

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 新築および既築改修を対象とした低コスト普及型断熱工法の開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 現在の住宅における断熱・防露施工方法は、結露被害が多かった北海道などの寒冷地において経験的に定められた施工方法を温暖地に準用したため、低コスト化および施工簡略化が困難であり、省エネ住宅普及のための障害となっている。そこで、本技術開発では住宅の建設戸数が多く気密や結露防止に対する要件の緩和が見込める温暖地の新築および既築住宅を対象に、要求性能を定量的に見直し、普及型の断熱工法開発に資する判断基準の技術資料を整備した。成果の概要を以下に示す。 ①木造住宅に対する成果 1) 小屋裏に要求される防露性能の定量化 小屋裏での結露発生要因を整理し、天井面の気密性能や小屋裏換気口面積を勘案した評価指標となる「透湿抵抗比」を提案し、地域毎の要求性能を提示した。小屋裏における結露防止には天井の気密化が不可欠であり、気密性能が担保されれば温暖地では防湿層の性能を大幅に緩和しうることを示した。 2) 外壁の断熱・防露性能確保のための要求性能と仕様の明示 これまで仕様のみで定義されてきた外壁取合い部の防湿・気密に関する性能を把握し、断熱性能を確保するために必要な気流止めの要求性能を提示した。また、近年採用されている剛床や気流止め専用部材の適用地域や、結露防止に必要な仕様を提示した。 ②RC造に対する成果 1) RC造の熱橋対策の簡素化 RC造建物の熱橋部分を類型化し、熱橋の表面結露防止に要求される断熱補強の緩和策を提案した。特に、煩雑となる玄関周りの断熱施工は温暖地において不要で、熱損失係数への影響もほとんど生じないことを確認し、適用地域を判断するための技術資料を整備した。 2) RC屋根外断熱工法の提案 屋根仕上げ材からの漏水が生じても長期的な断熱性能を確保できる RC 屋根外断熱工法を提案し、実験室及び屋外において性能を検証した。シーリング部分の劣化によって断熱材への水分蓄積が生じる従来の仕様に比べ、脱気口と中空層の付加により排湿性能を備えた本工法が、長期に亘り断熱性能を維持できることを検証した。 (2) 実施期間 平成 18 年度～20 年度 (3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 98,696 千円 補助金の額 48,438 千円 (4) 技術開発の構成員 独立行政法人建築研究所（環境研究グループ 三浦尚志、桑沢保夫、齋藤宏昭） 硝子繊維協会会社（会長 北村忠則） 透湿外断熱システム協議会（MIC）（事務局 堀越寛満） 発泡プラスチック断熱材外張断熱協会（COA）（事務局 小林浩二） ネダフォーム会（事務局・技術担当 鍵谷 勝）	

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許
なし

発表した論文

1. 平成 20 年 9 月 日本建築学会大会学術講演梗概集
(岩手県立大学盛岡短期大学部 准教授 本間義規)
タイトル: 小屋裏を対象とした防露性能評価手法の開発 その 1 熱・空気・湿気連成
シミュレーションに基づく小屋裏温湿度性状
2. 平成 20 年 9 月 日本建築学会大会学術講演梗概集
(株式会社ポラス暮らし科学研究所 松岡大介)
タイトル: 小屋裏を対象とした防露性能評価法の開発 その 2 実測調査に基づく湿気
性状分析
3. 平成 20 年 9 月 日本建築学会大会学術講演梗概集
(独立行政法人建築研究所 齋藤宏昭)
タイトル: 小屋裏を対象とした防露性能評価法の開発 (その 3) 湿害防止のための
透湿抵抗比の提案
4. 平成 20 年 9 月 日本建築学会大会学術講演梗概集 (株式会社 JSP 小浦孝次)
タイトル: 中空層を持つ屋上断熱防水工法に関する研究 (その 1) 長期実測による含
水劣化と断熱性能の検討
5. 平成 21 年 10 月 The 30th AIVC Conference in 2009
(独立行政法人建築研究所 齋藤宏昭)
タイトル: Requirements of Airtightness for Moisture Control in Attic based on Whole Building
HAM Model
6. 平成 22 年 2 月 日本建築学会技術報告集 (独立行政法人建築研究所 齋藤宏昭)
タイトル: 多数室シミュレーションによる気密性能を考慮した木造住宅の小屋裏防露性
能に関する検討 (投稿中)

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

本技術開発の先導性については、主に以下の 2 点である。

- ① 社会的背景により、今後省エネ住宅の新規着工及び改修工事が見込める温暖地に焦点を絞って、実際の建設現場で断熱化の足枷となっている防湿・気密や熱橋対策に対して定量的な検討を行った。
- ② これまで仕様のみで定義されていた断熱工法の細部の納まりを、実験と数値計算に基づいた必要性能を示すことにより、個々の企業が独自に工法開発に取り組める指針を提示した。

これまで、このような検討は大手の住宅メーカーやフランチャイズを展開する組織が、独自の仕様に対し検証を行うのみで情報は開示されていなかった。現在、本検討結果で得られた判断基準と例示仕様は、省エネルギー基準解説書作成に際し参考とされており、一般のビルダーに加え、材料や工法開発への波及効果が期待されている。

(2) 技術開発の完成度

小屋裏の防露性能[①、1])*、外皮の断熱性能確保のための要求性能[①、2])*、RC造の熱橋対策の簡素化[②、1])*に関しては、裏付けとなるデータを確保したうえ、判断基準や仕様を公的仕様書へ反映しており、普及型工法開発へ繋がる技術資料がほぼ整備されたと言える。また、RC屋根断熱工法[②、2])*に関しても、断熱材への水分蓄積が生じない工法の実証データを収集し技術的裏付けを得ており、当初予定していた技術開発はほぼ完了した。

*[]は「1. 技術開発のあらまし 1) 概要」に示した項目に対応する。

(3) 実用化・市場化の状況

実用化・市場化の状況については、本技術開発の知見を実務者向けマニュアルへ反映することによって、住宅市場における簡易工法の導入が展開されている。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

- ① これまで断熱・防露の観点から要求されていた仕様を、定量化し性能値に読み替えることにより、関連メーカーなどでの開発促進や設計の自由度を確保した。
- ② 業界団体との関係によって、施工現場で生じている問題点に関する情報を収集し、適応地域を限定することにより、施工費用が嵩む細部の納まりが大幅に簡素化できた。
- ③ 性能値を省エネ基準解説書などへ反映することにより、技術の普及に配慮した。

・残された課題

- ① RC屋根断熱工法の検証及び普及に繋がる実務者向け技術資料の作成
- ② 外部風及び屋根形状を考慮した小屋裏換気口の要求性能の検討

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

本技術開発では省エネ住宅の普及・促進に着目した判断基準と技術資料の整備を目指したが、これらは断熱材及び躯体の長期性能にも関連する内容であり、長期優良住宅や品確法の劣化等級等への反映が期待される。特に、現行の小屋裏換気に関する基準は、近年の住宅工法や居住環境（室内温湿度）に対応しておらず、本研究の知見を応用・発展させた判断基準の見直しも重要な課題に位置付けられる。今後は、本技術開発で得られた知見を省エネ、防露、耐久性等の横断的な評価指標構築に役立てる予定である。

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	課題名 屋上・壁面緑化によるヒートアイランド緩和効果に関する評価技術の開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 微気象観測と併用して画像解析、近赤外分光法、気球センシングにより植生のバイオマス量・水分量・活性度を定量的に測定・解析し、屋上・壁面緑化によるヒートアイランド緩和効果を評価する技術の開発を目的として、以下の細目について研究を行った。	
1) デジタル画像による植生のバイオマス量の評価 (平成 18 年度～19 年度) ヒートアイランド抑制効果において重要な植生のバイオマス量について、樹木を植栽した大規模屋上緑化建築物「アクロス福岡」を対象として、葉群の総面積(総葉面積)を非破壊評価する技術による植栽ガーデンの葉面積の計測を実施した。樹体形状を近似する 4 つの樹体形状モデルを作成し、魚眼レンズ装着デジタルカメラにより撮影された全天画像を解析することにより、葉面積密度を算出可能なことを確認し、屋上ガーデンの総葉面積量を評価した。さらに、福岡市街地の公園緑地についても植生量調査を同様に行い、葉面積指数を評価した。	
2) 近赤外分光法による植生の葉内水分量の評価 (平成 18 年度～19 年度) 近赤外分光による測定は、簡便、迅速のため可搬型近赤外分光装置の開発により、屋上・壁面緑化用植物の水分状態の把握が簡便になる。装置は光源としてハロゲンランプを使用し、分光器により単色光として試料に照射し、その反射光を検知器により検出する。回折格子はパルスモータにより角度を可変し、波長制御を行う。また、2 つの検知器(PbS と InGaAs)を同時に使用して、信号の安定度を向上するとともに、1.2 μ m～2.5 μ m という広い波長範囲の測定も可能とした。試作した装置の性能試験として、葉内水分ポテンシャル (LWP) および葉内水分量の測定を行った。カンキツ葉を供試体として、PLS 解析による検量線性能を検討したところ、開発した装置は実用上十分な性能であることが実証された。	
3) 気球センシングによる植生活性度の評価 (平成 18 年度～19 年度) 気球空撮による植生活性度の評価法を、アクロス植栽ガーデンの植生に対して適用する予定であったが、福岡市街地の航空法規制により気球係留の許可が下りなかった。代替案として済生会福岡病院 14 階のテラスより気球空撮と同様の撮影をおこなった。植栽ガーデンの樹木とコンクリート面では表面温度に 10 $^{\circ}$ C 程度の差があり、また正規化植生指数(NDVI)画像よりガーデンのフロアごとの植生の活性度を面的に評価することが可能であった。	
4) 微気象観測に基づく植生のヒートアイランド緩和効果の評価 (平成 18 年度～20 年度) ヒートアイランド緩和効果評価用の微気象観測システム (マルチステーション) を開発した。現場設備とセンター設備の間のデータ伝送回線には DoPa 網を使用して、山口大学から Web ブラウザ画面上で処理データを表示可能とした。平成 20 年夏季の観測では、福岡市中心街の屋上緑化を施工した大型建造物 (アクロス福岡) の屋上への設置に加えて、建物南側のステップガーデン 8 階植栽部において、改良型マルチステーションの運用試験兼観測を実施した。ステップガーデンはアクロス福岡南側の樹木を中心とした植栽地であり、群落高 3.5m で観測条件が屋上と比較して困難であったが、屋上、8 階植栽部のいずれにおいてもマルチステーションは予定通りの動作を示し、得られた観測データより熱収支解析を行うことが可能となった。	
5) 屋上・壁面緑化によるヒートアイランド緩和効果に関する評価技術の開発 (平成 20 年度) 細目 1) から 4) までの技術開発成果を取り纏め、以下を実施した。①ヒートアイランドの要因である建造物の蓄熱について、屋上緑化大型建造物、非緑化建造物、壁面緑化建造物の 3 種類の建物壁体への蓄熱量の定量評価を行った。②屋上緑化大型建造物の有する気化潜熱によるヒートアイランド緩和効果の定量評価法を考案した。③福岡市市街地に点在する緑地について、植生量と昇温抑制効果の関係の評価法を考案した。④ 4 階建てビルに壁面緑化を施工し、前面の街路樹を含めた日傘効果の定量評価法を考案した。⑤壁面緑化の日傘効果により得られた建物内の暑熱緩和効果について、定量評価法を考案した。⑥街区ヒートアイランド監視移動観測車を試作し観測を行った。	

(2) 実施期間

平成 18～20 年度

(3) 技術開発に係った経費

技術開発に係った経費 57,857 千円 補助金の額 28,200 千円)

(4) 技術開発の構成員

国立大学法人山口大学 農学部生物資源環境科学科 山本晴彦研究室
株式会社相馬光学
株式会社池田計器製作所

(5) 取得した特許及び発表した論文等

発表した論文

1. 平成 19 年 12 月、日本農業気象学会「中国・四国の農業気象、No.20、60-63」(山口大学農学部 高山 成・山本晴彦・岩谷 潔・鳥取大学大学院連合農学研究科 原田陽子・山口大学大学院農学研究科 東山真理子・土谷安司・兼石篤志・白水隆之):作用温度指標を用いたヒートアイランド強度の評価ー植栽テラスガーデンを含めた福岡市中心街における 2007 年夏の観測結果ー
2. 平成 20 年 9 月、日本農業気象学会「農業気象、Vol.61、No.4、257-270」(山口大学農学部 高山 成・山本晴彦・岩谷 潔・鳥取大学大学院連合農学研究科 王斐・原田陽子・山口大学大学院農学研究科 東山真理子・土谷安司・兼石篤志・白水隆之):都市域における大規模な屋上緑化物によるヒートアイランド緩和効果および人体暑熱ストレス軽減効果の定量的評価
3. 平成 20 年 9 月、国際生気象学会議「18th International Congress of Biometeorology ICB2008、pp.4」(山口大学農学部 高山 成・岩谷潔・山本晴彦・鳥取大学大学院連合農学研究科 王斐・原田陽子・山口大学大学院農学研究科 東山真理子・兼石篤志・土谷安司・白水隆之):Evaluation of Cooling Effect by Building Planting in Urban Area from the Viewpoint of Comfortable of Human Activity
4. 平成 20 年 12 月、日本農業気象学会「中国・四国の農業気象、No.21、104-107」(山口大学農学部 飯島詩絵・高山 成・山本晴彦・岩谷 潔・鳥取大学大学院連合農学研究科 原田陽子・王斐・山口大学大学院農学研究科 土谷安司・兼石篤志):建物壁面に設置した緑のカーテンの日傘効果による暑熱緩和機能の評価
5. 平成 20 年 12 月、日本農業気象学会「中国・四国の農業気象、No.21、108-111」(山口大学農学部 坂口かおる・高山 成・山本晴彦・岩谷 潔・鳥取大学大学院連合農学研究科 原田陽子・王斐・山口大学大学院農学研究科 土谷安司・兼石篤志):屋上・壁面緑化による被覆が大型建造物壁面の熱伝導および蓄熱に及ぼす影響

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

- ・今回開発した、ヒートアイランド緩和効果評価用の微気象観測システム「マルチステーション」は、群落高 3.5m の樹木に覆われた植栽部においても遠隔操作で熱環境のリアルタイムの監視が可能となった。
- ・デジタル画像による植生のバイオマス量の評価技術により、ある一定規模の緑地が存在する場合、LAI が大きいほどヒートアイランド緩和効果が高いことをはじめて確認した。
- ・今回開発した、可搬型近赤外光葉内水分ポテンシャル測定装置により、これまで試料数が膨大なため時間と手間がかかり全数測定が困難であった、葉内水分ポテンシャルの測定が、現場で簡便かつ迅速に行えるようになった。
- ・今回開発した、「暑熱ストレス指数」は人体熱収支モデルに基づいて、都市域における暑熱環境と植栽による緩和効果を定量的に評価可能とした。

(2) 技術開発の完成度

本補助対象技術開発における「都市域における大規模な屋上緑化物によるヒートアイランド緩和効果および人体暑熱ストレス軽減効果の定量的評価（高山・山本他、2008）」などの研究成果を活用して、平成 21 年度から新規の補助事業「雨水利用壁面緑化による暑熱環境の改善および省エネルギーの効果を定量化する熱・水収支的評価技術の開発」を遂行中である。この事業では、「緑のカーテンによる暑熱環境の改善および省エネルギー効果の定量化プログラム」のソフトウェア開発を、最終的な開発の目標としている。このソフトは、気象台などで定時に観測される一般気象データを使って、壁面緑化を任意の場所の建築物に施工した場合に得られる熱負荷やヒトへの熱ストレスを簡易に評価できる。平成 21 年度には日射熱負荷量の算定モデル構築などを行っている「蔓植物を使った夏季の壁面緑化による日傘効果とガラス窓日射熱負荷軽減量の算定（高山・吉越・山本他、2010 建築学会環境系論文集投稿中）」。

(3) 実用化・市場化の状況

- ・株式会社相馬光学では、可搬型近赤外光葉内水分ポテンシャル測定装置として開発した分光放射計を、太陽電池評価装置に改良しアプリケーションと共にカタログ製品として、販売開始している。1 台の価格は 420 万円であるが、既に 3 台ほどの販売実績を上げている。
- ・ヒートアイランド緩和効果評価用の微気象観測システム「マルチステーション」の現場テストの結果が良好であったため、株式会社池田計器製作所では、既に受注生産体制に入っている。通信方式は DoPa から FOMA 形式に変更した。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

従来、屋上緑化物の暑熱緩和効果の評価は、実験区を設けて地表面の熱収支を比較するといった研究的な事例解析が大部分であった。本補助対象技術開発では、マルチステーションより得られる微気象観測データと数値解析を併用して、都市域において実際の大規模屋上緑化表面における熱収支解析を行う手法を考案した。提案した方法により、大規模屋上緑化建築物「アクロス福岡」と非緑化建築物「福岡市役所」の比較評価を行い、屋上緑化による蓄熱および暑熱緩和効果について定量評価が可能であることを確認した。また、平成 19 年度には、人体熱収支に基づいて都市域のヒトが受ける熱負荷を基準に算定を行う暑熱ストレス指数を開発しており、地表面状態が複雑な都市域における屋上緑化物や壁面緑化など、従来の熱収支解析が困難な場合に有効であった。詳細については、既に関連論文、学会にて発表を行っている。

・残された課題

本助成対象事業における一連の研究により、屋上緑化が持つ建築物壁体への蓄熱量の軽減効果、都市域の屋外における日射環境および暑熱ストレスなどの定量評価手法を提案できた。しかし、屋上緑化より日射負荷軽減効果が大きく、近年急速に施工数が拡大している壁面緑化については、建築物内への熱負荷の軽減量を十分に評価できない問題点が残った。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

