



European Council  
of  
Civil Engineers



REPUBLIC OF BULGARIA  
Minister of Regional Development and Public Works



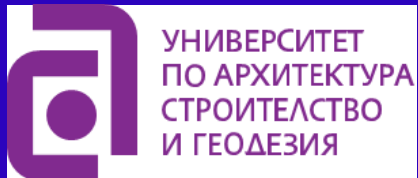
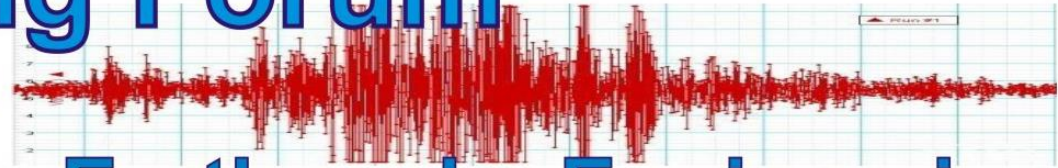
European Council  
of Engineers Chambers



# Building Engineering Forum

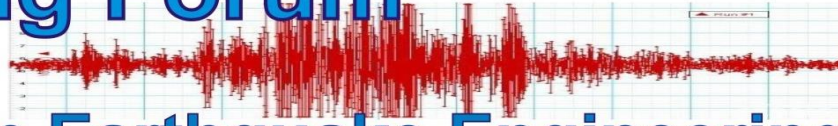
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



**ПОСОКА НА ЕВОЛЮЦИЯТА НА ЕВРОКОД 8.  
ОЧАКВАНИ ПРОМЕНИ В EN 1998-1-2,  
ОТНАСЯЩИ СЕ ДО СТОМАНЕНИТЕ КОНСТРУКЦИИ**

**доц. д-р инж. Цветан Георгиев**



## ПОСОКА НА ЕВОЛЮЦИЯТА НА ЕВРОКОД 8.

ОЧАКВАНИ ПРОМЕНИ В EN 1998-1-2 ОТНАСЯЩИ СЕ ДО СТОМАНЕНИТЕ  
КОНСТРУКЦИИ

### Съдържание

1. Защо периодично трябва да променяме стандартите за проектиране
2. Общо за стоманените конструкции в prEN 1998-1-2:2020
3. Материали и анализ
4. Новости при проектиране на рамки работещи на огъване
5. Новости при проектиране на вертикални връзки
6. Рамки с нецентрично включени диагонали
7. Изводи и заключения



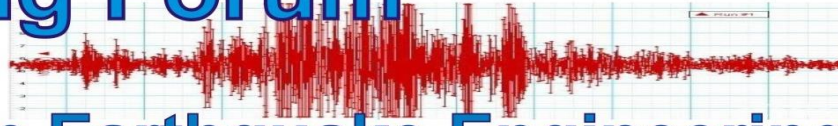
**50 слайда**



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



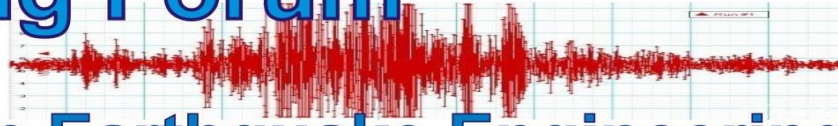
## ВАЖНО УТОЧНЕНИЕ

Настоящата презентация има за цел да очертае посоките на еволюцията на правилата за проектиране на стоманени конструкции, залегнали в Еврокод 8.

Коментарите и разясненията на автора се отнасят до текстове от работно копие на prEN 1998-1-2:2020 с дата от Април 2020 година. Това работно копие е интелектуална собственост на CEN/TC 250.

Авторът на презентацията декларира, че всички текстове от работното копие на prEN 1998-1-2:2020 са цитирани и не са негови авторски текстове. Коментарите и разясненията върху текстовете от prEN 1998-1-2:2020 са авторски.

Авторът на презентацията обръща внимание, че текстовете цитирани от prEN 1998-1-2:2020, както и тяхната номерация, могат да претърпят бъдещи редакции, както технически, така и смислови. Следователно те не бива и не трябва да се ползват като текст от стандарт, а са само за сведение.



## 1. Защо периодично трябва да променяме стандартите за проектиране

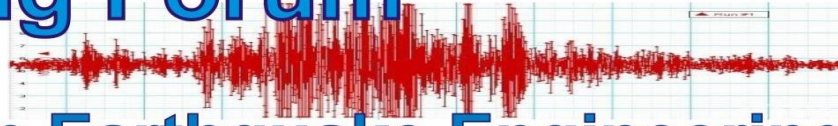
**А.**

- Стандартите за проектиране отразяват текущото състояние на знанието и технологичното развитие в областта на строителните конструкции;
- Стандартите за проектиране отразяват само приети със съгласие методологии, теоретични модели, процедури, експериментални резултати и др.;
- Стандартите за проектиране са съвкупност от принципи, правила и критерии, приложени в съкратен и консервативен вид и не са техническа литература изясняваща същината на физичните явления;

**В.**

- Инженерното знание непрекъснато се развива благодарение на научно-изследователски проекти, идеи и работа на изследователи, развитие на експерименталното инженерство и компютърни технологии;
- Индустрията и ползваните в нея технологии непрекъснато се развиват;
- Наличен е естествен стремеж у човека и обществата за развитие в областите на ефективност, екологосъобразност, сигурност, надеждност и естетика на строежите и строителните конструкции;

**Диалектичното съжителство между групата фактори А. и В., предполага да се извършва периодично редактиране, разширяване и усъвършенстване на стандартите за проектиране, в т.ч. и ЕВРОКОД.**



## 2. Общо за стоманените конструкции в prEN 1998-1-2:2020

*настоящо*

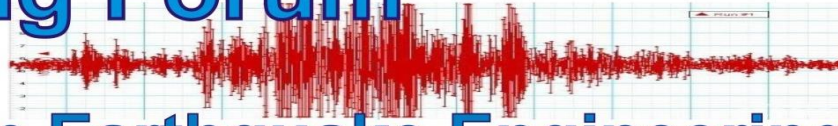
*предстои*

- Concept a) Low-dissipative structural behaviour;
- Concept b) Dissipative structural behaviour.

DC1: Ниско дисипативно конструктивно поведение;  
DC2 и DC3: Дисипативно конструктивно поведение;

Design concept	Structural ductility class	Range of the reference values of the behaviour factor $q$
Concept a) Low dissipative structural behaviour	DCL (Low)	$\leq 1,5 - 2$
Concept b) Dissipative structural behaviour	DCM (Medium)	$\leq 4$ also limited by the values of Table 6.2
	DCH (High)	only limited by the values of Table 6.2

Класове на обща дуктилност	Диапазон на референтната стойност на коефициента на поведение $q$
DC1	1,5
DC2	$1,5 \leq q \leq 3,5$
DC3	Има предвидено ограничение в таблица 11.3



*настоящо*

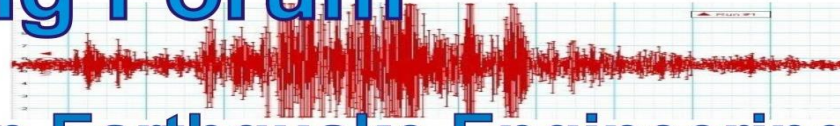
*предстои*

Table 6.2: Upper limit of reference values of behaviour factors for systems regular in elevation

STRUCTURAL TYPE	Ductility Class	
	DCM	DCH
a) Moment resisting frames	4	$5 \alpha_D / \alpha_1$
b) Frame with concentric bracings		
	Diagonal bracings	4
V-bracings	2	2,5
c) Frame with eccentric bracings	4	$5 \alpha_D / \alpha_1$

Таблица 11.3 – Горни референтни стойности на коефициенти на поведение  $q$  за регулярно по височина стоманени конструкции

Тип конструктивна система	Класове на обща дуктилност					
	DC2			DC3		
	$q_D$	$q_R$	$q$	$q_D$	$q_R$	$q$
a) Moment resisting frames (MRFs)						
Portal frames and single-storey MRFs with class 3 and 4 cross sections	1,3	1	2	-	-	-
Portal frames and single-storey MRFs with class 1 and 2 cross sections	1,8	1,1	3	3,3	1,1	5,5
Multi-storey MRFs	1,8	1,3	3,5	3,3	1,3	6,5
b) Frames with concentric bracings						
Diagonal bracings						
V-bracings	1,7	1	2,5	2,4	1,1	4
X-bracings on either single or two-storey						
c) Frames with eccentric bracings	1,8	1,3	3,5	3,1	1,3	6



настоящо

предстои

Table 6.2: Upper limit of reference values of behaviour factors for systems regular in elevation

STRUCTURAL TYPE	Ductility Class	
	DCM	DCH
a) Moment resisting frames	4	$5\alpha_u/\alpha_1$
b) Frame with concentric bracings		
	Diagonal bracings	4
V-bracings	2	2,5
c) Frame with eccentric bracings	4	$5\alpha_u/\alpha_1$

Рамки работещи на огъване

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = \{1.1; 1.2; 1.3\}$$

Рамки с нецентрично включени диагонали

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.2$$

$$q = \frac{\alpha_u}{\alpha_y} q_0$$

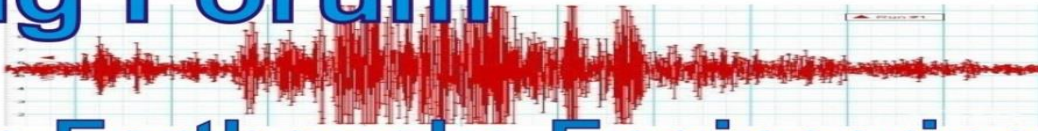
Таблица 11.3 – Горни референтни стойности на коефициенти на поведение  $q$  за регулярно по височина стоманени конструкции

Тип конструктивна система	Класове на обща дуктилност					
	DC2			DC3		
	$q_D$	$q_R$	$q$	$q_D$	$q_R$	$q$
a) Moment resisting frames (MRFs)						
Portal frames and single-storey MRFs with class 3 and 4 cross sections	1,3	1	2	-	-	-
Portal frames and single-storey MRFs with class 1 and 2 cross sections	1,8	1,1	3	3,3	1,1	5,5
Multi-storey MRFs	1,8	1,3	3,5	3,3	1,3	6,5
b) Frames with concentric bracings						
Diagonal bracings						
V-bracings	1,7	1	2,5	2,4	1,1	4
X-bracings on either single or two-storey						
c) Frames with eccentric bracings	1,8	1,3	3,5	3,1	1,3	6

$$q = q_D \times q_R \times \Omega$$

$$q = q_D \times q_R \times 1,5$$

Вижда се известна еволюционна промяна в стойностите



теоретична основа

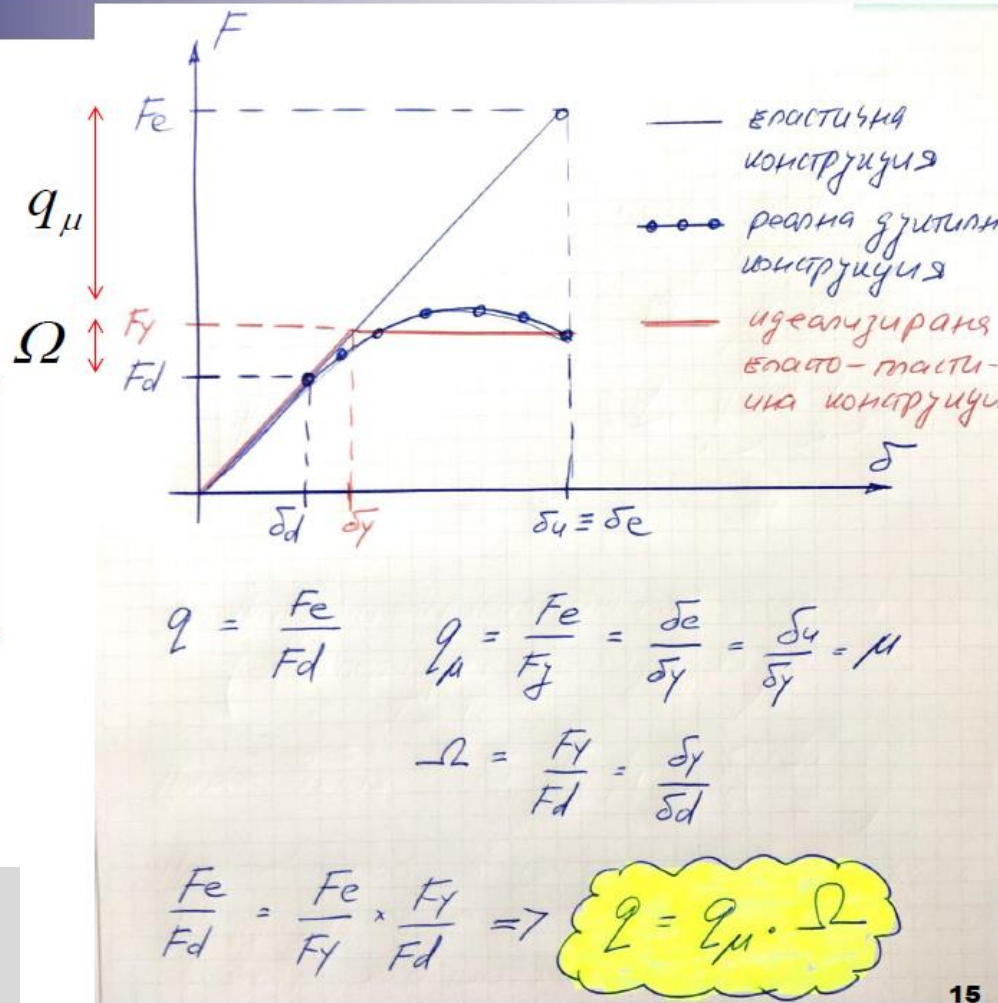
2.8 Базово понятие за коефициент на поведение

