(9)(10)(11)(12)式の係数は次の如くなる。

$$A = 2\alpha\beta(2\cos\beta l - 2 + \beta l \sin\beta l)$$

$$F''_1(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta^2(1 - \cos\beta l)$$

$$F''_2(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta^2(\cos\beta l - 1) = -F''_1(o)$$

$$F''_3(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta(\sin\beta l - \beta l \cos\beta l)$$

$$F''_4(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta(\beta l - \sin\beta l)$$

$$F''_1(l) = F''_2(o)$$

$$F''_2(l) = F''_1(o)$$

$$F''_3(l) = -F''_4(o)$$

$$F''_4(l) = -F''_3(o)$$

$$G_1(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta^3(-\sin\beta l)$$

$$G_2(o) = \frac{2\alpha\beta}{A} \times \beta^3 \sin\beta l = -G_1(o)$$

$$G_3(o) = -F''_1(o)$$

$$G_4(o) = F''_2(o)$$

$$G_1(l) = -G_2(o)$$

$$G_2(l) = -G_1(o)$$

$$G_3(l) = F''_2(o)$$

$$G_4(l) = -F''_1(o)$$

上式は建築學會論文集第1號に掲載した筆者の論文
中に於ける公式と一致する。

5. 参考文献

棒の振動又は挫屈を撓角法で取扱つた文献には次の
如きものがある。

雑誌名	発表者	種類
建築雑誌 509 號 (昭和3年)	筆者	振動撓角法
" 522 號 (昭和4年)	筆者	振動撓角法 (數値表附)
万国工業會議論文集 (昭和4年)	筆者	振動撓角法
建築雑誌 551 號 (昭和6年)	坂博士	挫屈撓角法
建築學會論文集第1號 (昭和11年)	筆者	挫屈撓角法 (數値表附)
" (昭和11年)	小野博士	振動撓角法 (數値表附)
建築學會論文 (昭和23年)	管野氏	挫屈撓角法 (數値表附)
本論文		振動挫屈撓角法

建築物の開口部を通ずる濕氣傳播に就て*

特別員 工博 西 藤 一 郎**

正會員 宮 野 秋 彦**

内容梗概

前回に於て模型實驗が豫想以上に實用價值を有することを知つたので、今回は模型實驗に依て、建築物の開口部面積と濕氣傳播に關し、屋内氣積の大小、開口部數の多少、開口部材料の存否等の影響に就種々検討を加え、更に二、三の理論的考察も行つた。

1. 緒言

建築物の濕氣傳播に關する系統的な研究の一端として行つたものである。建築物の濕氣傳播に就ては、今

後も組織的な研究を続けねばならぬが、表題に對する部分は前回と今回で一應終結した。

濕氣傳播の現象は、常に、空氣流動と熱移動を伴ふが、研究の進行上、先づ濕氣移動のみが存する場合に就て基本的な吟味を加え、氣流や溫度差が併存する時の影響は次の段階へ譲ることにする。

2. 前回*の結果

濕氣傳播の實驗を行う場合、相似則の成立が甚だ困難であるので、前回の検討では、模型實驗、實物實驗、理論的考察の三つに分けて行つた。夫等の結果の主要

* Studies on Relation between Moisture Transfer and Opening Area of Building, By Ichiro Nishifuji, K.H., Special Member, A.I.J.; Akihiko Miyano, Member, A.I.J.

** 東京工業大學建築材料研究所

* 西藤一郎, 宮野秋彦: 建築學會論文集 37 (昭23) 68

部分を摘示すれば第1圖の如くである。

模型実験においては、開口部面積比（開口部面積／全表面積） r_a と屋内外湿度変化比（屋内湿度変化／屋外湿度変化） h は吸着現象にをける Freundlich 型の簡単な関係を有することが観られる。實物実験では、更に風速を表はす項、即ち風速比（日平均風速／全実験期間平均風速） r_v を考慮せねばならぬが、夫れを0と置くと模型実験と殆ど一致する結果を得る。濕氣傳播を擴散現象と見做して導いた理論的考察に依る h と r_a との関係式は模型実験の測定點の下限値を與えることを知り、之等三者が各々他を支持することに依り、夫々の條件下において實用價值を有することを確めた。