新規の事業「雨水利用壁面緑化による暑熱環境の改善および省エネルギーの効果を定量化する熱・水収支的評価技術の開発」では、壁面緑化された植生の夏季の暑熱環境の改善さらには省エネルギー効果を、今までの定性的ではなく定量的に、熱・水収支的評価技術により評価する技術を開発する。急速に普及している登はん型壁面緑化「緑のカーテン」について、緑化物の葉面積や活性度、導入した壁面の日射環境（位置、方位、前面の遮蔽物）、壁面の材質、灌水量等、植物・地形・建築・気象に関する諸条件を考慮した室内の暑熱環境の改善効果の評価が可能となる。こうした科学的な検証が、省エネルギー効果の定量診断および壁面緑化の導入による温室効果ガス削減量の算定を可能とするものと期待される。

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	課題名 次世代型ソーラー給湯システムに関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>地球温暖化対策のひとつである再生可能エネルギーの利用、とりわけ太陽エネルギーは無尽蔵でクリーンなエネルギーであり、世界的に普及拡大が進んでいる。従来太陽熱温水利用機器は、戸建住宅の屋根に集熱パネルを設置することを想定した機器であり、集合住宅の各戸に設置する機器は普及していないのが現状である。</p> <p>一方、都心の新築住宅の約6割は集合住宅であり、集合住宅用の太陽熱温水システムを開発することは、家庭用部門における省CO2を推進する上で重要である。</p> <p>そこで本研究は、主に集合住宅用太陽熱温水システムとしてバルコニー手すりに集熱パネルを設置する次世代ソーラー給湯システムの開発を行い、性能評価、商品化に向けた安全性や施工性の検証を行い、実用化に近い第2プロトタイプ機を完成した。</p> <p>(2) 実施期間 平成19～20年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 (技術開発に係った経費 26,860千円 補助金の額 12,800千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>独立行政法人建築研究所 坊垣和明 (客員研究員) 瀬戸裕直 (環境研究グループ) 三浦尚志 (環境研究グループ)</p> <p>東京ガス株式会社 永田敏博 (リビング技術サポート部 省エネルギー・新エネルギープロジェクトグループ) 矢作正博 (商品開発部 温水技術グループ) 伊東秀二 (商品開発部 温水技術グループ) 木村宗典 (設備エンジニアリング事業部 設備エンジニアリンググループ)</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>取得した特許 なし。</p> <p>発表した論文</p> <ol style="list-style-type: none">平成21年8月28日 日本建築学会 ((独)建築研究所 坊垣和明、東京ガス(株) 伊東秀二) タイトル: 次世代型ソーラー給湯システムに関する技術開発 1年間を通じた性能試験結果と手すり一体型ユニットの開発平成21年9月15日 空気調和・衛生工学会 ((独)建築研究所 坊垣和明、神戸芸術工科大学 小玉祐一郎、芝浦工業大学 工学部 秋元孝之教授、東京ガス(株) 伊東秀二) タイトル: 次世代型ソーラー給湯システムに関する技術開発 (第2報) システム性能評価と2次試作機について	

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

従来太陽熱温水システムは、戸建住宅の屋根に集熱パネルを設置することを想定した機器であり、集合住宅に設置することは難しい。集合住宅の場合は一屋上に集熱パネルを集中設置して住棟セントラル給湯システムにより各住戸に給湯を行なった事例もあるが、ほとんど普及していないのが現状である。

本システムは、集合住宅向け太陽熱温水システムとしては初めて商品化されたものであり、建築意匠性を考慮して各住戸のバルコニー手すりと集熱パネルを一体化した優れたデザインとなっており、貯湯タンクと補助熱源機を組合せることでコンパクト化を図り、今後集合住宅での普及拡大が十分期待されるものである。

(2) 技術開発の完成度

以下の試験・検証を通し商品化し、その完成度を確認した。

①性能試験

建築研究所での2㎡による約1年間の性能試験結果を以下に示す。

- ・性能試験の実施期間は、2008年2月から2009年1月にかけて延べ246日間。
 - ・1年間の集熱器の最大温度は55.1℃、貯湯タンクの最大温度は49.3℃まで上昇。
 - ・集熱効率（＝集熱器集熱量÷垂直面日射量）は年間平均38.8%。
 - ・負荷給湯流量は修正M1モードに従って制御した結果、太陽熱依存率（＝省エネルギー率）は年間平均で10.9%。
 - ・システムCOP（＝負荷熱量÷ガス消費量）は年間平均で0.97。
- 特に、休日外出小の負荷パターンではシステムCOPは年間平均で1.06。

負荷別の建研性能試験結果のまとめ [年間]

項目	負荷パターン						加重平均*1 (①～⑥)
	① 休日外出 小	② 休日外出 大	③ 平日小	④ 平日大	⑤ 休日在宅 小	⑥ 休日在宅 大	
試験日数 (日間)	41	38	39	44	43	41	246
外気温度 (℃)	13.9	13.6	14.6	14.4	14.8	14.2	14.3
給水温度 (℃)	15.8	15.3	16.5	16.3	16.3	15.9	16.0
給湯流量 (L/日)	252	393	407	497	573	673	466
傾斜面日射量 (kJ/㎡・日)	7,728	8,314	7,706	7,573	8,401	8,200	7,673
集熱量 (kJ/日)	6,272	6,910	6,162	6,261	7,330	7,033	6,318
太陽熱利用量 (kJ/日)	4,939	5,600	4,747	4,867	6,336	6,153	5,035
補助熱源機効率 (%)	85.5	87.7	85.4	86.6	88.1	88.8	87.0
集熱器最大温度 (℃)	53.7	52.8	55.1	53.3	52.6	51.7	55.1
貯湯槽最大温度 (℃)	46.1	46.6	49.3	46.1	40.7	40.4	49.3
最大集熱効率 (%)	49.9	51.1	50.1	50.4	51.4	52.5	52.5
平均集熱効率 (%)	38.3	39.2	37.7	39.0	41.2	40.5	38.8
平均有効集熱効率 (%)	30.1	31.8	29.1	30.3	35.6	35.4	31.0
太陽熱依存率 (%)	19.0	13.5	11.7	9.7	10.8	8.8	10.9
一次換算COP (-)	1.06	1.01	0.97	0.96	0.99	0.97	0.97

*1 負荷パターン別の月別日数を考慮して1月～12月の加重平均を算定

②手すりとしての安全性

本システムの集熱パネルはバルコニー手すりと一体となっていることから、(財)ベタリーピングの優良住宅部品性能試験方法（墜落防止手すり）を用いて試験を行い、集合住宅におけるバルコニー手すりの要求基準を満足することを確認した。

- ・水平荷重試験（295N/㎡で笠木および支柱に規定以上のたわみがないこと、735N/mの荷重を5回かけて破損しないこと）
- ・耐風性能試験（1950N/㎡で破損しないこと）

※集熱パネル前面のガラスは6mmの合わせガラスを使用し、万一破損した場合にでもガラス片が飛散することを防止している。

③設置、施工性

タンクユニットはバルコニーに設置するため、避難通路の確保や設置時の搬入を考慮して、400 mm×534 mm×1900 mmのコンパクト設計とした。

プロトタイプを東京ガスの千住実験棟に取付け、設置、施工性の検証を行った。

(3) 実用化・市場化の状況

補助対象技術開発による完成させた第2世代プロトタイプ機を、いくつかの展示会において展示し、主にマンションデベロッパーやゼネコンのサブユーザーを対象としたアンケート調査により、プロトタイプ機に対する意見、要望を集約した。

その結果、特に意匠性に対する要望が多かったため、太陽電池部の小型化や手すりのスリム化等の改良を行い、平成22年2月に商品化を行い発売した。

また、平成21年度第1回国土交通省住宅・建築物省CO2推進事業に採択され、横浜市の東京ガスの社宅（3階建て、全9戸）に設置し、実使用下での性能評価を現在行っている。

さらに、品川区の民間賃貸集合住宅での導入が決定しており、その他民間分譲集合住宅の導入についても、検討がなされている。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

- ①集合住宅に設置可能なバルコニー手すり一体型の集熱パネルとした。
- ②貯湯タンクと補助熱源機を一体化し、コンパクト化した。
- ③広く普及させることを目的に集熱パネルの設置角度を90度とした。

・残された課題

- ①集熱パネルの設置角度を可動式として、必要に応じて設置角度を変えることによりさらなる集熱効率の向上を図る。
- ②機器の小型化、軽量化
 - ・集熱パネルユニットは1ユニットで長さ約3.7mとなっているが、設置工事の際に搬入、取付けを考慮すると、分割して現場でも組立が可能なモジュールを検討する。
 - ・集熱パネルガラスは安全性を考慮して、6mmの合わせガラスとしたため重量が増加した。
 - ・貯湯ユニットの材質変更等（樹脂化）として軽量化を図る。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

本ソーラーシステムは主に新築集合住宅をターゲットとして開発されたものであるが、さらなる普及拡大のためには戸建住宅への適用や、既築集合住宅への適用も視野に入れ、軽量、小型化を行うとともに、給湯負荷に応じた最適な集熱パネルの大きさと貯湯タンクの容量の組合せを検証し、バリエーションの展開を図る。

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	課題名 快適性評価を取り入れた伝統的木造住宅の省エネルギー化に関する技術開発
------------------------------------	---

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

温暖地域を対象とした木材、土壁を多用した住宅試験棟（仕様2、仕様3）について、次世代省エネ基準仕様（設計施工指針・断熱材の熱抵抗の基準の仕様：仕様1）の試験棟をコントロールとして、温熱環境、換気量、気密性等の計測を行った。

（仕様2：土壁の真壁構造・外壁のみ断熱材を施工 仕様3：土壁の真壁構造・断熱なし）
結果、仕様2について、次世代省エネ基準（年間暖冷房負荷基準）をクリアーできる可能性が高いことが明らかとなった。また、実測値において、以下のようなことが明らかとなった。

- 仕様2は他の仕様と比較して最高室温、最低室温の幅が小さく、温熱環境が安定している。
- 仕様2の暖房負荷（エアコン）は仕様1の1.3倍程度、冷房負荷では1.1倍程度となった。また、暖房および冷房が必要な時・℃は仕様1と大きく変わらないことが確認できた。
- 仕様2は蓄熱源となる壁の外に断熱を行うため、夏期においては、断熱なしの土壁工法住宅（仕様3）で確認できた快適性が損なわれ、冷房負荷については仕様1より大きくなることが明らかとなった。そのため、仕様2においては、夏期の夜間の外気取り入れによる放熱、日中の日射遮蔽等のコントロールがより重要となることが明らかとなった。
- 仕様2は、快適性については温熱環境（PMVを含む）との関連が小さく、その要因として、天井、壁、床の表面温度差の大きさ、仕上げ面の視覚的影響、接触面（床）の差等が考えられる。また、仕様3では、温熱環境が他の仕様とは同等であっても夏期に「快適」と評価され、仕様1は「不快」と評価されるなど、興味深い結果が得られた。これらの要因については、本研究では特定できなかった。
- 気密性能については、実測値から一般的な規模の住宅における床面積当たりの相当隙間面積（C値）を算出したところ、仕様1から順に、1.4、5.6、10.4（ cm^2/m^2 ）となった。

また、Smashによるシミュレーションと実験値との比較では、仕様等により一致する程度が大きく異なった。一致の程度は、仕様1、仕様2、仕様3の順で低くなる。仕様1、仕様3では、比較的シミュレーションの室温が高めになる傾向が見られるが、仕様2については、冬期の最低室温がより低く、夏期の最高室温がより高く示される傾向を確認した。

(2) 実施期間

平成19年度～平成20年度

(3) 技術開発に係った経費

技術開発に係った経費 26,379千円 補助金の額 12,591千円

(4) 技術開発の構成員

数奇屋研究所 心傳庵

(株) ドット・コーポレーション

信田聡（東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻 准教授）

小林大介（横浜国立大学教育人間科学部技術教育講座 専任講師）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許：特になし。

発表した論文

1. 平成20年10月 第26回(社)日本木材加工技術協会年次大会(東京大学大学院農学生命科学研究科 古川和仁)
タイトル：木造住宅の室内放射熱環境が居住性に与える影響
2. 平成21年3月 第59回日本木材学会大会(東京大学大学院農学生命科学研究科 古川和仁)
タイトル：木造住宅の室内放射熱環境が居住性に与える影響
3. 平成21年3月 第59回日本木材学会大会(東京大学大学院農学生命科学研究科 中村智彦)
タイトル：木造住宅の温熱環境と快適性
4. 平成22年3月 第60回日本木材学会大会(東京大学大学院農学生命科学研究科 中村智彦)
タイトル：木造住宅の温熱環境と快適感
5. 平成22年9月 日本建築学会大会(宮城学院女子大学 田中真央)
タイトル：伝統的木造住宅の省エネルギー化に関する研究 試験棟の気密性能及び室内空気環境

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

本開発の先導性は、土壁のもつ蓄熱性能を最大限に活かした再評価を行い、工務店に特別な負荷をかけないレベルで実施できる工法を示したところにあり、また、(3)に示すように、現在の基準の中でも運用できる具体的な手法にまで昇華できたところにある。

(2) 技術開発の完成度

①本開発で示した仕様は、次世代省エネ基準レベルのうち、年間冷暖房負荷の基準で個別物件毎にクリアーすることが可能。

※ただし、省エネ関係の優遇制度の恩恵を受けるためには、性能表示制度等の利用が必要であり、工務店が住宅の設計にかけられる設計料を勘案すると、この方法は非現実的である。他の方法としては、(3)で示した住宅型式性能認定(以下、型式)を取得する方法があるが、対象とする地域や設計内容の設定によっては、かなりの制約がある上、取得費用や労力を考えると、工務店を認定取得主体としては想定できず、非現実的である。したがって、行政の補助を受けながら各地域に合った型式を取得する仕組みが整理されるか、土壁工法住宅を対象とした仕様の基準が示されることが必要である。

②シミュレーションや基準においては採用されていない温熱環境に関わる快適性に関する知見については、本開発である程度の予想はついたが、設計に落とし込む仕様とするには、より詳細な研究が必要であり、また、本開発では小規模実験棟で行ったことから、一般の規模の住宅でも確認する必要がある。

(3) 実用化・市場化の状況

本研究で示した仕様は、施工上の新たな工夫などはほとんど必要なく、すぐに実用可能である。当初、開発・検証を行った結果は、専門家の意見を取り入れた上で、設計者や工務店に広報することを予定していたが、本開発終了後、平成21年6月末に国土交通省より土壁工法住宅での省エネルギー対策等級・等級4に該当する仕様の開発プロジェクトの打診を頂いた。

温熱面での快適性能が確保可能な仕様を私企業として発表するよりも効果が大きいこと、また、各種の住宅政策の恩恵を受けるためには国からの何らかの承認を受ける必要があることから、(株)ドット・コーポレーションがこれらに参加することとした。

技術開発の方向性について、等級4の仕様を現実の制度上で動かすには型式を取得することが現在の段階では最も近道となること、また、工務店への負担を最小限にする仕様とすることが重要で、普及の可能性の高い仕様が年間暖冷房負荷基準で取得することが合意され、9ヶ月かけて取得作業を進めた。

平成22年3月末には、型式が取得でき(7型式：Ⅳ地域用4、Ⅴ地域用3)、現在、社団法人木を活かす建築推進協議会のHPにて、誰でも利用可能な仕様として、認定書と設計・施工マニュアルが公表されている。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

あくまで、既存の技術をベースとした普及性を重視した工法の開発にターゲットを絞った点。

・残された課題

- ①現在の制度の中で運用するには型式取得は一つの方法であるが、土壁工法の場合、それらのメリットを十分に評価するには、年間暖冷房負荷基準での評価となる。このルートでの型式取得の手続きには、整えるべき課題があり、それらの整備が必要。
- ②本開発では、シミュレーションと実測の結果で、工法等によりズレが生じることが確認された。土壁等の蓄熱が大きい住宅を対象としたシミュレーターの開発が必要。(熱負荷計算の特別評価認定を受けたもの)
- ③蓄熱する土壁を断熱材で覆う工法においては、住まい方(蓄熱をコントロールする行為)が省エネ性能や快適性に特に大きな影響を与えることが確認された。窓・日除けの自動開閉等の高機能開口部材等といった蓄熱をコントロールする仕組みの開発やその効果の検証が必要。(将来的には③の内容を型式や基準に盛り込むための成果蓄積が必要)
- ④本開発で明らかとなった、直接温熱環境に関係ないが人間が快適と感じる要素を持つ仕様について、設計レベルに落とし込めるまでのデータの収集が必要。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

シミュレーションや基準においては採用されていない温熱環境に関わる快適性に関する知見については、2.(2)②で示した内容について、他のプロジェクト等で研究が実施できることが決定している。これらの成果は、設計にまで落とし込める形を目指し、木材利用を促進し、同時に快適性を向上、省エネを促進するものとして、工務店が消費者へのアピールする場合の助力となる形での成果発表を提案する予定である。

※土壁工法住宅にて省エネを実現していくためには、2.(2)①で述べたように行政の補助を受けながら各地域に合った型式を取得する仕組みが整理されるか、土壁工法住宅を対象とした仕様の基準が示されることが必要です。要望になりますが、2.(4)①、②を充実させ、これらの実現に向けての施策をよろしくお願い致します。

