



УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР  
СТАЛЬНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА

# **Основи проектування сталевих конструкцій за Європейськими нормами**

Білик Артем Сергійович

к.т.н., голова інженерного центру УЦСБ, доцент кафедри  
металевих і дерев'яних конструкцій КНУБА

**06 квітня 2016**



# **Основи розрахунку сталевих конструкцій згідно Єврокоду 3**



# ■ Що таке Єврокод 3?

## Структура частин Єврокоду 3 «Сталеві конструкції»

Проектування	
Загальні правила проектування	Мости
Розрахунки на вогнестійкість	Башти і вишки
Холодноформовані елементи	Димові труби
Нержавіюча сталь	Силоси
Пластинчасті елементи	Резервуари
Міцність і надійність оболонок	Трубопроводи
Пластинчасті елементи при навантаженнях поза площею	Палі
Проектування з'єднань	Підкранові конструкції
Довговічність	
Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу в напрямку товщини прокату	
Конструкції з розтягнутими елементами	
Додаткові правила до сталевих конструкцій із сталей класів вище S700	



## Допоміжна література:

1. Термінологічний словник для перекладу Єврокодів. Друга редакція /Гордєєв В.М., Перельмутер А.В., УЦСБ 2013
2. Беляев Н., Билык А., Браун Д., Бретл М. Расчет стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины УЦСБ 2014 - 97с.
3. Беляев Н., Билык А., Билык С., Уей Э., Хейвуд М. Расчет элементов из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3 УЦСБ 2015 – 99с.
4. Ковалевская Э., Билык А., Браун Д., Бретл М. Примеры расчета стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 (ел.версія)
5. Посібник з розрахунком вузлів та посібник із проектування сталезалізобетону.... скоро!
6. ... все що ви можете знайти корисним ☺



# Головні відмінності проектування згідно Єврокоду 3 та ДБН В.2.6-198 :2014

- Єврокоди орієнтовані **на комп'ютерні, а не ручні методи розрахунку**. На практиці у Європі широко використовуються пакети прикладних програм, що скорочують рутинні операції. В нашій країні також розробляється спеціалізоване ПЗ але воно у більшій мірі застосовується на практиці для визначення напружено-деформованого стану конструкцій і орієнтоване на національну нормативну базу.
- В залежності від характеру роботи конструкції, у європейських нормах закладена необхідність **урахування геометричної та фізичної нелінійності**. На практиці при статичному розрахунку найбільш часто ураховується геометрична нелінійність.



# Головні відмінності проектування згідно Єврокоду 3 та ДБН В.2.6-198 :2014

- При статичному розрахунку Єврокоди вимагають **ураховування теоретичних початкових недосконалостей** системи двома шляхами: 1 - моделювання системи з геометричними відхиленнями; 2 - задавання моделюючих недосконалості еквівалентних зусиль. **На практиці** рекомендується застосовувати другий підхід.
- У Єврокодах **відсутні обмеження за гнучкістю**. Переміщення елементів віднесено до сфери визначення Національних додатків. Національний додаток України визначає обмеження за переміщеннями відповідно до чинного ДСТУ Б В 1.2.3:2006
- Поперечні перерізи елементів за напружено-деформованим станом розподіляються **на 4 а не 3 класи як у ДБН**. Процес визначення класу по суті є перевіркою втрати місцевої стійкості частин перерізу при дії нормальних напружень. Клас перерізу визначає тип розрахунку елемента.



# Головні відмінності проектування згідно Єврокоду 3 та ДБН В.2.6-198 :2014

- Система частинних коефіцієнтів надійності за матеріалом, умовами роботи, навантаженнями тощо у ДБН фактично відповідає Єврокодам. Однак, у загальному випадку, Єврокоди зводять їх до приведених коефіцієнтів надійності за навантаженнями та несучою здатністю:





# Головні відмінності проектування згідно Єврокоду 3 та ДБН В.2.6-198 :2014

- У Єврокодах основною геометричною характеристикою **зварних швів** є не катет шва а його **висота** (перпендикуляр із вершини умовного перерізу шва до гіпотенузи). Також немає розділення перевірки міцності зварного шва за металом шва та межею зплавлення. Фактично вважається, що межа зплавлення рівномічна а руйнування може відбутися тільки **за металом шва**.
- У Єврокодах до основних перевірок **болтових з'єднань** додана перевірка на **відрив частини перерізу**.

*Зазначені відмінності між національними та європейськими нормами не є фундаментальними, вони пов'язані насамперед із різним рівнем технології проектування і виготовлення металоконструкцій, традиційністю галузі, рівнем нормування та контролю якості виробництва*



# Граничні стани:

**Перша група** (ultimate limit state) – граничні стани за несучою здатністю:

**EQU** – втрата стійкості положень конструкції чи її частини, вцілому. Суттєву роль грають навантаження, а характеристики матеріалів малозначущі.

**STR** - втрата міцності або стійкості форми конструкції чи її частини. При цьому характеристики матеріалів визначальні і контролюються.

**GEO** – втрата несучої здатності основи конструкції . При цьому характеристики ґрунтів визначальні і контролюються.

**FAT** – руйнування конструкції або її елементів внаслідок втоми.



7 foot long crack

















**Друга група** (serviceability limit state) – граничні стани за експлуатаційною придатністю:

- **Зворотні** граничні стани за експлуатаційною придатністю при яких після припинення дій їх наслідки, що перевищують граничні значення відсутні і не розвиваються
- **Незворотні** граничні стани за експлуатаційною придатністю при яких деякі наслідки дій, які перевищують граничні значення, лишаються після припинення дій







# **Вибір сталі та класифікація елементів**



## Номинальні значення границі текучості ( $f_y$ ) та границі міцності ( $f_u$ )

Стандарт та сталь	Номинальна товщина елемента $t$ , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	$f_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_u$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_u$ , Н/мм <sup>2</sup>
ДСТУ EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
ДСТУ EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
ДСТУ EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530





# Визначення підкласу сталі

Максимально допустимі значення товщин елементів, мм

Клас сталі	Під- клас сталі	Ударна в'язкість $J_{\min}$		Розр. температура $T_{Ed} [^{\circ}C]$																					
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	
		при $T [^{\circ}C]$		$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$							
C275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55	
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70	
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95	
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110	



# Класифікація поперечних перерізів елементів

**Клас 1** - поперечні перерізи, у яких може утворюватися повний пластичний шарнір без зниження несучої здатності від втрати місцевої стійкості.

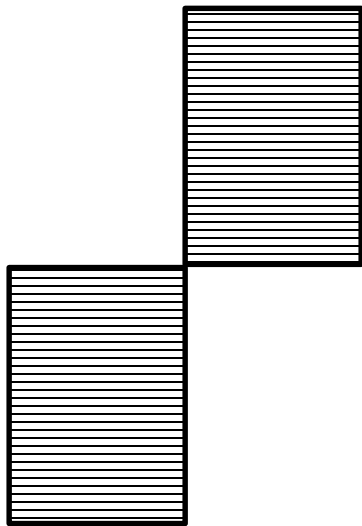
**Клас 2** - поперечні перерізи, у яких можуть утворюватися часткові пластичні деформації, обмежені внаслідок втрати місцевої стійкості.

**Клас 3** - поперечні перерізи, які працюють у пружній області, а напруження досягають межі текучості тільки у крайніх волокнах . Пластичні деформації у пер. 3 класу не розвиваються внаслідок втрати місцевої стійкості.

