

Сеизмична оценка на съществуващи сгради

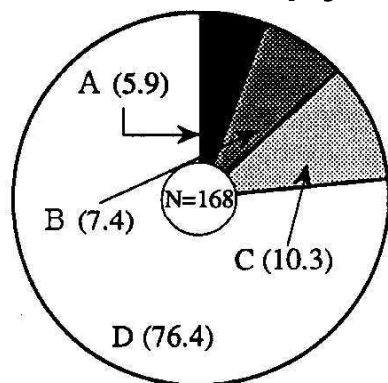
Лекция 2

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

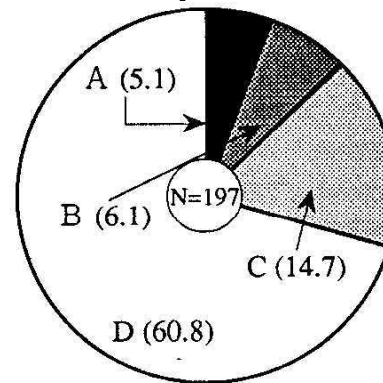
Какво налага сеизмичната оценка?

- Развитието на:
 - инженерните изследвания;
 - методите на проектиране;
 - промените на нормите;
 - приложението на нови материали;
 - нови методи за строителство

Статистика на повреди в сгради със стоманобетонна носеща конструкция при земетресения - 1

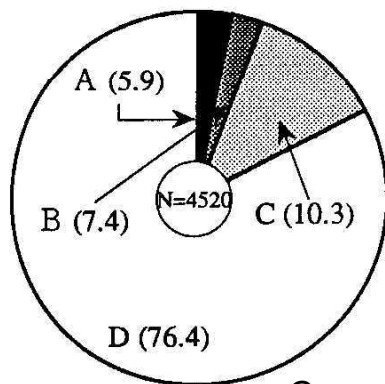


168 сгради в Natchinohe
(Tochachi-oki 1968)



197 сгради в Sendai
(Miagiken-oki 1968)

4250 сгради в Mexico City
(Mexico 1985)



A – Големи разрушения

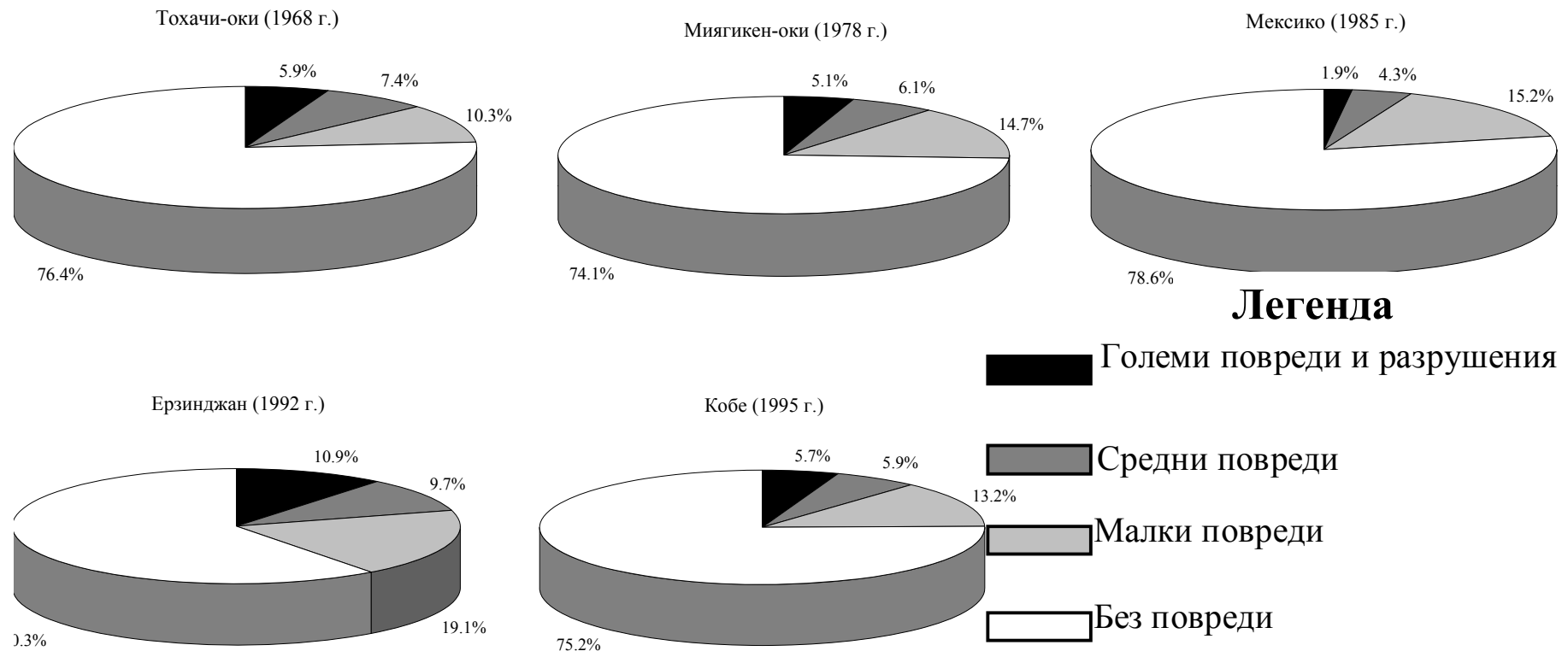
B – Средни разрушения

C – Малки разрушения

D – Никакви разрушения

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

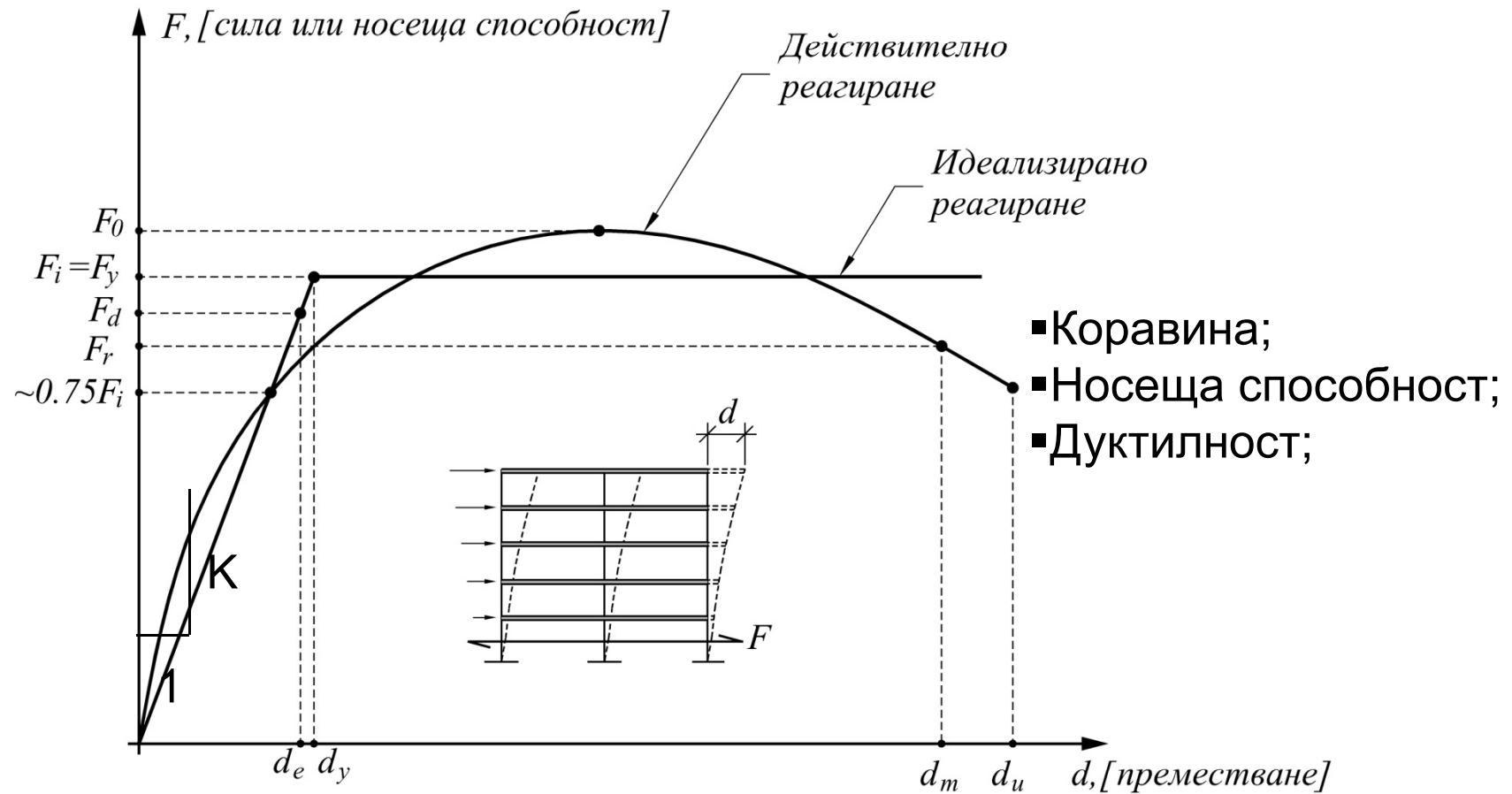
Статистика на повреди в сгради със стоманобетонна носеща конструкция при земетресения -2



Изисквания към нормите за сеизмична оценка

- Проста, бърза и консервативна процедура е необходима за “отсяване” на преобладаващата част от осигурени сгради;
- Подробна, достатъчно коректна и базирана на последните научни изследвания в областта на сеизмичното инженерство процедура е необходима само за случаите, където са установени проблеми.

Основни характеристики на конструкциите



Коравина и носеща способност

$$K = \frac{F_i}{d_y} = \frac{F_y}{d_y} \quad \text{Коравина}$$

F_i идеална(характеристична, номинална) носеща способност

F_d проектната носеща способност

F_o завишена носеща способност (overstrength)

F_r остатъчна носеща способност

$$F_i(f_{ck}, f_{yk}, c_{nom}, x_{1,nom}, x_{2,nom}, \dots, x_{i,nom}, \dots, x_{n,nom})$$

$$F_d(f_{cd}, f_{yd}, c_d, x_{1,d}, x_{2,d}, \dots, x_{i,d}, \dots, x_{n,d})$$

$$F_o = \gamma_{Rd} F_d$$

$$F_r \approx 0.85 F_o$$

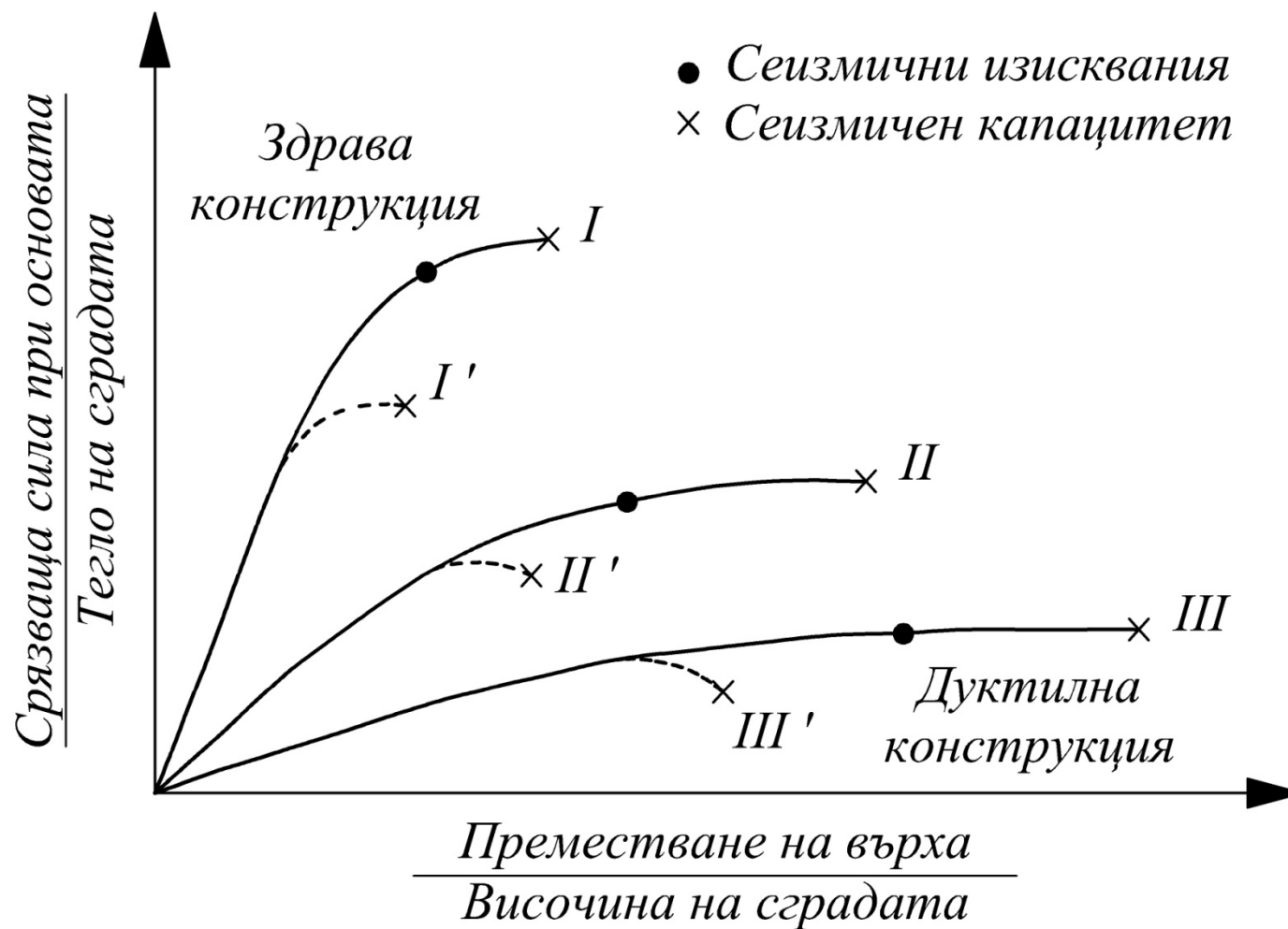
ДУКТИЛНОСТ

Дуктилността е свойството на конструкцията, нейните елементи и техните сечения да реагират с големи пластични деформации на силни сеизмични въздействия при запазване на достатъчна *остатъчна носеща способност* F_r , за да не се достигне до разрушението им.

$$\mu = \frac{d_m}{d_y}$$

Коефициент на дуктилност

Носеща способност и дуктилност



Фактори влияещи на сеизмичната оценка

- Носеща способност
- Възможността за пластични деформации без значителна загуба на носеща способност (дуктилността);
- Конструктивната схема;
- Взаимодействието почва-конструкция;
- Качеството на строителството;
- Важността на сградата;
- Възрастта на сградата и въздействията, на които е била подложена.

Параметри при проектиране, изследване и оценка на конструкциите

	Проектиране	Изследване	Оценка
Сеизмично въздействие (сили, максимално ускорение)	Дадено	Дадено	Ще бъде определено
Якост (носеца способност на отделните елементи)	Ще бъде определено	Дадено	Дадено
Дуктилност (премествания)	Дадено	Ще бъде определено	Дадено

2. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ЯПОНСКИЯ СТАНДАРТ ЗА СЕИЗМИЧНА ОЦЕНКА

Дефиниране на индекса на сеизмична осигуреност

Сеизмичен индекс на сградата

$$I_s = E_0 S_D T$$

E_0 – базов сеизмичен индекс

S_D – конструктивен индекс

T – индекс на стареене

$$E_0 = \phi C F$$

ϕ – етажен индекс

C – якостен индекс

F – дуктилен индекс

Определя се на всеки етаж, за всяко едно от главните направления на конструкцията

Граничен индекс на сеизмична осигуреност

$$I_{s0} = E_s Z G U$$

E_s – базов индекс на сеизмична осигуреност

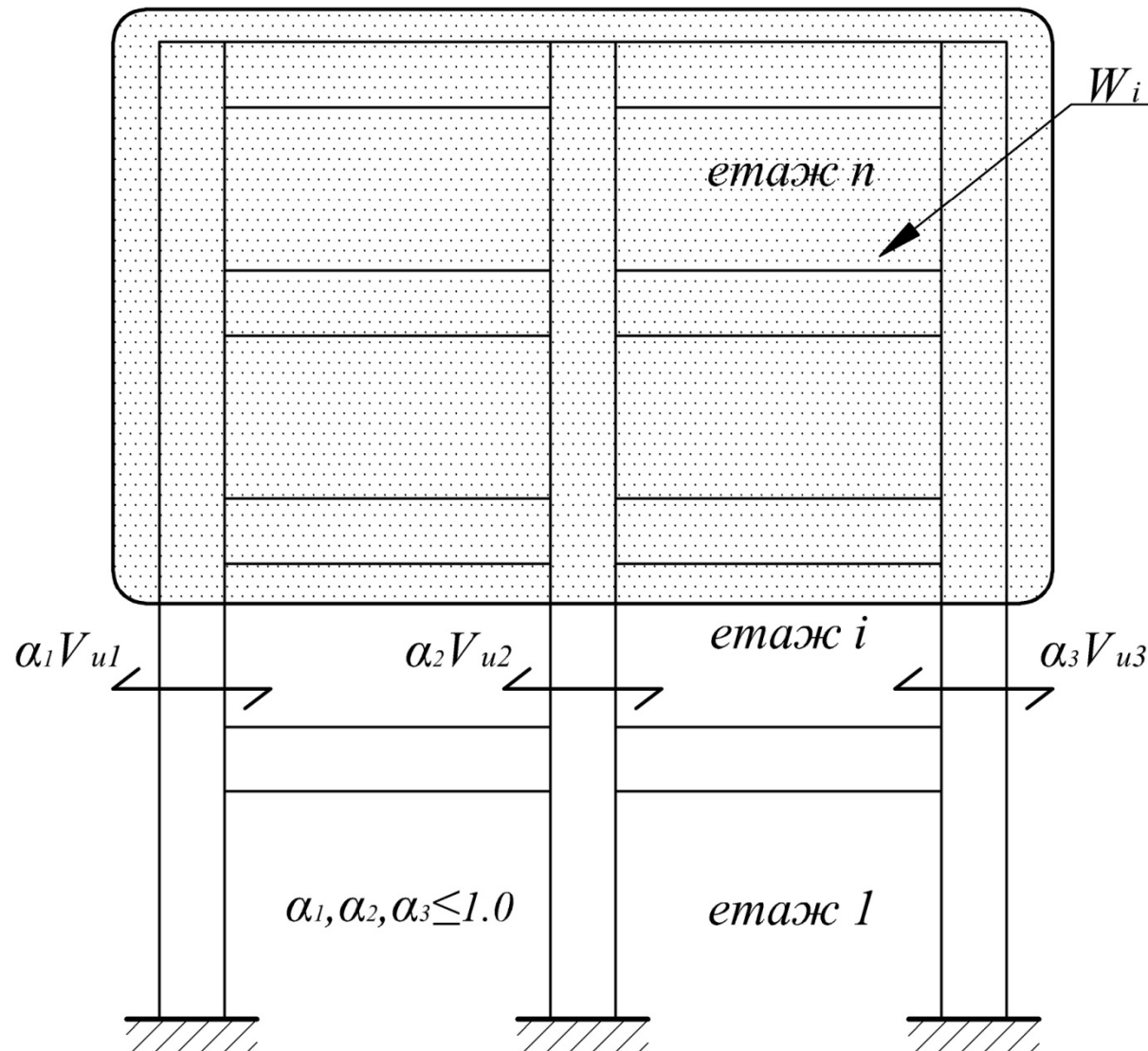
Z – сеизмичен коефициент

G – геоложки коефициент

U – коефициент на значимост

>

Якостен индекс – С и ϕ

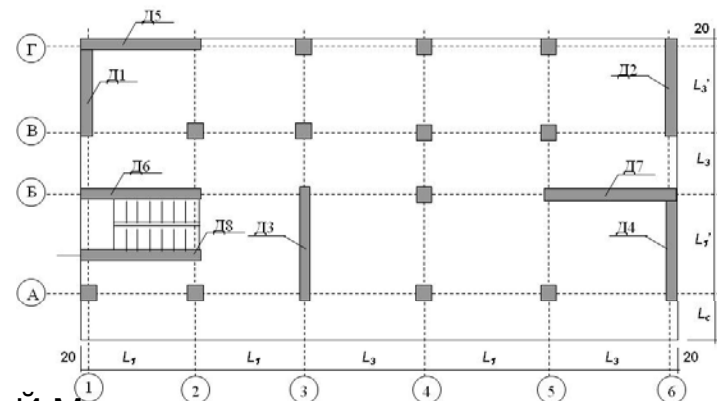
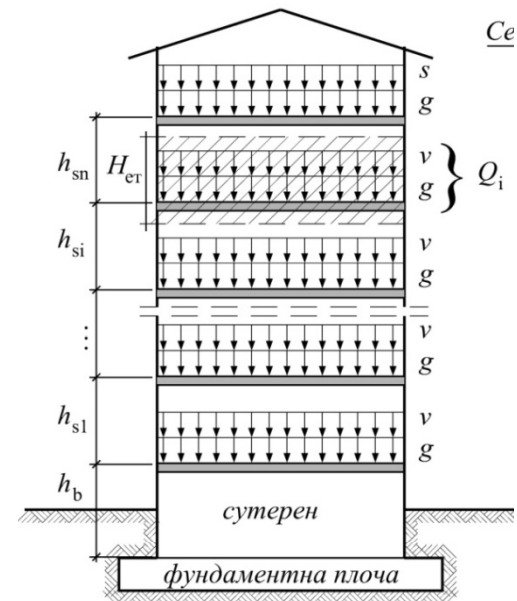
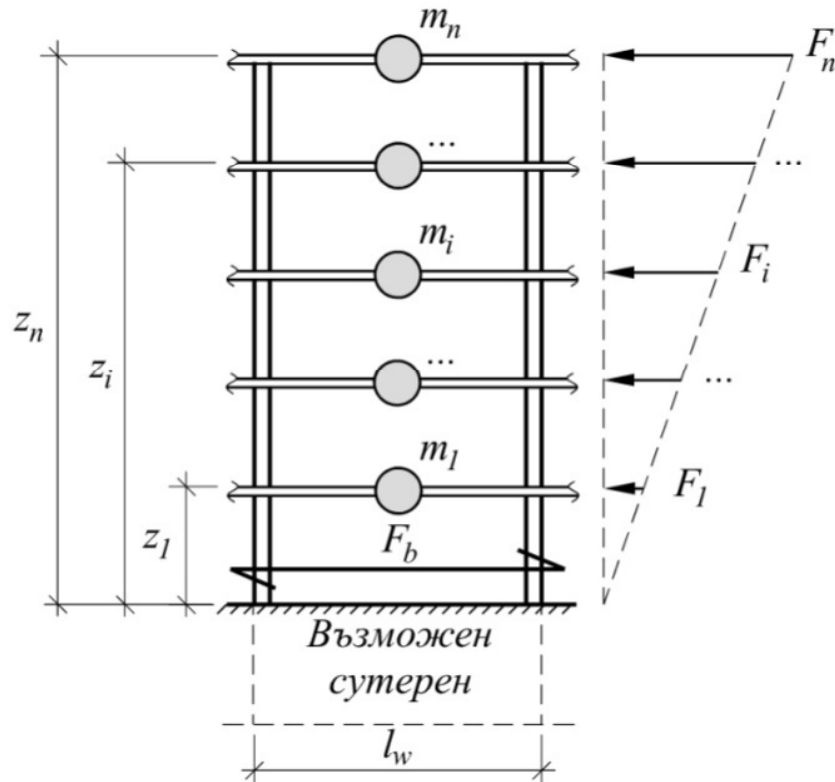


$$C = \frac{\sum_{j=1}^3 \alpha_j V_{uj}}{W_i}$$

$$\alpha_j \leq 1.0$$

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Дефиниция на метода на хоризонталните сили



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Метод на хоризонталните сили - определяне на периодите на срязващата сила при основата

Сеизмичната напречна сила в основата F_b за всяко от изследваните хоризонтални направления, се определя по следната формула:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

$S_d(T_1)$ е ординатата от изчислителния спектър при период T_1 ;

T_1 е основен собствен период на сградата за транслационно трептене в разглежданото направление;

m е общата маса на конструкцията над основата или над горния край на корав сутерен;

λ е корекционния коефициент, чиято стойност е равна на $\lambda = 0.85$, ако $T_1 \leq 2 T_c$ и сградата има повече от два етажа или $\lambda = 1$ във всички останали случаи.

