

論文

[1111] 塗り床を対象とした下地コンクリートの含水率分布及び細孔構造

湯浅 昇\*1・田中 享二\*2・浅見 勉\*3・橋田 浩\*4

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の表面に施す防水層、壁材、床材等の仕上材は、ふくれ、はがれ等の現象が起こり易く、意匠及び構造物の耐久性を考える上で大きな問題となる。これらの劣化現象は、仕上材及び接着剤の性質や環境条件ばかりでなく、下地となるコンクリートの品質と重要な関係にあると考えられている。特に、コンクリート中の水分は、仕上材との接着力を低下させるばかりでなく、界面に生じる圧力の原因になると考えられ、JASS8「建築工事標準仕様書・同解説、防水工事」や「合成高分子系床仕上げ施工指針・同解説」等でもコンクリートの水分管理の重要性が指摘されている。しかし、接着はコンクリート表面に限定されるにも拘らず、これまでの研究の多くが総体としてのコンクリートの含水率や調合上の水セメント比と仕上の劣化との関係を検討したにすぎず、原因を十分絞り込めず劣化のメカニズムを解明しきれていない。仕上材の施工時期の決定に際しては、未だに施工者の経験的な判断に負うところが大きい。

本研究は、下地となるコンクリートを総体的にとらえるのではなく、また仕上材にとっての「表層部」の範囲が明らかでない現状から、表面からの深さに対応した含水率、細孔構造の推移を明らかにすることを目的とした。今後、仕上材の劣化の防止に有益な情報を与えるものと思われる。実験は、塗り床を対象とした構造体コンクリートについて、表面からの深さ方向の含水率、細孔構造の推移に及ぼす塗り床の施工時期、防湿シートの影響を打設後2年にわたり観察した。

2. 実験概要

2.1 実験計画

同時に打設されたコンクリートについて、表-1に従い、塗り床を施工し、含水率、細孔構造をコンクリート表面からの深さごと（含水率：1.5, 3.0, 6.0, 13.5cm、細孔構造：0~1, 2~4, 5~7, 12~15cm）に測定した。

表-1 試験条件と試験実施計画（打設日：平成3年10月11日）

塗り床施工 材令	防湿シ ート	試 験 項 目	コンクリート材令(日)												
			2	7	8	14	21	28	45	68	119	398	776		
0 日	有	含水率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		細孔構造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7 日	有	含水率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		細孔構造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6 8 日	有	含水率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		細孔構造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	無	含水率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		細孔構造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
無塗布	有	含水率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		細孔構造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

- \* 1 日本大学助手 生産工学部建築工学科、工修（正会員）
- \* 2 東京工業大学助教授 工業材料研究所、工博
- \* 3 (株)エービーシー商会研究所所長（正会員）
- \* 4 清水建設(株)技術研究所建設技術研究所研究員、工修（正会員）

## 2. 2 実験期間

実験は、平成3年10月11日にコンクリート打設を行い、以降、表-1に従い、コンクリート材令 776日にあたる平成5年11月25日まで測定した。

## 2. 3 実験対象建物・下地構成

実験を行った建物は、三重県北部

に所在する1階建て鉄骨造の某電気部品工場の実験棟（総床面積 5,600m<sup>2</sup>）である。実験対象のスラブコンクリート打設時には、既に柱、壁、屋根、建具の建方が終了していた。

建物の周囲には、山林、沼地があり、比較的排水の悪い地域と考えられる。スラブは、グラウンドラインから1メートル掘り下げた粘土質の切り土の上に図-1の構成で計画されたものである。なお、表-1における「防湿シート無」の条件の場合は、ポリエチレンフォームとポリエチレン製の防湿シートを除去し、空いた場所には表乾状態の砂を埋めた。