$q_\mu$  - принос на дуктилността

$\Omega$  - запас на носимоспособност

$$\delta_{real} = \delta_{design} \cdot q$$

$$q = q_\mu \times \Omega$$



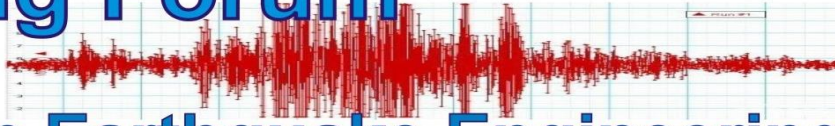
$q_D \equiv q_\mu$  — отчита дуктилността

$q_R$  отчита статическата неопределеност

$\Omega = 1.5$  — отчита запасителна носимоспособност

$$q = q_D \times q_R \times \Omega$$

$$q = q_D \times q_R \times 1,5$$

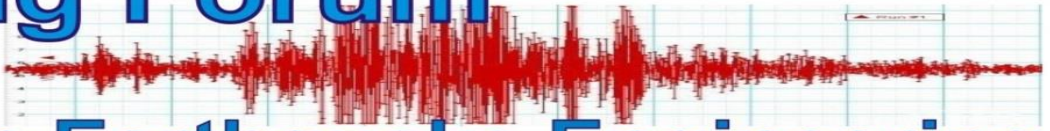


Тип конструктивна система	Класове на обща дуктилност					
	DC2			DC3		
	$q_D$	$q_R$	$q$	$q_D$	$q_R$	$q$
<b>а) Рамки работещи на огъване (MRFs)</b> Portal frames and single-storey MRFs with class 3 and 4 cross sections	1,3	1	<b>2</b>	-	-	-
Portal frames and single-storey MRFs with class 1 and 2 cross sections	1,8	1,1	<b>3</b>	3,3	1,1	<b>5,5</b>
Multi-storey MRFs	1,8	1,3	<b>3,5</b>	3,3	1,3	<b>6,5</b>
<b>б) Рамки с центрично включени диагонали (вертикални връзки, CBRs)</b> Diagonal bracings V-bracings X-bracings on either single or two-storey	1,7	1	<b>2,5</b>	2,4	1,1	<b>4</b>
<b>в) Рамки с нецентрично включени диагонали (EBFs)</b>	1,8	1,3	<b>3,5</b>	3,1	1,3	<b>6</b>

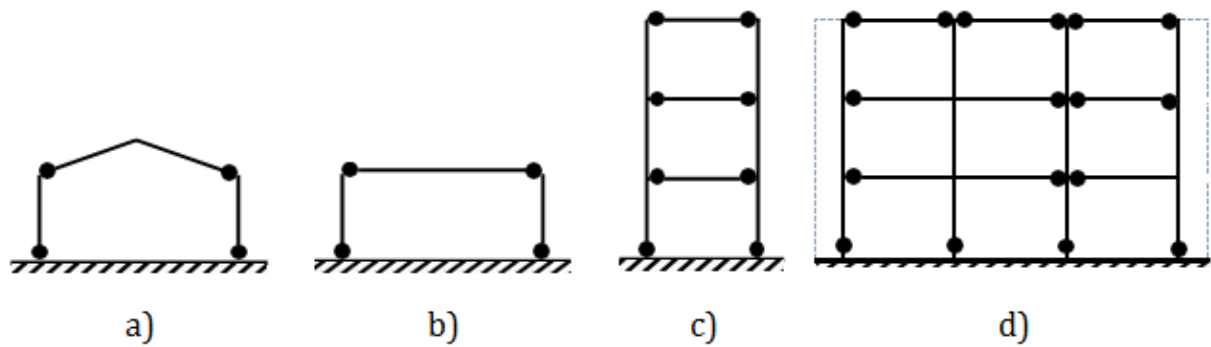
$q_D \equiv q_\mu$  ;  $q_R \rightarrow$  отчита статическата неопределеност

$$\Omega = 1.5 \quad q = q_D \times q_R \times \Omega$$

предстои

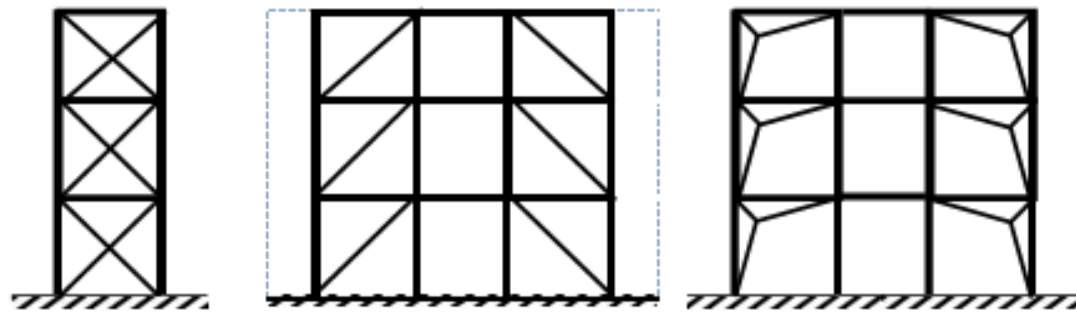


*предстои*



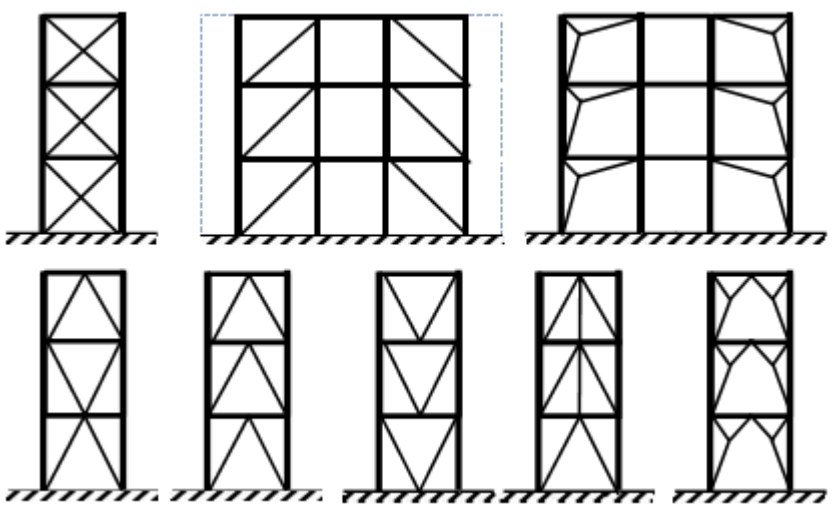
Рамки работещи на огъване (MRFs)  
(дисипативни зони в греди и в долната част на колоните):  
а) портална рамка; б) едноетажна рамка; в) едноотворна, многоетажна рамка; г) многоетажна многоотворна рамка

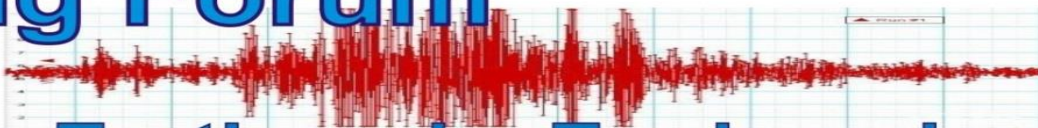
Рамки с центрично включени диагонали, при които се допуска ползването на концепцията за работа само на опънните диагонали



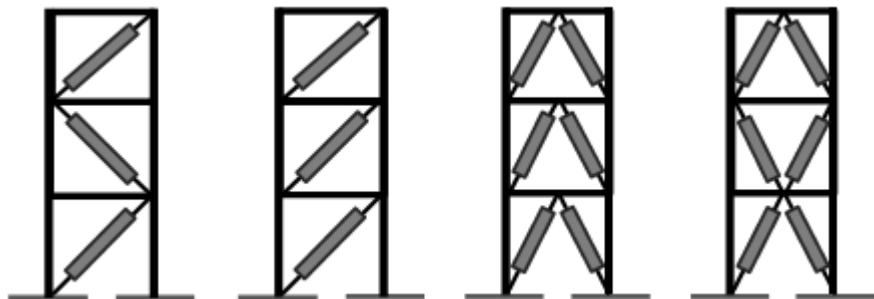
**Novelty**

Рамки с центрично включени диагонали, където се допуска ползването на концепцията за работа на натиснатите и опънните диагонали





предстои

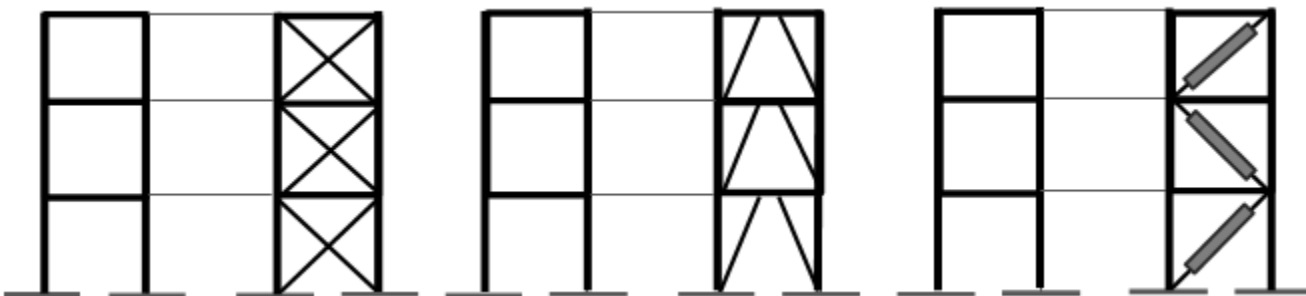
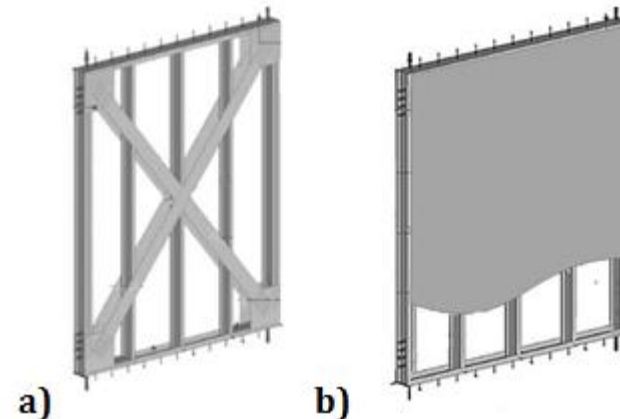


**Novelty**

Рамки с възпрепятствано изкълчване на диагоналите тип BRB (дисипативни зони в диагонали на опън и натиск);

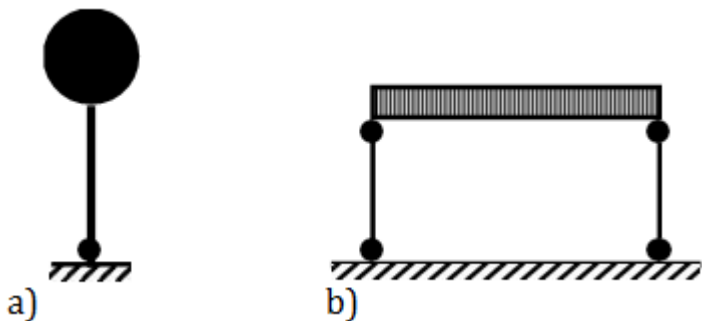
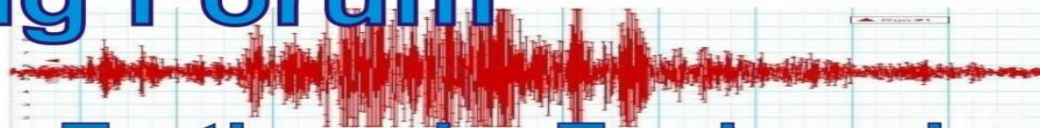
Леки строителни стенни системи: а) стени укрепени чрез шини; б) Стени работещи на срязване с обшивка от дървесина или обшивка на гипсова основа;

**Novelty**



**EXTENDED**

Дуални системи от рамки работещи на огъване, комбинирани с центрально включени или нецентрично включени диагонали, или диагонали тип BRB;



Обърнато махало:

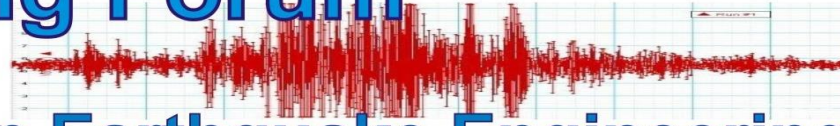
а) дисипативни зони в основата на колоната;

б) дисипативни зони в няколко колони ( $N_{Ed}$ ,  $G/N_{pl}$ ,  $R_d \geq 0,3$ )

Правила за проектиране на конструкции тип обърнато махало:

- При конструкции тип обърнато махало колоните трябва да бъдат оразмерени на нецентричен натиск, като се вземе предвид най-неблагоприятната комбинация от осова сила и огъващите моменти;
- При проверките, оразмерителните разрезни усилия  $N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$  трябва да са капацитивно коригирани;
- Геометричната стройност на колоните не трябва да надвишава 70;
- Коефициентът на чувствителност на междуетажните премествания не трябва да бъде по-голям от 0,20.





При едноетажни рамки, работещи на огъване, дисипативните зони могат да бъдат разположени в горната и долната част на носещите колони, когато  $N_{Ed, G}$  в колоните удовлетворява неравенството:  
 $N_{Ed, G} / N_{pl, Rd} < 0,3$ .

При едноетажни рамки, работещи на огъване, където основната конструкция е с повече от една колона във всяко главно направление и при които  $N_{Ed, G} \geq 0,3 N_{pl, Rd}$  във всички колони от основната конструкция, същите рамки следва да се считат за конструкции тип обърнато махало.

