

実証事業名： 松栄建設本社・高性能CLTオフィス建築の実証事業
 実施者： 松栄建設株式会社、一般社団法人 YUCACO システム研究会

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		福井県坂井市春江町		
構造・工法		CLT工法（一部、木造軸組工法）		
階数		2		
高さ（m）		7.75	軒高（m）	6.95
敷地面積（㎡）		1976.08	建築面積（㎡）	204.00
階別面積	1階	204.00	延べ面積（㎡）	408.00
	2階	204.00		
	3階			
CLT採用部位		外壁、間仕切壁、2階床、屋根		
CLT使用量（m ³ ）		加工前製品量 133 m ³ 、加工後建築物使用量 119 m ³		
CLTを除く木材使用量（m ³ ）		24 m ³		
CLTの仕様	（部位）	（寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種）		
	壁	150mm厚/5層5プライ/S60/スギ		
	床	210mm厚/5層7プライ/Mx60/スギ		
	屋根	150mm厚/5層5プライ/S60/スギ		
設計期間		H29.1月～9月（9ヵ月）		
施工期間		H29.10月～12月（3ヵ月）		
CLT躯体施工期間		H29.11月（7日間）		
竣工（予定）年月日		H30年1月22日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT建築を促進するためには、CLT建築の設計・施工において現代社会のニーズに応えられる技術向上が必須である。現代社会のニーズとは、様々な災害に対する安全性の確保、地球温暖化防止のための「省エネ性」・「創エネ性」・「木材利用」・「耐久性」などに対する取り組み、さらには、機能性・快適性の確保や合理的な施工によるコスト縮減などであり、一言でいえば「高性能化」や「高度化」と言われるものと考えられる。こうした様々な高性能化や高度化を一挙に成し遂げることは難しいが、本実証事業においては、高性能化に関わる技術開発として、構造分野では「CLT建築における長尺スクリー接合仕様の開発と評価」を、環境分野では「断熱・気密性能の評価と全館空調システムの性能検証」を取り上げ、CLT建築の普及・促進に資することを目的とした。課題は、以下の4つである。

①長尺スクリー接合仕様の試験と構造設計ルート確立：CLTの施工は、現行の建築基準法告示においてはU字又はL字金物などが主体となっている（いわゆる「告示金物工法」）

が、EU等では改良が進み、スクリーや簡易型接合金物を用いたより簡単な施工に移行し、施工の合理化と省力化が実現している。それゆえ、本事業では、長尺スクリー接合仕様について、建築基準法・告示に応じた接合部バネ特性を試験によって把握し、告示に従った構造設計を行って実際に建物を建設し、告示に従った構造設計ルートを確認する。

②長尺スクリー接合工法の施工性評価：CLT 長尺スクリー接合工法（A棟）、及び、CLT 告示金物工法（B棟）を用いて実際に建物を建設し、両者の施工性について比較・評価を行い、長尺スクリー接合工法の省力性・合理性などを調べる。

③CLT 建築の断熱・気密性能の測定評価：CLT 建築は、木質のパネル工法であるので断熱・気密性能の点では有利であると考えられている。しかし、日本においてはまだ測定評価を行った事例はないので、ここで実測を行って断熱・気密を確認し、課題があれば示す。

④高性能オフィスに最適な全館空調システムの導入とその性能検証：高断熱の CLT 小規模オフィスは日本では類例がなく、その空調システムについてはどのようなものが適しているか、検討はされていない。省エネ性能が高く妥当なコストの空調システムとして、本実証事業では床チャンバー方式の全館空調システムを導入し、その性能検証を行う。

3. 実証事業の実施体制（または協議会構成員）

【設計】M. A. 建築設計事務所：由比浩夫

【構造設計】(株)日本システム設計：三宅辰哉

【施工】(株)SR：小角裕一

【CLT 製造】(株)中東、山佐木材(株) 【長尺スクリーの金物提供】若井産業(株)