実験対象区画は、同日にコンクリートを打設した部分（約 800m<sup>2</sup>）の内、中央にあたる10m × 10m の範囲である。

## 2. 3 コンクリート及び乾燥条件

打設したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用い、表-2に示した調合により練り混ぜたものである。打設後数時間内に金ごてを用いて押さえを行った以外には、所定の塗り床施工日までコンクリートには特別な処置を行わず、雰囲気中で自然乾燥させた。なお、参考までに、床近傍の温度・湿度を含水率測定時の結果に限られるが図-2に示す。実験空間は、比較的外気に対して開放されていなかったため、打設後2ヶ月を超える長い期間にわたり、相対湿度80%を超える高湿度状態にあった。

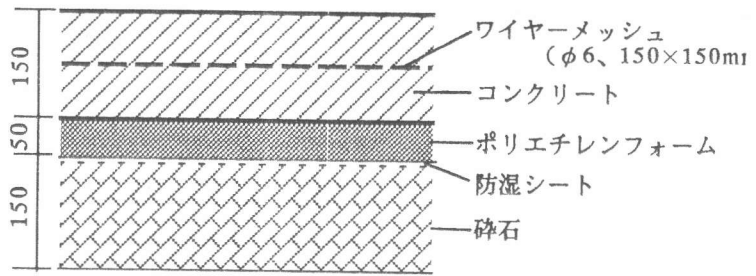


図-1 下地の構成

表-2 コンクリートの調合

呼び強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	質量 (kg/m <sup>3</sup> )				化学混和剤 (cc/m <sup>3</sup> )	
					普通セメント	細骨材		粗骨材		
						A	B	A		B
195	15	4.0	62	175	283	174	695	586	390	283.0

A：長島産、B：藤原産

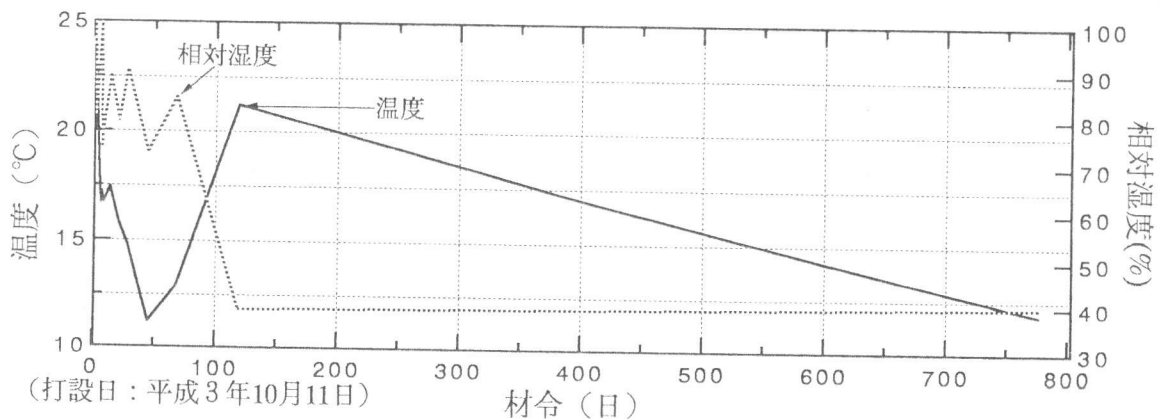


図-2 コンクリートスラブ近傍の温度と湿度

## 2. 5 塗り床の施工

コンクリート打設当日（材令0日）で施工する場合は、文献[1]に示された若材令時に適用する工法により行った。この工法は、打設当日の金ごて押さえ後、数時間以内に機械によりレイタンスを除去し、処理材（QQ処理材I）を塗布、指触乾燥後、エポキシ系上塗り材Eを金ごてにて塗布する流しのべ工法によって仕上げるものである。また、他の材令での施工は、プライマー（Eプライマーとフィラーを混合）を塗布し、上塗り材を同様に仕上げた。