Метод на хоризонталните сили - разпределение на срязващата сила при основата по височина

Хоризонталните сили F_i на нивото на етаж i , определят за всеки от двата равнинни модела по изследваните хоризонтални направления, се определят по формулата:

$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum_{j=1}^n z_j m_j} = F_b \phi$$

m_i, m_j са масите на етажите;

z_i, z_j са височините на масите m_i, m_j над нивото на прилагане на сеизмичното въздействие (фундамент или горен край на корав сутерен);

n е броят на етажите на сградата;

Етажен индекс

Базова дефиниция на етажния индекс:

За случая на идеализирана система с n степени на свобода, равномерно разпределение на етажни височини, маси и коравини, следователно и с приблизително линейна първа форма на свободни трептения

$$\phi = SDF \text{ response/story shear} = C_e / C_i$$

$$C_i = \frac{3(n+i)}{2(2n+1)}; \quad \phi = \frac{2(2n+1)}{3(n+i)}$$

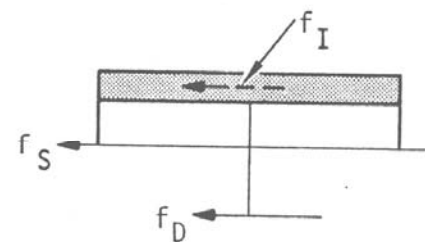
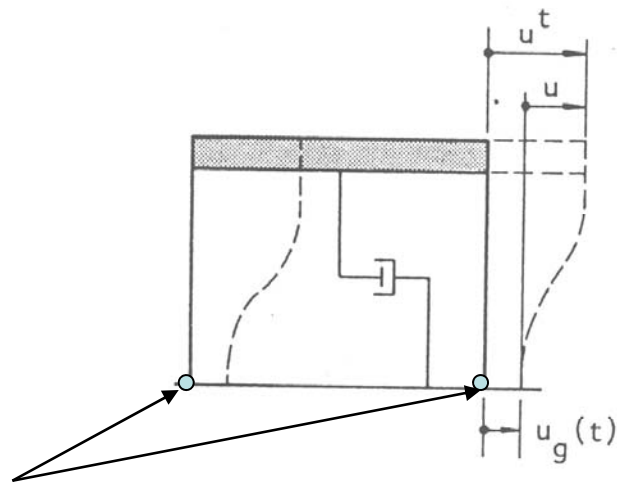
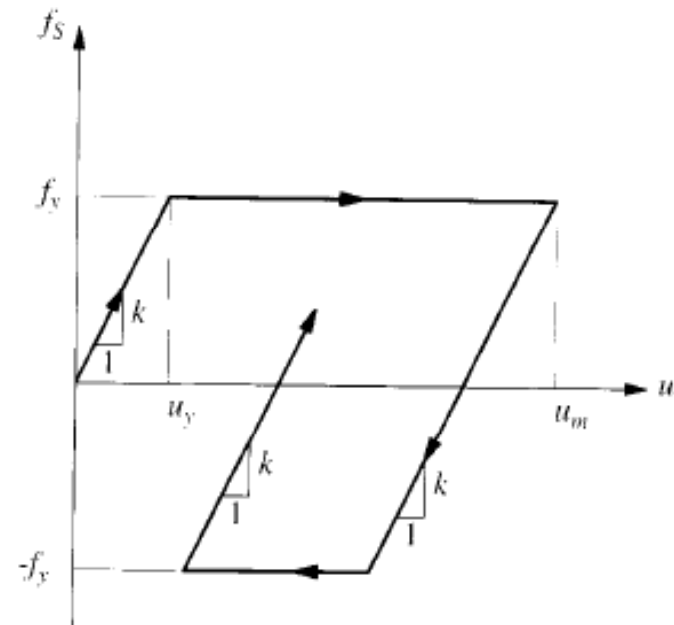
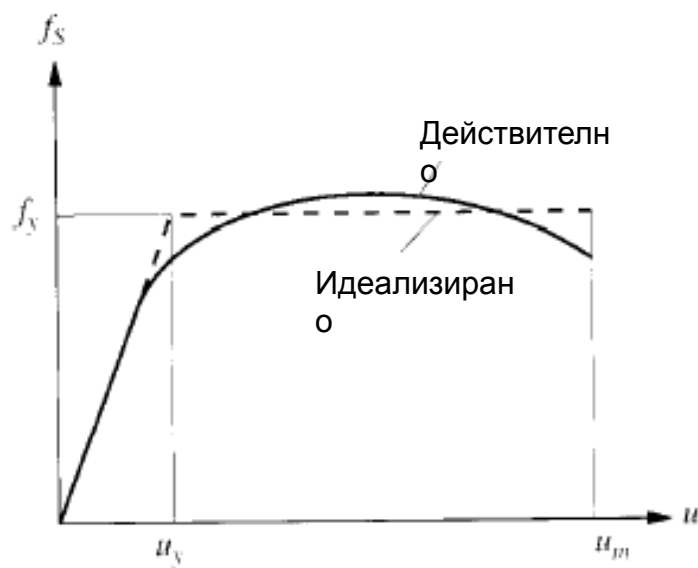
Модифицирана дефиниция на етажния индекс:

По-консервативна и може да се прилага и в случаите, когато не са изпълнени изискванията за приблизително линейна първа форма на свободни трептения.

$$\phi = base \text{ shear/story shear} = C_1 / C_i$$

$$\phi \approx \frac{n+1}{n+i}$$

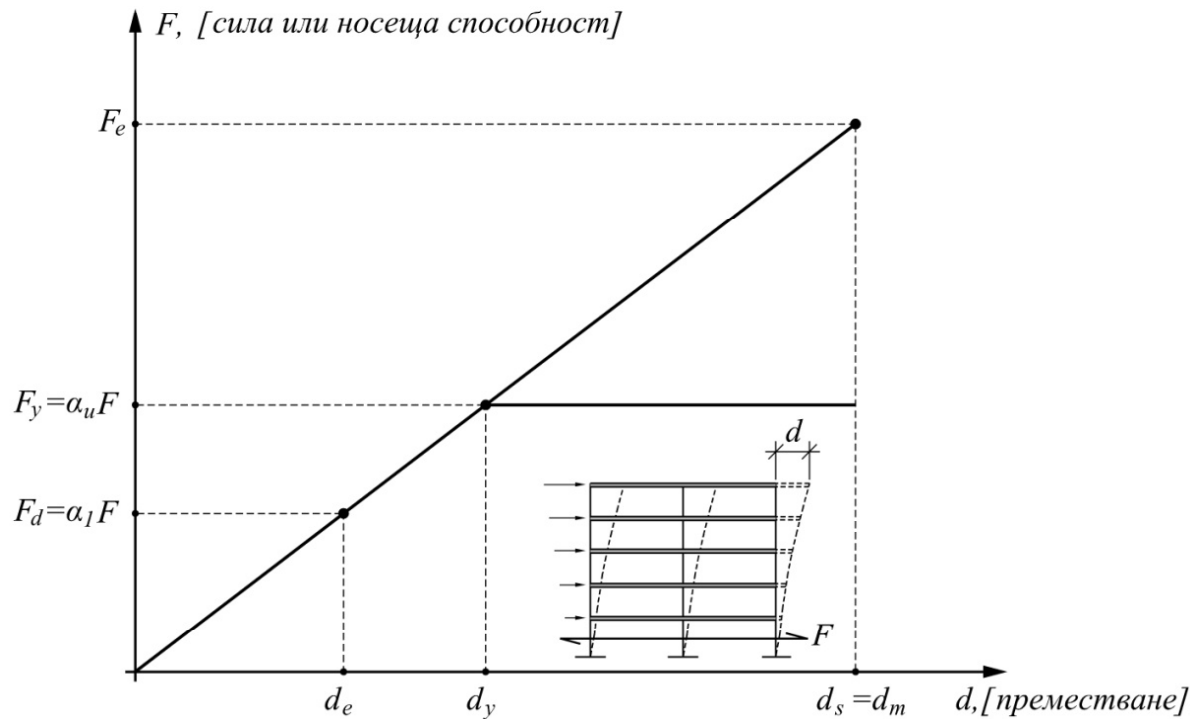
Еластопластична идеализация на СЕСС



Пластични
стави

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Коефициент на поведение (q) - дефиниция – връзка между носеща способност при провлачване и необходимата дуктилност

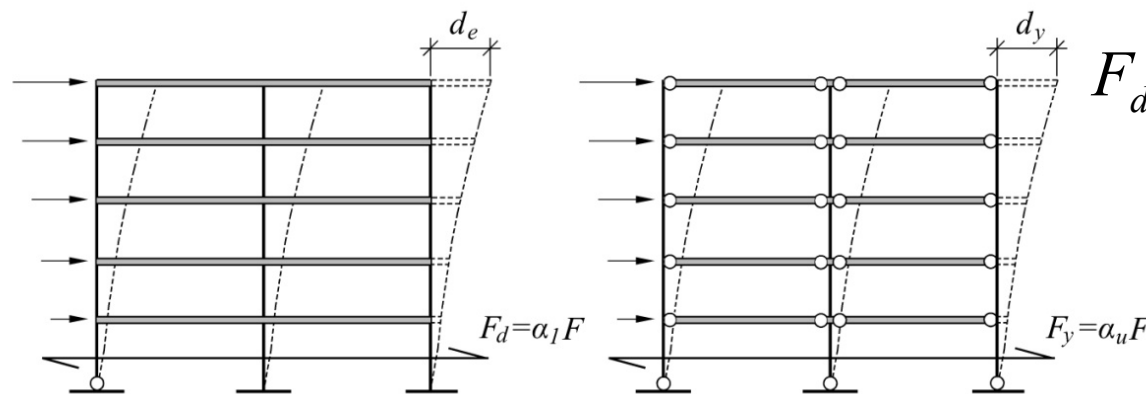


$$R_\mu = \frac{F_e}{F_y} = \frac{d_m}{d_y} = \mu$$

$$R_s = \frac{F_y}{F_d} = \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

$$R = \frac{F_e}{F_y} \cdot \frac{F_y}{F_d} = \frac{F_e}{F_d} = R_\mu R_s$$

$$q = R = R_\mu R_s$$



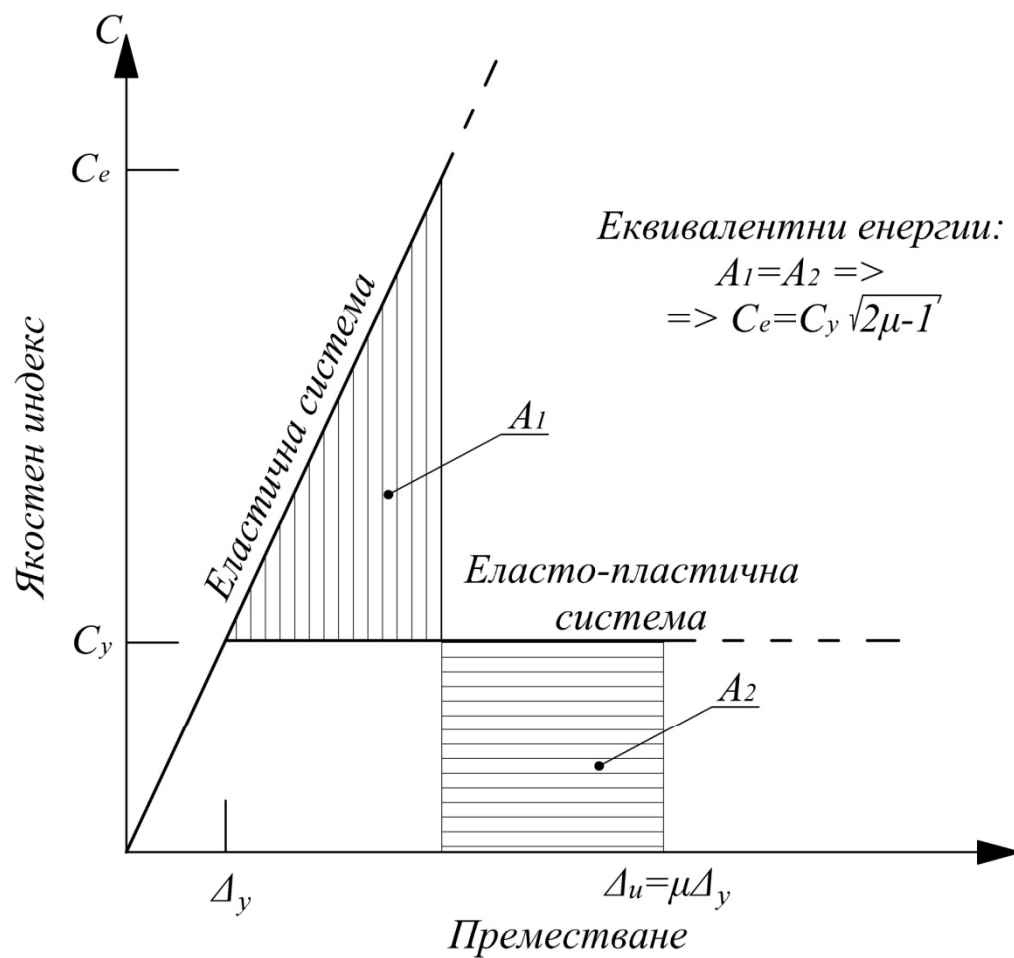
Първа пластична става

Съставил доц. Й. Милев -
Формиране на механизъм
L2_SR_2012

$$F_d = \frac{F_e}{q} \text{ или } S_d(T) = \frac{S_e(T)}{q}$$

$$d_s = d_m \approx q d_e$$

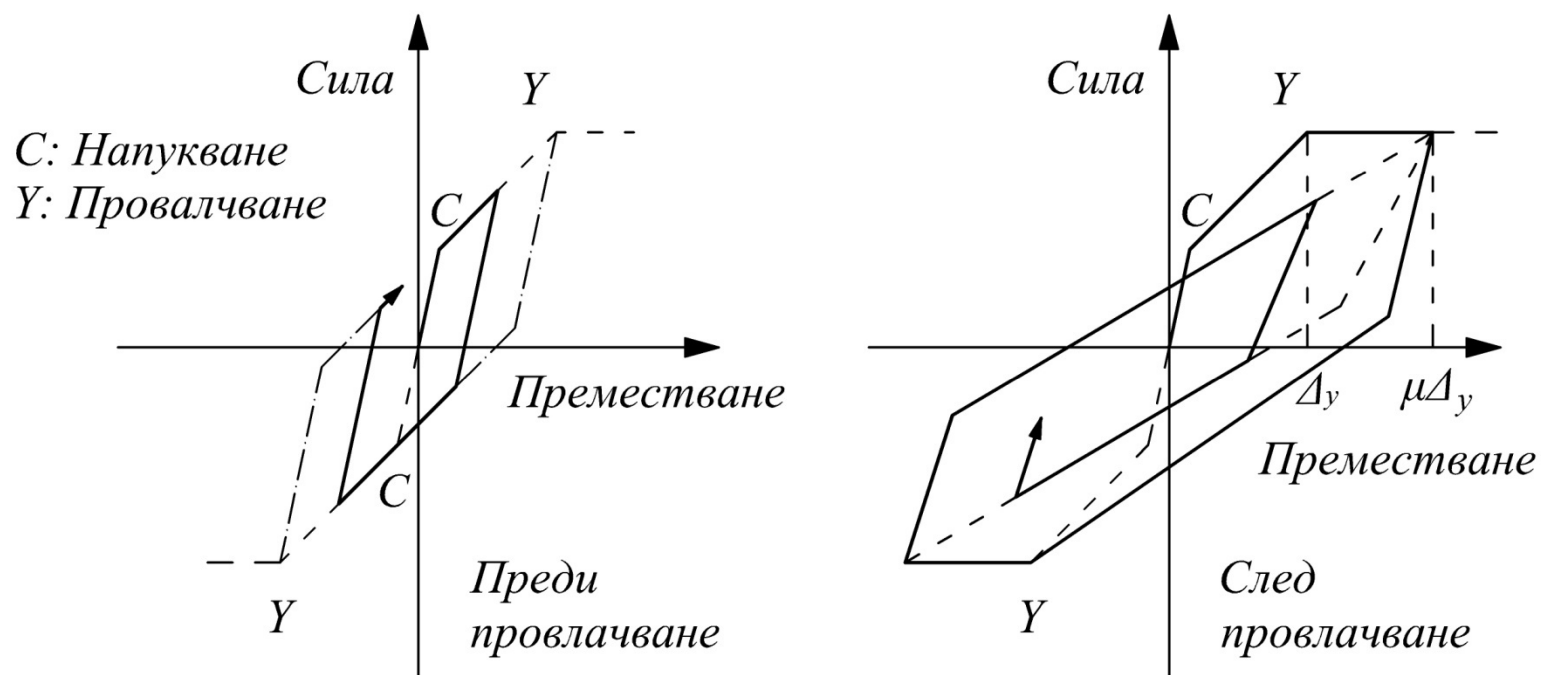
Дуктилен индекс F



$$F = \frac{\sqrt{2\mu - 1}}{0.75(1 + 0.05\mu)}$$

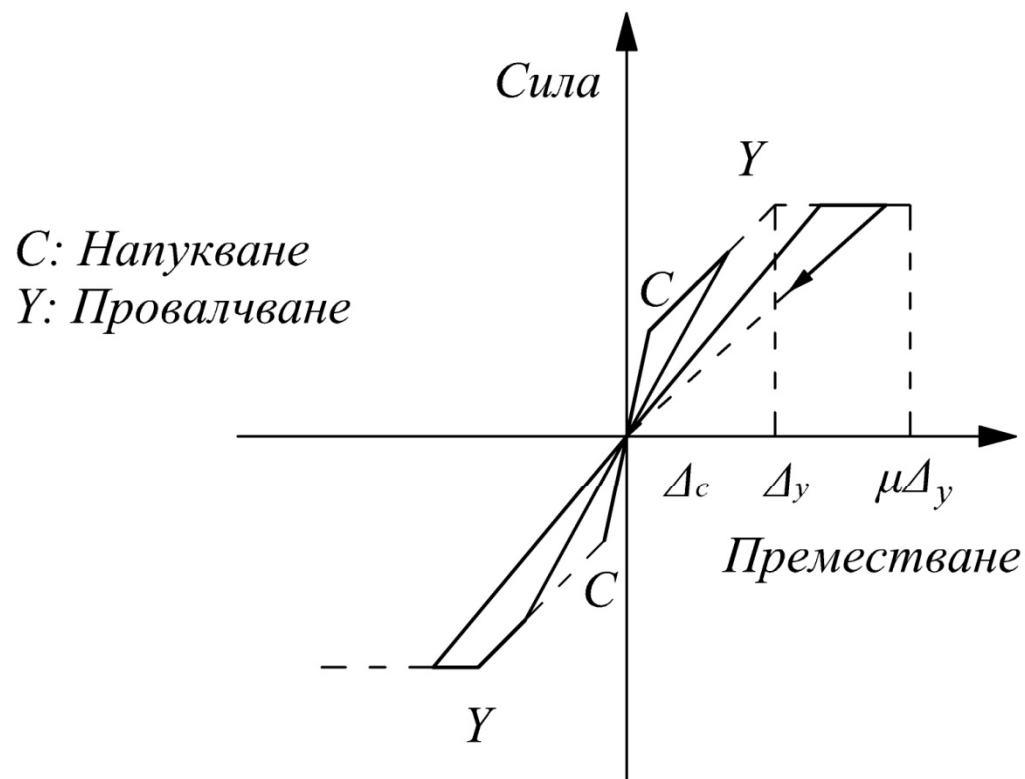
$$C_E = FC_y$$

Деградиращ три-линеен хистерезисен модел



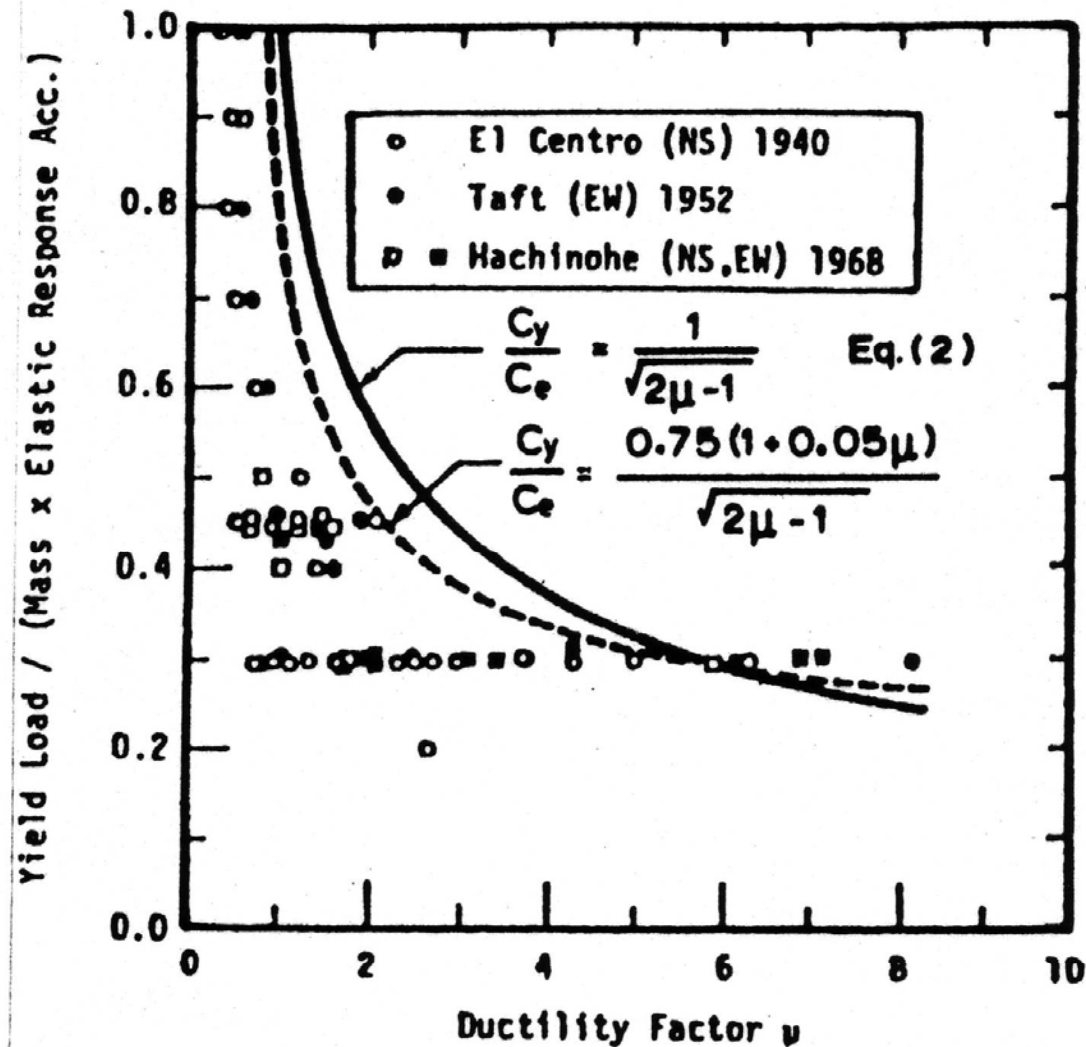
Подходящ за моделиране на дуктилни греди и колони

Три-линеен модел ориентиран към началото на координатната система



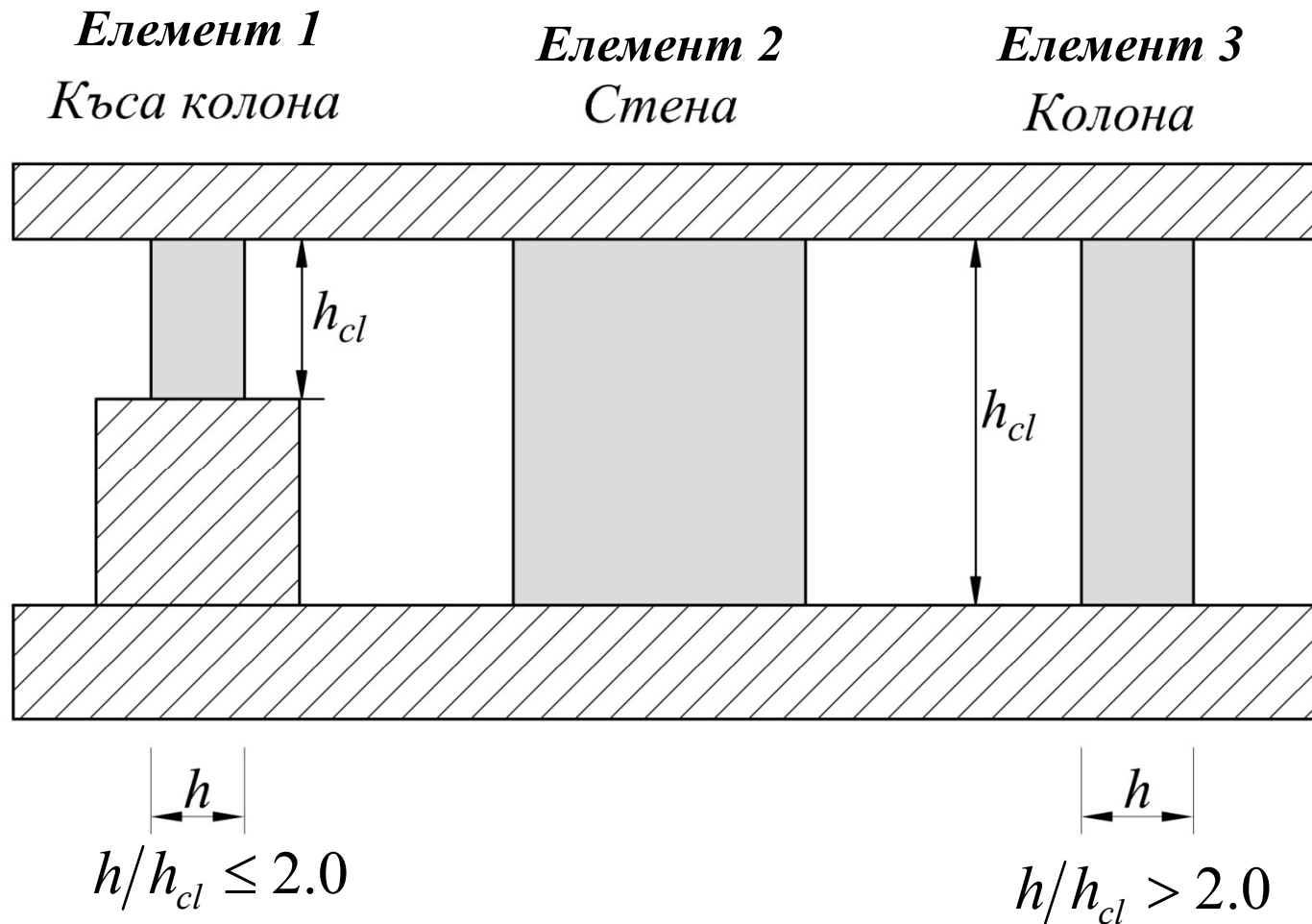
Подходящ за моделиране на крехки греди и колони, както и стени

