

真庭市市役所 御中

竣工時床板のクリープ測定報告書

真庭市営 CLT 春日住宅
真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅

2016年 3月



銘建工業株式会社

1. 概要

CLT 工法による共同住宅のクリープ測定とそれに係る含水率、部材付近の温湿度環境の計測を実施した。実施に当たり、同工法で同部材に係る日本における知見は現在無い
ため、今回の計測は3年間に渡り継続することとする。

2. 調査概要

(1)計画概要

計 画 名 称：真庭市営 CLT 春日住宅

真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅

構 造 ・ 規 模：木造 (CLT 工法) ・ 地上 3 階

住 所：真庭市営 CLT 春日住宅

岡山県真庭市月田地内

真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅

岡山県真庭市勝山字中須 1884-19



(2)調査開始日時

・真庭市営 CLT 春日住宅

変位：平成 27 年 3 月 11 日（金） 11：00～

含水率：平成 27 年 3 月 19 日（木） 17：00～

温湿度：平成 27 年 3 月 18 日（月） 14：00～

・真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅

変位：平成 27 年 3 月 13 日（金） 16：00～

含水率：平成 27 年 3 月 19 日（木） 16：00～

温湿度：平成 27 年 3 月 16 日（月） 14：00～

(3)調査方法

計測項目は、変位、含水率、温湿度の 3 項目である。

a) 変位計測

変位計測方法を以下に示す。まず、変位データの収集には、データロガーとして、東京測器製 TDS150 を用いて（写真 2-1）、連続的に収集する。変位計測には、変位計として、東京測器製 CDP-25MT を用いた（写真 2-2）。計測開始は、建物に床を設置してから約 2 か月半が過ぎてからとなっており、初期に大きなクリープ変形を示す 1 次クリープはすでに終了しているものと考えている。なお、変位計は鉄骨を壁柱間に設置し、その梁を不動点として計測している（写真 2-2）。

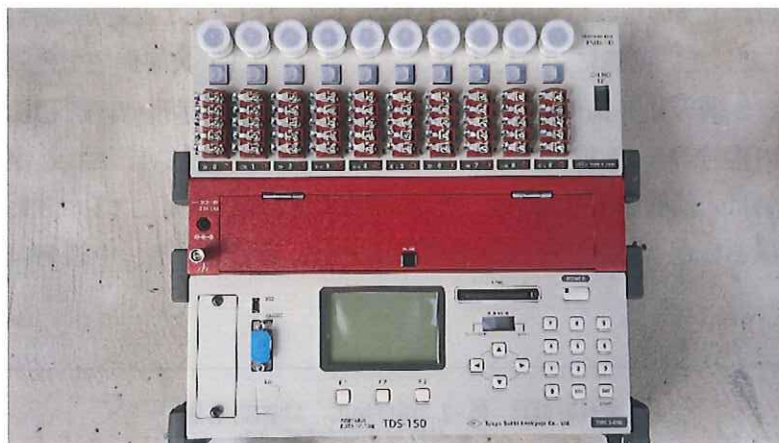


写真 2-1 計測機器 TDS150



写真 2-2 CDP-25MT および設置風景

変位計設置方法を図 2.1 に示す。変位計の支持材として溝型鋼を壁柱間に設置し、溝形鋼より変位計用固定アングルを取り付け、変位計を固定した。変位計設置方法は、真庭市営 CLT 春日住宅と真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅にて同様である。

変位計測箇所は、建築物によって異なるため、以下の図 2.2～2.6 に示す。

真庭市営 CLT 春日住宅では、6 箇所（1 階天井 3 箇所、2 階天井 3 箇所）に設置した。変位計の番号は、1 階の場合は外壁側より 1-1、1-2、1-3 とし、2 階の場合は、外壁側より 2-1、2-2、2-3 とした。同様に、真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅では、A 棟 6 箇所（1 階天井 3 箇所、2 階天井 3 箇所）、B 棟 6 箇所（1 階天井 3 箇所、2 階天井 3 箇所）としており、変位計の番号は、A 棟の 1 階の場合は、外壁側より A1-1、A1-2、A1-3 となり、B 棟の 1 階の場合は、外壁側より B1-1、B1-2、B1-3 とした。2 階については、真庭市営 CLT 春日住宅と同様とした。なお、データ整理の上では、春日 1-1 や、中須 B1-2 などと表示している。

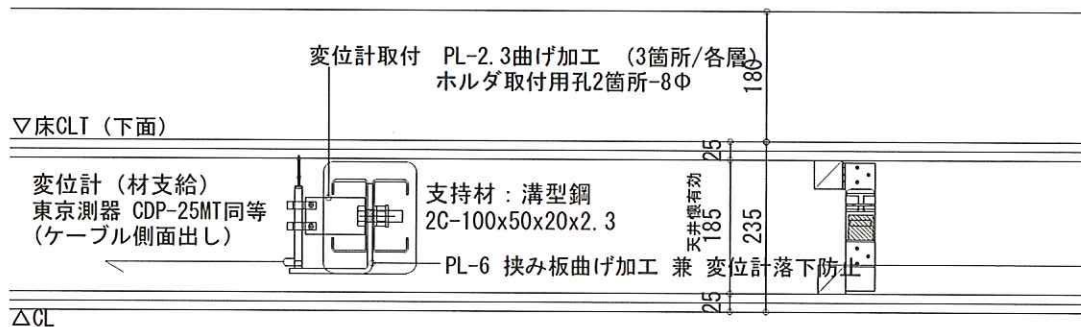
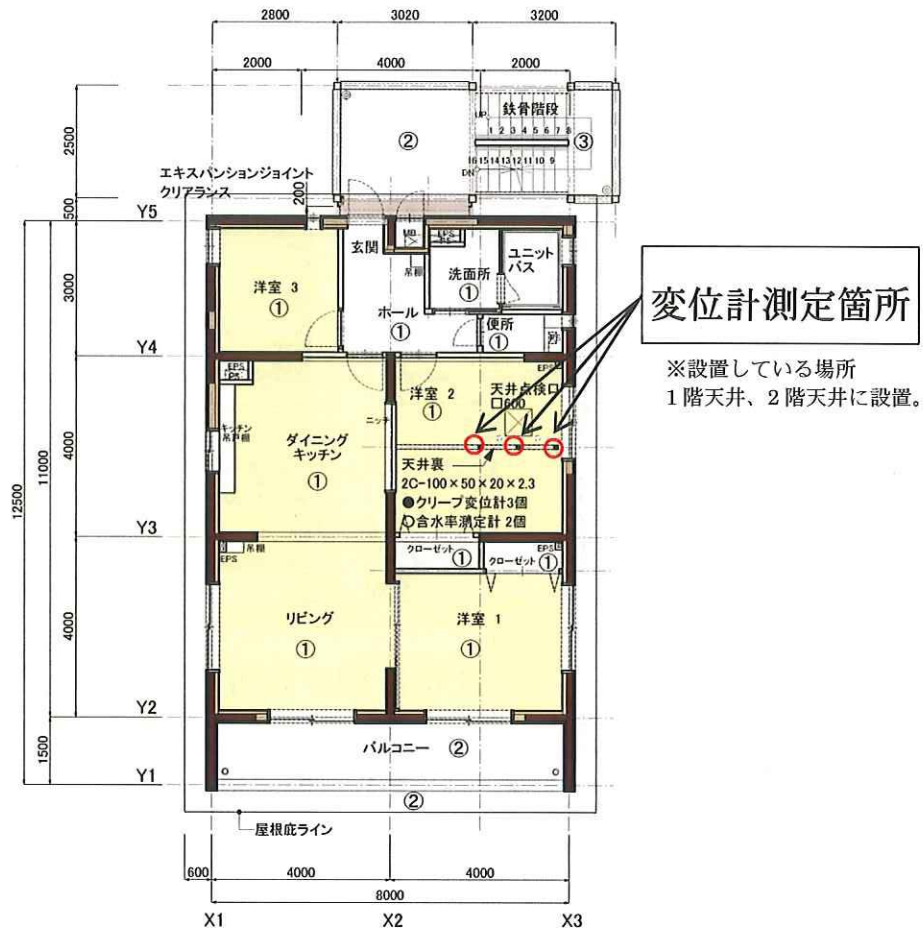


図 2.1 変位計設置概要 (共通)



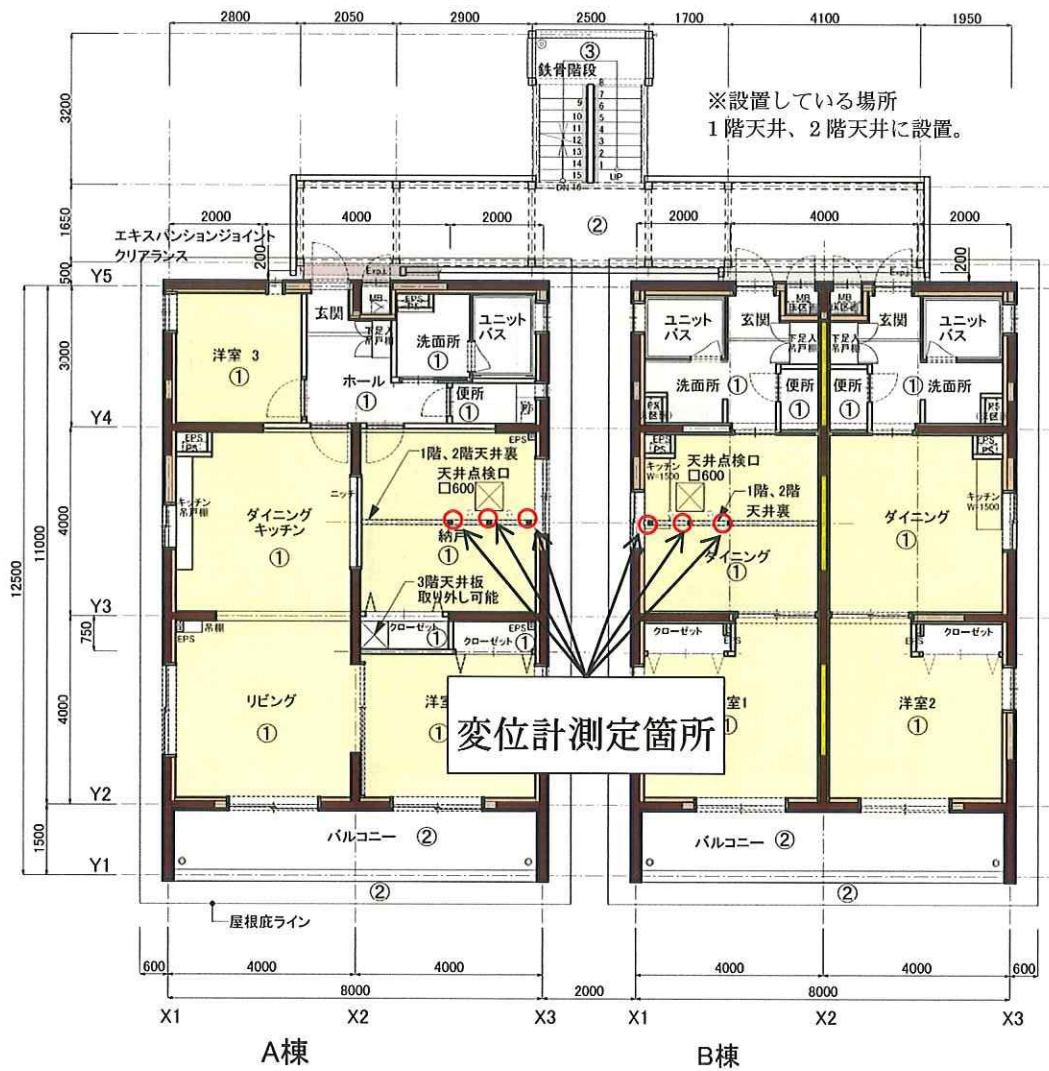
天井伏図 (1F、2F 共通)