※2.(3)で述べた型式については、別途説明会などが企画される可能性もあるようです。

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 新エネルギー技術と蓄電を組み合わせた住宅・建築用エネルギーシステムの開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 本研究は、燃料電池や太陽光等の新エネルギー技術を効果的に利用するため、電気二重層キャパシタを用いた蓄電装置を組み込んだ住宅および建築用エネルギーシステムを開発することを目的としている。 共同開発で構築したプロトタイプを使用して、太陽光発電とキャパシタ蓄電システムによる長期稼働試験を行い、太陽光発電の有効利用率や電力自給率を測定し、その効果を検証した。また、より簡易な電力アシストキット（短時間のピークカット用蓄電装置）の開発や、他の蓄電デバイスとの比較を行い、優位性を検証した。さらに、主としてシミュレーションにより、最適なシステム構成、経済性、建築用システムへの拡張、等の検討を行い実用化への見通しを確認した。今後、蓄電デバイスである電気二重層キャパシタの性能向上を待って、数年程度以内の実用化を目指す。 (2) 実施期間 平成18年度～20年度 (3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 98,240千円 補助金の額 44,398千円 (4) 技術開発の構成員 独立行政法人建築研究所（客員研究員 坊垣和明、環境研究グループ 桑沢保夫、瀬戸裕直） 株式会社パワーシステム（顧問 森茂充、技術開発部 三井克史、鈴木利宏） (5) 取得した特許及び発表した論文等 発表した論文 1. 平成19年9月 日本建築学会大会（建築研究所 坊垣和明、パワーシステム 三井克史） 「太陽光発電と蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの開発」 2. 平成20年8月 日本建築学会大会（建築研究所 坊垣和明、パワーシステム 鈴木利宏） 「太陽光発電・蓄電装置とヒートポンプ給湯器を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの開発」	

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

実規模での蓄電装置を組み込んだ世界で初めての住宅用エネルギーシステムプロトタイプを構築するなど先導的な水準を維持し、リードする立場にある。

一般建築における蓄電装置は、非常用電源としての利用にとどまっており、本格的なエネルギー技術の一環としての位置づけは本課題以外にはなく、独自のテーマである。マイクログリッドの一部に蓄電装置を設ける例はあるが、補助的な利用に限られ、またアイデア段階で実用レベルでの検証には至っていない。

(2) 技術開発の完成度

実用レベルにおける最適システムの提案を行った。終了時点で実用化されていることを目標としたが、商品化レベルへの到達は、蓄電装置そのものの性能向上（蓄電容量を現状の数倍、サイズとコストを数分の一とする）を待つ必要があり、数年後が見込まれる。

(3) 実用化・市場化の状況

商品化し市場に供給されるためには蓄電性能の向上が必要であり、蓄電装置の低コスト化、コンパクト化を待っている状況である。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

住宅・建築用のエネルギーシステムに蓄電装置を導入すること自体が全く新しい着眼点である。世界で初めて住宅用エネルギーシステムに実規模レベルの蓄電装置を組み込んだシステムプロトタイプを構築し、3年以上にわたって実データに基づく負荷を与えて正常に作動し続けることを確認した。これによって、当該システムが実用レベルの性能を持つことが明らかとなった。

・残された課題

蓄電装置として導入を検討してきた電気二重奏キャパシタの性能水準（単位蓄電量当たりのコストと大きさ）を考慮すると、現実的なシステム（キャパシタと二次電池によるハイブリッドなど）の検討が必要である。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

実用レベルのシステム提案を行うことはできたが、実用化には蓄電デバイスの性能向上が不可欠である。今後、キャパシタの性能向上を待って実用化を目指す。一方で、リチウムイオン電池とのハイブリッドシステムの検証を開始したところであり、このシステムでの実用化も併せて検討する予定である。

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 既存住宅の断熱性能と各周辺性能の診断に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>現在、温暖化の主因とされる二酸化炭素（CO₂）の削減は世界的課題であり、国内では全体の1/3が家庭から排出されていることから、一般住宅におけるCO₂削減は急務といえる。特に、既存住宅の大半は断熱性能が低く、暖冷房によるCO₂の発生量が著しく多くなっており、省エネ化に伴う改修が必要とされる。</p> <p>これを背景に本技術開発は、一般ユーザーの省エネ意識向上と断熱改修の促進のため、断熱診断手法の確立を目的としたものである。そのため、具体的にJIS案として提案されている断熱診断法のうち2つの手法について、様々な条件の実物件を用いた実証実験を行い、その有効性について検証を行ってきた。また、診断結果の評価方法及び断熱改修の居住者への提案方法と考へ、年間暖冷房エネルギー消費量のシミュレーションとの融合を模索しながら具現化を図っている。さらに、いまだ存在する悪質リフォームを無くすためにも、正しい診断方法の確立が重要と考えている。</p> <p>＜検証した診断手法＞</p> <p>① 熱画像法 赤外線カメラと環境温度計により測定箇所の熱貫流率を非破壊で測定</p> <p>② 穿孔法 ボアスコープによる断熱材の目視と熱流計や棒状熱電対により熱貫流率を測定</p> <p>現状で、耐震診断はほぼその手法が確立され普及してきており、これと同時に断熱診断を実施できれば、より信頼性の高い診断が可能になると考える。さらに国策である建物の長期使用を実現するには、定期的な改修が要求されるわけで、耐久性向上のために性能診断は不可欠である。</p> <p>(2) 実施期間 平成20年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 7,400千円 補助金の額 3,700千円</p> <p>(4) 技術開発の構成員 J建築システム㈱ 代表取締役 手塚 純一 東京大学 生産技術研究所 教授 加藤 信介</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 なし</p> <p>発表した論文 1. 平成21年8月 日本建築学会（J建築システム株式会社 二川 智吏） タイトル：実建物における断熱材の長期断熱性能評価方法に関する検証</p> <p>2. 平成21年9月 空気調和・衛生工学会（東京大学大学院 李 時桓） タイトル：既存住宅の断熱性能診断に関する技術検証</p>	

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

現在、住宅の断熱診断に関する法律や基準等はなく各社各様で実施している。そのため、定量的な評価が難しく信頼性にも乏しいのが実情で、一般的には普及していない。代表的な診断方法は以下の通りである。

① 簡易的な診断

竣工された年代から使用されている断熱材の種類を予測し熱損失計算等に当てはめ、断熱性能を評価する。決まった計算式により定量的な評価が可能で、改修前後の比較も容易である。しかし、あくまで予測による診断であるため精度が高いとはいえない。

② 高度な診断

一つに赤外線カメラ等を使った実測による診断手法があげられる。しかし、測定箇所・時期、環境条件や評価方法によって大きく結果が変わることと、現状では測定方法が定められていないため定量的な評価が困難といえる。

③ 物理的な診断

実際の灯油消費量を測定し断熱性能を予測する。最も実情に近い結果を得られるが、居住者の生活スタイルによって大きく左右されることや時間が掛かってしまうといった問題点があげられる。

いずれの場合も、精度の高い診断方法とは言えず、居住者への効果的な提案が為されていない。近年は、環境問題に関する報道等により省エネ化への意識が高まっており、悪徳・質リフォームが横行しやすい状況でもある。早急に定量的かつ高精度な診断手法を確立することが必須である。

また、国が掲げる長期優良住宅の実現のためには、本提案が最終目標としている建物トータルの性能診断手法の確立が必要と考える。今のところ、その診断手法は開発されていない。

(2) 技術開発の完成度

現時点での技術開発の完成度は 70~80% であり、補助終了後にも断熱診断の手法を確立するため、様々な工夫をこらしている。さらに、下記の図 1 に示した STEP2 の段階として、迅速かつ簡易で高効率な住宅改修技術の開発（今後公表予定）も行っている。



図-1. 技術開発の見込み

(3) 実用化・市場化の状況

JIS 案として示された本断熱診断手法が、実測において安定的で定量的な結果を得られたことから、実用化の準備は整ったと考えられる。耐震診断とは違い、明確な基準が設けられていなかった断熱診断手法が、有効な手法として規格化されることは、断熱改修の促進及び悪徳リフォームの排除に大きな効果が期待できる。

一方、普及に向けて重要なポイントは、測定した結果を分析して、如何に居住者に分かりやすく伝え、断熱改修を提案できるかである。今後、測定結果を活用したシミュレーションプログラムの充実に向けた対応及び測定機器のコストダウンが望まれる。

現状では、本診断方法の JIS 化に向けて事例を積み重ねている状況で、本事業終了後、2 棟の診断を実施済みで、断熱改修に向けた提案を行っているところである。今後、JIS 又は ISO 化された場合に、工務店やビルダー等が運用できるよう、マニュアルやシミュレーションソフトを整備する必要がある。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

通常、より精密な診断を実施しようとした場合、建物の一部を破壊し目視により部材の状況を把握することで、性能を検証しなければならない。本診断は、非破壊での実施が基本であり、居住者に余計な負担を強いることがないため、取り組みやすくコスト面でも有利である。

更に、国内・国際規格（JIS, BSI, DIN, AFNOR, ANSI, ISO など）にも規定されていない新たな技術であり、その技術の先駆性が高い。

この技術開発における成功点となったものは、下記のとおりである。

- ① 実際既存住宅を対象にした測定で、安定・定量的な測定が可能であることの確認
- ② 年間暖冷房用消費エネルギー量の簡易的なシミュレーション方法の確立
- ③ 改修前後の比較による居住者への提案方法の確立
- ④ 断熱診断時に同時に行える耐震・耐久診断手法の確立

・残された課題

建物外皮の断熱性能測定する熱画像法は温度計と熱伝達率センサーが必要であり、下記に示したようにそれらの測定感度分析が必要である。

- ① 環境温度計：放射による影響を考慮した室内環境温度を計測するため、グローブ温度計と環境温度計の違い（形態係数及び表面熱伝達率など）が測定結果に及ぼす影響の検証
- ② 熱伝達率センサー：壁面からの突出面において測定する熱伝達率センサーに関して、その速度境界層と温度境界層によってセンサーの正確性がどの程度確保されるかに関する検証
- ③ 測定センサー位置による検討：測定センサーの位置の違いがどの程度測定結果に影響を与えるかに関する検討
- ④ 空調方式の違いによる検討：室内空調方式によって測定壁面近傍における総合熱伝達率が異なるため、その差異に関する検討
- ⑤ 室内の家具配置が測定精度に及ぼす影響の検討：家具の有無による総合熱伝達率の測定結果の違いに関する検討

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

今後、断熱工法の違い（外張、充填）、室内の家具配置の違い、輻射暖房や温風暖房といった暖房手法の違いにより、診断結果に与える影響についても検証が必要である。

引き続き、JIS や ISO といった国内・国際規格化へ向けて診断事例を増やすことが優先課題である。本技術の利便性、迅速性を妥当な価格で実現できることから、技術を公開して基準化及び標準化を進めれば、大きな普及が期待できる。また、地場のビルダーや工務店と等の協力を得ながら勧めて住宅居住者及び住宅診断・改修業者の参入を促して、技術の普及拡大へ移行する。なお、日本政府の政策として、安全な暮らしのための住宅改修助成制度（木造住宅耐震改修補助金制度、身体障害者住宅改修補助制度、介護保険住宅改修補助制度、防災対策機器器具取付費用補助金制度）の施行以外に、省エネルギーのための住宅診断・改修にかかる補助金制度が指定されたら、活発な住宅断熱改修の普及及び適用性を上げることができると考えられる。

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>ハウスメーカーの新築現場における IC タグを活用した「次世代型ゼロエミッションシステムに関する技術開発」</p>
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>○目的・必要性</p> <p>平成18年度は、積水ハウスの3つの支店における各施工現場に、IC タグ及び IT 設備を整備し、1棟ごとの「建設副産物の実測値」「分別状態の良否状況」を集約・分析した上で、各現場へフィードバックする基盤システムを整備した。また、平成19年度はこの基盤システムを全6工場、16支店に導入し、各現場の廃棄物発生量の削減及び、廃棄物関連業務の改善を進めている。平成19年度以降は、主な目的を下記の3点としている。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 廃棄物関連業務だけでなく、生産工程、施工工程の改善も促進するシステムの構築 ② ゼロエミッションによる CO2 負荷低減効果を現場単位の実測値から算出、ベンチマークするシステムの構築 ③ 全施工現場、周辺関係他社も利用可能となるシステムへの強化・拡張 <p>①は、各本業に対しても改善を進める仕組みの構築である。具体的には、集約されたデータを廃棄物関連業務以外の視点・角度から分析し、全関係者にフィードバックすることで、生産工程、運搬工程、施工工程など、本業の改善に繋げていく。</p> <p>②は、建設副産物の重量や運搬距離の実測値を活用し、各現場単位で進めているリサイクルの CO2 負荷低減値を算出するシステムを構築する。</p> <p>③は、平成18年度に整備した3支店だけでなく、年間延べ3万箇所にあぐ全施工現場が利用できるよう、機器のアプリケーション、サーバやデータ回線などのシステム面の強化を目的とする。さらに、グループ会社の利用も想定すると、外部へのサービス提供を可能とするネットワークセキュリティの強化が必須となる。</p> <p>○期待される成果</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 現場管理力の向上 <ul style="list-style-type: none"> ・生産・施工スケジュールの管理・調整・合理化の促進 ② コスト削減 <ul style="list-style-type: none"> ・処理手法や処理策の見直しによる処理費用の提言 ・廃棄業務及び生産・施工業務の効率化による間接コストの低減 ③ 現場単位の環境負荷管理・改善（リサイクルの質の追及） <ul style="list-style-type: none"> ・各現場における「環境負荷改善」を随時把握し、実測データに基づいた木目細かい改善対策の実施 ④ 廃棄物紛失リスクの低減 <ul style="list-style-type: none"> ・現場発生から回収・外部処理されるまでの過失的な紛失への迅速な対処 ⑤ 製品の品質・安全の向上 <ul style="list-style-type: none"> ・現場の「安全環境の確保」、「現場美化」、「作業効率の向上」、以上3点の改善による顧客満足度向上。 <p>(2) 実施期間</p> <p>平成18～平成20年度</p>	

(3) 技術開発に係った経費

(技術開発に係った経費 76,031千円 補助金の精算額 36,200千円)

(4) 技術開発の構成員

積水ハウス株式会社 環境推進部 高橋 明俊

株式会社日本総合研究所 創発戦略センター 武藤 一浩

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

特に無し

発表した論文

特に無し

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

平成20年度までは、積水ハウス内部のみの事業であったが、平成21年度からは外部の工務店の建設副産物を同社工場にて処理する外販サービスの立上準備を進めている。こうしたサービスにより、新築住宅メーカー業界全体のCO2排出量の削減を見込むことができ、また類似の事業がない点で技術革新性があるといえる。

(2) 技術開発の完成度

積水ハウス内での建設副産物を処理する次元では、工場内のマイナーチェンジはあるもののほぼ技術開発は完成したといえる。しかし、外販サービスを本格的に開始する段階では、顧客となるそれぞれの企業の処理方法やコストを考慮し、その企業向けにオーダーメイドでビジネスモデルを考案しなくてはならない。

(3) 実用化・市場化の状況

本事業は積水ハウス内で既に実証実験を済ませ、導入による効果は確認済みであり、様々な改善を行いながら現在も稼働している。平成21年度には、本事業を商品化した外販サービスの立上準備を進めた。対象となる市場規模としては、新築住宅着工件数が年間約86万件(国土交通省 建設着工統計調査を参照)あり、導入対象となるハウスメーカーなども約50万店舗あるため、事業としての発展性は大きいと見込まれる。国内外において類似事業は現存せず、競合も現時点では存在しない。自社の建設副産物処理スキームに他社の建設副産物を受け入れ、業界全体でのCO2削減を目指すという点で新規性の高い事業である。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

IC タグを貼付し、建設副産物の重量、内容、どの現場から運搬されたのかといった情報が把握できるようになったことで、正しい分別をしていない業者を特定することが可能になった。

運搬用トラックの荷台を4区画に分けそれぞれ積荷するものを指定し、工場内で建設副産物をスムーズに下ろせるようにした。

・残された課題

残された課題は、大きく分けると事業拡大に向けた課題、行政との連携に関する意向の2点である。

○事業拡大に向けた課題

- ・ IC タグの低コスト化のためのシステムの軽量・小型化のための技術開発
- ・ IC タグ読取器・軽量器の堅牢性向上技術の開発
- ・ 販売網拡大を狙った取引先との連携強化
- ・ 海外市場への展開 等

○行政との連携に関する意向

- ・ 温暖化削減効果の認証
- ・ 資源循環に関わる事業者の評価制度の導入
- ・ 地方公共団体のリサイクル事業との連携 等

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

本事業を商品化し、外販サービスとして国内外への展開を目指す。

○国内への応用

本ビジネスモデルは、建設副産物を分別回収することで「資源」としての価値を生み出すことができるため、結果的に処理コストを抑えることが可能になり、特にハウスメーカーなどへの導入は経営支援にもつながる。

○海外への応用

本ビジネスモデルは、既存のリサイクル事業者など、利害関係者が多い日本での普及には時間がかかる。一方、中国やインドなどの新興国では、環境都市開発を一から構築する計画が多く、利害関係者が存在しないため、日本よりも安易な普及が期待できる。特に、環境都市計画策定の段階から参入することが有効と考える。