Носеща способност при провлачване и съответните изисквания за дуктилност при деградиращ три-линеен хистерезисен модел

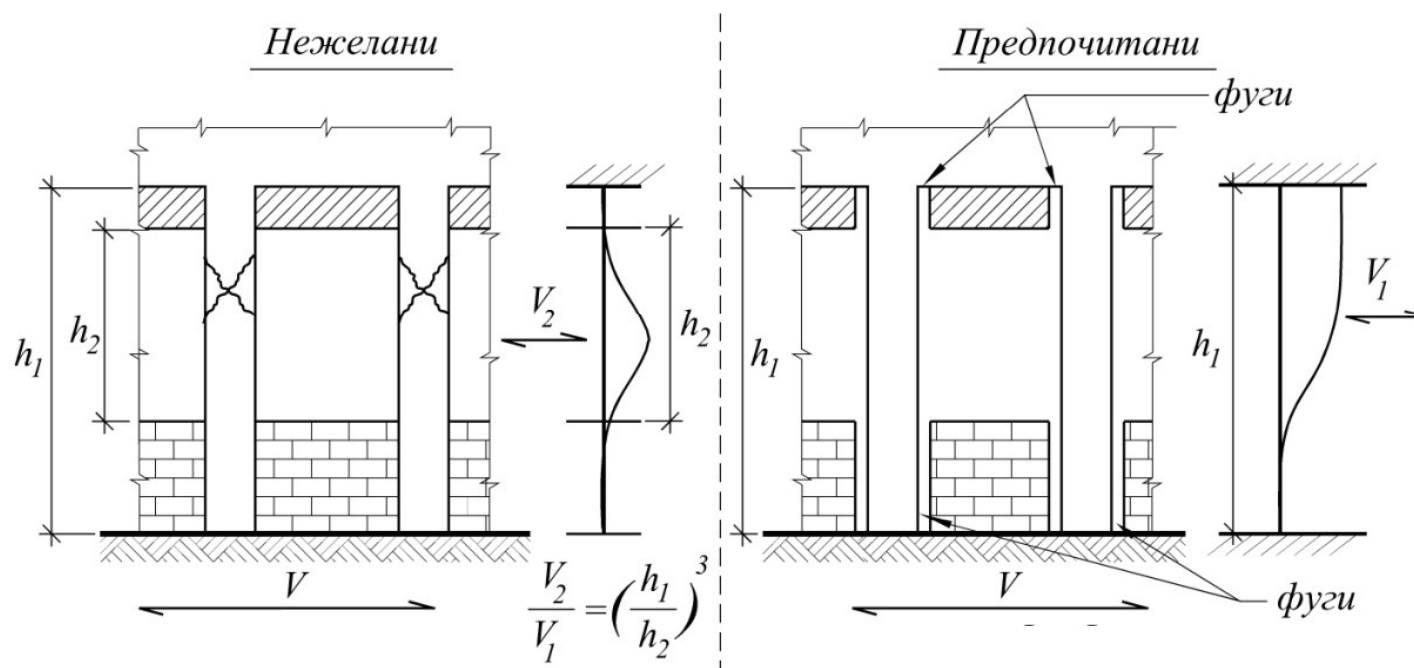


Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Опростен модел на етаж от сграда



Проблеми с къси колони

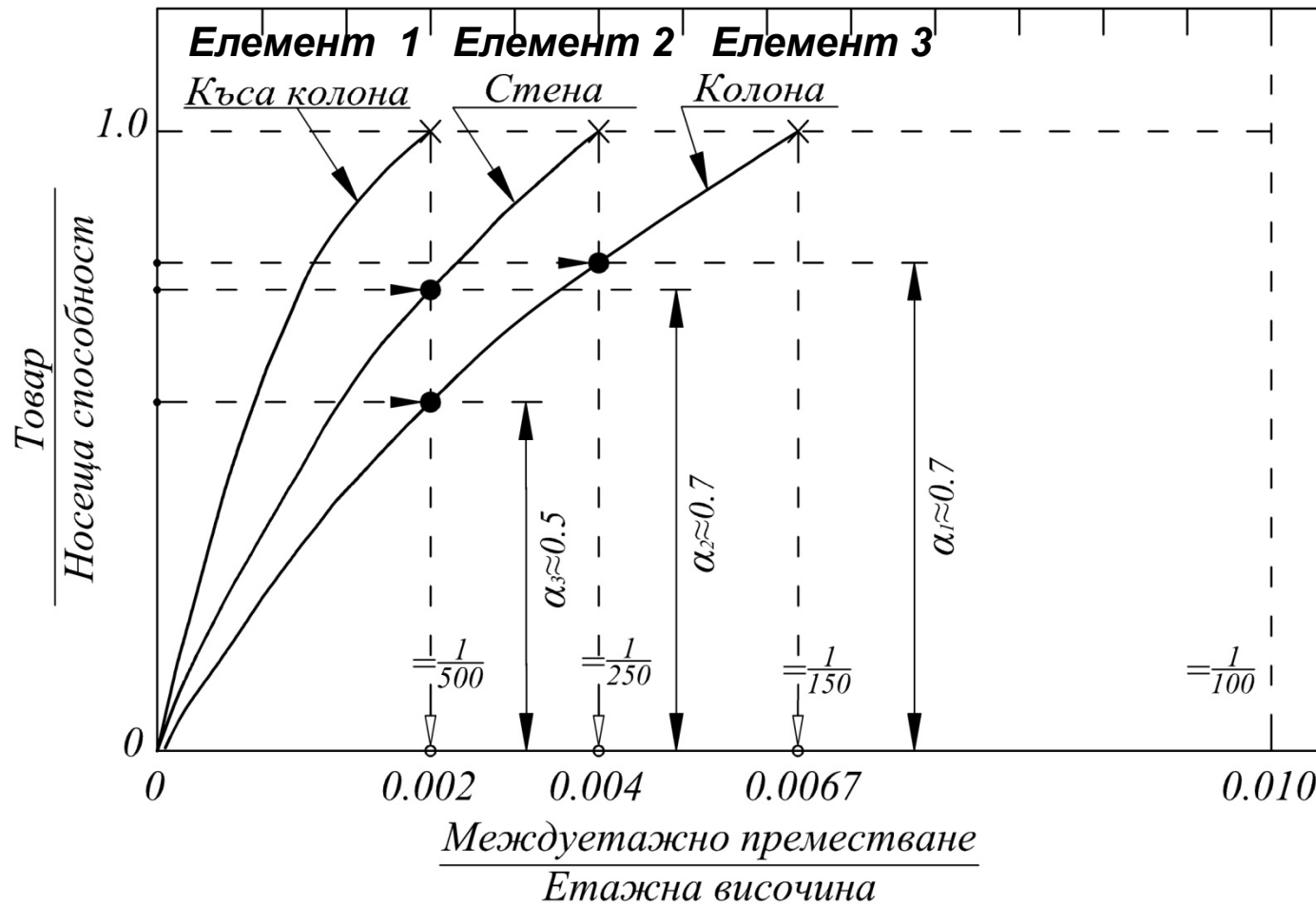


Напълно разрушен етаж в жилищна сграда със скъсени колони при земетресението в Кобе 1995г



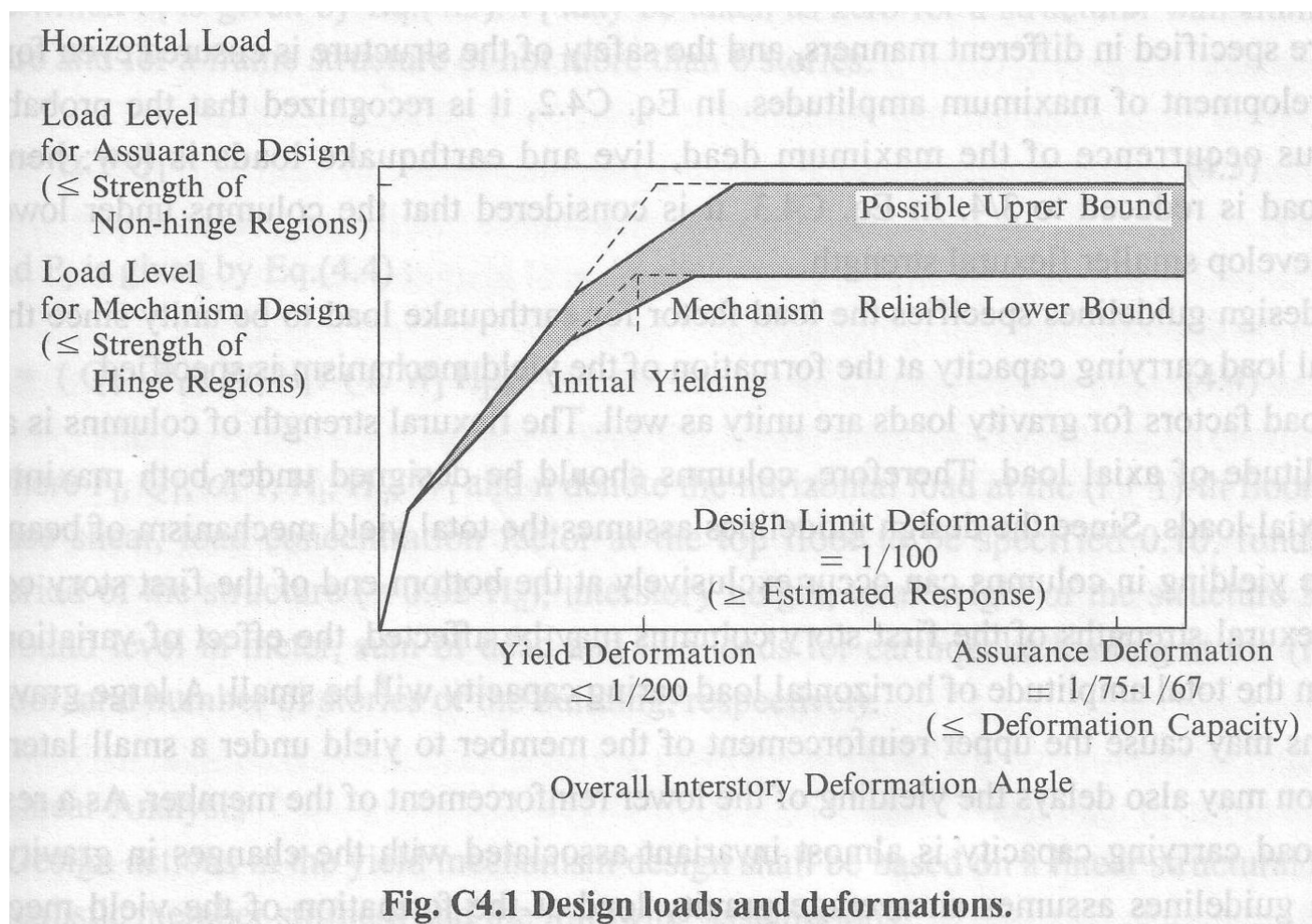
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Приети зависимости сила-преместване за основните носещи елементи, поемащи сеизмичната сила

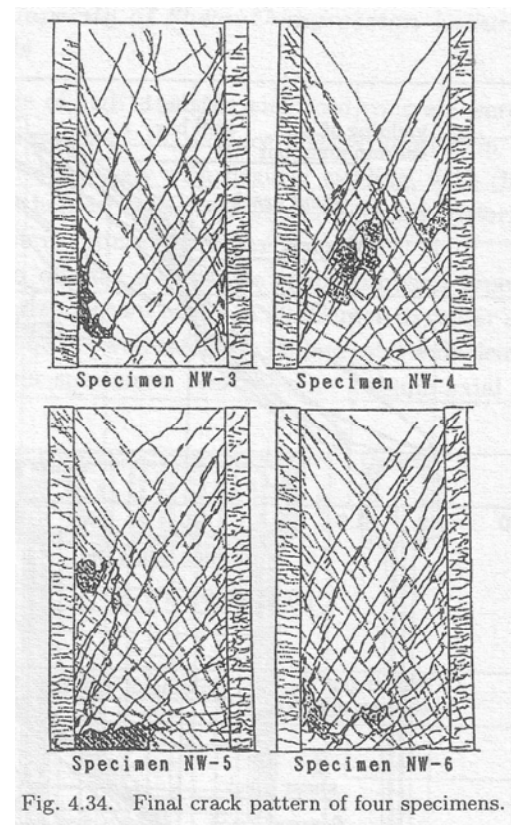
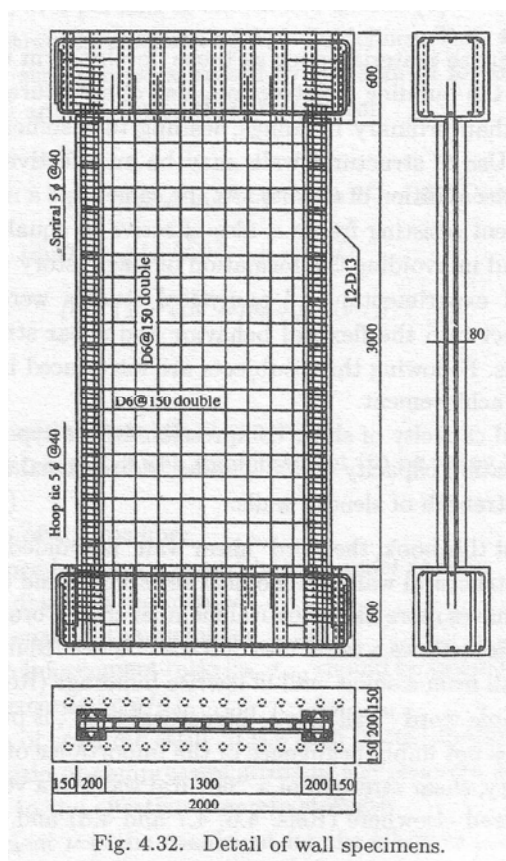


Съставил доц. Й.Милев -
 L2_SR_2012

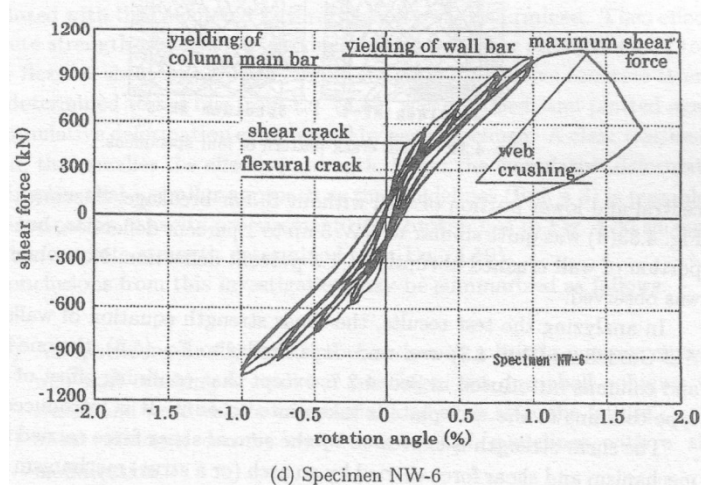
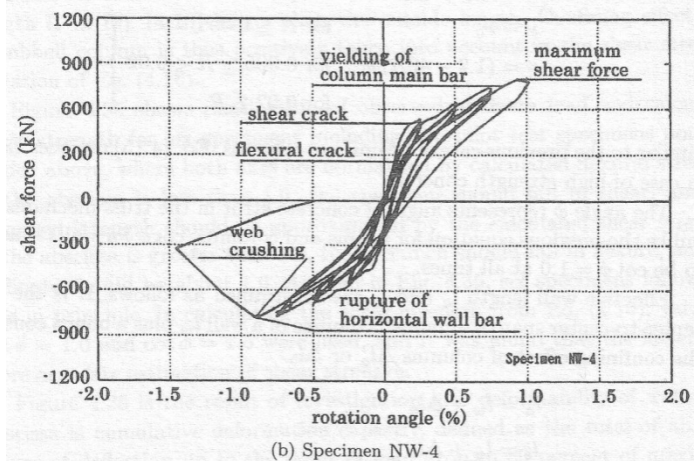
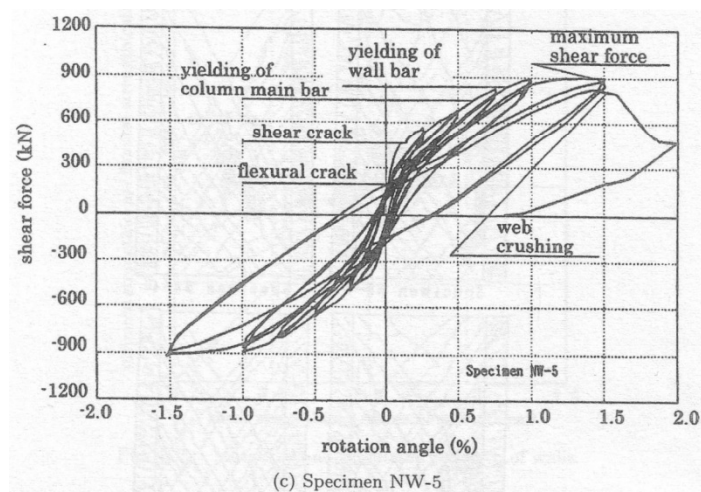
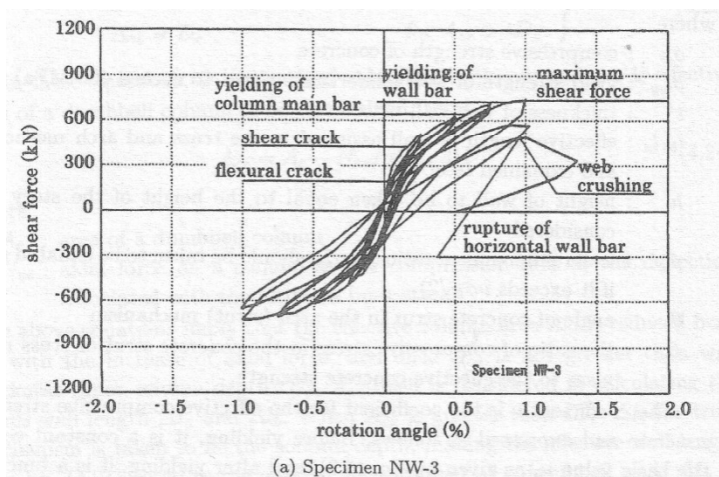
Гранични относителни премествания – японски норми



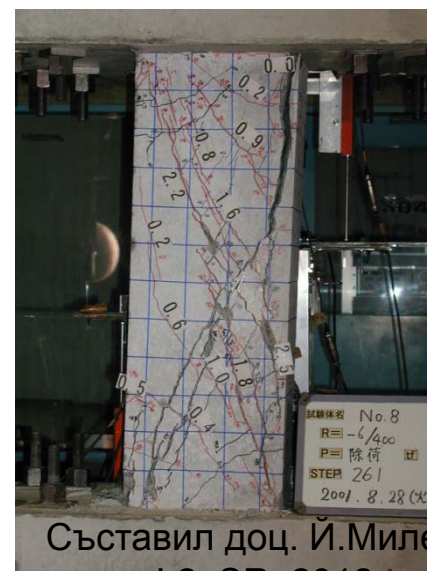
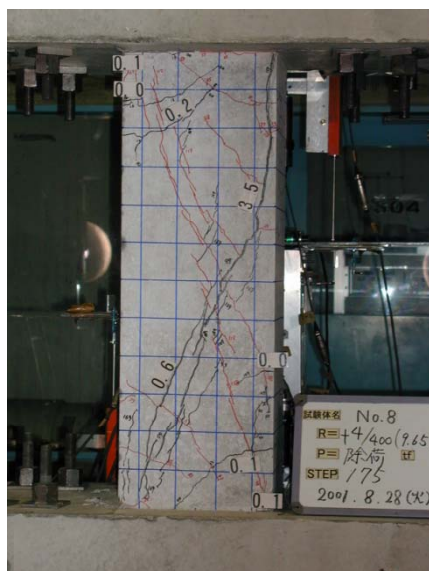
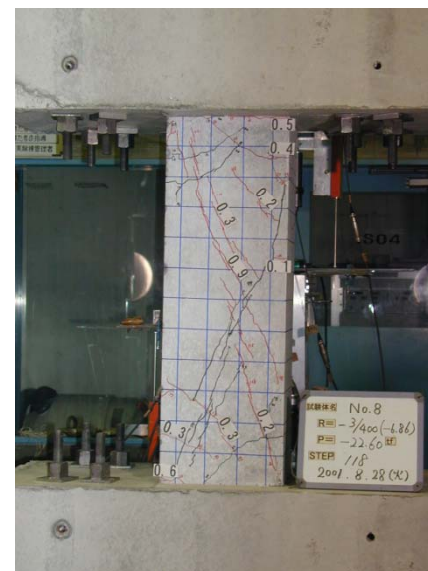
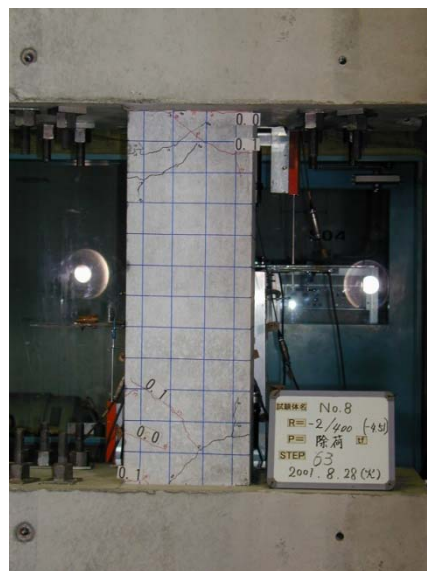
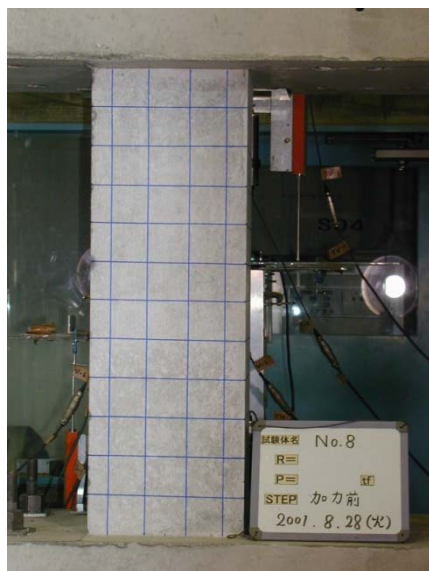
Данни от експерименти за стени - образци