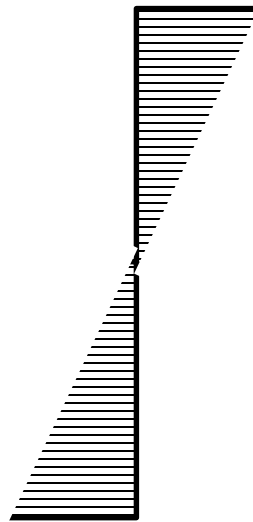
**Клас 4** - поперечні перерізи, у яких втрата місцевої стійкості у одній або кількох ділянках перерізу настає до досягнення текучесті



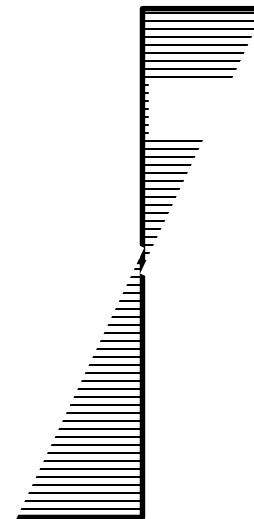
## Класифікація поперечних перерізів елементів



Клас 1  
Клас 2



Клас 3

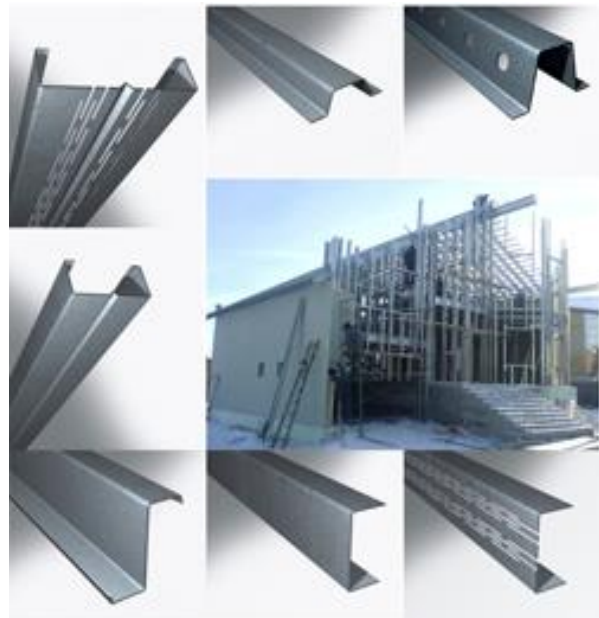


Клас 4

### Клас 4 – див. EN 1993-1-5!

Фактично 4 клас є найменш ефективним. До нього в основному відносяться легкі тонкостінні елементи, а також деякі інші типи перерізів. **На практиці** намагаються компоувати профілі таким чином, щоб вони підпадали під перші два класи.





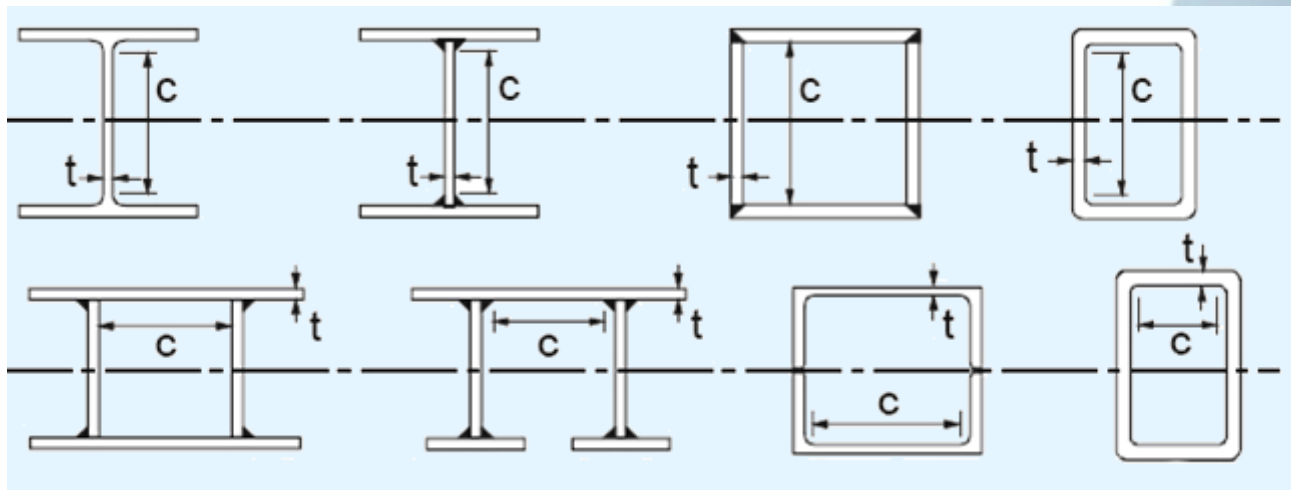




**Будівля London Dock and  
Harbour Company / Henry  
Robinson Palmer**

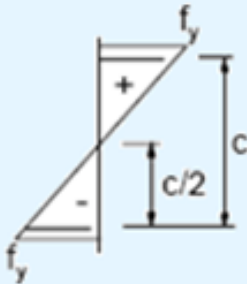
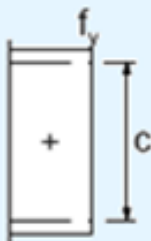
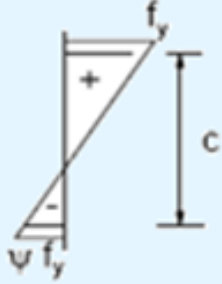


## Стиснуті внутрішні ділянки перерізу



Клас	Згинана ділянка пер.	Стиснута ділянка пер.	Стиснуто-зігн. ділянка пер.
Розподіл напружень у ділянках пер. (стиск зі знаком «+»)			
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	если $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ если $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	если $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ если $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$

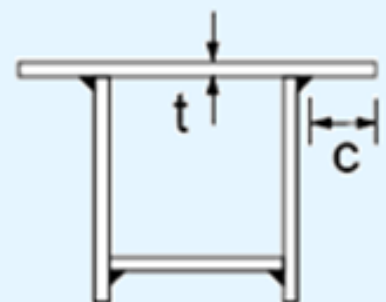
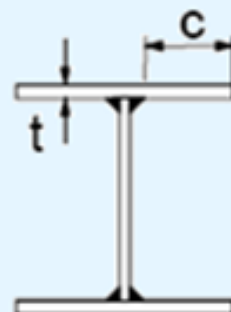
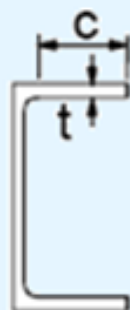
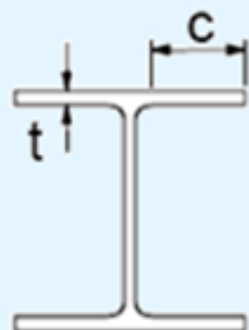


Розподіл напружень у ділянках пер. (стиск зі знаком «+»)							
3	$c/t \leq 124\varepsilon$			$c/t \leq 42\varepsilon$		если $\psi > -1$ : $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67+0,33\psi}$ если $\psi \leq -1$ *): $c/t \leq 62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$	
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235		275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00		0,92	0,81	0,75	0,71

**За класифікацією частин перерізу обирається вищий клас!**

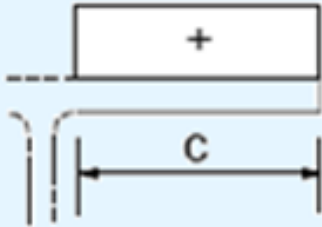
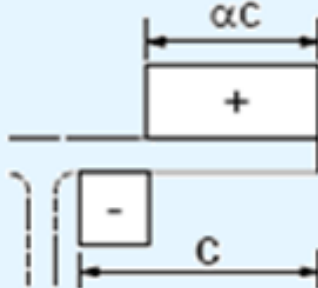
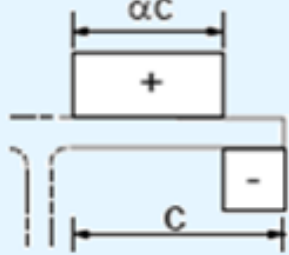


### Звиси полицок

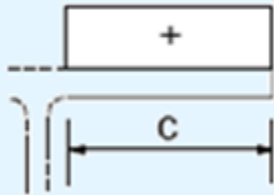
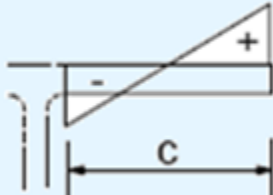
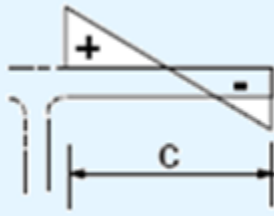


### Прокатні профілі

### Зварні профілі

Клас	Стиснута ділянка пер.	Стиснуто-зігнуті ділянки перерізу	
		Стиск на кінці	Розтяг на кінці
Розподіл напружень у ділянках пер. (стиск зі знаком «+»)			
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$



Розподіл напружень у ділянках пер. (стиск зі знаком «+»)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$		$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ Для $k_\sigma$ див. EN 1993-1-5			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

## Висновки:

- **Краще уникати 4 класу**, бо при стиску у них можливі ексцентриситети і як наслідок - знижена несуча здатність
- Класифікація перерізів залежить окрім як від класу сталі лише від геометрії та розподілу напружень, а не від їх абсолютних значень



# **Розрахунок елементів на стиск, згин, розтяг та зріз**



# Моделювання конструкцій

Для визначення випадків, в яких потрібно враховувати вплив характеру **роботи вузлів** при розрахунку, необхідно розрізняти **три моделі вузлів**, (дивись EN 1993-1-8):

– **шарнірну**, для якої можна припустити, що вузол не передає згинальні моменти;

– **жорстку**, для якої можна припустити, що характер роботи вузла не впливає на розрахунок;

– **напівжорстку**, для якої характер роботи вузла необхідно враховувати при розрахунках.

