

旧JASS8における防水施工の目安 「Kettの水分計を用いて8%」物語2014

防水ジャーナル2014年2月号

特集「防水層のふくれを回避する」より

日本大学 生産工学部 建築工学科 教授・博士(工学)

湯浅 昇

旧JASS8における防水施工の目安 「Kettの水分計を用いて8%」物語2014

湯浅 昇

1 はじめに

私の専門は、コンクリートであり、コンクリートの含水率測定技術・実態の解明を得意のひとつとしている。研究人生もちょうど半ば、旧JASS8における防水施工の目安「Kettの水分計を用いて8%」について、その歴史をきちんと理解しておきたいと思った。

何故「Kettの水分計」だったのであろう。何故「8%」だったのであろうか。

きちんと聞いていなかっただけで、東工大での恩師・小池迪夫先生、田中享二先生に聞けば一発と思いきや、両先生からはその辺はわからないといわれ、困った。一緒に調べていただいたアスファルトルーフィング工業会の串原俊夫氏からの私への第一声は、“10年早ければわかっただろうが、知っておられたであろう方は皆亡くなった”であった。いよいよ歴史物だと、その理解に意義を感じはじめた。

旧JASS8「Kettの水分計を用いて8%」の記述に関して、2013年時点において私なりに精力取材をし、最後は推察も加え物語にしてみた。できるだけ真実を知りたい。真実を知ってお

れる方には間違いを指摘いただきたい。

2 JASS8の下地に関する記述の変遷

昭和27(1952)年建築雑誌9月号に、JASS8「防水工事」の初案が掲載され、1節アスファルト防水工事8.1.3施工a(1)に「アスファルトプライマーの塗り方 下地が充分乾燥した後、よく清掃して塗布する。」とある。

その後、昭和37(1962)年、やはり本文のみであったが、大幅な改定案が8月建築雑誌に掲載され、10月単独の出版物となった。ここでは、1節アスファルト屋根防水工事8.1.2下地および天候aにおいて、下地の第一番目の記述として、「十分乾燥していること。」とあり、重要項目となっている。

次の改定は昭和47(1972)年であり、本文に加え解説付きになった。これをもってJASS8の初版とされているようであるが、下地に関する記述は、「十分乾燥していること。」と昭和37(1962)年の記述のままであるが、解説の中にはじめて、「Kettの水分計」、「8%」が登場する。1節屋根アスファルト防水工事8.1.2下地b(1)の解説では、「一般に乾燥程度の測定装置には確

実なものはないが、普通コンクリートの場合 Kettの水分計を用いて8%以下の状態であれば一応安全圏内あるといえる。」の記述がなされ、3節屋根合成高分子ルーフィング防水工事8.3.2 下地b(1)では、乾燥の必要性を解説した後に、括弧書きで「(乾燥程度の測定装置に確実なものはないが、Kettの水分計を用いて8%以下の状態にすれば、一応安全圏内にあると考えてよい)」とある。

こうして登場した“Kettの水分計”、“8%”の記述であったが、次の昭和56(1981)年の改定ではいささか状況が変わる。2節アスファルト防水工事および新設になった4節塗膜防水工事では、下地について、昭和47(1972)年版1節屋根アスファルト防水工事の記述をそのまま踏襲したが、3節合成高分子ルーフィング防水工事では、解説が次のように改められた。「下地の乾燥状態を簡便でかつ適正に測定する計器は今のところは存在しない。したがって、下地が十分乾燥していて作業を進めてよいか否かの判断は、今までの知識と経験とで総合的に判断せざるを得ないのが現状である。電気的に水分計により求めた含水率が8%以下であれば乾燥状態であり、作業を進めてもよいとする根拠は薄弱なものであり今後の研究に待つところが大きい。しかしこの水分計により2~3回の測定を繰り返して、針が指示する数字がほぼ一定であることは、下地の含水率は不明であるが、その乾燥状態は安定している事実を示すことは確かである。この場合、下地は一応安定した乾燥状態にあって、今後もその可能性が高い事実を示していると判断することができる。その他セメント粉末や新聞紙を下地に密着してフィルムで覆い、2時間後の飛散状況や燃え具合をみたり、前の晩の下地にかぶせたフィルム内の結露状況の有無から、乾燥状態をチェックする方法などいろいろあるが、現場の状況、季節、当日の天候などによってかなり判断に苦しむ結果が出る

