

2009 年度 建築・住宅技術共同研究開発テーマ提案競技

(第 7 回アイデアコンペ)

提案タイトル		X-CFT 構造柱部材の開発
提案概要 (200 字程度)		X 形配筋は柱や梁部材のせん断破壊や付着破壊の防止に有効であり、特に短柱の靱性向上に役立つ配筋方法である事は知られている。 また、鋼管にコンクリートを充填すると S 造柱の靱性と耐力が向上する。CFT 柱として高層建築物によく採用されている。 本アイデアは X 形配筋と CFT 構造を混合し、両構法の長所を生かし、さらに構造特性の向上する柱部材の可能性及び経済性の検討を行い、新しいハイブリッド構造として柱部材の開発を提案するものである。
提案ポイント	①新規性	X 形配筋と CFT 柱とを混合させたハイブリッド構造の提案である。 まだ既往の研究をはじめ、実際に使用された実績も無い柱部材であり、従来になかった建築構造技術である。
	②実用性	高軸力を伴う曲げせん断応力の生じる柱部材に有効であり、RC 造系の高層、超高層の下層階柱、重量物を収納する物流倉庫の柱、及びロングスパンのプレストレストコンクリート構造の柱等、実用性は多い。
	③実現可能性	X 形配筋構法、CFT 構法とも、その技術単体はすでに実用されている技術である。実験的検討を経て、設計式、施工指針を含む技術認定を取得できれば即実現は可能である。
	④建築や社会に対するインパクト	RC 造系柱部材の終局時のコンクリート部分の曲げ圧縮破壊を回避できる（被りコンクリートの剥落も）ことは大地震による災害後の建築空間としてのダメージを少なくすることになる。

提案ポイントについて

- ①新規性：「従来の建築・住宅技術」に対する新規性について述べて下さい。
- ②実用性：研究開発の成果が、学術研究や情報の蓄積や整理の範囲にとどまらず、都市・建築空間で実地に用いる、あるいは実際に役立つ点を述べて下さい。
- ③実現可能性：研究開発の目標が、開発に関わる理論や知識と情報、組織や体制、資金などの面から、達成される見込み・見通しを述べて下さい。
- ④建築や社会に対するインパクト
：生活や産業経済、建築空間に対する影響など、研究開発目標が達成され、成果を実用化した場合の建築や社会に対するインパクトについて述べて下さい。

注：こちらにご記入頂いた内容も審査の対象となります。

提案ポイント項目は審査評価基準に基づきます。

- ③ ニュージーランドの研究者は（図４）に示すように、引張力を受ける X 形主筋には引張力 T が、圧縮力を受ける一方の主筋には圧縮力 C が生じていて、夫々の力の鉛直成分が材端に作用し、それがせん断力 Q に釣り合うせん断機構であるとしている。
- 単純な次式で表している $Q = T \sin \theta + C \sin \theta$ θ : X 形主筋が材軸となす角度
- ④ そのような梁への提案に対して、故若林京大元教授、南大工大助教授（当時；現福山大教授）は柱への採用を目的に 1977 年から、多くの実験的研究を行っている。
- ⑤ その後、本提案者も含めて、多くの実務家が参加し、力学的性状の把握、設計法の確立、施工法の検討などを加え、設計指針としてまとめるとともに、実施設計し実用化してきた。
- ⑥ 主筋がせん断応力に有効に働くとは言え、大地震を想定した高応力での繰り返し実験の結果は部材両端が曲げ圧縮降伏するまでせん断破壊をさせないためには、RC 部材であることから、ある程度密にせん断補強筋を配する必要があることも判っている。
- ⑦ 日本建築学会では 2009 年度事業で「鉄筋コンクリート X 形配筋部材設計施工指針・同解説」が発行されることになり、そこで部材設計法が示されるので X 形配筋の普及が期待される。

【CFT 柱の技術的背景】

一方、CFT 構造は、鋼管柱の内部にコンクリートを充填した構造のことである。充填したコンクリートによって、鋼管の弱点である座屈を防ぎ、また鋼管によってコンクリートを拘束することで、両材料の相互作用によりバランスよく耐力を発揮する柱部材となる。