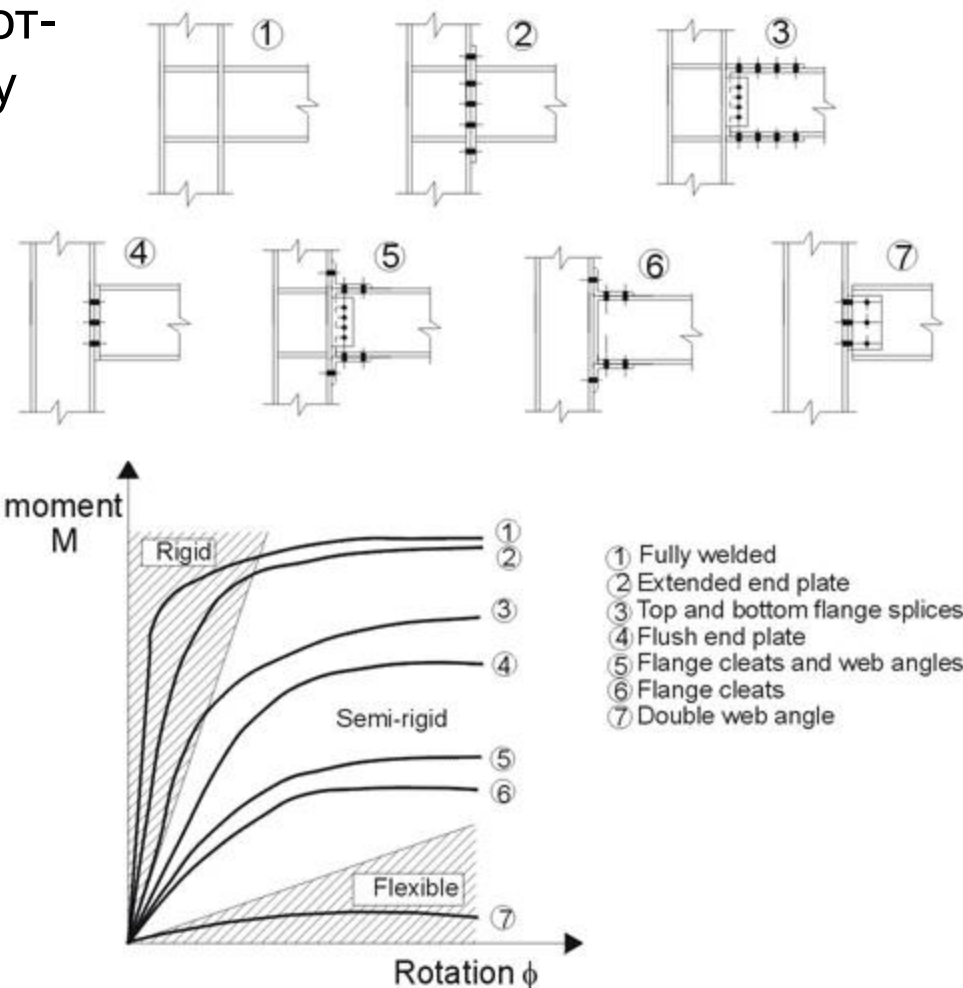


Figure 3 Experimental  $M-\phi$  relations of connections.



## Перша група граничних станів:

При перевірці граничного стану STR та/або GEO має виконуватися нерівність:

$$E_d \leq R_d$$

Для однорідних матеріалів (як сталь) розрахункове значення міцності можна визначити прямо на основі характеристичного:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$



## Розтяг

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

Несуча здатність перерізу бруто у пластичній стадії

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$$

При наявності отворів:

$$\text{Min} ( N_{pl,Rd} \ ; \ N_{u,Rd} = \frac{0.9A_{net}f_u}{\gamma_{M2}} )$$

Частинні  
коефіцієнти  
надійності для  
несучої здатності

$$\gamma_{M0} = 1.0$$

перерізу

$$\gamma_{M1} = 1.0$$

елементу

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

перерізу (розтяг)





## Стиск (міцність)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} \leq 1.0$$

Несуча здатність для класів 1, 2 та 3 :

$$N_{c, Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$$

Отвори для болтів не враховують, якщо болти вставлені у отвори

Варіанти з вирізами враховують окремо



## Згинані елементи

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

Розрахункова несуча здатність на згин відносно однієї з вісей

для **Класу 1 та 2**

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

для **Класу 3**

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}}$$

$W_{el,min}$  обчислюється для найбільш напружених волокон



## Елементи при дії поперечної сили

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0$$

$V_{c,Rd}$  розрахункова несуча здатність перерізу на зсув у пластичній стадії =  $V_{pl,Rd}$ .

За відсутності кручення розрахунковий опір на зріз у пластичній стадії дорівнює:

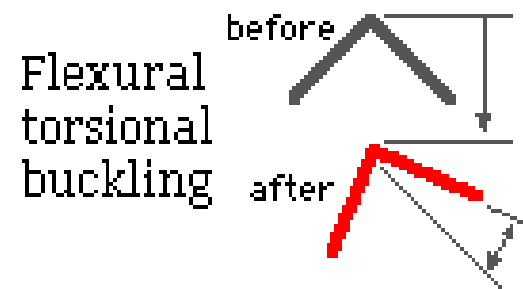
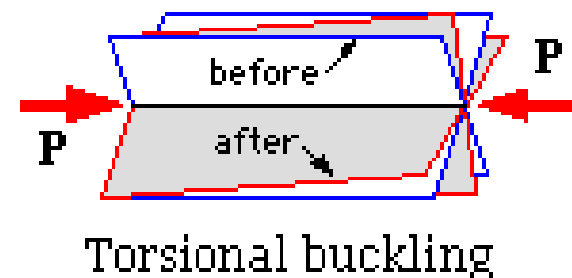
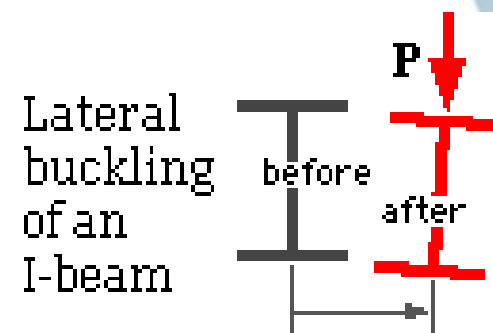
$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$



# Несуча здатність елементів на стійкість при центральному стиску

Центрально-стиснуті елементи постійного перерізу мають **ТРИ** типи втрати стійкості:

- **згинна форма** (для двотаврових перерізів з двома вісями симетрії або замкнених)
- **крутильна форма** (для хрестоподібних, таврових, і тонкостінних профілів)
- **згинно-крутильна форма втрати стійкості**, (для асиметричних та тонкостінних профілів).





Перевірка стійкості при центральному стиску:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

$N_{Ed}$  розрахункове значення стискального зусилля

$N_{b,Rd}$  розрахункова несуча здатність

для поперечних перерізів  
класів 1, 2 або 3

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}}$$

$\chi$  коефіцієнт стійкості для  
відповідної форми



$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

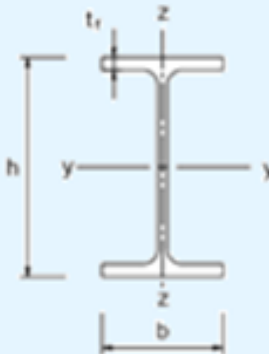
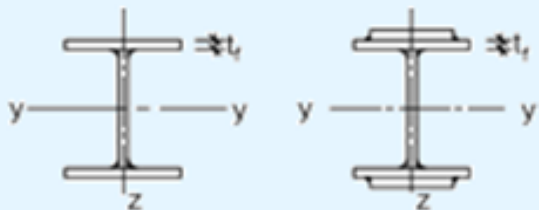
Проміжний вираз  $\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$

$\alpha$  - коефіцієнт початкових недосконалостей

Крива втрати стійкості	$a_0$	a	b	c	d
$\alpha$	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76



# Вибір кривої стійкості

Поперечний переріз		Межі		Вісь	Крива втрати стійкості	
					S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Прокатні профілі		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ мм}$	y-y z-z	a b	$a_0$ $a_0$
			$40 \text{ мм} < t_f \leq 100 \text{ мм}$	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ мм}$	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100 \text{ мм}$	y-y z-z	d d	c c
Зварні двотаврові профілі		$t_f \leq 40 \text{ мм}$		y-y z-z	b c	b c
		$t_f > 40 \text{ мм}$		y-y z-z	c d	c d



# Моделювання конструкцій

## Недосконалості

- загальні недосконалості для рам і в'язевих систем (базове значення:  $\phi_0 = 1/200$ ),  $\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m$
- місцеві недосконалості для окремих елементів  $e_0/L$





# Ефективність застосування Єврокоду 3

- Було взято стандартну промислову будівлю із покриттям по фермам із парних кутиків прольотом 30м.
- Місце будівництва: Київ, проектний термін експлуатації: 50 років, клас наслідків СС2.