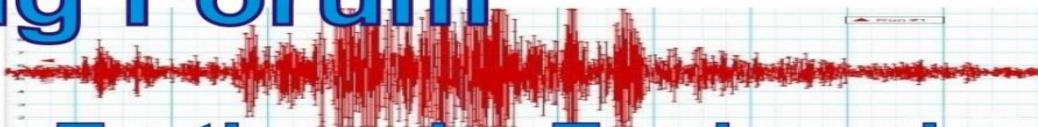


Рамка, работеща на огъване



Рамка, приравнена към Обърнато махало

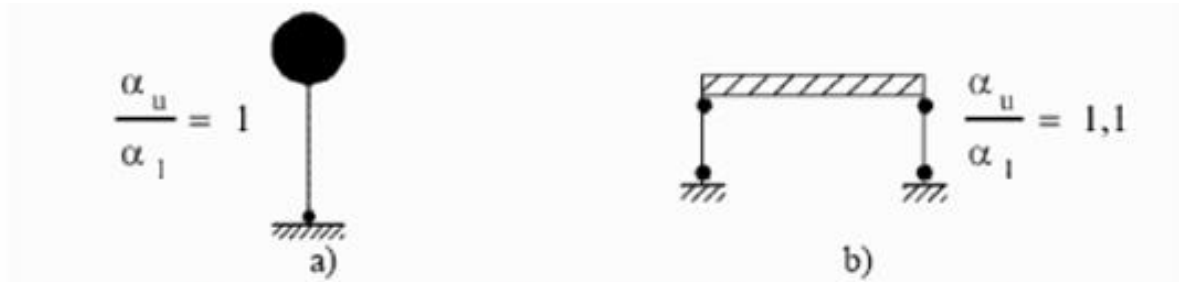




Тип конструктивна система	Класове на обща дуктилност					
	DC2			DC2		
	$q_D$	$q_R$	$q$	$q_D$	$q_R$	$q$
Конструкция тип обърнато махало	1,3	1	2	1,5	1	2,3



предстои

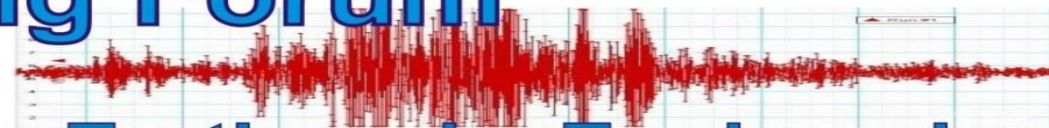


Фигура 6.5 - Обърнато махало: а) дисипативни зони в основата на колоната; б) дисипативни зони в колоните ( $N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 0,3$ ). Приблизителни стойности на отношението  $\alpha_u / \alpha_1$  (виж 6.3.2(3) и таблица 6.2)



настоящо

ВИД КОНСТРУКЦИЯ	Клас на дуктилност	
	DCM	DCH
d) Конструкции обърнато махало	2	$2\alpha_u / \alpha_1$



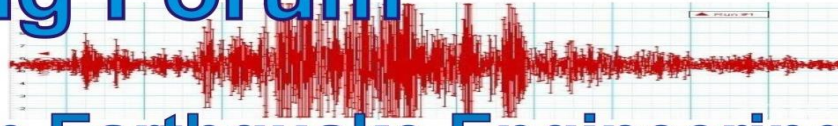
**Ограничения, произтичащи от сеизмичната опасност при проектиране на конструкции с класове на обща дуктилност DC1, DC2 и DC3**

*предстои*

За даден тип конструктивна система, изборът на клас на обща дуктилност трябва да е съобразен със стойностите на индекса на сеизмично въздействие  $S_{\delta}$ , така както е указано в таблицата отдолу:

тип конструктивна система	Гранични стойности на $S_{\delta}$ (m/s <sup>2</sup> )		
	DC1	DC2	DC3
Рамки работещи на огъване (MRFs)	5,0	6,5	Без ограничения
Рамки с центрично включени или нецентрично диагонали (CBFs, EBFs)	5,0	6,5	
Рамки с възпрепятствано изкълчване на диагоналите тип BRB	-	-	
Дуални системи	5,0	7,5	
Стоманен скелет комбиниран със стоманобетоново ядро/стени	5,0	7,5	
Леки строителни стенни системи	50	7,5	
Конструкция тип обърнато махало	2,5	5,0	

Ако при проектирането се използва коефициент на поведение  $q = 1,0$ , горните гранични стойности на  $S_{\delta}$  могат да бъдат отменени за всички конструктивни системи.



### 3. Материали и анализ. Дисипативно и недисипативно поведение

При прилагането на **капацитивно проектиране**, отнасящо се до недисипативните елементи, се отчита възможната по-висока стойност на действителната якост на стоманата (действителна граница на провлачане) спрямо номиналната ѝ стойност чрез коефициент  $\gamma_{ov}$ .

$$\gamma_{ov} = \frac{f_{y,mean}}{f_{y,nominal}} = \gamma_{rm}$$

**предстои**

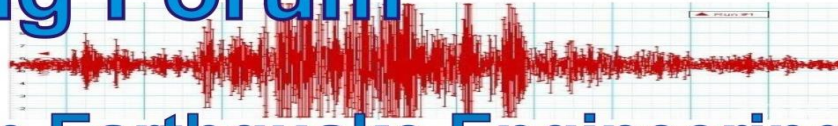
настоящо

$$\gamma_{ov} = 1.25$$

Коефициент за запас на якост на материала  $\gamma_{rm}$ , (*NDP*)

Клас стомана	$\gamma_{rm}$
S235	1,45
S275	1,35
S355 и S420	1,25
S460	1,2

- За дисипативните зони класът стомана, която ще се използва, трябва да бъде дефинирана на чертежите. Не се допуска ползването на по-висок клас стомана за тези зони;
- Ударната жилавост на стоманите и заваръчните шевове трябва да е подбрана съобразно ефектите от сеизмичното въздействие при квазипостоянна стойност на изчислителната температура.  
*Виж EN 1993-1-10, за ниво на напреженията  $\sigma_{Ed}=0,75f_y(t)$ .*



## Материали и изпълнения

предстои

- Необходимият **клас по ударна жилавост** на стоманата и заваръчните шевове и най-ниската работна температура, приета в изчислителната сеизмична комбинация, трябва да бъдат определени и **специфицирани в проекта**.

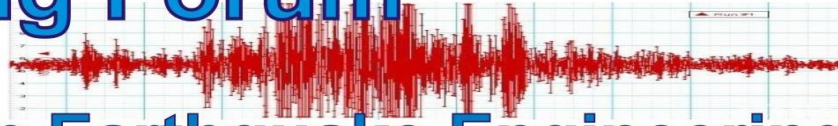
- При болтови съединения на елементи от системата за поемане на сеизмичните сили трябва да се използват **високоякостни болтове клас 8.8 или 10.9** и съединения с предварително налягане и контролирано натягане в съответствие с БДС EN 1993-1-8.

- **Класът на стоманата** в дисипативните зони, **класът и момента на натягане на болтовете**, както и **качеството на заваръчните шевове** трябва да бъдат **посочени в чертежите за производство**.

- Техническата документация и чертежи трябва ясно да посочват, че клас на стомана, по-**висок** от посочения, **не трябва да се използва за дисипативните зони**.

- За клас по степен на отговорност СС1, СС2 и СС3а и всички класове на обща дуктилност (DC1, DC2 и DC3), клас на изпълнение **EXC 2 съгласно БДС EN 1090** трябва да се приложи за всички елементи на основната конструкция, с изключение на сеизмично квалифицирани възли, ако са използвани. Клас на изпълнение **EXC 3** трябва да се приеме за клас по степен на отговорност СС3б.





### Анализ

предстои

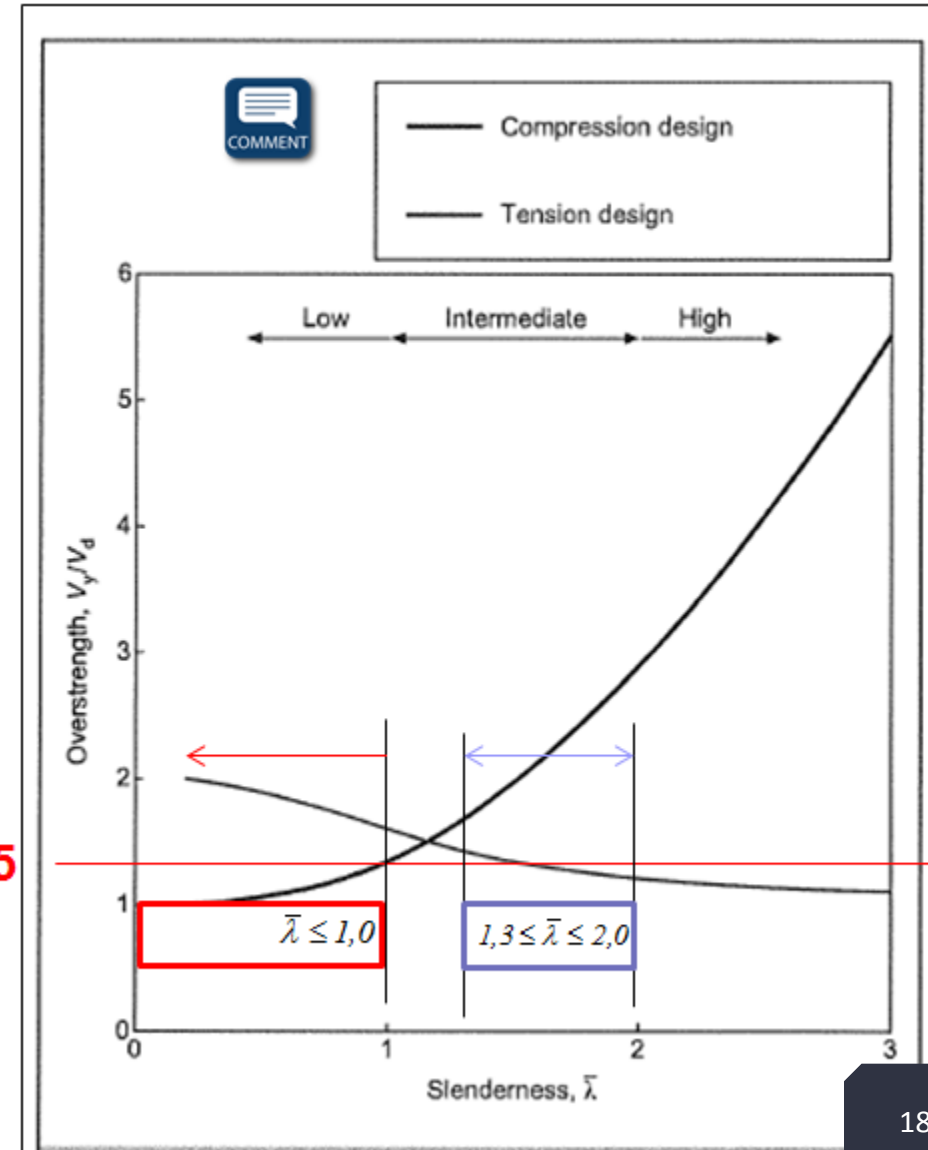
Освен когато това е изрично определено в точка 11 от prEN 1998-1-2 (например при вертикални връзки работещи само с опънни диагонали, виж. 11.4.1(5) и 10.2(2)), анализът на конструкциите следва да бъде провеждан при представката, че всички главни елементи са включени в модела.



1,25

НАСОЧВАНЕ към концепцията **tension-compression**

източник [9], Elghazouli A. Y.



Гранични междуетажни премествания при Гранично състояние „Значителни повреди“

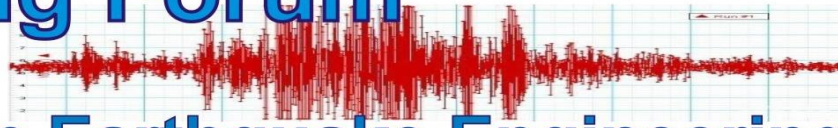
предстои

рамки работещи на огъване	$dr_{SD} \leq 0,020 h_s$
рамки с диагонали (CBFs, EBFs) и конструкции тип обърнато махало;	$dr_{SD} \leq 0,015 h_s$
рамки тип BRB	виж 11.12.4 (4) (50% от стойността на максималното междуетажно преместване, наложен от протокола за натоварване, даден от EN15129);
за дуални системи	$dr_{SD} \leq 0,020 h_s$
за леки стенни конструкции	$dr_{SD} \leq 0,010 h_s$

$$\frac{1}{50} \frac{1}{66,7} \frac{1}{100}$$



В prEN1998-1-2:2019 се въвежда критерий в явен вид за пределни междуетажни премествания в КГС (значителни повреди).



### DC1 – правила за прилагане

- Конструкции с нискодисипативно поведение трябва да бъдат проектирани, така че да издържат на сеизмични въздействия, **като работят почти изцяло еластично**. Следователно оразмерителните сеизмични сили трябва да бъдат определени, като се приеме, че  $q_D$  и  $q_R$  са равни на 1,0.

- Конструктивните елементи и съединения трябва да имат коравина и носеща способност в съответствие с Еврокод 3.

DC1 е представено като равностойна опция на останалите класове на обща дуктилност, изцяло обвързано с индекса на сеизмичното въздействие  $S_D$ .

тип конструктивна система	Гранични стойности на $S_D$ (m/s <sup>2</sup> )		
	DC1	DC2	DC3
Рамки работещи на огъване (MRFs)	5,0	6,5	Без ограничения
Рамки с центрично включени или нецентрично диагонали (CBRs, EBFs)	5,0	6,5	
Buckling-restrained braced frames	-	-	
Dual frames (moment frames with bracings)	5,0	7,5	
Steel structure with concrete cores/walls	5,0	7,5	
Lightweight steel frame wall systems	50	7,5	
Конструкция тип обърнато махало	2,5	5,0	

*предстои*



### DC2 и DC3 – правила за прилагане

Конструкциите с дисипативни зони трябва да бъдат проектирани така, че пластифицирането или местната загуба на устойчивост или други явления, поради от хистерезисното поведение да не влияят на цялостната устойчивост на конструкцията.