図 2.2 変位計測定箇所 (真庭市営 CLT 春日住宅)



側面図 (住戸形式：ファミリータイプ)

図 2.3 変位計番号 (真庭市営 CLT 春日住宅)



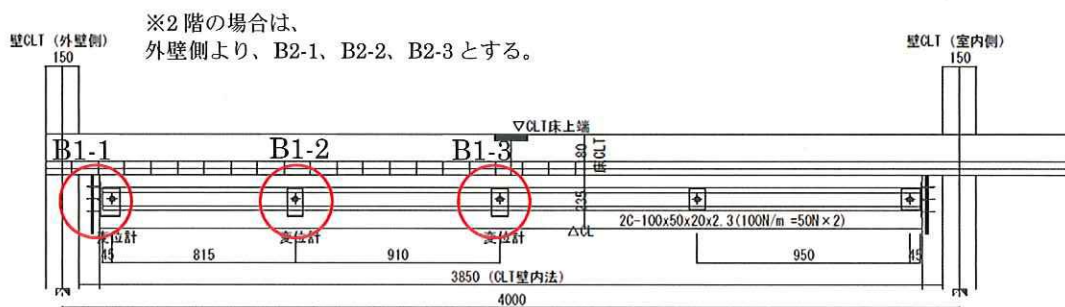
天井伏図 (1F、2F 共通)

図 2.4 変位計測定箇所 (真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅)



側面図 (住戸形式：ファミリータイプ)

図 2.5 変位計番号 (真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅：A棟)



側面図（住戸形式：単身者タイプ）

図 2.6 変位計番号（真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅：B 棟）

b) 含水率測定

含水率測定方法を以下に示す。含水率は、木材含水率センサとして、コーナー札幌株式会社製 KNS-GWS を用いて（写真 2.3）、定期的に収集する。まず、木材に木ねじを用いたセンサをねじ込み（写真 2.4、写真 2.5）、二芯シールド線を介して結線し、パルスを用いた測定を実施した。



写真 2.3 木材水分計センサ（KNS-GWS）



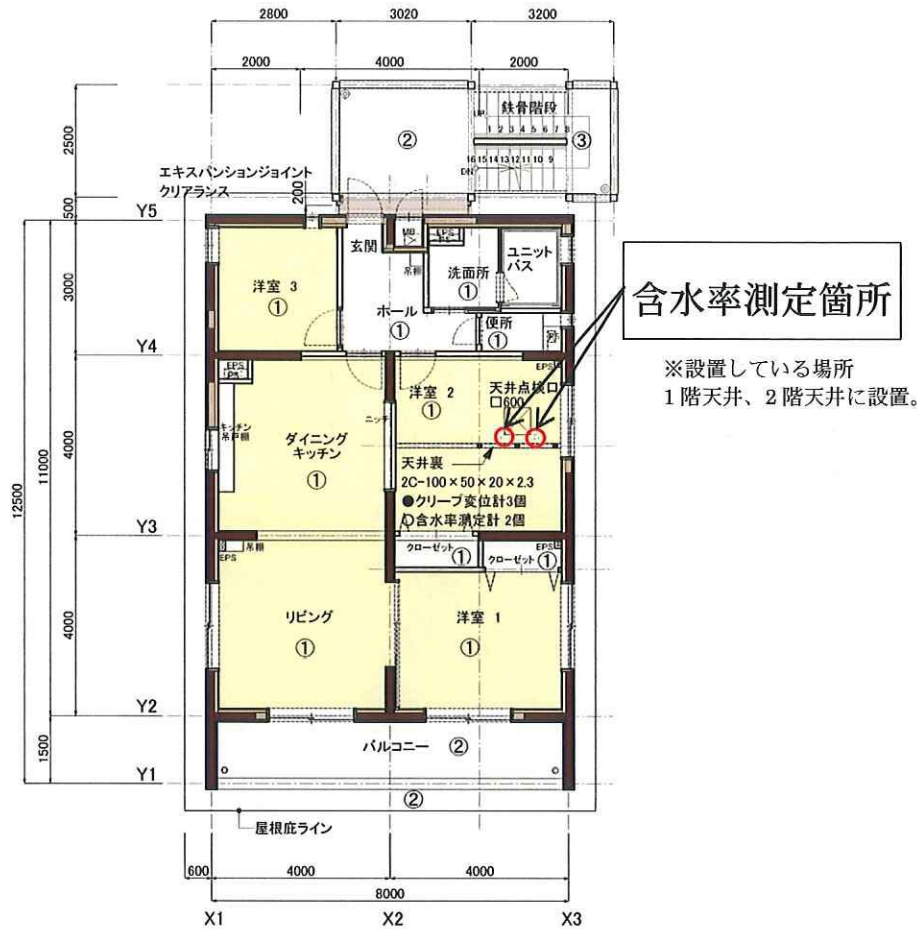
写真 2.4 天井センサ設置状況



写真 2.5 基礎センサ設置状況

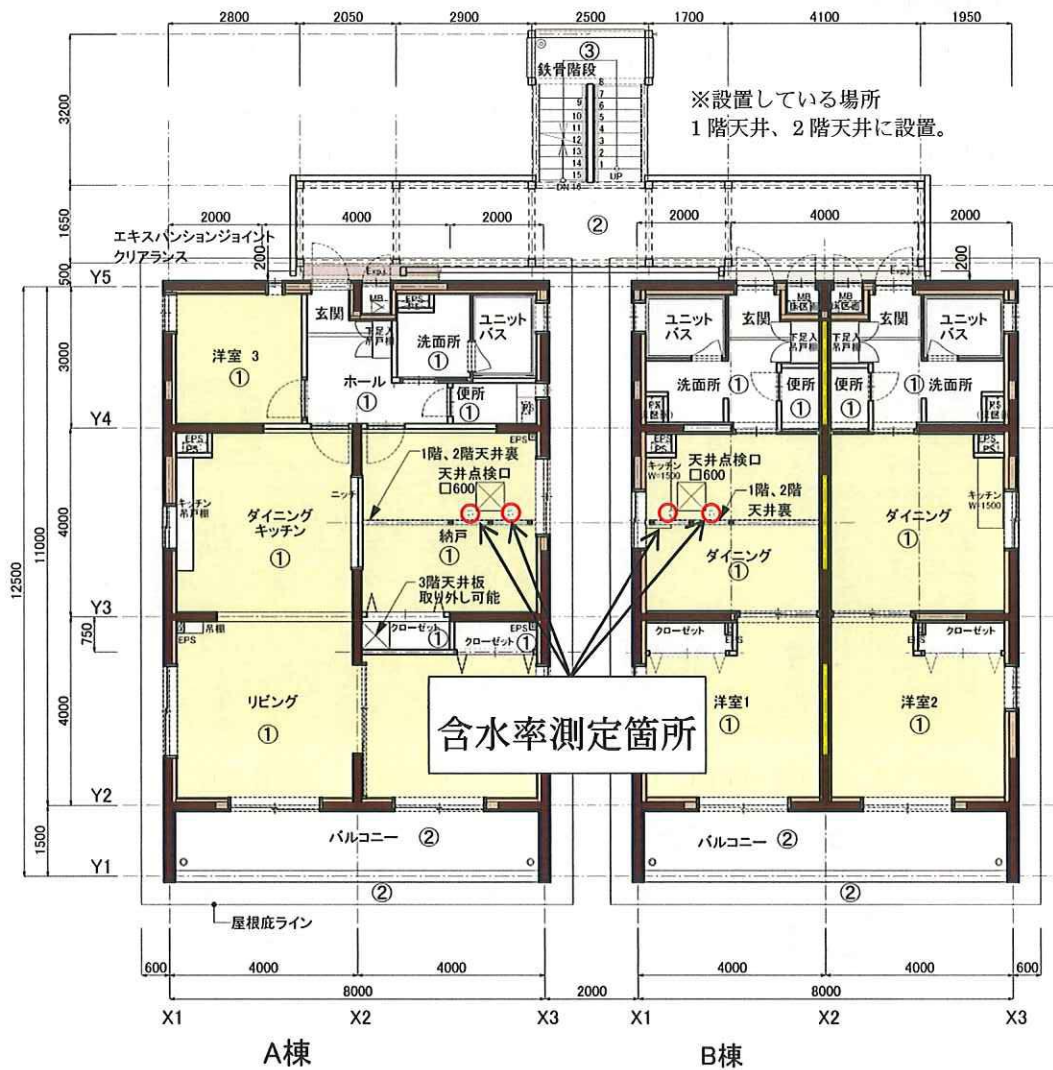
含水率計測箇所は、建物によって異なるため、以下の図 2.7、図 2.8 に示す。

真庭市営 CLT 春日住宅では、4 箇所（1 階天井 2 箇所、2 階天井 2 箇所）、真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅では、A 棟 4 箇所（1 階天井 2 箇所、2 階天井 2 箇所）、B 棟 4 箇所（1 階天井 2 箇所、2 階天井 2 箇所）に設置した。



天井伏図 (1F、2F 共通)

図 2.7 含水率測定箇所 (真庭市営 CLT 春日住宅)



天井伏図（1F、2F 共通）

図 2.8 含水率測定箇所（真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅）

c) 温湿度測定

温湿度測定方法を以下に示す。温湿度は、温湿度計として、株式会社ティアンドディ製おんどとり RTR-500DC（親機）と RTR-507（子機）を用いて（写真 2.6、写真 2.7）、連続的に収集する。子機を天井に設置し（写真 2.8）、部材付近の温湿度を測定する。子機にて測定したデータは無線で、親機にて回収する。