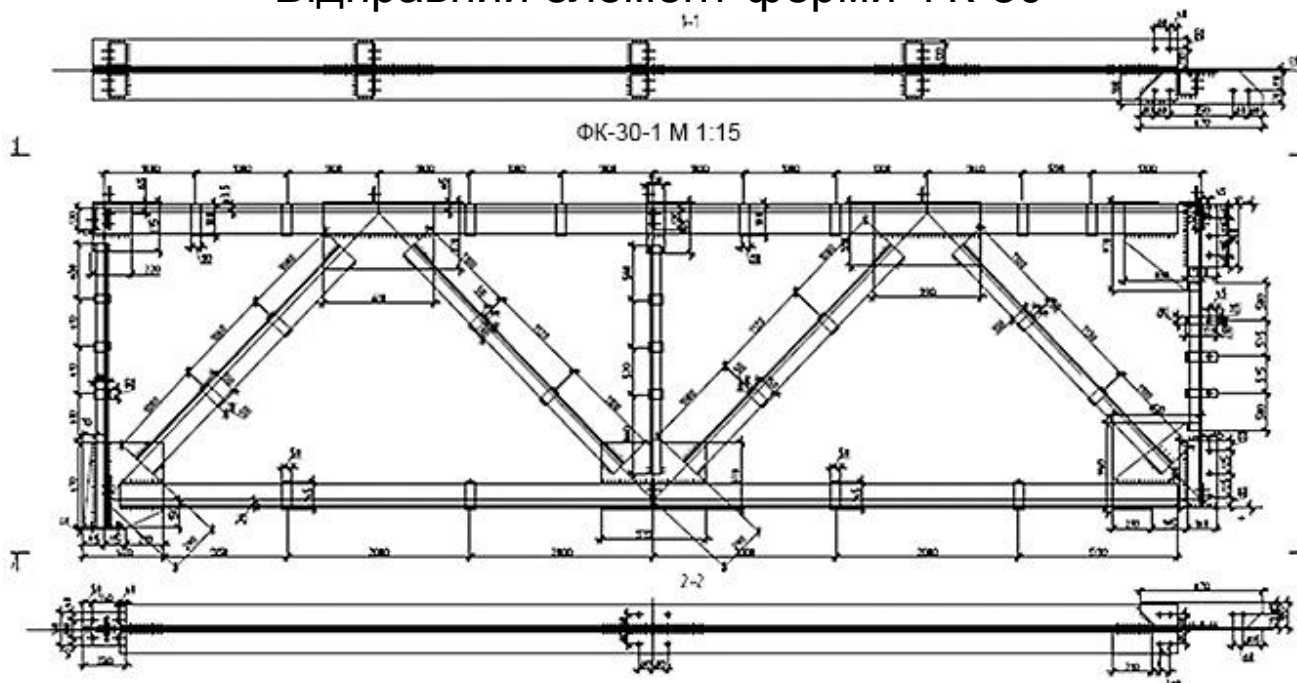


# Ефективність застосування Єврокоду 3

Монтажна геометрична схема ферми ФК-30 із зусиллями в стрижнях



Відправний елемент ферми ФК-30





# Ефективність застосування Єврокоду 3

Норма часу на виконання зварювальних робіт за європейськими нормами

Катет шва, мм	Загальна довжина шва, м	Норма часу на 10 м.п.	Загальна норма часу на виріб
4	1,84	1,5	0,276
6	4,78	3,3	1,5774
8	0,4	4,6	0,184
10	4,5	1,5	0,675
Разом	11,52		2,7124

Норма часу на виконання зварювальних робіт за чинними українськими нормами

Катет шва, мм	Загальна довжина шва, м	Норма часу на 10 м.п.	Загальна норма часу на виріб
4	3	2,3	0,69
6	1,74	3,3	0,5742
8	4,52	4,6	2,0792
10	6,2	1,5	0,93
Разом	15,46		4,2734

при розрахунку за Єврокодом 3 порівняно із ДБН В 2.6-163:2010:

- Маса відправного елемента ферми менша на 8% (3599кг проти 3909)
- Загальна довжина швів на ферму скоротилась на 25,5%
- Витрата електродів скоротилась на 34,9%

За рахунок зменшення довжини зварних швів та використання менших катетів швів вдалось досягти скорочення витрати часу на 36,5% у порівнянні з чинними нормами.



# **Проектування сталезалізобетонних балок за Єврокодом**



# Сталезалізобетонні конструкції – у яких сталевий переріз і залізобетон працюють разом



- ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010 Єврокод 4.
- ДБН В.2.6-160:2010 Сталезалізобетонні конструкції
- ДСТУ..Розрахунок і конструювання сталезалізобетонних конструкцій з плитами по профільованим настилам...2016
- ДСТУ..Анкерні елементи...2016

**= комбіновані = композитні = об'єднані = сумісні....**



# Переваги:

- Висока швидкість будівництва
- Зниження металоємності каркасу
- Великі прольоти і невеликі габарити перерізів
- Збільшення жорсткості, спільної роботи, живучості
- Підвищена вогнестійкість
- Технологічність
- Інтеграція комунікацій

## Область застосування:

- Мостові конструкції
- Перекриття будівель
- Колони
- Реконструкція та підсилення
- Опорні бази
- Закладні деталі

















Аеропорт Бориспіль (термінал Д)