ことがあり、その結果から早急な判断をすることは無理で、慎重に検討して、総合的な観点から乾燥の程度を判断することが必要である…」としている。

この経緯について、元大成建設鶴田裕氏は、防水ジャーナル2005年10月号「防水100年記念～明治から平成へ」の中で次のように回顧されている。「(初版では)解説文にKettの水分計でスラブの湿り気を測定し、8%以下であれば一応安全圏内にあると考えても良いとする()内の文章も一人歩きし、TQCが流行った時代には格好の数値として取り扱われるなど問題視されることがあった。」(p.121)、「第1版で下地の乾燥程度の判断にKettの水分計による方法をカッコ付きで例示したが、測定器のメーカーが推奨した8%が必ずしも適当ではないとの意見が現場から寄せられたため、建設会社が所有する器械を建築学会に集めて調べたところ、測定値にかなりバラツキ(機差)があることが判明した。そこで第1版の表現を事実上撤回し、数回の測定を繰り返して得られた数値がほぼ一定になった場合は、含水率は不明だが一応安定した乾燥状態にあると判断できるとし、数値管理をしないことに改め、解説で示した。そして原始的ではあるが実用性の高い方法をいくつか紹介し、管理担当者の各自の経験を増やすよう求めている。」(p.122)。

“Kettの水分計”、“8%”のJASS8における記述は、アスファルト防水工事ならびに塗膜防水工事に関する解説も含め昭和61年(1986)年の改定で一掃されるが、14年間にわたり日本建築学会の標準仕様書の中で示され続け、今なお業界に少なからず影響を与えている。

3 田島ルーフィングの記録にみるヒント

昭和47(1972)年のJASS8改定(ただし初版)以前における下地の含水状態を扱った記述を探してみると、西日本アスファルト事業協同組合

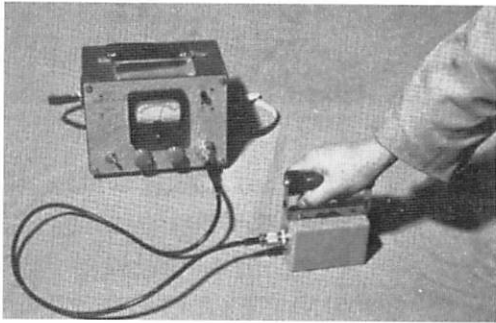


写真-1 田島仕様書にみる高周波水分計

(田島応用化工(現・田島ルーフィング)が中心になった組織)が昭和33(1958)年に発刊した「アスファルト防水工事-年限仕様書の理論と実際-」でみる事ができた。

下地乾燥の検査として、「下地コンクリートの乾燥度測定は密閉カップ内の平衡湿気を測定する方法や高周波水分計によるモルタルの電気容量の変化を測定する方法がある。防水施工の際のモルタルコンクリートの乾燥度は前者では平衡湿度88%又はそれ以下、後者では電気容量8.0pF又はそれ以下でなければならない。」の記述がある。そして、Kettの水分計CH-2型(昭和36(1961)年販売開始)ではない、それと様相が似ている高周波水分計の写真が掲載されている(写真-1)。

さて、「平衡湿度88%」、「電気容量8.0pF」の基準であるが、当時、進駐軍をはじめとしたアスファルトタイル、プラスチックタイル床工事において、床材のふくれ防止が大きな課題であり、軍からの指示書の形として持ち込まれたか、「アスファルト防水工事-年限仕様書の理論と実際-」の作成に多大な影響を与えた田島応用化工2代目社長田島栄一が社員とともに頻繁に行ったアメリカでの視察調査で入手した可能性がある。その過程で、この基準を、それを測定する機器も含めてアメリカから導入したと考えていいようである。

4 Kettの水分計の開発の謎

昭和47(1972)年のJASS 8改定時において、“Kettの水分計”といえば、昭和36(1961)年販売開始“Kett CH-2型(モルタル用高周波水分計)”を示し、JASS 8から記述が消える昭和61年(1986)年までこの“CH-2型”が販売された(写真-2)。現在のKett HI-520、その前のHI-500は、モルタルおよびコンクリートの含水率(一つのキャリブレーションをもとに算出されるもので測定対象とした下地の真値ではない)が表示される“CH-2型”の後継機である。