写真 2.6 RTR-500DC（親機）



写真 2.7 RTR-507（子機）

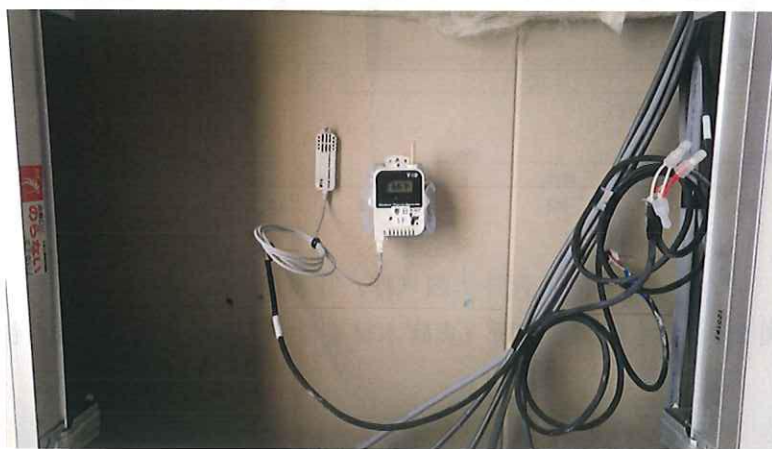


写真 2.8 天井裏の温湿度計設置状況

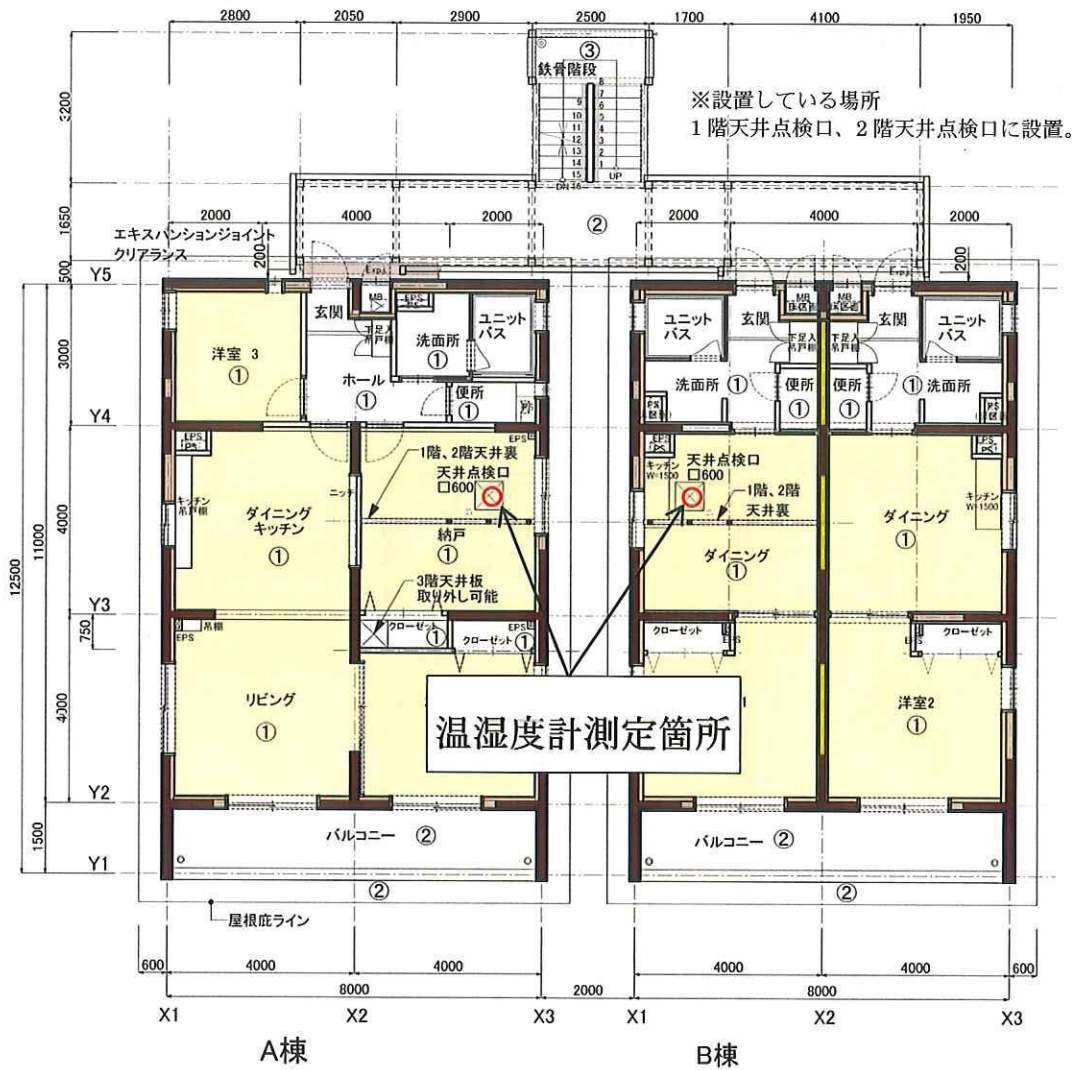
温湿度計測箇所は、建物によって異なるため、以下の図 2.9、図 2.10 に示す。

真庭市営 CLT 春日住宅では、2 箇所（1 階天井 1 箇所、2 階天井 1 箇所）、真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅では、A 棟 2 箇所（1 階天井 1 箇所、2 階天井 1 箇所）、B 棟 4 箇所（1 階天井 1 箇所、2 階天井 1 箇所）に設置した。



天井伏図（1F、2F 共通）

図 2.9 温湿度計測定箇所（真庭市営 CLT 春日住宅）



天井伏図 (1F、2F 共通)

図 2.10 温湿度計測定箇所 (真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅)

(5) 計測スケジュール

下記のスケジュールで、それぞれの項目について計測をおこなう。

ア. 変位計測

計測開始日から連続的に1時間ごとに計測する。

イ. 含水率計測

計測開始日から、1週間ごとに計測する。また、含水率変動が季節ごとに規則的であること、部屋の利用方法などにより変動が小さくなることなどが確認されて、週ごとでは大きな変化が見られないことなどが確認された場合は、2週間ごとに計測することとする。

今回 2015 年 9 月にて含水率の 2 時間測定を実施した。結果は調査結果 (2) 含水率 (イ) 2 時間おき計測に示す。

ウ. 温湿度計測

計測開始日から連続的に1時間ごとに計測する。

3. 調査結果

(1) 変位

(ア) 長期計測

建物ごとに、結果を示す。なお、CLT の床の中央たわみは、拘束条件などがあいまいではあるが、現状計算値としては 5.45mm である。

真庭市営 CLT 春日住宅

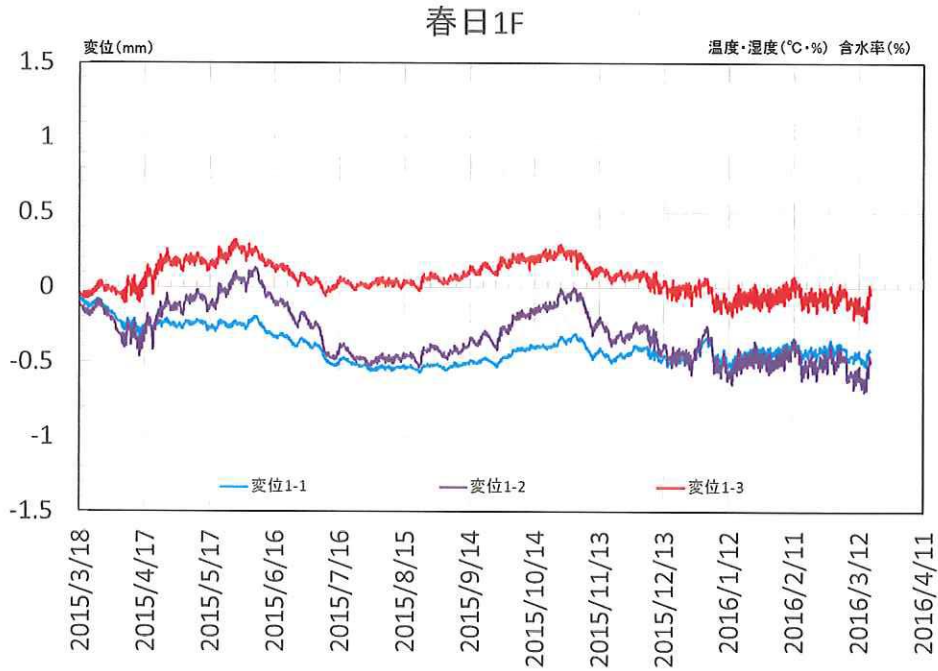


図 3.1 春日 1F の変位

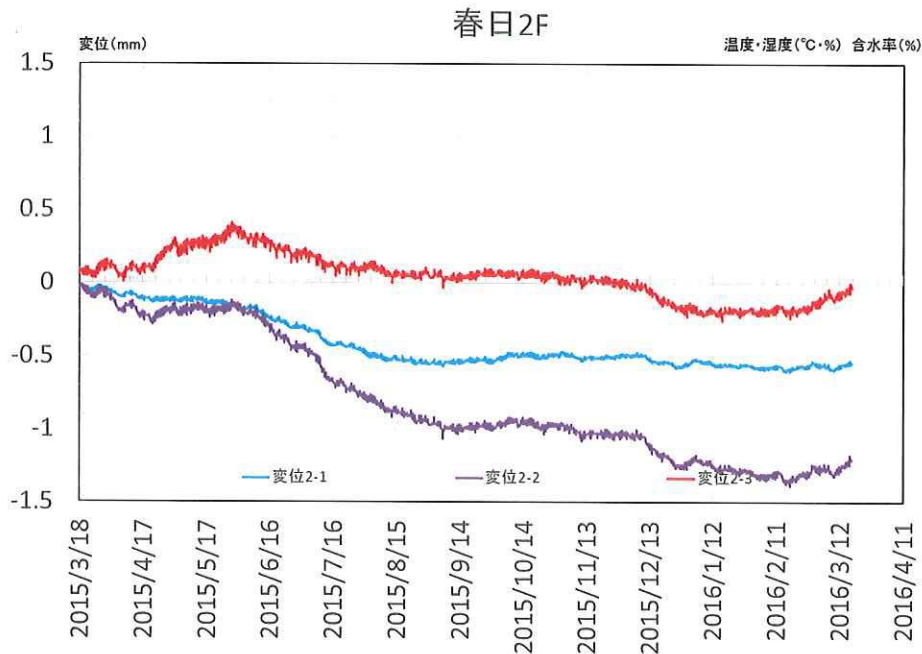


図 3.2 春日 2F の変位

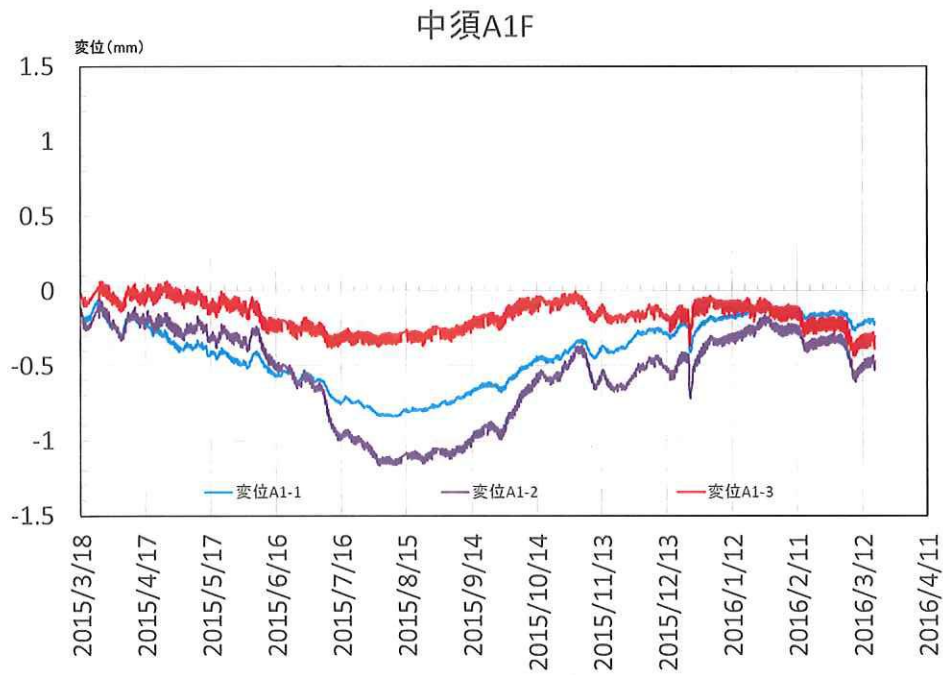
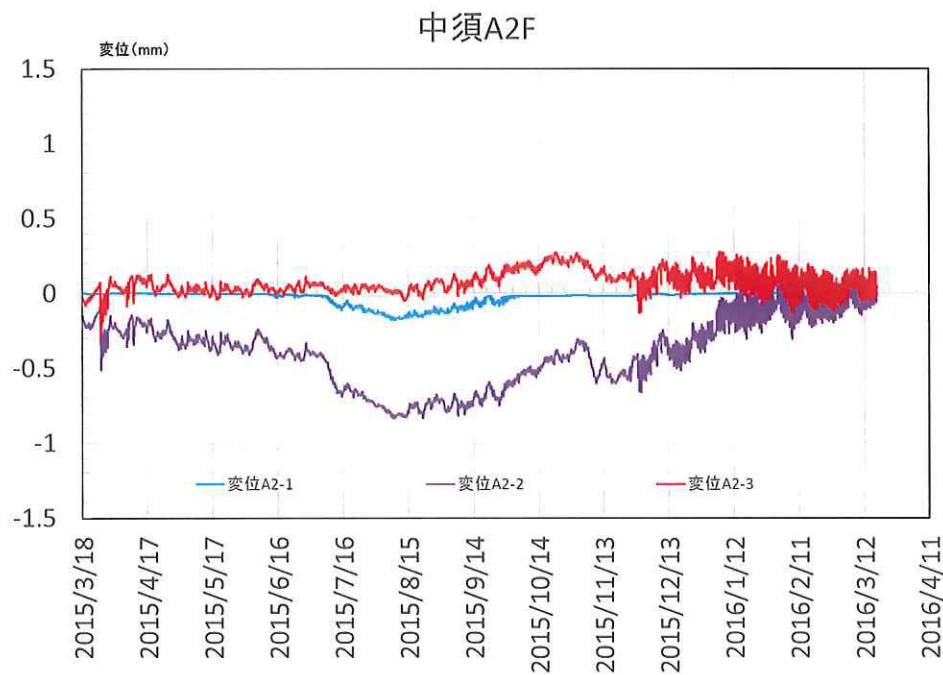