【性能検証】(一社) YUCACO システム研究会、松栄建設(株)

4. 課題解決の方法と実施工程

<協議会の開催>

H29.1.23：第1回開催、プラン計画、全体計画の打合せ

3.27：第2回開催、プラン、試験体案・加工構成の確認、全体スケジュール確認

4.25：第3回開催、プラン確認、試験体C案に決定

4.28：第4回開催、平面プラン決定、計算ルートの確認、試験のスケジュール、試験体加工構成確認

6.23：第5回開催、全体スケジュールの確認、意匠図・構造図の照合

8.21：第6回開催、実施設計進捗確認、確認申請機関に事前相談

10.10：第7回開催、工事進捗確認

11.13：第8回開催、工事進捗確認

<設計>

H29. 1～6月：基本設計、架構構成 7～8月：実施設計

8.31：適合判定事前提出 9.20：建築確認申請提出 9.29：適合判定申請書提出

<施工>

H29.3.30:工事契約 10月:地盤改良・基礎工事 11～12月:本体工事 12月:設備工事

<接合部試験>

H29.5～7月：接合部圧縮試験、引張り試験、せん断試験、認証の取得

<温熱関係の性能確認>

H30.1月～2月：気密性能・断熱性能の測定 H30.2月～：全館空調システムの性能測定

5. 得られた実証データ等の詳細

①長尺スクリー接合仕様の試験は17ケース行い、告示ルート3の構造設計において必要となる接合部バネなどを設定した。試験結果の一例を図1に示す。

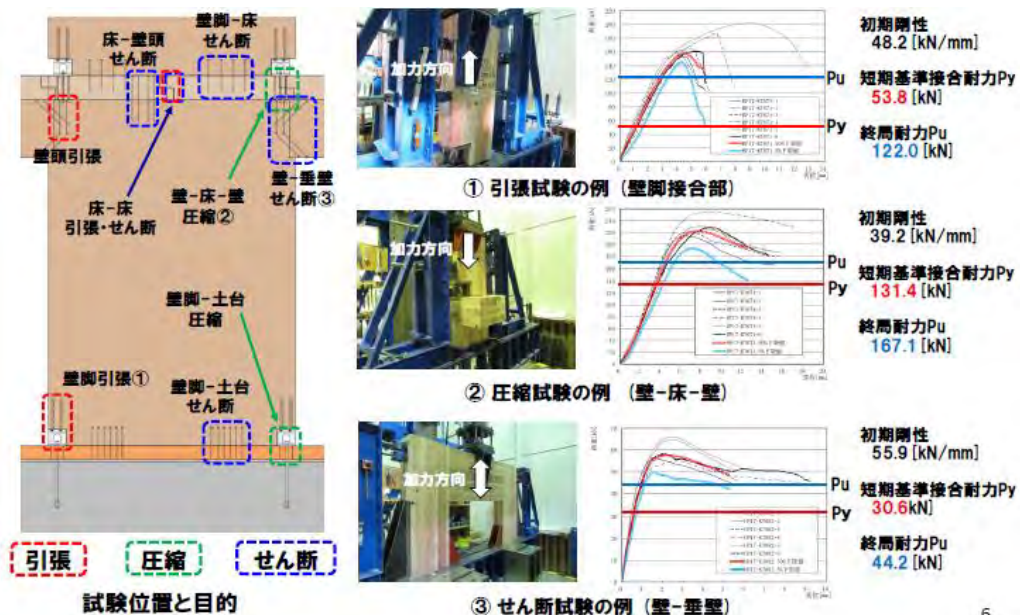


図1 長尺スクリー接合仕様の接合部試験の一例

②本事業における CLT 建物の建設工事の経験から、長尺スクリー接合法 (A 棟) は、告示金物工法 (B 棟) と比較して、接合仕様の材料費がやや安く、且つ、CLT の建入れ時の調整が容易であり、上棟後にビス打ちが不要であるなどの利点を有していることが分かった。また、上棟のための施工時間は両者ともそれほど差がないことも確認できた。