Дисипативните зони трябва да притежават възможност за достатъчно пластифициране и носеща способност.

Дисипативните зони могат да бъдат разположени в **конструктивните елементи или в съединенията**.

Ако дисипативните зони са разположени в конструктивните елементи, недисипативните части и съединенията на дисипативните зони с останалата част от конструкцията трябва да имат достатъчен запас на носимоспособност, за да позволят развитието на циклични пластични деформации в дисипативните зони.

Когато дисипативните зони **са разположени в съединенията**, болтовете и заваръчните шевове на съединенията и свързаните елементи трябва да имат достатъчен запас на носимоспособност, за да позволят развитието на циклично разсейване на енергия в най-слабите компоненти на съединенията.

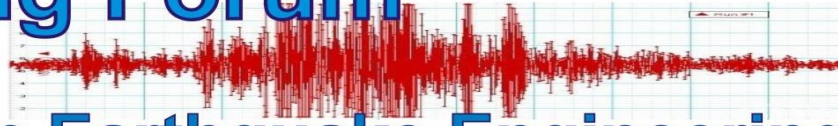


Таблица 6.3 - Изисквания за класовете на напречните сечения на дисипативни елементи в зависимост от класа на дуктилност и коефициента на поведение  $q$

Клас на дуктилност	Референтна стойност на коефициента на поведение $q$	Необходим клас на напречното сечение
DCM	$1,5 < q \leq 2$	Клас 1, 2 или 3
	$2 < q \leq 4$	Клас 1 или 2
DCH	$q > 4$	Клас 1

$q = 4,0$

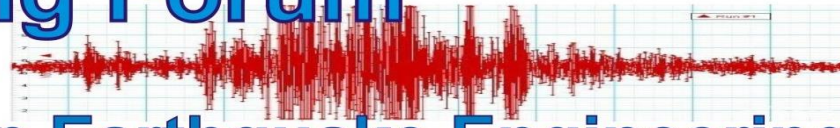
предстои

настоящо

Изисквания относно класа на напречното сечение на дисипативните елементи в зависимост от класа на обща дуктилност и коефициента на поведение  $q$

Ductility class	Value of $q$	Required cross-sectional class
DC2	$1,5 < q \leq 2$	class 1, 2, 3 and 4 for portal frames, lightweight systems and single-storey moment frames
	$1,5 < q \leq 2$	class 1, 2 for inverted pendulum
	$1,5 < q \leq 2,5$	class 3, 4 for lightweight systems
	$2 < q \leq 3,5$	class 1, 2 for MRFs, CBFs, EBFs and dual frames
DC3	$q > 3,5$	class 1
	$2 \leq q \leq 2,5$	class 3 or 4 for lightweight systems

$q = 3,5$



$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,E}$$

DC2

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d V_{Ed,E}$$

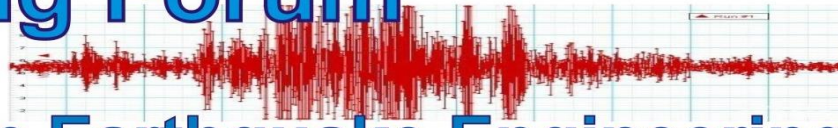
DC3

$\gamma_{rm} \rightarrow$  виж слайд 8

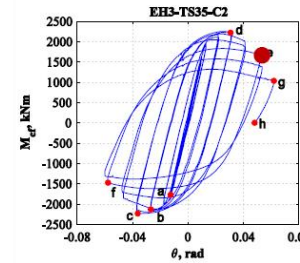
STRUCTURAL TYPE	$\Omega$	Members to which (1) or (2) apply
<b>Moment resisting frames (MRFs)</b>		
Portal frames with class 3 and 4 cross sections	1,5	columns
Single-storey MRFs with class 3 and 4 cross sections	1,5	
Portal frames and single-storey MRFs with class 1 and 2 cross sections	1,7	
Multi-storey MRFs	2	
<b>Frames with concentric bracings</b>		
Diagonal bracings	1,5	beams and columns
V-bracings		
X-bracings on either single or two-storey		
<b>Frames with eccentric bracings</b>	2	beams outside the link, braces and columns

Structural Type	Dissipative Zone	Plastic Mechanism	$\gamma_{sh}$
Moment resisting frames	beams	bending	$\gamma_{sh} = \frac{(f_y + f_u)}{2f_y} \leq 1,2$
	connections		
	columns at base		
Frames with concentric bracings (simple and dual)	diagonal members	axial	1,1
	all members	bending (see 11.10.5 and 11.10.6)	1,1
		axial	1,1
		bending	1,2
dissipative connections	shear	1,5	
	short links	shear $e \leq M_{p,link} / V_{p,link}$ (very short links)	1,8

Капацитивната корекция се степенува



- Local buckling of the beam flanges (e):  
 $\theta=0.0525$  rad



(6) За да отговарят на специфичните изисквания, определени в 6.6 до 6.9 за всеки вид конструкция и конструктивен клас на дуктилност, ефективността на проектирането трябва да се подкрепи с експериментални доказателства и по-специално за якостта и дуктилността на елементите и съединенията при циклично натоварване. Това се прилага за равнोजостни и неравнोजостни съединения във или съседни на дисипативните зони.

(7) Експерименталните доказателства могат да се основават на налични данни. В противен случай би трябвало да се извършат изпитвания.

настоящо

предстои

$$R_d \geq 1,1 \times \gamma_{ov} \times R_{fy}$$

$$R_d \geq 1,375 \times R_{fy}$$

$$R_d \geq \gamma_{rm} \times \gamma_{sh} \times R_{fy}$$

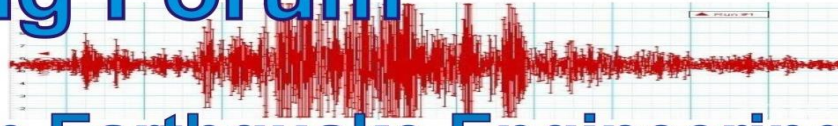
Носимоспособността и дуктилността на елементите и техните съединения при циклично натоварване трябва да се доказват чрез изпитвания.

Публикувани резултати от проведени тестове и нелинейни анализи с крайни елементи могат да се използват за доказване на ефективността на проектирани неравнोजостни или равнोजостни съединения в или в съседство с дисипативните зони на конструкции от DC2 и DC3.

Експерименталното валидиране на неравнोजостни или равнोजостни съединения може да бъде **пропуснато**, ако се използват **предварително сеизмично квалифицирани възли**.  
**ЗАБЕЛЕЖКА:** Приложение E дава допълнителни правила относно сеизмичната квалификация на рамкови възли.



18/09/2012



## 4. Новости при проектиране на рамки работещи на огъване

### 4.1 Греди

*Рамки работещи на огъване DC3 трябва да бъдат проектирани така, че пластичните стави да се образуват в гредите или в съединенията на гредите с колоните, но не и в колоните. Това правило може да бъде пренебрегнато в следните случаи:*

- в основата на рамката, когато:  $NEd, G / Npl, Rd < 0,3$ ;
- в горния край на колони в последния етаж на многоетажни сгради;
- в горния и долния край на колони в едноетажни сгради, при които:  $NEd, G / Npl, Rd < 0,3$ .

При DC3 свобната дължина за измятане HE трябва да бъде по-голяма от дължината  $L_{st}$  дадена от  $L_{st} = 0,19 i_z E_s / (\gamma_{rm} f_y)$

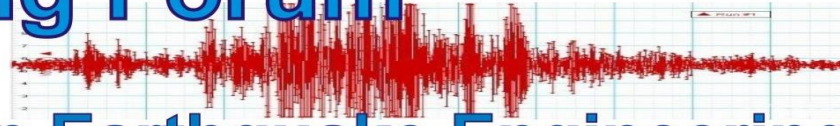
$$Q_m = 0,06 \gamma_{rm} N_{f,Ed}$$

Явно е казано, че пластични деформации могат да бъдат развивани и в съединенията на гредата към колоната



Прави се степенуване на критериите за проектиране между DC2 и DC3. Това ясно се вижда в критериите за:

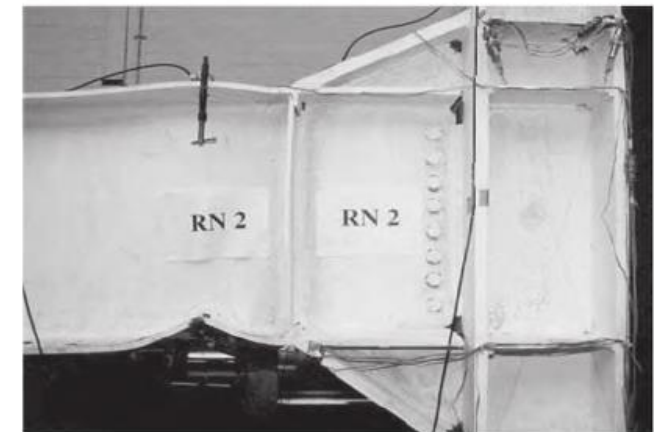
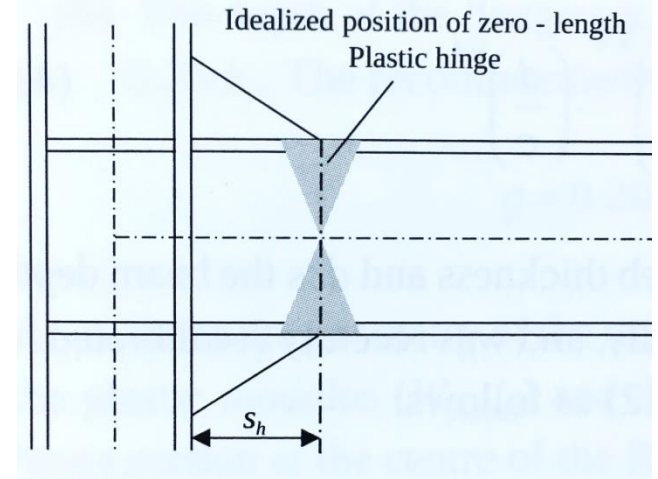
- Устойчива дължина на гредата;
- Определяне на „стабилитетна“ сила в „КГ сеизмично състояние“



### 4.2 Колони

За колони при **DC2** формулата  $\sum MR_c \geq 1,3 \sum MR_b$  може да бъде пренебрегната. Те трябва да бъдат проверени при натиск, огъване и срязване, като се има предвид най-неблагоприятната комбинация от  $N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$  и  $V_{Ed}$  от формула както следва:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= N_{Ed,G} + \Omega \cdot N_{Ed,E} \\ M_{Ed} &= M_{Ed,G} + M_{Ed,E} \\ V_{Ed} &= V_{Ed,G} + V_{Ed,E} \end{aligned}$$

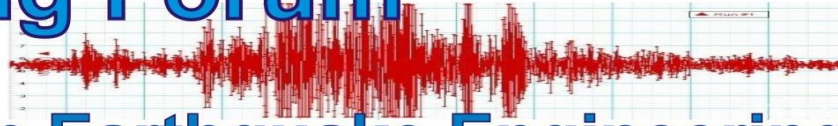


Колоните при **DC3** трябва да отговарят на формулата  $\sum M_{c,pl,Rd} (N_{Ed}) \geq \sum [\gamma_{rm} \gamma_{sh} (M_{b,pl,Rd} + \gamma_{sh} V_{Ed,M}) + \gamma_{sh} V_{Ed,G}]$ . Те се оразмеряват по формулите, както следва:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= N_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d N_{Ed,E} \\ M_{Ed} &= M_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d M_{Ed,E} \\ V_{Ed} &= V_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d V_{Ed,E} \end{aligned}$$

$\Omega_d$  минималната стойност на  $(M_{b,pl,Rd} - M_{Ed,G}) / M_{Ed,E}$  от всички греди в рамката

Прави се степенуване на критериите за проектиране между DC2 и DC3. Това ясно се вижда в подхода за оразмеряване и капацитивната корекция на разрезните усилия.



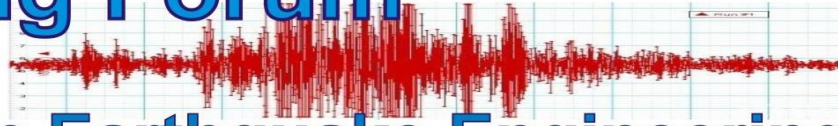
- Нормираната стройност  $\bar{\lambda}$  на колони, където се очаква да се образуват пластични стави, не трябва да надвишава 0,85;
- Класът на напречното сечение на колоните трябва да отговаря на изискванията на таблицата на слайд 22.
- В колони от едноетажни рамки с напречни сечения клас 3 или 4,  $N_{Ed}$  не трябва да е по-голямо от  $0,6N_{c,Rd}$ , където  $N_{c,Rd}$  е изчислителната носимоспособност на напречното сечение на колоната в съответствие с EN 1993-1-1.

Ако се очаква пластична става в колоната, нейната оразмерителна сила на срязване  $V_{Ed}$  трябва да отговаря на следната формула:

$$V_{Ed} \leq \begin{cases} 0,5 V_{c,Rd} & \text{за class 1 или 2} \\ V_{c,Rd} & \text{за class 3 или 4} \end{cases}$$

Запасът на носимоспособност при DC3 се определя по изчисления. Дефиницията е преформулирана, но смисълът е същият.

Въвеждат се допълнителни критерии за срязваща сила и стройност отнасящи се до случаите-изключение, когато пластичните стави са в колоните (портални рамки, последни етажи, обърнато махало).