ケット科学研究所沓掛文夫氏に伺ったところ、CH型、CH-2型の開発に携わった方は誰一人ご存命でないことがわかった。

ケット科学研究所沓掛文夫氏と一緒に“CH-2型”販売までの過程を推察してみた。

- ①CH-2型以前にCH型という機種もあってしるべきであるが、社内には写真も資料もなく製造、販売したかは怪しい。
- ②当時は見よう見まねで製品を作っていく時代だったので、多分に漏れず、アメリカの先行機器の相当品を作った可能性があり、その模作機が初代CH型だったのではないか。または、ケット社は、昭和34年にはほぼ仕様は同じ木材用のMH-2型(やはり初代MH型を製造、販売したかは怪しい)を発売している。これを「アスファルト防水工事-年限仕様書の理

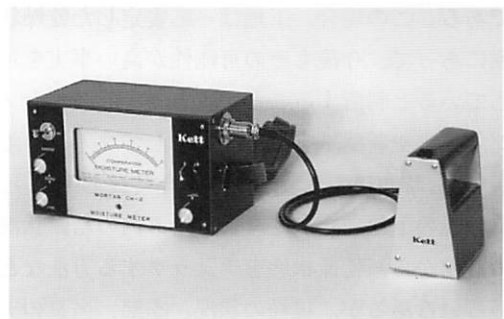


写真-2 Kett水分計(CH-2型)

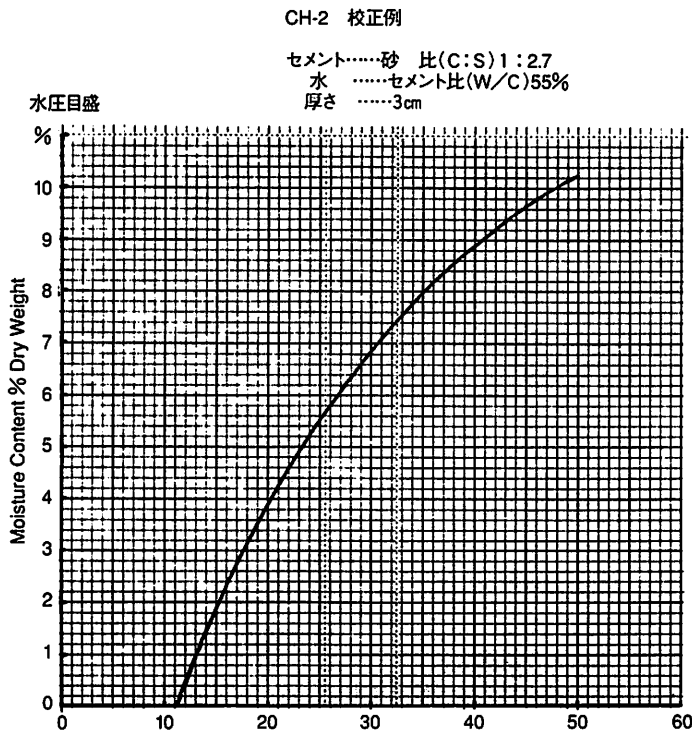


図-1 キャリブレーションカーブ

論と実際-」等での使われ方を鑑み、モルタル下地用に転用したのとも思える。

- ③「アスファルト防水工事-年限仕様書の理論と実際-」では電気容量pFの測定値により判断することになっているが、ケット社では電気容量pFに換算する仕組みを作るわけがなく、写真もアメリカ製と思える。

5 基準「8%」の根拠

さて、「8%」は、どこからきたのであろうか。

押し当て式高周波水分計の原理からすると、本来、おかしな話になるのだが、とにかくアメリカ製の水分計は電気容量を測定できるとされている。実績として8.0pF以下であることを目安にすれば、工事をして問題がなかったのだろうし、その実績で基準となったものだろう。