УПРАВЛЕНИЕ  
СТАРШЕГО  
ПОДРОЗДЕЛА  
H-Tower



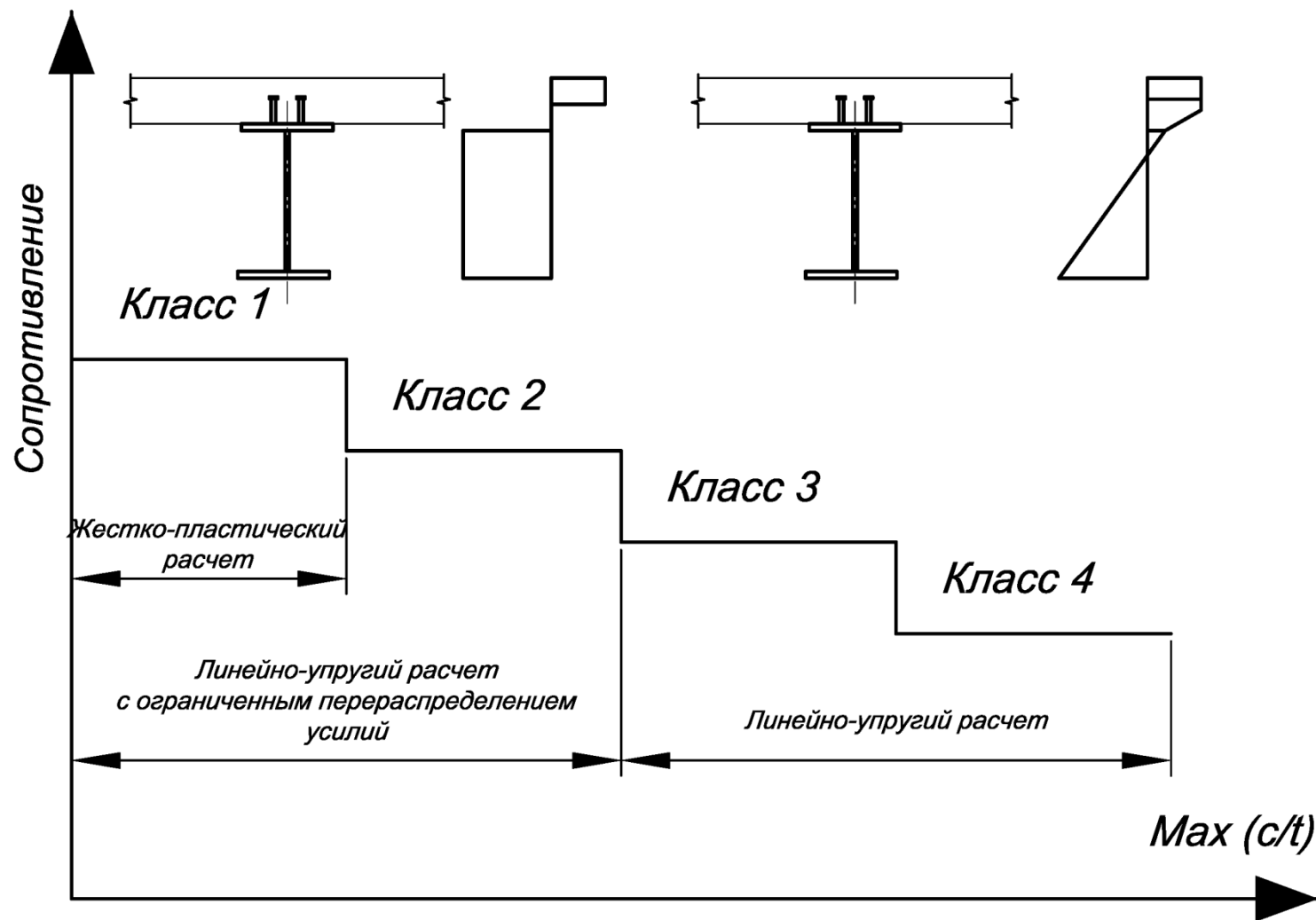






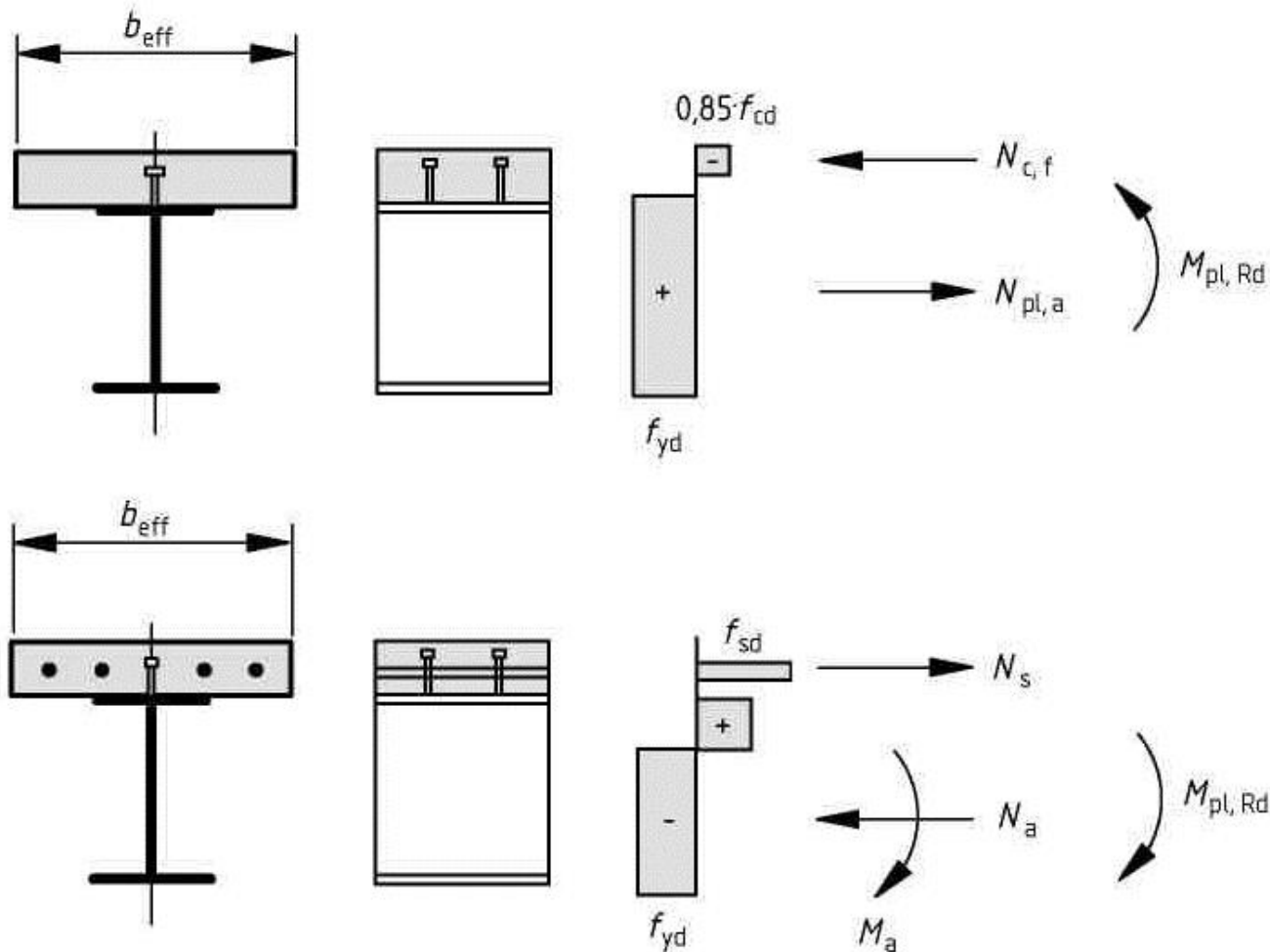


# Методи розрахунку





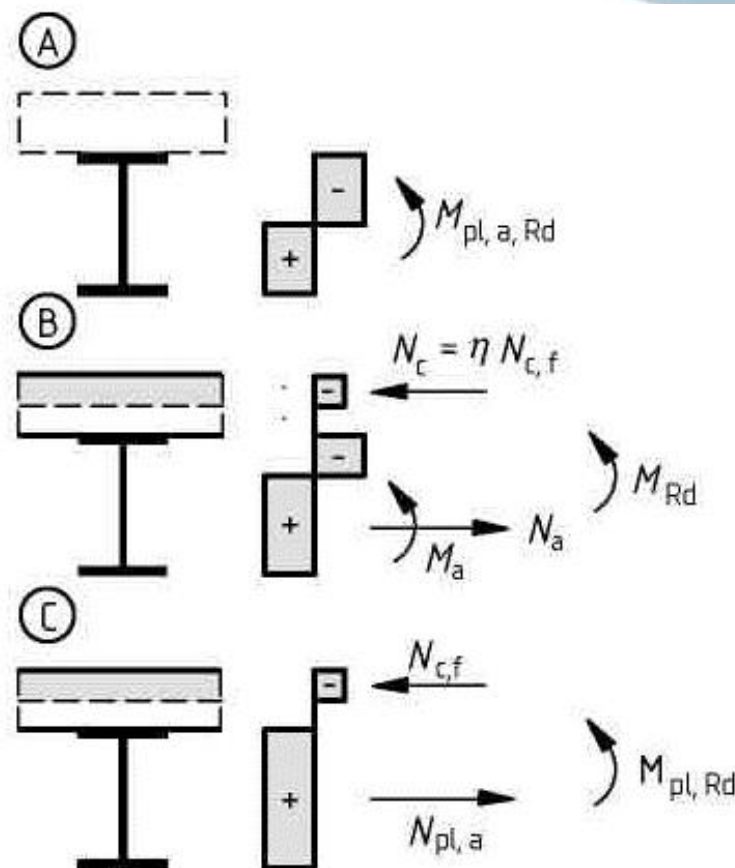
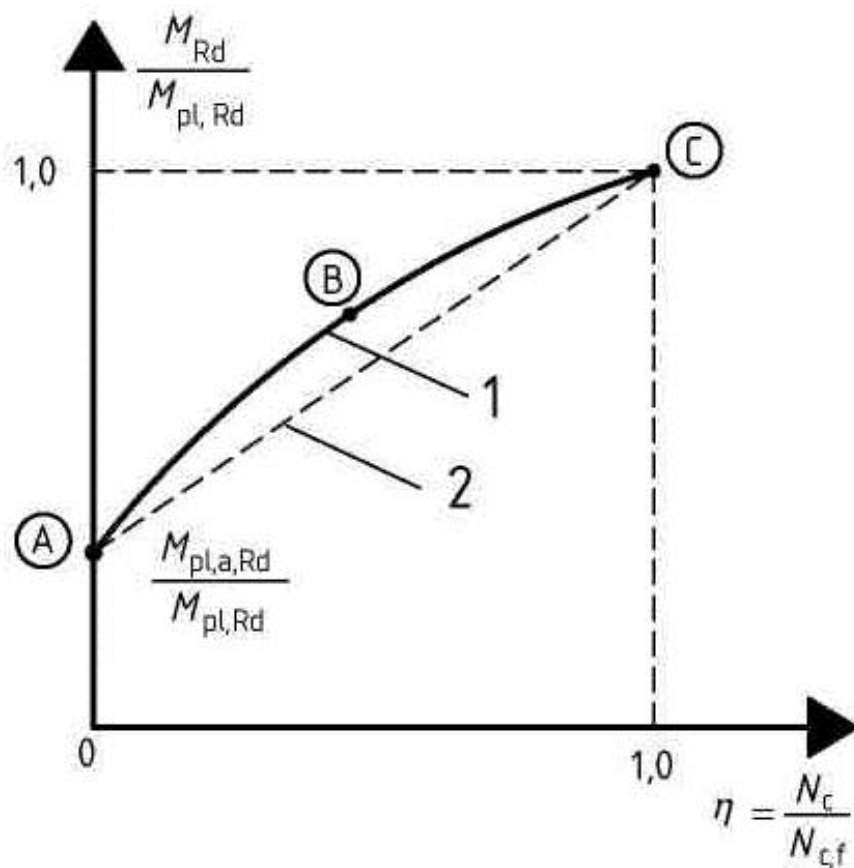
# Несуча здатність із повним об'єднанням