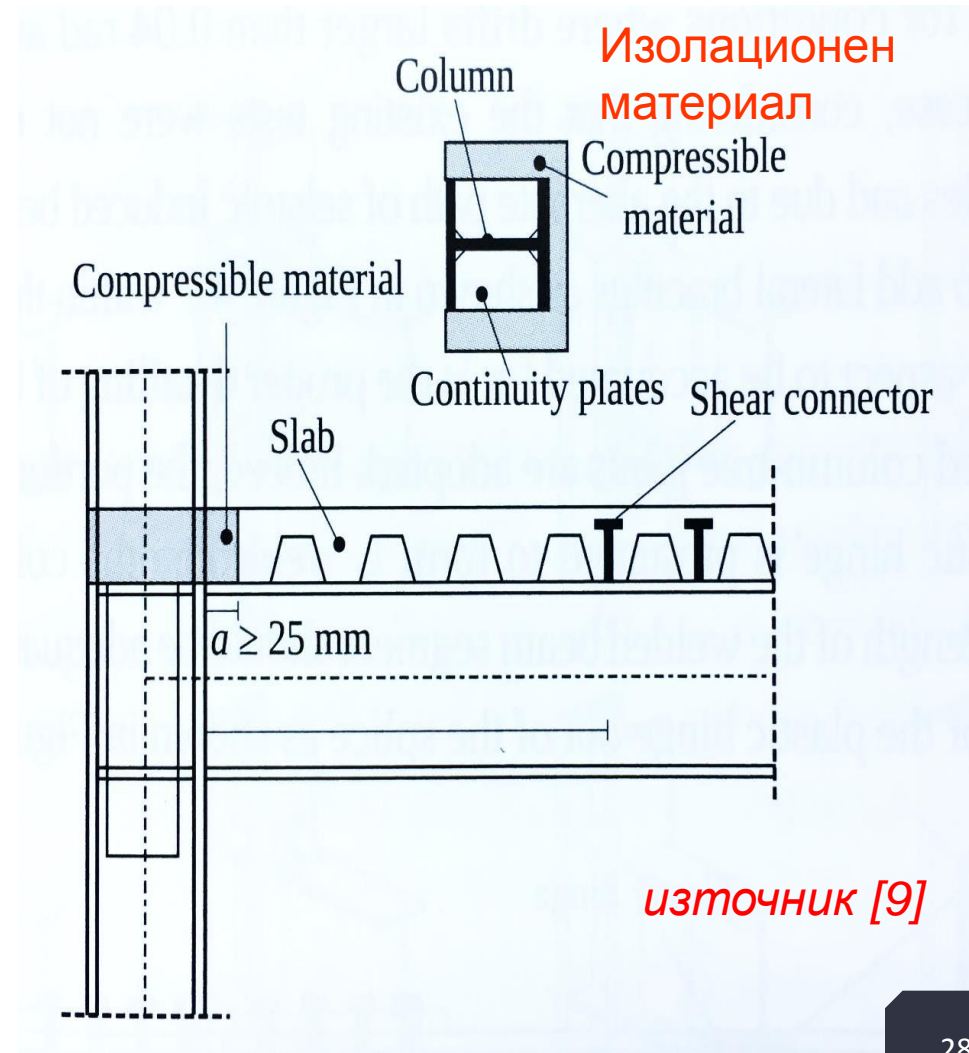
### 4.3 Рамкви възли

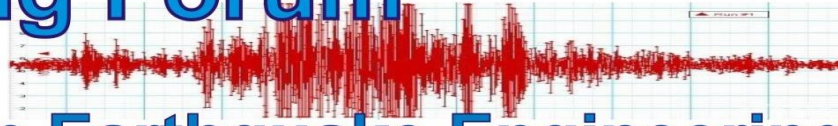
Комбинираното действие между гредата и бетонната плоча трябва да бъде предотвратено. В противен случай рамката трябва да бъде проектирана като комбинирана конструкция с комбинирани рамкови възли.

Явно се изисква избягване на нерегламентираното съдействие на подовата плоча.

*Коментар: Подовата плоча може да има нерегламентирано усилващо действие, което да доведе до претоварване на съединението. Гредата НЕ трябва да е „по-силна“ от това, което осигурява стоманения профил.*

*Препоръчва се да няма никакви свързващи елементи (болтови дюбели) в зона с диаметър  $2b_{eff}$  около колоната. Под  $b_{eff}$  се разбира ефективната ширина на гредите, свързани с дадената колона.*





Дисипативни **неравноякостни и/или частично корави рамкови възли** могат да се използват за конструкции DC2 и DC3, ако всичките условия от А) до В) са изпълнени:

А) капацитетът на завъртане на възлите е в съответствие с общите деформации;

Б) носимоспособността и устойчивостта на свързаните елементи към възлите, са доказани за граничното състояние SD;

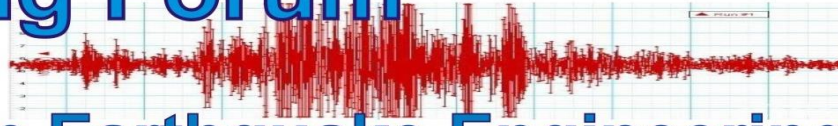
В) ефектите от деформациите на възлите върху общото деформиране се взети предвид чрез:

- линеен анализ, ако се използват сеизмично квалифицирани неравноякостни възли;
- нелинейни анализи за всички други видове възли.

Изискването А) може да бъде пренебрегнато, ако се използват сеизмично квалифицирани възли.

В предстоящото издание на Еврокод 8 (prEN 1998-1-2) се разпознава ролята на сеизмично квалифицираните рамкови възли и се стимулира тяхното ползване.





### предстои

Рамковите възли трябва да бъдат проектирани така, че да осигуряват пластично завъртане  $\theta_p$  (виж Фигурата вдясно) не по-малко от:

- 0,03 rad за DC3;
- 0,02 rad за DC2.

Капацитетът на завъртане на възела  $\theta_p$  трябва да се осигури при циклично натоварване без значителен спад на носимоспособността (виж фигурата вдясно) независимо от мястото на дисипативните зони. Той трябва да бъде оценен чрез обвивна крива от всеки първия цикъл от тестовете.

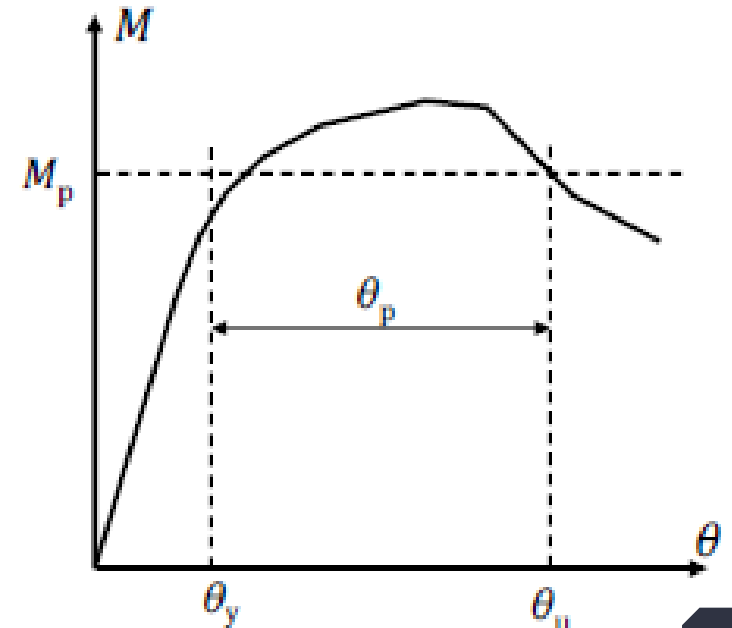
- Предвиден е европейски протокол за провеждане на подобни тестове;
- Не се изискват експериментални тестове, ако се използват сеизмично квалифицирани възли.

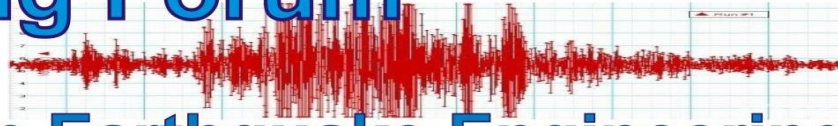
### настоящо

$$DCM \quad \vartheta_p \geq 0,025rad$$

$$DCH \quad \vartheta_p \geq 0,035rad$$

В предстоящото издание на Еврокод 8 (prEN 1998-1-2) се разпознава ролята на сеизмично квалифицираните рамкови възли и се стимулира тяхното ползване.





**ECCS  
CECM  
EKS**

**EQUALJOINTS PLUS**  
Volume with pre-normative design  
recommendations for seismically qualified  
steel joints

Raffaele Landolfo, Mario D'Aniello, Roberto Tartaglia,  
Silvia Costanzo, Jean-François Demonceau,  
Jean-Pierre Jaspart, Aurel Stratan, Dominiq Jakab,  
Dan Dubina, Ahmed Elghazouli, Dan Bompa,

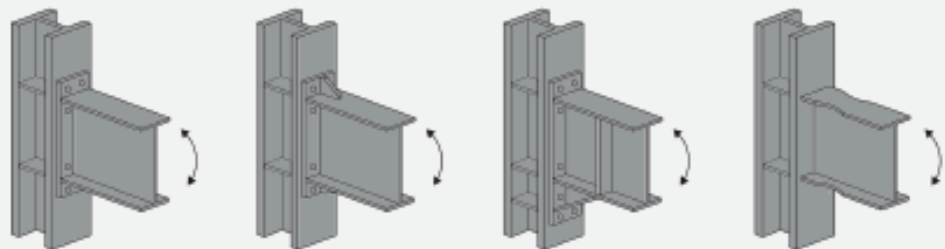
EQJ2-EN | 2018

Европа възприема подхода със сеизмично квалифицирани възли, за рамки работещи на огъване и предназначени за сеизмични райони на строителство.

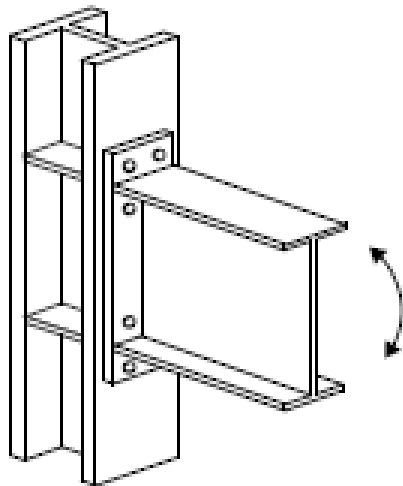
- Европейски **протокол** за експериментално циклично натоварване

Квалификационна процедура, отчитаща:

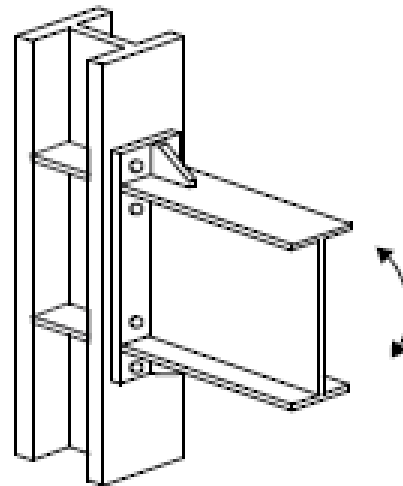
- европейската нисковъглеродна **стомана**;
- европейските високоякостните **болтове**.



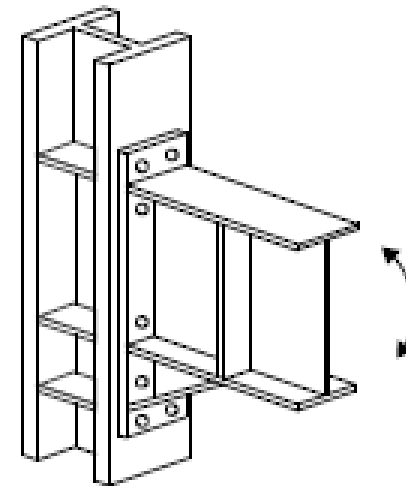
## 4.4 Европейски сеизмично квалифицирани възли



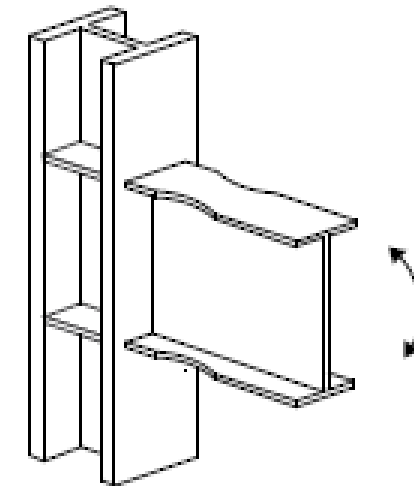
(a)



(b)



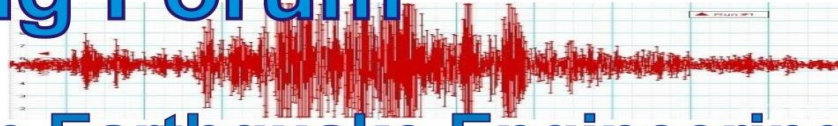
(c)



(d)

(a) възел с неоредена конзолна фланцева плоча;  
(c) възел с вута (под гредата) и фланцево съединение;

(b) възел с оредена конзолна фланцева плоча;  
(d) заварен възел с отслабено сечение на гредата (RBS).



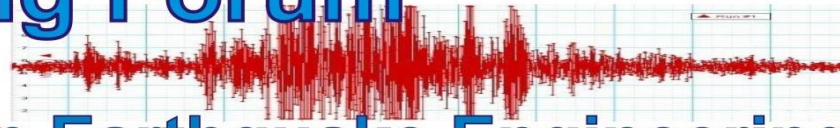
### Какво е това сеизмична квалификация на рамкови възли

Сеизмичната квалификация на рамкови възли е серия от експериментални изпитвания, проведени под общовалиден за Европа протокол за циклично знакопроменливо натоварване.

Вследствие на сеизмичната квалификация се доказват (или отхвърлят) възможностите на даден възел да постигне базови параметри на сеизмичното реагиране изисквани от EN 1998-1.

