Stack Effect တွက်နည်း

Overview

အဆောက်အဦး သို့မဟုတ် အခန်း အတွင်း(inside) နှင့် အပြင်(outside) ဘက်ရှိလေအပူချိန် ကွာခြားချက်(temperature difference) ကြောင့် "Stack Effect" ဟုခေါ်သည့် Non-mechanical airflow အဆောက်အဦး အတွင်း၌ ဖြစ်ပေါ်သည်။ Natural Ventilation တစ်မျိုးဖြစ်သည်။ ပြင်ပတွင် တိုက်ခတ်နေသည့် လေ၏ဖိအား(wind pressure) ကြောင့်လည်း Stack Effect ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

Stack effect သည် အခန်းအတွင်း(inside) နှင့် အပြင်(outside) ဘက်ရှိလေအပူချိန် ကွာခြားချက် (temperature difference) ကြောင့် air densities မတူညီမှုဖြစ်ပေါ်လာသည်။ ပူသည့်လေသည်ပေါ့ပါးကာ အထက်သို့ တက်သည်။ ထိုလေသိပ်သည်းဆ(air densities) မတူညီမှုကြောင့် လေဖိအားကွာခြားမှု(pressure difference) ဖြစ်ပေါ်ကာ လေသည် အထက်မှ အောက်သို့တက်ခြင်း သို့မဟုတ် အထက်မှ အောက်သို့ဆင်းခြင်း စသည့် "vertical air movement" ဖြစ်ပေါ်သည်။

လက်တွေ့ အခြေအနေတွင် ပြင်ပလေဖိအား(wind pressures) ကြောင့် stack effect ကို ပြောင်းလဲမှုများ စွာဖြစ်စေသည်။ ပြင်ပတိုက်လေ ဖိအား(wind pressures) ကြောင့် modify stack effect ကြောင်း ဤအခန်းတွင် မပါဝင်ပေ။ ထိုအကြောင်းကို CIBSE AM 10 Natural ventilation in non-domestic buildings တွင် အသေးစိတ် လေ့လာ ဖတ်ရှု နိုင်ပါသည်။

လေဖိအားကွာခြားမှု(pressure difference)ကြောင့် air movement ဖြစ်ပေါ်သည်။ သို့သော် အပူချိန် ကွာခြားချက်(temperatures difference)ပေါ်တွင် မူတည်သောကြောင့် ventilation applications အားလုံးတွင် stack effect ကို အသုံးပြုရန်မသင့်လျော်ပေ။

Stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သော လေများရွေ့လျားမှု(air movement) ပိုကောင်းစေရန်အတွက် အဆောက် အဦး သို့မဟုတ် အခန်း၌ လေဝင်ပေါက်(inlet point)နှင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet point) တို့ ရှိရန် လိုအပ်သည်။

လေဝင်ပေါက်(inlet point) နှင့် လေထွက်ပေါက်(air outlet point) တို့၏ ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical distance) များလေလေ stack effect ပိုအားကောင်းလေလေဖြစ်သည်။

လေသွားရာလမ်းကြောင်း(direction of air flow)သည် အပူချိန် တန်ဘိုးများပေါ်တွင် မူတည်သည်။ တနည်း inside temperature သည် outside temperature ပိုမြင့်နေလျှင် လေသည် နိမ့်သည့်အပေါက်မှ ဝင်ရောက်ပြီး အပေါ်သို့တက်ကာ မြင့်သည့်အပေါက်မှ ထွက်သွားသည်။ (အခန်းအတွင်း၌ air flow သည် upwards direction ဖြစ်သည်။) နေအချိန်များတွင် ဤကဲ့သို့ဖြစ်ပေါ်သည်။

အခန်းအတွင်းရှိ လေ၏အပူချိန်(internal temperature)သည် ပြင်ပလေအပူချိန်ထက်ပိုနိမ့်နေလျှင် လေသည် မြင့်သည့် အပေါက်မှ ဝင်လာပြီး နိမ့်သည် အပေါက်မှ ထွက်သွားသည်။(အခန်းအတွင်း၌ air flow သည် downwards direction ဖြစ်သည်။) ညအချိန်များတွင် ဤကဲ့သို့ဖြစ်ပေါ်သည်။

