RAUTA
НАДІЙНІ РІШЕННЯ

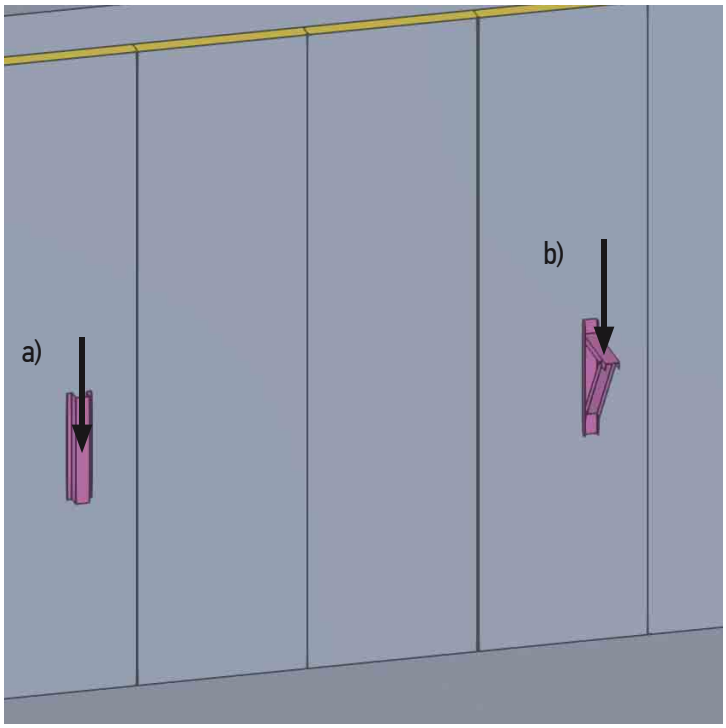
Кріплення навісних конструкцій до сендвіч-панелей

RAUTA

1. Вступ

Посібник містить загальні принципи кріплення або підвішування вантажів до сендвіч-панелі Ruukki. Представлено три загальні типи кріплень. Залежно від напрямку монтажа панелі (вертикально чи горизонтально) необхідно виконати наступні розрахунки.

1.1 Вертикально встановлені панелі:



a) Напрямна

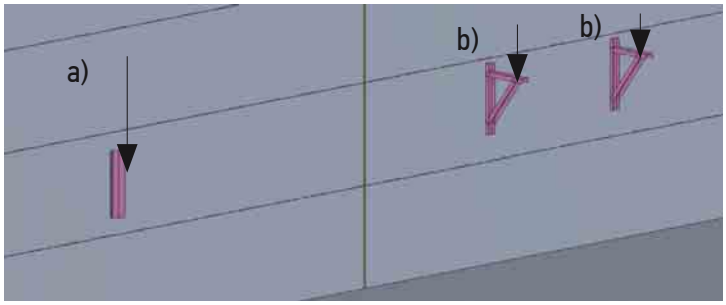
1. Несна здатність кріплення, розділ 2.1
2. Вертикальний зсув, розділ 3.2
3. Напруження, розділ 3.3.1
4. Горизонтальне навантаження, розділ 3.3.2
5. Комбінований зсув і напруження, роз. 3.4
6. Напруження при стисканні при навантаженні з ексцентриситетом, розділ 3.5

b) Драбина

1. Несна здатність кріплення, розділ 2.1
2. Вертикальний зсув, розділ 4.1
3. Напруження, розділ 4.2
4. Комбінований зсув і напруження, розділ 4.3
5. Напруження драбини при стисканні, розділ 4.4.1

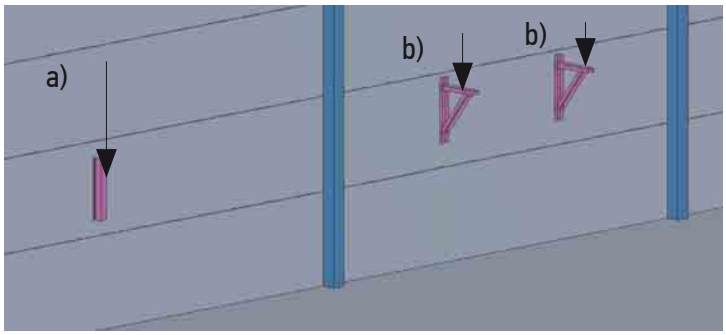
Якщо потрібна додаткова несна здатність кріплення, див. розділ 5 для кріплення крізь панель.