図 3.3 中須 A1F の変位

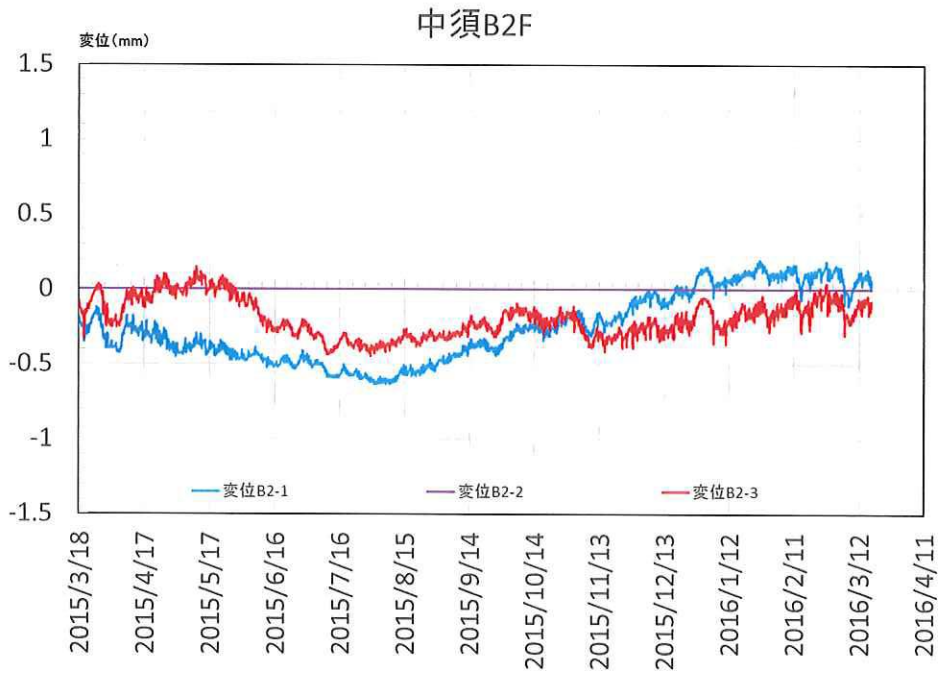


注) A2-1 は設置時に天井と変位計のストローク先端が接触できていない。

図 3.4 中須 A2F の変位



図 3.5 中須 B1F の変位



注) B2-2 は値が取れていない。

図 3.6 中須 B2F の変位

現在の最大変位とその記録時期は、春日 1F1-2 で 0.6mm (3 月)、2F2-2 で 1.3mm (2 月)、中須A棟 A1-2 で 1.1mm (8 月)、A2-2 で 0.7mm (8 月)、中須B棟 B1-2 で 1.0mm (7 月)、B2-2 で 0.6mm (8 月) である。春を 4 月～6 月、夏を 7 月～9 月、秋を 10 月～12 月、冬を 1 月～3 月とすると、中須はいずれも夏の時期に最大変位を観測するという一般的な結果を示した。また、一年の計測結果を見ると四季による増減が見られた。しかし、理由はわからないが、春日の変位は夏以降も変形を続け冬の時期に最大変位を計測した。また、四季による傾向はあるものの漸増していた。中須については、同様の傾向を来年度も示すのか、またその変形量が年単位で見たときに、減っていくのかを確認する必要がある。また、春日については、今後の変形がどのようにかわるのか、またその理由がなぜ起こっているかについて検討をおこなっていききたい。

春日と中須は同様に、すべての計測点において変位計○-2 (壁側より 2 番目の変位計) のたわみが大きくなる傾向がみられた (計測できていない B2 を除く)。また、固定度が高いと考えられる○-1 は、変形が小さい傾向がみられた。

(イ) 短期荷重試験

中須 A 棟において、短期の荷重試験を 2015 年 11 月 27 日に実施した。床におもりを載せたときに、本変位計でどのように値が出るのかと確認した。なお、A2-1 荷重とは、A2-1 地点におもり（鉄板）を載せたときのそれぞれの地点の変形である。

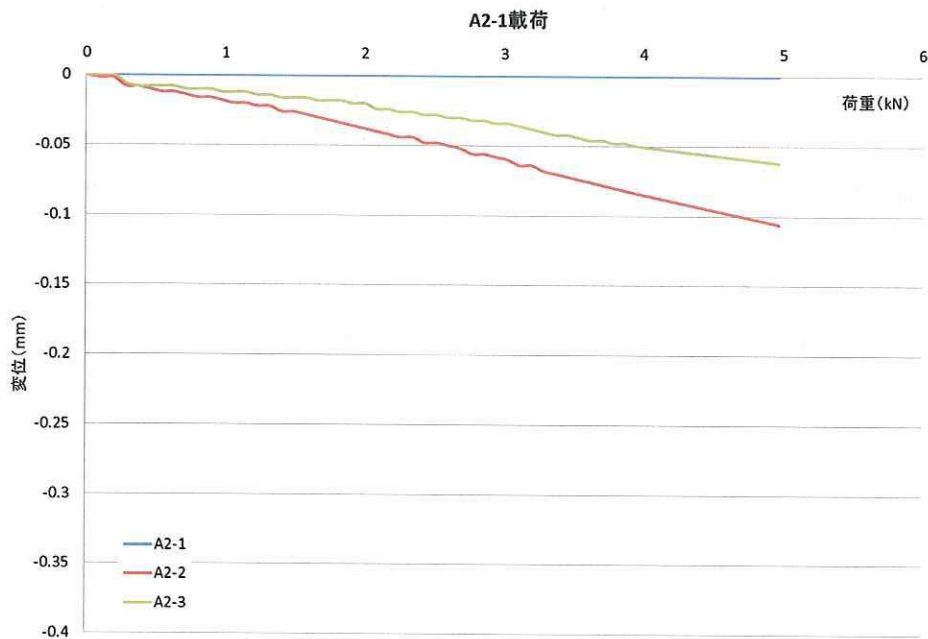


図 3.7 中須 A2F の A2-1 荷重時の変位

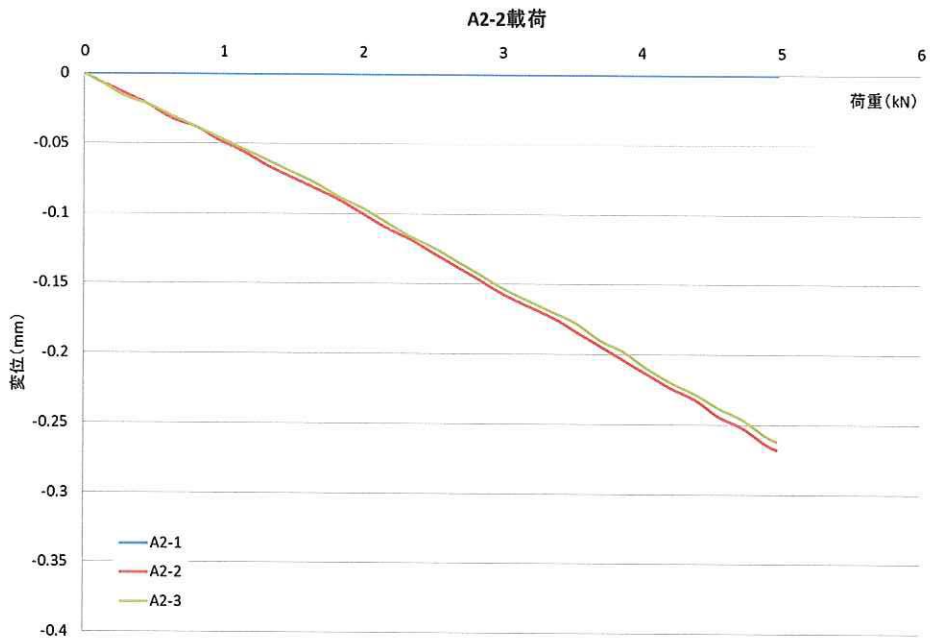


図 3.8 中須 A2F の A2-2 荷重時の変位

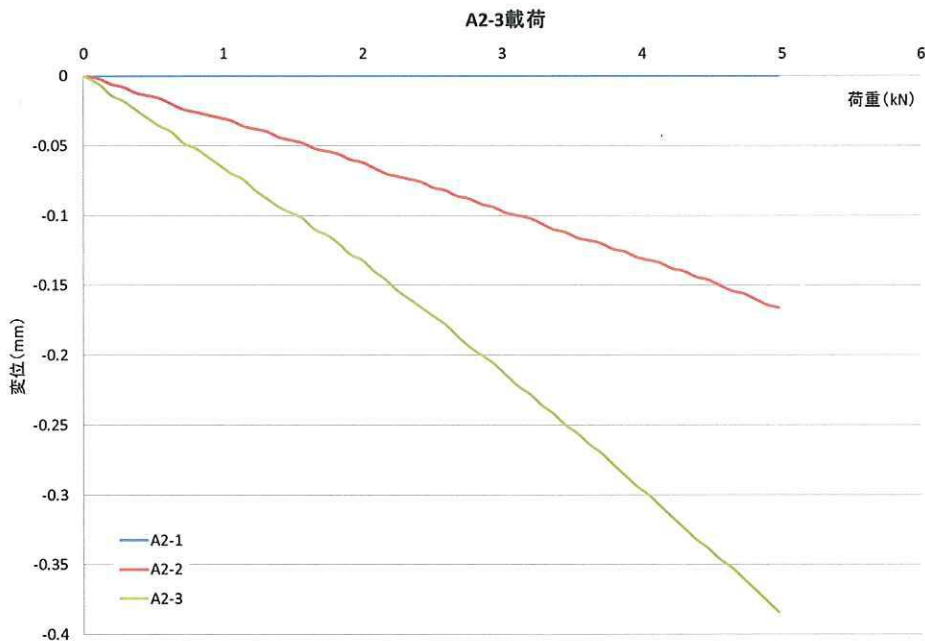


図 3.9 中須 A2F の A2-3 載荷時の変位

単純な中央載荷としたたわみ計算を本載荷試験と同様の 5kN 時でおこなうと 1.2mm 程度の変形となるが、A2-2 載荷の時の A2-2 の変形では 0.25mm 程度であり、かなり小さい値となっている。これは、床の定着による複合効果や端部の固定度による効果によるものである。本計測箇所では、最大で約 0.9mm ほどの変形を夏場に示し、載荷時には約 0.5mm の変形を示していた。CLT の自重によるたわみが約 1.0mm 程度であり、一般的な相対クリープ（初期変形に対するクリープ変形の割合）が 0.2 くらいを示していることから、逆算すると約 5mm 以上の初期たわみが必要となり、実際とは矛盾する傾向を示した。そのため、初期に起こった変形についてはもう少し検討が必要である。本試験で得られた結果として重要なもののひとつとして、固定度が異なるために載荷位置によってそれぞれの変形に大きな差異が出たことが挙げられる。部屋の中央に重いものを置いて生活される方はあまりいないと考えられ、今回のクリープ変形が床中央よりひとつ手前の箇所（○-2）の変形が大きくなっているが、A2-1 載荷と同様の様子になっていることに起因するのではないかと考えられた。今後、確認できる建物においては調査を実施したいと考える。

また、A2-1 の変形は、どの載荷条件でも 0 を示した。本計測箇所は、変位計がきちんと付いていない可能性のある箇所であるため、0 となった可能性がある。そのほかの条件としては、次の二つの可能性が考えられる。1. 壁（まぐさ）があるために、複合効果によって高剛性となっているために変形が出ない。2. 不動点と考えている点が載荷によって移動してしまっている。であり、どちらの場合においても変形が全く出ないことはないため、やはり計測点の変位計が床と接するまでの変形がおきなかったのではないかと考えている。