ဘေးကာများတပ်ဆင်ထားသည့် စက်များ(machine enclosure)တွင်လည်း စက်အတွင်းရှိအပူချိန် မတက်စေရန် အတွက် Stack Effect အသုံးပြုကြသည်။ စက်အတွင်းမှထွက်သည့် အပူများလျှင် စက်များ၏ အပေါ်ဘက်နှင့် အောက်ဘက်တွင် အပေါက်များဖောက်ကာ မြင့်မားသည့်(tall enclosure) စက်အဖြစ် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သင့်သည်။ ထိုအခါ stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသည့် airflow ကြောင့် internal temperatures ကျဆင်းကာ စက်များ အဆက်မပြတ် မောင်းရန်လက်ခံနိုင်သည့် အခြေအနေ(acceptable operating conditions) သို့ရောက်နိုင်သည်။

CIBSE Guide A မှ chapter 4 တွင် Standard calculations(နမူနာ အဆောက်အဦးတစ်ခုအတွက် airflow ခန့်မှန်ပုံ တွက်နည်းပုံစံ)များကို ကိုးကားနိုင်သည်။ လေဖိအား(wind pressure)ကို ပါထည့်တွက်ထားသည့် တွက်နည်းကိုလည်း chapter 4 တွင် တွေ့နိုင်သည်။ ပို၍ရှုပ်ထွေးခက်ခဲ သည့် အဆောက်အဦး များ(more complex arrangement of opening layouts)အတွက် အချက်အလက်များကို CIBSE publication AM10 Natural ventilation in non-domestic buildings 2005 တွင် မှီငြမ်းကိုးကား နိုင်ပါသည်။

Design information required

(က) အမျိုးအစား(Type)၊ အရွယ်အစား(size) နှင့် လေဝင်လေထွက်ပေါက်များ တည်ရှိရာနေရာ(location of openings)

(ခ) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်(opening) များ၏ အမျိုးအစား(type) နှင့် ပုံသဏ္ဍာန်(shape)တို့ သည် airflow ကို အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိစေသောကြောင့် အတိအကျတိုင်းတာရန် လိုအပ်သည်။

Key design inputs

(က) အတွင်းအပူချိန်(Inside air temperatures) နှင့် ပြင်ပလေအပူချိန်(outside air temperatures) ကို(°C) ဖြင့်သိရန် လိုအပ်သည်။ အတွင်းနှင့် အပြင်အပူချိန်ခြားနားချက်ကြောင့်(difference between inside and outside temperatures) လေသိပ်သည်းဆ(density)ကွဲပြားကာ လေဖိအား(pressure)ကွာခြားမှု ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ လေဖိအား(pressure) ကွာခြားမှုကြောင့် stack effect ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

(ခ) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက် အမြင့်အကွာအဝေး(Height difference between inlet and outlet) ကို မီတာ(m) ဖြင့်သိရန်လိုအပ်သည်။ လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်အမြင့်ကွာခြားချက်များလေလေ stack effect ပိုအားကောင်းလေလေဖြစ်သည်။

Design outputs

Cross ventilation ၊ single-sided ventilation စသည့် ventilation အမျိုးအစား(type)များ ၊ schedule of window types, actuators စသည့် method of control နည်းများ နှင့် schedule of transfer grilles ပါဝင်သည့် ventilation strategy နှင့် specification များကို သတ်မှတ်နိုင်ရန်ဖြစ်သည်။

- ventilation performance ကိုခန့်မှန်းရန်
- သင့်လျော်သည့် solar shading လိုအပ်ချက်များကို သတ်မှတ်ရန်
- air flow paths ကို ဖော်ပြထားသော Layout plan drawings ရေးဆွဲရန်
- သင့်လျော်သည့် control philosophy ချမှတ်ပေးရန် တို့ဖြစ်သည်။

Calculation approach(တွက်နည်း)

(၁) building layout နှင့် သင့်လျော်သည့် တွက်နည်း ပုံစံကိုရွေးချယ်ပါ။

(၂) inside နှင့် ပြင်ပလေအပူချိန်(outside air temperature) တို့ကို သတ်မှတ်ပါ။ weather data များ မှ ရယူပါ။

(၃) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်တို့၏ အမြင့်ကွာခြားချက်(height difference between the inlet and outlet points) ကို ရှာပါ။ centre to centre distance ဖြင့်တွက်ရမည်။

(၄) လေဝင်ပေါက်နှင့် လေထွက်ပေါက်တို့၏ အမျိုးအစား(type), အရွယ်အစား(size)နှင့် ပုံသဏ္ဍာန်(shape) တို့ကို သတ်မှတ်ပါ။ (some factors in the equation may vary according to this)