Приклади розподілу напружень  
у сталезалізобетонному перерізі балки із повним об'єднанням



# Несуча здатність із частковим об'єднанням



1 — в пластичній стадії; 2 — за спрощеним методом  
**Графік  $M_{Rd}$  та  $N_c$  для піддатливих/гнучких  
 з'єднувальних елементів**



# З'єднувальні елементи



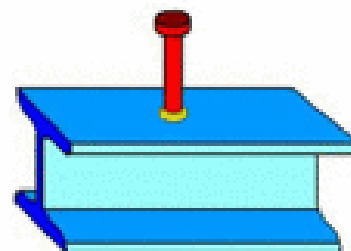
## Жорсткі



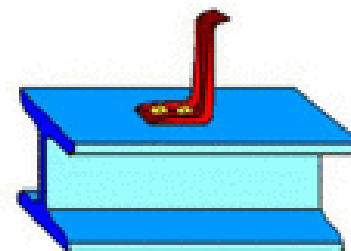
## Гнучкі

- Стад-болти
- Болти Нельсона
- Шпильки Нельсона
- Анкерні упори
- Упорні анкери
- Анкери
- Упори
- Зсувні з'єднання
- Стрижні з голівками

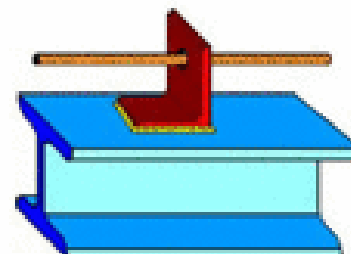
Стад-болти, загальна довжина яких після приварки складає не менше 4 діам., а діам. стержня 16...25 мм, розглядають в основному як гнучкі анкери



