

# 浮遊じんあいによる建物の汚れ

大阪大学工学部 橋 崎 正 也

## 1. はじめに

建物の汚れは、それ自体何ら建物の致命的な損傷とはならないが建物の美観をそこね、人に不快感を与える。従って、建物が汚れ難いこと、たとえ汚れたとしても、その汚れを簡単に除去できることが建物を維持管理する立場から要求される。この意味から、建物の汚れの原因を究明し、汚れ防止対策を立てる必要がある。本稿では室内仕上げ面に発生する汚れについて紹介する。

## 2. 汚れの原因<sup>1)</sup>

われわれが建物の汚れと考えているものをその発生する原因から大別すると、

- i. 建物の振動、事物の接触によって仕上げ表面が破壊磨耗したいわゆる“いたみ”。
- ii. 直射日光の当たる壁面等の褪色や酸、アルカリ、インキ、雨水による変色や“しみ”などの表面の化学変化による損耗。
- iii. 人通りの多い壁や出入口のように人や物が直接接して、手垢や塵が表面につく汚れ。
- iv. 空気中に浮遊しているじんあいが沈積または附着するために生じる汚れ。

上記の中、浮遊じんあいによる汚れの原因およびその発生箇所をあげると、

- i. 温度勾配（木摺や鉄骨下地の壁・天井、建物の入隅）
- ii. 気流（吹出口附近やストーブ、スチーム・パイプ電灯の上方の壁・天井）
- iii. 重力沈降（棧や棚などの水平部分）
- iv. 静電気力（プラスチック材、高電圧配線を埋込んだ壁）

なお(ii)の気流による汚れについては次の意味を含んでいる。気流が壁・天井附近に多量のじんあいを運搬するため、当然汚れもひどくなる。また、壁・天井面に気流が当たり、急激な方向変化をすると、じんあいは慣性力により壁・天井に附着する。同時に、気流は温度勾配とも関係しており、風速が大なれば温度勾配も大となり、その結果汚れも一層顕著になる。

## 3. 建物の Pattern Staining<sup>2)3)4)</sup>

壁・天井面が一樣に汚れなくて、その上に骨下地の位置をそのままに示した濃淡の模様汚れが発生することがある。写一1は某大学の講義室に生じた汚れ模様である。

建物以外に、電車の天井に鉄骨下地の所だけが黒く格子模様を作っているのが見られる。

この汚れ模様は pattern staining、dirt pattern、lath pattern、ghost marks などと呼ばれ、それが如何なる原因で発生するか興味を持たれ調査研究が行われた。たとえば、木摺下地にボードを



写1 天井の Pattern Staining  
(天井アクセス貼り O.P 塗り仕

張った天井とボードの上に更に金属 foil で覆った天井とを比較し、共に pattern staining は余り相選しないことを確かめ、空気の迂回によるものでないことを実証している。また、同一建物に各種の断熱性の異なる天井仕上げを行い、その汚れ方を比較して、汚れが構造体の熱抵抗に関係していることを実証している<sup>2)</sup>。

その結果、今日では壁・天井面へのじんあいの附着はじんあいの熱的沈着 (Thermal precipitation) に起因している。従って Pattern staining は壁天井面の温度分布の不均等性によって発生すると解釈されている。熱的沈着はじんあいを含んだ空気が空気より冷い表面に接触した時に発生し、沈着の程度は表面とその周囲の空気によって作られる温度勾配が大なる程大きく、反対に空気よりも暖い表面はじんあいの沈着をはばみ汚れ難いといえる。

### 4. Thermal Force について

粒子を含んだ気体に温度勾配がある時、粒子は熱い部分に反撥され、冷い部分に吸引される。この力を Thermal Force という。Epstein<sup>5)</sup>によると、この力は下式で表わされ、気体の温度勾配に比例するといわれている。

$$F_t = -9\pi(D_p/2)(\mu^2/\rho T)[k_a/2k_a + k_i]G$$

$F_t$ : Thermal force, dyne.

$D_p$ : 粒子径, cm

$\mu$ : 空気の粘性係数, gmass/cm-sec.