③本実証事業で建設した高断熱の CLT 建築の全体の気密性能を実測した。実測された C 値 (床面積あたりの相当隙間面積) は 2.3c m²/m²であった。また、断熱性能については、U_A 値 (外皮の平均熱貫流率) の設計値は 0.322W/(m²・K)、実測値は 0.31W/(m²・K)であった。両者の実測において取得したデータを図2と図3に示す。また、建物全体の熱画像写真を

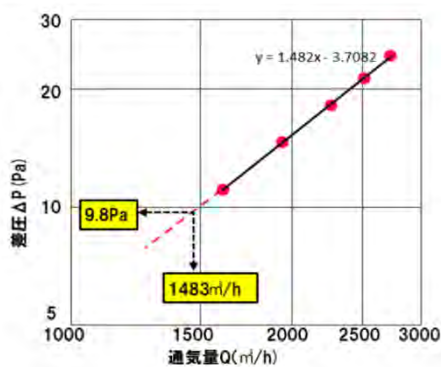


図2 気密性能の実測でのデータ

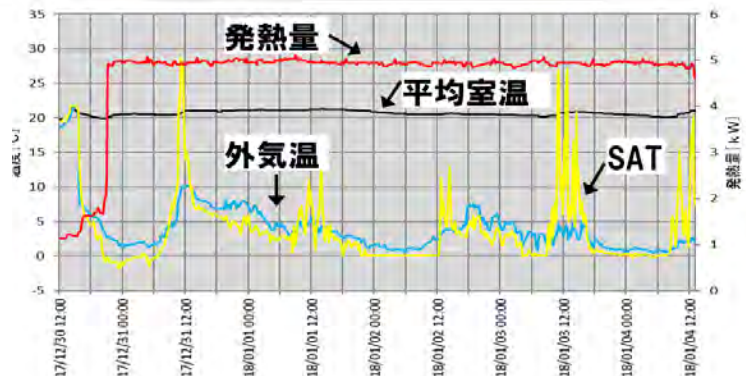


図3 断熱性能の実測でのデータ

撮り、熱漏れがないか確認した。また、外皮の熱画像写真から U_A 値を実測した。

④高性能オフィスに最適な全館空調システム(YUCACO システム)の導入し、その性能検証を行うとともに、年間のエネルギー消費と室内環境の実測に着手した。

6. 本実証により得られた成果

①長尺スクリー接合仕様の接合部試験を行い、建築基準法・告示に従った構造設計計算に必要な接合部バネのデータを取得すると共に、それらを使用して3次元応力解析を行い、長尺スクリー接合仕様に対する構造設計ルートを確立した。

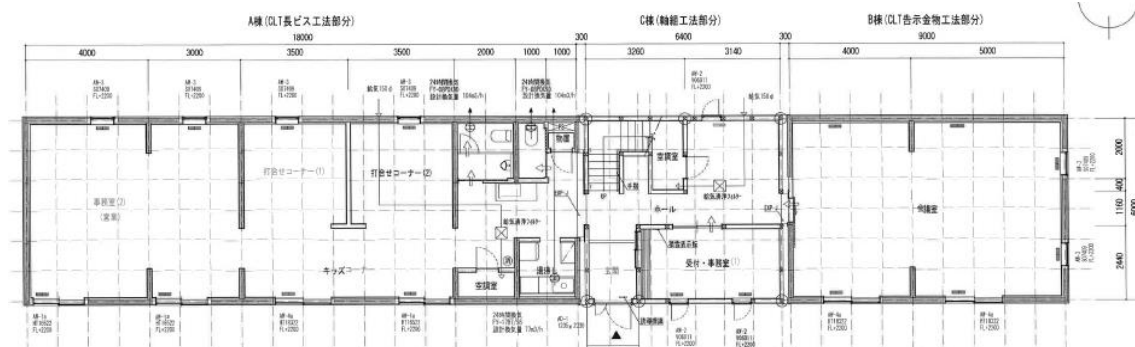
②長尺スクリー接合工法及び告示金物工法を用いて建物を建設し、長尺スクリー接合工法の施工性は、告示金物工法よりやや優れていることを確認した。