1.2 Горизонтально встановлені панелі:



a) Напрямна

1. Несна здатність кріплення, розділ 2.1
2. Вертикальний зсув, розділ 3.2
3. Напруження, розділ 3.3.1
4. Горизонтальне навантаження, розділ 3.3.2
5. Комбінований зсув і напруження, роз. 3.4
6. Напруження при стисканні при навантаженні з ексцентриситетом, розділ 3.5



b) Драбина

1. Несна здатність кріплення, розділ 2.1
2. Вертикальний зсув, розділ 4.1
3. Напруження, розділ 4.2
4. Комбінований зсув і напруження, роз. 4.3
5. Напруження при стисканні на драбину, розділ 4.4.1
6. Напруження при стисканні на опорі панелі, розділ 4.4.2
7. Напруження у кріпленні на опорі панелі, розділ 4.5

Якщо потрібна додаткова несна здатність кріплення, див. розділ 5 для кріплення крізь панель.

1.3 Обмеження щодо рівня використання несної здатності панелі

Під час навішування додаткових конструкцій на стінові панелі коефіцієнт використання несної здатності при розрахунку загального вітрового та температурного навантаження ніколи не повинен перевищувати 80% на опорі (несна здатність панелі на опорі або кріплення). Навантаження від навісних конструкцій не повинно перевищувати 20% від несної здатності матеріалу наповнювача та кріплень, щоб не перевищувати загальну несну здатність панелі.

Панелі необхідно перевіряти з додатковими точковими навантаженнями аби переконатися, що як панель, так і її кріплення до каркаса можуть передавати точкові навантаження на каркас. Це можна зробити за допомогою програмного забезпечення Ruukki Traypan. Кріплення різних типів облицювань до поверхні панелі також можна розрахувати за допомогою Traypan.

1.4 Інші обмеження

Ця інструкція не описує несиметрично навантажені перерізи, що спричинюють появу моменту у замку панелей (ефект підривання). Слід уникати появи моментів у замках або напруження у кріпленнях потрібно розраховувати окремо аби переконатися, що замок може їх витримувати. Кілька точкових навантажень вздовж панелі також можуть спричинити кручення панелі. Кручення не враховується в Traypan і має бути перевірене окремо відповідно до розділу 4.

2 Загальні вимоги

Для проєктування кріплень застосовуються пункт 2.1 та EN 1993-1-3.

Крок встановлення кріплень напрямної має бути 200-600 мм і щонайменше 60 мм від верху панелі або прорізу для уникнення окремої перевірки на відрив обшивки від наповнювача. Слід використовувати лише кріплення, призначені для прикріплювання до тонких сталевих листів, що мають сертифікат ETA, такі як герметичні заклепки або самосвердлильні шурупи з зоною вільного обертання перед шайбою, що запобігає надмірному затягуванню. Сумарна товщина $t_I + t_{II}$ не може перевищувати максимальну товщину для кріплення. Для кріплення товстих напрямних або консолей слід використовувати заклепки або самонарізні гвинти, що проходять крізь панель.

2.1 Розрахунковий опір для окремих кріплень, прикріплених до обшивки панелі

Розрахункові значення отримуються з використанням значень, наведених у таблиці 1, з $\gamma_{M2} = 1{,}33$ відповідно до ETA та EN 14509.

$$R_{td} = \frac{R_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

$$R_{vd} = \frac{R_{vk}}{\gamma_{M2}}$$

Таблиця 1. Міцність на розтяг та зсув для типових кріпильних елементів

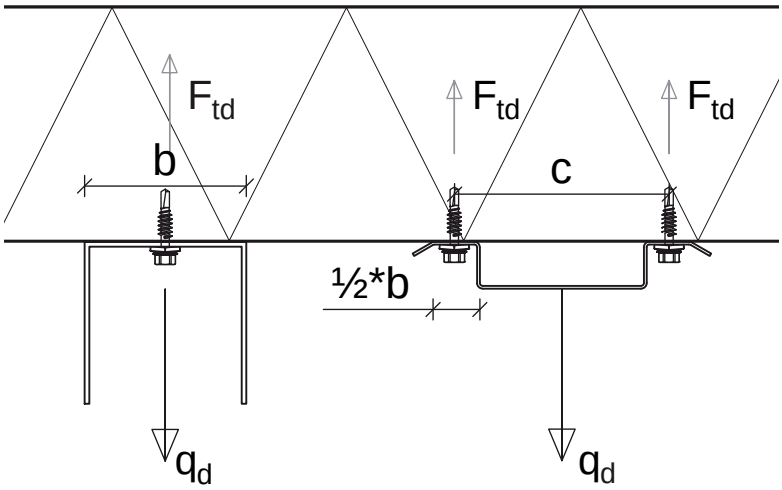
Кріпення	Товщина обшивки, мм	Характеристичне навантаження, кН		Розрахункове навантаження, кН	
	t	R_{tk}	R_{vk}	R_{td}	R_{vd}
SFS-intec SLG-S-4.8*	0,5	0,73	0,8	0,55	0,60
	0,6	0,91	1,26	0,69	0,95
SFS-intec SL2-T-T14-4.8	0,5	0,61	0,97	0,46	0,73
	0,6	0,82	1,55	0,61	1,16
Герметичні заклепки BT-C ALAL 5,2xL F W (RV6604-6)	0,5	0,84	1,24	0,63	0,93
	0,6	1,05	1,52	0,79	1,14

