

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 中高層建築物の大幅な重量軽減を目的としたプレストレスト集成材床スラブシステムの技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>これまで一部の小規模建築物にしか用いられてこなかった木造スラブを一般化し、大型の事務所建築や集合住宅で使用可能な超軽量のプレストレスト集成材床スラブシステムを開発した。床スラブシステムの構造性能や耐火性を改善し、木造はもちろん鋼構造・鉄筋コンクリート造など広範囲な構造躯体で使用できるように工夫した。特に、大スパン構造の長期床荷重を支持可能な床スラブシステムを、集成材とプレストレス技術を組合わせて実現したことは画期的と考えられる。</p> <p>研究の成果は、建物の力学的特性の向上、地球環境への負荷低減、RC造やS造の高層大型な広範囲な建物への応用など多岐に渡るものであるが、現状はこの構法を設計で自由に使用するための法的整備が十分でない。そこで、この構法を実用化するには、公的機関の認定を受ける必要がある。</p> <p>(2) 実施期間 (平成21年度～平成23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 39,881千円 補助金の額 19,805千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>田中 仁史 (京都大学防災研究所 教授) 西山 峰広 (京都大学工学研究科 教授) 河野 進 (東京工業大学応用セラミックス研究所 教授) 渡邊 史夫 (㈱竹中工務店 技術顧問)</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>発表した論文</p> <ol style="list-style-type: none">1. Kono S., Sakashita M., Fujioka M., Maeda K., Tanaka H., Kusunoki T., Kimura H., Watanabe F.: A Green New Deal Building System with Prestressed Glue-Laminated Timber Slabs, The International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Aug 18- 21, Kyoto, Japan, Paper M2-92, 2013.2. 前田和沙, 藤岡将利, 河野進, 坂下雅信, 田中仁史 他3名: 実大プレストレスト集成材梁のクリープ挙動に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, C2, pp. 209-210, 2012.3. 田中仁史, 張拓, 河野進, 渡邊史夫, 楠寿博, 木村秀樹: 車知を用いた集成材間のせん断滑り防止に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, C2, pp. 507-510, 2012.4. 藤岡将利, 河野進, 坂下雅信, 田中仁史, 楠 寿博, 木村秀樹: 実大プレストレスト集成材梁のせん断挙動に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, C2, pp. 273-274, 2011.5. 藤岡将利, 河野進, 坂下雅信, 田中仁史, 楠寿博, 木村秀樹: 実大プレストレスト集成材梁の曲げ挙動に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, C2, pp. 63-64, 2010.	

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

床スラブは、鋼や鉄筋コンクリートで小梁を作り、コンクリートスラブを打設して製作することが一般的であり、木質材料を用いた床スラブは小規模建築物にしか用いられていない。本申請では、比重がコンクリートの1/4程度である集成材を使用して超軽量床スラブシステムを構築し、建物重量を大きく低減することで、大型の事務所建物および集合住宅の耐震性を向上させることが特徴である。

また、大型建築物の床スラブで大量に使用されるコンクリートに代わって集成材を使用することで、地球温暖化対策にも大きく貢献できる。環境にやさしい材料を積極的に都市の大型建築物に取り入れること、森林産業の育成に貢献することの2点で先導的性格を本提案は有している。

(2) 技術開発の効率性

本開発研究では、実物大の試験体を用いて数多くの実験を行い、提案スラブシステムの構造性能を検証した。具体的には、10m スパン曲げ試験体7体、4m スパンせん断試験体3体、ダボを用いたせん断試験体24体である。うち1体は、クリープ実験であり、現在も継続载荷している。これらの貴重なデータ収集を、3年間・約40百万円で行ったことは、本開発研究の高い効率性の一端を示す。これらは、竹中工務店で集成材に関する基礎研究があったこと、既存の集成材工場を使って試験体が製作できたこと、京都大学の既存大型実験施設を用いることができたこと、実験準備や载荷・計測には大学院生の安価な労働力が使えたことなど、本研究体制が健全で、計画が適切であったためと考えられる。