③CLT 建築の気密性能を実測し、CLT の工法自体には大きな問題はないことを確認した。断熱性能についても Q 値の実測を行い、実測値と設計値(計算値)がほぼ一致しており、CLT 建築においても高断熱化は問題がないことが実証された。

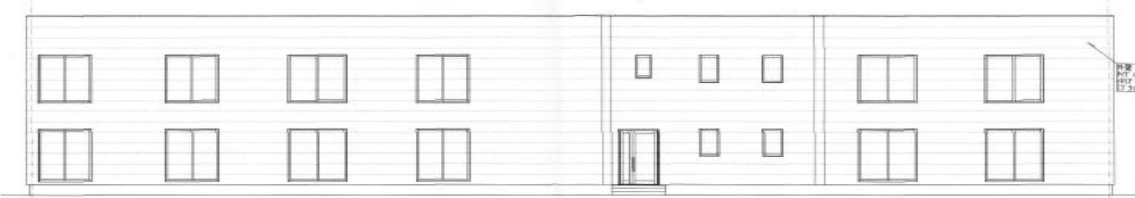
④高性能オフィスに最適な全館空調システムの導入し、その性能検証を行い、設計通りの性能が発揮されていることを確認した。省エネルギー性能については平成31年2月まで実測を行い評価する予定である。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

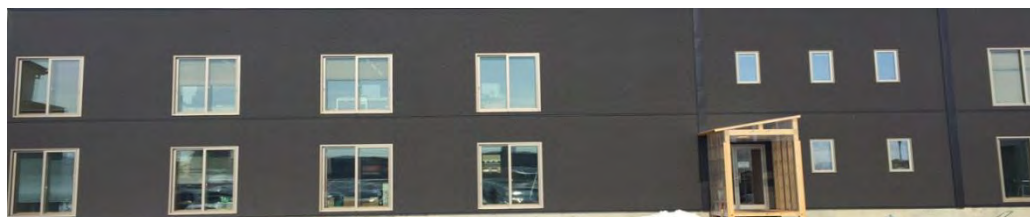
【1階平面図】



【南面の立面図】

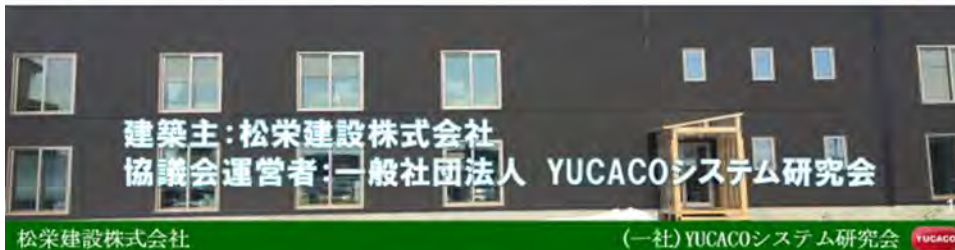


【南面全景写真】



松栄建設本社・高性能CLTオフィス建築 の実証事業

- 発表内容**
1. 本実証事業の目的と建物概要
 2. 構造分野の事業内容と成果
(長尺スクリー接合仕様の検討と施工性評価)
 3. 環境分野の事業内容と成果
(気密性・断熱性の実測評価と全館空調システムの導入)
 4. まとめと展望



本実証事業の目的と課題

構造分野	環境分野
<p>① CLTパネル工法の省力的なパネル接合仕様として「長尺スクリー接合仕様」を検討し、建築基準法・告示に則った構造設計ルートを確認する。</p> <p>② 「長尺スクリー接合法」及び「告示金物工法」を使って建物を建て、「長尺スクリー接合法」の施工性を評価する。</p>	<p>③ 本実証事業によるCLTパネル工法の高断熱建物において、気密性(C値)と断熱性(Q値 or U_A値)を実測し、問題がないか検討する。</p> <p>④ 本実証事業の建物に簡易な全館空調システムを導入し、その性能を検証するとともに、省エネルギー性能と環境性能を実測・評価する。</p>