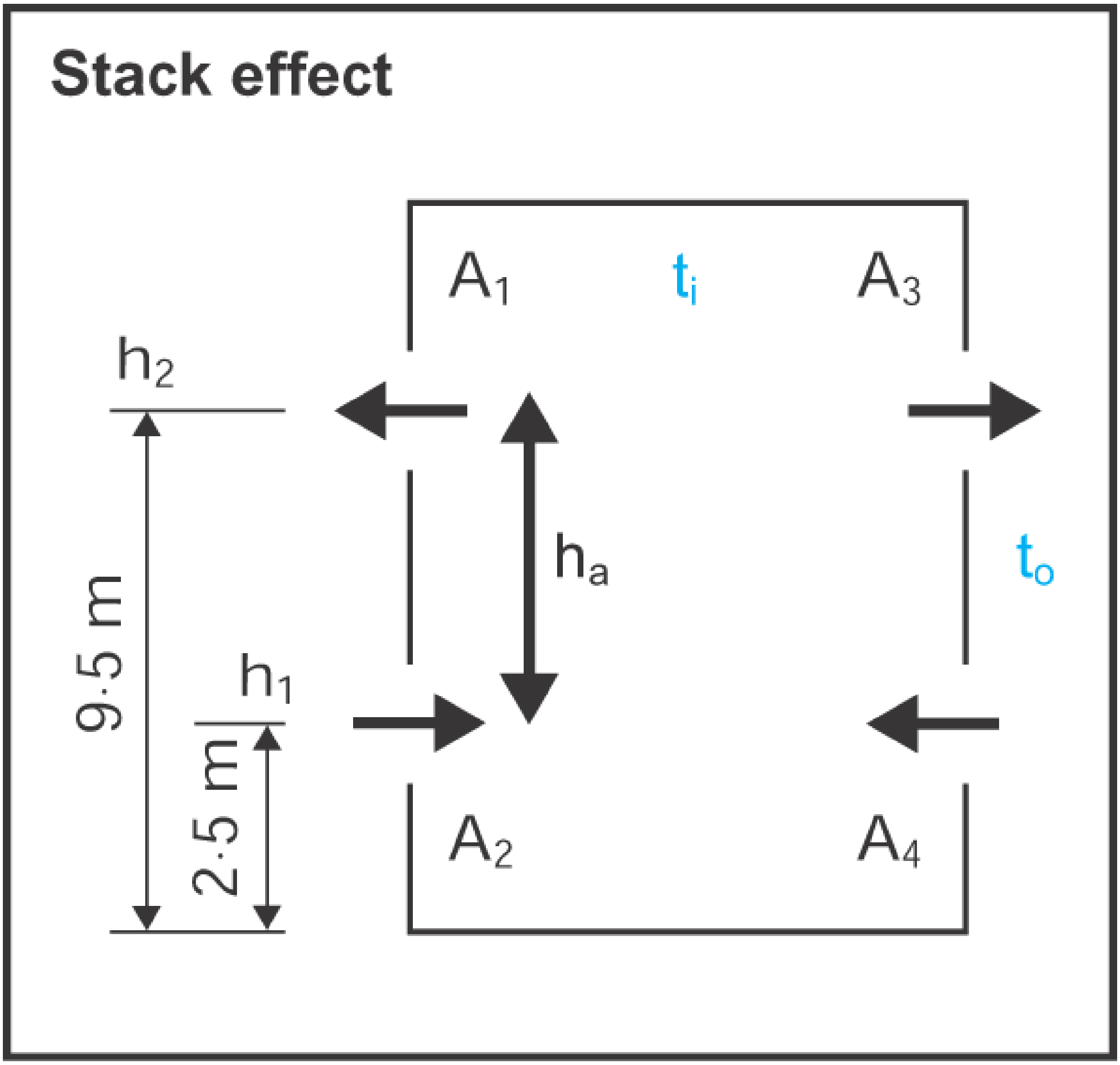
(၅) အဆောက်အဦးအတွင်းတွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် volume flow rate ကို တွက်ရန်အတွက် ပုံသေနည်း ညီမျှခြင်းများတွင် တန်ဘိုးများ(values)ကို ထည့်ပါ။

တွက်နည်းဥပမာ

အဆောက်အဦးတွင်း၌ အပူချိန်ကွာခြားချက်ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သည့် သဘာဝအတိုင်းလေစီးဆင်းခြင်း(natural airflow) ကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် Design data များအတိုင်းတွက်ပါ။