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>飛散性アスベスト等のクローズド型連続除去・減容固化工法の開発</p>															
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>本事業では、飛散性アスベスト等のクローズド型連続除去・減容固化システムのハードウェアの設計・開発および実用化を目的としている。</p> <p>本システムは前処理として湿潤性が優れた湿潤剤の塗布処理を行い、次にバキュームブラスト方式の除去装置で一次処理（粗取り）し、二次処理（仕上げ処理）で剥離を行い、除去したアスベストを密閉状態でプレダスター機に輸送する。その後、密閉状態のまま、補助的な固化薬剤等による減容固化を行うシステムである（図 1）。開発項目は、以下のとおりである。</p> <p>①様々な除去面に対応した吸引剥離装置（バキュームブラスト方式）</p> <p>②プレダスター（捕集）機</p> <p>③集塵装置</p> <p>④減容固化装置</p> <p>第 1 年度（平成 18 年度）のハードウェアの設計・開発により、第 2 年度（平成 19 年度）には、改良設計および実証機の製作およびその実証試験を実施した。第 3 年度（平成 20 年度）は、実サイトにおける長期の連続運転試験を行い、その実用性を確認した。</p> <p>1) 連続除去システムの設計・開発</p> <p>これまでは、一次処理（粗削り）と二次処理（仕上げ）を別々に実施する方向で、検討していたが、平成 19 年度の改良により、バキュームブラスト方式において適切な研磨材（プラスチック）を選定することにより、ひとつのプロセスでの除去が可能となった（図 2、3）。</p> <p>2) 減容固化システムの設計・開発</p> <p>プレダスター、集塵装置は既存のものを処理能力に応じて改良することで対応可能である。減容固化装置に関しては、RPF の製造機をアスベスト用に小型改良する方式を検討したが、小型化や動力および処理能力が過大になることが避けられないことが平成 19 年度の検討により、明らかとなったため、より簡易な圧縮プレス方式による装置を組み入れることとした。</p> <p>(2) 実施期間</p> <p>平成 18～20 年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <table border="1"> <tr> <td>平成 18 年度</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>46,120 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>23,100 千円</td> </tr> <tr> <td>平成 19 年度</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>46,120 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>22,750 千円</td> </tr> <tr> <td>平成 20 年度</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>15,960 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>7,600 千円</td> </tr> </table> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>株式会社早稲田環境研究所（代表取締役 小野田弘士）</p> <p>株式会社トータル環境（代表取締役 川添栄一）</p> <p>特定非営利活動法人環境技術支援ネットワーク（事務局長 藤本秀夫）</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>該当なし</p>		平成 18 年度	技術開発に係った経費	46,120 千円	補助金の額	23,100 千円	平成 19 年度	技術開発に係った経費	46,120 千円	補助金の額	22,750 千円	平成 20 年度	技術開発に係った経費	15,960 千円	補助金の額	7,600 千円
平成 18 年度	技術開発に係った経費	46,120 千円	補助金の額	23,100 千円												
平成 19 年度	技術開発に係った経費	46,120 千円	補助金の額	22,750 千円												
平成 20 年度	技術開発に係った経費	15,960 千円	補助金の額	7,600 千円												

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

本技術を構成する個別要素技術は既に確立されており、他の目的で実証されたものをアスベスト除去に応用する用途開発である。今日一般に採用されている工法では、アスベストの除去から最終処分までをシステム化した事例は見当たらない。本技術開発の革新性は以下のとおりである。

- ・システムを構成する各装置を、「トラック積載型」と「分離型」を開発することで除去困難な場所でも簡易に作業できる。
- ・一次処理（粗削り）と二次処理（仕上げ）が除去ヘッドの交換のみで対応可能である。とくに、二次処理（仕上げ）の精度向上と作業効率化が図れる。
- ・作業環境が大幅に改善される。
- ・ショットブラスト工法のため作業環境内の負圧にも影響しない。
- ・除去したアスベストは直接回収袋に入るため、移し変え作業が不要である。
- ・減容固化時にアスベストと同時に養生シートも固化することにより廃棄物の大幅な減容が可能である。

(2) 技術開発の完成度

技術開発によって開発したシステムは、プロトタイプである。平成 21 年度より、大手ゼネコンと連携して、本技術開発の成果を活用した実用システムの開発を継続的に行っている。

(3) 実用化・市場化の状況

(2)に記載のとおり。今後のアスベストの除去は、発電所やエレベータ等の作業が困難な場所が主たるターゲットとなる。それに対応したシステムとしての商用サービス化により、年間数件の除去工事の受注をねらう事業計画の策定を検討している。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

即時の実用化とはならなかったが、現場ニーズに対応した実用性の高い技術開発を行ったことで、技術的には目標を達成できた。また、特定非営利活動法人環境技術支援ネットワークの参画により、技術開発終了後の大手ゼネコンとのアライアンスを効率的に形成することができた。

・残された課題

ターゲットとしているマーケットにおけるアスベスト除去の作業性が開発に着手した時点よりもハードルが高いことが判明した。したがって、現在、さまざまな現場に対応した実用システムの開発を行っている。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

上記のとおり、大手ゼネコンと連携したビジネスモデルを確立させ、本技術開発の成果の普及促進を図る。

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>木質系建築部材の再資源化率向上を目指した 高性能木質接合具の開発</p>
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>木質系部材の再資源化の向上を妨げる要因は、異種部材の分別である。本課題では、木質の圧密化技術を応用して、高強度、高靱性、軽量の木質接合具を設計、試作し、各種木質構造への応用を検討するとともに、接合部設計法の確立を目指す取り組みを行った。</p> <p>①□ 竹釘の実用化に向けた技術開発</p> <p>竹釘を既存の鉄釘に対する代替として利用することを目的とし、簡便な方法で竹釘を作成し、打ち込み試験、引き抜き試験、1面せん断試験を行った上で、実大の木製パレットを試作し、JISの規格に準じた落下試験を行いその性能を評価した。</p> <p>②□ 竹シートの開発</p> <p>圧密竹の突き板について、大量生産に向けた製造方法の検討を行い、作成した竹シートを利用した集成材の決定補強技術への応用について検討した。</p> <p>③□ 木質シアプレート接合に関する技術開発</p> <p>シアプレート接合部の変形性能は木材同士が離れないようにするためにとりつけるボルトの変形性能に依存することがこれまでの研究によって確認された。そこで、変形性能の高いシラカシの突き板積層木質ボルトを開発し、これを用いることで高い靱性を兼ね備えた接合部の開発に成功した。</p> <p>④□ 木造重ね梁の設計法</p> <p>木造組立梁の弾性範囲における応力や変形量を求めるために汎用的な解法を導き、重ね梁、I型梁や重ね透かし梁について実験を行い、その妥当性を確認した。</p> <p>(2) 実施期間</p> <p>平成18～20年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <p>(技術開発に係った経費 12,000千円 補助金の額 53,450千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>東京大学 (アジア生物資源環境研究センター 環境評価部門 環境材料設計学研究室准教授 井上雅文・特任助教 足立幸司・特任助教 蒲池 健)</p> <p>東京大学大学院 (農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室准教授 稲山正弘・助教 相馬智明)</p> <p>大分大学 (工学部 福祉環境工学科 木質構造研究室教授 井上正文・助教 田中圭) 森拓郎 (京都大学 生存圏研究所 生活圏構造機能分野助教)</p> <p>山本ビニター株式会社 (技術部 技術開発課 児玉順一)</p> <p>上月ウディックス株式会社 (取締役 上月靖史)</p> <p>有限会社高橋木箱製作所 (代表取締役 嶋田貫一 技術開発顧問 栗原 裕)</p>	

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

該当なし

発表した論文

1. 平成 21 年 3 月 日本木材学会大会学術講演梗概集（東京大学アジア生物資源環境研究センター 特任助教 足立幸司・蒲池 健・准教授井上雅文）
タイトル：可撓性単板積層材の力学特性とその応用
2. 平成 21 年 3 月 日本木材学会大会学術講演梗概集（東京大学アジア生物資源環境研究センター 特任助教 足立幸司・准教授井上雅文・京大生存圏研究所助教 森 拓郎）
タイトル：木質シートによる集成材フィンガージョイントの補強
3. 平成 22 年 3 月 日本木材学会大会学術講演梗概集（東京大学アジア生物資源環境研究センター特任助教 足立幸司・特任助教 蒲池 健・准教授井上雅文）
タイトル：圧密木質釘を用いた木製パレットの開発
4. 平成 22 年 3 月 日本木材学会大会学術講演梗概集（東京大学アジア生物資源環境研究センター特任助教 足立幸司・蒲池 健・准教授井上雅文・京大生存圏研究所助教 森 拓郎）
タイトル：集成材部分補強のための木質系シートの開発
5. 平成 21 年 3 月 日本建築学会九州支部研究報告（大分大学建築学科助教田中圭・教授井上正文・東京大学アジア生物資源環境研究センター 准教授井上雅文）
タイトル：木質系材料を用いたシアプレートの開発に関する実験的研究（その 8）木質系材料を用いたシアプレートの開発に関する実験的研究（その 8）母材の密度が木質シアプレート接合部強度に与える影響
6. 平成 21 年 3 月 日本建築学会九州支部研究報告（大分大学建築学科助教田中圭・教授井上正文・東京大学アジア生物資源環境研究センター 准教授井上雅文）
タイトル：木質系材料を用いたシアプレートの開発に関する実験的研究（その 9）木質シアプレートと木質ボルトを用いた柱・梁接合の曲げモーメント抵抗性能
7. 平成 21 年 8 月 日本建築学会大会学術講演梗概集（大分大学建築学科 助教田中 圭・教授井上正文・東京大学アジア生物資源環境研究センター 准教授井上雅文）
タイトル：木質シアプレート接合の開発（X）改良圧密スギシアプレートを用いた接合性能
8. 平成 21 年 4 月 日本建築学会構造系論文集（東京大学アジア生物資源環境研究センター 特任助教 蒲池 健・准教授井上雅文・東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授稲山正弘）
タイトル：木造組立梁設計法 ー多層複合梁の梁トラスモデルによる解法 その 1ー
9. 平成 21 年 3 月 日本木材学会大会学術講演梗概集（東京大学大学院農学生命科学研究科 助教相馬智明・東京大学アジア生物資源環境研究センター 准教授井上雅文）
タイトル：スクリュウ・接着木栓を用いた割裂抑制による補剛・補強手法

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

建築用木材利用の場において、接合具や接合金物として実用化されているもののほとんどは金属性のものである。この背景として木材が金属に比べ強度・靱性の点で劣ることや、大量生産技術が確立されていないこと、さらにはそれらを用いた汎用設計法が整備されていない点が挙げられる。本プロジェクトでは強度については圧密加工を用いることで鋼材と同等の性能を、靱性については低弾性接着剤を用いた積層構成によって確保し、大量生産については、圧密竹釘について効率的な生産手法の確立に、さらに木質接合具の応用技術として、接合具を用いて構成する重ね梁の設計法に取り組んだ。これらの技術は多方面から注目され、研究が実施されている。また、外国においては、特に、イギリス・オーストリア・ドイツなどのグループが木質接合具に関する研究を実施しているが、把握する範囲では、本プロジェクトで提案している範囲を超えるものではない。

(2) 技術開発の完成度

- ① 竹釘の実用化に向けた技術開発
自働釘打ち機を用いて圧密竹釘によるパレットを作成し、JISの規格を満足する性能を確認
- ② 竹シートの開発
高強度竹シートを集成材の接着継手に塗布することで、曲げ強度の5%下限値の向上を確認
- ③ 木質シアープレート接合に関する技術開発
高強度・高靱性を有する接合システムの提案および長期利用に関するクリープ性能の把握
- ④ 木造重ね梁の設計法
重ね梁を始めとした多様な組立梁一般に対する汎用的な設計法を提案

(3) 実用化・市場化の状況

竹釘については、長野県飯田市および飯田市の民間企業との間で、パレットへの実用化に向けたさらなる検討を進めている。竹シートについては浜松の民間企業と共同で、実用化に向けた製造技術の検討を行っている。木造重ね梁の設計法については、今年度出版された建築学会編「木質接合部設計マニュアル」の中で、設計法としてまとめられ、広く一般の設計者の知るところとなった。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

木質シアープレートに係る研究において、シアープレートの作成および性能試験を大分大で、ボルトの作成、クリープ試験および重ね梁への応用の検討を東大で分担することによって、それぞれの研究に注力することができ、効率的に進捗することができた。

・残された課題

金属接合具と比較した場合に、木質接合具の経済性についてより向上が必要である。また、木質接合具の使用について、環境影響評価等を行い客観的見地からその有用性を確認する必要がある。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

上記の点についてさらなる研究を進捗するとともに、新規木質材料など新たな用途拡大を検討する。

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 超高耐久コンクリート用セメントの高度な評価手法に関する技術開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 超高耐久な鉄筋コンクリート構造物を容易に達成できると期待されるシリカフュームセメントの利用技術の高度化を目的として、現状で整備されていない超低水粉体比領域におけるコンクリートの性能評価体系を確立する。 (2) 実施期間 平成 19 年度～平成 20 年度 (3) 技術開発に係った経費 (技術開発に係った経費 17,250 千円 補助金の額 8,000 千円) (4) 技術開発の構成員 国立大学法人名古屋大学 (大学院環境学研究科都市環境学専攻准教授 丸山一平) 太平洋セメント株式会社 (中央研究所主任研究員 谷村充) 太平洋セメント株式会社 (中央研究所主任研究員 松本健一) (5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 無し 発表した論文 1. 平成 21 年 7 月 日本コンクリート工学協会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 三谷裕二) タイトル: 高温度履歴を受けた低水結合材比シリカフューム混和セメントの強度および水和反応特性 2. 平成 21 年 7 月 日本コンクリート工学協会 (国立大学法人名古屋大学 大学院環境学研究科博士課程後期課程学生 寺本篤史) タイトル: 低水結合材比シリカフュームセメントペーストの自己収縮性状に関する研究 3. 平成 20 年 7 月 日本コンクリート工学協会 (国立大学法人名古屋大学 大学院環境学研究科都市環境学専攻准教授 丸山一平) タイトル: 低水セメン比時のシリカフュームを混和したセメント硬化体の収縮挙動に関する基礎研究	

4. 平成 20 年 7 月 日本コンクリート工学協会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 松本健一)
タイトル: 低水結合材比におけるシリカフェーム混入セメント硬化体の若材齢時力学特性
5. 平成 19 年 9 月 日本建築学会学術講演会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 松本健一)
タイトル: 低水比領域におけるシリカフェーム混和セメントの若材齢時水和反応
6. 平成 21 年 5 月 第 63 回セメント技術大会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 野崎隆人)
タイトル: シリカフェーム混合セメントの XRD/リートベルト法による解析
7. 平成 21 年 8 月 日本建築学会学術講演会 (国立大学法人名古屋大学 大学院環境学研究科博士課程後期課程学生 寺本篤史)
タイトル: 線膨張係数の測定方法に関する検討
8. 平成 21 年 8 月 日本建築学会学術講演会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 番地成朋)
タイトル: 高温度履歴を受けた低水結合材比シリカフェーム混和セメントの強度・水和反応特性 その 1 実験計画, 強度特性, 空隙構造
9. 平成 21 年 8 月 日本建築学会学術講演会 (太平洋セメント株式会社中央研究所 研究員 三谷裕二)
タイトル: 高温度履歴を受けた低水結合材比シリカフェーム混和セメントの強度・水和反応特性 その 2 シリカフェーム反応率, 水酸化カルシウム量
10. 平成 20 年 5 月 第 62 回セメント技術大会 (国立大学法人名古屋大学 大学院環境学研究科都市環境学専攻准教授 丸山一平)
タイトル: 超低水比領域のシリカフェームを混和したセメントペーストの若材齢における物性に関する検討

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

本事業において、超低水セメント比領域における水和反応分析を試み、粉末 X 線回折/リートベルト解析によって鉱物の水和反応を定量し、選択溶解法を用いたシリカフェームの反応を定量した。これらのデータに基づき、水和反応モデルを開発し、部材の温度予測、応力予測する手法を開発した。

(2) 技術開発の完成度

完成度は 90%と自己評価する。開発したモデルは、水和モデルから発熱を予測でき、また工学モデルによって、ヤング率、自己収縮、クリープひずみ、温度ひずみを予測し、部材内部の応力を評価できる。ひび割れ強度との比較によりひび割れリスクも評価できる。ただし、使用者が限定されていること、適用範囲等がクリアになっていない点が実用上の課題である。

(3) 実用化・市場化の状況

これまでに、取得したデータはすでに一般に公開している。これらのデータは超高強度・超高耐久コンクリートを評価する上で有用なデータになっていると考えられる。たとえば、水和発熱による温度履歴を受けた場合に、水和がどの程度進展するか、あるいは自己収縮がどれだけ促進するかというデータは有益である。

また、今年8月には、超高耐久コンクリートのひび割れ予測に資する、コンクリートの線膨張係数・自己収縮予測式に関する論文が公開になる。これらは、一般に、指針類に利用されることを想定とした予測式であるので、採用されれば、高度利用技術の市場化に関する最初の事例となる。この予測式の特徴は、超高強度コンクリートに特有の線膨張係数の経時変化、自己収縮の初期の急激な増大、温度履歴中の挙動を網羅する形で整理した点にある。

(4) 技術開発に関する結果

- ・ 成功点
- ・ 現在の分析技術の高度化に着目し、対象セメントを用いたペースト、コンクリートについてひび割れ発生リスクに資する超低水セメント比領域のデータを整備したこと。
- ・ 水和反応モデルの利用を高強度領域の問題に適用したことにより、発熱については適切に評価できるようになった。
- ・ 収縮についてはメカニズムの同定と工学式の提案を同時並行的に行い、実用化した。
- ・ クリープについては、工学式の利用を前提としている。

- ・ 残された課題
- ・ 収縮のメカニズムの同定は完成に至っておらず、任意状態に適用できるものではない。追加の整備が必要である。
- ・ セメントの水和がほとんど停滞しているのに、強度が増進するメカニズムが明らかになっていないので、強度評価の高度化にはこうしたデータの整備が必要である。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

- ・ 本検討で整備したデータの検証、評価、また、モデル化について公表が十分ではない。今後、2、3年を目処に引き続き検討を行い、論文等の形で一般公開を行うとともに、指針類や超高耐久コンクリートを用いた工事等に利用できる形を整備する。