Данни от експерименти за стени - резултати

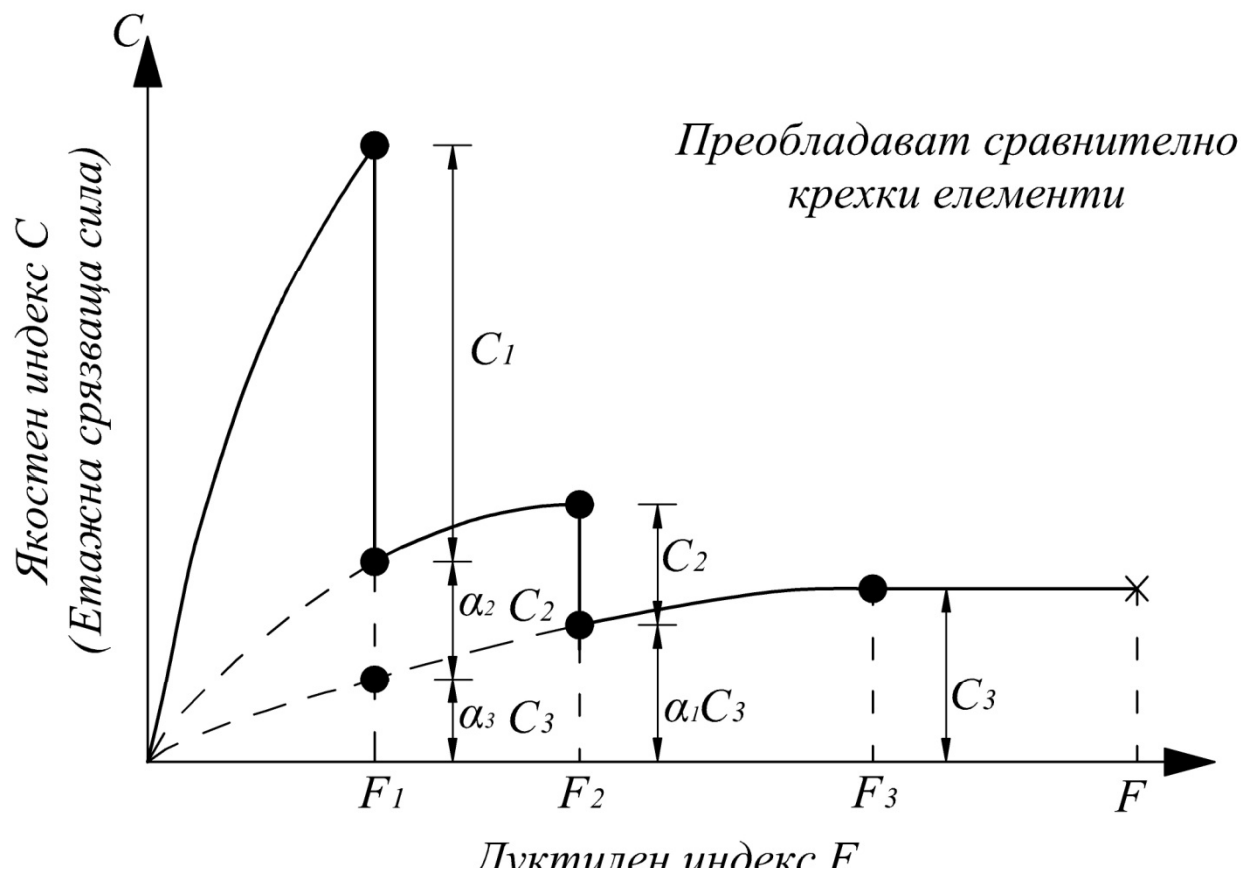


Разрушение на колони при гранични междуетажни премествания



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

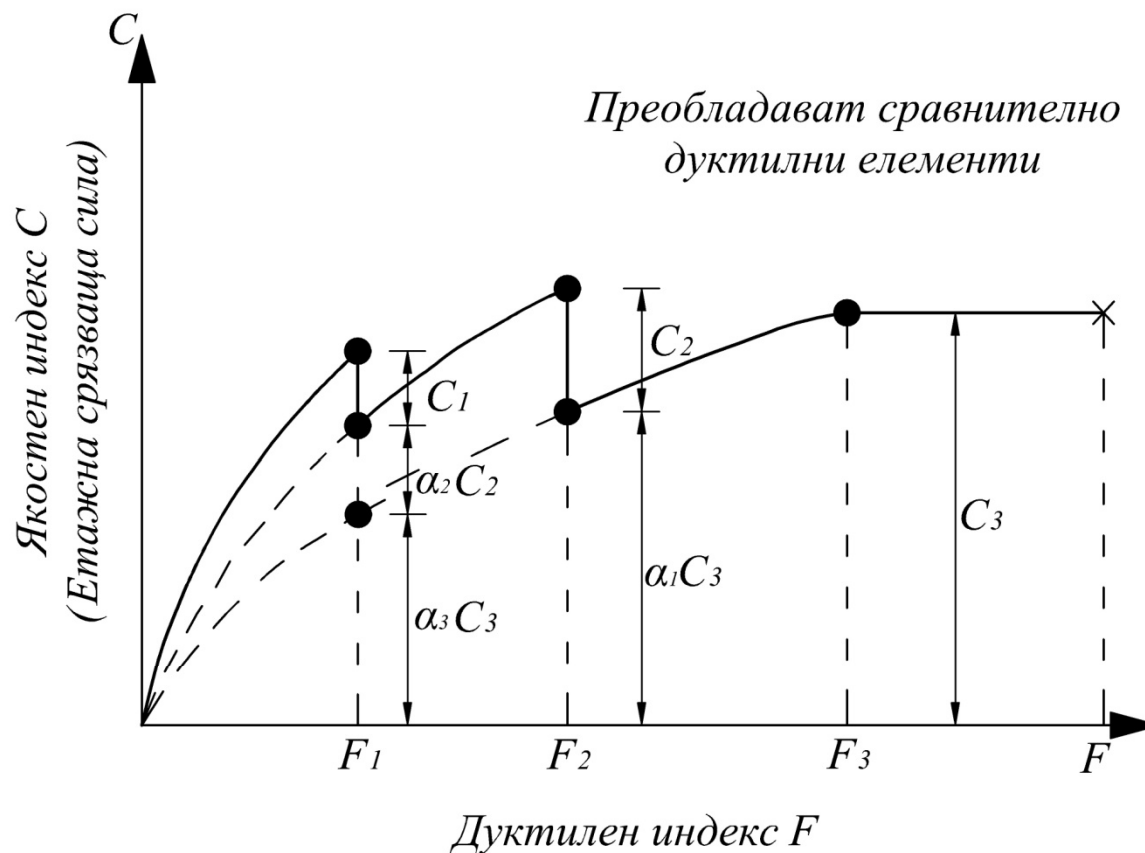
Комбинация на индексите - доминират крехки елементи



$$E_0 = \phi(C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3) F_1$$

$$E_0 = \phi \sqrt{(C_1 F_1)^2 + (C_2 F_2)^2 + (C_3 F_3)^2}$$

Комбинация на индексите - доминират дуктилни елементи

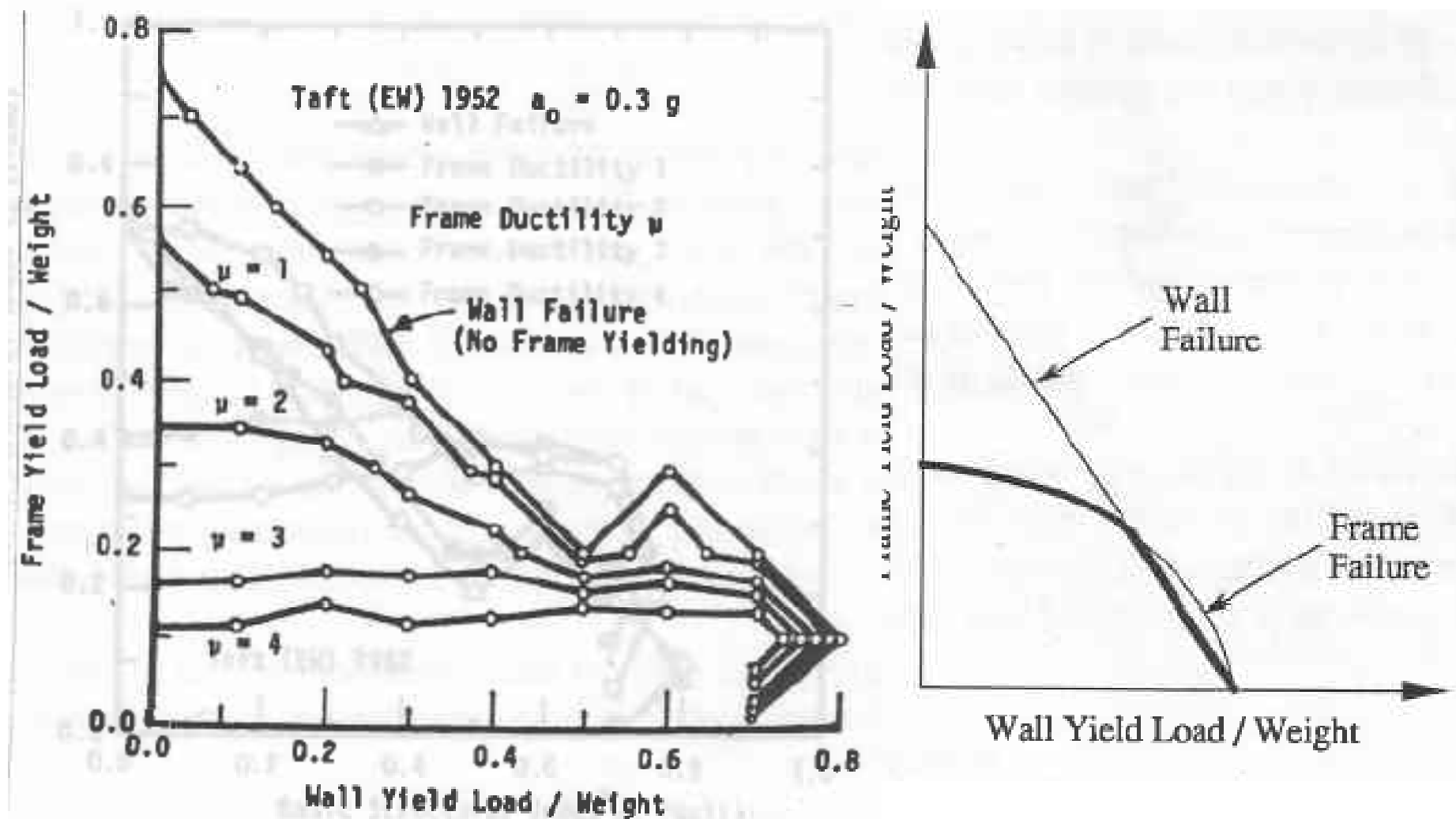


$$E_0 = \phi \sqrt{(C_1 F_1)^2 + (C_2 F_2)^2 + (C_3 F_3)^2}$$

$$E_0 = \phi (C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3) F_1$$

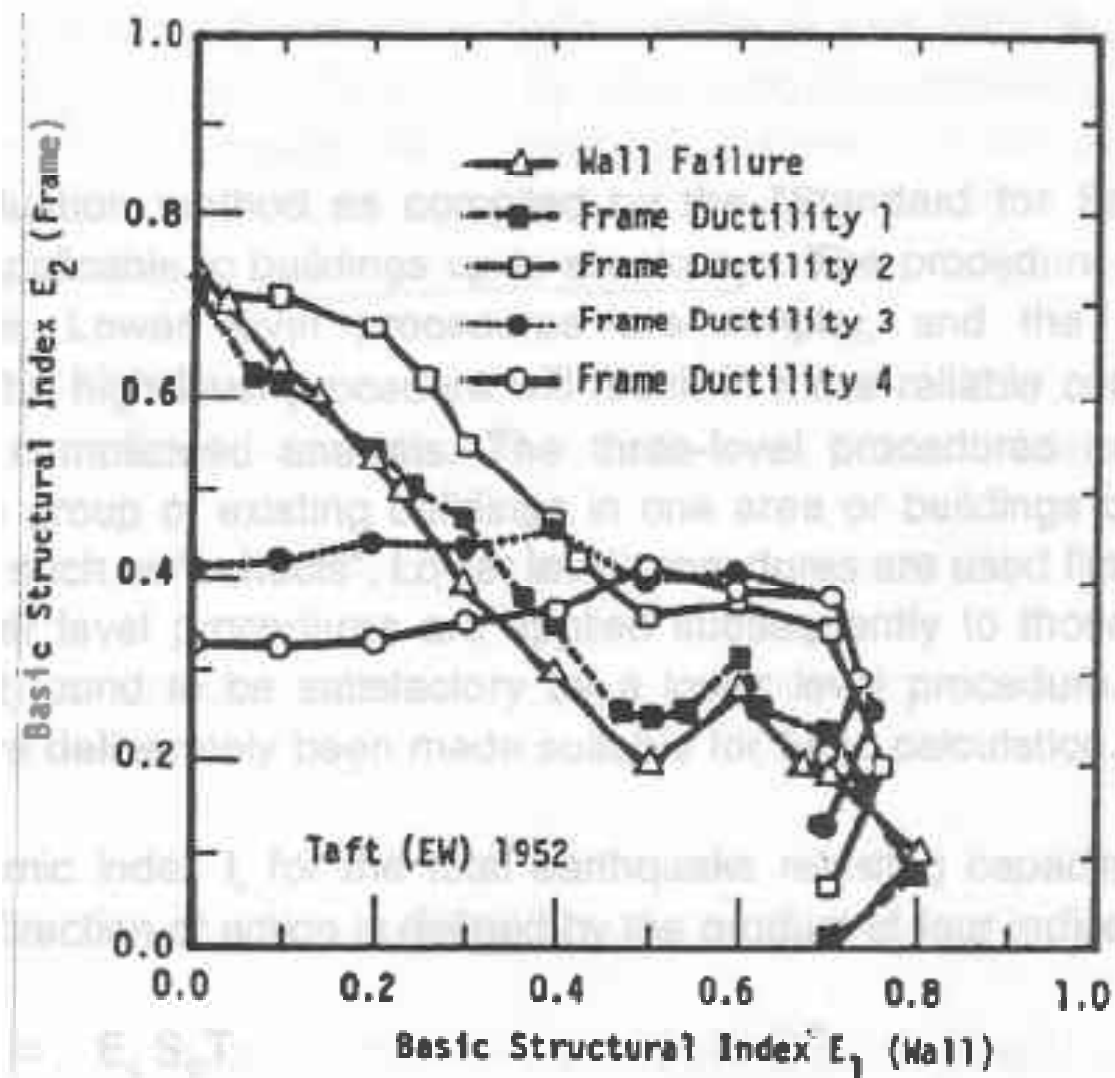
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Сеизмично нелинейно реагиране на смесена система



Съставил доц. И.Милев -
L2_SR_2012

Комбинация на индексите при нелинейно сеизмично реагиране



Съставил доц. И.Милев -
L2_SR_2012

Конструктивен индекс S_D

- Варира между 0.4 – 1.2
- Отчита:
 - Некомпактна форма на сградата в план и по височина
 - Конструктивна нерегулярност в план и по височина
 - Нерегулярност на масите и коравините в план и по височина

Индекс на стареене T

- Варира от 0.5 до 1.0
- Отчита:
 - Възраст на сградата;
 - Пукнатини предизвикани от съсъхване и предишни претоварвания;
 - Премествания от неравномерно слягане на основите;
 - Старееене на конструктивните материали;
 - Предишни повреди от пожари;
 - Евентуална химическа корозия

Индекс на сеизмична осигуреност

$E_s = 0.8$ (за първо ниво на процедурата)

$= 0.6$ (за второ и трето ниво на процедурата)

$= 1.0$ (за усилена конструкция)

Z - коефициент, зависещ от сеизмичното райониране $Z \geq 0.7$

G - коефициент, отчитащ почвените условия, топографските условия и взаимодействието почва-конструкция
 $0.75 \leq G \leq 2.0$

U - коефициент на значимост,
 $U \geq 1.0$

Граничен индекс на сеизмична осигуреност

$$I_{s0} = E_s Z G U$$

E_s – базов индекс на сеизмична осигуреност

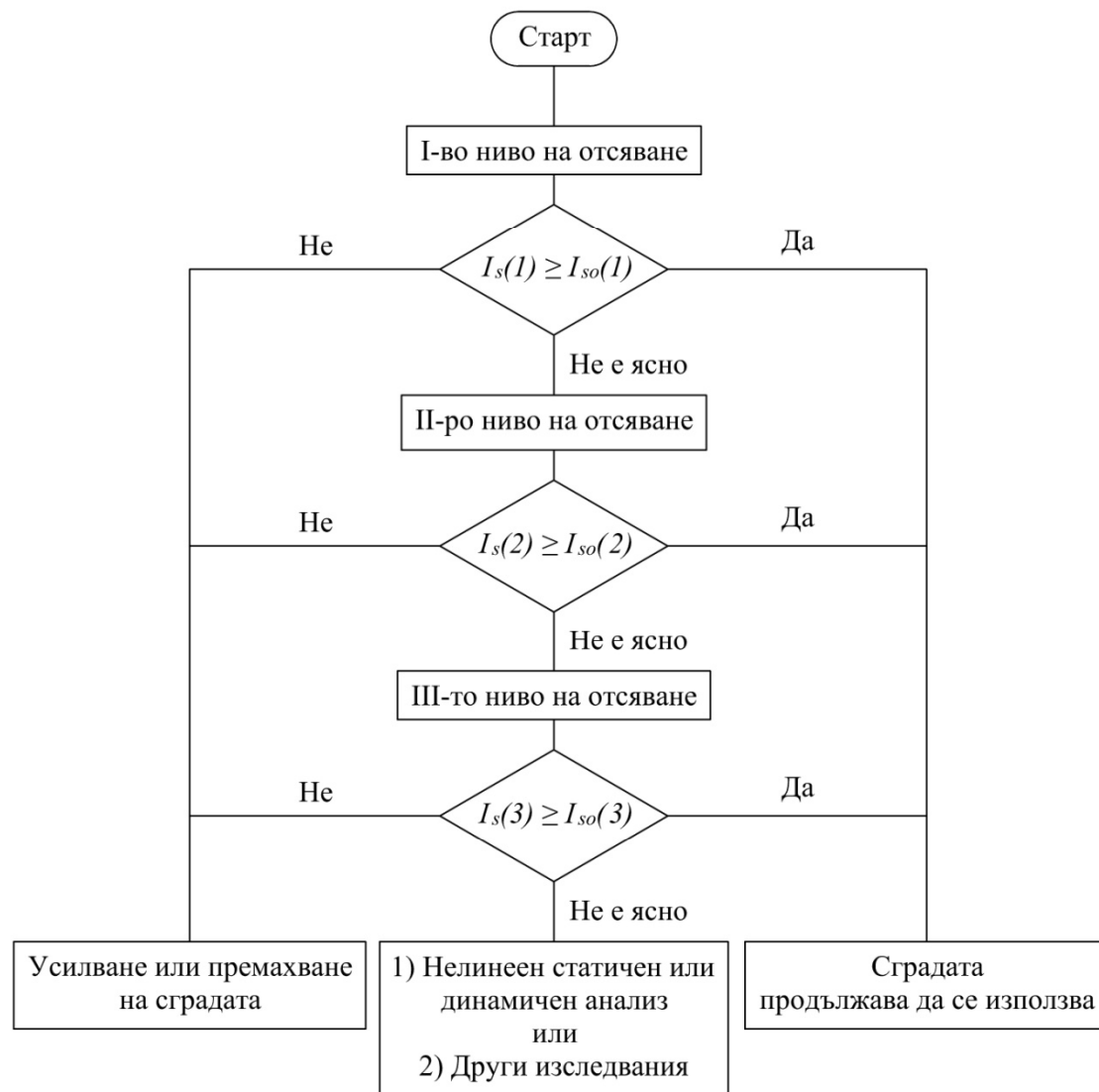
Z – сеизмичен коефициент

G – геоложки коефициент

U – коефициент на значимост

2. ПРОЦЕДУРА НА ЯПОНСКИЯ СТАНДАРТ ЗА СЕИЗМИЧНА ОЦЕНКА

Обща блок-схема за сеизмична оценка на съществуващи сгради



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Сеизмичен индекс на конструкцията

Индексът на сеизмична сигурност на сградата на всеки етаж, за всяко едно от главните направления на въздействието, I_s , се определя като произведение на три индекса:

$$I_s = E_0 S_d T \quad (1)$$

където: E_0 - базов индекс на сеизмична сигурност;

S_d - конструктивен индекс

T - индекс на стареене

Базов индекс E_0

Базовият индекс на сеизмична осигуреност, E_0 , по принцип може да бъде получен като произведение на три индекса:

$$E_0 = CF\varphi \quad (2)$$

където: C – якостен индекс (индекс на носещата способност);

F – дуктилен индекс, различен за различните елементи от различните нива на процедурата

$\varphi = (n + 1)/(n + i)$ – етажен индекс;

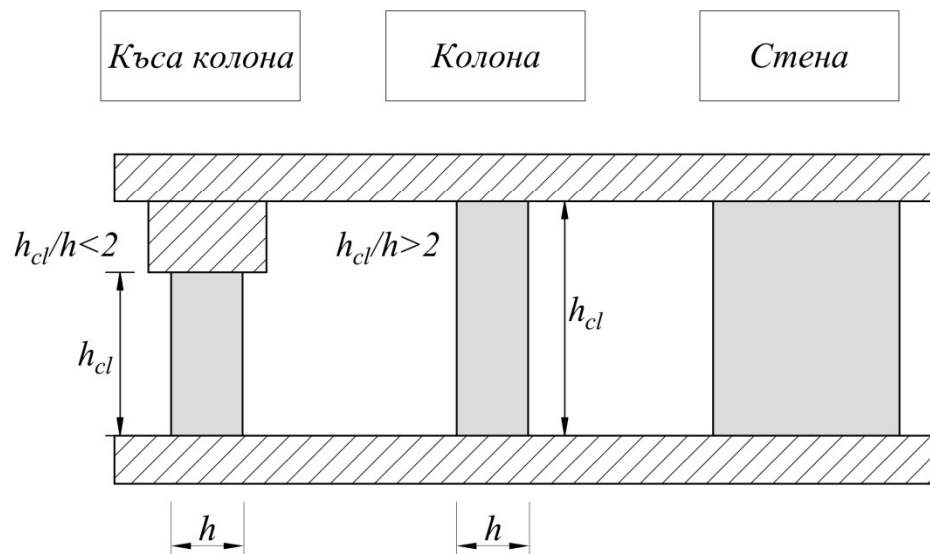
n – брой етажи; i – номер на разглеждания етаж отдолу нагоре;

Блок-схема за всички нива на отсяване



I НИВО НА ОТСЯВАНЕ (ПЪРВО НИВО НА ПРОЦЕДУРАТА)

Първо ниво на процедурата – единични якости и F



Единична якост (σ_u)	1.5 MPa	1.0 MPa ($h_{cl}/h < 6.0$) 0.7 MPa ($h_{cl}/h > 6.0$)	 3.0 MPa 2.0 MPa 1.0 MPa
Дуктилен индекс (F)	0.8	1.0	1.0

Таблица 2. Класификация на вертикалните елементи
и дуктилни индекси за първо ниво на отсяване

Дефиниция	Дуктилен индекс F
Стоманобетонни колони, за които $h_{cl}/h_c > 2$	1.0
Стоманобетонни колони, за които $h_{cl}/h_c \leq 2$	0.8
Стоманобетонни стени със или без периферни колони	1.0

Якостни индекси С

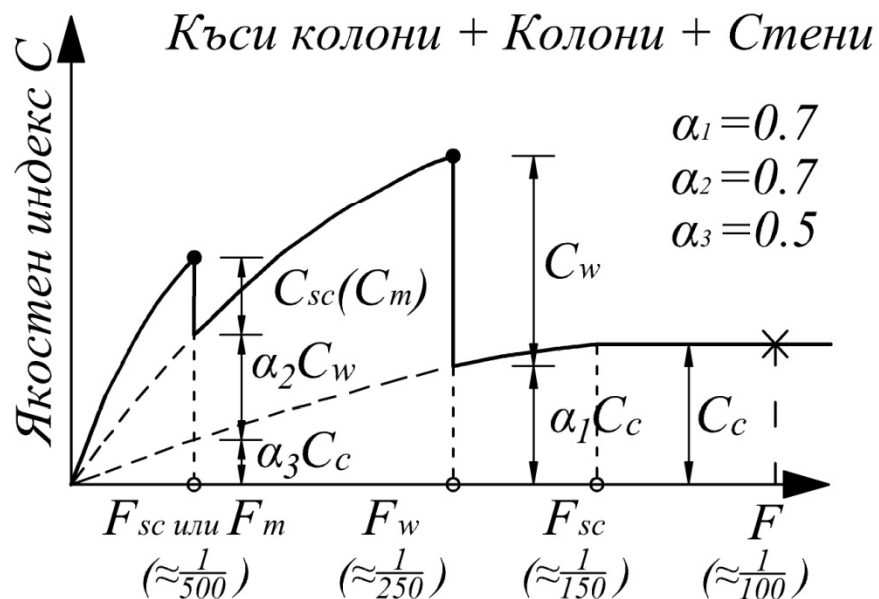
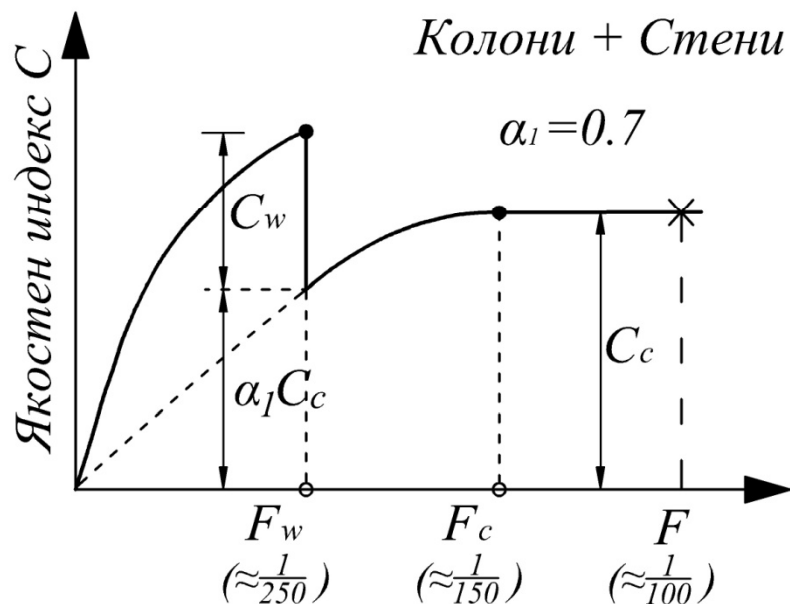
$$C_{sc} = \frac{f_c}{20} \cdot (1,5 \cdot \sum A_{sc}) / W \quad (3)$$

$$C_w = \frac{f_c}{20} \cdot (3,0 \cdot \sum A_{w1} + 2,0 \cdot \sum A_{w2} + 1,0 \cdot \sum A_{w3}) / W \quad (4)$$

$$C_c = \frac{f_c}{20} \cdot (1,0 \cdot \sum A_{c1} + 0,7 \cdot \sum A_{c2}) / W \quad (5)$$