今回の長期試験での計測箇所ごとの最大変位が異なっている理由として、CLT のヤング係数や使用されている方の荷物（固定荷重）のおもさなど、様々な要因が考えられることが再確認できた。

(2) 含水率

(ア) 年間の計測結果

建物ごとに、結果を示す。計測は、前述のとおり1週間に一度である。

真庭市営 CLT 春日住宅



図 3.10 春日基礎の含水率

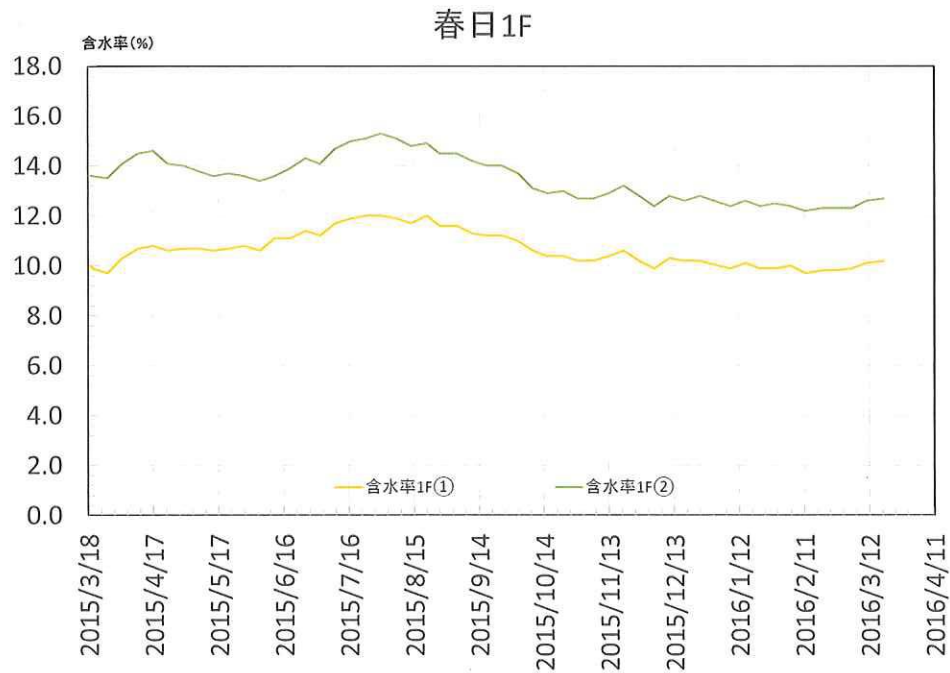


図 3.11 春日 1F の含水率

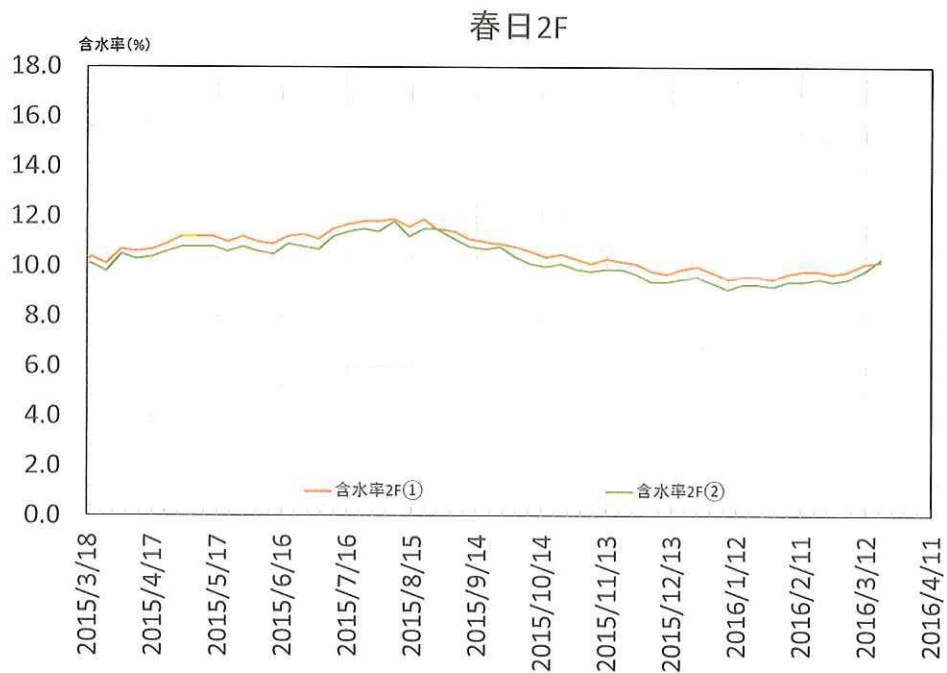


図 3.12 春日 2F の含水率

真庭木材事業協同組合 CLT 共同住宅



図 3.13 中須 A 基礎の含水率

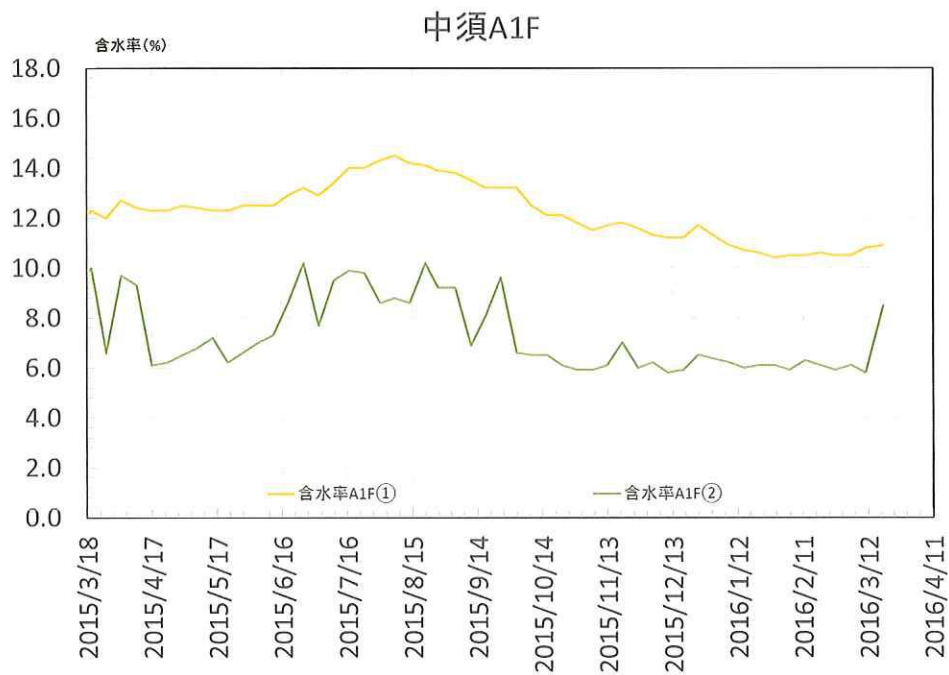


図 3.14 中須 A1F の含水率

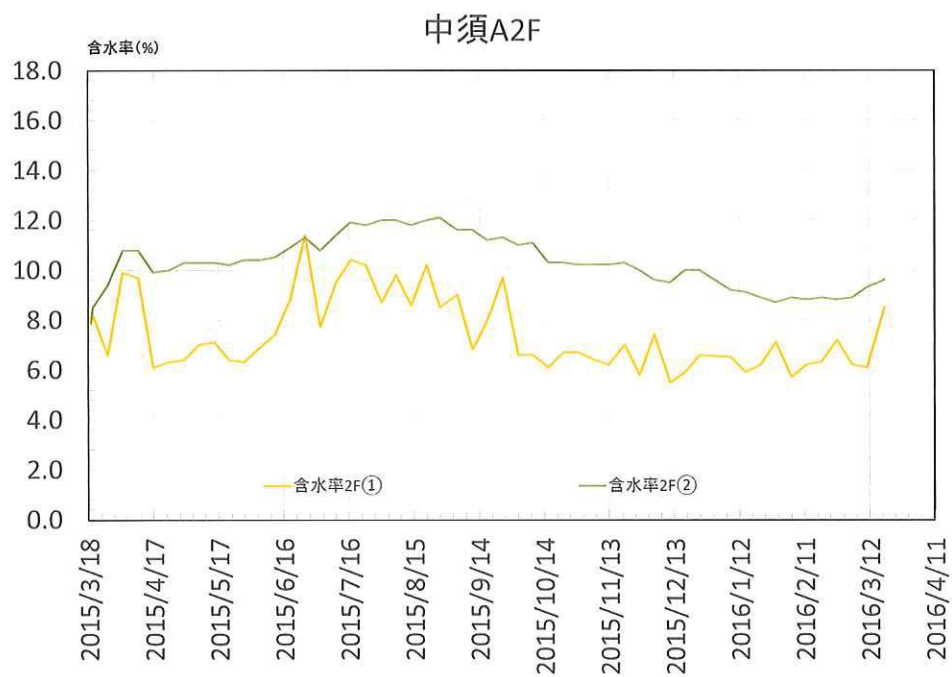


図 3.15 中須 A2F の含水率

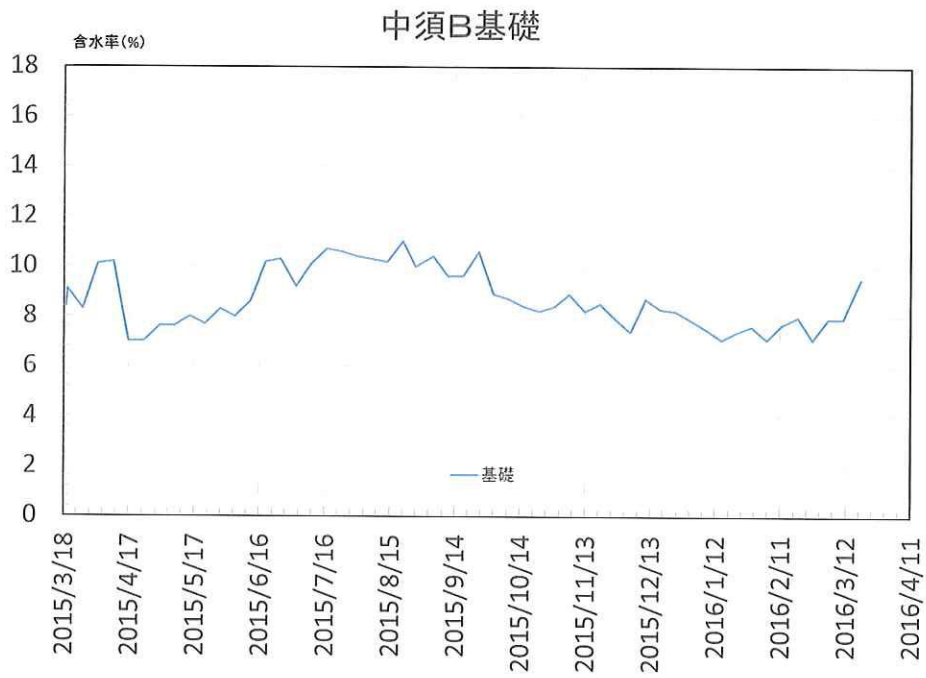


図 3.16 中須 B 基礎の含水率



図 3.17 中須 B1F の含水率

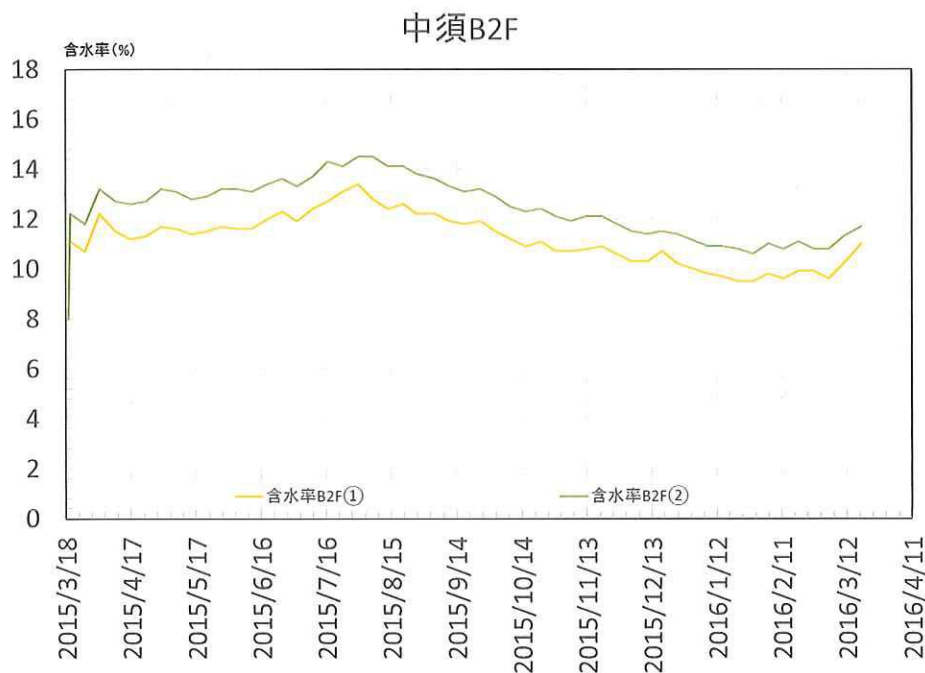


図 3.18 中須 B2F の含水率