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>高品質再生細骨材 H の製造をコアとしたコンクリートリサイクル技術の開発</p>															
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>再生粗骨材の再利用技術に関する研究開発例は多いものの、残りの細粒分に関する検討例は少ない。しかし、細粒分の量は再生粗骨材の製造量を上回るものであり、その再利用技術の開発は、理想的なコンクリートリサイクルを展開する上で重要なものと考えられる。一方、海砂や山砂といった天然の細骨材は年々減っており、良質の細骨材の確保もコンクリート分野の大きな課題の一つである。そこで、本補助対象技術開発では、細粒分から高品質な再生細骨材 H を得る製造技術の開発ならびに製造時に副産物として発生する微粉末の再利用技術の開発に取り組んだ。</p> <p>検討内容は次のとおりである。</p> <p>①高品質再生細骨材 H の製造システムの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ・磨砕機の選定と最良の運転条件の特定 ・前処理を含めた実機ベースでの検討 ・全体システムの試設計 <p>②副産微粉末による環境貢献技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地盤材料（造粒物）としての再利用技術の開発 ・副産微粉末混合セメントの開発 ・副産微粉末からの素材分離技術の開発 <p>(2) 実施期間</p> <p>平成19～20年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <table border="0"> <tr> <td>平成19年度</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>27,236 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>11,500 千円</td> </tr> <tr> <td>平成20年度</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>21,774 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>9,500 千円</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>技術開発に係った経費</td> <td>49,010 千円</td> <td>補助金の額</td> <td>21,000 千円</td> </tr> </table> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>清水建設株式会社（技術研究所 生産技術センター 黒田泰弘，内山伸*，竹本喜昭，菊地俊文） 株式会社アーステクニカ（機械技術部開発課 高浪裕智，澁本剛*，営業部 板倉俊彦）</p> <p>*平成19年度のみ</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>取得した特許（出願中）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 微粉末と生コンスラッジの脱水ケーキを使用して得られる粒状物（特願 2009-058047） 2. 微粉末セメント（特願 2009-104664） <p>発表した論文</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平成20年11月、日本建築学会構造系論文集（清水建設 竹本喜昭他） タイトル：骨材除去後の廃コンクリート微粉末からの素材分離 2. 平成21年9月、日本建築学会学術講演梗概集（清水建設 黒田泰弘） タイトル：微粉末混合セメントに関する基礎的研究—その1 モルタル実験— 3. 平成22年1月、日本建築学会構造系論文集（清水建設 竹本喜昭他） タイトル：骨材除去後の廃コンクリート微粉末と鋼材錆び除去後の廃塩酸からの素材分離 		平成19年度	技術開発に係った経費	27,236 千円	補助金の額	11,500 千円	平成20年度	技術開発に係った経費	21,774 千円	補助金の額	9,500 千円	合計	技術開発に係った経費	49,010 千円	補助金の額	21,000 千円
平成19年度	技術開発に係った経費	27,236 千円	補助金の額	11,500 千円												
平成20年度	技術開発に係った経費	21,774 千円	補助金の額	9,500 千円												
合計	技術開発に係った経費	49,010 千円	補助金の額	21,000 千円												

4. 平成 22 年 5 月、セメント技術大会講演要旨（清水建設 片山行雄・黒田泰弘）
タイトル：廃コンクリート微粉末を用いたコンクリートの基本性状
5. 平成 22 年 5 月、セメント技術大会講演要旨（清水建設 黒田泰弘・内山 伸）
タイトル：廃コンクリート微粉末を用いた造粒物の配合と諸性状

2. 評価結果の概要

（1）技術革新性

＜高品質再生細骨材 H の製造システム＞

高品質再生細骨材 H の製造技術の研究開発事例は少なく、実用化できているのは三菱マテリアル(株)の加熱すりもみ設備だけである。そこで、現有の磨砕機や粉砕機の運転方法を見直し、これまでよりも高い処理能力を有する粉砕機を選定・改良し、微粉末利用（造粒）まで含めた高品質再生細骨材 H の製造システムを試設計した。

＜副産微粉末による環境貢献技術の開発＞

副産微粉末の再利用に関する研究開発事例は少なく、適用例も限定されていた。そこで、副産微粉末を再利用できる可能性のある技術について検討し、再利用技術のメニュー（造粒・セメント混合材・素材分離技術など）を揃えた。

（2）技術開発の完成度

＜高品質再生細骨材 H の製造システム＞

製造システムを試設計したが、設置面積が想定を大きく上回り、機器点数、コストの面でも多くの課題が見つかった。さらなる検討により、システム完成度の向上が必要と考えられる。

＜副産微粉末による環境貢献技術の開発＞

現状はメニューを揃えただけであるため、用途開発に関しては、これから考えていく必要がある。それぞれの用途において具体的な要求性能を明確とし、それを満足するための技術開発を継続する必要がある。

（3）実用化・市場化の状況

現時点では、路盤材を対象とした再生砕石事業が破綻しているわけではないため、再生砕石よりも製造に手間がかかり、コストが高くなるコンクリート用再生骨材の単独での事業性はなく、新規の事業化も進んでいないように思われる。また、建設需要の落ち込みに伴い、1995 年をピークに解体コンクリート量も減少しているため、当面はコンクリートリサイクルへの社会的機運も盛り上がり、コンクリート用再生骨材の将来の市場も不透明といえる。したがって、実用化・市場化を急ぐ状況にはないと考えている。

（4）技術開発に関する結果

・成功点

＜高品質再生細骨材 H の製造システム＞

堅型ローラミル（写真 1）での磨砕過程において、一旦除去された微粉末が再生細骨材にフレーク状に凝集し、再生細骨材の絶乾密度の低下、吸水率の上昇を引き起こしていたが、後工程にケージミル（写真 2）を追加し、フレークの解砕とケージミル内分級による微粉末の除去を行うことにより、高品質再生細骨材 H の生産を達成できた。



<副産微粉末による環境貢献技術の開発>

副産微粉末が地盤材料（造粒物）やセメント混合材に使える有用物であることを明らかとし、副産微粉末から効率的に素材を分離することに成功した。また、他の産業の副産物と組み合わせることでコストダウンの可能性を示すことができた。すなわち、生コン産業の副産物であるスラッジケーキ（写真3）を利用することで、セメントを使わなくても、固い造粒物（写真4）を製造することができ、廃塩酸を利用した素材分離も可能であることを示した。

写真3
スラッジケーキ



写真4
造粒物の例



・残された課題

<高品質再生細骨材 H の製造システム>

高品質再生細骨材Hの製造には、200～300℃程度の加熱処理が不可欠であることがわかり、現在の製造方法では、非加熱あるいは加熱温度低下による高品質確保が実現できなかった。また、実験結果をもとに、25t/h 処理システムの試設計を行ったところ、粉碎機以外の設備の取り合いの影響もあり、ストックヤードを含め 53.2m×17mの範囲が必要であり、設置面積が非常に大きくなることがわかった。加熱設備を含めた処理システムの合理化（複数台の機能を1台に集約）等によるコンパクト化、低コスト化が課題として残されている。

<副産微粉末による環境貢献技術の開発>

造粒物に関しては、埋め戻し・路盤材・ドレーン材といった用途毎の要求性能を明らかとし、その性能を得るための配合設計手法を確立する必要がある。セメントへの利用に関しては、原料として使う場合には炭酸化が進行していない副産微粉末を用いた方が焼成の際に二酸化炭素の発生が少ないという利点があり、セメント混合材には炭酸カルシウムを多く含んだ副産微粉末（炭酸化が進行し、骨材分が少ない）の方が向いていると考えられるため、微粉末を効率的に分離する技術の開発も必要と考えられる。素材分離に関しては、得られた各素材（炭酸カルシウムなど）の用途開発が今後の課題と思われる。

3. 対応方針

（1）今後の見通し

市場の動向から、補助対象技術の実用化にはまだ猶予があるものと考え、残された技術的課題に関しては、経済情勢なども考慮しつつ取り組むことになるとと思われる。また、原料となるコンクリート塊、製品である再生骨材や造粒物の流通を含めたビジネスモデルを構築する必要がある。

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 外装サイディング材による耐震補強工法の開発												
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 外装サイディング材を利用し、耐力壁と仕上げ材を兼ねる木造住宅用の耐震補強工法を開発することで、耐震補強と再仕上げ工事を一元化し、ローコストで居住しながらの工事ができる補強工法の開発を行う。</p> <p>(2) 実施期間 (平成18年度～平成20年度)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">平成18年度（技術開発に係った経費）</td> <td style="width: 20%;">8,800千円</td> <td style="width: 30%;">補助金の額</td> <td style="width: 10%;">4,400千円</td> </tr> <tr> <td>平成19年度（技術開発に係った経費）</td> <td>9,200千円</td> <td>補助金の額</td> <td>4,600千円</td> </tr> <tr> <td>平成20年度（技術開発に係った経費）</td> <td>10,800千円</td> <td>補助金の額</td> <td>5,400千円</td> </tr> </table> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 主担当:材料・補強部材・工法仕様の確立 旭システム外装株式会社（商品開発部 工法グループ GL 金澤光明） ・ 主担当:耐力性能評価と住宅補強設計仕様の確立 岐阜県立森林文化アカデミー(准教授 小原 勝彦) <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>【取得した特許】 該当なし。</p> <p>【発表した論文】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平成19年8月 建築学会（九州 福岡大学） タイトル：外装サイディング材の耐力性能とエネルギー吸収性能に関する研究 その5. 耐震補強工法開発の全体計画 その6. 耐震補強工法開発における静的加力実験 2. 平成20年9月 建築学会（中国 広島大学） タイトル：外装サイディング材の耐力性能とエネルギー吸収性能に関する研究 その7. 耐震補強工法開発における静的加力実験 <p>【新聞掲載】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平成21年4月9日 鉄鋼新聞、日刊建設工業新聞、日刊建設産業新聞 日経産業新聞 ・ 平成21年4月10日 建設通信新聞、日刊木材新聞、日刊工業新聞 ・ 平成21年4月12日 ガラス建装時報 ・ 平成21年4月21日 リフォーム新聞 ・ 平成21年4月22日 住宅産業新聞 ・ 平成21年4月25日 日本住宅新聞 ・ 平成21年4月27日 ガラス新聞 ・ 平成21年5月8日 日刊工業新聞 ・ 平成21年5月30日 産経新聞 ・ 平成21年6月4日 日経産業新聞 <p>【技術開発成果の技術評価】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 技術評価 DPA-住技-29：(財) 建築防災協会 2. 愛知県耐震改修工法評価：愛知建築地震災害軽減システム研究協議会 3. 既存木造住宅の耐震補強に関する技術等の評価：長野県既存建築物耐震化評価委員会 4. 平成21年度 安価で信頼出来る木造住宅の「耐震改修工法・装置」の事例・アイデア募集 耐震改修工法部門：東京都都市整備局 		平成18年度（技術開発に係った経費）	8,800千円	補助金の額	4,400千円	平成19年度（技術開発に係った経費）	9,200千円	補助金の額	4,600千円	平成20年度（技術開発に係った経費）	10,800千円	補助金の額	5,400千円
平成18年度（技術開発に係った経費）	8,800千円	補助金の額	4,400千円										
平成19年度（技術開発に係った経費）	9,200千円	補助金の額	4,600千円										
平成20年度（技術開発に係った経費）	10,800千円	補助金の額	5,400千円										

【展示会】

・ 建築・建材展 2009 (第15回) 主催 日本経済新聞社

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

既存住宅の耐震補強工法は、主に面材等を利用した内壁が中心である。これに対し、本開発では、仕上げ兼用の外装サイディング材を利用した耐震補強工法の実現を目指した。これにより従来の既存壁の撤去→面材補強→再仕上げとなる工程より、再仕上げ工程を省略出来ることとなる。工法は2タイプを想定した。

1) タイプ1

1階部分の手の届く範囲で、既存壁を交換する補強工法で、足場費用の削減等ローコストを特徴とする工法。これにより1階部分の倒壊の多くが未然に防げるようになるものとする。

2) タイプ2

梁部まで壁を交換する工法でこれにより高倍率、高機能を図る工法。仕上げ(外装リニューアル) + 耐震補強 + 防火補強等、一度に建物のグレードアップが図れ汎用性もある工法である。

(2) 技術開発の完成度

1) タイプ1

柱間910, 1365, 1820mmについて、①一般補強仕様、②モルタル既存外壁を意識した木摺り付き仕様、③モルタル外壁かつ内部が土塗り壁の場合を意識した木摺り付き補強金具なし仕様の3仕様について実験にて性能を検証した。結果、基本仕様とバリエーション仕様に関して目標の壁強さ倍率2.5~5.0をほぼ満足することが出来た。

2) タイプ2

実験・試作等を重ね下記の結果を得た。

- ① 耐震サイディング製品仕様の確立。(厚18mm 比重1.05仕様 縦張り専用)
- ② 耐震専用ビス仕様の確立(トラス頭付き先端ドリル刃 φ5.0 L=50mm ステンレス製)
- ③ 胴縁仕様の確立(針葉樹構造用合板横胴縁仕様 厚15mm または18mm)
- ④ タイプ2基本仕様・バリエーション仕様の確定と耐力性能値算定
 - ・基本仕様：標準一般部：壁強さ倍率5.2KN/m
 - 横胴縁 @303 CN65 くぎ止め サイディング幅455 縦張り専用ビス止め
 - ・評価したバリエーション仕様：(下記タイプ別に分類し10種の仕様)
モジュール別：倍率タイプ別：部位別：間柱サイズ別
- ⑤ タイプ2の倍率アップタイプの仕様で30分の防火構造の防耐火性能を実験にて確認。(サイディングと厚15mmの胴縁と3mmラワン普通合板)
- ⑥ 納まり検討と施工試験より、補強設計・施工マニュアルを完成。

(耐力壁試験状況)



壁強さ倍率：5.2
(柱間1820)



壁強さ倍率：5.2
(柱間2000)



壁強さ倍率：7.1
(倍率アップタイプ、柱間1820)

(3) 実用化・市場化の状況

1) タイプ1

基本仕様、バリエーション仕様の確立は出来たが、補強金物の開発や納まりの段階で止水性の課題が判明した。

2) タイプ2

本開発技術は、平成21年4月より商品名「壁王（へきおう）」として製品化され市場に投入され始めた。(財)建築防災協会の技術評価をベースに、全国での設計・施工研修会技術研修を経て市場への浸透を図っている。

(4) 技術開発に関する結果

【成功点】

- ・仕上げ兼用の外装材として様々なバリエーションに対して、壁強さ倍率を取得出来た。

モジュール分類	倍率タイプ分類	部位別分類	壁強さ倍率(kN/m)
尺モジュールタイプ	標準タイプ	一般部タイプ	5.2 (4.7)
		入隅部タイプ	4.8 (4.3)
		屋根勝ち、軒天勝ち壁タイプ	3.0 (2.7)
	倍率アップタイプ	一般部タイプ	7.1 (6.4)
		入隅部タイプ	6.0 (5.4)
間くずれモジュールタイプ	標準タイプ	一般部タイプ	4.4 (4.0)
		入隅部タイプ	4.0 (3.6)
		屋根勝ち、軒天勝ち壁タイプ	2.6 (2.3)
	倍率アップタイプ	一般部タイプ	6.6 (5.9)
		入隅部タイプ	6.0 (5.4)

※()内は小さいサイズの間柱を用いる場合の数値:0.9掛けしたもの
間柱サイズ:標準は27×100mm以上、小さいサイズは27×60以上100mm未満

・「壁王（へきおう）」施工実施例



改修前



改修後

【残された課題】

既存の外壁部分の改修だけでは、耐力が不足する可能性がある開口部の耐力壁としての改修工法が必要となる。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

- ・今後も継続し、(財)建築防災協会の技術評価をベースに市場への浸透を図る計画である。
- ・開口部の耐力壁への改修工法に関しては、平成22年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業費補助金技術開発進めているところである。

