محاسبه فشار باد وارد بر

پنجره های ساختمان های مرتفع

محاسبه فشار وارده از طرف نیروی باد بر پنجره‌ها:

باد جریان هوایی است که معمولا به شکل افقی از مراکز پرفشار (فشار بالا) به طرف مناطق کم فشار به حرکت در می‌آید. هرچه اختلاف فشار بین دو نقطه بیشتر باشد باد با سرعت بیشتری در آن منطقه خواهد وزید. بادها در سرعت های بالا می‌توانند بسیار مخرب باشند زیرا باعث ایجاد فشار مضاعف به روی سطوح ساختمان و اجزای آن می‌شوند. باد از جمله نیروهای جانبی وارد بر یک سازه شناخته می‌شود. محاسبات نیروی باد معمولاً در ساختمان‌های کوتاه و با وزن زیاد مورد لزومی ندارد اما در ساختمان‌های بلند یا سبک ممکن است اثرات ناشی از باد شدید بوده و این نیرو نیروی غالب بر سازه باشد. پنجره‌ها نیز به دلیل قرار گرفتن در نمای ساختمان بیشتر تحت تأثیر ارتعاشات و صدمات ناشی از باد هستند. میزان فشار باد با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه، ارتفاع و شکل هندسی ساختمان، مقدار و نوع موانع موجود در مقابل باد محاسبه می‌گردد. سرعت باد در نزدیکی سطح زمین (تراز صفر) تقریباً برابر با صفر است و هرچه از سطح زمین بالاتر رویم، به دلیل کاهش نیروی برشی مقدار سرعت باد افزایش خواهد یافت.

تاثیر اجزای پنجره ها در برابر فشار باد:

فشار باد بر تعیین نوع بازشو و چگونگی نصب پنجره و نیز نوع یراق‌آلات یک پنجره مؤثر است. همواره نسبت مستقیمی میان فشار باد وارده و ضخامت پروفیل تقویت گالوانیزه بکار رفته در یک پنجره وجود دارد یعنی هرچقدر نیروی باد عددی بزرگتر باشد ضخامت پروفیل تقویت گالوانیزه مورد نیاز برای بازشو یک پنجره می‌بایست با یک ضریب اطمینان مناسب برای کارکرد مناسب پنجره در نظر گرفته شود. لازم به یادآوری است عواملی که در افزایش فشار وارده نقش تعیین کننده دارند عبارتند از سطح بازشو پنجره (مساحتی که در معرض فشار باد قرار دراد)، ارتفاع محل نصب و شرایط آب هوایی منطقه که پنجره در آن نصب شده، می‌باشد. نکتهٔ حائز اهمیت دیگر در این بخش تقسیم‌بندی پنجره با استفاده از پروفیل وسط می باشد. تقسیم پنجره به بخش‌های کوچکتر می‌تواند فشار ناشی از جریان باد را به نسبت قسمت‌های پنجره تقسیم کند. نوع یراق آلات مورد استفاده نیز در افزایش مقاومت پنجره بی تاثیر نبوده و انتخاب آن بسیار حائز اهمیت است. به عنوان مثال در سیستم‌های بازشو تک حالته تنها دو وجه از پنجره (قسمت اسپانیولت و لولا) تمامی نیروی حاصل از فشار باد را متحمل می‌شوند این نوع از باشو برای پنجره‌هایی که در معرض باد شدید قرار دارند مناسب نبوده و سیستم بازشوی دوحالته به دلیل تعداد قیود بیشتر بین لنگه پنجره و قاب انتخاب مناسب‌تری در این حالت می‌باشد. همچنین تعداد پیچ‌های مورد نیاز برای نصب پنجره در حالتی که، بنا بر نوع سازه و محل جغرافیایی آن، پنجره متحمل نیروی باد بیشتری می‌گردد بیشتر از حد معمول بوده و می‌بایست در بخش نصب به این نکته توجه کافی شود.