## 2. 6 試験方法

### (1) 含水率の測定

含水率は、コンクリート表面から1.5, 3.0, 6.0, 13.5cmの深さに埋め込んだ電極の比抵抗と熱電対による温度を非破壊的に所定の材令でモニターし、別に求めた比抵抗と絶乾法による質量含水率の関係から推定した[2]。なお、本実験における含水率の推定可能範囲は、キャリブレーション用試験体の質量含水率範囲であった1.75~7.60%である。

### (2) 細孔構造の測定

材令398日目に、塗り床施工材令の異なるスラブからそれぞれφ5cmのコンクリートコアを3本採取し、コンクリート表面から0~1, 2~4, 5~7, 12~15cmの部分に切断した。これらをそれぞれ2.5~5.0mmの粒度に調整した後アセトン処理及びD-dry処理により水和を停止させ、細孔構造測定用試料とした。細孔構造は、この試料を水銀ポロシメータによって測定し、別に塩酸を用いて測定した試料中の骨材率の結果により、硬化セメントペースト部分の細孔量（有効細孔量）として整理した。

## 3. 実験結果及び考察

### 3. 1 コンクリートの含水率

#### (1) 乾燥による含水率分布の変化

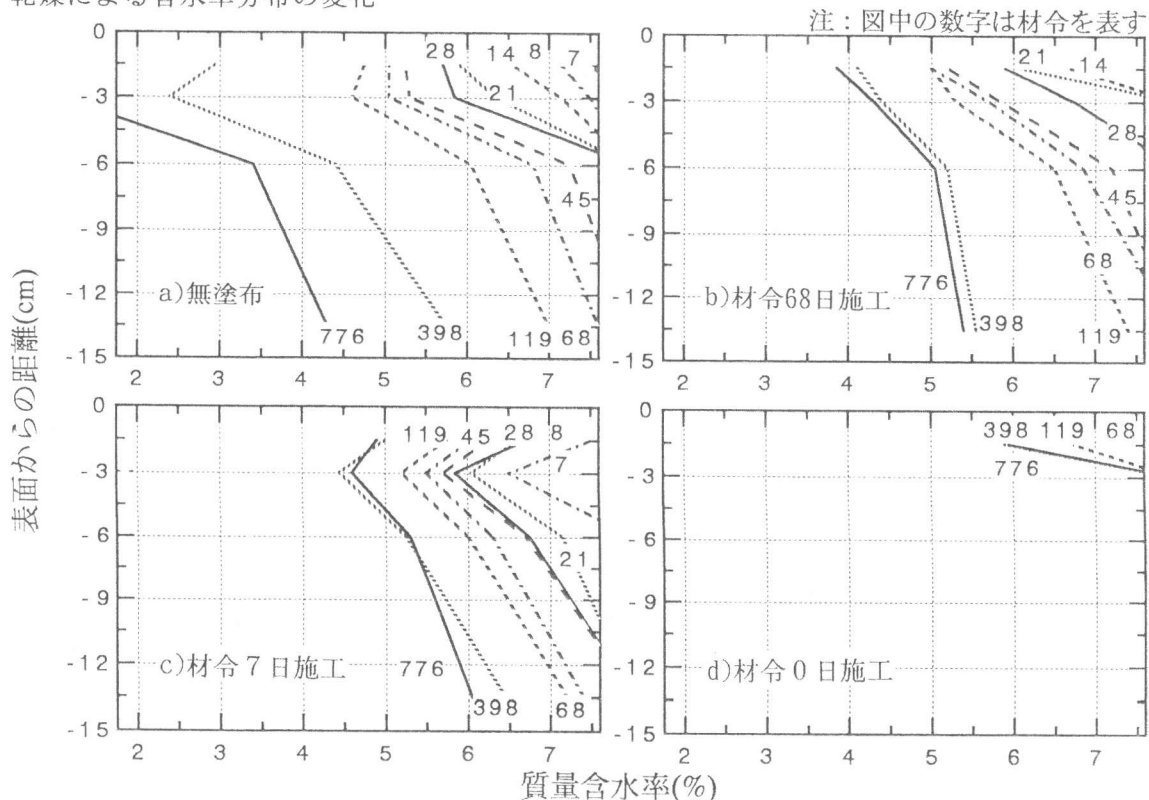


図-3 含水率分布の変化