За сеизмично квалифицираните възли се дефинират:

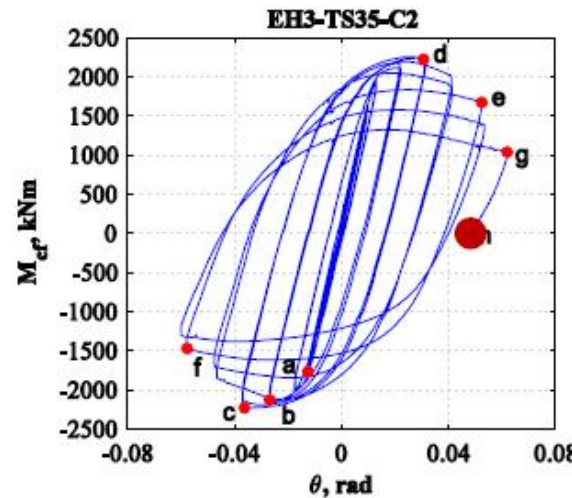
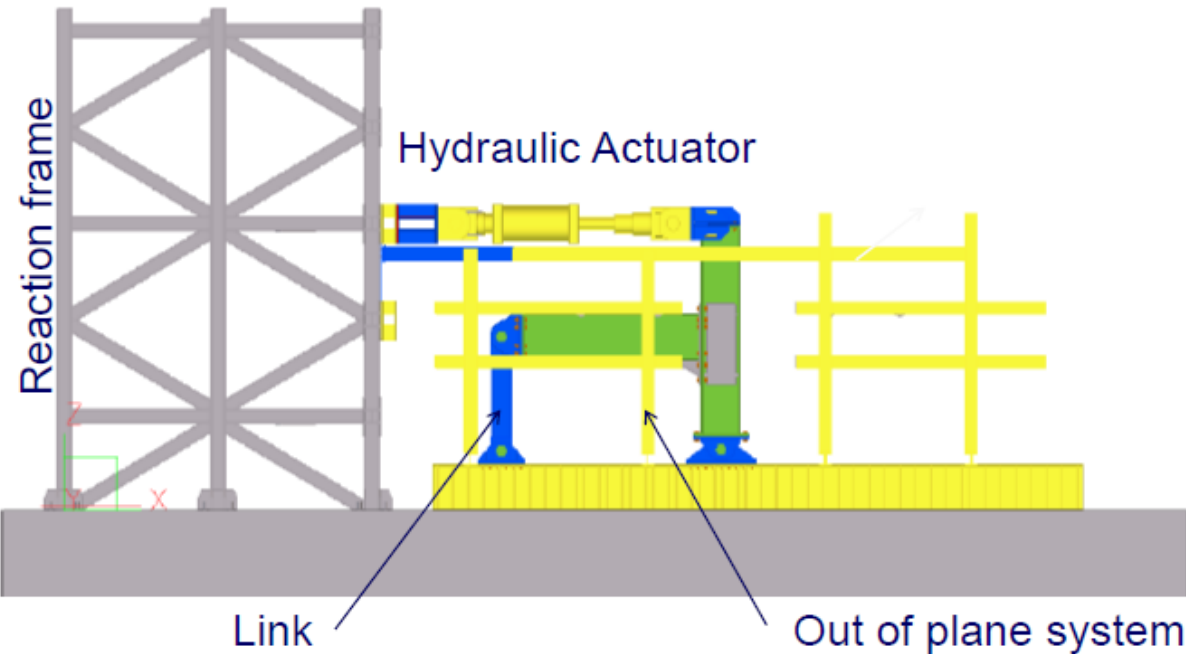
- видове конструкции, в които могат да се прилагат възлите;
- общ вид на възела и разположение на неговите компоненти;
- геометрични и якостни диапазони за ползваните компоненти (т.н. ограничителни условия);
- дават се процедури за проектиране, чието спазване гарантира постигане на базовите параметри, доказани чрез експериментални изпитвания;
- дават се технологични изисквания за производство и монтаж.



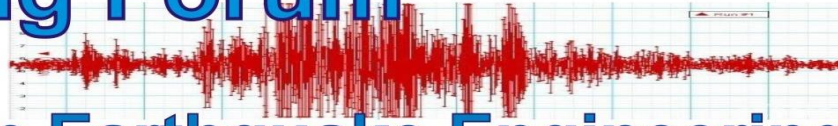
### EQUALJOINTS + - проект за разпространение на знания и развитие на проектни методики

Катедра Метални, дървени и пластмасови от УАСГ е участник в този проект.

- End of the test, upon reduction of load bearing capacity below 50% of the maximum one (h)



Тази информация е предоставени от професор Аурел Стратан от Политехника Тимишоара.



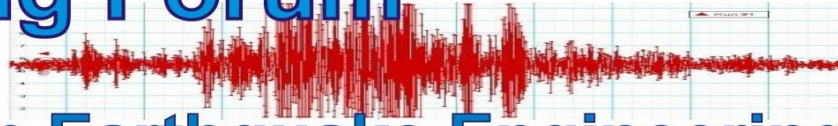
### База на колона

Ако възелът на базата на колоната е запънат, носимоспособността на компонентите на съединението  $M_{c, j, Rd}$  трябва да съответства на формулата  $M_{c, j, Rd} \geq \gamma_{rm} \gamma_{sh} M_{c, pl, Rd} (N_{Ed})$

Пластични стави могат да се развиват в основата на колоната, при условие че са изпълнени всичките 4 условия, както следва:

- възелът на базата има капацитет на завъртане в съответствие с общите деформации на рамката и не по-малък от 0,04 rad;
- колоната притежава адекватен запас на носимоспособност при гранично състояние SD, при реализирано пластифициране в базата, породено от циклично натоварване;
- в анализа се вземат предвид ефектите на деформируемостта на базата върху междуетажните премествания и глобалната устойчивост на рамката;
- базите на колоните отговарят на правилата за съединения в дисипативни зони.

Съединенията от базата към фундамента за срязваща и нормална сила трябва да бъдат оразмерени със срязваща сила и осова сила, определени според капацитета на колоната. Има разлика при определяне на оразмерителните капацитивни сили за DC2 и DC3.



## 5. Новости при проектиране на вертикални връзки (рамки с центрично включени диагонали)

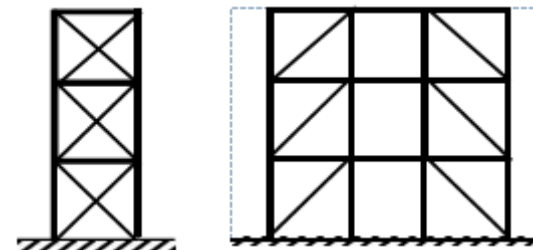
### 5.1 Анализ

предстои

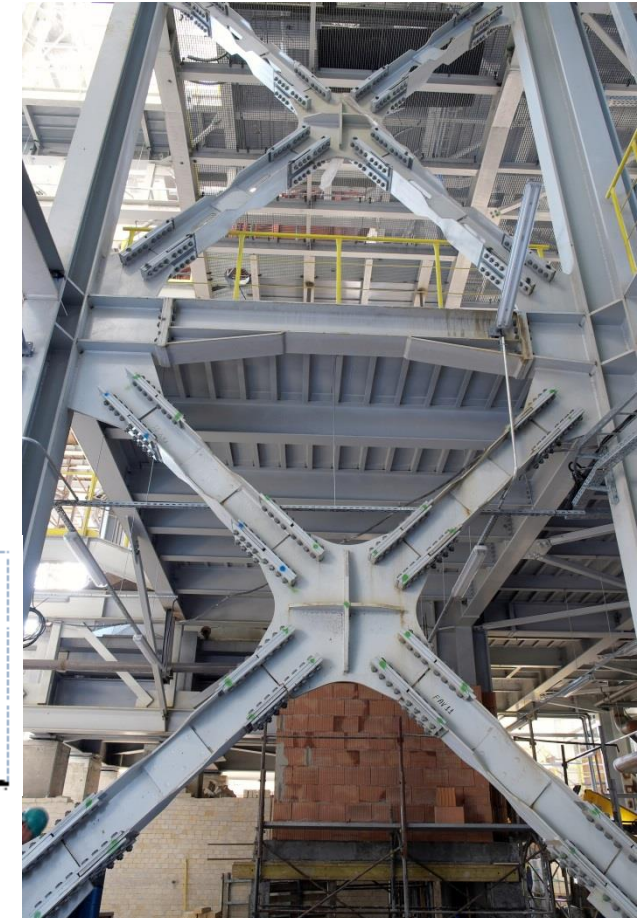
Ексцентрицитетите между осите на диагоналните елементи и осите на колоната и на гредата не трябва да бъдат по-големи от височината на гредата. Техният ефект върху елементите и силите в съединенията трябва да се вземе предвид.

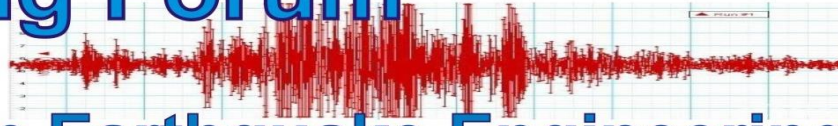
Изчислителен модел „само с опънни диагонали“ може да се използва единствено за **DC2** при:

- Кръстосани диагонали;
- Падащи качващи диагонали в различни полета.



В изчислителния модел при вертикални връзки от клас на обща дуктилност **DC3**, трябва да участват както опънатите диагонали, така и натиснатите диагонали.





Натисковите диагонали при DC2 могат да бъдат пренебрегнати при анализа, при условие че напречната коравина на сградата в докритична фаза (преди изкълчване) на диагоналните елементи е по-малко от напречната коравина на сградата, оценена само с участието на опънатите диагонали.

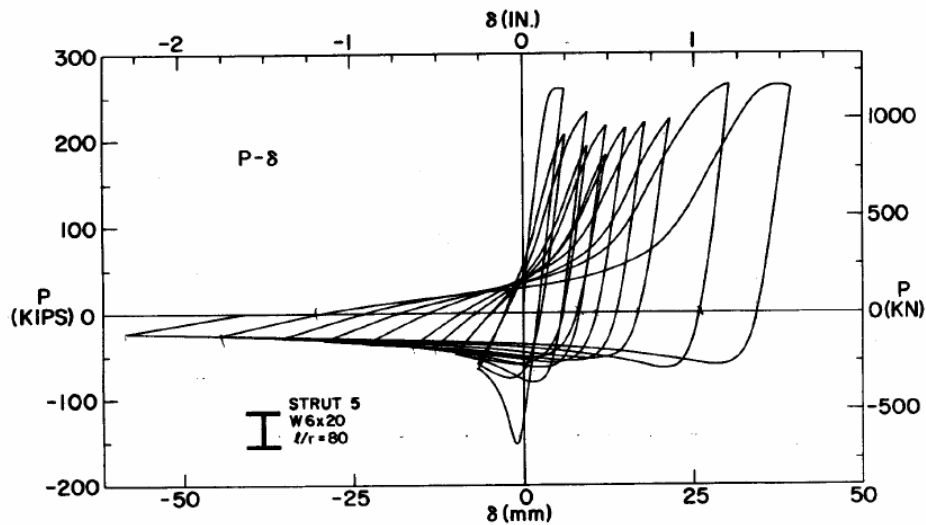
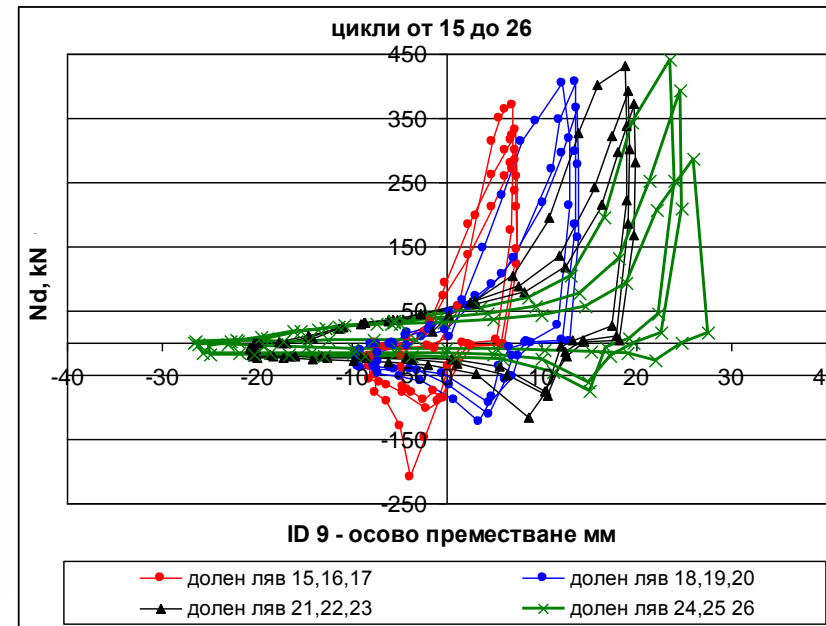
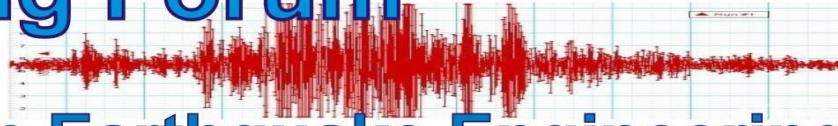


Figure A2-5. Axial Load – Axial Displacement Curve for Strut 5 (1980, Black et al.)



Натисковите и опънните диагонали могат да бъдат взети под внимание при анализа на всякакъв вид вертикални връзки, при условие че и в оразмеряването, и при моделирането се вземат предвид състоянията на диагоналите както преди изкълчване, така и след изкълчването.



### 5.2 Диагонали

Напречното сечение на диагоналните елементи трябва да бъде от:

- клас 1 при DC3;
- клас 1 или 2 при DC2.

Диференциран подход по отношение на локалната стройност при DC2 и DC3.