3. 今回の結果

前回にいて模型実験が想像以上の實用價值を有することを知つたので、今回は、其の方法によつて、屋内氣積、開口部數、開口部材料の存否等の影響に就て種々考究した。

a. 實驗結果

第2圖は前の約5倍の屋内氣積を有する模型実験の結果である。前回同様、 h と r_a の関係は、斯る實驗の常型として帶狀ながら飽和曲線的に變化してゐる。この帶狀に變化する測定點を貫く實線は今回の h と r_a の關係を表はす實驗式であつて、點線によつて示した前回の結果と殆んど一致する。即ち、相對的に考えた屋内湿度變化は、開口部面積比を採ることにより、屋内氣積によつては殆んど左右されないことが判る。 r_a が2% 迄は h は急激に増加し、それ以後は r_a の1%に對して約4% 宛大きくなる。又 h を1%以下50%, 80%以上に置く r_a の値は、夫々0.02%以下, 6%, 15%以上となる。帶の略々下限値を與える理論式に依る實線は前回と同様のものである。

開口部が相對する兩面から片面になると r_a は兩面のときの半分になるが、結果が r_a の小さい方へ全體として夫れに應じてずれ、片面の場合も兩面の關係へ重つてしまう。第3圖は其の状況を現はしたものであるが、この場合の理論式の誘導に就ては後述する。

兩面開口、片面開口のグラフにいて、 r_a が大き

第1圖

第2圖

第3圖

くなるに従つて、理論式を示す曲線が下限値を下廻つて来る主な原因は、空氣流動の影響である。

第4圖は濕氣傳播の時間的遅れ ϕ と r_a の關係を表すもので、 r_a が少しく増加すると ϕ は急速に減少し、 r_a が0.5, 1, 0.5, 2%となるに伴て、 ϕ は2.2, 1.0, 0.5hのやうに變化する。此の ϕ に對する

第 4 圖

屋内気積の大小，開口部数の多少の影響は点線と鎖線で示してある。図上で明らかなる如く，気積の變化は ϕ に餘り大きな差異を與へないが，開口部数が両面から片面になると， ϕ は約 2 倍に増大する。之等の影響が h に餘り大きく響かぬことに就ては後述する。

次に開口部が吹通しではなく，開口部材料で蔽はれたときの結果を掲げる。第 5 圖は開口部に障子紙を張つた場合の， h と r_a の関係で白点と夫れを縫ふ實線で示してある。黒点と夫れを結ぶ實線は上記迄の開口部が吹通しの時であつて，障子紙を張ると等しい r_a の h は約 1/2.5 になる。而して，同じ h に對する吹通しの r_a と障子張りの r_a (便宜上 r_{ap} とする) の比は 1:10 となり，これは r_a の大小には無關係である。 r_{ap} は見掛けの開口部面積比であり， r_a は其の内の吹通しの部分に因るものに相當する。従つて，

第 5 圖

$k \equiv r_a/r_{ap}$ は障子紙の氣孔率に相當すると考へられ，両面開口，片面開口，時間的遅れの各場合から算定した値は，第 1 表の如く，齊しく 0.11 になる。又，氣

第 1 表 障子張の等價開口部面積比

(同一の屋内外湿度變化比を與ふる有障子開口部面積比に對する無障子開口部面積比の比，障子張の氣孔率)

$$k = \frac{r_a}{r_{ap}}$$

両面開口		片面開口	
$r_a(\%)$	k	$r_a(\%)$	k
0.5	0.109	0.4	0.105
0.8	0.111	0.6	0.111
1.0	0.111	0.8	0.100
1.5	0.110	1.0	0.111
2.0	0.112	$k_m=0.11$	
2.5	0.111	時間的遅れから算出したる k	
3.0	0.108	$r_a(\%)$	k
		0.33	0.103
		1.33	0.113
		3.60	0.117
		5.33	0.120
		$k_m=0.11$	