$\rho$ : 空気密度, gmass/cc.

$T$ : 絶対温度, degK.

$k_a$ : 気体の熱伝導率 cal/sec-cm-degK.

$k_i$ : 球体の熱伝導率 cal/sec-cm-degK.

$G$ : 気流の温度勾配, degC/cm.

### 5. 汚れに関する 2・3 の実験<sup>6)7)</sup>

壁・天井の汚れが温度勾配に左右されることは分ったが、実際に如何なる汚れ方をするかあいまいであるので 2・3 の実験を行った。

5・1 実験方法、装置は図-1 に示すごとく、灯油から発生した油煙を含んだ気流を資料に平行にあて、その汚れの状態を温度と対比して観察した。資料各部の表面及び気流の温度は熱電対自記温度計にて記録した。資料は石膏ボードとラワン板に白色ビニル塗料吹付け仕上げ寸法は 60×20cm である。

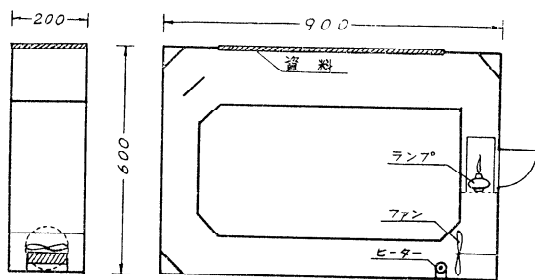


図 1 実験装置断面図

#### 5-2 試験資料とその条件

表-1 に示す。

#### 5-3 実験結果

5-3-1 温度勾配を変えた場合 (資料 1-a, 1-b, 1-c)

i. 平面に温度分布を与えた時、写-2 のように、その表面と気流の温度差が異ると汚れが想像以上に変わる。特に、ある表面温度の所を境にして、汚れ易い部分と汚れ難い部分が生じる。

ii. 風速を変えると、その汚れ境界の発生する位置は変化する。(表-1) 明かに、風速が大になると温度勾配も大となり、平面の汚れは一層著しくなる。従って、汚れ境界の発生する位置は風速が大になる程、気流との温度差の少ない場所に発生する。

以上の結果から、空気中に浮遊している粒子が天井面に附着するためには、先ず気流によって粒子が天井附近に運ばれなければならない。しかし、天井面を覆う空気の薄い層を突き破って天井面に達するには、粒子に働く重力と境界層内の抵抗(主にせん断流れによる抵抗と推定される)に打ち勝つ上向きの力が粒子に与えられねばならない。この上向きの力は粒子自身のブラウン運動による拡散力も考えられるが、その主たるものは天井面と気流とで作る温度勾配による Thermal force であると思われる。

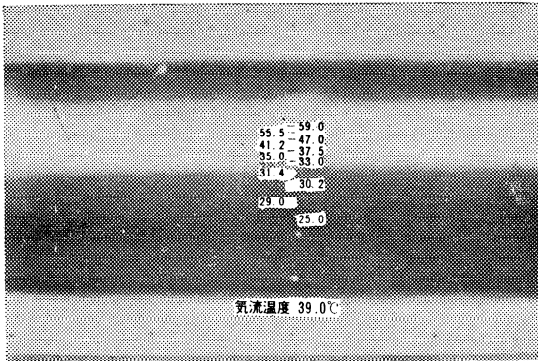
今、風速を変えても汚れ境界の発生する位置の温度勾配が大体一定である(表-1) ことは、境界層内の抵抗が風速が変化しても余り変化しないこと、又、汚れの発生は温度勾配に比例していることを意味している。

#### 5-3-1 梁形の場合(資料 2)

この場合の各部分の温度及びその反射率(汚れの程度を示すもの)を図-2 に示す。これは現実の外気に面した梁形と似た温度条件を有しているため、この汚れ方(写真-3)が梁形の代表的な汚れを示すものと思われる。即ち、梁の出隅では、境界層が非常に薄いため、温度が大きく、汚れが甚しく黒い条を形成する。入隅では境界層が厚く、温度勾配が小さい。従って汚れが殆ど認