建築基準法・告示の接合金物



長尺スクリーと接合金物



木繊維断熱材



高断熱窓(2層外窓+3層内窓)

本実証事業で建設した建物の概要

【建物名称】松栄建設株式会社本社社屋 【所在地】福井県坂井市春江町(5地域)
 【延床面積】408㎡ 【階数】2階 【用途】事務所



A棟(CLT長尺スクリュー工法) C棟(軸組工法) B棟(CLT告示金物工法)

棟名	A棟	C棟	B棟
構造工法(設計ルート)	CLT長尺スクリュー工法(ルート3)	軸組工法(ルート1)	CLT告示金物工法(ルート1)

※基礎はA棟・B棟・C棟、一体で、ルート3で設計。

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

3

南面外観、建物内部、矩計図(A棟)

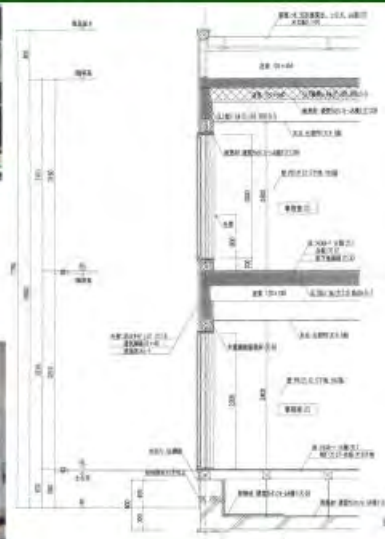


南面外観



2階

1階



A棟の矩計図

4

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

「長尺スクリュー接合仕様」とは

鋼鉄添え板ビス接合(告示仕様金物等)ではなく、**長尺スクリュー**を用いた接合部

告示仕様の金物を用いた架構 **長尺スクリューを用いた架構**

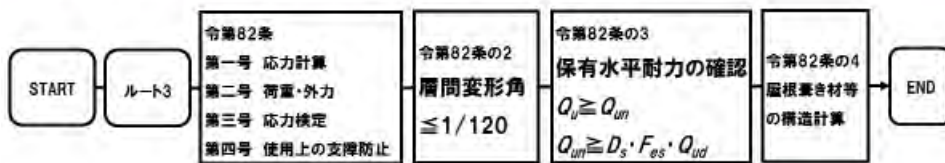
接合部写真 (破線が長尺スクリュー)

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

A棟(CLT長尺スクリュー工法)の構造設計ルート

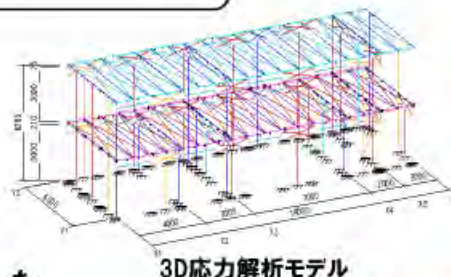
A棟(CLT長尺スクリュー工法の部分)の構造設計ルート



各接合部における接合試験を行い、
その結果と評価に基づき、
3次元応力解析モデルを作成した。

3次元応力解析を実施し、
各部の応力と変形を特定した。

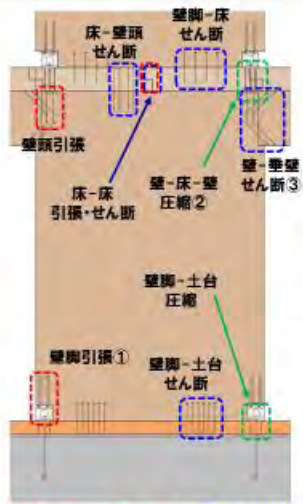
応力と変形が許容値以内であることを検定した。



松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

「長尺スクリー接合仕様」の接合部試験

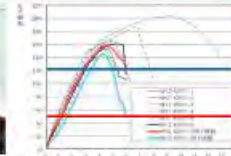


引張 圧縮 せん断

試験位置と目的



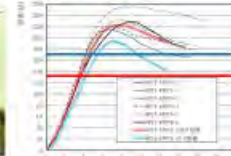
① 引張試験の例 (壁脚接合部)