有孔銅板を用ひた結果
(一孔 2mm, $k=0.11$)

實驗番號	r_{ap}	h	r_a	k
No.1	7.4%	23.7%	0.78%	0.106
No.2	"	25.4	0.81	0.109

孔率が 0.11 になる様に無数の細孔をあけた銅板を障子紙の代りに張つた場合の k も亦 0.11 となり，このことを裏書してある。上記の k が氣孔率と考えてよければ，吹通しの時の h と r_a の關係式で， r_a の代りに $k r_{ap}$ を置換へることに依り，障子張りの場合の h と r_{ap} の關係式が導ける筈で，點線は之を良く證してゐる。

片面開口が障子紙を有つ場合にも前と同様のことが言へる (第 6 圖)。

第 7 圖は障子張の時間的遅れ ϕ と r_{ap} の關係であつて，吹通しの時に較べ，等しい

第 6 圖

第 8 圖

第 7 圖

第 9 圖

r_{AP} に対する ϕ の値は略々 10 倍を示す。即ち, r_{AP} が 1, 5, 10, 20% のとき, ϕ は 15, 2.0, 0.8, 0.4 h となる。

第8圖と第9圖は前回も含めて、實驗結果を總括した h と r_a の關係を表はし、夫々開口部が吹通しの場合と障子張りのときである。屋内氣積が變化しても開口部數が相異しても、其の影響が省略的であることが判る。後圖の點線は前圖から導いたもので、二曲線は良く一致してゐる。従つて、前圖が判つてをれば、開口部を種々な氣孔率の材料で蔽ふた場合の h と r_a の關係は簡單に算定出来ることになる。

b. 理論的考察

(1) 吹通し片面の場合にをける h と r_a の理論式は、両面の時と同様に求められ

$$h = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\frac{\sin^2 \frac{n\pi}{2}}{2}}{\frac{n\pi}{2} \cosh \frac{n\pi}{2}} \sin\left(\frac{n\pi}{2} \sqrt{6r_a}\right)$$

となり、大體兩面の

$$\sin\left(\frac{n\pi}{2}\sqrt{6r_a}\right)/2\sin\left(\frac{n\pi}{2}\sqrt{3r_a}\right)$$

倍になる。

(2) 又第 10 圖にをいて屋外と屋内の濕度變化を θ を時間, T を周期として

$$\vartheta_0 = D_0 + \vartheta_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \dots\dots\dots (1)$$

$$\vartheta_i = D_i + \vartheta_i \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \varphi\right) \dots\dots\dots (2)$$

とをき、夫等の間に

$$\left\{ vV + \frac{1}{n} v_w V_w \left(1 - \frac{S}{S_T} \right) \right\} \frac{d\vartheta_i}{dt} = K(\vartheta_o - \vartheta_i) \quad \dots\dots\dots (3)$$

なる關係があるとすれば

$$\vartheta_i = D_o + \frac{\vartheta_o}{\sqrt{1+\Omega^2}} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \varphi\right) \dots\dots(4)$$

第 10 圖

(3) 式は屋内含濕量の時間的變化が屋内外濕氣密度による濕氣傳播量に等しいと置いたものである。 V , V_w は屋内空氣及び壁體の含濕密度, V , V_w は屋内氣積並に壁體容積, K は全濕氣貫流率に相當するもので, n は壁體內濕氣分布に關する係數である。尙, 第10圖にをいて, S と S_T は夫々開口部面積, 屋内全表面積を表はし, 屋内外の溫度は, 最初に述べた様に齊しく θ とし, 開口部以外の壁體を通ずる濕氣傳播は無いものと考えてゐる。

之から

$$h \equiv \frac{\vartheta_1}{\vartheta_0} = \frac{1}{\sqrt{1+\Omega^2}}, \quad \varphi = \tan^{-1}\Omega \dots\dots\dots (5)$$