Товщина елемента, закріпленого до панелі, $t_I > 1{,}0$ мм.
* для SLG потрібне попереднє просвердлювання напрямної, якщо $t_I > 1{,}0$ мм

3 Вертикально встановлена напрямна

3.1 Загальні положення

Для кріплення навісних конструкцій до сталевої обшивки панелі, вага яких не перевищує 50 кг/м^2 при кріпленні до мінераловатних панелей та 30 кг/м^2 до PIR-панелей, найкращим способом є кріплення вертикальних напрямних за допомогою симетричних омега- або U-профілів, які не створюють додаткового моменту у місцях кріплень. Чим довша напрямна та нижче профілі, тим краще.



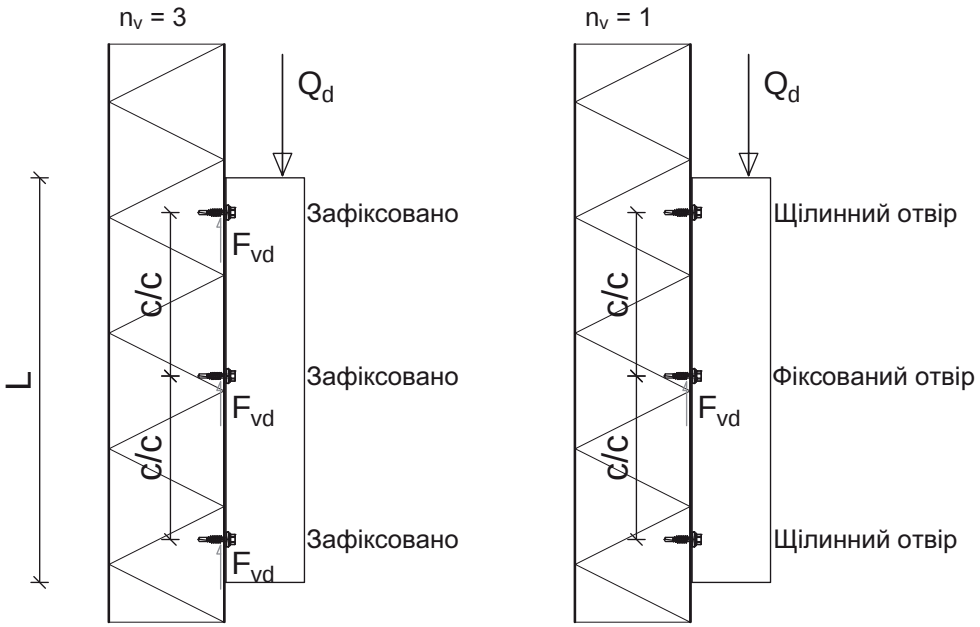
Омега-профіль слід завжди кріпити з обох боків прогону в одному й тому ж місці вздовж профілю. Для забезпечення того, що міцність на розтяг матеріалу наповнювача не перевищена, відстань (c) має відповідати таблиці 2.

Таблиця 2. Мінімальна відстань (c) для кріплень на поперечному перерізі напрямої

Відстань c >, мм	Тип сендвіч-панелі		
	SPA	nSPB	SP2B
90	E life / F / S	W	E-PIR
120	E / I / EE	WEE / WE	

3.2 Навантаження на зсув на кріплення

Вертикальне навантаження Q_d рівномірно розподіляється на кріплення, які щільно зафіксовані через напрямну. У разі високих температурних навантажень рекомендується використовувати щілинні отвори, щоб врахувати температурне розширення та зменшити температурні навантаження на кріплення. Ці кріплення не передаватимуть навантаження в напрямку щілинного отвору.