最大値は、春日 1F で 15.3%、中須基礎で 15.9%、最小では 6%前後を観測しており、一般的な住居と変わらない結果を示した。加えて、安定的に低い値を保持していることも確認された。全体として含水率の変動は小さく、約 1~2%ほどであり、夏場にで最も高い数値である。基礎と室内では、若干含水率が異なっているが、大差無いようであった。

中須A棟の 1F①・1F②と 2F②・2F①は隣接して測定しているにも関わらず、それぞれの値が異なっていたり、変動の傾向が違っているものが観られたが、大局的には傾向が似ていることから、続けて計測していくこととすることとした。今後、傾向を調べることで、不具合かどうかを検証していきたい。

(イ) 2時間おき測定

一日において含水率がどのように変化するかを調べることを目的として、2015年9月12日に、2時間おきの測定を実施した。結果を下記の図 3.16-18 にて示す。

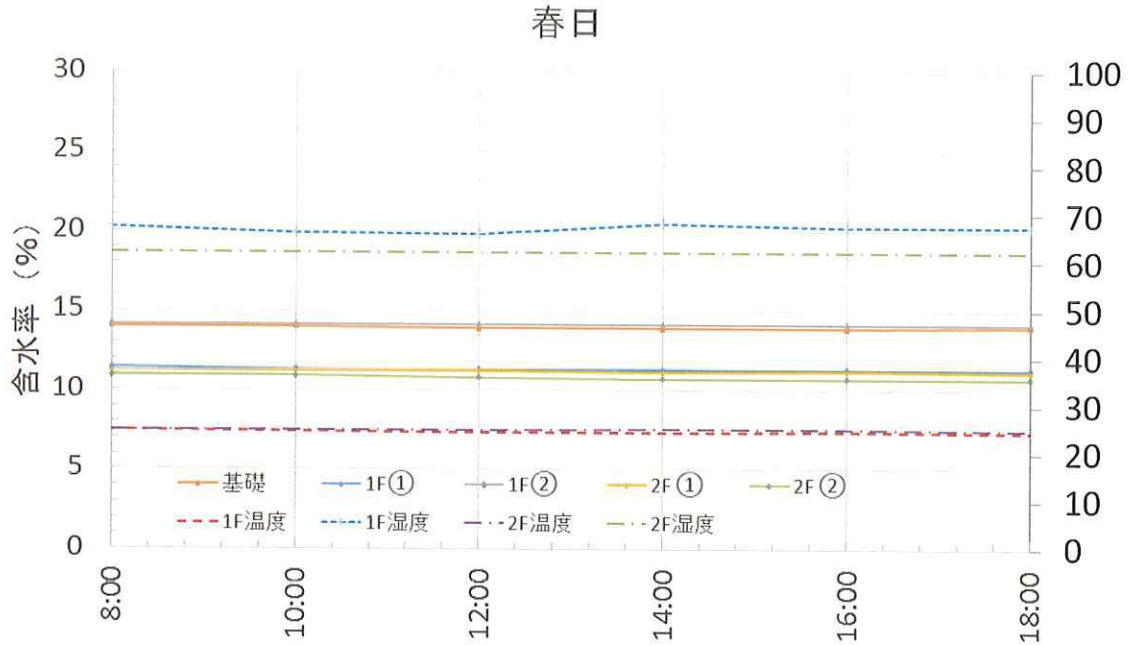


図 3.19 春日含水率

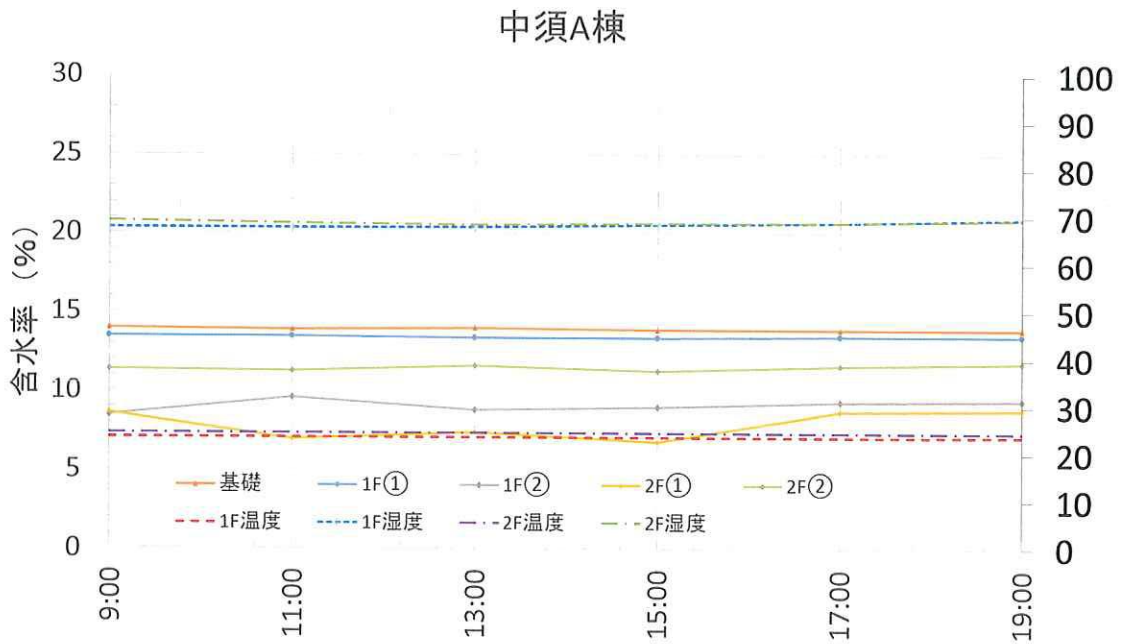


図 3.20 中須 A 棟含水率

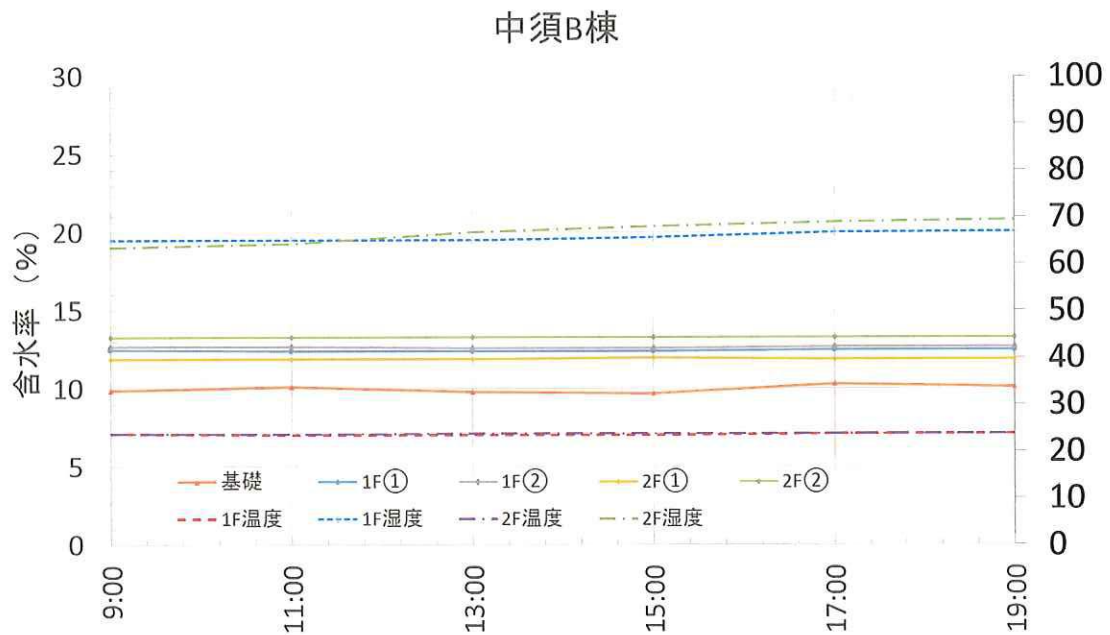


図 3.21 中須 B 棟含水率

計測結果より、一日において大きな含水率の変動はなく、また日変動の傾向もみられなかった。よって、計測区域内の環境が落ち着いていることがわかった。ただし、計測日においては、温度および湿度の変化が小さいため、もう少し温湿度の変化の大きい日をもって、同様の検討をおこない、その結果を検討したい。