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 既設住宅棟の増築・減築並びに耐震補強方法に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>中央防災会議による住宅の目標耐震化率は平成27年で90%、平成32年までに95%（平成21年12月閣議決定の新成長戦略）となっているが、平成20年での耐震化率は約79%にとどまっている。このことから1981年以前の旧耐震基準で設計・施工された既存不適格建物の耐震改修促進法（平成7年制定、平成17年改正）への対応と適切な耐震性能改善が急務となっている。これに対応してミラクルスリーコーポレーションは既にミラクル構法による上部への増築を実用化しているが、本技術開発では、こうした技術をさらに発展させ、既存建物の構造躯体を利用した以下の耐震補強方法開発・研究を行い有益な成果を得た。</p> <p>1) 有開口耐震壁の枠柱および連続繊維補強による耐震性改善：</p> <p>鉄筋コンクリート造の連層耐震壁（開口が偏在する場合）の静的載荷実験を行い、そのせん断性状を把握するとともに枠柱や連続繊維（SRF）による耐震壁の補強が有効であることを明らかにした。</p> <p>2) 連続繊維シート補強による鉄筋コンクリート柱の耐震性改善：</p> <p>新材料である低剛性・高靱性のポリケトン製連続繊維シートをコンクリート柱部材の補強材（外周を巻付け補強）として用いることを提案し、その場合のコンクリート部材のせん断強度および塑性変形性能改善効果を実験的に確認した。</p> <p>3) 外付け圧着PC（プレストレス）工法による既存建物の耐震性能改善：</p> <p>18 N/mm²以下の低強度コンクリートの既存建物に、スラブつきプレキャスト新設スラブを圧着接合した外側耐震補強架構モデル試験体の繰り返し載荷実験を行い、以下の成果を得た。</p> <p>①建築学会の現行規準における支圧強度式は高強度コンクリートに対して危険側の評価を与えるため、低強度から高強度コンクリートにまで適用できる推定精度の良い新しい支圧強度推定式を誘導した。</p> <p>②各種強度のコンクリートで構成される圧着接合面の一面せん断耐力および破壊モードに及ぼすコンクリート強度、圧着用鋼材のグラウトなどの影響を調べ、接合面のせん断耐力が、摩擦係数と密接に関係するコンクリート強度、ならびにグラウトのコッター作用によるコンクリートのめり込み変形などに大きく関係することを明らかにした。</p> <p>③18 N/mm²以下の低強度コンクリートの既存部に、スラブつきプレキャスト新設梁部を圧着接合した外側耐震補強架構のモデル試験体の繰り返し載荷実験を行い、試験体の破壊性状、圧着接合面のせん断伝達機構および基礎性能を明確にした。</p> <p>4) 外付け鉄骨フレームを用いた既存建物の耐震補強工法の開発：</p> <p>建築物の外周に独立した外付け鉄骨フレームを新設し、これと既存建築物を連結して耐震性能の向上を図る「外付け鉄骨フレームによる耐震補強構法」の普及に向けた開発を行った。この構法を用いれば、集合住宅を使用しながら耐震改修をおこなう「居ながら施工」が可能となるばかりか、建築物内部からの視界がほとんど遮られずにすむ。本研究では、特にせん断パネルダンパーを外付け鉄骨フレームに組み込む耐震補強法について開発を行なった。まず、対象建物の地震応答解析を行い、提案する耐震補強法によって応答変位が補強前と比べて大幅に軽減されることを確認した。さらに、解析結果を検証するため、実大のRC造門型架構に対して、外付け鉄骨フレームおよびせん断パネルダンパーを設置し、擬似動的載荷を行なった。なお、制振ダンパーが小さな層間変形角からせん断降伏してエネルギー消費を行なうように、せん断パネルには低降伏点鋼を使用した。El Centro NS波を用いた擬似動的載荷では、荷重変形関係からせん断パネルダンパーで大きなエネルギー消費が行われていることが確認でき、解析モデルの精度向上に必要な基礎的資料を得た。</p>	

5) プレキャストコンクリート壁による鉄骨建物の耐震性改善：

鉄骨骨組の耐震補強等に活用することを目的に、プレキャスト 化した鉄筋コンクリート耐震壁を鉄骨骨組に簡便に建て入れる工法を提案した。同工法は、鉄骨骨組と上記 耐震壁との接合部に土木分野で用いられている孔あき鋼板ジベルを活用したディテールを用い、施工性の向上を図った。本研究では、孔あき鋼板ジベルのせん断破壊性状を明らかにするため、充填材（モルタル）の種類、孔径、孔数と孔の配置位置、ふさぎ板の板厚、挿入鉄筋の有無および鉄筋種類、挿入鉄筋端部の処理方法を実験変数とした実験を行い、一面せん断を受ける孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価法を示した。また、鉄骨骨組に内蔵されたPプレキャストコンクリート 壁の破壊性状を壁板の辺長比および取り付けられる接合部の数を実験変数とした耐震実験を行い、その耐力評価法を提案した。

(2) 実施期間

平成 18 年度～20 年度

(3) 技術開発に係った経費：

技術開発に係った経費 87,619 千円 補助金の額 41,328 千円

(4) 技術開発の構成員

(株)ミラクルスリーコーポレーション (知財部 小森正夫)

京都大学 (防災研究所教授 田中仁史、工学研究科准教授 河野進、同助教 坂下雅信)

大阪工業大学 (工学部教授 中塚侑、同教授 西村泰志)

(5) 取得した特許及び発表した論文等

発表論文

1. 平成19年7月、コンクリート工学年次論文集（京都大学 助教・坂下雅信、准教授・河野進、教授・田中仁史、他1名）
タイトル：開口率の異なる偏在開口を有する連層耐震壁のせん断耐力評価
2. 平成19年9月、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系C2，（京都大学 助教・坂下雅信、准教授・河野進、教授・田中仁史、他5名）
タイトル：偏在開口を有するRC造連層耐震壁のせん断性状に関する研究(その1：実験概要)，(その2：実験結果及びせん断耐力の検討)，(その3：Ansys による3次元FEM 解析)，
3. 平成20年7月、コンクリート工学年次論文集（京都大学 助教・坂下雅信、准教授・河野進、他2名）
タイトル：偏在開口を有するRC 造連層耐震壁の耐震性能に関する研究，
4. 平成20年9月、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系C2（京都大学 助教・坂下雅信、准教授・河野進、教授・田中仁史、他4名）
タイトル：偏在開口を有するRC 造連層耐震壁のせん断性状に関する研究（その4：第2 シリーズの実験概要・結果）（その5：せん断剛性・耐力の検討，FEM 解析）
5. 平成20年9月、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系C2（京都大学 助教・坂下雅信、准教授・河野進、教授・田中仁史、他4名）
タイトル：開口が偏在するRC 造連層耐震壁のせん断性状に関する研究
6. 平成20年10月、The 14th World Conference on Earthquake Engineering，（京都大学 准教授・河野進、教授・田中仁史、他2名）
タイトル：Seismic Retrofit of RC Members Using FRP with Very Low Young's Modulus
7. 平成20年10月、The 14th World Conference on Earthquake Engineering，（京都大学 准教授・河野進、助教・坂下雅信、教授・田中仁史、他2名）
タイトル：Shear Behavior of Multi-Story RC Structural Walls with Eccentric Openings
8. 平成21年7月、日本建築学会大会学術講演梗概集構造系C2（京都大学准教授・河野進 他2名）
タイトル：ポリエステル製繊維シートで拘束したRC 柱の耐震性能に関する実験的研究
9. 平成20年7月、コンクリート工学年次論文集（大阪工業大学教授 中塚侑，他3名）
タイトル：低強度鉄筋コンクリート建物に対する圧着型外側耐震補強に関する基礎研究

10. 平成20年6月、日本建築学会近畿支部研究報告集（大阪工業大学教授 中塚侑，他3名）
タイトル：低強度鉄筋コンクリート建物に対する圧着型外側耐震補強に関する基礎研究
11. 平成20年9月、日本建築学会大会講演梗概集（大阪工業大学教授 中塚侑，他3名）
タイトル：低強度鉄筋コンクリート建物に対する圧着型外側耐震補強に関する基礎研究
12. 平成20年6月、日本建築学会近畿支部研究報告集（大阪工業大学教授 西村 泰志：他3名）
タイトル：S 要素とRC 要素が並列的に結合される接合部ディテールの開発
13. 平成20年7月、コンクリート工学年次論文集（大阪工業大学教授 西村 泰志：他3名）
タイトル：PCa 壁による鉄骨骨組の耐震性能の向上
14. 平成20年9月、日本建築学会大会学術講演梗概集（大阪工業大学教授 西村 泰志：他2名）
タイトル：孔あき鋼板を用いたS 要素とRC 要素が並列的に結合される接合部の破壊性状
15. 平成21年3月、日本建築学会構造工学論文集（大阪工業大学教授 西村 泰志：他1名）
タイトル：S 部材とRC 壁を孔あき鋼板ジベルを用いて結合された接合部のせん断破壊性状
16. 平成21年7月、コンクリート工学年次論文集（大阪工業大学教授 中塚侑，他2名）
タイトル：PC圧着工法のための支圧強度と一面せん断強度に関する基礎研究
17. 平成21年7月、コンクリート工学年次論文集（大阪工業大学教授 西村 泰志：他1名）
タイトル：一面せん断を受ける孔あき鋼板ジベルのせん断破壊性状

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

「有開口耐震壁の枠柱および連続繊維補強による耐震性改善」については、現在、日本建築学会：鉄筋コンクリート計算規準のうち、開口低減率に関する規定を改定するための基礎資料となっている。「連続繊維シート補強による鉄筋コンクリート柱の耐震性改善」では、新素材繊維の実用性を示している。「外付け圧着 PC（プレストレス）工法による既存建物の耐震性能改善」では、日本建築学会の現行規準における支圧強度式の実用的改善を示している。「外付け鉄骨フレームを用いた既存建物の耐震補強工法の開発」では、従来慣用の鉄筋コンクリートフレームによる外付け方式から鉄骨フレーム外付け方式への実用範囲の拡張を示した。「プレキャストコンクリート壁による鉄骨建物の耐震性改善」では、プレキャストコンクリートと鉄骨フレーム構造の複合という新たな複合耐震構造の可能性を示している。

(2) 技術開発の完成度

「有開口耐震壁の枠柱および連続繊維補強による耐震性改善」については、中高層建物に適用する連想耐震壁の場合、開口周比（開口の大きさ）、開口偏在度など組み合わせ要素が多く、現在も京都大学と他大学との共同研究の形で進行中である。その他の研究題目については、一応の研究成果が得られ完成としている。

(3) 実用化・市場化の状況

実用化・市場化においては、弊社が現在置かれている企業状況として、展開していくには厳しい状況であり、今後の進捗は望めないところである。しかし、市場が求めているのは事実であり、可能な限り事業譲渡先の新会社がさらに開発を推し進め展開されると考えるものである。

(4) 技術開発に関する結果

減築・増築に着眼点を置いた既存不適格建物の耐震改修工法の開発を行ったので、従来技術・工法の発展形だけでなく、鉄骨構造と鉄筋コンクリート構造の複合化という形で新技術が開発された。残された課題は、特になし

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

既存RC建物と鉄骨建物とのジョイント部分に関する開発に、さらに鉄骨建物のジョイントの上部における、鉄骨の接続部がどのようなストレスを受けるか。また、その対策はどのようにすればよいか開発を行っていきたい。

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>先進複合材料による在宅施工可能な超薄型システム耐震壁の開発</p>
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>既存の鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造骨組の開口部に、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）製の箱型ユニットをエポキシ樹脂接着接合で組積して耐震壁を構築する耐震補強工法である。既存コンクリートとの接合部にはあと施工アンカー等は用いず、コンクリート面に境界鋼板を接着し、その内側にユニットを組積する。組積壁に高耐力を期待する場合には、ユニット接合目地の側面に補助鋼板を接着する。構造性能および施工性を実験によって確認した。補強計画的には、建物の剛性と強度の増加を期待する強度抵抗補強型である。</p> <p>(2) 実施期間</p> <p>平成18年度～平成20年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <p>技術開発に係った経費 98,497千円 補助金の額 41,374千円</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>清水建設株式会社（技術研究所 副所長 田村和夫） 清水建設株式会社（技術研究所 次世代構造技術センター 所長 坂本真一） 清水建設株式会社（技術研究所 次世代構造技術センター 主任研究員 神野靖夫） 清水建設株式会社（技術研究所 次世代構造技術センター 副主任研究員 立石寧俊） 東レ株式会社（A&A センター 所長 須賀康雄） 東レ株式会社（アドバンスドコンポジットセンター 所長 関戸俊英） 東レ株式会社（アドバンスドコンポジットセンター第2開発室 室長 木本幸胤） 東レ株式会社（コンポジット技術部 コンポジット技術第1課 部員 坂本裕樹）</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p><u>出願中の特許</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 耐震補強ユニットおよびそれを用いた耐震補強構造（特願 2007-231233） 2. 耐震壁構造（特願 2008-078283） 3. 耐震壁の水平力伝達構造及びこれを備えた耐震壁（特願 2009-036930） <p style="text-align: right;">ほか3件</p> <p><u>発表した論文</u></p> <p>1. 日本建築学会大会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 田村，立石，磯田，真瀬，坂本：CFRP製軽量パネルユニットによる耐震補強壁の開発（その1）開発概要とパネルユニットの要素実験，2008年 AIJ 大会梗概集，構造IV，講演番号 23497 ・ 立石，神野，寺田，木本，服部：CFRP製軽量パネルユニットによる耐震補強壁の開発（その2）パネルユニット組積体のせん断実験，2008年 AIJ 大会梗概集，構造IV，講演番号 23498 ・ 神野，立石，田村，木本：CFRP製軽量パネルユニットによる耐震補強壁の開発（その3）補強RC架構の水平加力実験，2009年 AIJ 大会梗概集，構造IV，講演番号 23468 	

- ・立石, 神野, 磯田, 服部: CFRP 製軽量パネルユニットによる耐震補強壁の開発 (その4) ユニット組積壁の耐力評価, 2009 年 AIJ 大会梗概集, 構造IV, 講演番号 23469
- 2. 構造工学シンポジウム
 - ・立石, 神野, 木本, 坂本: CFRP 製耐震ユニット及び同組積壁のせん断性能実験, 構造工学論文集 Vol.55B, pp409-422, 2009.03
- 3. 国際会議
 - ・TATEISHI, JINNO, KIMOTO and HATTORI: Shear Properties of CFRP Unit and Unit Walls Bonded with Epoxy Resin Adhesive, The 3rd Symposium on Composite Structure and FRP Bridge, JSCE, Tokyo Japan, 2009.07
 - ・TATEISHI, JINNO, KIMOTO and HATTORI: Seismic Behavior of Reinforced Concrete Frame with New CFRP Units Infilled Wall, ATC & SEI conference 2009, San Francisco USA, 2009.12

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

既存技術にない本技術の先導性は、①ユニット組積壁が軽量・薄型・接着接合法でありながら、高いせん断耐力を有していること、②ユニットの長さが調整可能であり、新たに開発した既存躯体との接合法とともに組積壁を既存躯体へすっきりと納めることができること、③ユニットの組積作業・既存躯体への接合作業を、重機を使用せずに施工できる点である。

①に関して：比強度・比剛性に優れた CFRP 材料を使用して、軽量化・薄型化・高強度化を実現したユニットを開発した。箱状ユニットの標準寸法は 100mm (厚さ) × 300mm (高さ) × 900mm (長さ)、質量は約 11kg/個 (壁面質量：約 45kg/m²) である。ユニットどうしはエポキシ樹脂接着剤で接合されるが、ユニットの組積パターンを検討し、ユニット接合目地の側面に鋼板ピースを接着することで、接合部の強度を大幅に高めることに成功した。本工法によるユニット組積壁 (壁厚さ 100mm) の設計終局せん断耐力の最大値は約 500kN/m である。これは標準的な鉄筋コンクリート増設壁で換算して、壁厚さ約 250mm ($\tau=2.2 \text{ N/mm}^2$ で計算。壁面質量：約 600kg/m²) の設計耐力に相当する。その他同じ壁断面の GFRP ブロック壁と比較した場合、約 2 倍の耐力を有している。

②に関して：ユニットの標準寸法は 100mm (厚さ) × 300mm (高さ) × 900mm (長さ) であるが、ユニットの構造が中空で、小口部に専用の鋼製キャップをはめ込む構造としているため、長さ方向の寸法調整を自在に行うことができる。また、既存躯体と組積壁の接合も、薄い境界鋼板を介した接着工法による応力伝達方法を開発し、寸法の異なる既存開口部へも無理なく組積壁を設置することができる。

③に関して：ユニット 1 体の質量は約 11kg であり、組積作業は人力で行なうことができる。さらに本工法では、開口周辺に鉄骨枠体を使用せず、境界鋼板と呼ぶ鋼板を接着することで組積壁と既存躯体の応力伝達効率を高める構造としている。また、境界鋼板は分割して施工できるため、耐震補強壁の構築に、重機を使用せずに施工することも可能としている。

(2) 技術開発の完成度

CFRP 製耐震ユニットの製造方法に関しては、低コスト成形技術のひとつとして注目されている VaRTM 法 (差圧によってドライファブリックに樹脂を含浸させる成形法) での生産技術が確立されている。

設計・施工に関しては、設計施工マニュアル (案) を整備した。同マニュアルでは、本工法で補強された RC 架構の破壊モードを、組積壁が破壊するタイプ I、RC 架構と組積壁の接合部が破壊するタイプ II、架構全体が曲げ破壊するタイプ III、極脆性柱を有する架構がせん断破壊するタイプ IV、その他のタイプに分類し、終局耐力式を提案している。タイプ I、タイプ II 破壊時の耐力計算の妥当性は、構造実験の結果を用いて検証されている。タイプ III、タイプ IV、その他のタイプでは組積壁への影響はないものと仮定し、耐震改修設計指針等に従い計算するものとしている。施工に関しては、施工手順、基・規準等を明らかにしている。

第三者機関における性能証明を必要とする場合には、これまでの実験資料、設計施工マニュアル (案) を用いて申請を行なうことができる。

(3) 実用化・市場化の状況

市場化に関しては、平成20年度～21年度において、学会発表、社内説明会などで積極的普及展開を図ったが、現在の適用件数は0件である。

(4) 技術開発に関する結果

成功点

実用化のポイントとなった技術開発は、以下の通りである。

- ・ 高強度・軽量薄型・材長可変の CFRP 製耐震ユニットの開発：比強度・比剛性に優れた CFRP 材料を使用し、せん断強度を高めるのに最適な繊維配向を設定した。ユニットの形状は、量産性と歩留まりのよい直方体型のリブ付き中空構造とし、高強度化と軽量化を実現した。また、ユニットの小口部には耐力を負担する鋼製の専用キャップを開発した。これにより、ユニット材長の自在な調整を可能とした。
- ・ ユニットの高性能接着接合法の開発：ユニット厚が薄く接着剤の塗り幅が小さいため、ユニットを組積する際に空気だまりがほとんど生じないため、接合部の品質が向上した。ユニット接合目地の側面を補助鋼板と呼ぶ薄板を接着して補強することで、大きなせん断力にも抵抗できる接合法を開発した。更にせん断耐力の向上に適した組積パターンを設定した。
- ・ 組積壁と既存建物のノンアンカー接合法の開発：開口部内側の既存コンクリートへ境界鋼板と呼ぶ広幅の鋼板を接着接合し、その内側にユニット組積壁を構築することで既存躯体と組積壁の応力伝達を効率よく行なう工法を開発した。境界鋼板は分割して使用することも可能である。これにより重機を使用しない施工法を可能とした。