$f_c [MPa]; W [N];$ *всички площи $[mm^2]$*

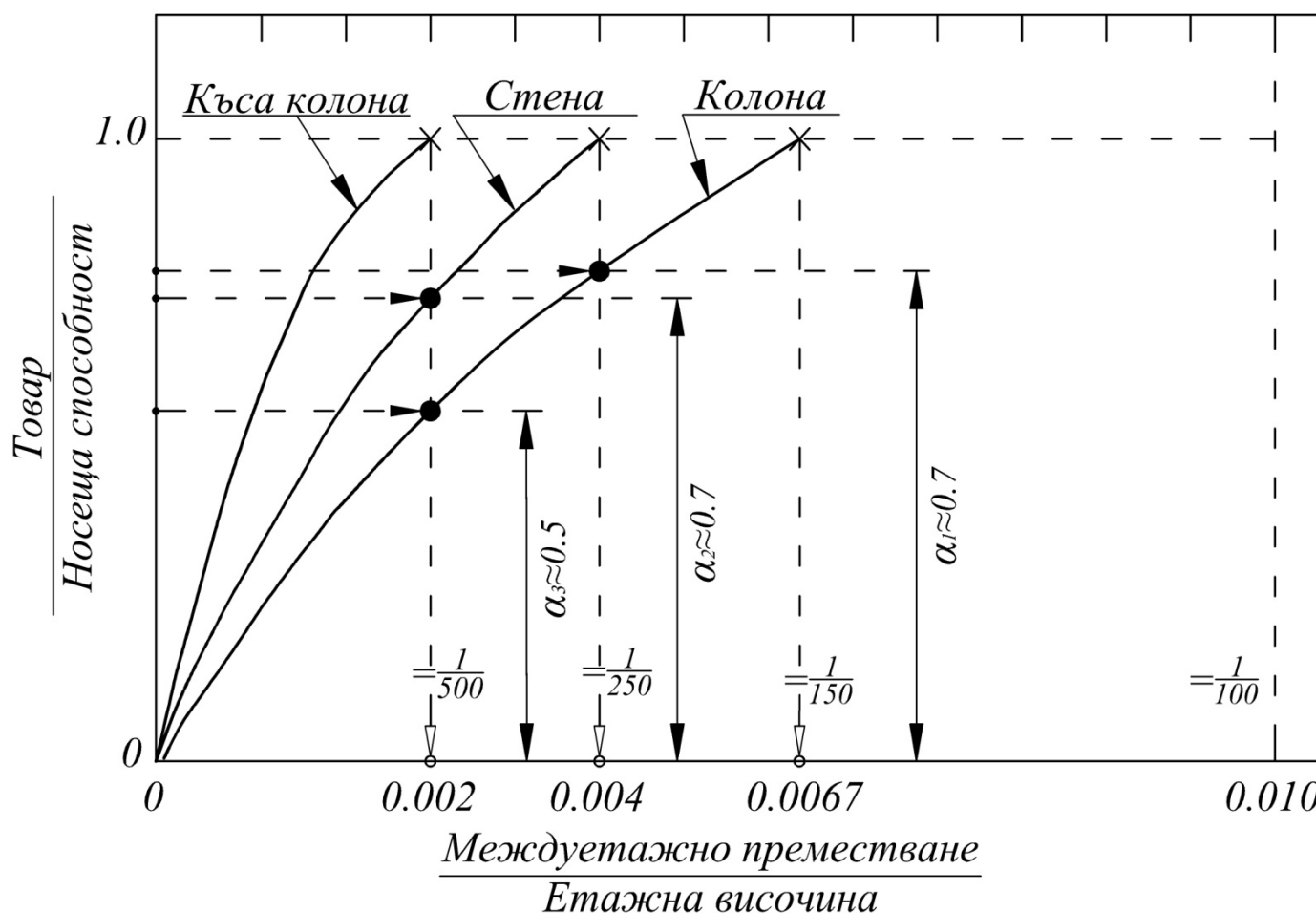
Получаване на базовия индекс (комбинация индексите)



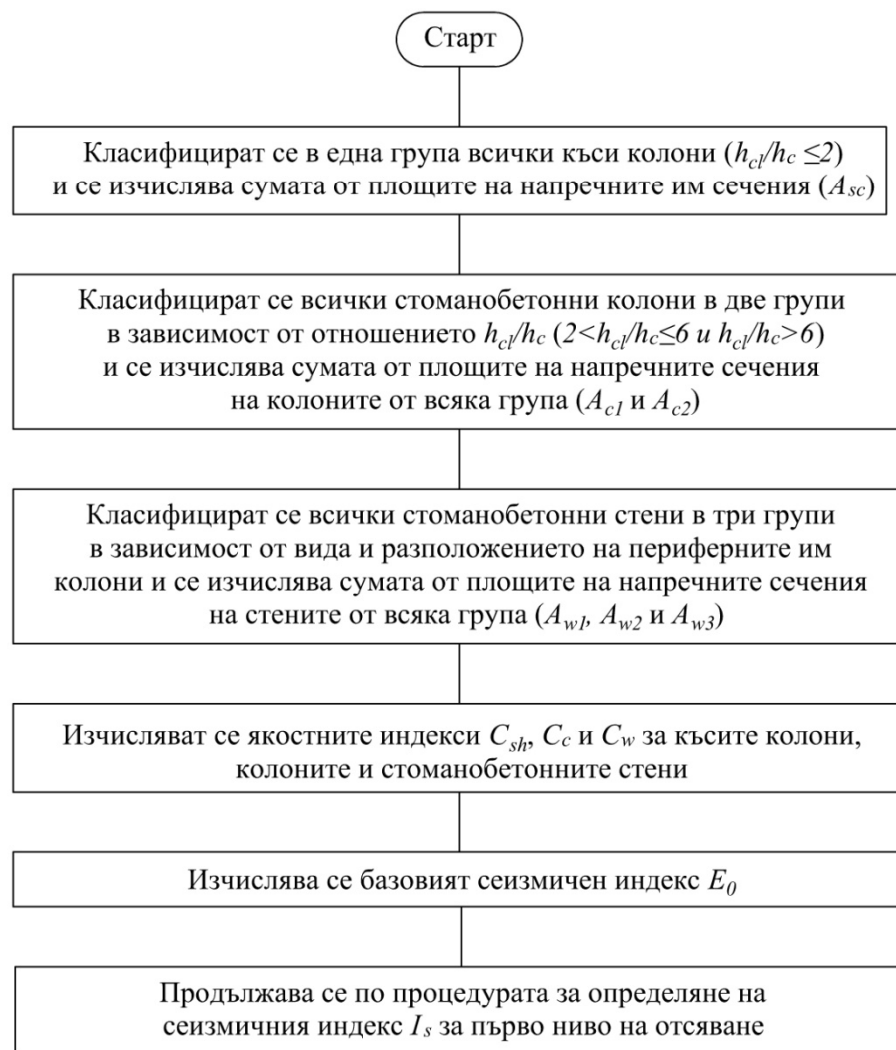
$$E_0 = \phi(C_w + \alpha_1 C_c)F_w \quad (6) \quad E_0 = \phi(C_{sc} + \alpha_2 C_w + \alpha_3 C_c)F_{sc} \quad (7)$$

$$\phi = \frac{n+1}{n+i}$$

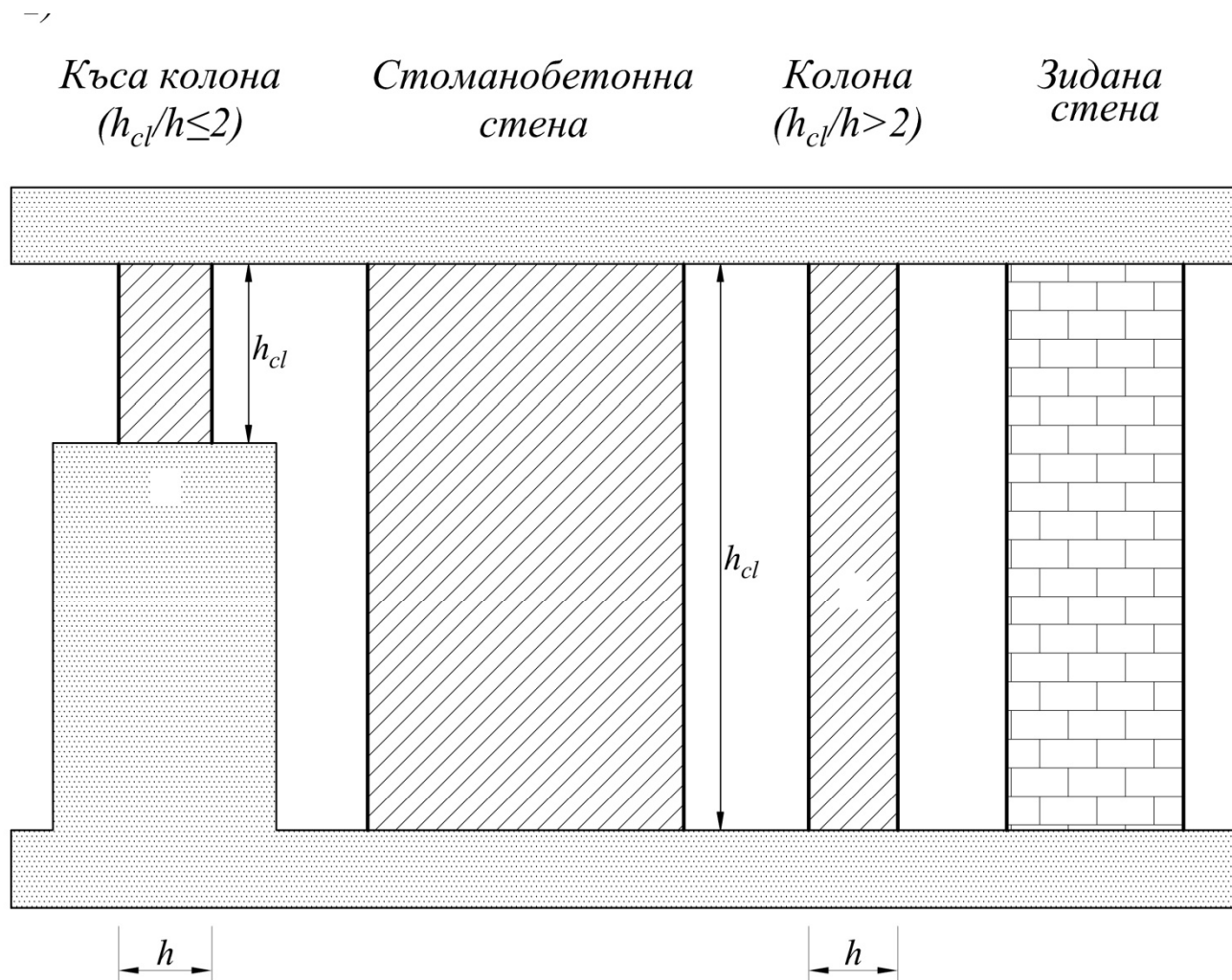
Дефиниция на коефициентите α – първо ниво на отсяване



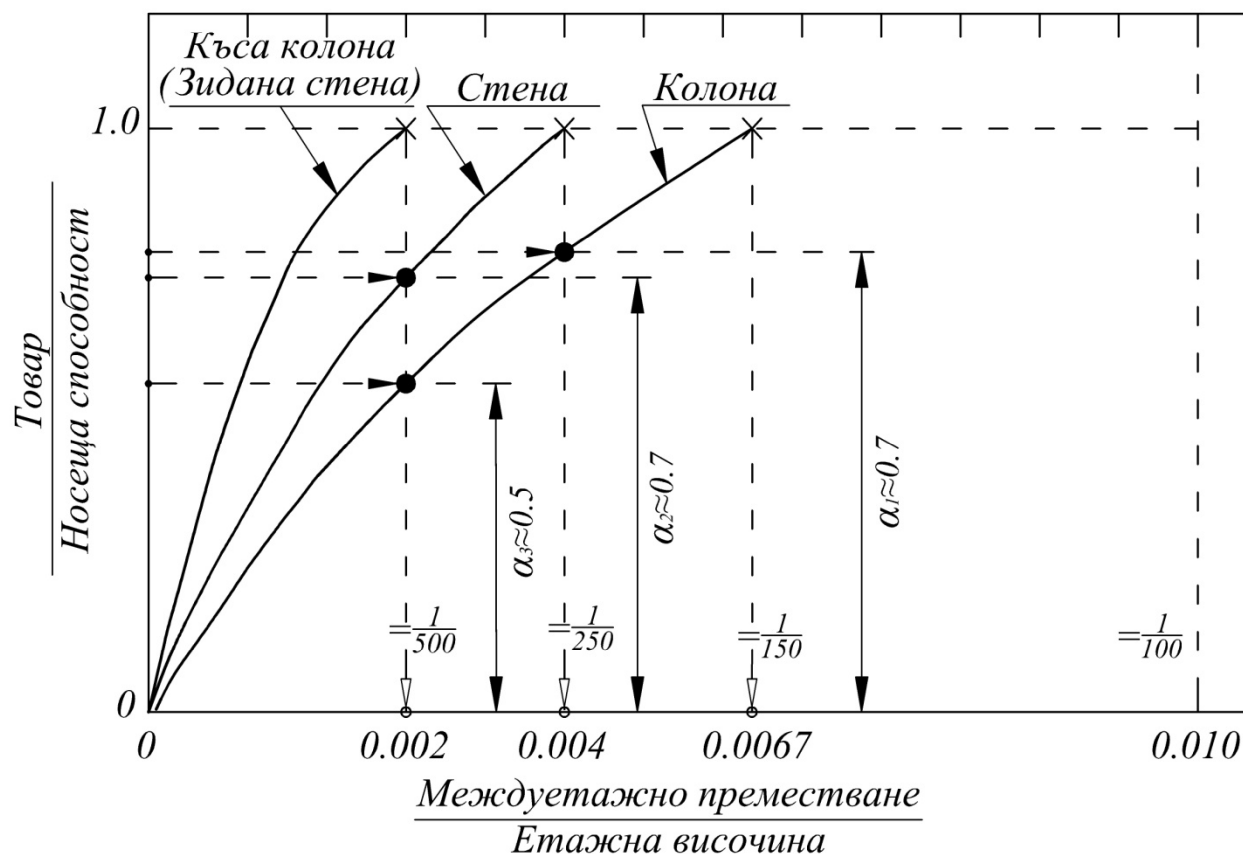
Блок-схема за определяне на E_0 за първо ниво на отсяване – на всички етажи и всяко главно направление



Отчитане на зиданите стени



Дефиниция на коефициентите α – при отчитане на зидани стени

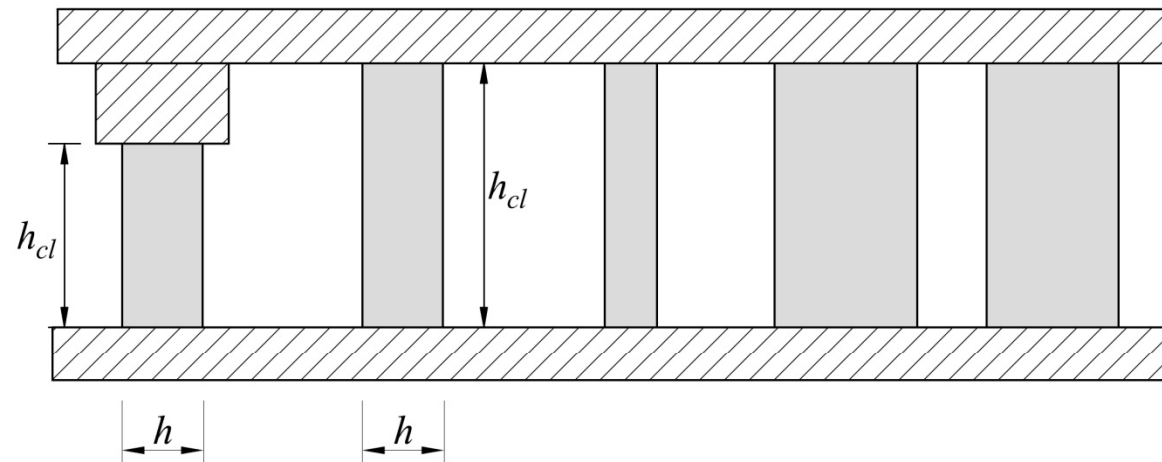


Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

II НИВО НА ОТСЯВАНЕ (ВТОРО НИВО НА ПРОЦЕДУРАТА)

Второ ниво на процедурата - F

<i>Къса колона (зидана стена) ($h_{cl}/h \leq 2$)</i>	<i>Колона ($h_{cl}/h > 2$)</i>	<i>Дуктилна колона ($h_{cl}/h > 2$)</i>	<i>Стена</i>	<i>Дуктилна стена</i>
--	--	---	--------------	---------------------------

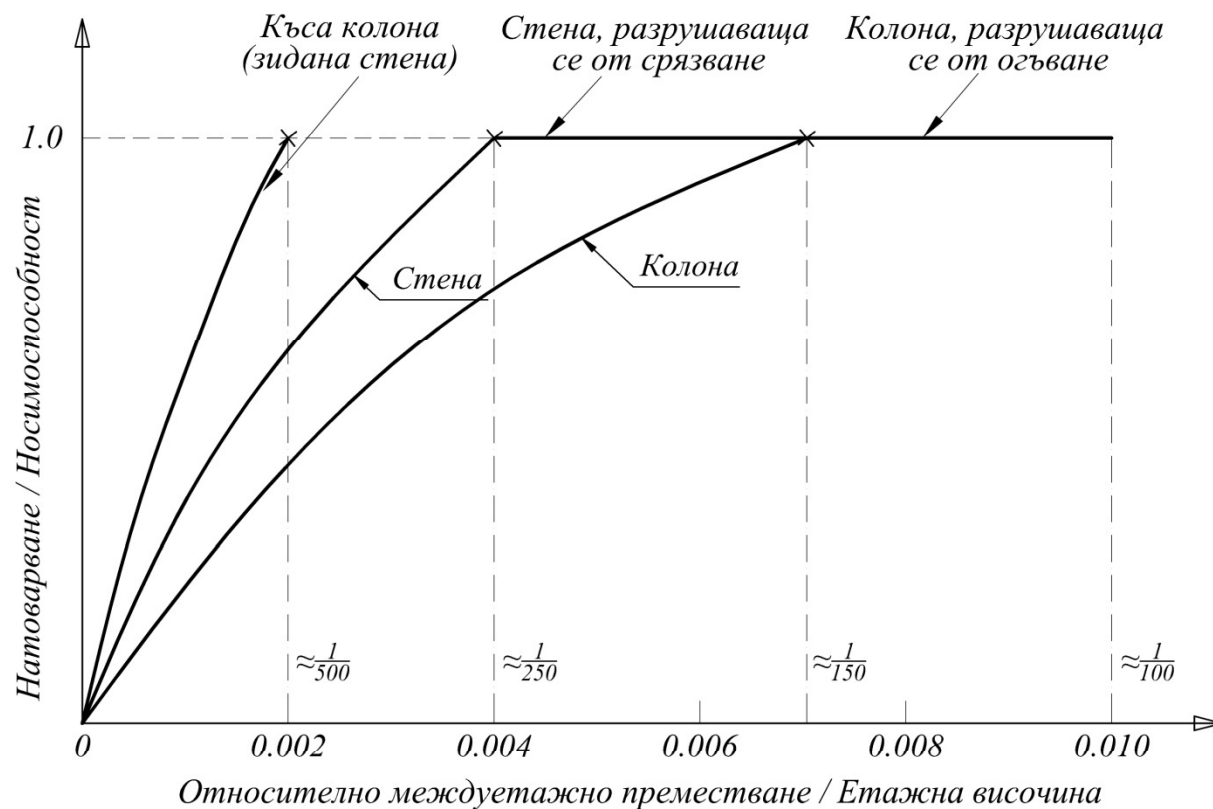


<i>Форма на разрушение</i>	<i>Срязване</i>	<i>Срязване</i>	<i>Огъване</i>	<i>Срязване</i>	<i>Огъване</i>
<i>Дуктилен индекс F</i>	<i>0.8</i>	<i>1.0</i>	<i>1.27÷3.2</i>	<i>1.0</i>	<i>1.0÷2.0</i>

Зависимости сила-преместване за второ НИВО на отсяване

1)

Идеализирана зависимост
Натоварване - Относително преместване



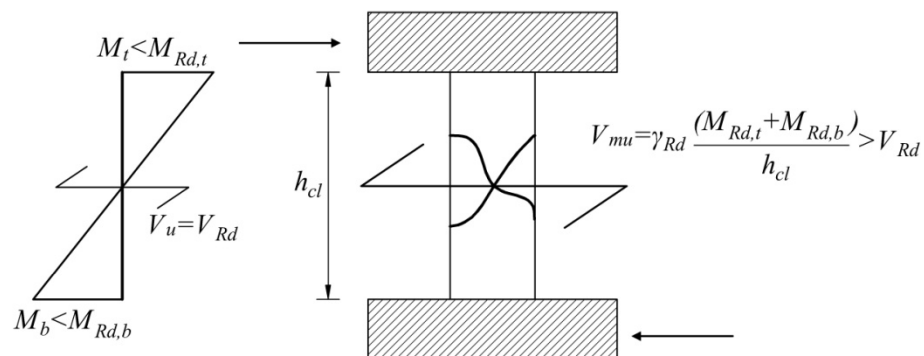
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Таблица 3. Класификация на вертикалните елементи и дуктилни индекси за второ ниво на отсяване

Елементи	Дефиниция	Дуктилен индекс F
Колони, разрушаващи се от огъване	Стоманобетонни колони, за които формата на разрушение е от огъване (образуването на пластични стави в двата им края предхожда разрушението от срязване)	$1.27 \div 3.2$
Колони, разрушаващи се от срязване	Стоманобетонни колони, за които формата на разрушение е от срязване (срязването на колоните предхожда образуването на пластични стави в двата им края)	1.0
Къси (крехки) колони	Стоманобетонни колони, които са изключително крехки (разрушават се при сравнително малки междуетажни премествания) и $h_c/h_c \leq 2$	0.8
Стени, разрушаващи се от огъване	Стоманобетонни стени, за които формата на разрушение е от огъване (образуването на пластична става от огъване предхожда разрушението от срязване)	$1.0 \div 2.0$
Стени, разрушаващи се от срязване	Стоманобетонни стени, за които формата на разрушение е от срязване (срязването на стената предхожда образуването на пластична става)	1.0

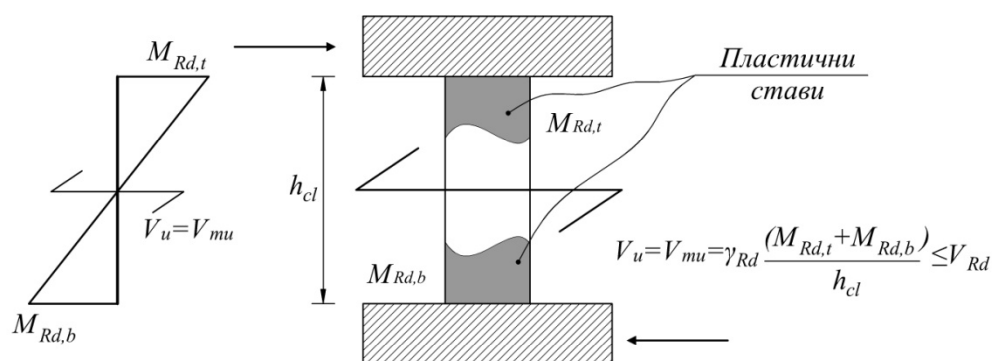
Форми на разрушение на колони – колони и дуктилни КОЛОНИ

Колоната разрушаваща се от срязване



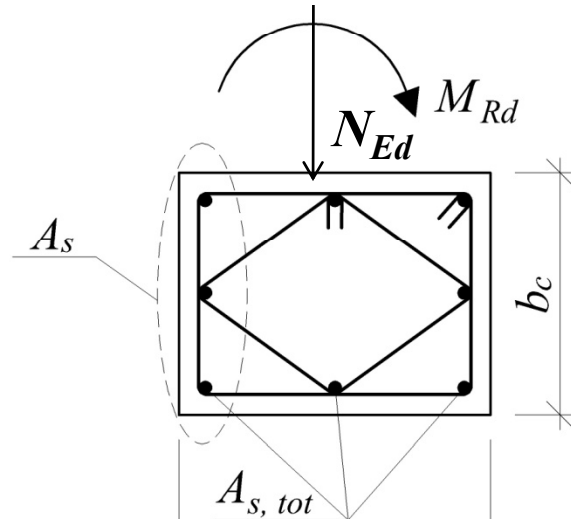
КОЛОНА

Колоната разрушаваща се от огъване



ДУКТИЛНА КОЛОНА

Носимоспособност на колона за огъващ момент — японски стандарт



$$N_{\max} \geq N_{Ed} > 0,4b_ch_cf_c \Rightarrow M_{Rd} = \left(0,8A_sf_yh_c + 0,12b_ch_c^2f_c\right) \frac{N_{\max} - N_{Ed}}{N_{\max} - 0,4b_ch_cf_c}$$

$$0,4b_ch_cf_c \geq N_{Ed} > 0 \Rightarrow M_{Rd} = 0,8A_sf_yh_c + 0,5N_{Ed}h_c \left(1 - \frac{N_{Ed}}{b_ch_cf_c}\right)$$

$$0 \geq N_{Ed} \geq N_{\min} \Rightarrow M_{Rd} = 0,8A_sf_yh_c + 0,4N_{Ed}h_c \quad (8)$$

$$N_{\max} = b_ch_cf_c + A_{s,tot}f_y$$

$$N_{\min} = -A_{s,tot}f_y$$

Означения към носимоспособност на колона за огъващ момент – японски стандарт

A_s	-	площ на опънната армировка [mm ²]
$A_{s,tot}$	-	площ на цялата армировка в напречното сечение [mm ²]
b_c	-	ширина на сечението [mm]
h_c	-	височина на сечението [mm]
f_c	-	вероятна изчислителна якост на натиск на бетона [MPa]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката [MPa]
N_{Ed}	-	проектна стойност на нормалната сила (+ при натиск) [N]
M_{Rd}	-	носеща способност на колоната за огъващ момент [Nmm]

