

技術開発成果報告書

事業名 住宅等の安全性の向上に資する技術開発	課題名 高性能・高耐久袖壁付き鉄筋コンクリート柱部材の研究開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>本技術開発は、これまで損傷が甚大で、脆性的な部材とされた袖壁付き柱の構造性能を大きく改善し、地震時の損傷を軽減でき、靱性能に優れ、さらに建物の長寿命化に向けて優れた耐久性能を有する高性能・高耐久な袖壁付き鉄筋コンクリート柱部材（以下、高性能・高耐久袖壁付き RC 柱）を開発、その設計法を示したものである。</p> <p>本研究で開発される袖壁付き RC 柱は、従来の袖壁付き RC 柱と比較して、以下の点が大きく改善され、今後の RC 建物の設計・施工の発展に大きく貢献するものである。</p> <p>以下に、その成果の概要をまとめる。</p> <p>①コンクリートの代替としてポリビニルアルコール（以下、PVA）繊維補強コンクリートを使用し、さらに袖壁端部に円形スパイラル筋を配置して拘束することにより、袖壁付き RC 柱の地震時のひび割れによる損傷を軽微にでき、靱性能を向上させることができた。以上により、建物の修復性能の向上が図られ、さらに、袖壁付き RC 柱が従前よりもつ、高い剛性と耐力に、靱性を付与させることができ、その大きなエネルギー吸収能力を活かした設計を可能とさせた。</p> <p>②高性能・高耐久袖壁付き RC 柱に使用する高耐久なコンクリートの調合を示した。本調合は、PVA 繊維、AE 剤、収縮低減剤、消泡剤を使用したものであり、建物の長寿命化に貢献するものである。</p> <p>③高性能・高耐久袖壁付き RC 柱のせん断力と部材角関係のスケルトンモデルを示し、その構造性能を定量的に示した。現行の設計では、袖壁付き柱の構造性能が明確に示されていないため、袖壁に構造スリットを設けて、独立柱にモデル化されることが一般的である。構造性能を明確に示したことから構造スリットを設置しない設計も可能となる。以上により、設計の自由度が向上するとともに、施工への負担軽減、省力化に貢献するものである。</p> <p>(2) 実施期間 平成 22 年度～平成 24 年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費（3 年間の合計） 技術開発に係った経費 20,200 千円 補助金の額 10,100 千円</p> <p>(4) 技術開発の構成員 福井大学大学院（工学研究科建築建設工学専攻 磯研究室准教授 磯雅人） 福井大学大学院（工学研究科建築建設工学専攻 本間研究室講師 本間礼人） 株式会社クラレ（繊維資材事業部産資開発部主管 小川敦久）</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 発表した論文</p> <p>1. 平成 26 年 7 月 日本建築学会（福井大学大学院工学研究科 大学院生 河南孝典） タイトル：高強度拘束筋および PVA-FRC が与える袖壁付き RC 柱の構造性能への影響</p> <p>2. 平成 25 年 7 月 日本コンクリート工学会（福井大学大学院工学研究科准教授 磯雅人） タイトル：PVA-FRC を用いた袖壁付き RC 柱の各種要因による構造性能への影響</p> <p>3. 平成 24 年 9 月 日本コンクリート工学会 （株式会社クラレ 繊維資材事業部産資開発部主管 小川敦久） タイトル：湿式吹付け耐震補強工法用 PVA 繊維補強プレミックスモルタルの開発</p>	

4. 平成 24 年 9 月 日本建築学会（福井大学大学院工学研究科准教授 磯雅人）
タイトル：袖壁付き RC 柱の高靱性化に関する研究（その 1, その 2）
5. 平成 24 年 7 月 日本コンクリート工学会（福井大学大学院工学研究科准教授 磯雅人）
タイトル：袖壁端部の拘束が袖壁付き RC 柱の靱性能に及ぼす影響

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

本開発部材の技術革新性および先導性は、従来、損傷が甚大で、脆性的とされた袖壁付き RC 柱部材の構造性能を大きく改善し、その設計手法を示した点にある。具体的な内容は以下の 4 点である。従来の袖壁付き柱に比較して

- ①高い靱性を付与
- ②地震時のひび割れによる損傷を軽減
- ③乾燥収縮ひび割れを抑制して高耐久化
- ④本開発部材の設計法（構造性能の評価法）を提示した点にある。

上記①はエネルギー吸収能力を活かした設計が可能となり、経済的かつ合理的な設計が可能となる。上記②は建物の修復性能の向上、上記③は建物の長寿命化に貢献するものである。上記④は新規建物に多用される構造スリットの設置を削減できる可能性があり、施工への負担軽減、省力化に貢献するものである。

(2) 技術開発の効率性

袖壁付き柱に高耐久性能を付与させるための開発では、凍結融解試験：12 体、長さ変化試験：18 体により、高耐久性能を与える PVA 繊維補強コンクリートの調合を決定できた。また、高靱性化を図るための袖壁端部の有効な配筋方法の開発では、袖壁端部を模擬した中心軸圧縮試験：44 体を行い、その仕様を決定できた。袖壁付き柱部材を高靱性化させ、損傷軽減を図るための開発では、袖壁付き柱部材の曲げせん断実験：19 体（うち 3 体は袖壁増設補強試験体）により、その構造性能を評価・検討し、その設計法を提示できた。以上により、本研究開発の目的をほぼ達成できており、本研究資金は本研究計画に対して、妥当かつ適切と言える。