残された課題

本工法は、軽量で人力施工が可能な高耐力を実現できる工法であるが、まだ十分にそのメリットがアピールできていない。更なる市場展開を進めるためには、以下の様な課題が残されている。

- ・ 実建物のプランに合わせて、採光・通風のための開口が設置されるようなパターンを整備する。
- ・ 現状の組積壁は剛性・耐力は高いが、靱性（ねばり強さ）が低いため、既存建物の変形性能の改善のための適用は難しい。積層ファイバーの組み合わせなどにより組積壁の靱性を高めることで、適用範囲がより拡大できると考えられる。
- ・ 市場が開拓されていないこともあり、現時点では価格が割高となっている。市場展開に合わせて、低価格化を進めることが普及を図る上で必要である。

3. 対応方針

今後の見通し

本事業で開発したプロトタイプについて学会発表等を行ない市場の反応を探ったが、今のところ案件適用には結びついていない。今後、本工法のメリットをアピールする機会を設けることで市場展開のきっかけを得たい。また、上記に示した課題の解決は新たな市場開拓につながると考えられるが、当面は現時点での成果を基にした広報活動を中心とし、具体的な案件が発生した段階で、追加の必要な技術開発を検討することを考えている。

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 長寿命型超耐震建築システムの開発
----------------------------	-------------------------

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

革新的構造材料 H-SA700 を用い、震度7クラスの地震に遭遇した場合においても、主構造部材は弾性を維持し、地震終了後直ちに継続使用を可能とする長寿命型超耐震建築システムを開発し、その性能を実証し、世の中に広く PR するため、実大試験体を製作し、実証実験を実施した。実験結果は、期待通りであり、この建築システムの優れた点を世の中に広く伝えることができた。

[1] 震度7クラス大規模地震時において機能を維持する建築システムの実現

実大架構に震度7クラスの大地震を入力した実験を通して、建築システムの全体および各部位の無損傷状況を確認した。

試験体対象建物は、高機能維持を必要とする庁舎(鉄骨造、8階建て:図-1)であり、試験体(図-2)はこの一部の上4層をモデル化した。平面形状は、加力方向2スパン、その直交方向1スパン、スパン長は7mであり、階高は4mである。加力は、震度7クラス地震加力と震度7クラス地震を上回る余裕度確認加力を行った。

震度7クラス地震加力は、地震応答解析より得られた応答せん断力を各階2台、計8台のアクチュエーターを用いて試験体に与えることにより行った。地震応答解析に用いた入力地震波は、①鷹取駅波(兵庫県南地震)、②高円寺波(人工地震)、③小千谷波(新潟中越地震)である。

余裕度確認加力は、試験体の最大層間変形角が $R=1/30$ に達するまで行った。この実験より得られた知見は、以下の通りである。

- 震度7クラス大規模地震に相当する力(最大層間変形角: $R=1/75$)を試験体に与えた結果、長寿命型超耐震建築システムの主架構を構成する各部材(柱、梁、接合部、床スラブ)は無損傷(写真-1)であり、高い耐震性を有することが分かった。また、実験より得られた層せん断力~層間変位関係は、現状の知見で十分に再現できることを確認した(図-3)。
- 震度7クラス大規模地震時の非構造部材(在来工法による内装間仕切り壁)もほぼ無損傷であり、現工法による内装間仕切り壁でも、軽微な補修で建物の継続使用が可能であることが分かった(写真-3)。
- 余裕度確認加力の結果、最大層間変形角が $R=1/30$ に達し、柱梁接合部が一部せん断降伏(図-4)、在来工法による内装間仕切り壁には大きなひびわれが生じたが、架構全体は安定しており、震度7クラス大規模地震を上回る地震に遭遇しても、長寿命型超耐震建築システムは健全であることが分かった。また、実験より得られた層せん断力~層間変位関係は、現状の知見で十分に再現できることを確認した(図-5)。
- 上記の実験により、主架構および非構造部材の性能について設計クライテリアと照合・検討し、設計・施工指針に反映させた。

[2] 用途機能変化に幅広い受容性がある建築システムの実現

用途変更等の空間改修の柔軟性を考慮した床スラブを上述べた実大架構試験体に組立、解体を実施し、それらの着脱の容易性を確認した。この結果、得られた知見は、以下の通りである。

- 既に開発した用途可変対応型床スラブを実建物を想定した試験体に設置した。その施工においては大きな支障はなく、優れた施工性を有することが分かった。



写真-1 実験状況

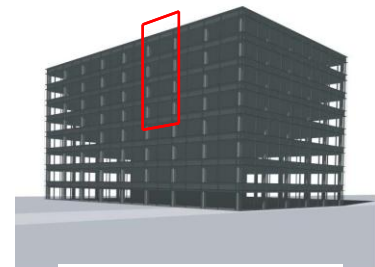


図-2 試験体概要

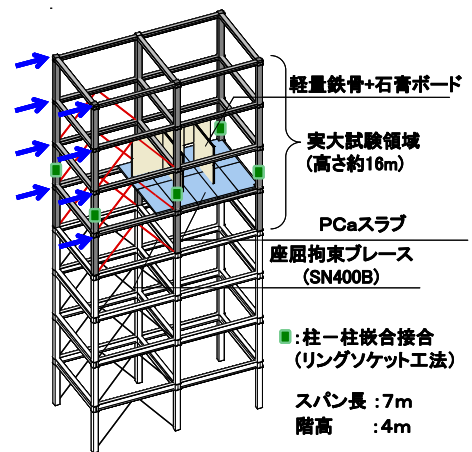


図-1 試験体対象建物

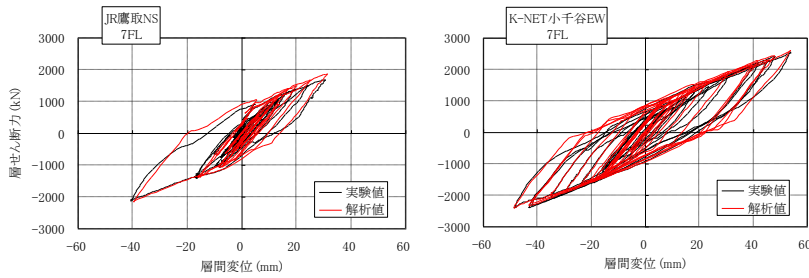


図-3 層せん断力・層間変位関係 (震度7加力)



写真-2 柱梁接合部の加力後の状況 (震度7加力)

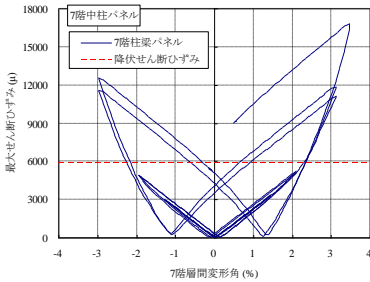


図-4 せん断ひずみ・層間変位関係 (余裕度確認加力)

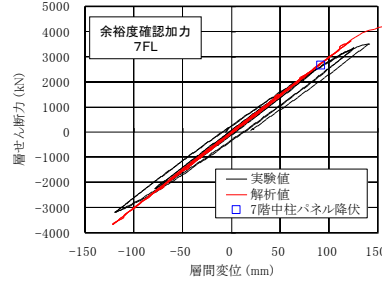


図-5 層せん断力・層間変位関係 (余裕度確認加力)



写真-3 在来工法間仕切り壁の加力後の状況 (震度7加力)

また、震度7クラス大規模地震およびそれを上回る余裕度確認加力を行った結果、床スラブには微小なひびわれが生じただけで、初期の構造性能を維持することが分かった (写真-4)。さらに、加力実験終了後、床スラブは容易に取り外すことができた。これらより、この床スラブは、用途機能変化に幅広い受容性があることが分かった。

2) 在来工法による内装間仕切り壁を実建物を想定した試験体に設置し、全ての加力実験終了後に解体した。その結果、解体工事は、何ら支障なく容易に行えることが分かった。

[3] 資源の循環を基本とする建築システムの実現

リユースを考慮した部材を実大架構試験体に組立、解体を実施し、施工法およびリユース性を検証・確認した。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 既に開発したリユース対応型柱梁接合部を実建物を想定した試験体に設置した。その施工性は優れており、大きな支障はないことが分かった。また、震度7クラス大規模地震およびそれを上回る余裕度確認加力を行った結果、当該接合部はまったく損傷しないことが確認された。全ての加力実験終了後に解体したところ、解体は非常に容易で、部材は再使用の可能性大であることが分かった (写真-5)。
- 2) 既に開発したリユース対応型柱柱接合部を実建物を想定した試験体に設置した。その施工性は優れており、大きな支障はないことが分かった。また、震度7クラス大規模地震およびそれを上回る余裕度確認加力を行った結果、当該接合部はまったく損傷しないことが確認された (写真-6)。全ての加力実験終了後に解体したところ、解体は非常に容易で、部材は再使用の可能性大であることが分かった (写真-7)。
- 3) 既に開発した用途可変対応型床スラブを実建物を想定した試験体に設置した。全ての加力実験終了後に解体した結果、解体は非常に容易で、部材は再使用の可能性大であることが分かった (写真-8)。
- 4) 上述の実験結果を、設計・施工指針に反映させた。



写真-4 床スラブの加力後の状況 (震度7加力)



写真-5 ブラケットの測定状況



写真-6 柱柱接合部の加力後の状況



写真-7 柱の測定状況



写真-8 床スラブの測定状況

(2) 実施期間

(平成 20 年度)

(3) 技術開発に係った経費

(技術開発に係った経費 117,666 千円 補助金の額 55,000 千円)

(4) 技術開発の構成員

(社)新都市ハウジング協会、

(株)大林組、鹿島建設(株)、清水建設(株)、大成建設(株)、(株)竹中工務店、

(株)鴻池組、戸田建設(株)、西松建設(株)、三井住友建設(株)、大和ハウス工業(株)、

ジオスター (株)、(株)ピーエス三菱、(株)フジタ、(株)長谷工コーポレーション、

(株)市浦ハウジング&プランニング、(株)日建設計、(株)日本設計 (1 団体+17 社)

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許 なし

発表した論文

1. 平成 21 年 8 月 建築学会 (東北大会)

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1) 超高強度鋼を用いた柱梁接合部実験(その 7) | 鈴木 康正 (大林組) |
| 2) 超高強度鋼を用いた柱梁接合部実験(その 8) | 田中 直樹 (鹿島建設) |
| 3) 超高強度鋼を用いた柱梁接合部実験(その 9) | 竹中 啓之 (戸田建設) |
| 4) 超高強度鋼を用いた無損傷設計法の提案(その 4) | |
| [無損傷設計法による設計・検証例] | 中井 政義 (竹中工務店) |
| 5) 超高強度鋼を用いた実大構造物の加力実験(その 1) | 浅井 英克 (大林組) |
| 6) 超高強度鋼を用いた実大構造物の加力実験(その 2) | 川村 東雄 (大成建設) |
| 7) 超高強度鋼を用いた実大構造物の加力実験(その 3) | 岡安 隆史 (鹿島建設) |
| 8) 新構造システム建築物実大実証実験(その 1) | 岩波 光一 (戸田建設) |
| 9) 新構造システム建築物実大実証実験(その 2) | 瀧 諭 (清水建設) |
| 10) 新構造システム建築物実大実証実験(その 3) | 波多野 純 (鴻池組) |
| 11) せっこうボード張り間仕切壁の面内加力実験(その 1) | 梶 隆 (清水建設) |
| 12) せっこうボード張り間仕切壁の面内加力実験(その 2) | 林 徹 (長谷工コーポレーション) |

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性：現状の建築物は震度 6 強クラスの地震に遭遇すると、主構造部材は塑性化し、地震後の継続使用は困難である。また、塑性化を許容する構造設計は複雑であり、思わぬところで欠陥を生じる可能性がある。これに対し、長寿命型超耐震新構造建築システムでは、弾性設計を基本としていることから、欠陥を生じ難く大地震直後からの継続使用を可能とする。

(2) 技術開発の完成度：長寿命型超耐震建築システムでは、設計・施工指針を作成しており、需要があれば、直ちに実現可能である。このことから、現状においても完成度は高いと言える。

(3) 実用化・市場化の状況：実用化に向け、関係省庁、民間デベロッパーに個別訪問し、長寿命型超耐震建築システムの優位性を説明した。また、設計・施工指針の関係者の講習会を実施し、技術者への周知徹底を行った。現在、革新的構造材料は、CFT 柱として実適用している。

(4) 技術開発に関する結果：

・成功点：震度 7 クラスの地震に対し、主構造部材を弾性に留め、地震後、直ちに建物の継続使用を可能とする設計・施工指針を作成した。これにより、BCP に重点を置く建物の設計に大いに貢献できるものと思われる。

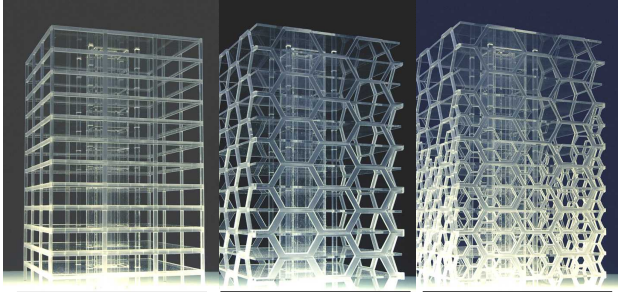
・残された課題：革新的構造材料 H-SA700 を用いた構造部材の疲労特性が、まだ、明確に把握されていない。また、同材料を用いた CFT 柱を実建物に適用するためには、同部材の耐火特性の把握も行う必要がある。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

今後、官庁関係やデベロッパーに対し、長寿命型超耐震建築システムの優位性を説明するなど、同システムの実現に向けて、さらに普及活動を続ける。革新的構造材料 H-SA700 を用いた構造部材の疲労特性に関しては、材料の特性を検討中であり、これにより、疲労特性を考慮した設計も可能になるものと思われる。CFT 部材の耐火特性に関しては、別の補助事業において検討中である。

技術開発成果報告書

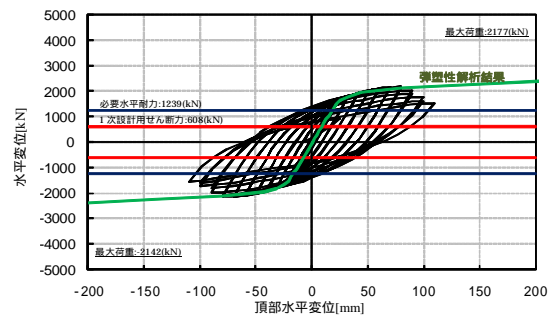
<p>事業名 ・住宅等の安全性の向上に資する技術開発</p>	<p>課題名 「ハニカムチューブ構造による高耐久、高強度 高層建築システムの開発」</p>
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>従来のラーメン構造に対して高い剛性と耐力を有するハニカムチューブ構造の特性を生かし、世界に類を見ない、環境にやさしく、安全で安心な高耐久、高耐震の建築システム技術開発を目的とした耐震、耐火及びシステム実験を行う。</p> <div data-bbox="778 369 1401 698" style="text-align: center;">  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> ラーメン構造 ハニカム構造 フラクタルハニカム構造 </div> </div> <p>(2) 実施期間 平成20年度(平成20年5月29日～平成21年3月31日)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 平成20年度 技術開発に係った経費244,589千円 補助金の額116,500千円</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>総括</p> <ul style="list-style-type: none"> ・積水化学工業株式会社 住宅カンパニー 都市開発事業推進部 (事業主体) ・秋山 宏(東京大学 名誉教授) 他 <p>フラクタルハニカム構造に関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・株式会社構造設計集団 (事業主体) ・日本大学 理工学部 海洋建築工学科 安達・中西研究室 ・慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 伊香賀研究室 他 <p>耐火システムに関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・株式会社インターデザインアソシエイツ (事業主体) ・安宅防災設計株式会社 他 <p>制震ハニカム構造に関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・株式会社構造設計集団 (事業主体) ・日本大学 理工学部 海洋建築工学科 安達・中西研究室 ・日本大学 理工学部 建築学科 石丸研究室 他 <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <p>取得した特許</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.ハニカム建築構造体及びその点検方法 特許第4365447号(平成21年8月登録) <p>発表した論文</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.平成21年11月 日本大学理工学部学術講演会(日本大学教授 安達 洋 他8名) タイトル:フラクタルハニカムによるチューブ式建築システムの開発研究 その4～9 2.平成22年9月(予定) 日本建築学会大会(日本大学教授 安達 洋 他9名) タイトル:フラクタルハニカムによるチューブ式建築システムの開発研究 その6～9 <p>刊行した書籍</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.平成21年11月 株式会社新建築社 (日本大学 安達+中西研室・慶應義塾大学 伊香賀研究室) タイトル:ハニカムチューブ・アーキテクチャー テクノロジーブック 	

