

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発 ・ 住宅等の安全性の向上に資する技術開発 以上の中から選択してください。	課題名 ビル建築の耐震性と施工性の向上に資する鋼・ALC 複合型軽量床版の開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 本事業では、ビル建築の軽量化により耐震性と施工性を向上させることを目的として、軽量性と耐火性に優れたALCパネルの上下両面に薄鋼板を接合した「鋼・ALCサンドイッチ床版」を提案すると共に、主に実験的検討を行い基本的な構造特性を明らかにしたものである。技術開発の内容と成果の概要を以下に記す。 1) ALCパネルを基材とする軽量床版部材の開発 ALCパネルと薄鋼板との一体化の方法に関して、これまでに試みた有機系接着剤（エポキシ樹脂系）に加え、無機系接着剤、ねじ・ボルト等のメカニカルな方法の可能性も検討した。しかしながら、接着強度の確保、ALC工場における制約・生産性、コスト等の面から、現状案の有機系接着剤を用いる方法が現実的であるとの結論に至った。ただし、これまでに用いたエポキシ樹脂系接着剤（ヤング率：2,000MPa程度、引張りせん断強度：20MPa程度）は非常に高価であったため、より安価な製品を調査すると共に、接着剤をパラメータとした要素実験、並びに解析的検討を行い、これまでよりヤング率や強度は小さいが（ヤング率：170MPa程度、引張りせん断強度：10MPa程度）、安価な（以前に使用していた製品の半額程度）エポキシ樹脂系接着剤でも、適用可能であることを明らかにした。 2) 軽量床版部材の接合部の開発 一般のALCパネル床版は、梁上に単純に置いて目地部をモルタルで埋める工法が用いられ（敷設筋工法）、地震時に生じる面内せん断力は別に設けた面内ブレースによって処理されている。一方、本開発で提案している鋼・ALCサンドイッチ床版では、ALC表面の薄鋼板を梁材との接合部材として利用し、面内せん断力を負担させる方法も考えられる。本開発では、デッキプレート合成床版を参考に、下面鋼板と鉄骨梁フランジを焼抜き栓溶接で接合し、後打ちモルタルで床版端部と隣接床版間を充填する方法について試験体の試作、並びに面内せん断実験を行った。同実験結果から、施工性と床版の面内剛性、耐力、並びに破壊形式等の基本的な構造特性を把握した。 3) 軽量床版部材の耐火性能の評価 建築基準法における耐火建築物の場合、床版部材は最上階から数えて4層以内で1時間、それ以上では2時間の耐火性能が求められる。鋼・ALCサンドイッチ床版の場合、ALCパネル自体に問題はないが、耐火被覆のない薄鋼板を有機系接着剤で接着しているため、床版システム全体としての耐火性を確認しておく必要がある。従って、本開発では一般のALCパネル床版（鋼板なし）と併せて、鋼・ALCサンドイッチ床版に対して2時間の載荷加熱実験を行い、基本的な耐火性能を確認した。さらに加えて、2時間の加熱実験を経験した各試験体の構造特性を把握するため、非加熱の試験体と共に曲げ実験を行い、鋼・ALCサンドイッチ床版が火災を受けた場合も、構造材としての安全性に問題のないことを確認した。 (2) 実施期間 (平成22年度～平成22年度) (3) 技術開発に係った経費 (技術開発に係った経費 5,000千円 補助金の額 2,500千円)	

(4) 技術開発の構成員

株式会社竹中工務店（技術研究所 岡日出夫）

国立大学法人豊橋技術科学大学（建築・都市システム学系・教授 山田聖志）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

<取得した特許>

なし

<出願した特許>

1. 発明の名称：床構造（平成 22 年 12 月 9 日出願）

<発表した論文>

1. 平成 23 年 8 月、日本建築学会大会学術講演梗概集（岡、水島、五十嵐、山田）、「軽量材料をコア材とするサンドイッチ構造床版（その 5）～（その 7）」
2. 平成 23 年 10 月、日本建築学会技術報告集（岡、山田、水島、五十嵐）、「ALC パネルを芯材とする鋼板接着サンドイッチ床版の載荷加熱実験と加熱後の構造特性」
3. 平成 23 年 11 月、土木学会・日本建築学会共催、第 9 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム（岡、水島、菅田、五十嵐、山田）、「ALC パネルに鋼板を接着したサンドイッチ構造床版の面内せん断特性」