技術的背景としては

- ① 1990 年に国（当時建設省）により実施された新都市ハウジング技術提案募集がきっかけで、鋼管にコンクリートを充填した構造を提案した企業（5 社）により研究開発されたのがきっかけである。
- ② 力学機構としては S 構造であり、曲げ耐力、せん断耐力とも鋼管が負担する。

アイデアの新規性

既往の CFT 柱は鋼管の座屈現象を遅らせ、コンクリートと一体になって高軸力対応を可能にさせた力学機構であるが本提案は X 形配筋のコンクリート部分を拘束させて、コンクリートの高軸力対応を図ろうとするものである。

曲げに対する力学機構としては X 形配筋機構に準じるが、柱部材の降伏以降もコンクリートの全断面を拘束させること（新規性）が可能となり、X 形配筋柱の終局時の構造特性をさらに向上させる（新規性）ことが可能になると考える。

S 造の鋼管に平行配筋した鉄筋挿入の CFT 構造はすでに提案されているが、その構造での鉄筋は二次的な効果を期待するものであるのに対して、本提案は X 形に配筋した鉄筋が主体である。

アイデア実現のための検討課題

本提案は、「X 形配筋構法」と「CFT 構法」を合体させたハイブリッド構造（構造特性上の新規性）であり、実現性にはほとんど問題はない。むしろ、X 形配筋は付着破壊の心配がないので高強度鉄筋を採用する（新規性）ことも含めて、大臣認定の取得が実現のための第一関門となる。本提案内容による構造部材の構造実験は行われていないため、構造実験による構造特性の確認（検討課題）が不可欠である。

実用化の対象建築

高軸力下での靱性向上が「X 形配筋柱部材」よりさらに向上が図れると考えられることから、「X-CFT 柱部材」は RC 造系の超高層建物の下層階柱や、積載荷重の大きい物流倉庫建築の柱、鉛直荷重が卓越する長スパンのプレストレストコンクリート構造の柱等、その応用範囲は広い。

検討体制

開発体制としては、学識経験者（学会会員）、総合建設業、建築設計事務所、建材メーカー（鋼メーカー、鉄筋メーカー）、公的機関の研究所等の参加したプロジェクトの体制が望まれる。まずは、研究会を設立し、既往の「X 形配筋構法」と「CFT 構法」の緒実験から本提案構法でのシミュレーション的検討による可能性を把握の後、有志会員による共同研究開発（構造実験）へと発展させたい。

アイデアの概要と提案の背景

【提案アイデアの概要】

本提案は、柱主筋の一部または全てを材軸に対して対角線方向に交差（X 形に）させる X 形配筋柱と、柱部材の外周に鋼管を配してコンクリートを充填（CFT 造）して複合させた柱部材（X-CFT）の実用化開発である。CFT 部分には曲げ耐力の負担はさせずコンクリートの拘束のみが働き、曲げ耐力負担は X 形配筋で負担させるディテール（機構）とする。CFT 部分は純拘束となるので高軸力対応が可能となる。提案の概要を以下に示す

- ① X-CFT 柱は床天端から梁下までの純柱部分（パネルゾーンを除く部分）に鋼管を配置し、X 形組み立て鉄筋を挿入して、コンクリートを充填して構築する柱部材（図 1）のことを称する。
- ② 鋼管は柱頭、柱脚とも曲げ負担はせず、100%コンクリートの拘束に働く。コンクリートの見かけ圧縮耐力が大幅に向上することになり、終局耐力の向上が期待できる。
- ③ 被りコンクリートの部分までの全断面を拘束するため、X 形柱主筋の座屈を生じさせないだけでなく、終局時にも全断面の維持が図れ RC 部材特有の最大耐力時以降の耐力ダウン傾向の抑制が可能となる。
- ④ 変形による二次曲げ応力以外は鋼管に地震時曲げ応力は生ぜず。曲げ耐力は 100% X 形配筋。
- ⑤ X 形主筋でせん断耐力を負担するが鋼管もせん断力を負担し、より一層、靱性の向上が期待。
- ⑥ X 形主筋は断面の中央部に向けて配置するため、主筋による付着破壊は生じない。
- ⑦ X 形主筋には引張応力と圧縮応力のみが働くと考えればよく、付着機構は不要なため主筋強度は高強度なほど効果を発揮すると考えられる。本提案では 785N/mm² や 1275N/mm² の高強度鉄筋を主筋に使用することも配慮する。
- ⑧ 高強度鉄筋を採用することにより、過密配筋が避けられるとともに、コストダウンが図れる。

