

9. 鉄筋コンクリート造集合住宅の外壁における 含水率変動に関する長期測定調査（その2）

谷沢 晋

要 旨

本報告は、外壁コンクリートの含水率が打設後どのように経時変動するかについて調査した結果を前報に続いて報告するものであるが、今回の調査で、コンクリート打設後約700日を経過しても、コンクリートは表層部で乾燥しているものの、依然として高い含水率を保っていることがわかった。

また、この調査により得られた測定値と、室内実験で求めた平衡含湿率の値を比較した結果、外壁コンクリートが平衡状態になるまで乾燥するには、相当な期間が必要なことがわかった。

キーワード

コンクリート／含水率／経時変動／平衡含湿率

目 次

1. はじめに
2. 躯体コンクリートの温度と相対湿度の測定実験
3. 供試体コンクリートの含水率の測定実験
4. コンクリートの平衡含湿率測定実験の概要と結果
5. ま と め
6. あとがき

9. A LONG-TERM MEASUREMENT OF MOISTURE CONTENT VARIATION IN THE EXTERNAL R.C. WALL OF AN APARTMENT HOUSE OCCUPIED (PART2)

Susumu Tanizawa

Abstract

This paper is the second part of measurement of moisture content variation in the external concrete wall placed. The result of the measurement to this time indicated that even after 700 days lapse from the placing day, the interior part of the wall still contains a high moisture content, even though the surface one is drying up gradually.

Comparison of the measured values obtained from this survey and the equilibrium moisture content values of concrete obtained from the interior experiment showed that a considerable amount of time is needed before the external concrete wall dries up to an equilibrated condition.

1. はじめに

R C造建物で問題とされる結露現象を根本的に解消するためには、打ち込まれた外壁コンクリートの含水率が経時的にどのような形で変動していくかを調査することが必要と考え、当社新城独身寮の外壁コンクリートにセンサーを配置してその含水率の変動調査を行ってきた。

前報(その1)では、含水率測定を行うための実験概要と、コンクリートが打設されてから約300日経過するまでのコンクリートの含水率を測定した結果を報告したが、本報告では、その後引き続いて行ってきたコンクリートの含水率の測定結果に関する報告と室内実験で求めた平衡含水率の値とを比較した結果について述べる。

なお、本研究については、昨年の大会(仙台)¹⁾に引き続き、平成4年度日本建築学会大会(北陸)²⁾においてその概要を発表している。

2. 躯体コンクリートの温度と 相対湿度の測定実験

コンクリートを打設後約700日(平成2年12月～4年9月)を経過した外壁コンクリートの温湿度について、それまでに測定して得られたデータとその解析結果について述べる。

図-1は、コンクリートを打設後45日経過したときから約30日ごとに材令690日に至るまでの外壁コンクリートの温度と相対湿度の分布およびその経時変動を示したものであるが、その図からわかるように、壁体の乾燥は、約1年を経過してから徐々に始まっている。しかし、約700日経過した現在、その表層部はまだ80%以上の高い相対湿度を示しており、また、壁体中層部においては、表層部よりさらに高湿な状態が続き、コンクリートの打設当時に比べ乾燥がほとんど進行していないといっている。

また、壁体周辺の気中相対湿度に比べ、躯体コンクリートの表層部の相対湿度は依然として高いことは、通常用いられる壁面仕上げ材では透湿抵抗に多くの期待がかけられないことを考えると、R C造建物壁体の結露発生要因の一つになると考えられる。