Носимоспособност на колона за срязваща сила– японски
стандарт (уравнение на Arakawa)

$$V_{Rd} = \left[\frac{0,053 \rho^{0,23} (18 + f_c)}{M_{Ed} / V_{Ed} d + 0.12} + 0,85 \sqrt{\rho_h f_{yh}} + 0.1 \frac{N_{Ed}}{b_c h_c} \right] (0,8 b_c h_c) \quad (9)$$

$$\rho = 100 \frac{A_s}{b_c d}; \quad \rho_h = \frac{A_{sh}}{a_h b_c} \leq 0,012; \quad \frac{N_{Ed}}{b_c h_c} \leq 8 \text{ MPa};$$

$$1,0 \leq \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} d} = \frac{h_{cl}}{2d} \leq 3,0$$

$$d = h_c - 50 \text{ [mm]}$$

Означения към носимоспособност на колона за срязваща – сила стандарт

A_s	-	площ на опънната армировка [mm ²]
A_{sh}	-	площ на стремената в едно сечение [mm ²]
b_c	-	ширина на сечението [mm]
h_c	-	височина на сечението [mm]
d	-	полезна височина [mm]
a_h	-	разстояние между стремената [mm]
f_c	-	вероятна изчислителна якост на натиск на бетона [MPa]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката [MPa]
f_{yh}	-	вероятна изчислителна якост на стремената [MPa]
N_{Ed}	-	проектна стойност на нормалната сила (+ при натиск) [N]
V_{Ed}	-	проектна стойност на срязващата сила (винаги +) [N]
M_{Ed}	-	проектна стойност на огъващия момент (+ при натиск) [Nmm]
V_{Rd}	-	носеща способност на стената за срязваща сила [N]

Дуктилен индекс F за колони с форма на разрушение огъване (дуктилни колони)

$$F = \frac{\sqrt{2\mu - 1}}{0,75(1 + 0.05\mu)} \quad (10)$$

$$1 \leq \mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \leq 5 \quad (11)$$

$$\mu_0 = 10 \left(\frac{V_{Rd}}{V_{mu}} - 1 \right)$$

$$a_h < 8d_{bl} \Rightarrow k_1 = 0; \quad a_h > 8d_{bl} \Rightarrow k_1 = 2$$

$$k_2 = 30 \left(\frac{\tau_{mu}}{f_c} - 0.1 \right) \geq 0; \quad \tau_{mu} = \frac{V_{mu}}{0,8b_c h_c}$$

$\mu = 1$, ако е изпълнено поне едно от :

$$N_{Ed} / b_c h_c f_c > 0,4$$

$$\tau_{mu} / f_c > 2,0 \quad (12)$$

$$\rho > 0,01$$

$$h_{cl} / h_c \leq 2,0$$

b_c - ширина на сечението [mm]

h_c - височина на сечението [mm]

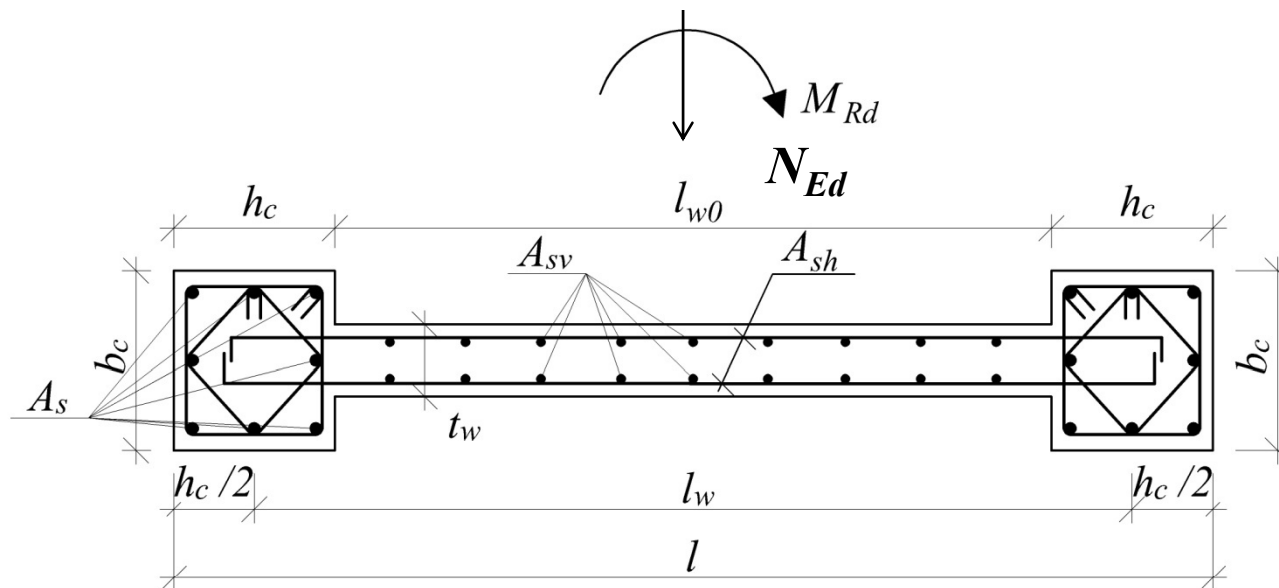
a_h - разстояние между стремената [mm]

d_{bl} - най-малкият диаметър на надлъжните желяза [mm]

V_{Rd} - носеща способност на колоната за срязваща сила [N]

V_{mu} - срязваща сила индуцирана при образуване на пластични стави горе и долу в колоната [N]

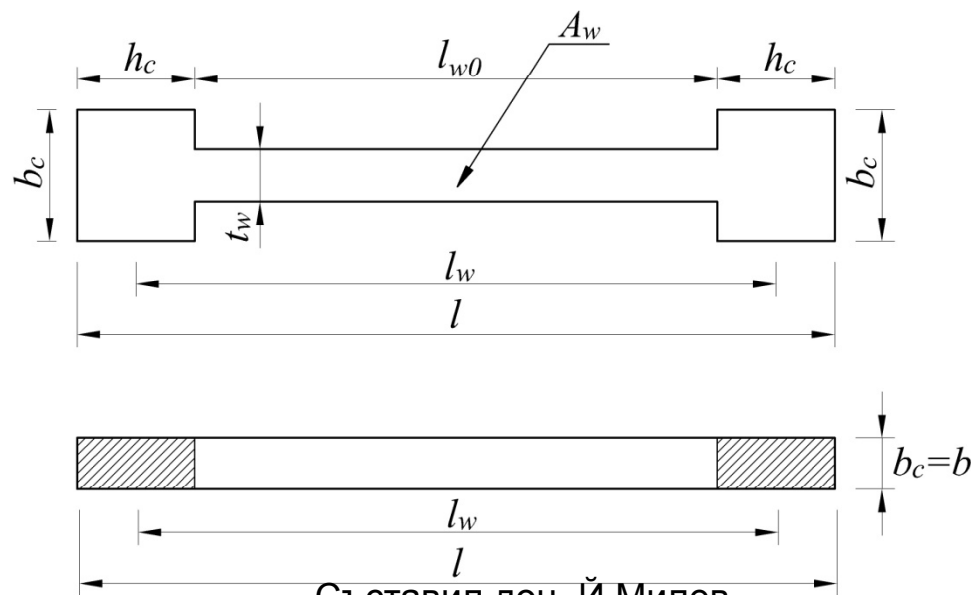
Носимоспособност на стена за огъващ момент – японски стандарт



$$M_{Rd} = A_s f_y l_w + 0,5 A_{sv} f_{yv} l_w + 0,5 N_{Ed} l_w \quad (13)$$

Означения към носимоспособност на стена за огъващ момент — японски стандарт

A_s	-	площ на опънната армировка в усилената зона на стената [mm ²]
A_{sv}	-	общата площ на армировката в междинната част на стената (без армировката в усилените зони) [mm ²]
l_w	-	разстояние между центровете на усилените зони [mm]
f_c	-	вероятна изчислителна якост на натиск на бетона [MPa]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката в усилените зони [MPa]
f_{yv}	-	вероятна изчислителна якост на армировката в междинната зона [MPa]
N_{Ed}	-	проектна стойност на нормалната сила (+ при натиск) [N]
M_{Rd}	-	носеща способност на стената за огъващ момент [Nmm]



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Носимоспособност на стена за срязваща сила– японски
стандарт (уравнение на Arakawa)

$$V_{Rd} = \left[\frac{0,053 \rho^{0,23} (18 + f_c)}{M_{Ed} / V_{Ed} l + 0,12} + 0,85 \sqrt{\rho_h f_{yh}} + 0,1 \frac{P}{b_e l} \right] (0,8 b_e l) \quad (14)$$

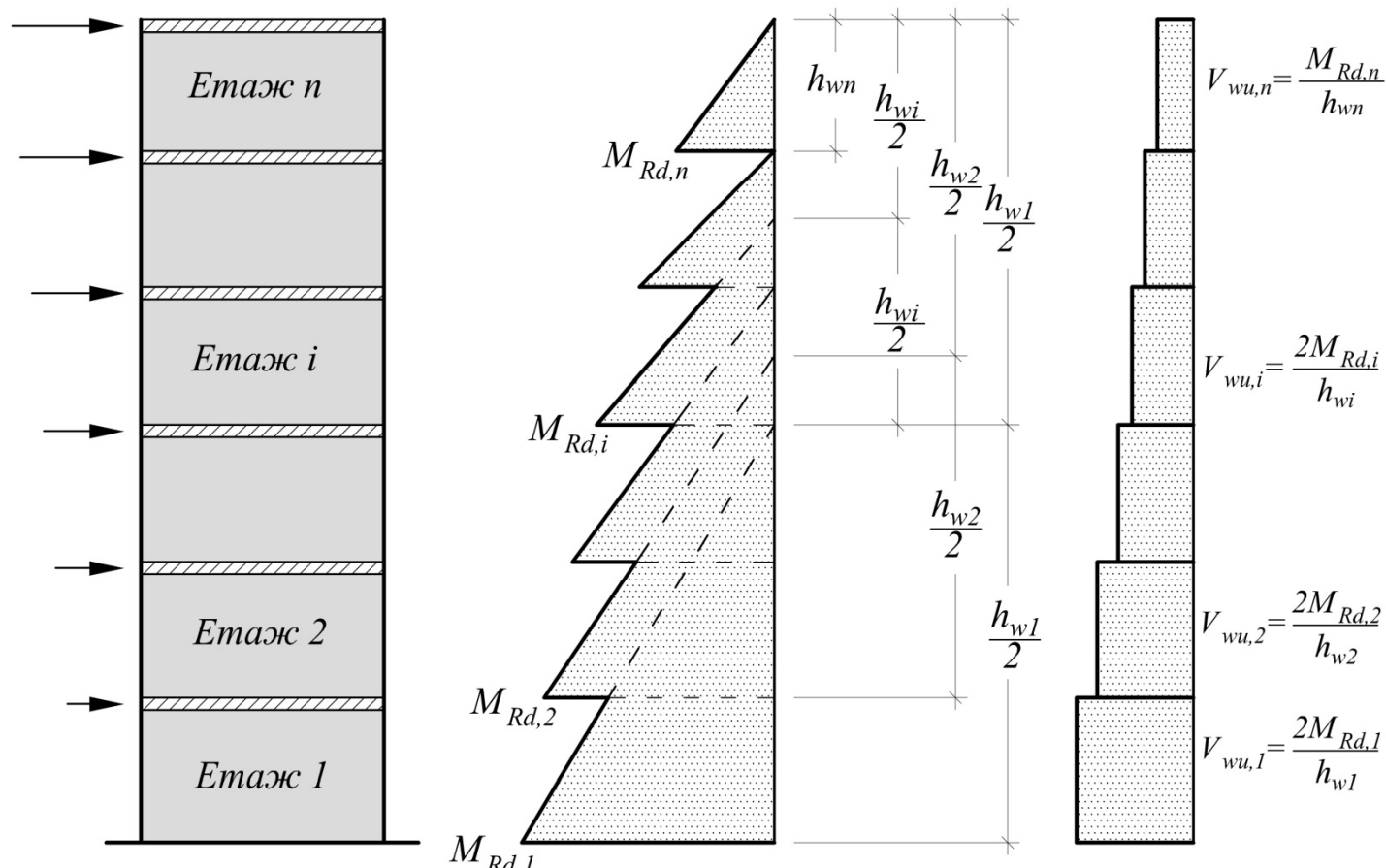
$$\rho = 100 \frac{A_s}{b_e l}; \quad \rho_h = \frac{A_{sh}}{a_h b_e} \leq 0,012; \quad \frac{P}{b_e h} \leq 8 \text{ MPa};$$

$$1,0 \leq \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} l} = \frac{h_w}{2l} \leq 3,0; \quad b_e = \frac{A_w}{l}$$

Означения към носимоспособност на стена за срязваща сила момент – японски стандарт

A_s	-	площ на опънната армировка в усилената зона на стената [mm ²]
A_{sh}	-	площ на хоризонталната армировка в едно сечение [mm ²]
b_e	-	еквивалентна ширина на сечението [mm]
l	-	дължина на напречното сечение на стената [mm]
A_w	-	площ на напречното сечение на стената [mm ²]
a_h	-	разстояние между хоризонталните железа [mm]
f_c	-	вероятна изчислителна якост на натиск на бетона [MPa]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката [MPa]
f_{yh}	-	вероятна изчислителна якост на хоризонталните железа [MPa]
N_{Ed}	-	проектна стойност на нормалната сила (+ при натиск) [N]
V_{Ed}	-	проектна стойност на срязващата сила (винаги +) [N]
M_{Ed}	-	проектна стойност на огъващия момент (+ при натиск) [N]
V_{Rd}	-	носеща способност на стената за срязваща сила [N]

Разяснение за h_w и V_{mu} при стени – стена и дуктилна стена



$$V_{Rd} \leq V_{mu} \rightarrow \text{стена} \Rightarrow V_u = V_{Rd}$$

$$V_{Rd} > V_{mu} \rightarrow \text{дуктилна стена} \Rightarrow V_u = V_{mu}$$

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Дуктилен индекс F за стени с форма на разрушение огъване (дуктилни стени)

$$\frac{V_{Rd}}{V_{mu}} \leq 1.3 \Rightarrow F = 1.0$$

$$\frac{V_{Rd}}{V_{mu}} \geq 1.4 \Rightarrow F = 2.0 \quad (15)$$

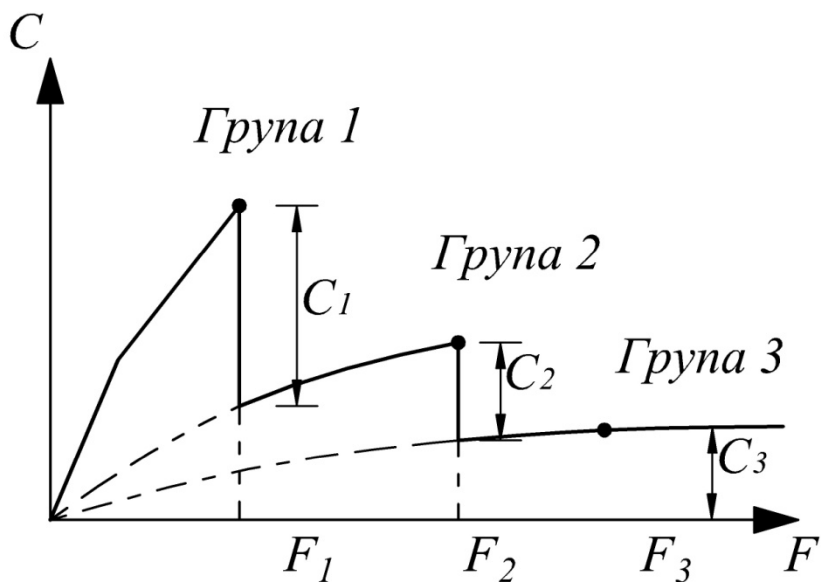
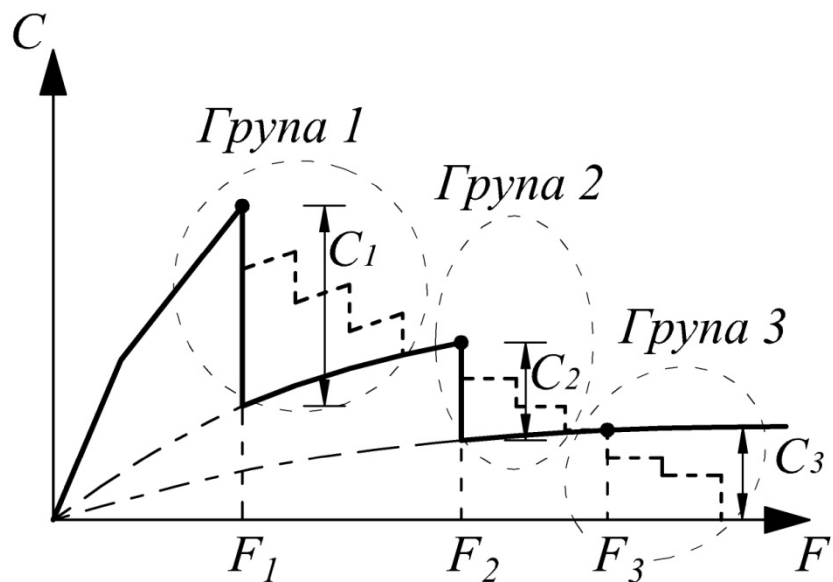
$$V_{mu} = \frac{2M_{Rd}}{h_w}$$

V_{Rd} - носеща способност на стената за срязваща сила [N]

V_{mu} - срязваща сила индуцирана при образуване на пластична става в стената [N]

M_{Rd} - носеща способност на стената за огъващ момент [Nmm]

Комбинация на индексите – II и III ниво



$$E_0 = \phi \sqrt{(C_1 F_1)^2 + (C_2 F_2)^2 + (C_3 F_3)^2} \quad (16)$$

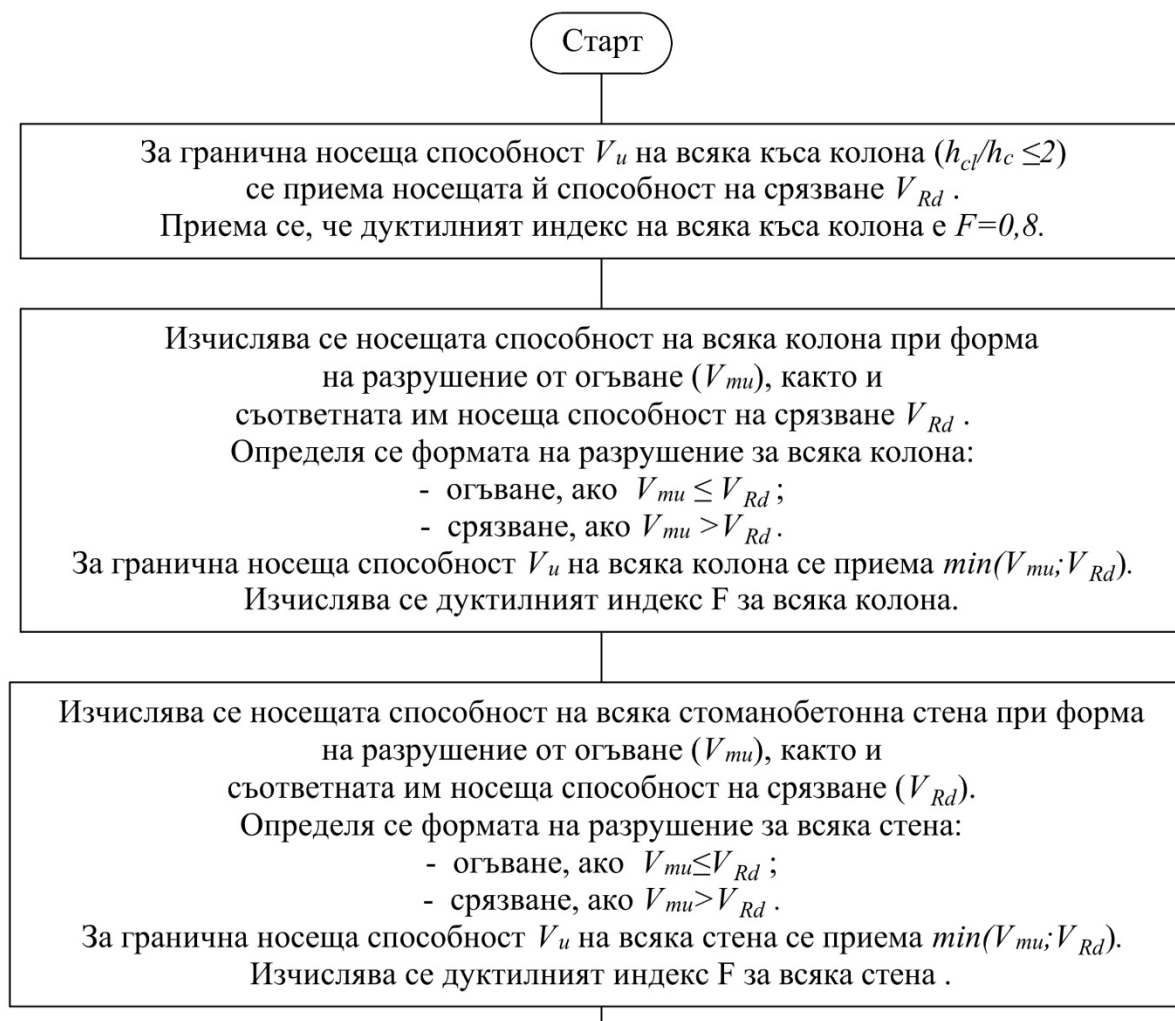
$$E_0 = \phi (C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3) F_1 \quad (17)$$

Уравнение (17) може да се прилага само, когато има колони с крехка форма на разрушение (къси колони и колони с форма на разрушение от срязване).