Щілинний отвір у напрямній може зменшити зусилля кріплення на протягування, оскільки головка кріплення може прослизнути через отвір. Це може стати критичним, якщо довжина перевищує діаметр шайби.

Варто перевірити, чи не перевищено міцність на зсув кріплень:

$$R_{vd} \geq F_{vd}$$

R_{vd} = розрахунковий опір зсуву для кріплення, див. Таблицю 1

F_{vd} = розрахункове навантаження на зсув на вертикально зафіксованих кріпленнях

Навантаження на зсув на вертикально зафіксованих кріпленнях:

$$F_{vd} = \frac{Q_d}{n_v}$$

n_v = кількість кріплень, що передають вертикальне навантаження

RAUTA

3.3 Навантаження на розтяг на кріплення

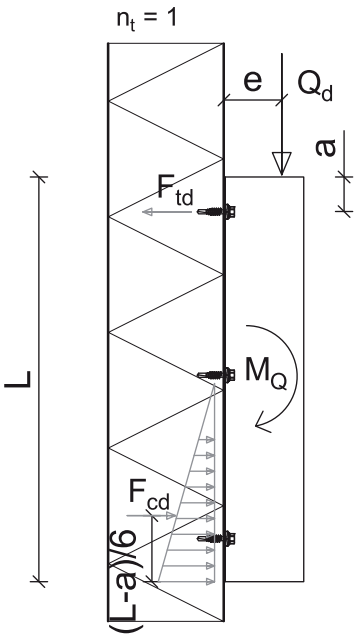
Перевірте, чи не перевищено міцність кріплень на вирив:

$$R_{td} \geq \frac{F_{td}}{n_t} + F_{Nd}$$

де:
R_{td} = розрахунковий опір зсуву для кріплення, див. Таблицю 1
F_{td} = навантаження на розтяг на верхньому кріпленні, розрахункове навантаження
F_{Nd} = розрахункове навантаження на розтяг, спричинене рівномірно розподіленим навантаженням на напрямну
n_z = кількість кріплень зверху (при розтягу)

3.3.1 Навантаженя на розтяг з ексцентриситетом

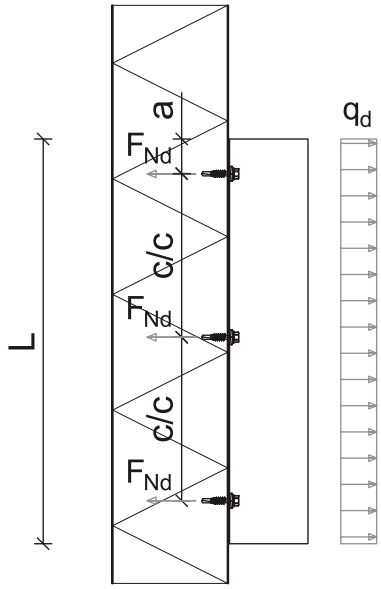
Ексцентриситет створює момент M_Q, який створює контактний тиск на панель у нижній частині напрямної з результуючою силою F_{cd} та силою розтягу F_{td} на верхнє кріплення.



$$F_{td} = \frac{M_Q}{\frac{5}{6}*(L-a)} = \frac{Q_d*e}{\frac{5}{6}*(L-a)}$$

Q_d = розрахункове вертикальне точкове навантаження, кН
e = горизонтальний ексцентриситет від поверхні панелі до точкового навантаження, м
L = довжина елементу, м
a = відстань від верху напрямної до кріпильного елемента, м

3.3.2 Навантаженя на розтяг через рівномірно розподілене навантаження на напрямну



F_{Nd} – сила, розподілена на кріпильний елемент через напрямну. Це може бути пов'язано з вітровими та іншими робочими навантаженнями.
$F_{Nd} = q_d * L/x$
q_d = розрахункове горизонтальне лінійне навантаження, кН/м
L = довжина елементу, м
x = загальна кількість кріпильних елементів, шт.