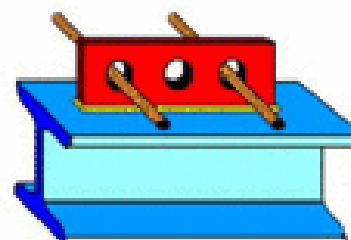
( a ) : Stud connector



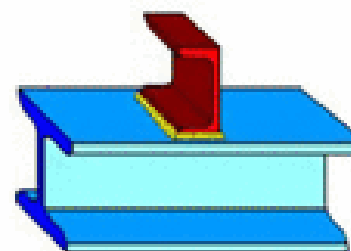
( b ) : Hilti connector



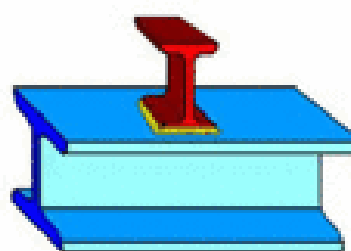
( c ) : Angle connector



( d ) : Perfobond connector



( e ) : Channel connector



( f ) : I- shape connector







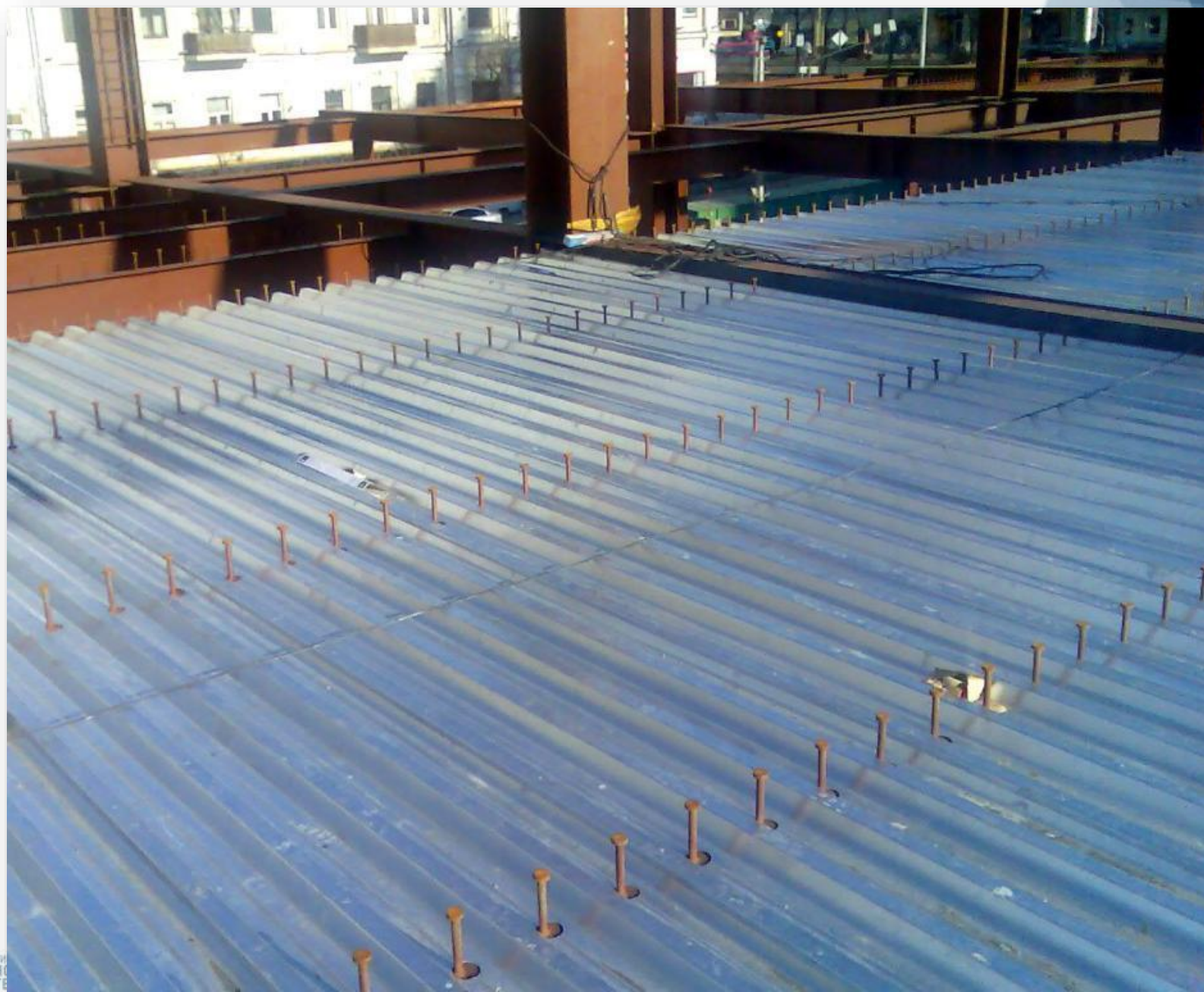


ТРК  
Більшовик

















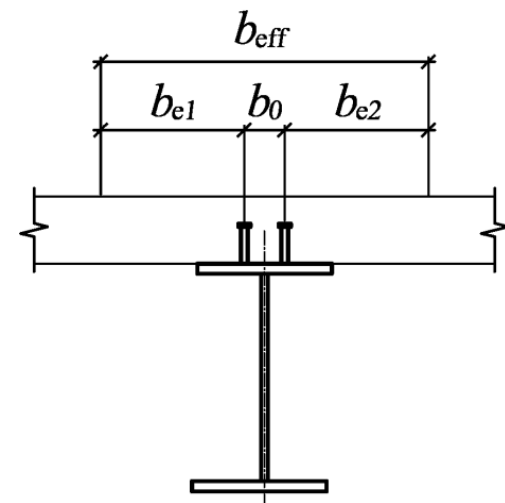
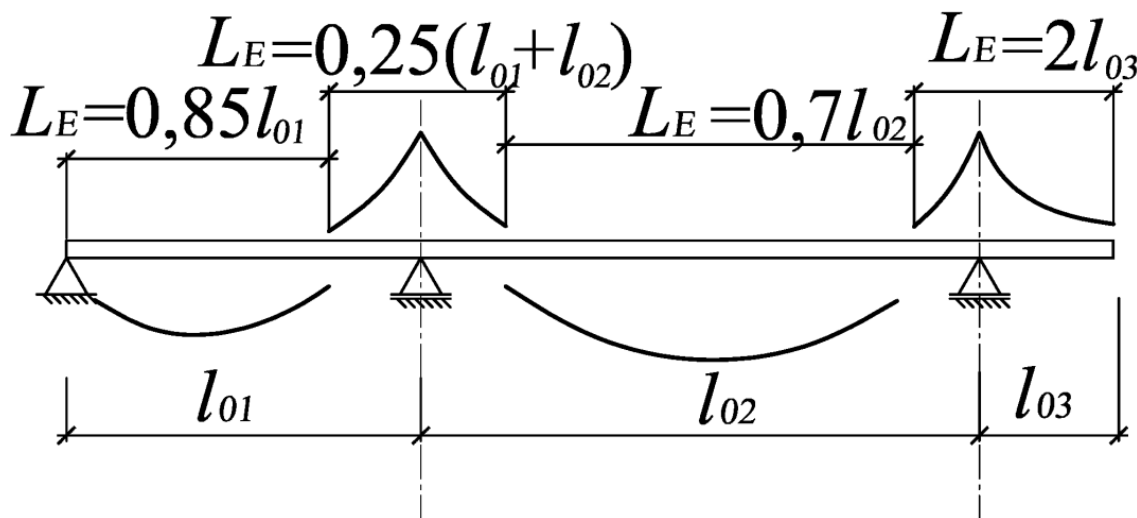


# Розрахункова ширина залізобетонної полиці

У перерізі посередині прольота чи на опорі повне значення ефективної ширини

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$$

де  $b_0$  — відстань між центрами виступаючих об'єднувальних елементів;  
 $b_{ei} = L_e/8$  — значення ефективної ширини бетонного пояса із кожної сторони стінки, але не більше геометричної ширини  $b_i$ .









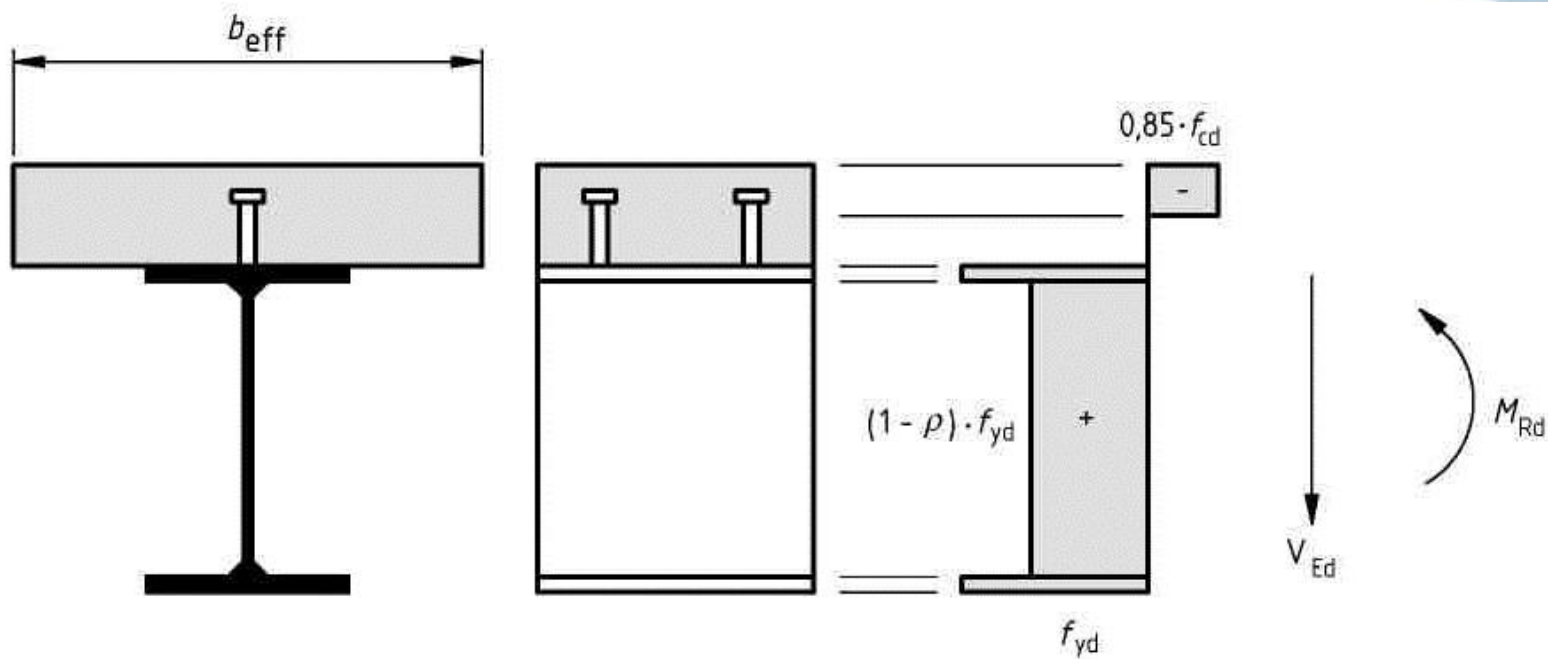








## Несуча здатність на зсув у вертикальній площині



**Розподіл напружень у пластичній стадії із урахуванням впливу зсуву у вертикальній площині**

Для перерізів класів 1 і 2 вплив зсуву у вертикальній площині на несучу здатність за згинальним моментом можна врахувати зменшенням розрахункового опору сталі в площині зсуву

$$(1 - \rho) \cdot f_{yd}$$

де  $\rho = (2 V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2$ ,

$V_{Rd}$  — відповідна несуча здатність на зсув у вертикальній площині, що визначається у відповідності із EN 1993-1-1



# Конструктивні вимоги

## Товщина плити і армування

- Якщо плита працює сумісно із балкою або використовується як діафрагма жорсткості, то її загальна товщина має складати не менше 90 мм, а  $h_c$  — не менше 50 мм.
- Відстань між арматурними стержнями не має перевищувати менше із двох значень:  $2h$  і 350 мм.

## Вимоги до опорних частин

- Розміри опорної площадки  $l_{bc}$  і  $l_{bs}$ , мають складати не менше :  
— для сталезалізобетонних плит, що спираються на сталеві чи бетонні конструкції:  
 $l_{bc} = 75$  мм і  $l_{bs} = 50$  мм;  
— для сталезалізобетонних плит, що спираються на конструкції із інших матеріалів:  
 $l_{bc} = 100$  мм і  $l_{bs} = 70$  мм.

## Стад-болти

- Загальна висота стад-болта має бути не менше  $3d$ , де  $d$  — діаметр стержня болта.
- Крок стад-болтів вздовж напрямку сили зсуву : не менше  $5d$  чи  $4h_c$  чи 800мм;  
крок поперек напрямку сили зсуву : не менше  $2,5d$  у плитах суцільного перерізу і  $4d$  — у інших випадках.