そして、このアメリカ製水分計が電気容量

8.0pFを示す時にKettの水分計CH-2型が示した数値を、取扱説明書にある1:2.7モルタル(W/C55%)のキャリブレーション例(図-1)に対応させると、含水率は8%程度だったのではないかと推察する。そして、防水工事の現場で実績を積み、「8%」という目安に、昭和47(1972)年のJASS8の改定時までには、収束したのだらうと思う。しかし、JASS8に数字を記述するまでには、数字を提示した人が必要である。どういう過程で、「8%」となったか最後の謎であった。

その頃「鶴田さんに会いたい」と欲していたところ、

ルーフネット森田喜晴氏を紹介し、大学近くの船橋に住む鶴田裕氏が私に会いに来て下さった。「8%」の基準値はケット社からの提案であった。CH-2型販売開始からJASS8改定・記述までの約10年、可否の評価尺度を見極め見守ってきたのはケット社だったようである。途中推定の部分はあるのだが、肝心なところは鶴田さんのおかげで明確になった。

6 湯浅の「Kettの水分計を用いて8%」の工学的解釈

ところで、現在の工学的見地から「Kettの水分計を用いて8%」の意味を考えてみたい。

まずは、「Kettの水分計」であるが、原理的には、一對の電極を下地に押し当て、高周波電流を流し、電極間の下地の見かけの静電容量に対応した値を0~50の等分スケールを示したメータから測定する機器である。「アスファル

防水層のふくれを回避する

ト防水工事－年限仕様書の理論と実際－」で出てくる高周波水分計のまさしく類似品である。物質の静電容量は水分を含むほど大きくなるという原理から、見かけの静電容量から含水率を類推する仕組みである。この類推には、あらかじめ求めておいた静電容量と含水率の対応曲線（キャリブレーションカーブ）を用いる。

それでは、測定される値は下地のどのような水分状態を反映するかという議論になるのだが、コンクリートを専門とする私の立場からすれば、コンクリートは、含水率・細孔構造の観点で不均質であり、常に変化する不均質状態の中で、この押し当て式の電極により電界がコンクリート内でどのように発生しているかを類推することは不可能であり、得られた値がどのような意味でコンクリートの含水状態を反映しているかを理解することは不可能であるということになる。原理的に無理がある話なので、当然、ケツト社ですら私のこの見解を否定はできていない。JASS 8 に記述がある時も含めて、結局は何を計っているとは言えない状態であり、電流が選んだルートによる見かけ上の静電容量に対応する値なのである。まさしく押し当てて、ブラックボックスの中で処理され出てくる値である。しかしながら、現在のHI-520を含めてこの押し当て式高周波水分計には、根強い親派があり、確かにそれなりの尺度になっているという評価と実績があるといえる。

一昨年、私は思い立って、原理からでなく、結果として何が反映されているかを実験・検討してみた¹⁾。現在のHI-520の測定値は、深さ10mmまでの含水状態の影響を80%程度、20mmまでの影響を90%強、そして、概ね40mmより深い層の状態は全く反映されないことがわかった。これを明らかにしたのは画期的なことであったと自負している。

次に“8%”であるが、このことこそが大きな問題を抱えている。そもそも「何が」8%な

のであろうか。旧JASS 8における記述では「Kettの水分計を用いて8%」とだけ、下地の含水率とはしていないが、下地のモルタル・コンクリートの含水率を想定していることに間違いはない。

それでは、下地のモルタル・コンクリートの含水率の取り得る値の範囲は如何ほどかご存じであろうか。含水率の定義は、含水率(%) = (その時点における質量 - 絶乾質量) / 絶乾質量 × 100である。昭和47(1972)年のJASS 8改定以前は、下地と言えばモルタルを押さえたものだったはずで、1980年代以降は、コンクリートの直押さえが主流となる。JASS 8で「Kettの水分計を用いて8%」が運用された時期はまさしくその移行期である。現実的なモルタル・コンクリートの調合では、モルタルの最大含水率は約12%、一方、コンクリートはモルタルに対して容積に占める骨材量が多いので、コンクリートの最大含水率は約8%である。そもそも“8%”という概念をJASS 8に出したことが問題をこじらした。JASS 8に入れる時、静電容量に準じた電気的な数値でなく、あくまで下地の含水率の値で基準を示したかった気持ちはわかるが、こんな落とし穴があることに気づいてはおられなかったようだ。今でも、コンクリートを専門としている人ですら、含水率の絶対値の理解は難しいと思える。私は“Kettの水分計”とわざわざ指定するのならなおのこと、「アスファルト防水工事－年限仕様書の理論と実際－」で8.0pF以下としたように、静電容量に対応した0～50の等分スケール上の値で規定すべきだったと歴史を評価する。なお、CH-2型発売当初は、含水率との関係は顧客が独自に実験により作成すべきという原則を貫いていた。1:2.7モルタル(W/C55%)によるキャリブレーション例が取扱説明書に記載されるようになったのは数年経ってからであるが、これが一人歩きすることになる。