初期剛性 48.2 [kN/mm]
Pu 短期基準接合耐力Py 53.8 [kN]
Py 終局耐力Pu 122.0 [kN]



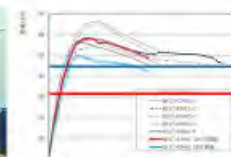
② 圧縮試験の例 (壁-床-壁)



初期剛性 39.2 [kN/mm]
Pu 短期基準接合耐力Py 131.4 [kN]
Py 終局耐力Pu 167.1 [kN]



③ せん断試験の例 (壁-壁壁)



初期剛性 55.9 [kN/mm]
Pu 短期基準接合耐力Py 30.6 [kN]
Py 終局耐力Pu 44.2 [kN]

7

松栄建設株式会社

(一社) YUCACOシステム研究会



「長尺スクリー接合仕様」の施工状況



壁パネル(壁脚、壁頭金物取付)



壁パネル建て込み



長尺スクリー施工状況(壁-垂壁)



2階の床パネル敷き込み

8

松栄建設株式会社

(一社) YUCACOシステム研究会



「長尺スクリー接合法」の施工性評価

「長尺スクリー接合法」と「告示金物工法」の施工性比較

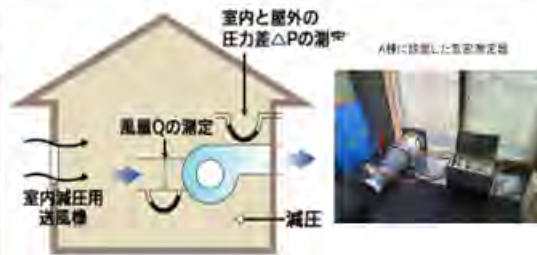
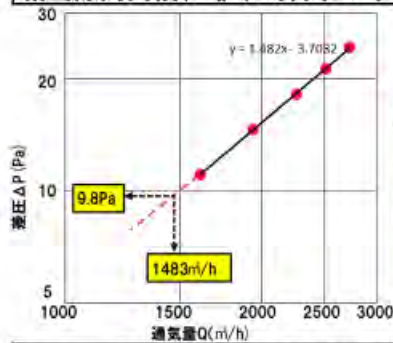
比較する項目	A棟(長尺スクリー接合法)	B棟(告示仕様金物工法)
接合材料の金額 (比率)	0.87	1
上棟時の施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺スクリーの打込みが完了しているので、CLTの建入れ時の調整が容易だ。 ・スクリーの長さや角度を、接合部の状況に応じて調整できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・接合金物のビス本数が多く、ビス打ちに坪当たり0.25人程度が必要になる。 ・接合金物のビスが仮止め状態なので、CLTの建入れ時の調整が面倒である。 ・1F壁脚の接合金物(TC-150)取付時、土台の裏側の穴あけ等に手間が掛かる。 ・壁パネルと金物の間のクリアランスはビスを容易に打ち込むためには必要だが、そのクリアランスのためにビスの打つ方向によっては壁パネルにずれが生じることがある。
上棟の施工時間 (比率)	1	1
上棟後、内外装の仕上げに対する状況	金物がCLT面から突出しないので、 内装材などの直貼り が可能。	金物がCLT面から出てくるので、内装・外装材の施工には 下地調整 が必要。