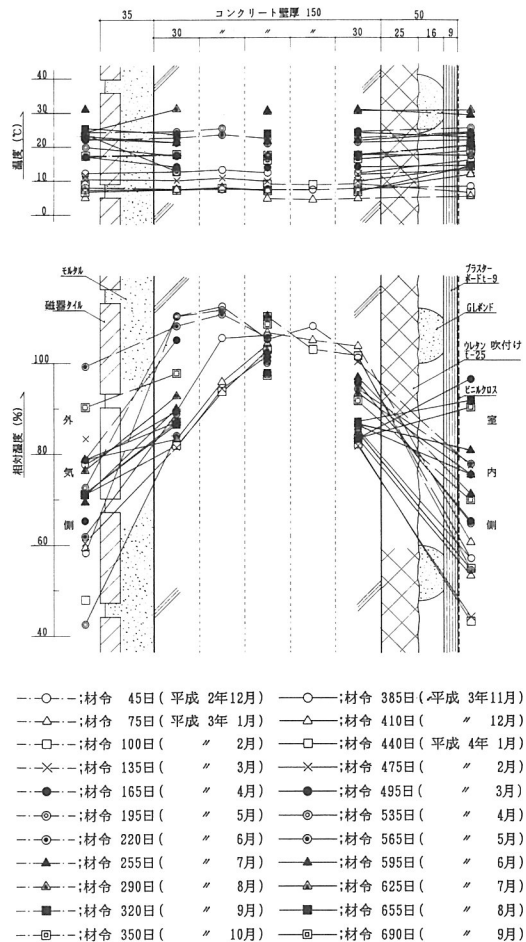


図-1 建物躯体壁における温度と相対湿度の分布および経時変動

なお、本実験に当たり、高湿なコンクリートの内部にセンサーを長期間密封埋設していたためかセンサーに異常を来したものがあり、一部に測定できなかった箇所が出た。

3. 供試体コンクリートの含水率の測定実験

コンクリートを打設した日と同じ日に、別にコンクリートを採用して供試体を作製し、その含水率の変動調査を行った結果について述べる。

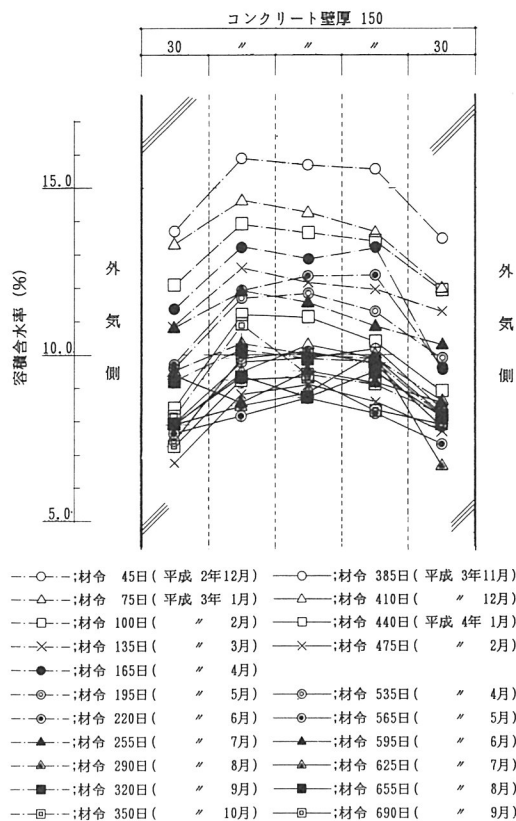


図-2 無仕上げ供試体コンクリートの含水率の分布および経時変動

前報(その1)で述べたように、採取した供試体は、表面が無仕上げのものと、建物と同仕上げをしたものの2種類である。

図-2に無仕上げ供試体の含水率の経時変動を、図-3に仕上げ供試体の含水率の経時変動を示す。

図-2からわかるように、無仕上げ供試体の含水率は、表層部から中心部までの全域にわたって、コンクリートの材令が増加するに伴いほぼ比例した速度で低下している。しかし、材令が約700日で、なお、7%以上の含水率を保有しており、初期材令のものに比べ、 $1/2$ 程度しか低下していない。

また、表層部から中心部に至るまでの各部位の含水率を比較してみると、図-1で示した相対湿度の場合程大きな差はみられないが、やはり中心部の方が表層部より高い容積含水率を保持しており、コンクリートの乾燥が表面から先に始まる表面支配型であることを裏付けている。

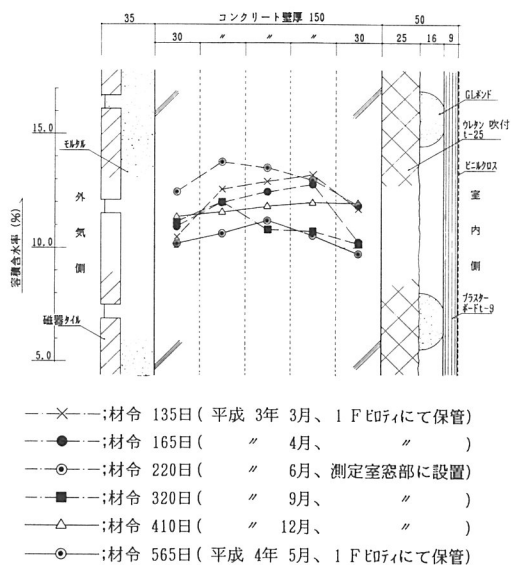


図-3 仕上げ供試体コンクリートの含水率の分布および経時変動

一方、含水率の低下速度は、どの部位においても、材令が300日を経過した頃から遅くなり、コンクリートの乾燥速度はゆるやかなカーブを描きながら低下していくものと推察される。

図-3の仕上げ供試体と図-2の無仕上げ供試体の含水率についてそのデータを比較すると、材令570日の仕上げ供試体の含水率は、材令440日の無仕上げ供試体の含水率にほぼ近い値を示しており、仕上げを施したコンクリート壁体は、無仕上げの壁体より、材令570日で100日以上乾燥が遅れていることがわかる。