ともあれ、昭和47年時点における「Kettの水分計を用いて8%」を私の知見から大雑把に言い換えると、含有水分の1/3程度乾燥した状態である。私は、コンクリート直押さえスラブを対象として実含水率（Kettの直読式水分計の値ではない）で6%を少なくとも下回らないと、床仕上材に不具合が生じることを示してきた²⁾。この値は水分がやはり1/3程度乾燥した状態である。「1/3乾燥させる」はいいところで、最大含水率12%程度における“8%”は、落ち着き処としては的を射ていたかもしれない。

7 水分計の実績を踏まえたよりよい利用法の提案-おわりにかえて

防水の分野では、今なお「Kettの水分計を用いて8%」を引きずっていると私には思える。工学的に、商用的に、意図するところは理に適っており、有用なら尺度として使いたいところだろう。“8%”ではないはずだろうが、各メーカー、施工業者では、現在の水分計を用いた社内基準を各々定めて利用しているものと思う。JASS 8からの削除を受けてお墨付きを失っているが、親派があり、実績がある。

Kett HI-520である必要はないが、お持ちの水分計によるコンクリートの含水率表示を、これからは、無名数のただの数値(%の概念も消して)として扱われてはどうか。そして、“コンクリートの含水率で○%”と議論せず、“***の水分計で○”と、“○”を議論することが工学的である。前者の表現は、水分計を押し当て、人の作ったキャリブレーションを使っている以上、工学的ではない。ただの尺度として使うべきだ。

この提案のよりよい理解のために、最後に、Kett HI-520を例にコンクリートの含水率表示がどのようにして出てきているのかから説明したい。

①所定の電氣的条件下における一対の電極間の

静電容量に対応する値(HI-520ではDモード値にあたる)を計測する。

②計測したDモード値を、あるコンクリート(一般的な材料・調合)において、あらかじめ求めておいたDモード値と含水率の関係式に入れ含水率を算出する。

Dモード値までは不変的な物性値の範囲だが、表示される含水率は、測定に供したコンクリートそのものの含水率としては真値でなく、特定のコンクリートの含水率上に無理矢理のせた値である。私の立場からすると、だからストレートにDモード値で議論すればそれでいいと思うのだが、今更Dモードでは皆さんが困るだろう。コンクリートの含水率の表示値は、一律にDモード値から計算することができるということからすると、尺度として成立する。含水率としては嘘っぱちだけれども尺度として扱うのならDモード値同様不変的な物理値である。

皆さんはDモード値でなく、含水率としての表示値で社内基準を作ってきたかと思う。コンクリートを専門する立場として、これをもって“コンクリートで○%以下”といわれるのは許容できないが、“水分計HI-520の測定値で○以下”は十分に許容できる。今更、皆さんに苦勞させDモード値で議論しなくとも結構である。“水分計***の測定値で○以下”で、議論していくことで本質的な管理を模索していきたいものである。

【参考文献】

- 1) 沓掛文夫, 湯浅昇, 美沼町雅弘, 結城英恭「押し当て高周波容量式水分計の表示値の意味に関する実験的検討」【日本建築学会大会学術講演梗概集A-1】pp.1233-1234, 平成25年8月
- 2) 湯浅昇, 松井勇, 逸見義男, 佐藤弘和「仕上材のがれに及ぼす下地コンクリートの含水率, 細孔構造の影響」【日本コンクリート工学協会コンクリート工学年次論文報告集】第18巻, 第1号, pp.573-578, 平成8年7月