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

気密性能の実測と評価

A棟とC棟に送風ファンを設置し、二つのファンの合計風量と差圧の平均値から相当隙間面積(C値)を算出した。



基礎式 $Q = 0.36 \alpha A (\Delta P / \rho)^{1/n}$
 測定結果から上図を描き、近似式から、
 $n = 1.48$ と $Q_{9.8} = 1483 \text{ m}^3/\text{h}$ を得る。
 $\alpha A = 0.7 \times Q_{9.8} = 1045 \text{ cm}^2$
 よって、 $C = \alpha A / S = 2.3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

2 < C < 5であり、予想ほど気密性は高くなかった。棟間の気密施工が不十分なためか？

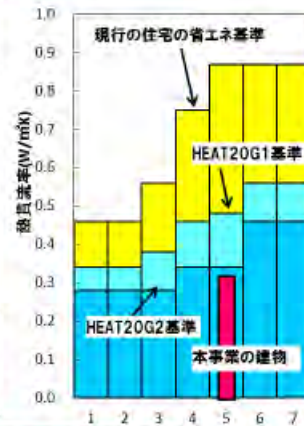
10

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCACO

本建物の断熱仕様と設計U_A値(計算値)

部位	主たる仕様	U値 W/m ² K	面積 m ²	熱損失量 W/K
屋根	鋼製折板0.8mm+CLT150mm +ウレタンA種200mm+石こう ボード9.5mm	0.154	204	31.6
外壁	[A棟]CLT150mm+木質繊維 断熱材40mm+石こうボード 12.5mm	0.396	459	173.1
窓 など	樹脂サッシ2層ガラス+ 密閉空気層+ 木製インナーサッシ3層ガラス	0.940	61	62.8
基礎	コンクリート350mm+ 吹付硬質ウレタンA種50mm	0.395 W/m ² K	80m 周長	31.4
合計熱損失				298.9



設計U_A値 = 合計熱損失 ÷ 全外皮面積 = 298.9 ÷ 928 = **0.322W/m²K** 地域

HEAT20のG2基準を満たしており、住宅と想定しても断熱性は十分である。
 ※無断熱・複層ガラスでもCLT建築であれば、U_A値=0.78で省エネ基準は満たす
 (λ=0.12W/m·Kを使用)。

11

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCAGO

建物全体の断熱性能(Q値orU_A値)の実測

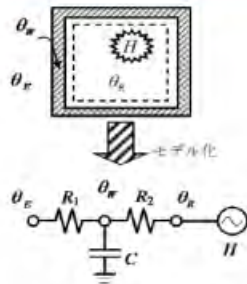
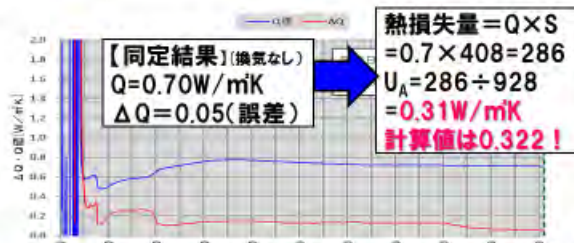
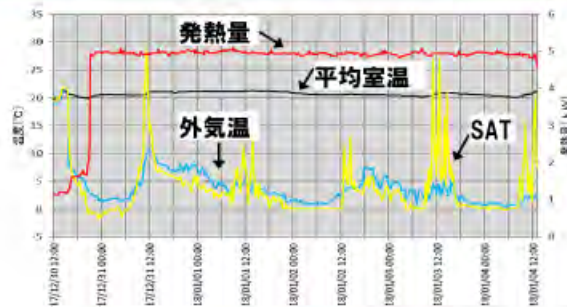
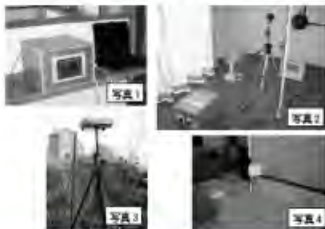


図1 □種の測定のための熱回路モデル



熱損失量 = Q × S
 = 0.7 × 408 = 286
 U_A = 286 ÷ 928
 = 0.31W/m²K
 計算値は0.322!