(3) 実用化・市場化の状況

大型建築物で一般的に使われている鋼構造や鉄筋コンクリート構造の枠組みを外れない限り、耐震性能や環境問題に大きな問題解決の糸口は見出せない。そこで、耐震性能向上と環境問題の解決の糸口としてのプレストレスト集成材床スラブシステムの問題点として、プレストレス力によるたわみ制御、耐火性などを、本開発研究で解決した。この結果、架構を構成する耐震構造部材の数や寸法を大幅に低減・使用材料を減少させる基礎データを収集し、より耐震性に優れかつ経済的な建物建設の可能性を現実のものとした。研究の成果は、建物の力学的特性の向上、地球環境への負荷低減、RC造やS造の高層大型な広範囲な建物への応用など多岐に渡るものであるが、現状はこの構法を設計で自由に使用するための法的整備が十分でない。そこで、この構法を実用化するには、公的機関の認定を受ける必要がある。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

当初の開発研究の目的は、①プレストレスト集成材床スラブシステムの鉛直力支持性能を向上、②面内剛性の定量化を図り、剛床仮定の妥当性について検証、③床スラブの耐火性確認、④製作方法と耐震設計法の構築、の4つであった。①②については、実寸法の試験体を使って部材の曲げ・せん断性状やダボによる部材間でのせん断性能を確認した。③については、竹中工務店が開発した耐火集成材の適用性確認やRC床燃えどまり層の提案をした。④については、既存の集成材製作施設を用いた製作法を構築し、建築学会の木質構造設計規準の適用性確認・終局限界状態での耐力と変形予測を行うことで、ほぼ予定通りの目標を達成した。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

比重がコンクリート（比重2.3）の1/4程度である集成材を使用して超軽量床スラブシステムを構築し、建物重量を大きく低減することで、大型の事務所建物および集合住宅の耐震性を向上させる基礎を構築したこと、集成材とプレストレス力を組み合わせることでスラブの構造性能を格段に向上させることができたことである。

・残された課題

提案スラブを用いた場合には、建物設計で一般に用いられている剛床仮定は成立しない。そこで、建物の設計では、剛床仮定を用いることなく架構の数値モデルを精度よく3次元で行うことなどが重要になる。ただし、計算技術の進歩により、これらの問題は容易に解決できる。

現在の課題は、本構法を設計で使用するための法的整備が十分でなく、この構法を実用化するには公的機関の認定を受ける必要があることである。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

公的機関認定に向けた取り組み

本構法を実務で使用するための法整備を行うことは現実的でないため、ひとまずは本構法または本構法を用いた建築物に対する公的機関の認定をとることが、実用化への課題となる。そのためには、耐震性能、長期性状、耐久性、耐火性などの項目についての性能を証明する必要がある。

- 耐震性能は、単純支持形式としたことで、鉛直方向の慣性力以外の地震力が作用せず課題はない。
- 長期性状については、今回の載荷実験で長期床荷重を支持できることが確認された。
- クリープ性状については、載荷約1年経過時点での相対クリープ（＝全たわみ/初期たわみ）は約1.3であるが、グラフの推移から今後顕著なたわみの増加は生じないと推測される。本年末には載荷期間が3年となり、クリープ性状の評価（クリープ変形推定式の作成）が終了するが、大スパン梁で最も重要な課題であるたわみの問題に対して、有利な特性を有することが明らかになると予測される。
- 耐久性は、室内使用を前提としているので、通常の木造と同じ取扱いが可能である。耐火性については、竹中工務店の耐火集成材の技術適用よりも、スラブ下側に耐火ボードを貼ったり、数階おきにコンクリートスラブの燃えどまり層を作ることで問題解決を図りたい。また、T型スラブの端部には、PC鋼棒が露出している。これについても、耐火対策を施す必要がある。

建築意匠との調整

本構法を使用するためには、建築意匠との調整が必要となる。通常コンクリートスラブと比較すると、防音性・防振性については本構法のみでは性能が劣ることは否定しがたいが、これらの弱点については、今後国内での普及が期待されているCLT（直交集成板）との併用で解決できる可能性があると考えられる。本構法を単独で適用する場合は、適用対象の建築物をある程度限定し、意匠や設備との調整を図ることが必要になる。

しかし、化粧材としてではなく、スラブ自体に木を用いたときの心地よさはコンクリートや鋼製では決して得ることができない。できれば、木をスラブ上面か下面に露出させれば、この心地よさはさらに大きくなる。本構法の特質を十分理解して、建築物の中で使用する努力をすることが大切である。