3.4 Сумісне навантаження на зсув та розтяг

Перевірте, чи не перевищено несну здатність до зсуву та розтягу при комбінованому навантаженні:

$$\frac{F_{vd}}{R_{vd}} + \frac{F_{td}}{R_{td}} \leq 1$$

RAUTA

3.5 Міцність на стиск матеріалу наповнювача

Вертикальне навантаження прикладається з ексцентриситетом. Це створює момент, який спричиняє тиск на панель у нижній частині напрямної. Результуюча сила F_{cd} дорівнює F_{td}. Епюра розподілу тиску має трикутну форму в нижній половині напрямної. Крім того, оскільки на напрямну діє тиск, виникає лінійне навантаження q_d, яке слід перетворити на поверхневий тиск між напрямною та поверхнею панелі. Міцність на стиск матеріалу наповнювача не повинна перевищуватися.

$$f_{Cc,d} \geq f_{cd,max} + f_{Nd}$$

$$f_{cd,max} = \frac{F_{cd}}{b*0.5(L-a)*0.5} = \frac{F_{td}}{b*0.5(L-a)*0.5}$$

$$f_{Nd} = \frac{q_d}{L_s}$$

$$f_{Cc,d} = \frac{f_{Cc,k}}{\gamma_M}$$

$f_{Cc,k}$ = характеристична міцність матеріалу наповнювача на стиск, Н/мм² (Таблиця 3 або декларація відповідності)
b = ширина вертикальної напрямної, мм
γ_M = частковий коефіцієнт запасу міцності матеріалу, (1,33)

Таблиця 3. Характеристична міцність матеріалу наповнювача на стиск для різних типів панелей

Тип панелі	Характеристична міцність на стиск, $f_{Cc,k}$	Розрахункова міцність на стиск, $f_{Cc,d}$
SPA E	0.060	0.045
SPA F	0.095	0.071
SPA S	0.115	0.086
SPA I	0.060	0.045
SPA E Life	0.054	0.041
SPA EE	0.044	0.033
nSPB WEE	0.040	0.030
nSPB WE	0.055	0.041
nSPB W	0.090	0.068
SP2B E-PIR	0.090	0.068

Вказані значення є мінімальними значеннями в МПа. Деякі товщини одного типу можуть мати вищу міцність.
Точніші значення можна знайти у декларації відповідності.

4 Консольна опора для кабельної драбини

Під час кріплення кабельної драбини з консольною опорою до металевої поверхні панелі характеристичний момент не повинен перевищувати 0,2-0,3 кН·м/м (тобто e=33 см, q=0,6-0,9 кН/м), див. таблицю 4. При більшій вазі, потрібно здійснити такі додаткові перевірки:

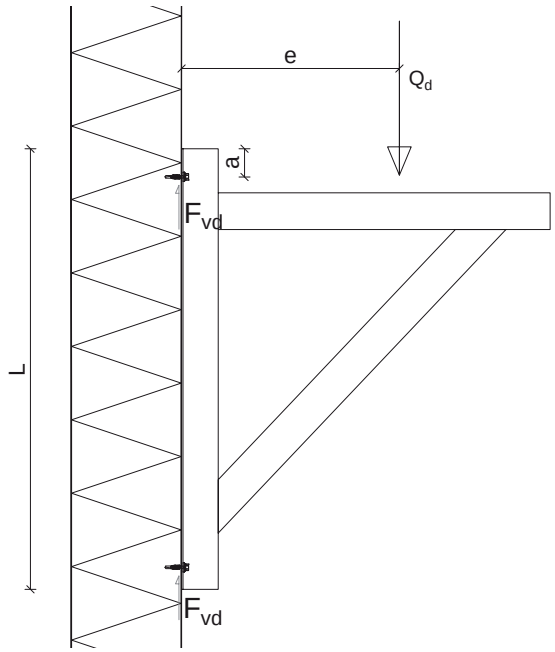
- Чи не перевищено напруження зсуву в наповнювачі через скручування
- Стійкість до зминання поверхні через збільшення згинального моменту
- Міцність матеріалу наповнювача на зсув через навантаження від сили тяжіння на зовнішній поверхні

Таблиця 4. Максимально допустимий крутний момент для конкретного типу панелі

Тип панелі			Максимальний крутний момент, кН·м/м
SPA	**nSPB**	**SP2B**	
F / S	W	E-PIR	0,3
E / E life / I / EE	WEE / WE		0.2