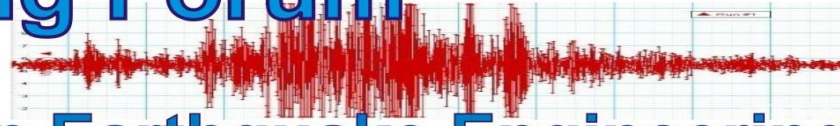
За вертикални връзки DC3 също трябва да бъдат изпълнени следните изисквания:

Ако за диагонални елементи се използват тръбни сечения, тяхната локална стройност  $D/t$ , където  $D$  е външният диаметър и  $t$  дебелината на напречното сечение се ограничава по формулата:

$$\frac{D}{t} \leq 47,4 \times \frac{\varepsilon^2}{\gamma_{rm}}$$

Ако за диагонални елементи се използват правоъгълни или квадратни кухи сечения (кутиеобразни), максималната им локална стройност  $b/t$ , където  $b$  е размера на стената и  $t$  дебелината на напречното сечение се ограничава по формулата:

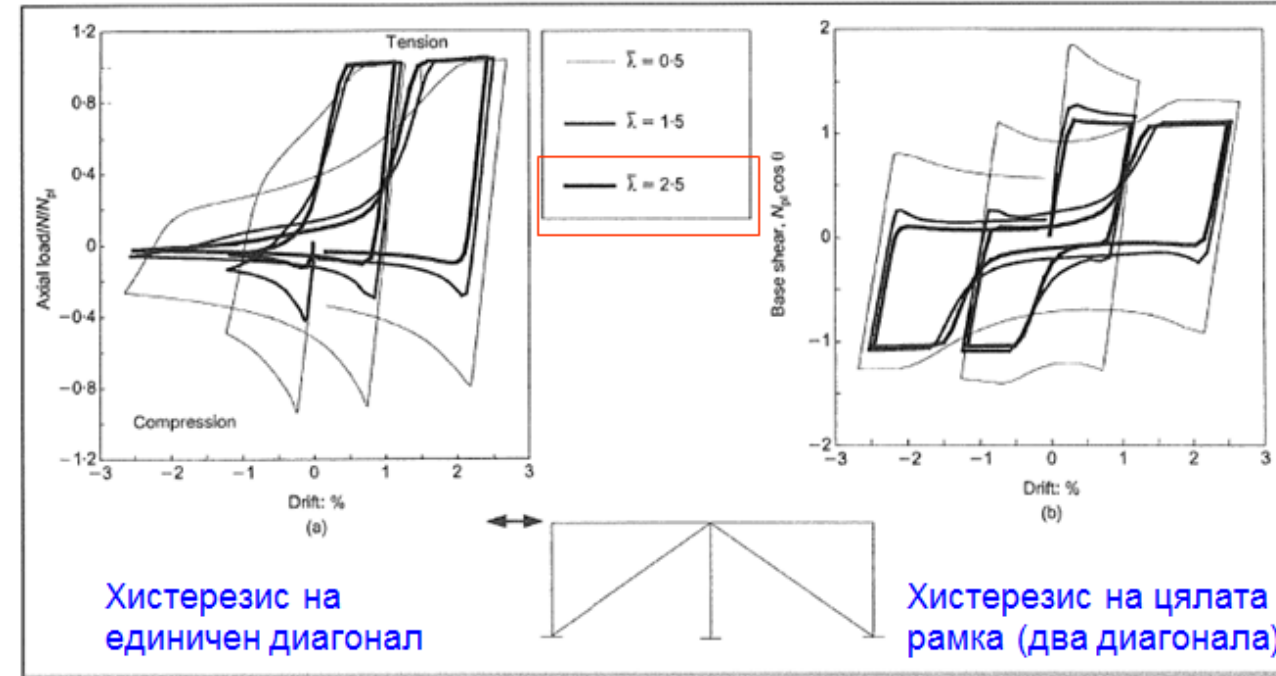
$$\frac{b}{t} \leq 19,4 \times \frac{\varepsilon}{\sqrt{\gamma_{rm}}}$$



Дават се указания, за това как може, опростено да се определя изкълчвателната дължина на диагонала.

Преосмисля се диапазона на стройността на диагоналите.

Разграничават се критерии за DC2 и DC3.



*предстои*

При вертикални връзки DC2, с X-образна конфигурация на диагоналите, когато е приет моделът “**tension only**”, нормираната стройност  $\bar{\lambda}$  трябва да бъде ограничена в диапазона  $1,3 < \bar{\lambda} \leq 2,5$ .

При вертикални връзки, когато е приет моделът “**tension - compression**”, нормираната стройност  $\bar{\lambda}$  не трябва да бъде по-голяма от **2,0 при DC3** и **2,5 при DC2**.

В конструкции **до два етажа**, когато е приет моделът “**tension - compression**” няма ограничение на нормираната стройност  $\bar{\lambda}$ .

При вертикални връзки, когато е приет моделът “tension only”:  $N_{Ed,E} \leq N_{pl,Rd}$

При вертикални връзки, когато е приет моделът “tension - compression”:

$$N_{Ed,E} \leq N_{b,Rd}$$

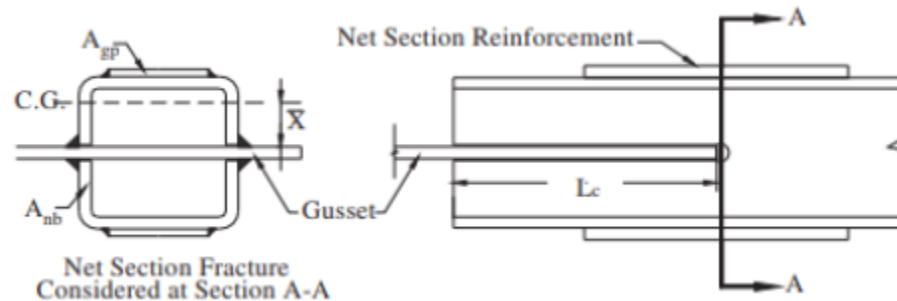
При вертикални връзки DC3, когато е приет моделът “tension - compression” и при 6 етажа или повече, се предвижда „много силен диагонал“, като:

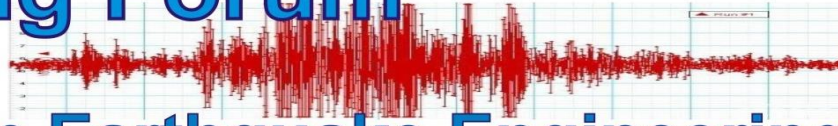
$$N_{Ed,ts} \leq N_{b,Rd,ts} \quad N_{Ed,ts} = N_{Ed,G,ts} + q N_{Ed,E,ts}$$

Съединенията на диагоналите с рамковия контур се оразмеряват с капацитивно коригирани усилия, като  $\gamma_{sh}$  е от таблица 11.7 за DC3 и  $\gamma_{sh} = 1,1$  за DC2.

Нетната площ на напречното сечение на диагонала в зоната на възела (когато има отвори и отслабвания) **трябва да се увеличи така**, че нейната носещата способност на сечението при отслабванията да е по-голяма от носещата способност на брутната площ.

Указания за отслабени сечения в диагоналите





При вертикални връзки DC3, за всички етажи, с изключение на горния етаж, максималният запас на носимоспособност на изкълчване на който и да е диагонал в конструкцията не трябва да се различава от минималният запас на носимоспособност на изкълчване с повече от 25% т.е

$$\frac{\max \Omega_i}{\min \Omega_i} \leq 1,25 \quad \max \Omega_i = \max \left( \frac{N_{b,Rd,i}}{N_{Ed,E,i}} \right)$$

$$\max \Omega_i = \min \left( \frac{N_{b,Rd,i}}{N_{Ed,E,i}} \right)$$

$$i \in [1, (N_s - 1)]$$

S – броя на етажите

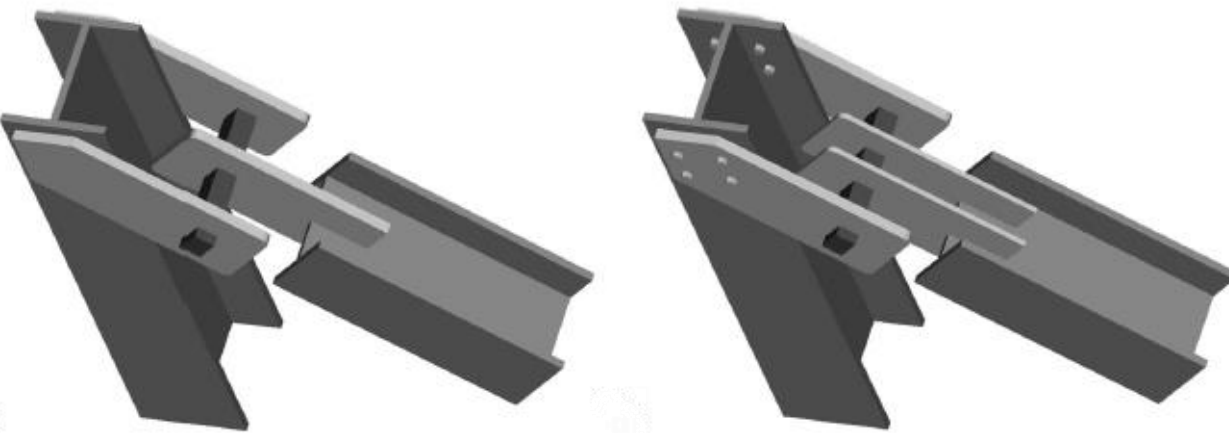
Хомогенно дисипативно поведение. Промяна в т.н  $\Omega$  - правило. Последният етаж се изключва.

Запаса на носимоспособност се определя, като се изходи от носимоспособността на изкълчване.

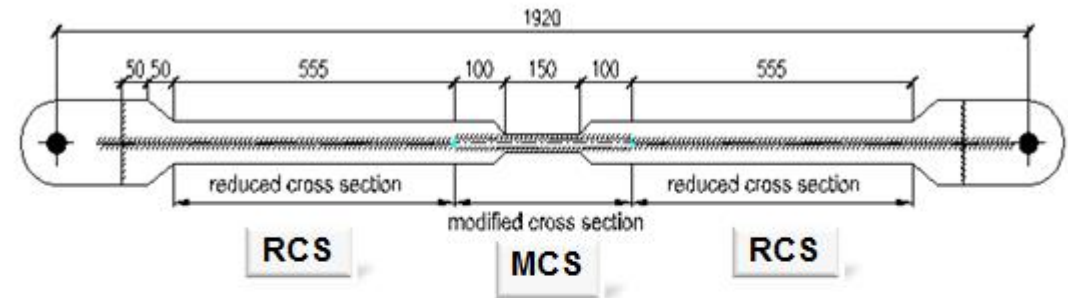
Могат да се използват дисипативни частични корави и/или неравноякостни съединения, както и отслабени зони в диагоналите, при условие че са изпълнени следните условия:

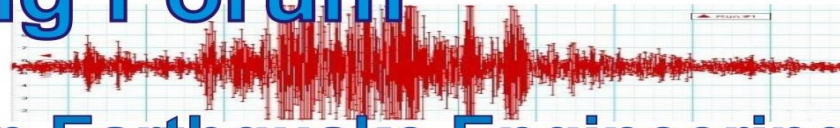
- Изкорубването на възлови плочи е предотвратено.
- Носимоспособността на изкълчване на диагоналите  $N_{b, Rd}$  е по-голяма от  $\gamma_{rm} \gamma_{sh} R_d$ , където  $R_d$  е носещата способност на съединението в съответствие с EN 1993-1-8 или носимоспособността на отслабените зони в диагоналите в съответствие с EN1993: 1-1;
- капацитетът на удължаване на отслабените зони трябва да бъде в съответствие с общите премествания на вертикалната връзка.

- дисипативни съединения;
- модифицирани диагонали (RYS).



INERD PIN connection





### 5.3 Греди и колони

При DC2, устойчивостта и носимоспособността на гредите и колоните се проверява при най-неблагоприятната комбинация от капацитивно коригирани  $N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$  и  $V_{Ed}$ .

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,E}$$

При DC3, гредите и колоните трябва да бъдат проектирани с капацитивно коригираните разрезни усилия като допълнително са спазени и следните изисквания:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d N_{Ed,E}$$

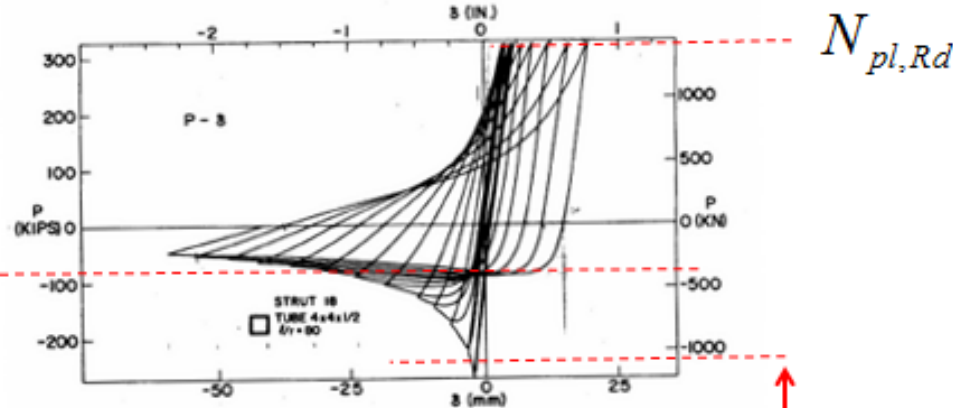
$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + \gamma_{rm} \gamma_{sh} \Omega_d V_{Ed,E}$$

$$\gamma_{pb} = 0.3$$

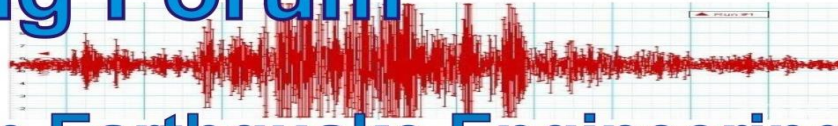
$$\gamma_{pb} \cdot N_{pl,Rd}$$

Остатъчна носеща способност при циклически натиск



$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}}$$

Първоначална носеща способност при натиск

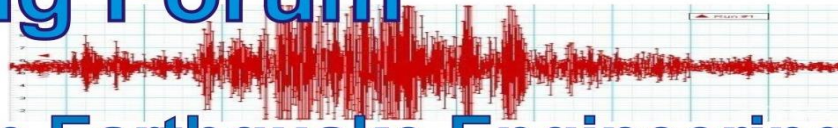


Оразмеряване базирано на разрезни усилия, изчислени, като се вземе предвид разпределението на осовите сили във фермовия модел и натискови сили в диагоналите със стойности, равни на очакваното им максимално завишение  $\gamma_{rm} N_{b, Rd}$  в комбинация с разрезните усилия, дължащи се на всички несеизмични товари в сеизмичната ситуация;

Оразмеряване базирано на разрезни усилия, изчислени, като се вземе предвид разпределението на осовите сили във фермовия модел и осово усилие в опънните диагонали  $\gamma_{sh} \gamma_{rm} N_{pl, Rd}$ , както и натисково усилие в диагоналите със стойности, равни на очакваната им остатъчна носимоспособност  $\gamma_b \gamma_{rm} N_{b, Rd}$  в комбинация с разрезните усилия, дължащи се на всички несеизмични товари в сеизмичната ситуация;

Отново има разграничаване в начина на оразмеряване на недисипативните елементи при DC2 и DC3.