# **Можливості застосування високоміцних сталей**



**Вітчизняні  
марки за ДСТУ  
EN 10025-4:2007**

**S 275 M/ML**

**S 355 M/ML**

**S 420 M/ML**

**S 460 M/ML**

**товщина: 6..50мм**

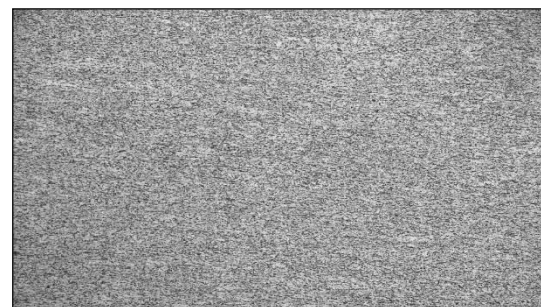
**ширина: 1500..2700мм**

**довжина: 6000..12000мм**

**Додатково:**  
ТМСП-лист з  
границею  
текучості до  
650МПа  
товщиною до  
20мм

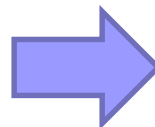


**Нормалізація**



**ТМСП**

- Дрібнозерниста структура сталі
- Висока міцність
- Низький вуглецевий еквівалент
- Добра зварюваність
- Мінімізація попереднього нагріву
- Значна ударна в'язкість
- Відносно низька вартість



- Мінімізація ваги конструкцій
- Малоелементність
- Фізична здійснюваність
- Висока надійність
- Відповідальні елементи
- Скорочення тривалості зведення



## Зменшення металоємності у сучасних комерційних будівлях внаслідок застосування високоміцного прокату



ВТЦ, Нью-Йорк (2014)



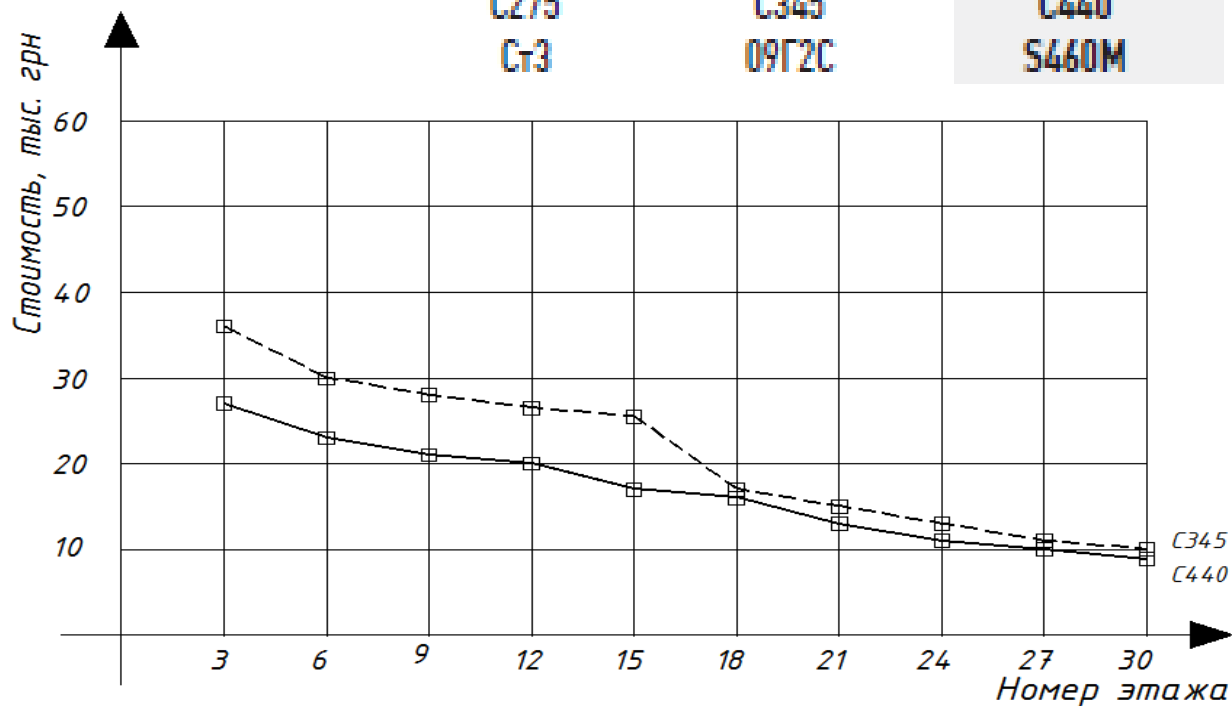
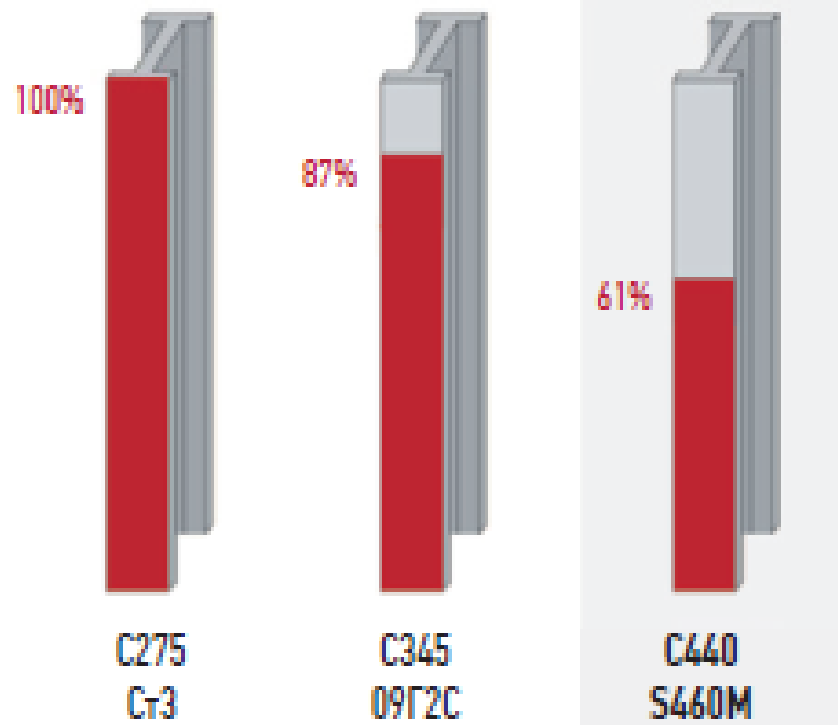
Башта Хьорста, Нью-Йорк (2002)



Башта Мапфре,  
Барселона (1992)

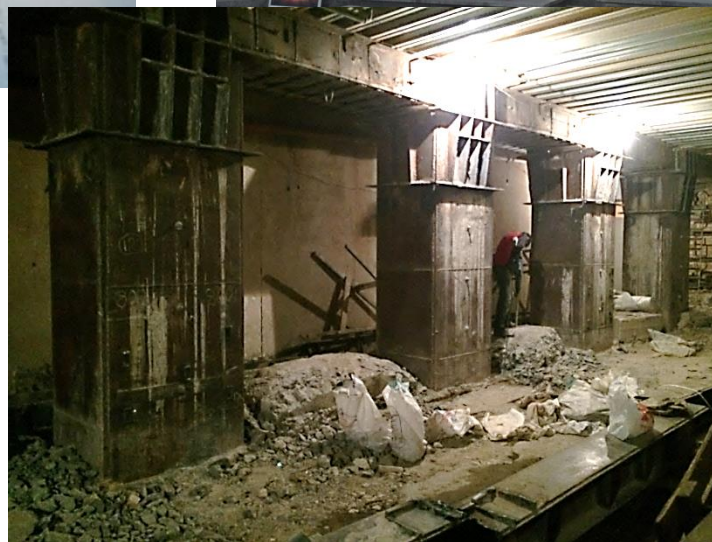


Ефективність використання сталі підвищеної міцності у зварних колонах складеного з листів коробчатого перерізу для 30-поверхової будівлі у м.Київ





# Фізична здійснюваність реконструкції за допомогою високоміцних сталей



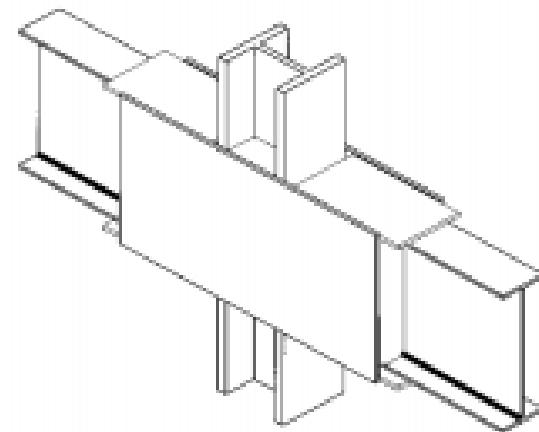
Хрещатик  
29, м.Київ



# Застосування високоміцних сталей у сфері безпеки



Амбасада Швеції у США



Захист існуючих  
будівель



Перешкоди,  
периметр територій







УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР  
СТАЛЬНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА

# ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