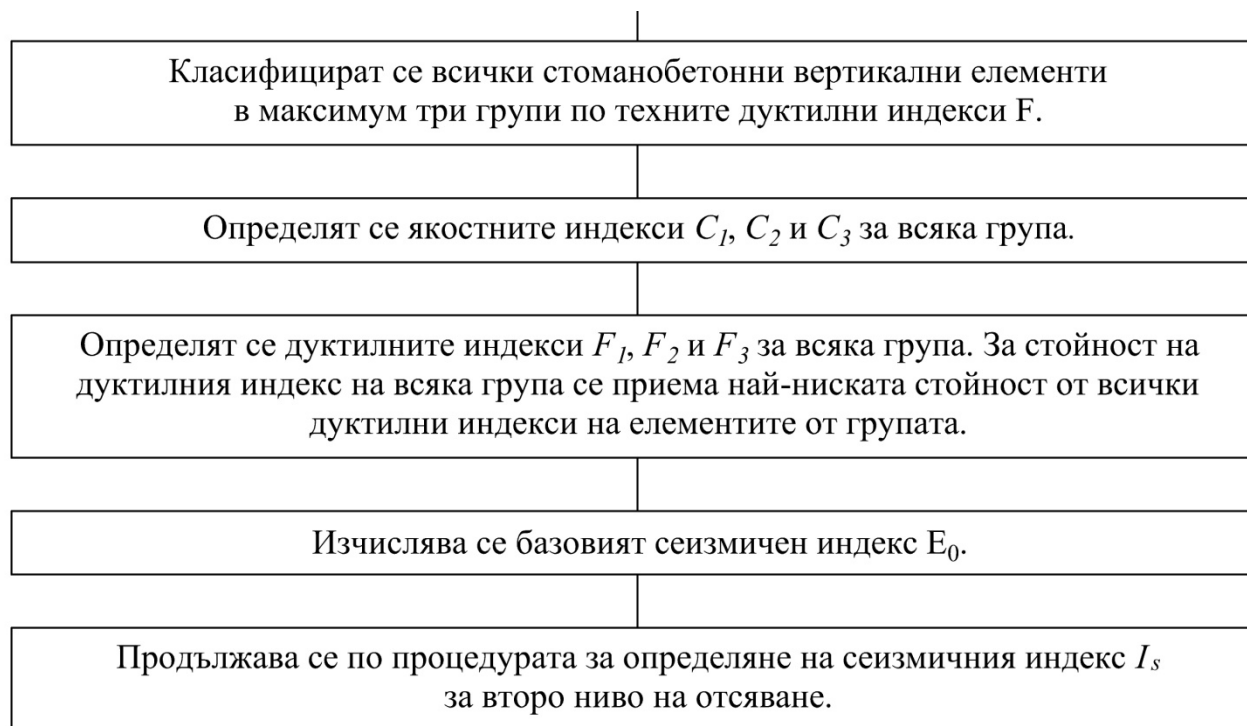
Стойности на α_2 и α_3 за второ ниво на процедурата

Случаи	$F_1=0.8$	$F_1=1.0$	$F_1>1.0$
$F_2=1.0$ $F_3>1.0$	$\alpha_2=0.7$ $\alpha_3=0.5$	—	—
$F_2>1.0$ $F_3>1.0$	$\alpha_2=0.5$ $\alpha_3=0.5$	$\alpha_2=0.7$ $\alpha_3=0.7$	$\alpha_2=1.0$ $\alpha_3=1.0$

Блок-схема за определяне на E_0 за второ ниво на отсяване – на всички етажи и всяко главно направление - 1



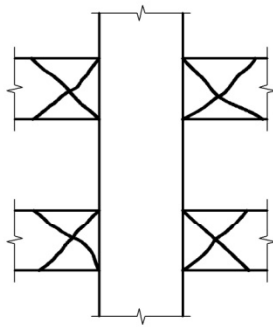
Блок-схема за определяне на E_0 за второ ниво на отсяване – на всички етажи и всяко главно направление – 2



III НИВО НА ОТСЯВАНЕ (ТРЕТО НИВО НА ПРОЦЕДУРАТА)

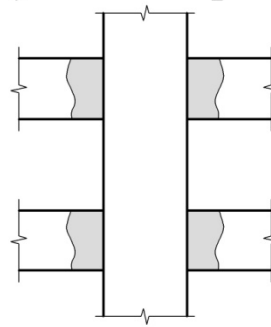
Допълнителни елементи при III ниво на процедурата

*Колона, ограничена от
греди с форма на
разрушение от срязване*



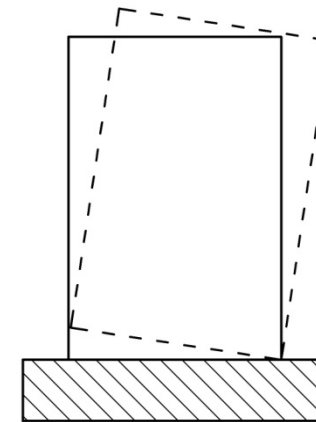
$$F=1.27-1.5$$

*Колона, ограничена от
греди с форма на
разрушение от огъване
(дуктилни греди)*



$$F=1.27-3.5$$

*Голяма слабоармирана
стена*



$$F=3.0$$

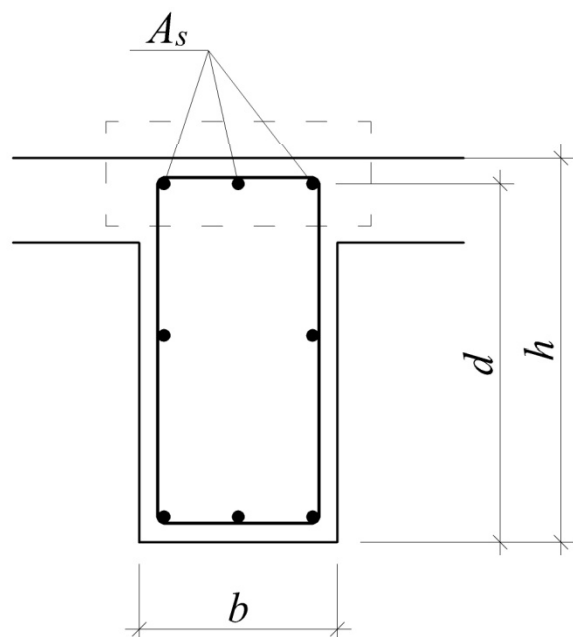
Таблица 4. Класификация на вертикалните елементи и дуктилни индекси за трето ниво на отсяване - 1

Елементи	Дефиниция	Дуктилен индекс F
Колони, разрушаващи се от огъване	Стоманобетонни колони, за които формата на разрушение е от огъване (образуването на пластични стави в двата им края предполага разрушението от срязване)	$1.27 \div 3.2$
Колони, разрушаващи се от срязване	Стоманобетонни колони, за които формата на разрушение е от срязване (срязването на колоните предполага образуването на пластични стави в двата им края)	1.0
Къси (крехки) колони	Стоманобетонни колони, които са изключително крехки (разрушават се при сравнително малки междуетажни премествания) и $h_{cl}/h \leq 2$	0.8
Колони, ограничени от греди, разрушаващи се от огъване	Стоманобетонни колони, чиято гранична носеща способност се определя от греди, разрушаващи се от огъване (образуването на пластични стави в двата им края предполага разрушението от срязване)	$1.27 \div 3.5$

Таблица 4. Класификация на вертикалните елементи и дуктилни индекси за трето ниво на отсяване - 2

Колони, ограничени от греди, разрушаващи се от срязване	Стоманобетонни колони, чиято гранична носеща способност се определя от греди, разрушаващи се от срязване (срязването на гредите предхожда образуването на пластични стави в двата им края)	$1.27 \div 1.5$
Стени, разрушаващи се от огъване	Стоманобетонни стени, за които формата на разрушение е от огъване (образуването на пластична става от огъване предхожда разрушението от срязване)	$1.0 \div 2.0$
Стени, разрушаващи се от срязване	Стоманобетонни стени, за които формата на разрушение е от срязване (срязването на стената предхожда образуването на пластична става)	1.0
Големи слабо армирани стени	Стоманобетонни стени, чиято гранична носеща способност се определя от отлепянето им от основата, което предхожда както образуването на пластична става от огъване, така и срязването им	3.0

Носимоспособност на греда за огъващ момент – японски стандарт



$$M_{Rd} = 0.9 A_s f_y d \quad (18)$$

A_s	-	площ на опънната армировка в гредата [mm ²]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката [MPa]
d	-	полезна височина [mm]
M_{Rd}	-	носеща способност на стената за огъващ момент [Nmm]

Носимоспособност на греда за срязваща сила– японски
стандарт (уравнение на Arakawa)

$$V_{Rd} = \left[\frac{0,053 \rho^{0,23} (18 + f_c)}{M_{Ed} / V_{Ed} d + 0,12} + 0,85 \sqrt{\rho_h f_{yh}} \right] (0,8bh) \quad (19)$$

$$\rho = 100 \frac{A_s}{bd}; \quad \rho_h = \frac{A_{sh}}{a_h b} \leq 0,012$$

$$1,0 \leq \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} d} = \frac{l_{cl}}{2d} \leq 3,0$$

$$d = h_c - 50 \text{ [mm]}$$

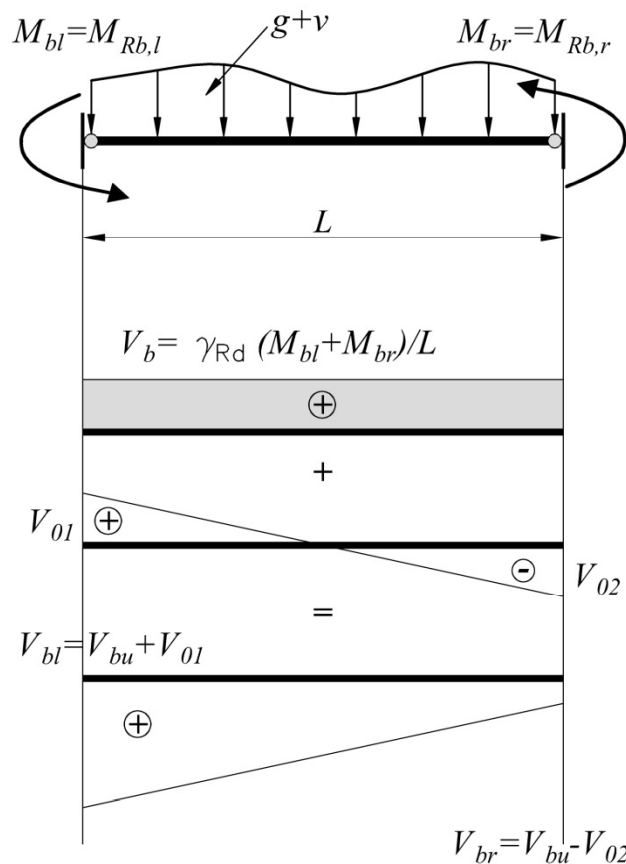
Означения към носимоспособност на жиеаъ за срязваща – сила стандарт

A_s	-	площ на опънната армировка [mm ²]
A_{sh}	-	площ на стремената в едно сечение [mm ²]
b	-	ширина на сечението [mm]
h	-	височина на сечението [mm]
d	-	полезна височина [mm]
a_h	-	разстояние между стремената [mm]
f_c	-	вероятна изчислителна якост на натиск на бетона [MPa]
f_y	-	вероятна изчислителна якост на армировката [MPa]
f_{yh}	-	вероятна изчислителна якост на стремената [MPa]
V_{Ed}	-	проектна стойност на срязващата сила (винаги +) [N]
M_{Ed}	-	проектна стойност на огъващия момент (+ при натиск) [Nmm]
V_{Rd}	-	носеща способност на стената за срязваща сила [N]

Форми на разрушение на греди

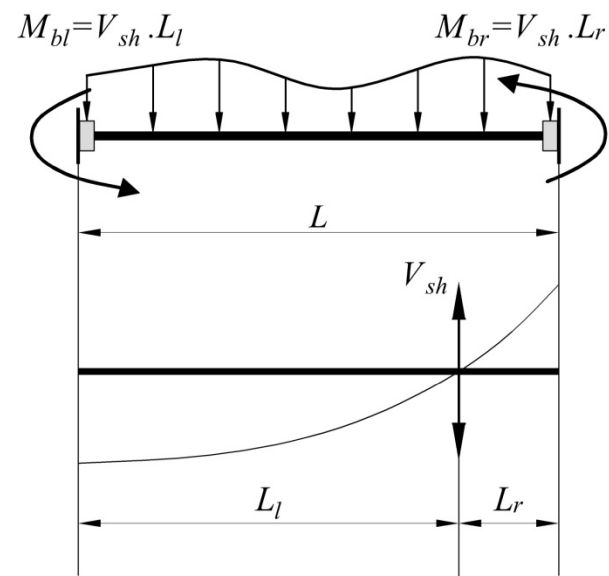
Греда с форма на разрушение
от огъване

$$V_{Rd} > \max(V_{bl}; V_{br})$$

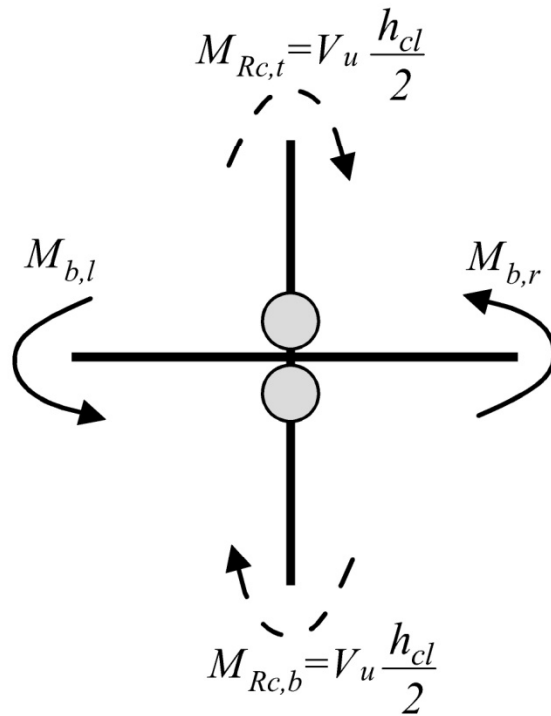


Греда с форма на разрушение
от срязване

$$V_{Rd} < \max(V_{bl}; V_{br})$$



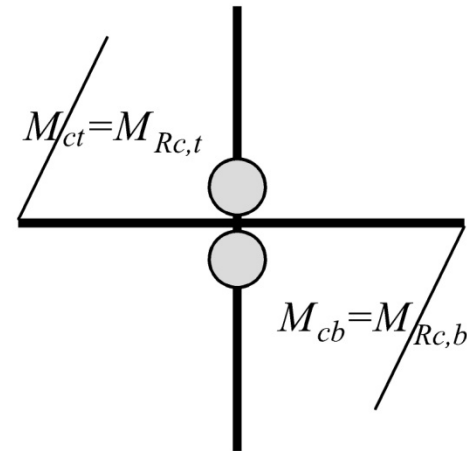
Пластични стави в колоните



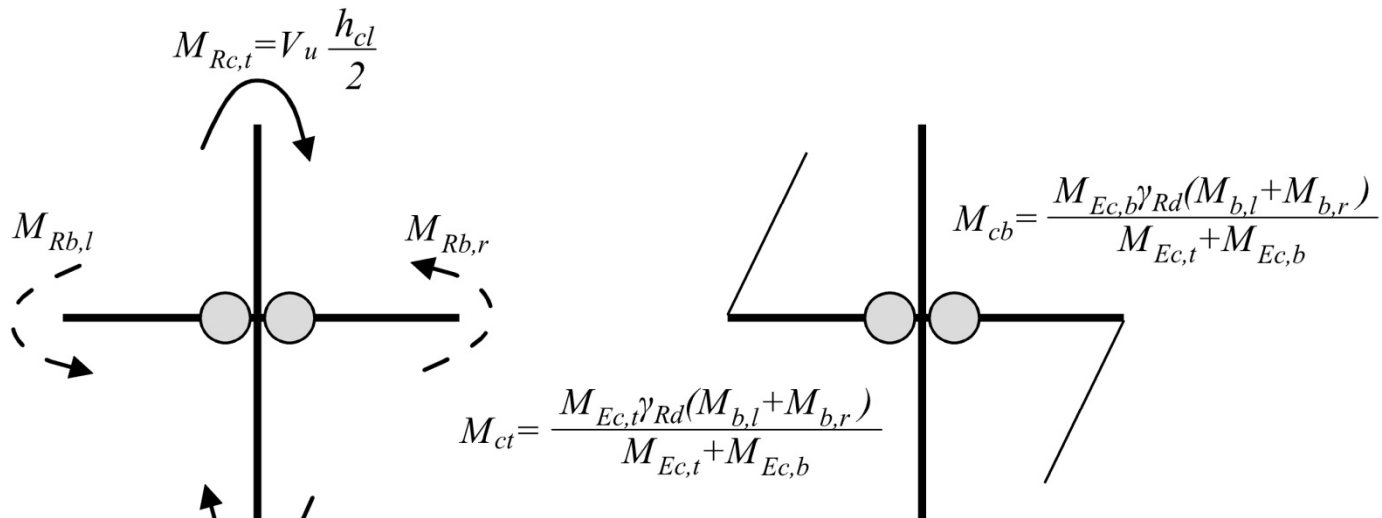
$$V_u = \min(V_{Rd}, V_{mu})$$

$$M_{Rc,t} + M_{Rc,b} \leq \gamma_{Rd}(M_{b,l} + M_{b,r})$$

Колона с форма на разрушение от огъване

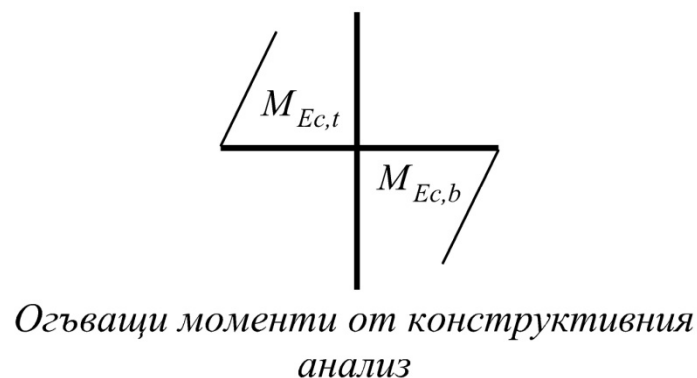


Пластични стави в гредите



Разпределение на огъващите моменти

Колоната ограничена от гредата с форма на разрушение от срязване или огъване



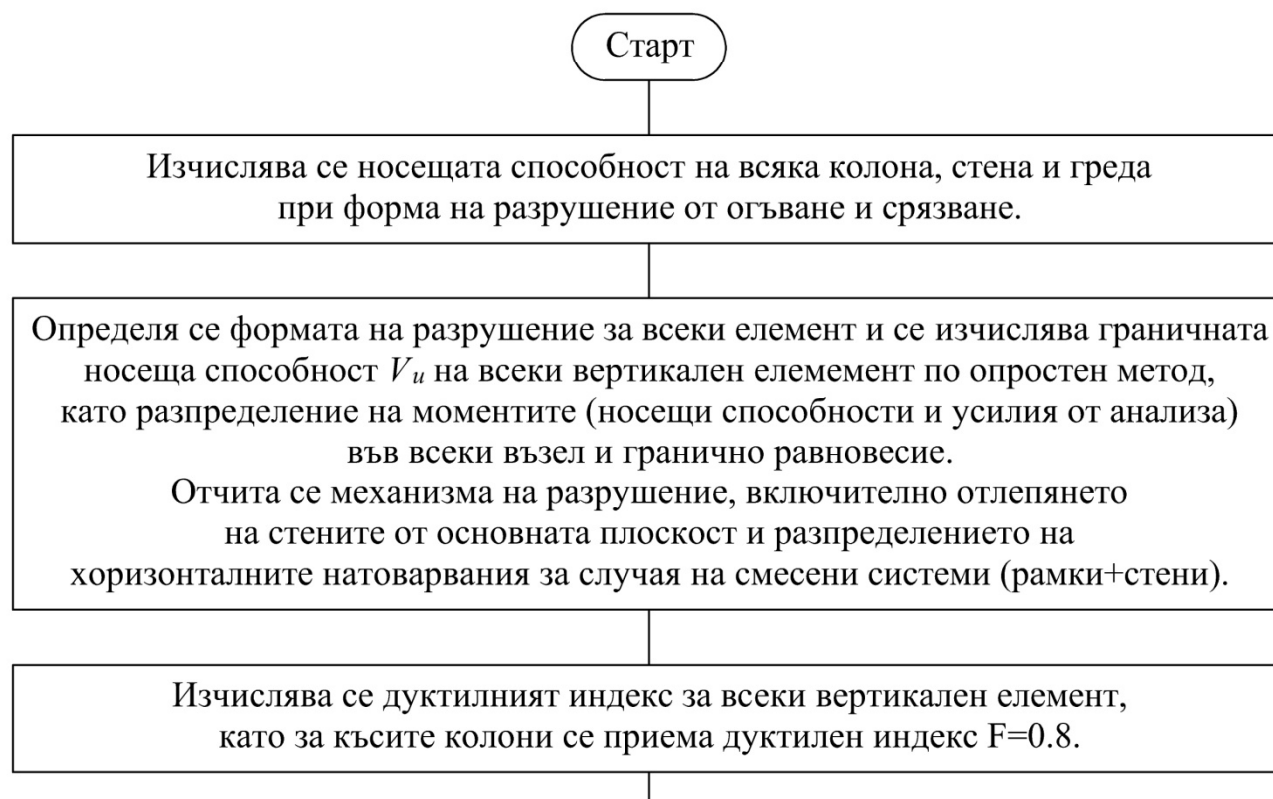
Огъващи моменти от конструктивния анализ

Носеща способност на клоните

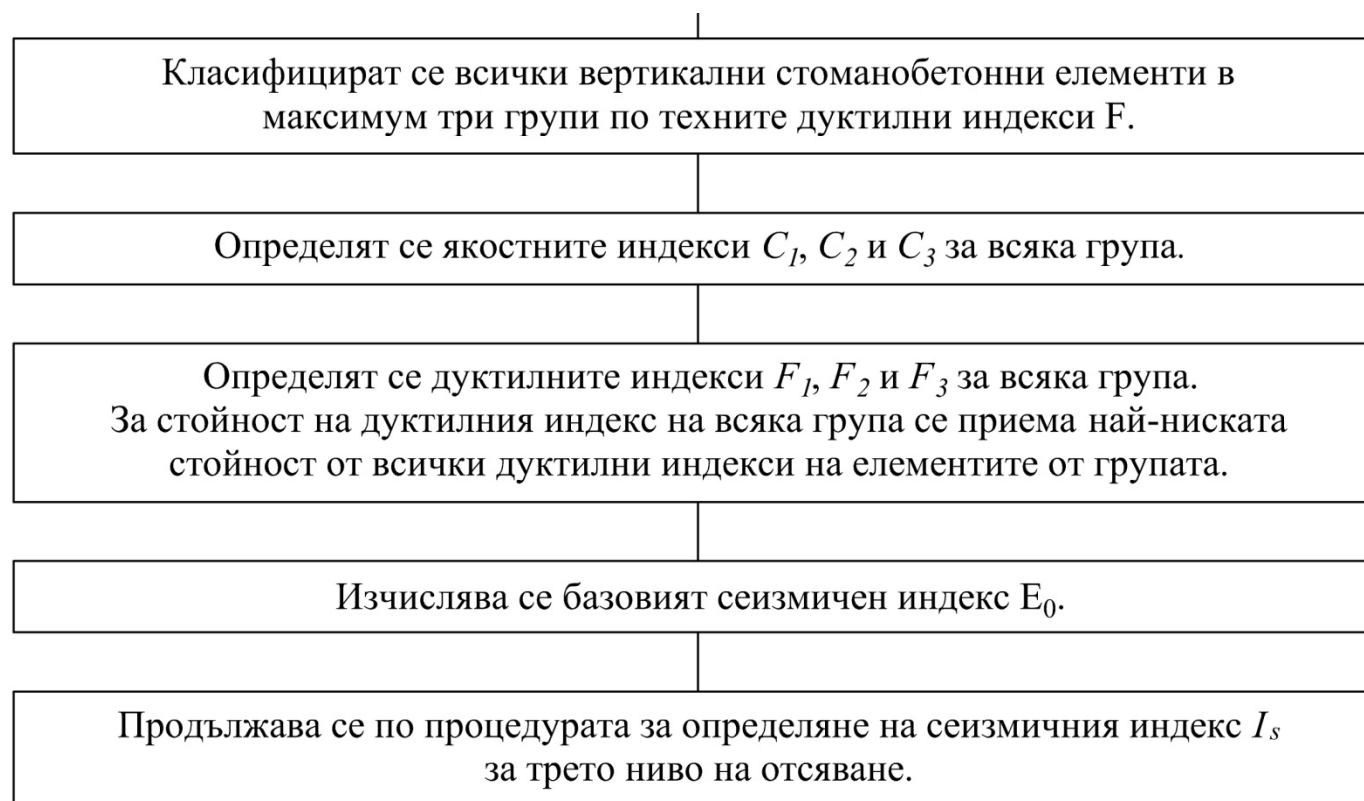
Носеща способност на колоните



Блок-схема за определяне на E_0 за второ ниво на отсяване – на всички етажи и всяко главно направление - 1



Блок-схема за определяне на E_0 за второ ниво на отсяване – на всички етажи и всяко главно направление - 2



КОНСТРУКТИВЕН ИНДЕКС И ИНДЕКС НА СТАРЕЕНЕ

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Таблица 5, Фактори, които се оценяват при определяне на S_d

Ниво на отсяване	Ниво на отсяване			Стойност G _i			Стойност R _i		Приложение
				1.0	0.9	0.8	R _{1i}	R _{2i}	
I-во и II-ро ниво на отсяване	Форма на сградата в план	a	Нерегулярност	Регулярно	Средно нерегулярно	Нерегулярно			Тези стойности се прилагат на всички етажи, като се използват данните за най-неблагоприятния етаж
			a ₁	a ₂	a ₃	1.0	0.5		
		b	Отношение дължина/ширина	b<5	5<b<8	b>8	0.5	0.25	
		c	Стесняване в план	c>0.8	0.5<c<0.8	c<0.5	0.5	0.25	
		d	Ширина на фугата	d>1/100	1/200<d<1/100	d<1/200	0.5	0.25	
		e	Атриум	e<0.1	0.1<e<0.3	e>0.3	0.5	0.25	
		f	Ексцентрицитет на атриума	f ₁ <0.4 и f ₂ <0.1	f ₁ <0.4 и 0.1<f ₂ <0.3	f ₁ >0.4 или f ₂ >0.3	0.25	0.00	
	g	Други				0.5	0.25		
	Форма на сградата по височина	h	Сутерен	h>1.0	0.5<h<1.0	h<0.5	1.0	1.0	
		i	Етажна височина	i>0.8	0.7<i<0.8	i<0.7	0.5	0.25	
		j	Отстъпи по височина	няма	регулярно	нерегулярно	0.5	0.25	
k		Други				0.5	0.25		
II-ро ниво на отсяване	Ексцентрицитети на маси и коравини	m	Ексцентрицитет между центъра на масите и центъра на коравините	m<0.1	0.1<m<0.15	m>0.15	-	1.0	Тези стойности се прилагат на всички етажи и в двете главни направления
		n	Отношение маса/коравина за разглеждания етаж към горния етаж	n<1.2	1.2<n<1.7	n>1.7	-	1.0	