開発の鍵となる実験計画の立案、設計法の開発、実用化に関する検討は、本部材を開発・実用化するにあたり極めて重要な事項と言える。そのため、実務を担う繊維メーカーの（株）クラレに、上記事項ならびに研究開発全般にわたり、助言と指導を頂くとともに、大学側が持ち得る材料、構造に関する知見を融合して計画の立案、設計法の開発を行った。以上より、民間と大学が共に本開発の目的や目標を共有でき、極めて効率よく開発できたと言える。また、大学が実験ならびに結果の分析・評価を行う事により、開発予算を抑えることができ、効果的かつ効率的に開発を実施できたと言える。

(3) 実用化・市場化の状況

新規建物に PVA 繊維補強コンクリートを用いた高性能・高耐久袖壁付き柱を適用させる場合、現在の法規制では、PVA 繊維補強コンクリートならびに本工・構法について大臣認定を取得する必要がある。現在は、それに向けて、あらゆる袖壁付き柱の断面に対応できるように片側袖壁付き柱の断面形状を有する高性能・高耐久袖壁付き柱の開発に着手している。今後は、袖壁が不均等に配置された袖壁断面についても開発を行い、大臣認定に向けた開発を継続的に行ない、材料および構造性能のデータをさらに蓄積させる予定である。

また、本構法は、袖壁増設による耐震補強構法としても利用可能である。今後は、実務での実績をさらに重ね、日本建築防災協会の技術認定評価を取得し、実用化・市場化に向けた活動を行う予定である。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

本開発で掲げた開発目標は、靱性能に富み、地震時の損傷を軽減でき、さらに建物の長寿命化に向けて優れた耐久性能を有する高性能・高耐久な袖壁付き鉄筋コンクリート柱部材を開発し、その設計法を示すことである。以上により、両側均等袖壁付き柱の断面形状に限定されるが、その目標をほぼ達成できたと言える。一方で、本事業を超えた最終目標は、本開発部材を新規物件に適用させることである。そのためには、様々な断面形状にも対応できるように、さらに開発を継続させる必要がある。また、PVA 繊維補強コンクリートおよび本工・構法について大臣認定を取得する必要がある。

補助終了後の活動状況は、上記最終目標を達成させるために、現在は片側袖壁付き柱の断面形状を有する高性能・高耐久袖壁付き柱の開発に着手している状況である。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

- ①損傷が甚大で、脆性的である袖壁付き柱の損傷を軽減し、高い靱性を付与させるために、コンクリートの代替として PVA 繊維補強コンクリートを使用し、袖壁端部に円形スパイラル筋を配置して拘束した。以上により、袖壁付き RC 柱の地震時のひび割れによる損傷を軽減でき、靱性能を向上させることができた。建物の修復性能の向上が図られ、さらに、袖壁付き RC 柱が従前よりもつ、高い剛性と耐力に、靱性を付与させることができ、その大きなエネルギー吸収能力を活かした設計を可能とさせた。以上により、経済的かつ合理的な設計が可能となる。
- ②コンクリートに収縮低減剤を添加し、PVA 繊維を体積混入量率 V_f で 0.5%混入させる。PVA 繊維投入による巻き込み空気および大きな空気泡を除去するために消泡剤を添加し調整する。さらに AE 剤を添加し、微細な空気泡を分散させると同時に、空気の混入量を 4.5%前後に調整する。以上により、乾燥収縮ひび割れを抑制し、同時に凍結融解抵抗性を向上させる。建物を高耐久化させ、長寿命化に貢献するものである。
- ③本開発部材の設計法を提示したことは、同時に、袖壁付き RC 柱部材の構造性能の評価方法を提示したことになる。そのため、独立柱にモデル化するための構造スリットを設置しない設計も可能となる。以上により、施工への負担軽減、省力化に貢献するものである。

・残された課題

残された課題は以下の 2 点である。

- ①本事業で開発された高性能・高耐久袖壁付き柱の断面形状は、袖壁が柱の両側に均等に配置された断面を想定している。しかしながら、実構造物では様々な断面形状（例えば、片側袖壁付き柱、両側不均等の袖壁付き柱など）を有するため、実務で利用するには、そのような特殊な断面形状についても対応できるようにしなければならない。そのため、今後は様々な断面形状を有する高性能・高耐久袖壁付き柱について開発を行い、その構造性能を評価する必要がある。
- ②ここに使用した PVA 繊維補強コンクリートは、指定建築材料とはならない。そのため、新築の建物に本材料を適用する場合は、大臣認定が必要となる。今後は、大臣認定に向けた開発を継続的に行ない、材料および構造性能のデータをさらに蓄積させる必要がある。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

実構造物では、様々な袖壁の断面に対応する必要がある。現在は片側袖壁付き柱を対象とした高性能・高耐久袖壁付き柱の開発に着手している。今後は、両側不均等袖壁付き柱についても開発を行い、大臣認定に向けた材料および構造性能のデータをさらに蓄積させる予定である。

また、本開発部材は、耐震補強（袖壁の増設補強）構法としての利用も可能である。今後は、実務での施工実績をさらに重ね、日本建築防災協会の技術認定評価を取得し、実用化・市場化に向けた活動を行う予定である。