本計測結果を看取する限り、現在行っている週 1 回の計測でも十分ではないかと考える。今後、異なる時期でも実施してみたい。

(3) 温湿度

建物ごとに、結果を示す。

真庭市営 CLT 春日住宅

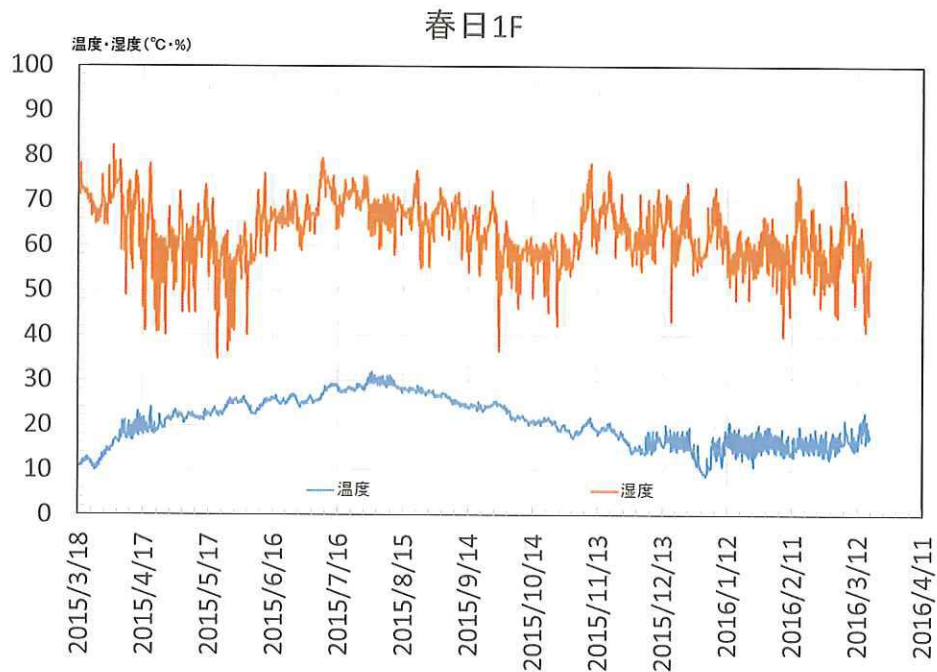


図 3.22 春日 1F の温湿度変化



図 3.23 春日 2F の温湿度変化

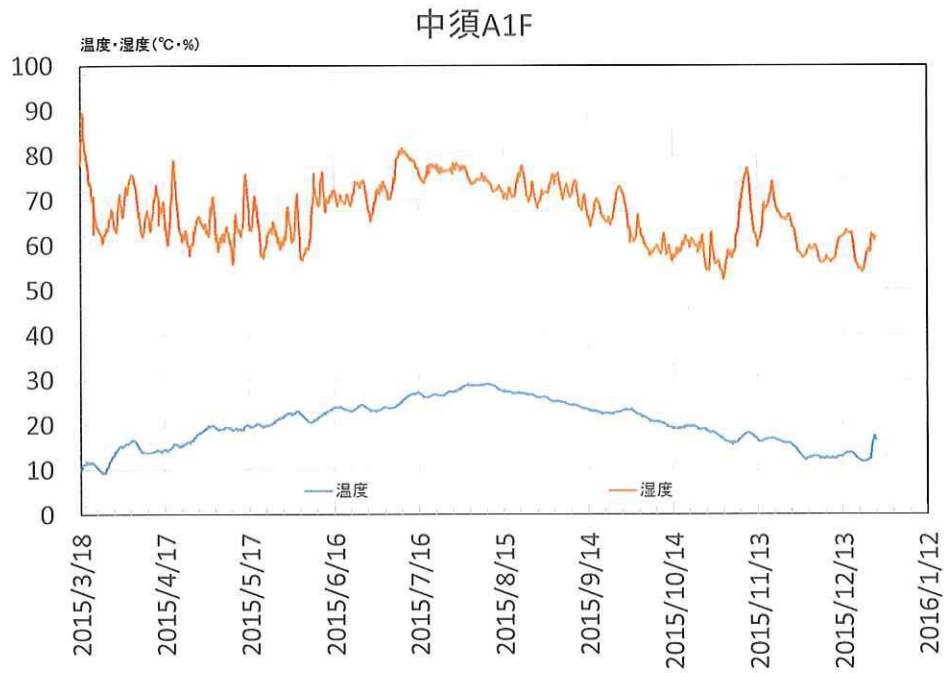


図 3.24 中須 A1F の温湿度変化

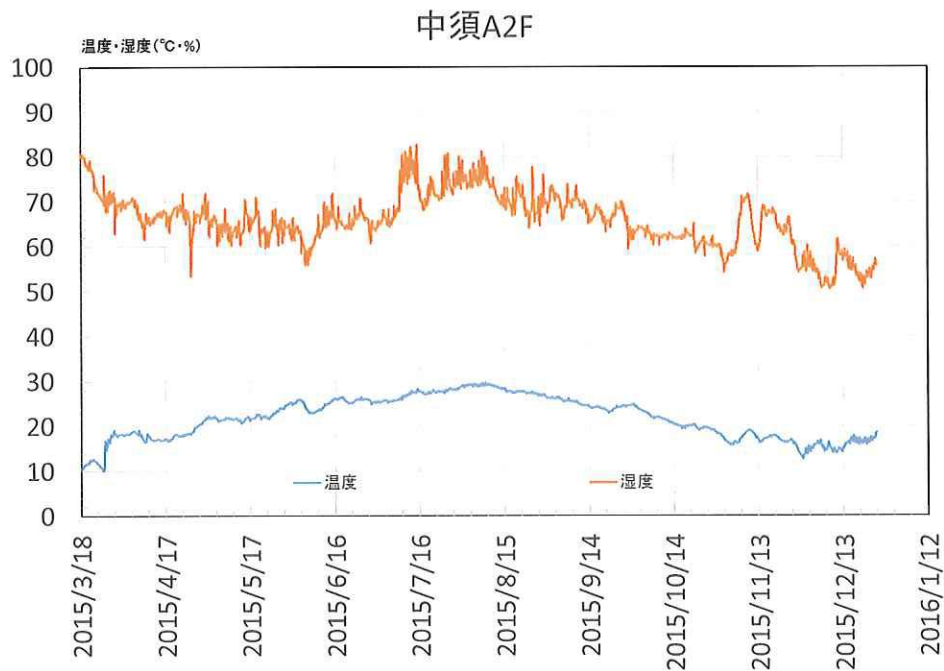


図 3.25 中須 A2F の温湿度変化

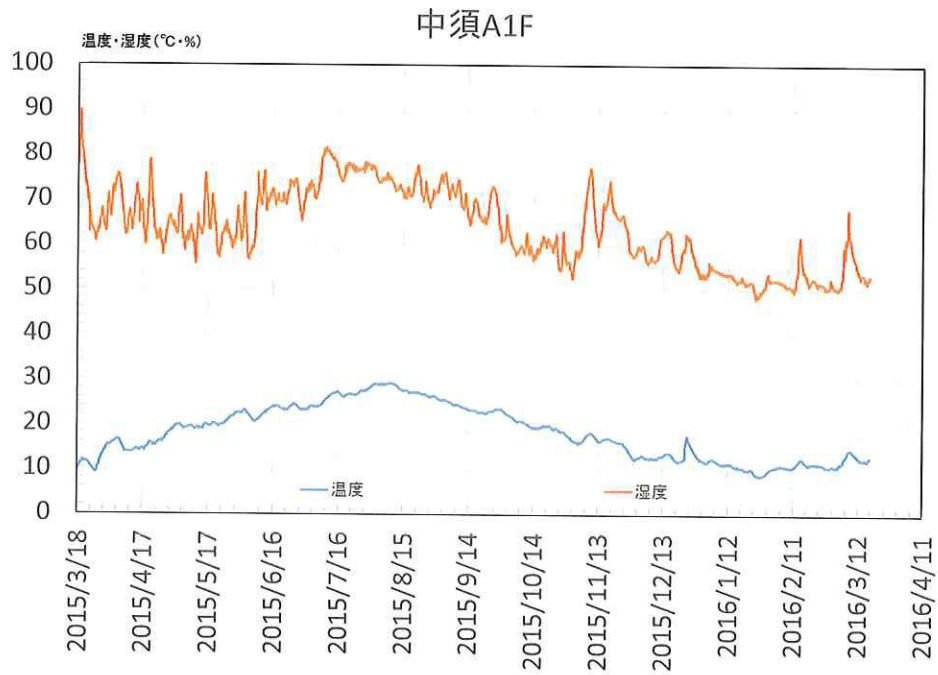


図 3.26 中須 B1F の温湿度変化

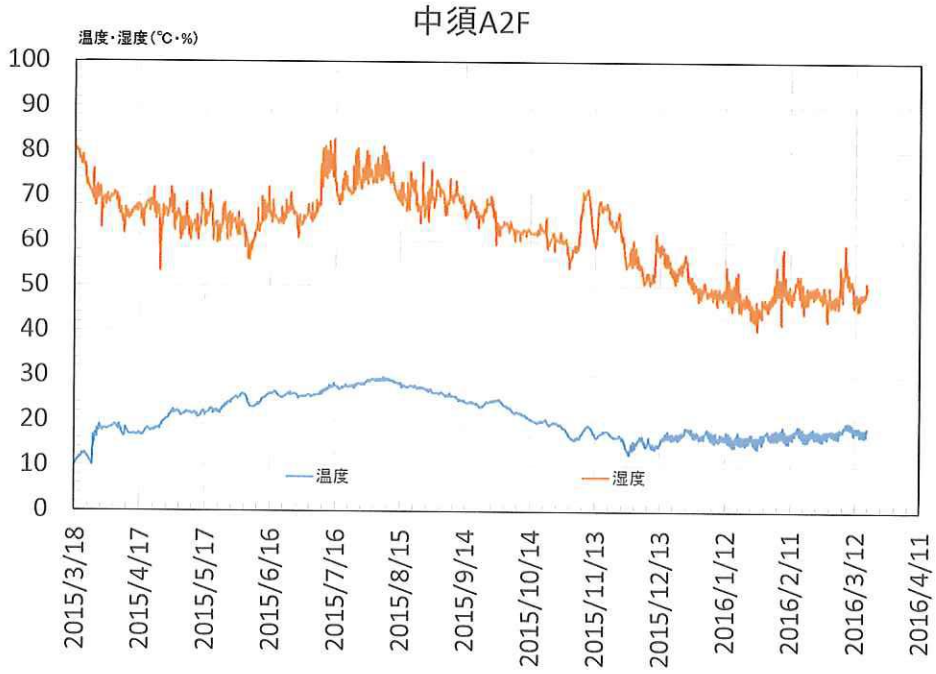


図 3.27 中須 B2F の温湿度変化

温度については、特に大きく変動するわけではなく、どの部屋においても同様の傾向を示した。また、湿度については、55%から85%程度の値を示していたが、1年目より2年目の値が若干下がっている傾向がみられた。今後、どのように変化をするのか注目していきたい。加えて、他で計測している外部の温湿度の変化と内部の違いなどを鑑みて、温湿度と変位の関係についても検討していきたいと考える。