محاسبه فشار باد:

برای محاسبه میزان فشار باد به روی پنجره و ساختمان‌ها نیاز به اعمال سرعت مبنای باد داریم. اما سرعت مبنای باد چیست و چگونه می‌توان این مقدار را در محاسبات لحاظ نمود؟

در آئین‌نامه و مقرارت ساختمان برای در نظر گرفتن اثرات باد، از سرعت مبنای باد استفاده می‌گردد. سرعت مبنای باد عبارت است از سرعت متوسط باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین در منطقه ای مسطح و بدون مانع که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز و یا افزایش آن از این مقدار در سال کمتر از ۲ درصد (دوره بازگشت ۵۰ ساله) می‌باشد. سرعت مبنای باد در هر شهر یا منطقه با توجه به شرایط جغرافیایی متفاوت می‌باشد. اطلاعات سرعت باد مبنا هر ساله توسط سازمان هواشناسی کشور ارائه میگردد سرعت مبنای باد برای مناطق مختلف کشور در جدول ذیل آورده شده است. برای مناطقی که نام انها در جدول ذکر نشده است سرعت مبنای باد باید با نزدیک‌ترین شهری که در جدول آمده محاسبه گردد. برای ساختمان‌هایی که بنا به دلایل خاص نیاز به تأمین اطمینان بیشتر در برابر نیروی باد باشند، سرعت مبنای باد باید بر اساس مطالعات آماری و برای دوره بازگشت مناسب تعیین گردد. این سرعت در هر حالتی نباید کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت انتخاب گردد.

$q = 0.613 \times V^2 \ (N/m^2)$

q= فشار باد مبنا

v= سرعت باد مبنا بر حسب متر بر ثانیه

ردیف	نام شهر	سرعت km/h	سرعت m/s	فشار باد=q مبنا N/M²	ردیف	نام شهر	سرعت km/h	سرعت m/s	فشار باد=q مبنا N/M²
1	آبادان	90	25	383.1	29	رامسر	90	25	383.1
2	آباده	100	27.7	470.3	30	رشت	90	25	383.1
3	آبعلی	110	30.5	570.2	31	زابل	120	33.3	679.7
4	اراک	90	25	383.1	32	زاهدان	130	36.1	798.9
5	اردبیل	130	36.1	798.9	33	زنجان	80	22.2	302.1
6	اصفهان	110	30.5	570.2	34	سبزوار	90	25	383.1
7	امیدیه	110	30.5	570.2	35	سرخس	110	30.5	570.2
8	اهواز	110	30.5	570.2	36	سقز	100	27.7	470.3
9	ایرانشهر	110	30.5	570.2	37	سمنان	80	22.2	302.1
10	بابلسر	100	27.7	470.3	38	سنندج	90	25	383.1
11	بجنورد	130	36.1	798.9	39	شاهرود	80	22.2	302.1
12	بم	110	30.5	570.2	40	شهرکرد	80	22.2	302.1
13	بندر انزلی	110	30.5	570.2	41	شیراز	80	22.2	302.1
14	بندر عباس	100	27.7	470.3	42	طبس	90	25	383.1
15	بندر لنگه	90	25	383.1	43	فسا	90	25	383.1
16	بوشهر	100	27.7	470.3	44	قائم شهر	90	25	383.1
17	بیرجند	90	25	383.1	45	قزوین	100	27.7	470.3
18	پارس آباد	100	27.7	470.3	46	قم	90	25	383.1
19	تبریز	110	30.5	570.2	47	کاشان	100	27.7	470.3
20	تربت حیدریه	80	22.2	302.1	48	کرمان	130	36.1	798.9
21	تهران	100	27.7	470.3	49	کرمانشاه	90	25	383.1
22	جاسک	100	27.7	470.3	50	کرج	110	30.5	570.2
23	جزیره سیری	110	30.5	570.2	51	گرگان	80	22.2	302.1
24	جزیره کیش	100	27.7	470.3	52	مشهد	90	25	383.1
25	چابهار	90	25	383.1	53	منجیل	130	36.1	798.9
26	خرم آباد	80	22.2	302.1	54	نوشهر	90	25	383.1
27	خوی	90	25	383.1	55	همدان	100	27.7	470.3
28	دزفول	110	30.5	570.2	56	یزد	110	30.5	570.2

محاسبه نیروی باد بر یک سطح:

محاسبه نیروی باد بر هر سطحی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

F=P x A

A مساحت سازه در معرض وزش باد است که فشار مثبت یا منفی بر آن وارد می‌شود (بر حسب متر مربع).