4.1 Зсувне навантаження на кріплення

Перевірте, чи не перевищено міцність кріплень на зсув:



$$R_{vd} \geq F_{vd}$$

R_{vd} = розрахунковий опір зсуву для кріплення, див. Таблицю 1

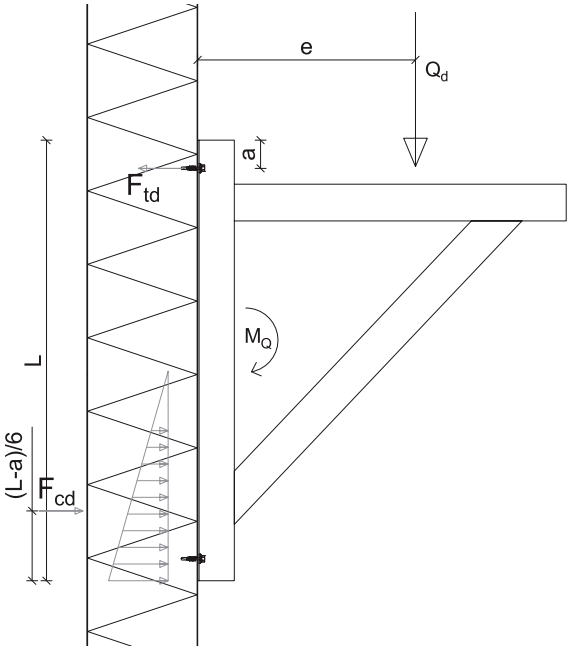
F_{vd} = зсувна сила на вертикально закріплені кріплення, розрахункове навантаження

$$F_{vd} = \frac{Q_d}{n_v}$$

n_v = кількість кріплень, що передають вертикальне навантаження

4.2 Сила розтягу від навантаження з ексцентриситетом

Перевірте, чи не перевищено міцність кріплень на витягування:



$$R_{td} \geq \frac{F_{td}}{n_t}$$

R_{td} = розрахунковий опір розтягу кріплення, див. Таблицю 1
F_{td} = сила розтягу на верхні кріплення, розрахункове навантаження
n_t = кількість кріплень зверху (на розтяг)

де:

$$F_{td} = \frac{Q_d * e}{\frac{5}{6} * (L - a)}$$

Q_d = вертикальне точкове навантаження, розрахункове навантаження, кН
e = горизонтальний ексцентриситет від поверхні панелі до точкового навантаження, м
L = довжина елементу, м
a = відстань від вершини напрямної до місця розтягу кріплення, м
$Q_d = q_d * s$
q_d = вертикальне лінійне навантаження, розрахункове навантаження, кН/м
s = відстань між опорами драбини вздовж панелі, м

4.3 Сумісне навантаження на зсув та розтяг

Перевірте, чи не перевищено міцність до комбінінованого навантаження на зсув та розтяг, якщо будь-яке з кріплень сприймає навантаження як на зсув, так і на розтяг:

$$\frac{F_{vd}}{R_{vd}} + \frac{F_{td}}{n_t * R_{td}} \leq 1$$

4.4 Міцність на стиск матеріалу наповнювача

4.4.1 Напруження при стиску на драбині

Вертикальне навантаження прикладається з ексцентриситетом. Це створює момент, який створює тиск на панель у нижній частині напрямної. Результуюча сила F_{cd} дорівнює F_{td}. Тиск розподіляється за трикутником у нижній половині напрямної. Міцність на стиск наповнювача не повинна бути перевищена.

$$f_{Cc,d} \geq f_{cd,max}$$

Максимальне напруження при стиску в наповнювачі від навантаження кабельної драбини на драбині

$$f_{cd,max} = \frac{F_{cd}}{b*0.5*(L-a)*0.5} = \frac{F_{td}}{b*0.5*(L-a)*0.5}$$

$$f_{Cc,d} = \frac{f_{Cc,k}}{\gamma_M}$$

$f_{Cc,k}$ = характеристична міцність на стиск наповнювача, Н/мм² (Таблиця 3 або або декларація відповідності)
b = ширина вертикальної напрямної, мм
γ_M = частковий коефіцієнт запасу міцності для матеріалу, (1.33)

4.4.2 Напруження при стиску на опорі панелі

Коли вздовж панелі розміщено кілька драбин, момент від кожної з них передається на опору на кожному кінці панелі. Коли на панель одночасно діють інші навантаження, такі як вітрові, необхідно також перевірити комбіноване напруження.

$$f_{Cc,d} \geq \sigma_{Cc.l} + \sigma_{Cc.q}$$

Максимальне напруження при стиску в наповнювачі від навантажень кабельних драбин на опорі

$$\sigma_{Cc.l} = \frac{6*M_{t.supp}}{B^2*b_{supp}} = \frac{6*\frac{Q_d*e}{s}*\frac{L_p-b_{supp}}{2}}{B^2*b_{supp}}$$