図-3a)は、無塗布コンクリートの含水率分布の経時変化を表している。乾燥により表層から含水率が低下することがわかる。特に6 cm以下の変化が大きい。この含水率の低下は若材令程大きいですが、筆者らが行った室内(20℃、R.H. 60%)実験の結果に比べると本実験の低下は緩やかである[3]。これは、実験環境が図-2に示したように高湿度状態にあったためと思われる。

(2) 乾燥停止(塗り床施工)後の含水率分布の変化

図-3のb)~d)は、塗り床が施工され、コンクリート表面からの乾燥が停止したスラブの含水率分布の経時変化を示したものである。

全スラブにおいて、塗り床施工後も含水率分布の低下が認められる。これは無塗布のスラブの変化に比べ小さく、変化量が層によって相違ないことから水和による自己乾燥と考えられる。この自己乾燥による変化は、どのスラブの含水率分布の低下をみても材令398日と材令776日に大差が無いことから、材令1年までには治まると考えられる。

また、この図では、塗り床施工後も長期にわたり表面からの深さ方向に含水率の差が残存し、コンクリート内部での水の再分配が認められない。これは文献[4]にもみられ、一度乾燥を受けると空隙湿度の場合と異なり含水率の均一化は難しいと考えられる。

(3) 塗り床施工材令の影響

図-4は、材令119日、398日、776日における塗り床施工材令と含水率分布の関係を示したものである。塗り床施工材令7日と68日のスラブの含水率分布は、1.5cm部分を除き、大差が無かった。この差に比べ塗り床施工材令0日と7日の差は大きく、塗り床の下地コン