が得られる。 Ω は湿度傳播抵抗とでも稱すべき無元數であつて次の如きものである。

$$\Omega = \frac{\omega \left\{ vV + \frac{1}{n} v_w V_w \left(1 - \frac{S}{S_T} \right) \right\}}{K} \dots\dots (6)$$

然るに、空氣の含濕密度は壁體の夫れに較べて普通省略的であるので、(6)式は(7)式の様に簡易化される。

$$h = \left[\frac{\{k r_{ap}(1 - r_{ap})^{-1}\}^2}{\epsilon^2 + \{k r_{ap}(1 - r_{ap})^{-1}\}^2} \right]^{1/2} \epsilon = \eta \frac{l}{T};$$

$$\varphi = \frac{\epsilon}{k r_{ap}(1 - r_{ap})^{-1}} \dots \dots \dots (7)$$

ここに h は壁體の厚さ、 η は v_w や n に關する係數である。この h の型は、吸着にをける Langmuir 型の式となり、係數の關係から屋内氣積等の影響は h に對しては非常に小さくなる。併し ρ に對しては省略出來ないことは前述した。

即ち、吹通しの場合の第4圖にをける ϕ と r_a は、
(7)式と同様に:

$$\varphi = \frac{\varepsilon}{r_a(1-r_a)^{-1}} \dots\dots\dots(8)$$

となる。この式の中には屋内気積の大きさを表す項が含まれてゐないから、その影響は殆んどないが、両面開口、片面開口の相異は r_a を通じて可成り明瞭に現れることになる。而して両面開口の ϕ から片面開口の ϕ を計算し、實測値と比較すれば第2表の如くなる。

(7) 式の ε には濕度變化の周期を反比例の型で含むから、其の影響も ϕ には相當大きく現はれることが豫想される。第 11 圖は夫れを検討したもので、 r_a に關する補正を施した時間的遅れ ϕ と T の關係は双曲線的な變化

第2表 ϕ 式に於ける両面開口(ϕ_a)
及び片面開口(ϕ_b)の影響

ra	ϕ_a	ϕ_b	
		Cal	Obs
0.5%	1.3h	2.6h	3.0h
1	0.60	1.2	1.4
2	0.28	0.57	0.66
3	0.13	0.27	0.30
4	0.06	0.13	0.14

$$\frac{\phi_b}{\phi_a} = \frac{2(1-\frac{1}{2}ra)}{(1-ra)}$$

を示し、Tが5h以下では ϕ' は激變し、Tが10h以上になると ϕ' には大差なくなる。

第 11 圖

第3表は、(7)式に於て、障子張りの適當な數値を

入れて、計算値と實測値とを比較した例である。兩者は、屋内外濕度變化比 h にをける程、時間的遅れ ϕ にをいては良い合致を示さない。

第 3 表

	ϵ	$krap(1-rap)^{-1}$	h		ϕ	
			Cal	Obs	Cal	Obs
$rap = 1\%$	3.7×10^{-3}	1.1×10^{-3}	29%	20~29%	1.1h	9~15h
$rap = 15\%$	"	2.0×10^{-2}	97%	80~93%	0.06	0.45~0.50

4.結 言

建築物の開口部を通ずる濕氣傳播に就て、屋内氣積の影響、開口部數による相異、開口部材料の存否に伴ふ變化に關して種々吟味を加えた。

屋内氣積は、屋内外濕度變化比にも、時間的遅れにも大きな影響は有たないが、開口部數の相異は時間的遅れに可成りの差異を與へる。開口部を或る氣孔率を持つた材料で蔽へば、屋内外濕度變化比は減少し、時間的遅れは増加する。而しこの場合の屋内外濕度變化比と時間的遅れの關係は、氣孔率を知ることにより、吹通しの場合から容易に推算することが出来る。

尙、前回と今回で、建築物の開口部を通ずる濕氣傳播に關する諸吟味は一應終了したが、續いて建築物の濕氣傳播と壁體材料に對する部分が次回に御批判を仰げる筈である。

擧筆に當り、御教示を載いた田邊平學所長、科學研究費の關係各位に厚くお禮を申しあげる。