図 1 X-CFT 柱

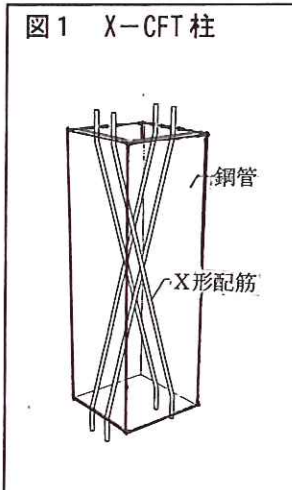


図 2 X 形配筋柱

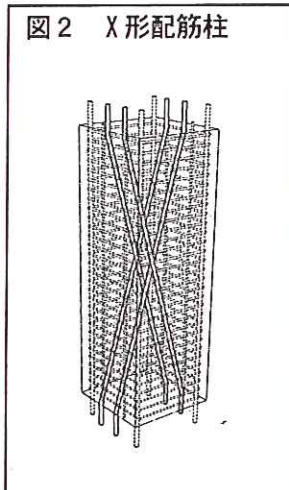


図 4 X 形配筋の力の釣り合い（梁のケース）

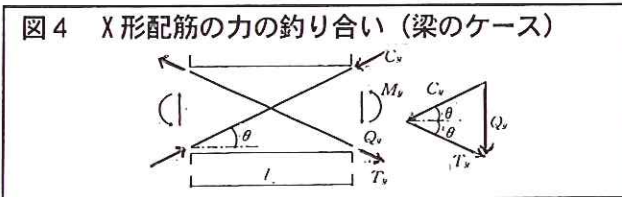
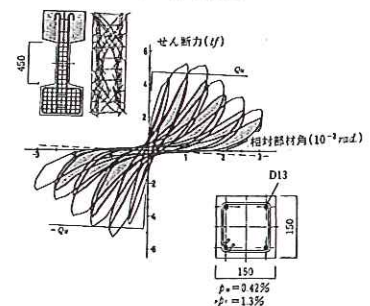


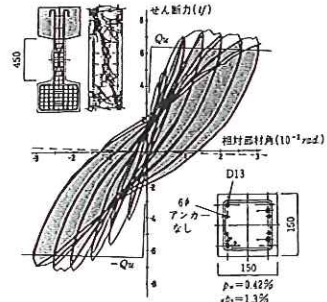
図 3 平行配筋と X 形配筋の特性比較

同じ量の主筋とせん断補強筋で実験した
平行配筋と X 形配筋の構造特性

平行配筋



X 形配筋



【X 形配筋柱の技術的背景】

RC 造の柱の主筋は、外周に沿って柱軸に平行に配筋する（以後平行配筋と称する）のに対して、柱軸に対して対角線方向に交差させた配筋は真横から見て筋交いのように見えることから X 形配筋（図 2）と称している。X 形に配筋された柱部材の構造特性は、平行配筋された柱部材に比較して優れることが実験的に確認され、建築学会にも報告されている（図 3；本提案者も実験済）。その技術的背景を列記すると、

- ① 平行配筋では、その主筋は曲げ応力に対してだけに効くのに対して、X 形配筋の主筋は筋交い効果が作用してせん断力にも効果を発揮する。したがって X 形配筋の主筋はせん断力に有効に働く（主筋がせん断補強筋を兼ねる）ことになる
- ② X 形配筋は 1971 年に、ニュージーランドの研究者が梁に採用し、梁のせん断抵抗機構を提案したもので、その歴史は古いものである。