(4) 比較グラフ

(1) ～ (3) まで項目（変位、含水率、温湿度）を比較したグラフを示す。

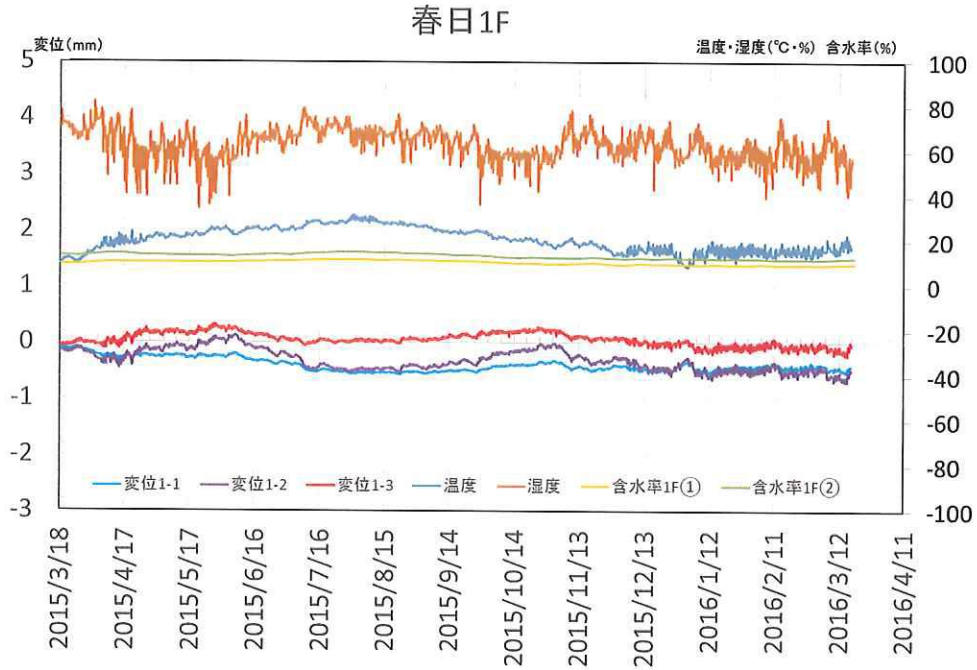


図 3.28 春日 1F 比較グラフ

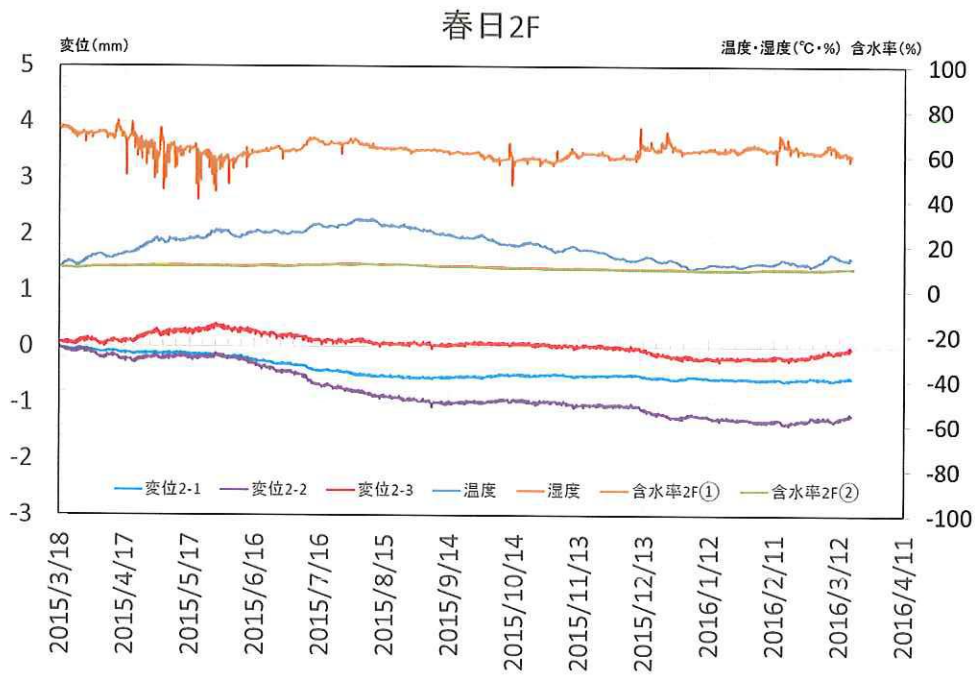


図 3.29 春日 2F 比較グラフ

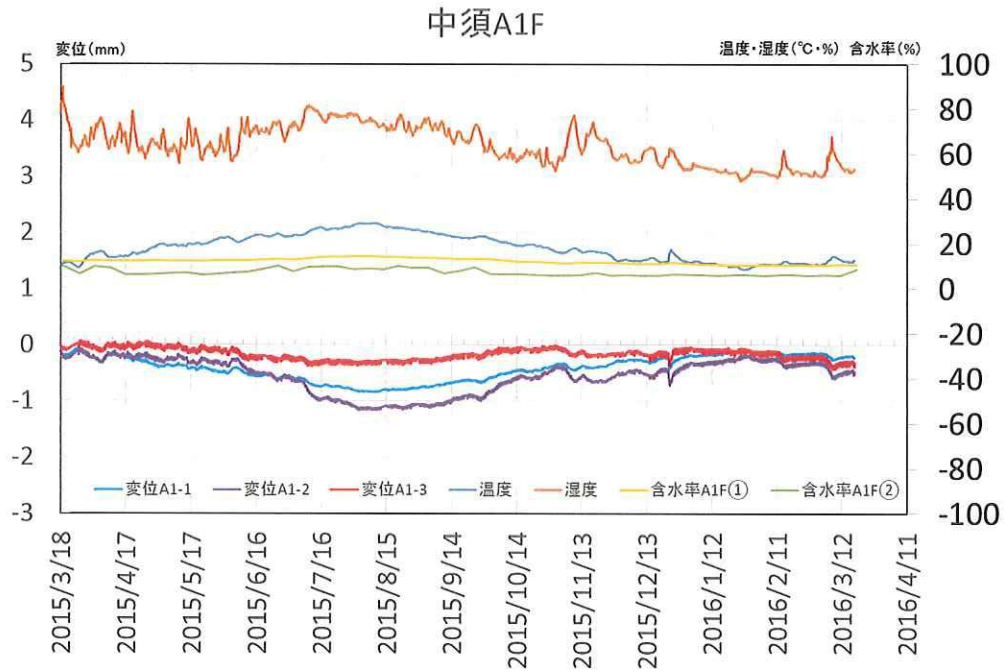


図 3.30 中須 A1F 比較グラフ

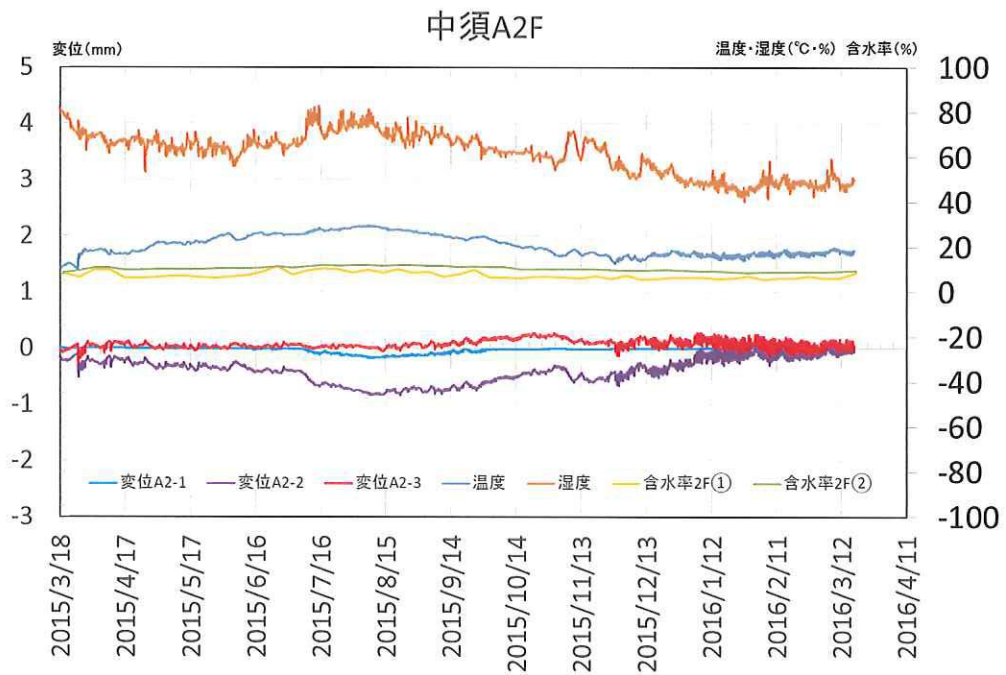


図 3.31 中須 A2F 比較グラフ

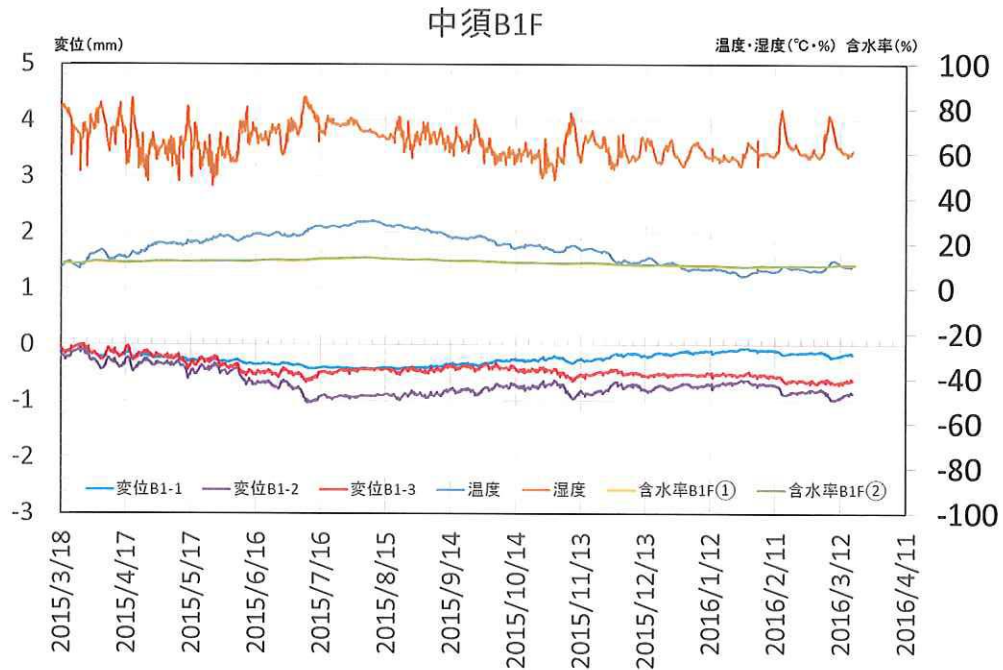


図 3.32 中須 B1F 比較グラフ

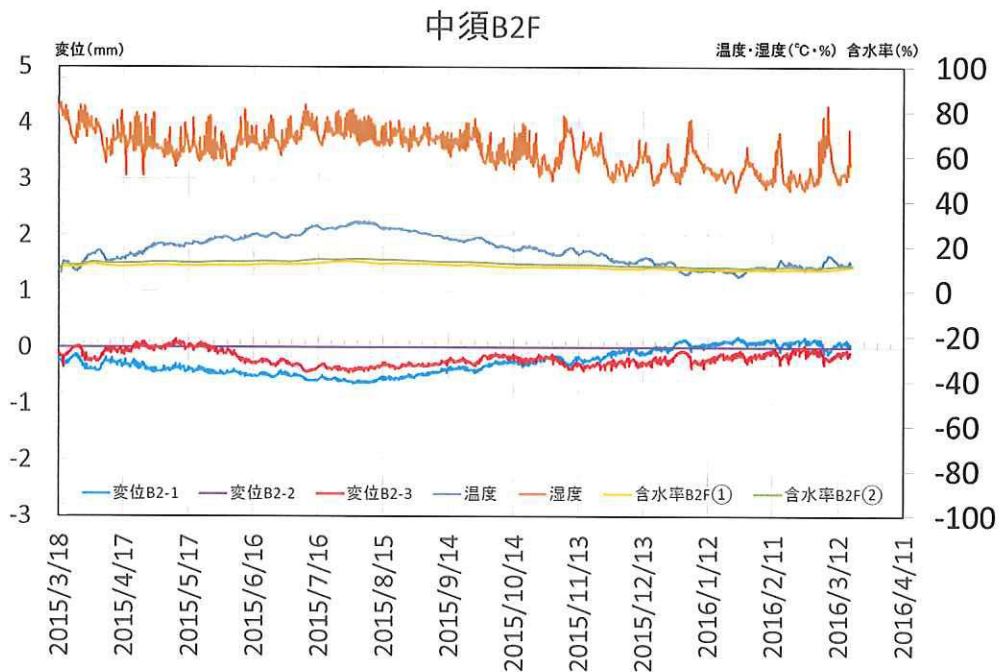


図 3.33 中須 B2F 比較グラフ

それぞれの関係について検討するために作成した比較のグラフでは、最も重要と考えている変位と同様、もしくは全く反対などの関係を示すような傾向のものはみられなかった。その中でも、温度が最も近い傾向を示している。これは、相対湿度が大きく変化していないことから、温度によって絶対的な湿度が変化していることを木材が吸収しているのではないかと考えられる。ただし、含水率があまり変化していないため、実測で示すことはできなかった。

また、同様の文言となるが、変位が夏場に上昇する傾向がみられ、含水率においても若干上昇している傾向があるため、水分の移動によって、このような傾向が現れていることが看取された。これらは、特に CLT によるところではなく、木造一般と同様であるが、含水率の変化が小さいことについては、木材の体積によるところが大きいと考える。

4. まとめ

本計測結果についてまとめると、以下のようなことがわかった。

- ・クリープにおける最大変位でも 1.3mm ほどであった。建物によって、若干様子は異なるものの、大きな変形とはなっていない。ただし、クリープ変形が集成材や製材と比べると若干大きいと報告されている CLT においては、今後のデータの収集、および長期の予測が重要と考える。

- ・同時に計測している温湿度および含水率から、温湿度の変化に比べて含水率の変化が小さいことがわかった。これは、木材量が多いことに起因すると考えられ、湿度の安定化に寄与しているのではないかと考える。