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

これまでにも建築用床版の軽量化を目的とした研究事例は見られたが、軽量化と床版に求められる諸性能（耐火、音、施工性等）は相反する性質が強く、一方ではコンクリートよりコスト競争力の優れた材料を見出すことも困難なため、（超）軽量床版はほとんど普及していない。こうした状況を鑑み、本開発では性能とコストのバランスが比較的取れている ALC パネルに着目した。ALC パネルは床材として利用される頻度は非常に少なく（大半は壁材で、床材用途は全生産量の 2 割弱）、特にビル建築用の床としては全く顧みられていないことから、実用化によって新市場の創出が期待される。また、ALC パネルと異種材料（本開発では薄鋼板）との複合化に関する研究はこれまで見られなかったため、「鋼・ALC サンドイッチ床版」における技術開発成果の先導性は高いと考える。

(2) 技術開発の効率性

事業者の(株)竹中工務店は、技術研究所内に十分な人員、実験施設、予算を有し、また、これまでも多くの助成事業を経験しているため、費用管理を含めた社内サポート体制は万全であった。もう一方の構成員である豊橋技術科学大学・構造工学研究室についても、本課題に関わる複合構造についての豊富な研究実績があり、両者間の協力・分担体制の下、開発は順調に進めることができた。さらに ALC メーカー、及び接着剤メーカーから試験体製作に関して全面的な協力を得られたことが大きく、効率性の高い開発を行うことができた。

(3) 実用化・市場化の状況

今後、鋼・ALC サンドイッチ床版の実用化を図る上で課題となるのは、コスト競争力と法規上の制約であると言える。コストについては、鉄骨造を中心に最も普及しているデッキプレート合成床版等が比較の対象になるが、現状ではまだ割高であり、ALC 工場における製造ライン整備を含む量産化の工夫が必要である。一方の法規制上の課題として、指定建築材料ではない有機系接着剤

の使用があるが、まずは接着剤に対して比較的制約の小さい既存建物の耐震改修工事や、木造建築での適用実績を増やしていく方向が現実的であると考えている。

市場性については、軽量床版は汎用性の高い技術であり、遮音性能が厳しい集合住宅やホテル等を除けば、建種・構造種別を問わず多くの建物に適用可能であるため、比較的広い市場を想定できる。特に、全躯体重量に対する床版の重量比率が大きくなる（超）高層建物や、杭・基礎工事費のかさむ軟弱地盤地域の建物では強いニーズが存在している。またリニューアル工事の増加を背景として、軽量性を生かした増床工事や耐震改修工事への応用も考えられる。

（４）技術開発の完成度、目標達成度

本事業における３つの課題（１．技術開発のあらまし（１）概要参照）については、概ね当初計画通り実施し、接着剤のコストダウン、及び鋼・ALCサンドイッチ床版の面内せん断特性と耐火特性を把握することができた。技術的な完成度として、同床版の耐火性能に問題のないことが確認できた点が成果としては大きい（発表した論文１、２参照）。一方、面内せん断特性については、実建物で求められる剛性が十分とは言えないため（発表した論文１、３参照）、さらなる改良研究が必要である。ただし、面内ブレースを用いる在来の敷設筋工法を踏襲すれば、現状でも本床版の適用は可能であると言える。

（５）技術開発に関する結果

・成功点

本技術開発のポイントとしては、これまでビル建築用の床材として使用されていないALCパネルに着目した点であり、また薄鋼板との複合化による新しい軽量床版システムを提案したことである。サンドイッチ構造としての力学的優位性、及びALCに由来する耐火性に加え、既存ALCパネルを用いた単純な部材構成であることから、容易に製造できるメリットも大きいと言える。

・残された課題

面内せん断実験の結果より、下面鋼板と梁材を溶接接合した本床版システムにおいても十分な面内せん断性能（剛床仮定の成立）を確保することは難しいため、さらなる検討が必要である。また、上述の通り、実用化を図る上でコスト競争力と法規上の制約が課題であり、特にコスト削減の観点から、量産化の手法を確立することが不可欠である。

3. 対応方針

（１）今後の見通し

鋼・ALCサンドイッチ床版は、構造と耐火の両面において成立する部材であり、技術的には直ちに適用可能なものである。しかしながら、上述の通り、コストダウンのための量産化手法の確立や法規上の制約に対する課題があり、これらについては材料メーカーを含め引き続き検討を行う。また、本開発では軽量化を第一の目標としてサンドイッチ構造を対象に検討を行ったが、多少の重量増加を伴っても環境性能の改善や施工性の向上に対して著しい効果が見込める場合には、柔軟に構造システムを更改する視点も必要であり、今後、構造システム改良についても併せて検討を行う。