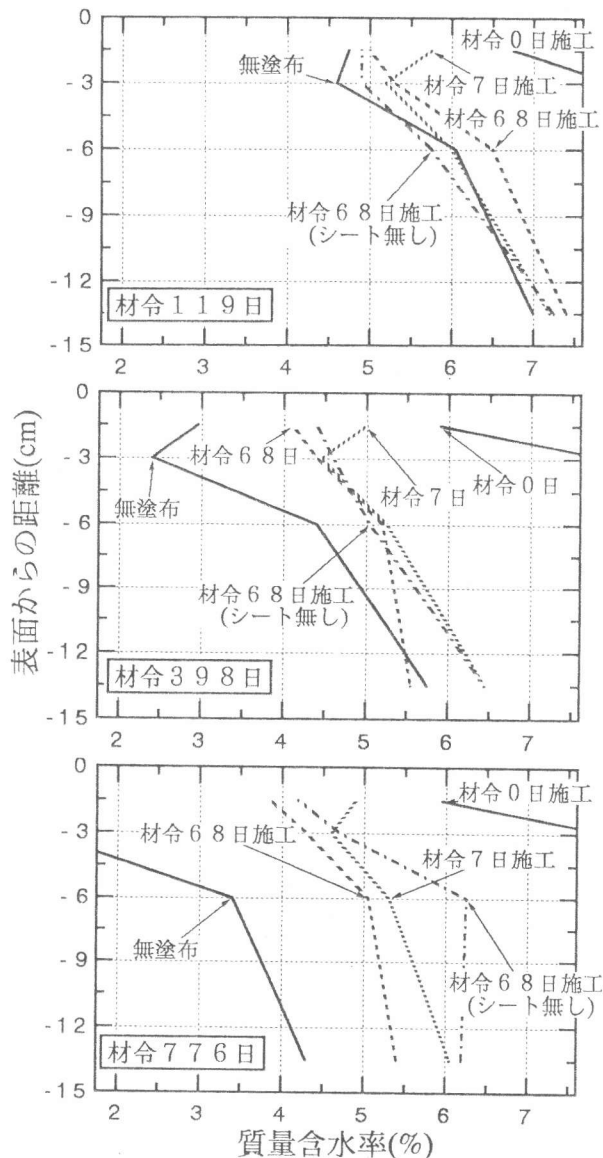


図-4 塗り床施工材令と含水率分布

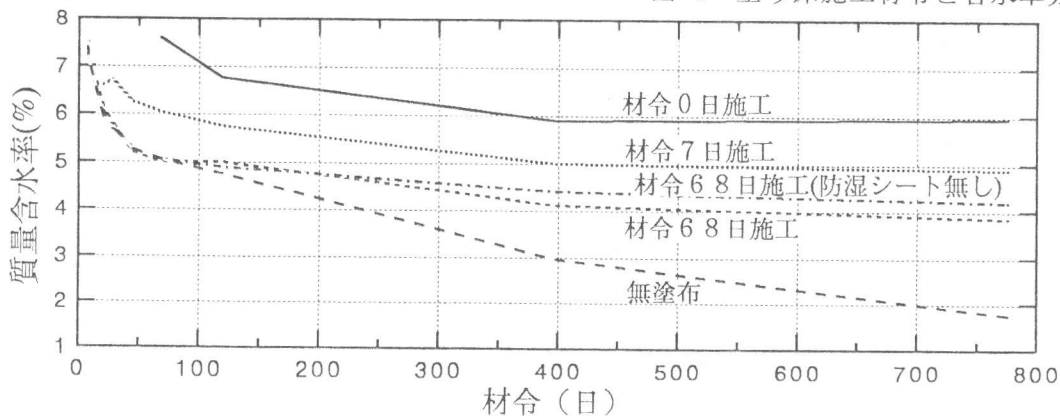


図-5 表層1.5cm部分の含水率の経時変化

クリート内部の含水率は、長期にわたり打設後7日以前の乾燥に負うところが大きいと思われる。ただし表層部分については、図-5に示すように含水率の低下が塗り床施工とともに急激に鈍くなり、塗り床施工日による含水率の差は長期にわたり残存した。

#### (4) 防湿シートの影響

図-4中には、防湿シート有と無のスラブの含水率分布が示されている。材令 119日までは差が認められなかったが、有る場合に比し無い場合、材令 398日で13.5cm、材令 776日では13.5cmと6.0cm部分の含水率が高く、防湿シートの影響は材令の経過とともに徐々にあるが下部からみられた。なお、無い場合には含水率の経時的上昇も認められた。

ところで、図-3及び図-4に示した含水率分布の一部に1.5cm部分が3.0cm部分の含水率を上回る場合がみられた。これは、無塗布の場合にもみられることから、ブリージングや金ごて押さえに起因したコンクリートの品質の違いやこれに伴うセンサの精度の低下等によると思われるが、現時点では明らかでない。

### 3. 2 コンクリートの細孔構造

#### (1) 深さ方向の細孔構造の推移

図-6a)~c)は、それぞれ無塗布、材令68日及び7日で塗り床を施工したスラブの表面からの深さ方向の細孔構造の推移である。どれも乾燥の影響によりそれぞれの12~15cm部分及び図-6d)に示した材令0日で塗り床を施工したスラブの細孔構造に対し、表層(0~1cm)を除くと表面に近い程、 $10^3 \sim 10^4 \text{ \AA}$ の細孔が増加する一方、 $320 \text{ \AA}$ 以下の細孔が減少することがわかる。この深さ方向の差は乾燥継続時間が長い程大きい。これらの現象は、文献[3]にもみられ、乾燥程度が大きい程顕著に表れる乾燥を受けたコンクリートの細孔構造の特徴である。一方、塗り床施工材令0日では、どの層も細孔の多くは小さい半径域に分布し、深さ方向の差が小さい。これは、塗り

