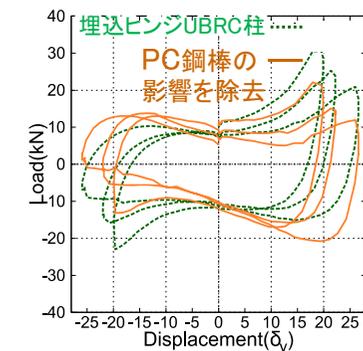
実験結果 (UBRC化による効果)

PC鋼棒が柱の復元力に与えた影響 (埋込ヒンジUBRC柱)

PC鋼棒の部材力-変位関係



荷重-変位関係



まとめ



- 本研究では、設計基準外事象に対してRC柱のヒンジ機構を保証し、予測可能な挙動を確保することを目的として、3種類の埋込コンクリートヒンジRC柱の開発を行った。
- 埋込メナーゼヒンジRC柱は、設計基準内では通常のRC柱と同様の挙動を示し、設計基準外では柱基部でのせん断変形・軸変形が防止され、ヒンジ機構への移行が確認された。
- 埋込メナーゼヒンジUBRC柱は、設計基準外でヒンジ機構へ移行するとともに、UBRC機構により弾性的な復元力を確保し、P- Δ 効果を打ち消すことで、大変形領域(20 δ_y)でも正の剛性を有する挙動を示すことができることを確認した。