表 1 試験資料とその条件

資料番号	資料の形状	気流温度(°C) (表面より 3cm の所)	風速(cm/sec) (表面より 3cm の所)	境界層厚(cm) (風速分布より)	境界層厚(cm) (温度分布より)	汚れ境界の温度差(表面温) —(気流温)	汚れ境界の温度勾配 degC/cm
1-a	平面(下向き)	39.0	85	0.20	0.10	-2°C	20.0
1-b	平面(下向き)	39.0	46	0.25	0.15	-3°C	20.0
1-c	平面(下向き)	37.5	27	1.00	0.20	-4°C	20.0
2	梁形(下向き)	41.8	48	(出隅温度)—(気流温度) -3°C		(入隅温度)—(気流温度) -6.6°C	



写 2 温度分布をもつ平面の汚れ

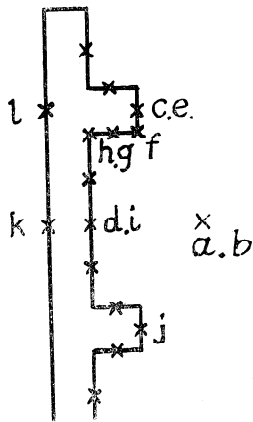
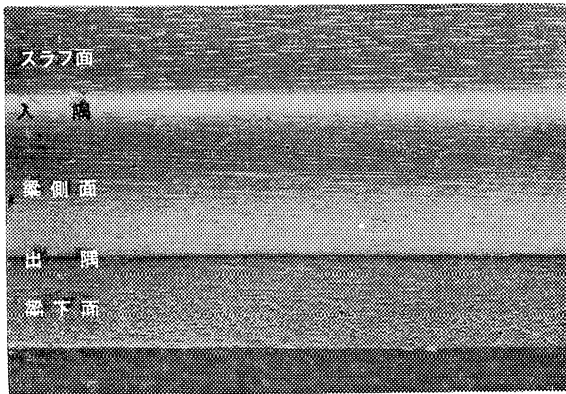


図 2 (温度差あり梁形の面の場合)



写 3 (温度差あり梁形の場合の例)

められず白線を呈している。又、気流との温度差が大きくなるスラブ部分では、汚れがひどく、気流の温度に近い梁下面は汚れが少ない。

更に梁側面では、入隅より少し下方が一番黒くなり、温度差の小さい下方へ次第に薄れている。結局、この梁形の場合でも、その汚れ方はほとんど温度勾配に左右されている。

## 6. 汚れの防止対策<sup>2)4)</sup>

浮遊じんあいによる建物の汚れを防止するために、まず考えられることはじんあいを空気中から除去すること

である。しかし、じんあいを完全に除去することは現実問題としてほとんど不可能であり、また、現在の建物に用いられている除じん装置では室内にまだ相当のじんあいが浮遊していると考えられる。従って、この浮遊じんあいが壁・天井面に附着するのを防止する対策を考えなければならない。全く附着しないようにするのが理想であるが、これは不可能である。そこでじんあいが附着し難いように、また、附着しても汚れが余り目立たないような対策をしなければならない。

壁・天井の汚れ方が一様ならば、比較的長期間目立たない。ところがその汚れ方が局所的だと、その汚れ自体はさほどひどくなくても人目に付き易く余り、気持ちのよいものではない。故に、このような汚れが発生し易い箇所を指摘し、その防止対策を簡単に述べておく。