де

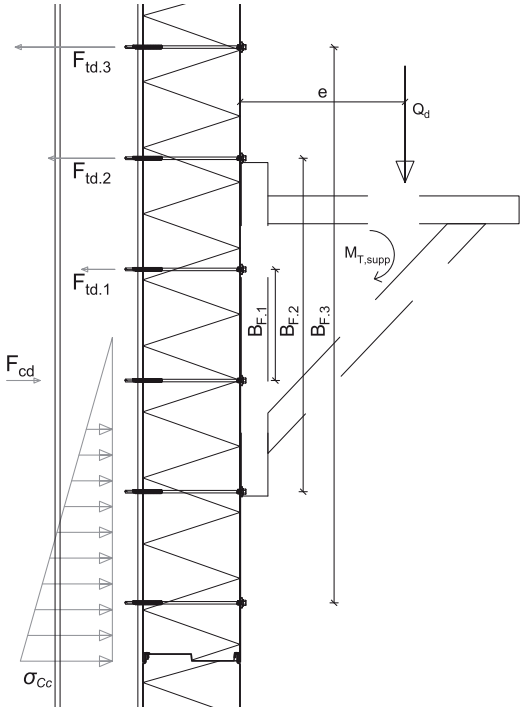
$$M_{t.supp} = \frac{Q_d*e}{s} * \frac{L_p-b_{supp}}{2}$$

$\sigma_{Cc,q}$ = напруження при стиску в наповнювачі на опорі від інших навантажень
Q_d = вертикальне точкове навантаження, розрахункове навантаження, кН
e = горизонтальний ексцентриситет від поверхні панелі до точкового навантаження, м
s = крок між опорами драбин вздовж панелі, м
L_p = проліт панелі, м
b_{supp} = ширина опори панелі, м
B = висота панелі, м

RAUTA

4.5 Роздяг кріплень на опорі від крутного моменту вздовж панелі

Кручення на опорі панелі, яке було розраховано в 4.4.2, також створює додаткові сили розтягу на кріпленнях на опорі. Коли для сприйняття розтягу в різних місцях використовується кілька кріплень, сила розподілятиметься як показано нижче. Якщо навантаження знаходиться з того ж боку, що й каркас, верхня частина панелі стискається, а нижні кріплення зазнають розтягу.



Силу розтягу, що діє на кожне кріплення, можна розрахувати за формулою нижче. Кріплення на нижній половині панелі не будуть зазнавати розтягу і можуть бути частково виключені, якщо це не потрібно для передачі інших сил.

$$F_{t,i} = M_{T,supp} \frac{B_{F,i}}{\sum_{j=1}^{n} B_{F,j}^2}$$

де

$$M_{t.supp} = \frac{Q_d * e}{s} * \frac{L_p - b_{supp}}{2}$$

$B_{F,i}$ = відстань між кріпленнями (уявної) пари кріплень
Q_d = вертикальне точкове навантаження, розрахункове навантаження, кН
e = горизонтальний ексцентриситет від поверхні панелі до точкового навантаження, м
s = відстань між опорами драбини вздовж панелі, м
L_p = проліт панелі, м
b_{supp} = ширина опори панелі, м

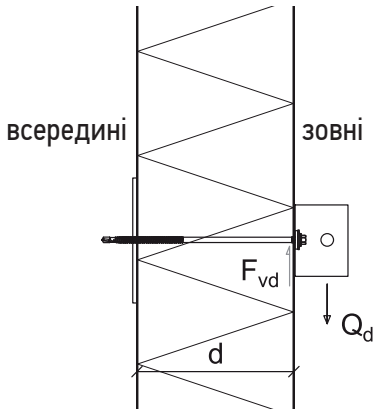
5 Точкове навантаження від наскрізного кріплення через панель

Якщо кріплення до лицьової обшивки панелі не забезпечує достатньої міцності, можна закріпити профіль через панель до сталевої деталі товщиною 2-5 мм на внутрішній обшивці панелі.

При цьому вкрай важливо також перевірити навантаження в TrayPan, щоб переконатися, що панель може витримувати точкові навантаження на опору разом з будь-якими іншими навантаженнями, що діють на панель одночасно.