一般に、実際の建物の場合、外壁は何らかの仕上げが施されていることが多く、したがって、RC造建物の防露設計を行うときには、コンクリートの含水率は、相当長期間経過していても、乾燥が想像以上に進行していないことを考慮する必要がある。

4. コンクリートの平衡含湿率測定実験の概要と結果

外壁コンクリートが実際にどの程度まで乾燥しているのか検討するため、上記の測定結果と、各種環境条件下におけるコンクリートの平衡含湿率とを比較してみた。

以下、平衡含湿率を測定したときの実験概要とその比較・検討結果について述べる。

平衡含湿率については、建築学会編の建築設計資料集成の中でC. Johanssonの学説³⁾が採用されている。しかし、これは重量比で表された含湿率であり、また、そのとき使用されたコンクリートの配合についても詳しいことが不明なため、今回は、この学説によらず、室内実験によって容積比の平衡含湿率を測定することとした。

測定は、図-4に示すように、温度20℃、相対湿度60%の恒温・恒湿室に設置した4個のデシケータの中にコンクリート供試体を一定期間密封して入れたのち、その容積含水率を測定する方法で行った。

定常な相対湿度を有する気密室の作製は、JIS Z 8806に示される塩類飽和水溶液利用法に従って行い、4個のデシケータ内に臭化ナトリウム（目標気中相対湿度=59%）、塩化ナトリウム（目標気中相対湿度=75%）、塩化カリウム（目標気中相対湿度=85%）および硫酸カリウム（目標気中相対湿度=98%）の4種の塩類飽和水溶液をそれぞれ封入した。

実験に用いたコンクリート供試体は、前記の温度と相対湿度を測定した建物と同じ配合のコンクリートで作製した直径75mm、厚さ25mmのものであり、材令2週、4週、6週および8週の4種類の供試体を、それぞれデシケータ内に2週間、4週間および6週間密封しておき、その容積含水率の測定を行った。

図-5に、その平衡含湿率の測定手順を示すが、図中の容積含水率の測定は、前記の建物の測定と同時にを行った供試体コンクリートの含水率の測定と同じ手順で行った（前報（その1）参照）。

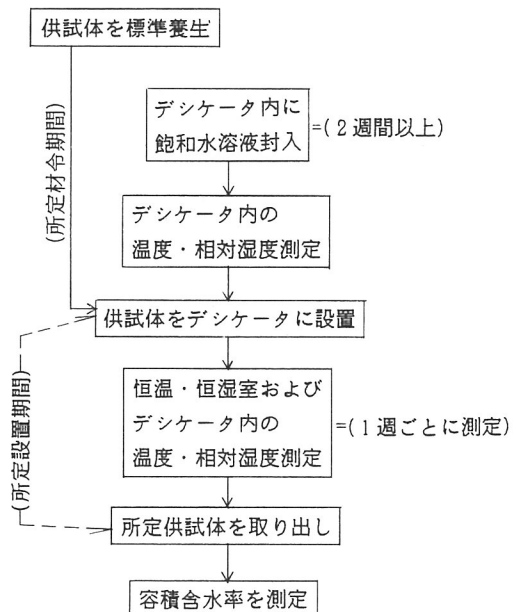


図-5 コンクリートの平衡含水率測定フローチャート

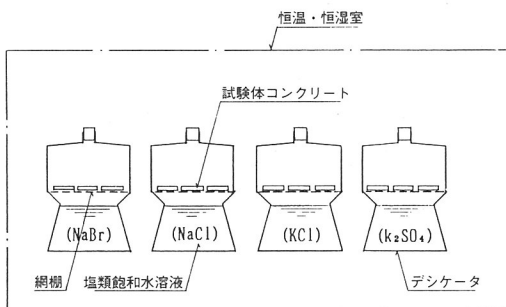


図-4 コンクリートの平衡含湿率測定装置

測定を行った結果、材令2～4週の供試体については、デシケータ内での設置期間の差によりわずかなばらつきが見られたが、材令8週のものでは、ほとんど一定の値に収束していた。

建物の躯体壁の厚さ150mmに比べ、この含湿率測定に使用した供試体はその厚さが25mmと薄いことから、これをフーリエ無次元時間で考えると、材令8週の供試体は、 $8 \text{ 週} \times 7 \text{ 日} \times (150 \text{ mm} / 25 \text{ mm})^2 = 2,016 \text{ 日}$ 、すなわち、躯体コンクリート壁の材令約5年半に相当する。したがって、この材令8週の供試体の容積含水率をコンクリートの平衡含湿率とみなすことにした。