Design data

အဆောက်အဦး၌ ventilation အတွက် အပေါက်လေးပေါက်ရှိသည်။(four openings for ventilation)။ အနိမ့်အမြင့်အားဖြင့် နှစ်ပေါက်မှာ အနိမ့်ဘက်တွင်ရှိပြီး ကျန်နှစ်ပေါက်မှာ အမြင့်ဘက်တွင်ရှိသည်။ နံရံအားဖြင့် နှစ်ပေါက်မှာ နံရံတစ်ဘက်တွင်ရှိပြီး ကျန်နှစ်ပေါက်မှာ မျက်နှာခြင်းဆိုင်နံရံဘက်တွင်ရှိသည်။



Where:

t_i = Mean inside temperature (°C)

t_o = Mean outside temperature (°C)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Opening areas (m^2)

h_1, h_2 = heights above ground of centres of openings (m)

h_a = Difference between heights h_1 and h_2

(9·5 m – 2·5 m = 7 m)

Using equation:

$$Q_b = C_d \times A_b \times \left(\frac{2 \times \Delta t \times h_a g}{\bar{t} + 273} \right)^{0.5}$$

Where:

Q_b = volumetric flow-rate due to stack effect only (m^3/s)

C_d = discharge coefficient (value for a sharp opening is 0·61)

A_b = equivalent area for ventilation by stack effect only (m)

g = acceleration due to gravity (9·81 m/s^2)

$\bar{t}$ = mean of t_i and t_o (°C)

Δt = temperature difference between inside and outside

A_b = found from:

$$\frac{1}{A_b^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2}$$

Area of openings:

A_1 = 1 m^2

A_2 = 0·75 m^2

A_3 = 1 m^2

A_4 = 0·75 m^2

Temperatures:

Summer

t_i = 22°C

t_o = 26°C

Therefore:

Δt = 26–22 = 4°C

$\bar{t}$ = (22 + 26)/2 = 24°C

Find A_b

$$\frac{1}{A_b^{\,2}}=\frac{1}{(1+1)^2}+\frac{1}{(0\cdot75+0\cdot75)^2}$$

$$\frac{1}{A_b^{\,2}}=\frac{1}{2^2}+\frac{1}{1\cdot5^2}$$

$$\frac{1}{A_b^{\,2}}=\frac{1}{4}+\frac{1}{2\cdot25}$$

$$\frac{1}{A_b^{\,2}}=0\cdot25+0\cdot444=0\cdot694$$

$$\frac{1}{0\cdot694}=A_b^{\,2}$$

$$1\cdot44=A_b^{\,2}$$

Therefore:

$$A_b=\sqrt{1\cdot44}=1\cdot20\,m^2$$

With all the variables found the flow rate can be calculated:

$$Q_b=0\cdot61\times1\cdot2\times\left(\frac{2\times4\times7\times9\cdot81}{24+273}\right)^{0\cdot5}$$

$$Q_b=0\cdot732\times\left(\frac{549\cdot36}{297}\right)^{0\cdot5}$$

$$Q_b=0\cdot732\times(1\cdot849)^{0\cdot5}$$

Therefore:

$$Q_b=0\cdot732\times1\cdot36=0\cdot995\ m^3/s$$

Design Watch Points

(က) လေတိုက်ရာဘက်(direction of airflow)သည် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature)ပေါ်တွင် မူတည်သောကြောင့် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature) ပြောင်းလဲသည့်အခါ လေစီးဆင်ရာဘက်(airflow direction)သည် ပြောင်းလဲလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် ပြင်ပအပူချိန်(outside temperature)ပြောင်းလဲခြင်း ဖော်မည့် အချက်များကို သတိထားပါ။

(ခ) stack effect ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သည့် airflow သည် အခန်းအား အလွန်ဖိအားမြင့်တာလာခြင်း မဖြစ်စေရန် သတိပြုသင့်သည်။ ventilation and air conditioning systems ၏ design airflow patterns ကို မထိခိုက်စေရန်လည်းသတိပြုသင့်သည်။

(ဂ) Wind pressures acting on the building may nullify the pressure difference induced by stack effect.

(ဃ) Air paths or openings, provided to make use of airflow from the stack effect, might affect heat loss if they are not able to be closed.

(င) Openings for stack effect airflow may represent a security risk if they are not satisfactorily secured.

(စ) Internal partitions and obstructions may lessen the effect by imposing greater resistance on the flow of air. Stack effect should ideally be limited to single zone areas.

References

CIBSE Guide A, Environmental Design, 2006, ISBN 1 903287 66 9

CIBSE, Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings, AM10, 2005, ISBN 1 903287 56 1

AIVC 1998, TN 44 Numerical Data for Air Infiltration & Natural Ventilation Calculations, ISBN 1946075972

-End -