5.1 Зсувне навантаження на кріплення

Якщо кріплення здійснене крізь панель, зсувне навантаження передається на лицьову обшивку (навантажену сторону) панелі.



$$R_{vd} \geq F_{vd}$$

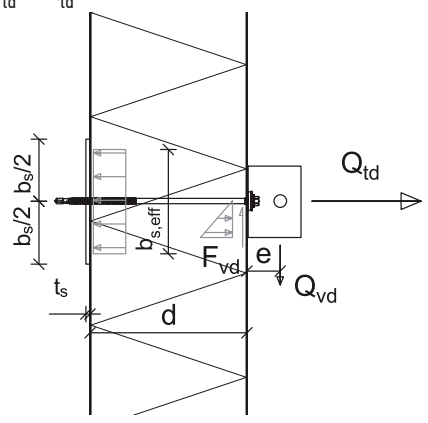
R_{vd} = розрахунковий опір зсуву для кріплення, див. ETA-сертифікат або EN 1993-1-3
F_{vd} = зусилля на зсув на кріплення, розрахункове навантаження
$F_{vd} = Q_{vd}$

5.2 Міцність кріплення на розтяг

Сила розтягу буде передаватися через кріплення на сталеву деталь на внутрішній стороні.

$$R_{td} \geq F_{td}$$

R_{td} = розрахунковий опір розтягу для кріплення до сталевої деталі товщиною t_s, див. ETA-сертифікат
F_{td} = сила розтягу на кріпленнях, розрахункове навантаження
$F_{td} = Q_{td}$



RAUTA

5.3 Міцність на стиск матеріалу наповнювача

$$f_{Cc,d} \geq f_{cd}$$

Ефективна площа, на яку розподіляється сила стиску, залежить від жорсткості деталі на внутрішній обшивці. Ефективна ширина залежить від жорсткості панелі та сталевої деталі, що передає навантаження, але її можна безпечно прийняти як:

$$b_{s,eff} \leq \min\{b_s; 30 * t_s\}$$

$$h_{s,eff} \leq \min\{h_s; 30 * t_s\}$$

де:

b_s = ширина сталевої деталі
h_s = висота сталевої деталі
t_s = товщина сталевої деталі

Ефективна площа стиску:

$$A_{s,eff} = b_{s,eff} * h_{s,eff}$$

$$f_{cd} = \frac{Q_d}{A_{s.eff}}$$

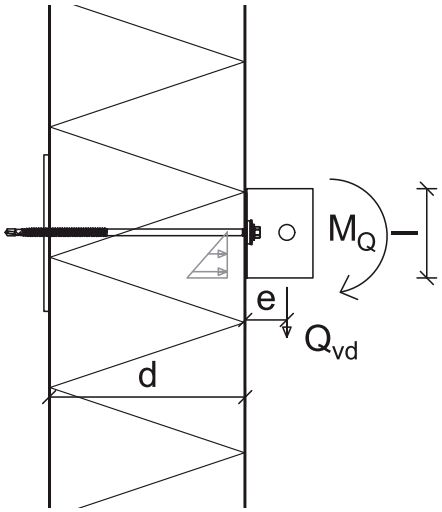
$$f_{Cc,d} = \frac{f_{Cc,k}}{\gamma_M}$$

$f_{Cc,k}$ = характеристична міцність на стиск матеріалу напрвнювача, Н/мм² (Таблиця 3 або декларації відповідності)

γ_M = частковий коефіцієнт запасу міцності для матеріалу, (1,33)

5.3.1 Стиснення від вертикального навантаження з ексцентриситетом

$$f_{Cc,d} \geq f_{cd,max}$$



$$f_{Cc,d} = \frac{f_{Cc,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{cd,max} = \frac{\frac{Q_{vd} * e}{(\frac{5}{6} * L - b)}}{b * 0{,}5l * 0{,}5}$$

де:

$f_{Cc,k}$ = характеристична міцність на стиск матеріалу наповнювача, Н/мм² (Таблиця 3 або декларації відповідності)

b = ширина закріпленої частини, мм

l = довжина закріпленої частини, мм

γ_M = частковий коефіцієнт запасу міцності для матеріалу, (1,33)

Інженерно-будівельна компанія Rauta – провідний постачальник надійних будівельних рішень в Україні та країнах Європейського Союзу.

Rauta пропонує комплексні рішення, які включають: проектування будівель, постачання каркасів, сендвіч-панелей, вентильованих фасадів, швидкомонтованих будівель, вогнезахист, а також монтаж та супутній сервіс.

Компанія використовує у роботі лише сертифіковану продукцію європейського виробництва. Rauta є ексклюзивним постачальником в Україну продукції комерційного призначення фінського концерну Ruukki, а також розробником низки інновацій, що скорочують вартість та терміни будівництва.

Все, що ми будуємо, створює нашу відмінну репутацію.

RAUTA
НАДІЙНІ РІШЕННЯ

04116, Україна, м. Київ,
вул. Старокиївська, 10Г, БЦ Вектор
+38 044 364-85-73
info@rautagroup.com
www.rautagroup.com