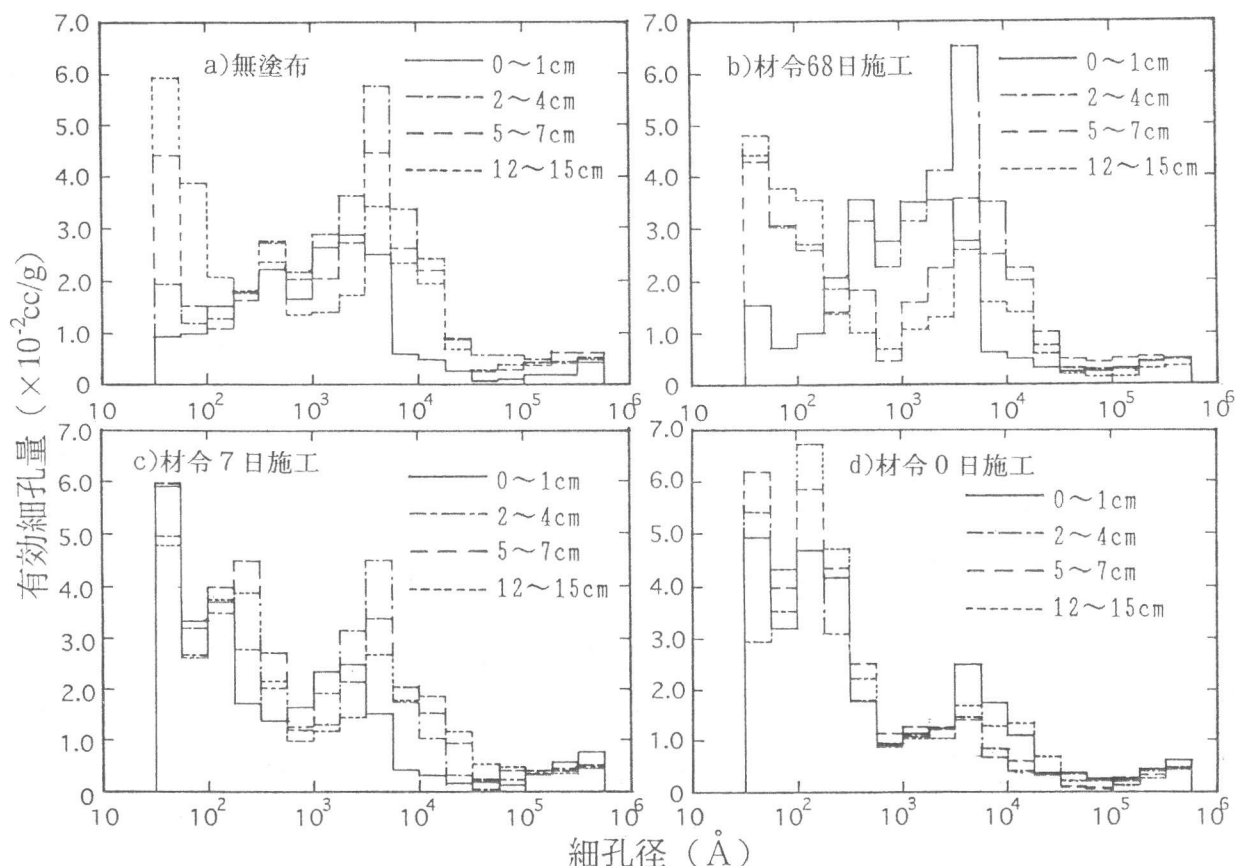


図-6 細孔構造の表面からの深さ方向の推移

床の施工完了までに若干の乾燥を受けるものの封かんに近い状態で養生されたためと考えられる。なお、どのスラブも若干表層（0～1cm）部の細孔構造が他の層と異なる傾向を示しているが、これは乾燥条件が厳しいこともあるが、含水率同様、ブリージングや金ごて押さえによる変化と考えられる。