P بیانگر میزان فشار باد است که که از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

P=Cq.Ce.q

Cq ضریب شکل و موقعیت قرارگیری پنجره نسبت به جهت باد است که طبق نکات ذیل محاسبه می‌گردد:

در دیوارهای رو به باد برابر است با +0.8

در دیوارهای پشت به باد برابر است با -0.5

در دیوار های موازی با جهت باد برابر است با -0.7

Ce ضریب اثر تغییر سرعت باد است که به ارتفاع محل نصب پنجره در ساختمان ، تراکم ساختمان‌های مجاور و یا سایر موانع مرتفع شامل پوشش درختان در نزدیکی محل ساختمان بستگی دارد. این شرایط شامل دو ناحیه می‌باشد:

الف) نواحی داخلی شهرها با ساختمان‌های مرتفع و درختان انبوه.

ب) در نواحی باز خارج از شهرها با ساختمان‌ها و درختان پراکنده.

ضریب اثر تغییر سرعت باد با توجه به ارتفاع محل نصب در نواحی الف و ب (CE)									
ارتفاع محل نصب	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100	100-120
در نواحی الف	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9
در نواحی ب	2	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3

مثال: محاسبهٔ میزان فشار وارده از طرف باد با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت بر سطحی معادل یک متر مربع:

$q= 0.613 \times V^2 \ (N/m^2)$

100 km/h = 27.7 m/s (100÷3.6= 27.77)

$0.613 \times 27.77 \times 27.77 = 472 \ N/m^2 = 48.1 \ kg/m^2$

در نتیجه باد در سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت فشاری معادل ۴۸/۱ کیلوگرم بر سطحی معادل یک متر مربع وارد می‌نماید.

محاسبات استاتیکی (خمشی) پروفیل‌های تقویت گالوانیزه:

مطابق استاندارد DIN۱۸۰۵۶ حداکثر انحراف مجاز برای یک مقطع پروفیل (شامل تیرها، ستون‌ها) در برابر نیروهای وارده با توجه به شرایط ذیل تعیین می‌گردد:

برای سطوحی که فاصلهٔ بین دو نقطه تکیه‌گاه تا ۳۰۰ سانتی متر باشد میزان انحراف مجاز برابر است با A که محاسبه آن مطابق فرمول ذیل انجام می شود:

A=L/200 (example L=250cm A= 250/200= 1.25 cm

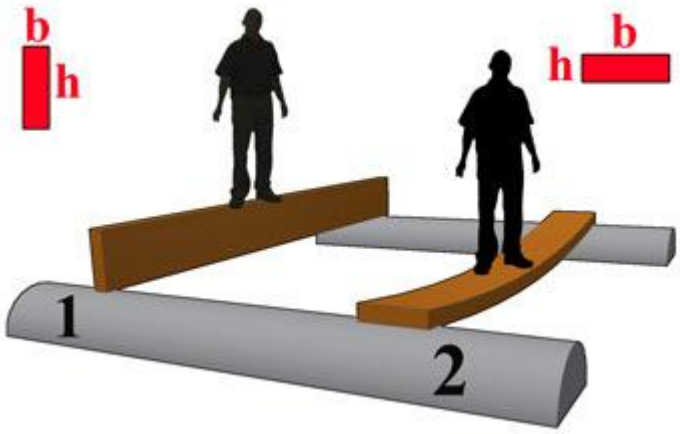
برای سطوحی که فاصلهٔ بین دو نقطه تکیه‌گاه تا 400 سانتی متر باشد میزان انحراف مجاز برابر است با A که محاسبه آن مطابق فرمول ذیل انجام می شود:

A=L/300

در تمامی موارد، پنجره‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در تمامی نقاط آن و به خصوص در پروفیل‌های وسط و لنگه پنجره، بیشترین تغییر شکل و انحراف در اثر وزش باد کمتر از ۱/۳۰۰ (یک سیصدم) اندازهٔ عرض یا ارتفاع پنجره باشد. بدیهی است برآورد این انتظارات با طراحی مناسب پنجره، ضخامت پروفیل تقویت، جزئیات نصب و اتصالات متناسب صورت می‌گیرد. برای محاسبهٔ استاتیکی پروفیل‌های تقویت، ممان خمشی یا گشتاور سطح دوم برای هر پروفیل مورد نیاز است.