2. 評価結果の概要

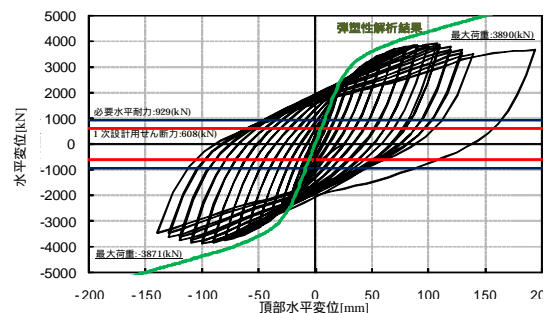
(1) 技術革新性

フラクタルハニカム構造に関する技術開発

- ・ 試設計によりハニカム構造はラーメン構造と比較して同一耐力で鋼材量及びCO₂ 排出量の削減を実証、さらにフラクタルハニカム構造は、部材を同一サイズにしながらサブフレームで耐力をコントロールすることが可能となった。
- ・ 実験結果から、ラーメン構造では得られない高い耐震性を保有し、特にフラクタルハニカムでは、建物の耐震計画上の自由度がきわめて大きく全体構造の一部をフラクタル化することで建物全体の耐震性を高めることが実証できた。



B-T 試験体 荷重 - 変形曲線



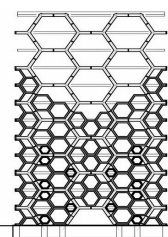
C-T 試験体 荷重 - 変形曲線

耐火システムに関する技術開発

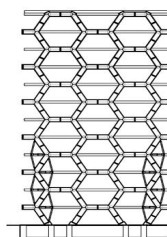
- ・ 柱熱容量実験により、耐火被覆したメインフレームと無被覆または部分的耐火被覆のサブフレームとがフランジ同士で接合する構造複合柱において、加熱時にメインフレームへ急速な熱流入がないことが実証され、新耐火被覆工法の可能性を確認した。
- ・ 柱載荷加熱実験により、60分・90分・150分・180分(熱容量補正)の新耐火被覆工法の性能が証明でき、柱座屈時最終状態を確認し、火災温度に達するサブフレームがメインフレームの補強となることを実証、さらに、部分的耐火被覆のサブフレームは目視点検可能で、その耐震センサーフレーム性能を機能できることを確認した。

制震ハニカム構造に関する技術開発

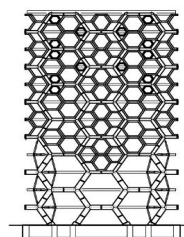
- ・ 金属的制震(サブフレームに低降伏点鋼使用)と物理的制震(トグル型ダンパー)の性能検証を行い、これらの制震システムを付加することで高度な耐震性を確保でき、かつ経済性、計画・設計上の自由度を高め、将来の超高層建築に寄与できることを確認した。
- ・ 大地震時に損傷した部分のハニカムサブフレームを交換し、再度高性能を発揮する部材交換システムの可能性を確認した。



モデル D



モデル E



モデル F

(2) 技術開発の完成度

ハニカムチューブ・アーキテクチャー (HTA) は、先行して開発してきたPC (プレキャスト+プレストレスト) 構造に続き、今回の技術開発においてスチール構造の試設計・構造解析・検証実験等を行い、実用化に向けた建築構造システムとしての基礎的技術開発に目処をつけることができた。

また、これまでの技術開発の内容と環境性能 (CASBEE・LCCO₂ 評価) を総括、書籍として刊行 (平成21年11月) し、HTAの建築構造システムとしての技術や可能性を一般に公開した。

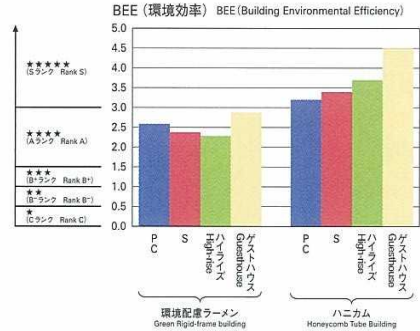
(3) 実用化・市場化の状況

今回の技術開発を踏まえて、実建物としての事業化を目指して活動 (事業企画・企画設計等) 中であるが、市場環境の厳しさもあり現状事業化に目安があった案件はなかった。

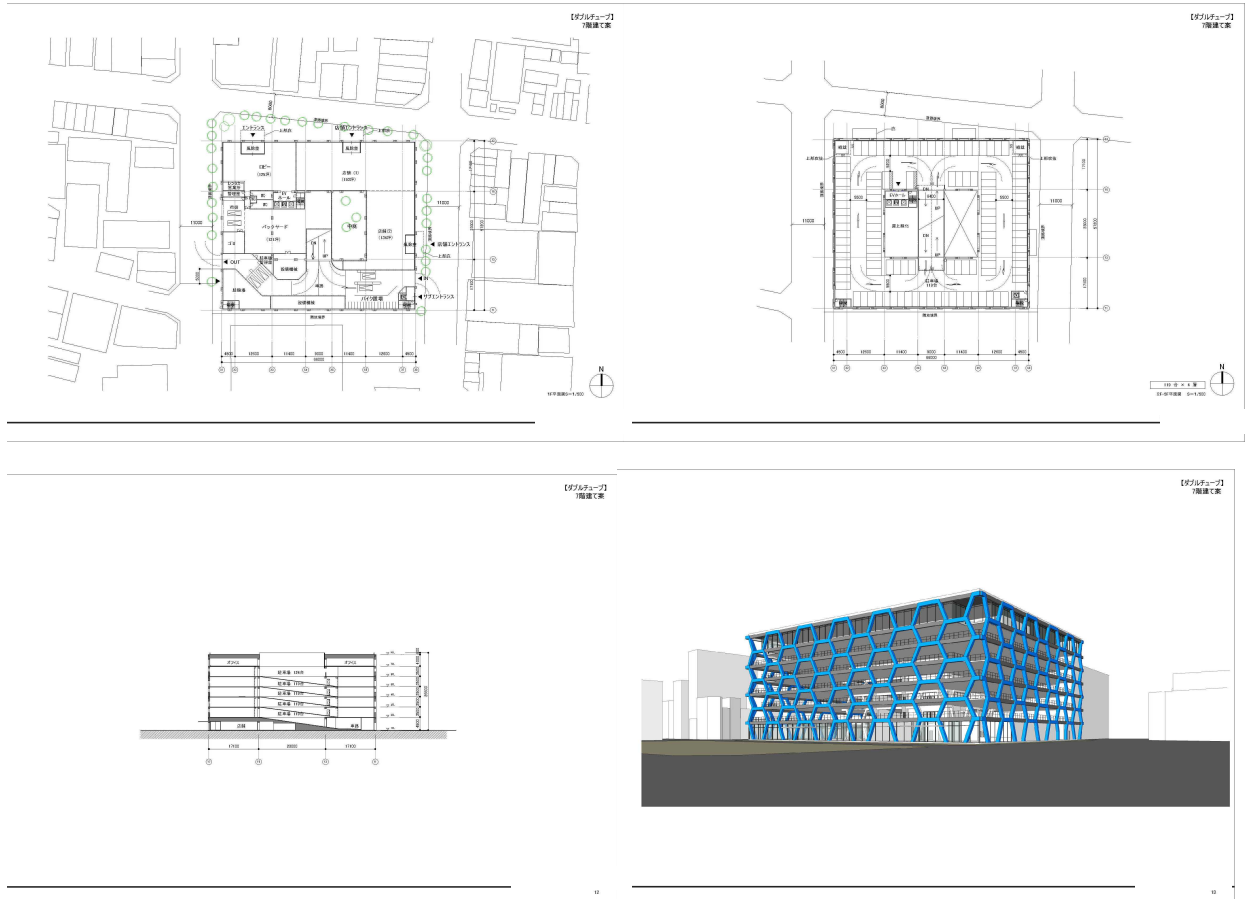
しかしながら、今回の技術開発の対象には含まれないが、先行で開発を進めていたPC構造の構造評定取得 (平成21年8月)・2階建て鉄骨建築で一部ハニカム構造を採用した実建物を2棟竣工 (平成20年9月・平成21年9月) している。

	PC	S	ハイライズ High-rise	ゲストハウス Guesthouse
ランク Rank	★★★★★ (S)	★★★★★ (S)	★★★★★ (S)	★★★★★ (S)
BEE	3.2	3.4	3.7	4.5
Qの点数 Q points	78	82	79	81
Lの点数 L points	24	24	21	18

t-1. ハニカムチューブ・アーキテクチャー評価結果の概要
Honeycomb Tube Architecture assessment results



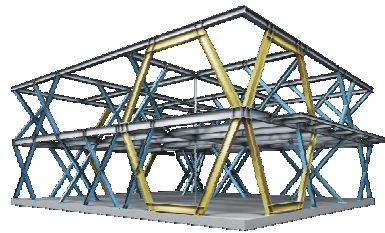
t-2. 環境配慮建物との性能比較
Performance comparison with Green Building



検討中プロジェクト (ハニカムチューブ構造・地上7階建て)



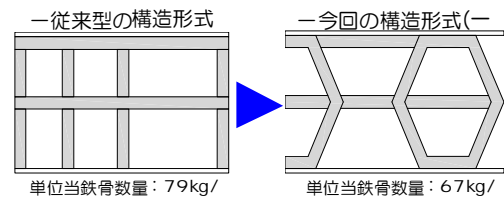
構造評定取得物件



平成20年9月竣工物件



平成21年9月竣工物件



鋼材量約15% (約10t) の削減



(4) 技術開発に関する結果

・成功点

本技術開発はさまざまな角度から総合的に技術開発を行ったことが特徴である。

本構造はいままでになかった制震システム及び部材交換システムにより、長寿命が可能となり、さらにCO₂排出量を最小限にすることで、現代の最大の課題である地球環境問題にも対応できる建築構造システムであることを実証した。

・残された課題

フラクタルハニカムにおけるメイン・サブフレームの接合方法、耐火被服材料のシステムとしての生産性等実施工に対応した検証が必要である。

早期に実建物による設計から施工までトータルに検討(品質・コスト・施工性等)ができる環境整備が必要と考える。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

引き続き実建物としての事業化を目標に活動を展開する予定であるが、早期に実建物を実現する方策として取得した特許の実施許諾契約を設計事務所・ゼネコン等と締結(現在3社と締結済)し、HTA構造の技術活用を広げ展開する。

今後は上記取組みと合わせ、日本建築学会大会での発表・建築雑誌掲載等を継続的に行い、HTA技術の公開・普及に努める。

また、大学・研究機関と設計者・施工者との連携により実用化・市場化に目安が立つよう活動を継続する。

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 <input checked="" type="radio"/> 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 不等沈下家屋の復旧・補強用屋内施工杭に関する技術開発
1. 技術開発のあらまし (1) 概要 本技術は、沈下した柱・基礎の直近に超小型油圧ハンマにてピンポイントに鉄筋、鋼管杭を打設し、これにより必要な支持力を得て既存家屋基礎を補強することを目的として。本事業において、既存家屋基礎はコンクリート（布基礎）が多いので今回は布基礎への施工を想定し、支持力や接続方法、基礎との連結方法、および実際の打設について、それぞれ実証実験を実施して結果、鉄筋のような小径の杭でも既存基礎の支持力を補強する十分な支持力を得られること、従来基礎との連結には無収縮モルタルの適用で簡易に施工でき十分な連結能力を得られること、小径短尺の杭材と小型打設機械により人力での運搬・施工が可能であることを確認した。 (2) 実施期間 平成20年度 (3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 30,863千円 補助金の額 15,385千円 (4) 技術開発の構成員 株式会社オーク（技術開発課 森脇 昌一） 福井工業大学建設工学科 教授 松井 保 (5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 1. 既存家屋の基礎補強方法（第4365279号 平成21年取得） 発表した論文 1. 無し	

2. 評価結果の概要

(1) 技術革新性

現在、実用化されている沈下修正工法及びその特徴を以下に示す。

	揚家・曳家工法	薬液注入工法	アンダーピニング工法	本工法
工法の特徴	上部構造物を持上げて仮受け固定もしくは水平移動して、既存基礎を撤去し新たに構築する工法。	薬液により地盤改良を行いその後ジャッキアップにより水平修復する工法。	沈下している基礎の直下を掘削して建物重量を反力として鋼管等の杭材を支持地盤まで圧入する工法。	沈下している基礎の直下もしくは直近に鉄筋等の鋼材を杭として打設し基礎の支持力補強を行う工法。
工事期間	× (30~60日)	△ (14日)	△ (14日)	○ (7日)
作業スペース	× (作業機械の稼働スペース 約 200 m ²)	× (機械の設置スペース 約 30 m ²)	× (作業機械の稼働スペース 約 100 m ²)	○ (材料、機械の設置スペース 約 10 m ²)
掘削作業の有無	× (既存基礎の撤去)	△ (注入口の確保)	× (基礎直下の掘削)	○ (必要としない)
資機材の人力運搬	× (不可)	× (不可)	△ (機械掘削・埋戻)	○ (ほぼ全て可能)
居住者の仮移住	× (必要)	○ (不要)	○ (不要)	△ (床材撤去を伴う)
屋内での作業	× (全て屋外での作業)	△ (屋内の場合も有)	× (全て屋外での作業)	○ (屋内作業が可能)

表が示すように工事期間、作業スペース、基礎周辺の掘削作業の有無、資機材の人力運搬の可能性、居住者の仮移住等全ての項目において本工法のほうが他工法より優れている。特に屋内での施工においては唯一本工法のみ可能で、それこそが本工法の最大の特徴である。

本来、杭打設は上部構造物建築前に行うもので、建築後の構造物直下に杭を打設する工法は上記ではアンダーピニング工法と本工法のみであるが前者の工法は杭材を基礎直下に設置するために基礎周辺の掘削が不可欠である。本工法は掘削作業を一切必要としないため作業箇所の地盤を緩める恐れはない。

(2) 技術開発の完成度

本工法の開発項目の完成度を下表に示す。

段階	課題	完成度	備考
計画時 (事業期間内)	・短尺鋼材の杭材料としての妥当性の検討	○	継続中
	・短尺鋼材の接続方法に関する検討	○	
	・杭形状の違いによる支持力の解析・検討	○	
	・杭の支持力判定のためのモニタリングシステムの開発	△	
	・既存基礎との連結方法の検討	○	
	・屋内施工可能な杭打設機械の開発	○	
事業化 (事業期間後)	・性能評価証明の取得	△	調査中
	・保険・保障制度の導入	△	調査中

事業期間内に短尺鋼材の杭材料の妥当性、短尺鋼材の接続方法、杭形状による支持力の違い、既存基礎との連結方法について室内試験及び実物大試験により検証し、実用化の可能性を確認した。

また、屋内施工を可能にする杭打設方法を開発しその可搬性及び作業性を確認した。その他、杭支持力判定のモニタリングシステムに関しては現在も継続中である。

事業期間後の展開としては表に示すように性能評価証明の取得、保険・保障制度の導入が不可欠であり現在調査中である。

(3) 実用化・市場化の状況

補助事業終了後の実用化・市場化への取り組み状況は次の通りである。

- ・平成 21 年 6 月 施工引合い 豊岡市内 民間（一般住宅）
- ・平成 21 年 7 月 施工引合い 豊岡市内 民間（老人ホーム）
- ・平成 22 年 2 月 施工引合い 京都府内 民間（一般住宅）
- ・平成 22 年 3 月 施工引合い 豊岡市内 兵庫県（高等学校）
- ・平成 22 年 4 月 施工引合い 豊岡市内 豊岡市（保育園）
- ・平成 22 年 6 月 施工引合い 養父市内 民間（一般住宅）（現在施工件数 0 件）

- ・平成 21 年 7 月 山陰合同銀行のビジネスマッチング制度登録

補助期間終了後の平成 21 年から 22 年にかけて、上記に示すように兵庫県豊岡市内を中心に 6 件の引合いを得た。（実施工には至っておらず施工実績としては 0 件となっている）これは市場での需要があることを示唆しており、事業化の可能性は十分にある。

我々が活動する土木、建築といった分野では施工実績が重要視され本件のようにパイロット的要素の高い工事は採用され難い傾向にある。販路拡大を目的として山陰合同銀行のビジネスマッチング制度を利用している。施工実績が増加すれば利用者にとっても採用しやすくなると考えている。

（４）技術開発に関する結果

・成功点

①支持力の確認

杭単体での静的載荷試験を実施し、杭 1 本当り 10～20kN の支持力を確認した。また、実物大の布基礎を製作し、実際の施工手順に基づき杭施工を行って基礎の補強を行い静的載荷試験を実施した。その結果、杭単体での試験結果と同様に、実施工による補強効果が明確になった。

②杭材の接続、基礎との連結方法の確認

短尺杭材の接続は施工性と確実性を考慮して溶接継ぎ手とし、曲げ載荷試験により継手部の強度が杭本体よりも高いことを確認し、実施工への適用が可能であると判断した。また、無収縮モルタルを用いた従来基礎との連結部分にもひび割れやパンチング等の有害な変化はないことを確認した。

③施工機械の開発

本工法は屋内での杭打ち作業を最大の特徴としている。人力で運搬・組立・施工が行える小型ハンマとリーダーを組み合わせた打設機械を開発するとともに、実際の杭打設に使用してその作業性及び可搬性を確認することができた。

・残された課題

本技術を沈下修正工法として普及させる為には以下の 2 項目の実施が必要である。

①性能評価証明の取得

工務店や建築会社、設計者が安心して利用できるよう性能評価証明を取得する。その為にはより多くの現場で施工実績を積重ねてそれぞれの地盤条件・施工条件をデータ化していくことが必要である。

②施工実績の確保

前項で述べたように実用化するには施工実績の確保が必要であるが、本技術は現状ではパイロット的要素が高いため実施工に至らないのが実情である。顧客を確保して実績を得るため、現在山陰合同銀行のビジネスマッチング制度を利用して販路開拓を進めている。

3. 対応方針

（１）今後の見通し

今後の取組みとして、上記の「残された課題」欄で述べたように、工務店等が採用しやすいよう性能評価証明の取得の検討、加えて顧客を安心させる目的で保険・保障制度の導入も検討する。