Изисква се да се анализират два сценария тип „pre-buckling stage” и ”post-buckling stage”. Следва да се направи оразмеряване и при двата сценария.



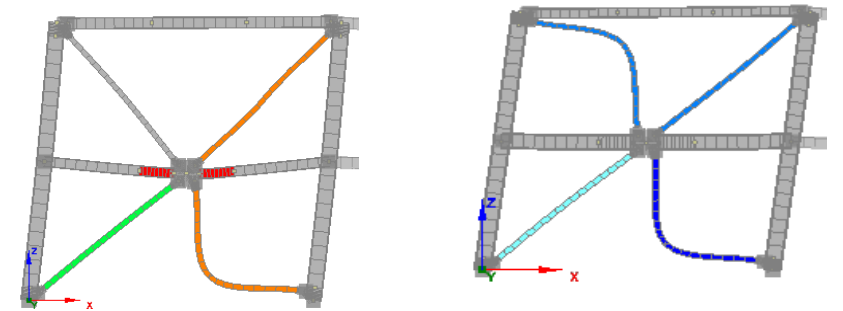
При вертикални връзки DC2 и DC3 с V образна конфигурация на диагоналите или двуетажни Split-X вертикални връзки, коравината на  $k_b$  на гредите, в които се пресичат диагоналите, не трябва да бъде по-малка от 0,2 пъти осовата коравина  $k_{br}$  на диагонала.

**Novelty**

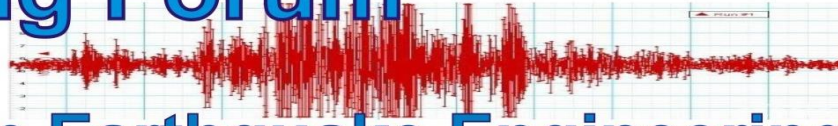
$$k_b = (48\zeta E_s I_b / L_b^3)$$

$$k_{br} = 2 \frac{A_{br} E_s}{L_{br}} \sin^2 \alpha$$

Въвежда се изискване за коравина на етажната греда при V и Split-X конфигурация на диагоналите.



За повече информация, моля запознайте се с [1], [2], [3]



### 5.4 Възли

Възлите на диагоналите към колона могат да бъдат непрекъснати или ставни, като следното трябва да бъде изпълнено.

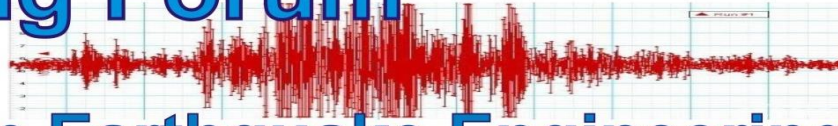
- капацитетът на завъртане на корави или частично корави възли не трябва да бъде по-нисък от 0,02 rad;
- носимоспособността  $M_{j,Rd}$  на непрекъснатите възли диагонал-колона трябва да бъде по-голяма от минималната очаквана носимоспособност на огъване на свързаните елементи, както следва:

$$M_{j,Rd} \geq \min \begin{cases} \gamma_{rm} \gamma_{sh} M_{b,pl,Rd} \\ \gamma_{rm} \gamma_{sh} \sum M_{c,pl,Rd} (N_{Ed}) \end{cases}$$

Дава се възможност, възлите между гредата и колоната да се проектират като ставни или като непрекъснати (корави).

Описват се редица „известни“ изисквания за оразмеряване на възела „диагонал-рамков контур“.





Съединенията на диагоналите трябва да могат да поемат осовата сила, като се отчете действителната граница на провлачане и уякчаването на материала при опън. Съединенията трябва да ограничат завъртенето в края на диагонала (ако е възпрепятствано), или да позволяват завъртането на диагонала при многократно циклично натоварване (ако диагонала се изкълчва).

За възли, във вертикални връзки проектирани да възпрепятстват изкълчването на диагоналите, следва да се напарвят следните проверки:

$$N_{T,j,Ed} = \gamma_{rm} \gamma_{sh} N_{pl,Rd}$$

$$N_{C,j,Ed} = \gamma_{rm} N_{b,Rd}$$

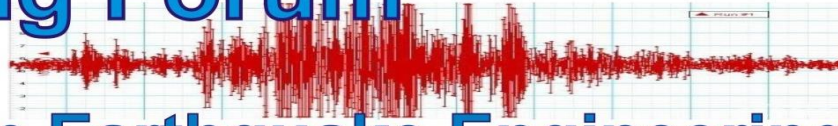
$$M_{j,Ed} = \gamma_{rm} \gamma_{sh} M_{pl,Rd}$$

$$N_{T,j,Ed} = \gamma_{rm} \gamma_{sh} N_{pl,Rd}$$

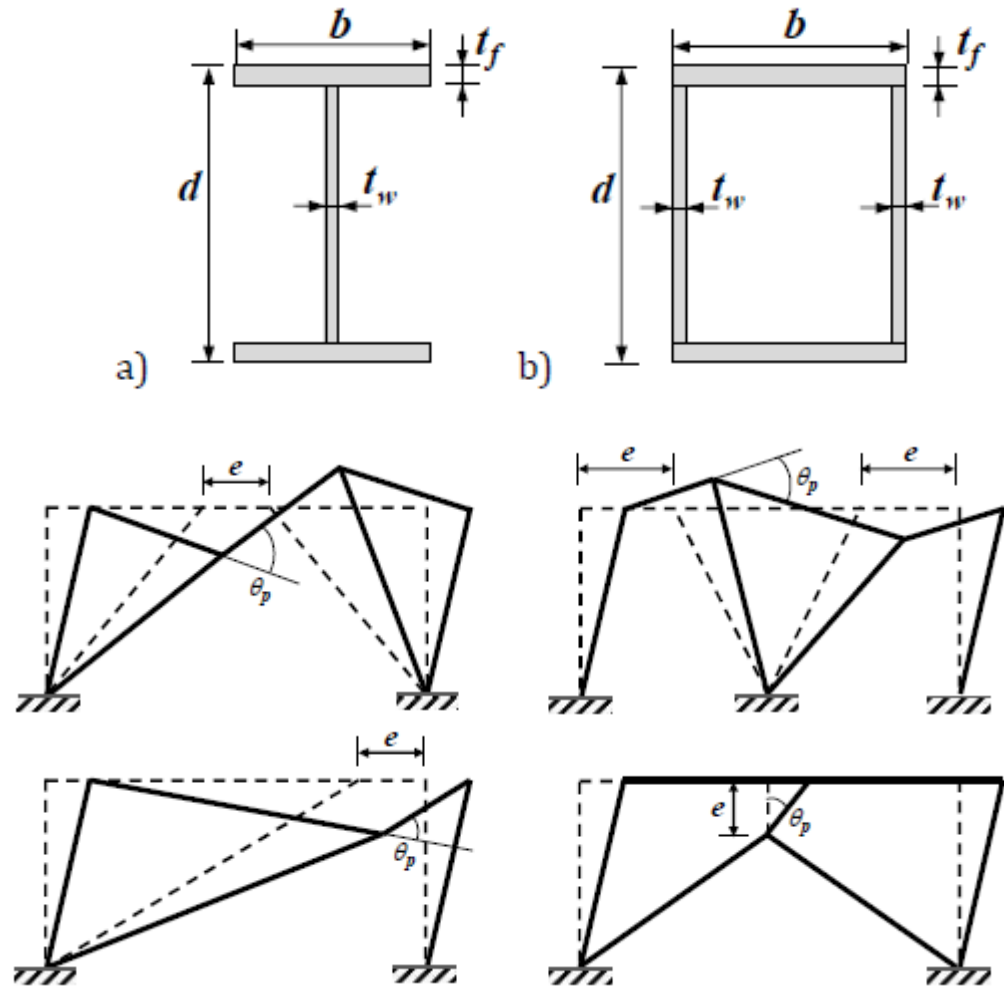
$$N_{C,j,Ed} = \gamma_{rm} N_{b,Rd}$$

$$M_{j,Ed} = \gamma_{rm} \gamma_{sh} M_{pl,Rd}$$

Възлите и съединенията на диагоналите, позволяващи изкълчване на диагоналните елементи в една равнина, трябва да бъдат проверени спрямо силите, отделно оценени от формули (11.22), (11.23) и (11.24) в другата равнина. В равнината на изкълчване те трябва да издържат на очаквания натиск при изкълчване определен по от формула (11.23). Те също така трябва да имат достатъчен нееластичен капацитет на завъртане, за да са да могат да осигурят необходимото междуетажно преместване.



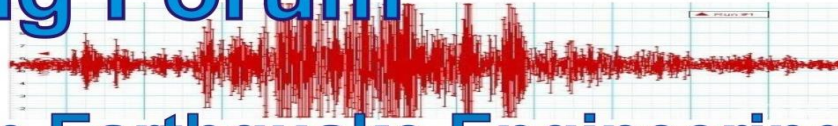
### 6. Рамки с нецентрично включени диагонали



Дава се възможност за използване на сеизмично свързващи елементи (link-елементи) от съставени заварени кутии.

Подобрява се изказът и фигурите, но липсват големи новости.





## 7. Изводи и заключение

През изминалия близо 15-годишен период от първото официално издание на Еврокод 8, в Европа се провеждат редица научно-изследователски проекти. Голяма част от достиженията на тези проекти са залегнали в новия проект за следващата версия на стандарта. Като резултат от този процес може да се изтъкнат еволюционните промени в областите на:

- Рамки с центрично включени диагонали
- Сеизмично квалифицирани възли;
- Действителна якост на материалите и влиянието на цикличното уякчаване;
- Въвеждане на иновативни системи за сеизмично осигуряване;

Друг източник на развитието на Еврокод е сравняването му в други водещи нормативни документи, най-често задокеанските стандарти на САЩ и Канада. Като резултат от това благородно състезание, може да се разпознаят промените в посоката на адаптирането на модела на натиснатите и опънатите диагонали при вертикалните връзки, внедряване на правила за BRB рамки;

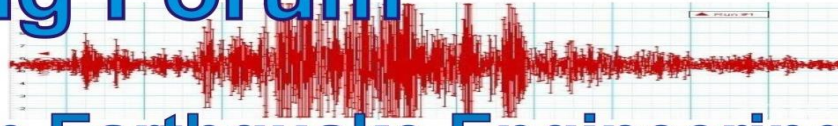
В новата версия на Еврокод се наблюдава и значително подобрене при формулировка на принципи и правила, избягване на двусмислия и подобряване на графичните указания.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Благодарности

От свое име и от името на екипа на УАСГ-НЦСИ, бих искал да използвам случая и да благодаря на организаторите на този форум Съюз на строителните инженери в България (ССИБ) и Камара на инженерите в инвестиционното проектиране, регионална колегия София-град (КИИП РК София-град), както и на основните „виновници“ за това събитие в лицето на инж. Димитър Начев, инж. Мария Стефанова и инж. Стефан Кинарев.

Благодаря Ви за:

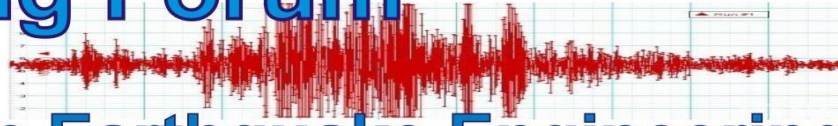
- Добре подбраните тематични направление;
- За усилията, усърдието и търпението при организацията на събитието;
- За това, че разпознават потенциала на експертите от УАСГ-НЦСИ и отправиха тази любезна покана за участие.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## УАСГ - НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО СЕИЗМИЧНО ИНЖЕНЕРСТВО

Националният център по сеизмично инженерство (НЦСИ) е структурно звено със статут на университетска научно-изследователска лаборатория към Университета по архитектура, строителство и геодезия.

Националният център по сеизмично инженерство (НЦСИ) се създава с мисията да се превърне в национално значим институт, който ще работи за прогресивно намаляване на сеизмичния риск чрез увеличаване на националното знание и опит в областта на сеизмичното инженерство.

## БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО

Национален център по сеизмично инженерство  
1046, София, бул. „Хр. Смирненски“ 1  
УАСГ, централно фоайе, ляво, каб. 121 А

phone: +359-88-796-1768

e-mail: [tzv.georgiev@neec.bg](mailto:tzv.georgiev@neec.bg) [cvgeorgiev\\_fce@uacg.bg](mailto:cvgeorgiev_fce@uacg.bg)

web: [www.neec.bg](http://www.neec.bg)