12

松栄建設株式会社

(一社)YUCACOシステム研究会 YUCAGO

外皮の熱画像と外壁U値の実測



外皮(北側)に大きな断熱欠損は見当たらない。



JJJ断熱診断システムによるA棟外壁のU値の実測



出典: J建築ホームページ

記号	説明	計測数値 (1時間平均)	計測機
h	総合熱伝達率	12.13W/mK	専用センサー
θ_{ni}	室内側環境温度	18.33°C	SAT計
θ_{no}	外気側環境温度	-0.66°C	SAT計
θ_s	室内側表面温度	18.88°C	サーモカメラ

$$\text{外壁の実測U値} = \frac{h(\theta_{ni} - \theta_s)}{(\theta_{ni} - \theta_{no})} = 0.34 \text{ W/mK}$$

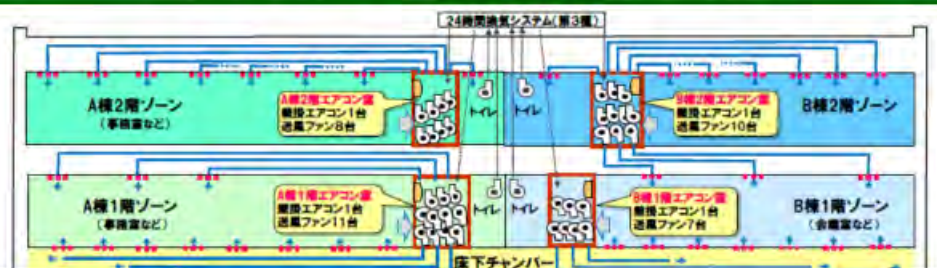
$$\text{外壁の計算U値} = 0.396 \text{ W/mK} \leftarrow \text{近い}$$

13

松栄建設株式会社

(一社) YUCACOシステム研究会 YUCACO

全館空調システムの導入と性能実測



設計熱負荷とエアコン(三菱MSZ-KXV5618S-W)の仕様

暖/冷	設計熱負荷	定格能力	定格消費電力	APF	床面積あたり全能力
暖房	20W/m ² 根拠 $U_A=0.32$	6.7kW×4台	1.78kW×4台	5.0	66W/m ²
冷房	25W/m ² 根拠 $\eta_{AC}=1.3\%$	5.6kW×4台	2.28kW×4台		55W/m ²

エアコン室の一例



空調用送風ファン(Panasonic FY-27JD7YCC:消費電力3~17W/台)の使用台数と吹出口での実測風量(「強」運転時)

ゾーン名	A棟1階	A棟2階	B棟1階	B棟2階	合計
使用送風ファン台数	11台	8台	10台	7台	36台
吹出口の実測風量(m ³ /h)	920	1,276	724	994	3,914

●24時間換気の仕様
 ファン台数:5台
 全消費電力:21.3W
 設計換気回数:0.5回/h
 設計比消費電力:0.043W/(m³/h)
 実測風量:391m³/h

14

松栄建設株式会社

(一社) YUCACOシステム研究会 YUCACO

まとめと展望

構造分野

- ① 省力的なパネル接合仕様として「長尺スクリュー接合仕様」を検討し、接合部試験を行い、建築基準法・告示に則った構造設計ルートを確立した。
- ② 「長尺スクリュー接合法」と「告示金物工法」を用いて実際に建物を建てた。両者の比較から、「長尺スクリュー接合法」は施工性がやや高いことが分かった。

環境分野

- ③ CLTパネル工法を用いた高断熱の建物において、気密性(C値)と断熱性(Q値or U_A 値など)を実測し、大きな問題はないことを確認した。
- ④ 上の建物に全館空調システム(YUCACOシステム)を導入し、性能検証を行った。省エネ性能と環境性能については、これから1年間、実測して評価する予定である。その結果を待って、小規模な木造建築において、本システムが安価で高性能な空調システムであることを示す予定である。

15