مفهموم ممان خمشی یا گشتاور سطح دوم:

تیر چوبی را مطابق شکل زیر را در نظر بگیرید، اگر بخواهیم نیرویی در جهت نمایش داده شده به تیر چوبی وارد کنیم و آن را خم کنیم در کدام حالت نیروی کم‌تری جهت خم کردن تسمه مورد نیاز است؟



نتیجهٔ آزمایش فوق به سادگی توسط یک خط کش فلزی یا پلاستیکی ملموس‌تر خواهد بود. علی رغم آنکه سطح مقطع و مساحت تسمهٔ فلزی در هر دو حالت یکسان است در حالتی که سطح عرض تر خط کش بر کف دستمان باشد، خط کش مقاومت کمتری در مقابل نیروی وارده دارد. به عبارت دیگر مقاومت خمشی تسمه درحالت A بیشتر از حالت B می‌باشد که علت آن تفاوت گشتاور دوم سطح مقطع تسمه است. ممان اینرسی را با نماد I نشان داده و نسبت به محور های مختلف با پانویس آن محور نمایش داده می‌شود.

Ix یعنی مقدار ممان اینرسی نسبت به محور x

Iy یعنی مقدار ممان اینرسی نسبت به محور y

ممان اینرسی یا گشتاور دوم سطح پروفیل معمولا توسط نرم‌افزارهای مهندسی همانند اتوکد قابل محاسبه خواهد بود.

به طور خلاصه ممان اینرسی یا گشتاور دوم سطح، خاصیتی از یک مقطع است که با بهره‌گیری از آن می‌توان رفتار یک تیر (پروفیل) را در برابر خمش و تغییر شکل حول محورهای آن بدست آورد. میزان تنش و تغییر شکل خمشی یک تیر هم به میزان بار وارده و هم به شکل هندسی مقطع مورد نظر بستگی دارد، هر چه عدد ممان اینرسی یک مقطع بیشتر باشد میزان تنش و تغییر شکل خمشی آن مقطع کمتر است. معمولاً مقاطع با شکل قوطی، I و U از مقاومت بیشتری نسبت به سایر مقاطع برخوردار هستند. به همین دلیل است که پروفیل‌های تقویت فلزی با ممان اینرسی بزرگتر مانند مقاطع U شکل، در پنجره‌ها استفاده می‌شوند. با افزایش ضخامت ورق در پروفیل‌های تقویت گالوانیزه ساخت درب و پنجره یو پی وی سی، مقدار ممان اینرسی یا مقاومت خمشی به طور چشم گیری افزایش می‌یابد.

معیار های انتخاب درست پروفیل تقویت گالوانیزه:

با توجه به توضیحات ارائه شده عواملی که نقش موثری در انتخاب درست پروفیل تقویت ایفا می‌نمایند شامل:

تعیین ابعاد پروفیل تقویت:

تعیین این ابعاد باید به نحوی باشد که پس از قرارگیری پروفیل تقویت در داخل پروفیل یو پی وی سی، دیواره‌های هر دو پروفیل بدون فضای خالی در مجاورت یکدیگر باشند. طراحی مناسب و ابعاد استاندارد سبب می‌شود تا پروفیل تقویت گالوانیزه از پیدایش کوچک‌ترین تغییرات و دفرمگی در پروفیل یو پی وی سی جلوگیری به عمل آورد. استفاده از پروفیل‌های تقویت با ابعاد یکسان در تمامی مقاطع امری کاملاً اشتباه بوده مگر در شرایطی که این یکسان‌سازی با توجه به شبکه های داخلی پروفیل‌های یو پی وی سی از طرف طراح پروفیل انجام گیرد. اشاعهٔ این موضوع در بین تولید کنندگان درب و پنجره و تولید کنندگان پروفیل تقویت گالوانیزه قطعاً جهت حذف هزینه‌های انبار داری مجزا و کاهش هزینهٔ سربار انجام می‌گیرد ولی با توجه به تأثیری که در تنزل کیفیت محصول نهایی دارد باید به شدت از این مسئله اجتناب شود.

تعیین ضخامت پروفیل تقویت:

ابعاد کلی پنجره، شرایط جغرافیایی و جوی منطقه، ارتفاع محل نصب پنجره، نوع بازشو و نوع کاربری، وزن شیشه مورد استفاده و امنیت سازه در مقابل نیروهای فیزیکی (سرقت) از عواملی هستند که نقش بسزایی در انتخاب ضخامت پروفیل تقویت دارند.
با توجه به مطالب ارائه شده، لزوم استفاده از پروفیل تقویت در ساخت پنجره‌های پلیمری بنا به دلایل ذیل امری اجتناب ناپذیر می‌باشد:

الف) افزایش استحکام پنجره یا درب در مقابل نیروهای وارده حاصل از عوامل جوی به خصوص وزش باد.
ب) اطمینان از ایجاد یک تکیه گاه مناسب و مستحکم جهت نصب و مونتاژ پنجره در ساختمان.
ج) اطمینان از اتصال مناسب و مستحکم یراق‌آلات نصب شده به روی سازه.
د) تحمل بارها و نیروهای وارده حاصل از وزن سازه و مصالح جانبی استفاده شده.
ح) تحمل فشارهای وارده حاصل از عوامل داخلی و خارجی ساختمان در دراز مدت.
و)جلوگیری از تغییر شکل و دفرمگی پنجره در مقابل نیروهای حاصل از بهره برداری.

برای مثال در یک نمونه پنجره تأثیر ضخامت پروفیل تقویت و محاسبات مربوط به ضخامت مناسب و قابل اتکای پروفیل تقویت مورد استفاده در این پنجره با در نظر گرفتن جمیع جهات، بررسی می‌گردد.

ارتفاع پنجره	L=200 سانتیمتر
عرض قسمت ثابت پنجره	A=100 سانتی متر
عرض قسمت بازشو پنجره	B=100 سانتی متر
عرض نیروی وارده	a=50 سانتی متر
عرض نیروی وارده	b=50 سانتی متر
ارتفاع ساختمان	H=24 متر(طبقه۹)
نام شهر	تهران
سرعت باد	۱۰۰ کیلومتر بر ساعت یا ۲۷/۷ متر بر ثانیه
فشار باد	470.3 N/m^2
	q= یا 0.47 kp/m^2
ضریب شکل و موقعیت قرارگیری پنجره	Cq=+0.8

$lx = \frac{W^4 L.A}{1920.E.f}(25-40\left(\frac{a}{L}\right)^2+16\left(\frac{a}{L}\right)^4)$
lx= (cm^4) گشتاور لختی الزامی
W=($N/mm)^2$ نیروی باد
E=(E=210.000N/mm) مدول الاستیسیته
f= (L/300)cm انحراف مجاز
a= (cm) عرض نیروی وارده
L= (cm) فاصله میان تکیه‌گاه‌ها

ضریب اثر تغییر سرعت باد — Ce= 2.1

نیروی باد — w= q×Cq×Ce = 470.3×0.8×2.1=790.1 = 0.79 kp/m

N/m^2

انحراف مجاز — L/300 F=200/300= 6/6 mm

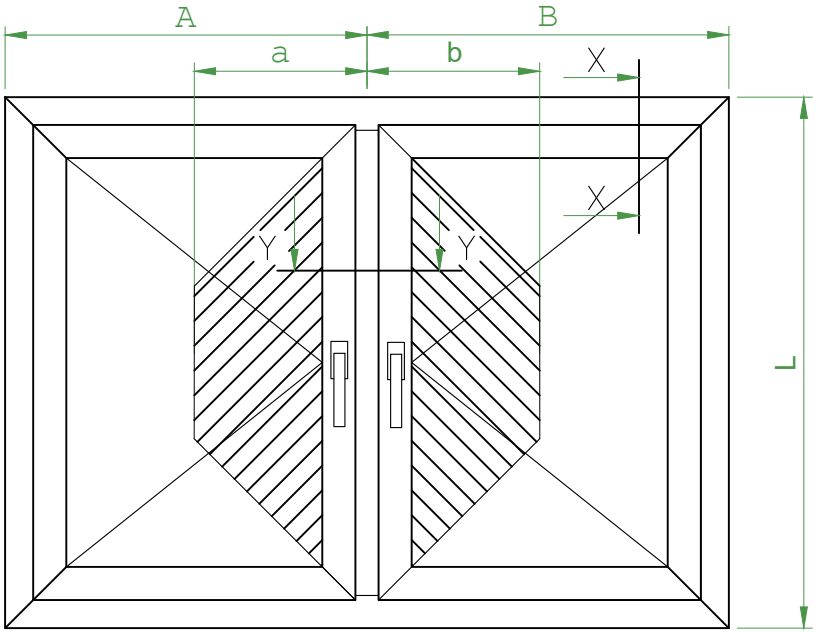
مدول الاستیسیته — $E=2/1\times10^6$ kp/cm