### 6-1 Pattern Staining について

これは壁・天井面の温度分布が不均等であるために発生する。故にこの温度分布をなくすような対策を考えなければならない。この対策には、

- i. 仕上げ材の厚みを増す。
- ii. 全体に断熱材を補充する。
- iii. 熱伝導性のよい仕上材(金属板)にする。

が考えられるが、これらよりも、もっと完全で経済的な方法は、

- iv. 熱抵抗の小なる部分に断熱材を補充する。

たとえば図3のような天井には、野縁とその間の熱抵抗を等しくするように保温材を追加する。

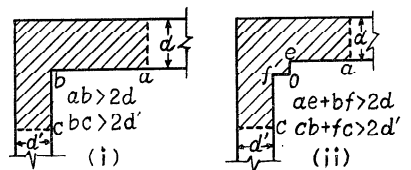
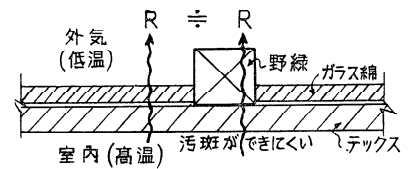
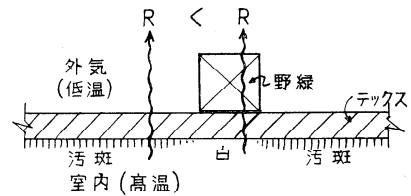


図 3 図 4 図 5 (上から)

今、保温材にグラス綿を用いると、野縁(杉材)の入(熱伝導率)は 0.11, グラス綿のは 0.036 であるから、

図—4 のように、野縁の間に野縁の約 1/3 程度の厚さのガラス綿を補充してやると、天井全体の熱抵抗は大体等しくなり、pattern staining は起らない。

#### 6—2 出隅や入隅部分について

この部分は平らな部分に比し境界層の厚さが急激に変化するため、特殊な汚れ方をする。故に、出来る限り、この部分は滑らかな曲面を構成するように設計すると共に、この部分の普段の手入りを充分するよう心掛ける必要がある。特に外気に面した入隅部分は冷橋となり、汚れが日立ち易い部分であるから、この部分に断熱材を補充したり、壁厚を増したりして、熱抵抗を増す工夫が望まれる。

一般に、防露の目的で、図5の a～c 間の壁体（斜線で示す）の熱抵抗を、平面壁部分よりも約 1.5 倍以上とすればよい<sup>8)</sup>といわれているが、汚れ対策からも同様の発方でよいと思う。

6—3 高温の気流が起こる附近の壁、天井面について  
暖房器具、スチーム・パイプ、電灯などは温気の対流による上昇気流を起こす。その上昇気流が直接接触する壁・天井面の汚れはひどい。空調用吹出口附近の壁・天井面も同様のことがいえる。

従って、このような場合には、もちろんこれらの器具を壁・天井面から出来る限り離して設置することが望ましい。同時に、壁・天井面に直接気流が接触しないように、暖房器具（放熱器を含む）には、ぜん板・ケーシングなどを、電灯には笠などを、その上部に設置すると大分その汚れも軽減されるものと思う。

#### 6—4 埋設した温・冷配管について

温水管、冷水管、空調用ダクトなどが壁や天井の内部に埋設されている場合、その箇所の表面温度が周囲と大きな差を生じる可能性がある。そのため、その部分の温度分布をなくするように、パイプやダクトを断熱材で充分に被覆するとか、それらと仕上材が接触しないように充分なスペースを確保する必要がある。

## おわりに

ここに報告した実験は京大、前田敏男教授のご指導の下に、本学、大学院学生、中根芳一氏と共同で行ったことを附記いたします。

## 文 献

1. 松下清夫、内田祥哉、宇野英隆、木村昌夫「建物のよごれに関する研究(よごれの原因とその範囲序論)」建築学会論文報告集69号(昭36年)
2. N.S. Billington & D.G.R. Bonnell: Pattern Staining in Buildings; National Building Studies, Special Report No.6 (1949)
3. R. A. Nielsen: Dirt Pattern on walls; H. P. A.C. June, (1940)
4. 小林陽太郎「室内仕上面の汚斑」、内壁・天井仕上材料の選び方と使い方(講習会用テキスト), p.49~55, (昭37年)
5. R.L. Saxton & W.E. Ranz: Thermal Force on an Aerosol Particle in a Temperature Gradient; Journal of Applied Physics, 23, 917-23, (1952)
6. 檜崎, 中根「浮遊塵埃による建物の汚れ」建築学会論文報告集89号 p.340 (昭38年)
7. 檜崎, 中根「浮遊塵埃による建物の汚れ(其の2)」建築学会近畿支部研究発表会(昭39年)
8. 渡辺要「防寒防暑計画」建築学大学系(室内環境計画), 22, p.3 57~60. (昭35年)