図-6に、実験で求めた平衡含湿率曲線を示す。

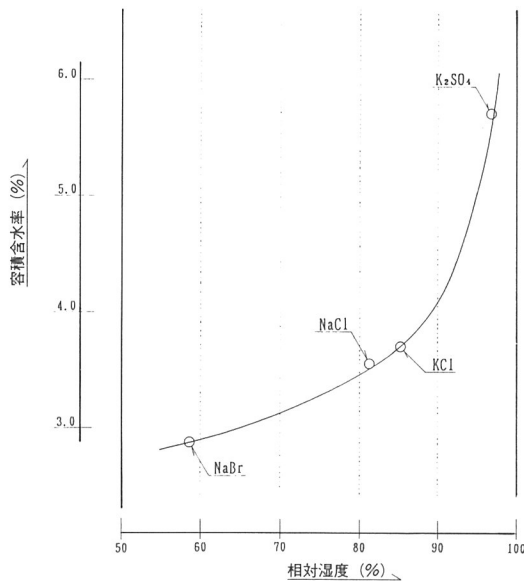


図-6 コンクリートの平衡含湿率曲線

なお、塩化ナトリウム飽和水溶液に接する気中相対湿度は、JIS Z 8806において気温が20℃のとき約75%と定義されているが、この実験では約81%であった。これは、溶媒として、蒸留水を用いずに普通上水を用いたことに起因すると考える。溶質の種類をさらに増やして行う予定の次回の実験では、この教訓を是非生かしたいと考えている。解析にあたっては、このデータを相対湿度81%の気中におけるコンクリートの平衡含湿率を示すデータとして取り扱った。

次に、この平衡含湿率の値と、前述の躯体コンクリート壁における相対湿度の測定値および供試体コンクリートの容積含水率の測定値とを比較・検討した結果について述べる。

図-1において、材令約700日のコンクリート壁の相対湿度は表層部でも約85%であり、一方、図-6から相対湿度85%のときの平衡含湿率は約3.7%である。これに対して、図-2では、同材令・同部位の供試体の容積含水率は約7.5%であり、この平衡含湿率と容積含水率との差を考えると、コンクリート打設後約700日を経過した建物の躯体コンクリートの含水状態は、平衡化するまでには程遠く、壁体が相当未乾燥な状態にあると推測できる。

5. まとめ

建物躯体壁の温度と相対湿度、および供試体の容積含水率をコンクリートの打設後約700日まで継続して測定し、また、これらのデータと室内実験で求めたコンクリートの平衡含湿率を比較・検討した結果、以下のことがわかった。

- ① R C造建物の躯体壁は、コンクリートの材令が1年を経過した頃から徐々に乾燥が始まるが、材令が700日になってもまだ80%以上の相対湿度を有しており、未乾燥な状態である。
- ② コンクリートの容積含水率は、材令の増加に伴い、表層部から中心部までの各部とも、ほぼ比例した速度で低下しているが、その低下速度は材令300日頃から小さくなり、コンクリート壁体の未乾燥状態が長期化することが推察される。
- また、材令700日のコンクリートの含水率は、初期材令時の1/2程度である。
- ③ 材令が約1年半経過した仕上げのあるコンクリート壁体は、仕上げのない両面打ち放し壁体より100日以上乾燥が遅れている。
- ④ 材令が約700日のコンクリート壁体の含水状態は、コンクリートの平衡含湿率からみると、平衡化するまでにはさらに長期間が必要であり、この程度の経過日数では、まだ壁体は未乾燥な状態にある。

6. あとがき

前報（その1）でもふれたように、この測定実験は来年11月まで継続して行う予定であるが、（その3）以降では、その時までの測定結果を解析し、コンクリートの含水率の長期変動を予測できる式を作りたいと考えている。

そのコンクリートの含水率の推定式を作ることにより、外壁コンクリートについて、含水の影響を受けないRC造建物の正しい防露設計が可能になるものと考えている。

なお、センサーに異常が発生し測定が不能になった箇所については、JIS Z 8806に定められた方法によってセンサーを検定・校正し、実験を続けていく予定である。

謝 辞

最後に、本実験の遂行に際し、多大な御指導を頂きました神戸大学松本衛教授等に深甚なる謝意を表します。

[参考文献、注釈]

- 1) 谷沢 晋, 松本 衛, 椎名国雄; RC集合住宅外壁の含水率変動に関する長期測定調査（その1）, 日本建築学会大会（東北）学術講演梗概集
—— 環境工学, P. 807 ~808, 1991
- 2) 谷沢 晋, 松本 衛, 椎名国雄; RC集合住宅外壁の含水率変動に関する長期測定調査（その2）, 日本建築学会大会（北陸）学術講演梗概集
—— 環境工学, P. 949 ~950, 1992
- 3) 日本建築学会編; 建築設計資料集成1 環境, 丸善, P. 177, 平成元年
—— C. Johansson, G. Persson ;
Byggmastaren, Bd. 17, Haft 311 (1946)