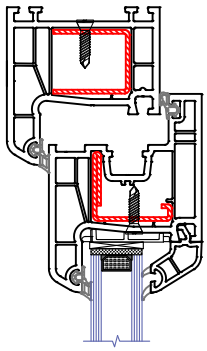
فرمول محاسبه ممان خمشی مورد نیاز

$$lx = \frac{W^4 L.A}{1920.E.f}\left(25-40\left(\frac{a}{L}\right)^2+16\left(\frac{a}{L}\right)^4\right)\ (cm^4)$$

$$lx_1 = \frac{0/00079*200^4*50}{1920*210000*0/66}\left(25-40\left(\frac{50}{200}\right)^2+16\left(\frac{50}{200}\right)^4\right) = 5.34\ cm^4$$

STATIC CALCULATION EXAMPLE





Section X_X

Height of Window L = 180 cm

Width of Area A = 100 cm

Width of Area B = 100 cm

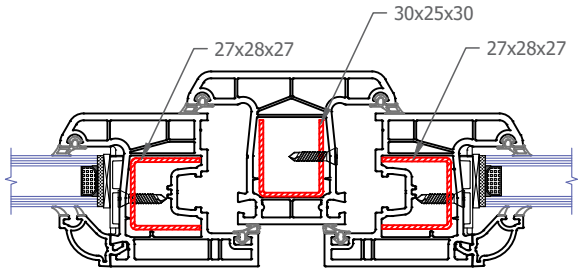
Width of Loading a = 50 cm

Width of Loading b = 50 cm

Height of Building h = 8 mt

Wind Pressure $q = 50\ kp/m^2$

Constant Multiply c = 1.2



Section Y_Y

Wind Load w= q x c = 50 x 1.2 = 60 kp/m

Allowable Deflection L/300 F = 180 / 300 = 6 mm

Modulus of Elasticity E= 2.1×10^6 kp/cm

Ix = Required Moment of Inertia (cm^4) $Ix_1 = \frac{W L^4 a}{1920.E.F} \left(25-40\left(\frac{a}{L}\right)^2 + 16\left(\frac{a}{L}\right)^4\right)$

$$Ix_2 = \frac{W L^4 b}{1920.E.f} \left(25-40\left(\frac{b}{L}\right)^2 + 16\left(\frac{b}{L}\right)^4\right)$$

$$Ix_1 = \frac{0.00060 \times 180^4 \times 50}{1920 \times 21{,}100{,}000 \times 0.6}\left(25-40\left(\frac{50}{180}\right)^2 + 16\left(\frac{50}{180}\right)^4\right) = 2.87\ cm^4$$

$$Ix_2 = \frac{0.00060 \times 180^4 \times 50}{1920 \times 21{,}100{,}000 \times 0.6}\left(25-40\left(\frac{50}{180}\right)^2 + 16\left(\frac{50}{180}\right)^4\right) = 2.87\ cm^4$$

Height of Installation 0-8 m
Wind Pressure 60kp/m²

L = height of sash (cm)	width of sash a (cm)				
	20	30	40	50	60
100	0.21	0.29	0.34	0.36	
110	0.28	0.39	0.48	0.52	
120	0.37	0.52	0.64	0.72	0.74
130	0.47	0.67	0.84	0.95	1.01
140	0.59	0.85	1.07	1.23	1.34
150	0.73	1.06	1.34	1.56	1.72
160	0.89	1.30	1.65	1.94	2.16
170	1.07	1.56	2.00	2.38	2.67
180	1.28	1.87	2.40	2.87	3.24
190	1.50	2.21	2.85	3.42	3.89

Required maximum measurement at 180 cm height and 50 cm width is chosen from the chart.

Sum of $Ix = Ix_1 + Ix_2$ 2.87+2.87=5.74cm

Sum of Ix on chart $Ix = Ix_1 + Ix_2$ 2,87+2,87 = 5,74cm

With this calculation, the accuracy of the chart is verified.

System is considered as Sash + Mullion Profile + Sash.

Sash Reinforcement Ix = 2.01 cm (Thickness= 2mm)
Mullion Reinforcement Ix = 1.48 cm (Thickness= 2mm)
Sash Reinforcement Ix = 2.01 cm (Thickness= 2mm)

Total Ix in the System = 2.01 + 1.48 + 2.01 = 5.5 cm

Total Ix of Reinforcement in the system < Required

5.5 cm < 5.74 cm with the help of Reinforcement stated above ,the window with reinforcement profile is Impossible.