#### (2) 塗り床施工材令が表層部の細孔構造に及ぼす影響

図-7は、表層（0～1cm）の部分について、塗り床施工材令の違いによる細孔構造の違いを示したものである。塗り床施工材令が早い程、 $10^3 \sim 10^4 \text{ \AA}$ の細孔は少なく、 $320 \text{ \AA}$ 以下の細孔が多い。この違いは、塗り床施工後の水和の進行によるとみなすことができる。

本実験の範囲で、コンクリートの養生と長期材令における細孔構造との関係を考えて、 $10^3 \sim 10^4 \text{ \AA}$ の細孔を少なくするためには打設後7日以前における養生が重要な意味を持ち、68日間乾燥状態を継続させると後に封かんしても水和の進行が期待できず、乾燥の停止を受けないコンクリートと同程度の粗い細孔構造になると考えられる。

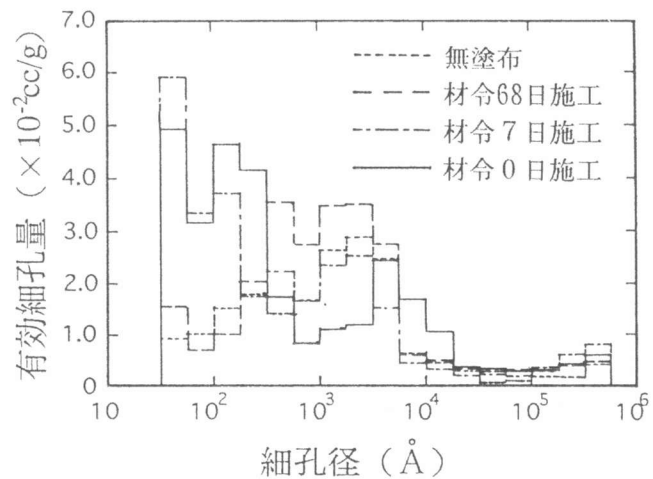


図-7 表層(0～1cm)の細孔構造

#### 4. まとめ

塗り床を対象とした構造体コンクリートについて、表面からの深さ方向の含水率、細孔構造の推移に及ぼす塗り床の施工時期、防湿シートの影響を打設後2年にわたり観察した。その結果、乾燥に伴う含水率分布の変化、塗り床施工後における水の挙動を明らかにし、材令初期の乾燥や防湿シートが長期的な含水率分布に及ぼす影響を明確にした。また、表面に近い程粗くなる細孔構造の深さ方向の推移を把握し、乾燥継続時間が長い程この違いは大きいこと、表層部においては特に材令初期の乾燥に強く影響を受けることを明らかにした。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり御協力を頂いた日本電装（株）施設部施設技術室稲垣幹治氏、電極法の利用にあたり貴重な研究の伝授を賜りました北海道大学鎌田英治教授、日頃より御指導を頂いております日本大学笠井芳夫教授、松井勇教授各位に対して深謝いたします。

なお、本研究の一部は、平成4年度文部省科学研究費（奨励研究（A）：湯浅昇）の交付を受けて行ったものである。

#### 参考文献

- 1)宮城進・浅見勉・湯浅昇・川地武・住野正博：若材令コンクリート面の仕上工法の開発（その6 現場実験による検討）、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.175-176、1993.9
- 2)鎌田英治・田畑雅幸・中野陽一郎：コンクリート内部の含水量の測定、セメント技術年報、Vol. XXX、pp.288-292、1976
- 3)湯浅昇・笠井芳夫・松井勇：表層コンクリートの品質の検討（乾燥に伴う含水率分布と細孔構造の変化）、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.449-450、1993.9
- 4)橋田浩・田中享二・小池迪夫：不透湿な仕上げ層を施工した後のコンクリートの含水状態（仕上材下地としてのコンクリートの含水状態の検討・その2）、日本建築学会構造系論文報告集、No.419、pp21-29、1991.1