Обяснения към Таблица 5 - 1

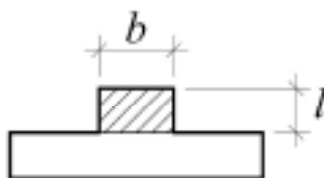
a: регулярност в план за всеки етаж

a1: приблизително симетрична в план, като изрязаната или стърчащата площ *A* е сумарно по-малка от 10% от площта на нивото

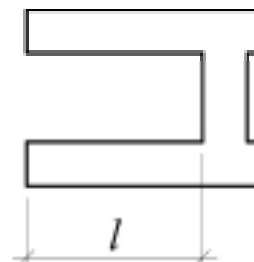
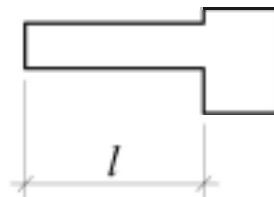
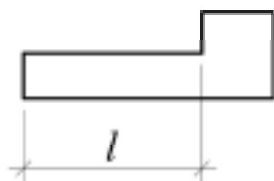
a2: по-малка регулярност от *a1*, L-, T- или U- форма в план, като изрязаната или стърчаща площ *A* е сумарно по-малка от 30% от площта на нивото

a3: по сложна форма в план от случая *a2*.

$$l/b \geq 2$$



b = отношение на късата към дългата страна в план на сградата за всеки етаж



Обяснения към Таблица 5 - 2

c = отношение между стеснената ширина $C1$ към цялата ширина $C0$, $c=C1/C0$



d = отношение на ширината на фугата към височината на сградата от земната основа до разглежданото етажно ниво

e = отношение на площта на атриума към общата площ на разглеждания етаж

f : ексцентрицитет на атриума за разглеждания етаж

$f1$ = (разстоянието между центъра на атриума и центъра на етажa) /
(малкия размер на етажa в план)

$f1$ = (разстоянието между центъра на атриума и центъра на етажa) /
(големия размер на етажa в план)

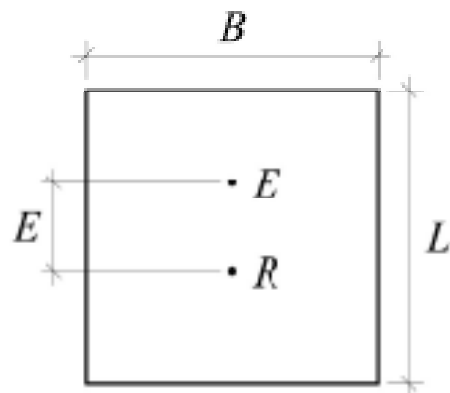
h = отношението между площта на сутерена и площта на първия етаж над сутерена

i = отношението между височината на разглеждания етаж и височината на горния етаж (само за най-горния етаж се взема отношението между височината на най-горния етаж към височината на долния етаж)

j : ако носещата конструкция е изцяло рамкова се приема случая – няма отстъпи

Обяснения към Таблица 5 - 3

l за всеки разглеждан етаж- $l=E/(B+l)$, E е разстоянието между центъра на масите и центъра на коравините, B е по-малкият размер на сградата в план, а L е по-малкият размер на сградата в план

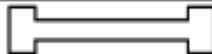
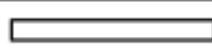


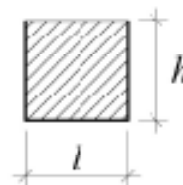
E : център на масите

R : център на коравините

Обяснения към Таблица 5 - 4

$n = (\text{отношението коравината/теглото на разглеждания етаж}) / (\text{отношението коравината/теглото на горния етаж}) * \beta$. Където отношението коравина/тегло = коравината на разглеждания етаж/теглото на сградата над разглеждания етаж. Отчита се теглото на сградата над разглежданото ниво. Коравината се изчислява поотделно във всяко едно от главните направления. За най-горния етаж отношението е между отношението коравина/тегло на долния етаж и същото отношение за разглеждания етаж. Вместо коравината е допустимо да бъдат взети сумата от площите на вертикалните елементи (стени и колони) - коравината на етаж = (сумата от площите на напречните сечения на колоните + сумата от площите на напречните сечения на стените * α) / (височината на разглеждания етаж). $\beta = (N-1)/N$, където N е броят на етажи над разглеждания етаж, $\beta = 2$ за последния етаж.

h/l	α	
		
$3.0 \leq h/l$	1.0	0.3
$2.0 \leq h/l < 3.0$	1.5	0.5
$1.0 \leq h/l < 2.0$	2.5	0.8
$h/l < 1.0$	3.5	1.2



Определяне на S_d

Първо ниво на отсяване

$$S_d = q_{1a} \cdot q_{1b} \cdot \dots \cdot q_{1k} \quad (20)$$

$$q_{1i} = [1 - (1 - G_i)R_i] \quad i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k$$

$$q_{1h} = [1.2 - (1 - G_h)R_h]$$

Второ и трето ниво на отсяване

$$S_d = q_{2a} \cdot q_{2b} \cdot \dots \cdot q_{2o} \quad (21)$$

$$q_{2i} = [1 - (1 - G_i)R_i] \quad i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k, l, m, n, o$$

$$q_{2h} = [1.2 - (1 - G_h)R_h]$$

Таблица 6, Фактори за инспекция при определяне на Т – първо ниво на
отсяване -1

Вид повреди	Установена степен на повреда	Стойност на индекса Т	Внимание при второ обследване
Премествания	- сградата е наклонена или има неравномерни слягания	0.7	- пукнатини и/или деформации
	- сградата се намира на нарушение на земната основа	0.9	
	- видими деформации на греди, колони или стени	0.9	
	- няма	1.0	
Пукнатини по колони и стени	- течове и корозия на армировката	0.8	- пукнатини и/или деформации
	- видими наклонени пукнатини в колони и стоманобетонни стени	0.9	
	- видими деформации на греди, колони	0.9	
	- много пукнатини в стоманобетонни стени	0.9	
	- течове без корозия на армировката	0.9	
	- няма	1.0	

Таблица 6, Фактори за инспекция при определяне на Т – първо ниво на
отсяване -1

Вид повреди	Установена степен на повреда	Стойност на индекса Т	Внимание при второ обследване
Премествания	- сградата е наклонена или има неравномерни слягания	0.7	- пукнатини и/или деформации
	- сградата се намира на нарушение на земната основа	0.9	
	- видими деформации на греди, колони или стени	0.9	
	- няма	1.0	
Пукнатини по колони и стени	- течове и корозия на армировката	0.8	- пукнатини и/или деформации
	- видими наклонени пукнатини в колони и стоманобетонни стени	0.9	
	- видими деформации на греди, колони	0.9	
	- много пукнатини в стоманобетонни стени	0.9	
	- течове без корозия на армировката	0.9	
	- няма	1.0	

Таблица 6, Фактори за инспекция при определяне на Т – първо ниво на
отсяване -1

Пожари	- установени, неотстранени повреди	0.7	- пукнатини и/или деформации повреди
	- установени, отстранени повреди	0.9	
	- няма	1.0	
Агресивни среди	- химически агресивна среда	0.8	- повреди
	- няма	1.0	
Възраст на сградата	- по-голяма от 30 години	0.8	- повреди
	- между 20 и 30 години	0.9	
	- по-малка от 20 години	1.0	
Неносещи елементи	- големи повреди във външни стени	0.9	- повреди
	- големи повреди във вътрешни стени	0.9	
	- няма	1.0	

Таблица 7, Фактори за инспекция при определяне на Т – второ и трето

Елемент	Степен на повреда	Пукнатини и/или деформации (стойност на p_1)			Повреди (стойност на p_2)		
		a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
Плочи	- повече от 1/3 от всички плочи	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	- от 1/3 до 1/9 от всички плочи	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	- по-малко от 1/9 от всички плочи	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
Греди	- повече от 1/3 от всички греди (в една посока)	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	- от 1/3 до 1/9 от всички греди	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	- по-малко от 1/9 от всички греди	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
Колони и стени	- повече от 1/3 от всички елементи	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	- от 1/3 до 1/9 от всички елементи	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	- по-малко от 1/9 от всички елементи	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
Стойност на p_1 и p_2	Сума						
	Общо	$p_1 =$			$p_2 =$		

Съставил доц. И.Милев -
L2_SR_2012

Определяне на Т

Първо ниво на отсяване

T = минималната стойност от Таблица 6

Второ и трето ниво на отсяване

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_i + \dots + T_N) / N \quad (22)$$

$$T_i = (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

ГРАНИЧНА СТОЙНОСТ НА ИНДЕКСА НА СЕИЗМИЧНА ОСИГУРЕНОСТ

Индекс на сеизмична осигуреност

$E_s = 0.8$ (за първо ниво на процедурата)

$= 0.6$ (за второ и трето ниво на процедурата)

Z - коефициент, зависещ от сеизмичното райониране $Z \geq 0.7$

G - коефициент, отчитащ почвените условия, топографските условия и взаимодействието почва-конструкция
 $0.75 \leq G \leq 2.0$

V - коефициент на значимост,
 $V \geq 1.0$

Индекс на сеизмична осигуреност

$$I_{s0} = E_s Z G U$$

E_s – базов индекс на сеизмична осигуреност

Z – сеизмичен коефициент

G – геоложки коефициент

U – коефициент на значимост

Геоложки коефициент G

В общия случай $G=1,0$.

В случаи на сгради на възвишения, хълмове и др. $G=1,1$.

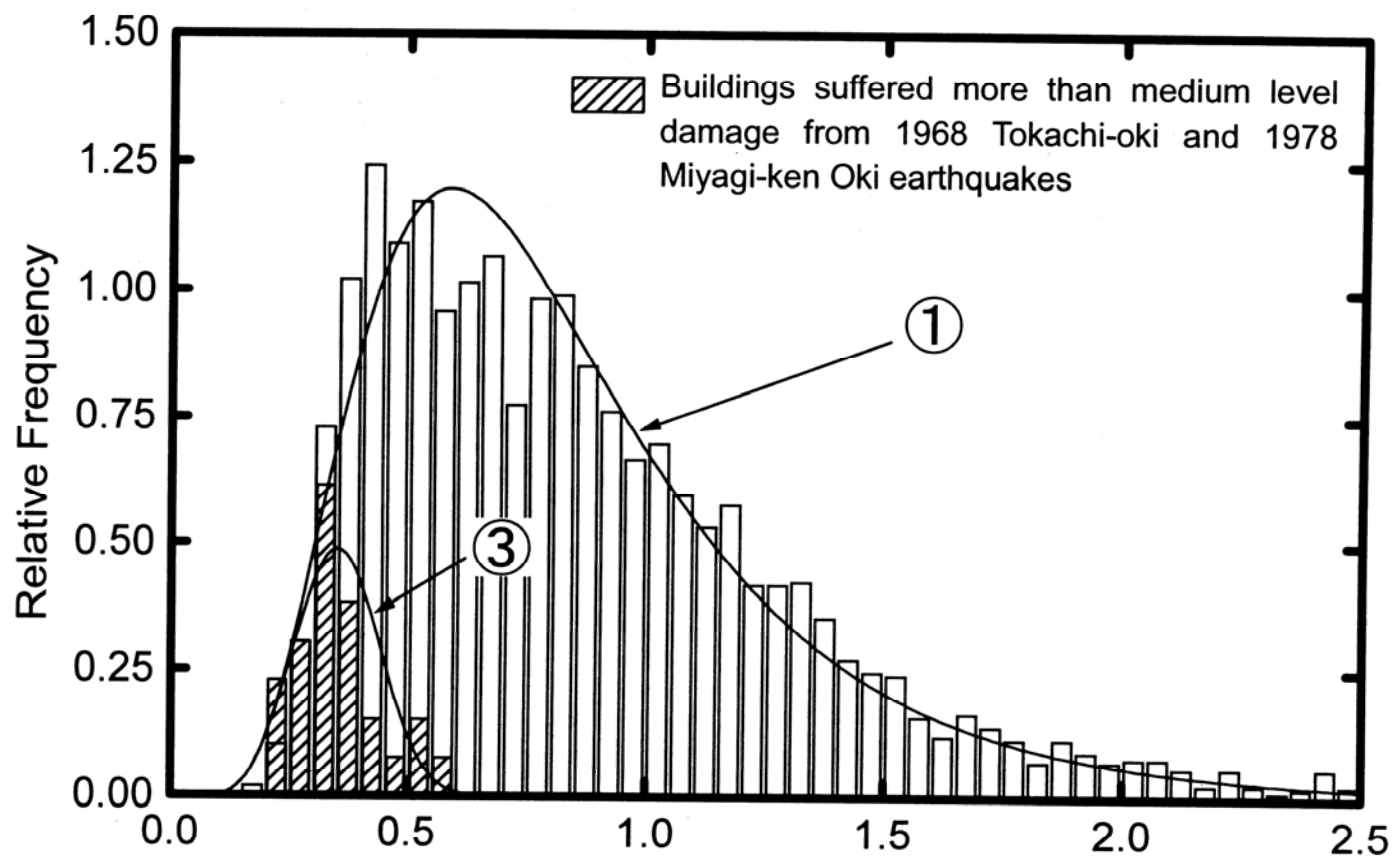
При фундиране върху насип $G=0,75$

Коефициент на значимост U (от ЕС 8)

Клас на значимост	Описание на сградите	Коефициент на значимост U
I	Сгради с малка значимост за обществена безопасност, например селскостопански сгради и др.	0.8
II	Обикновени сгради, не принадлежащи към другите категории	1.0
III	Сгради, чиято сеизмична носеща способност е от значение, от гледна точка на последиците от пълно разрушаване, например училища, зали, културни институции и др.	1.2
IV	Сгради, чиято цялост по време на земетресения е от жизнено значение за защита на населението, например болници, противопожарна охрана, електроцентрали и др.	1.4

ПРИМЕРИ

Разпределение на индекса на сеизмична осигуреност за съществуващи и повредени сгради

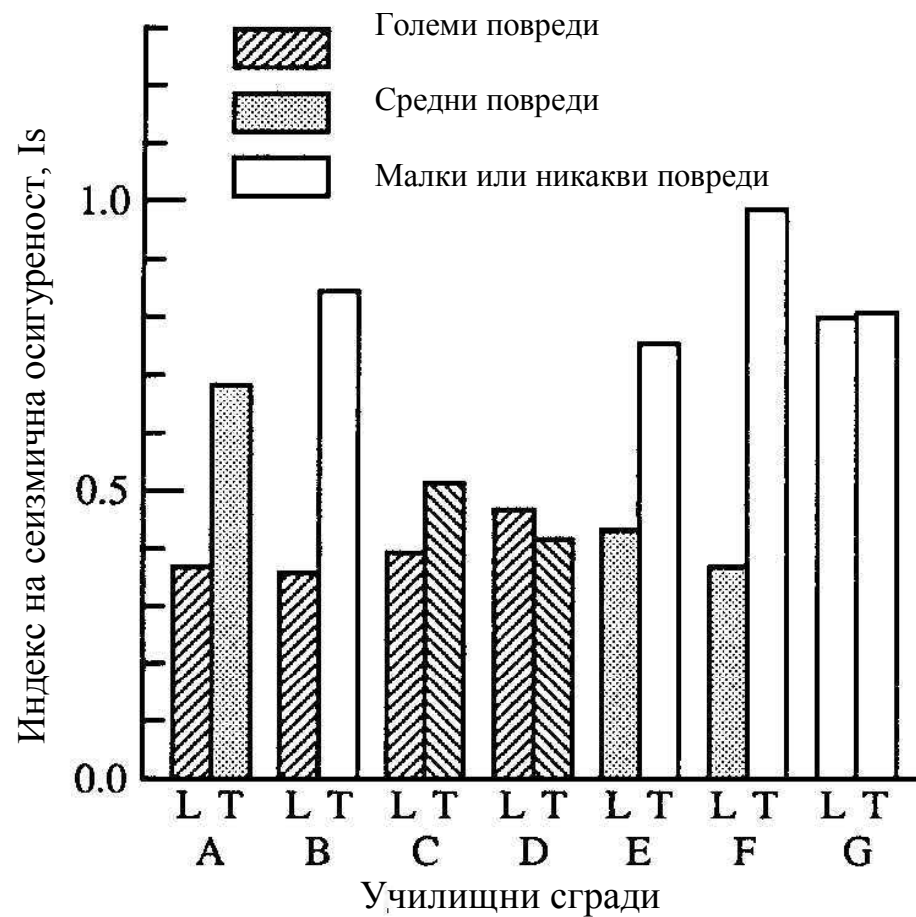


Structural seismic capacity index I_s

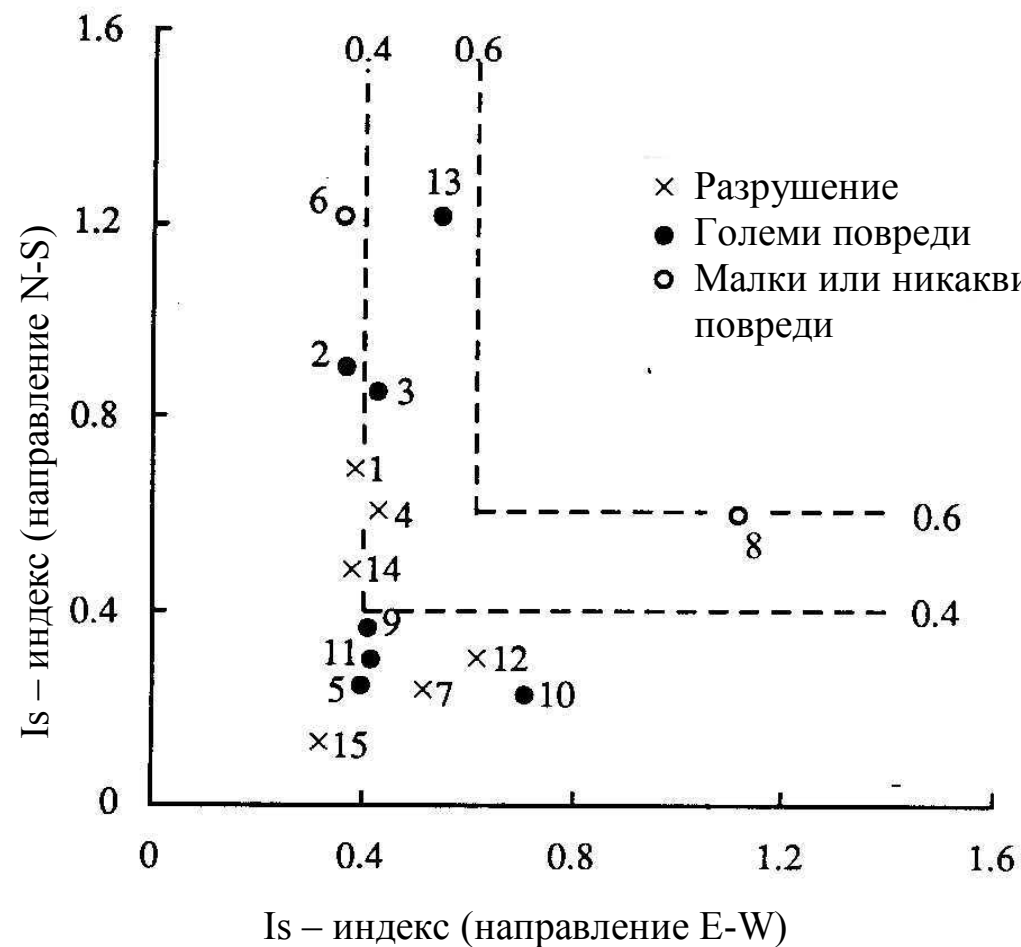
Съставил доц. И.Милев -

L2_SR_2012

Сеизмични индекси на повредени училищни сгради от земетресението Tohaci-oki (1978)

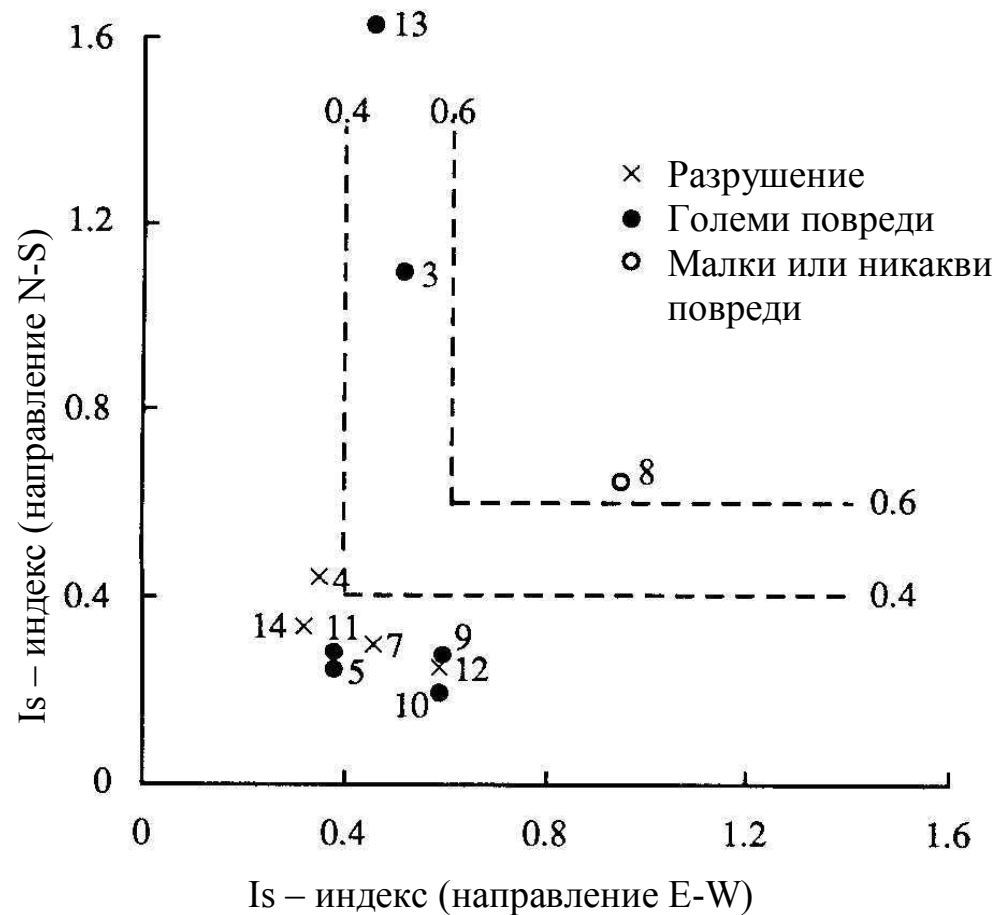


Сеизмични индекси на повредени сгради от земетресението Miyagi-ken (1978) – второ ниво



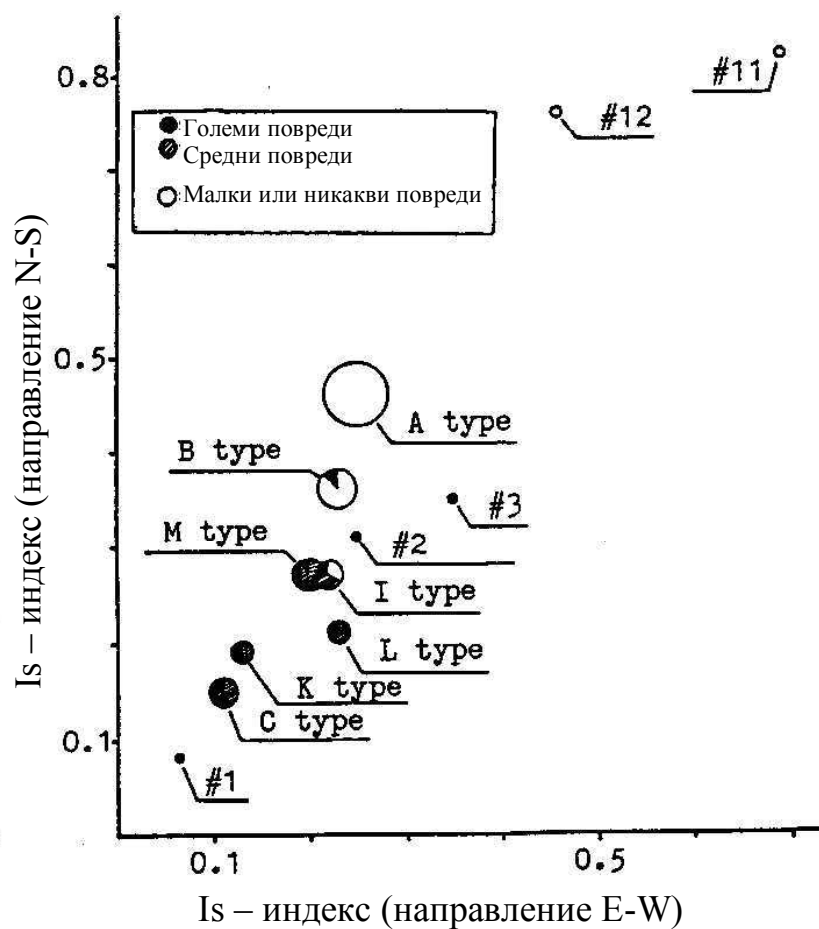
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Сеизмични индекси на повредени сгради от земетресението Miyagi-ken (1968) – трето ниво



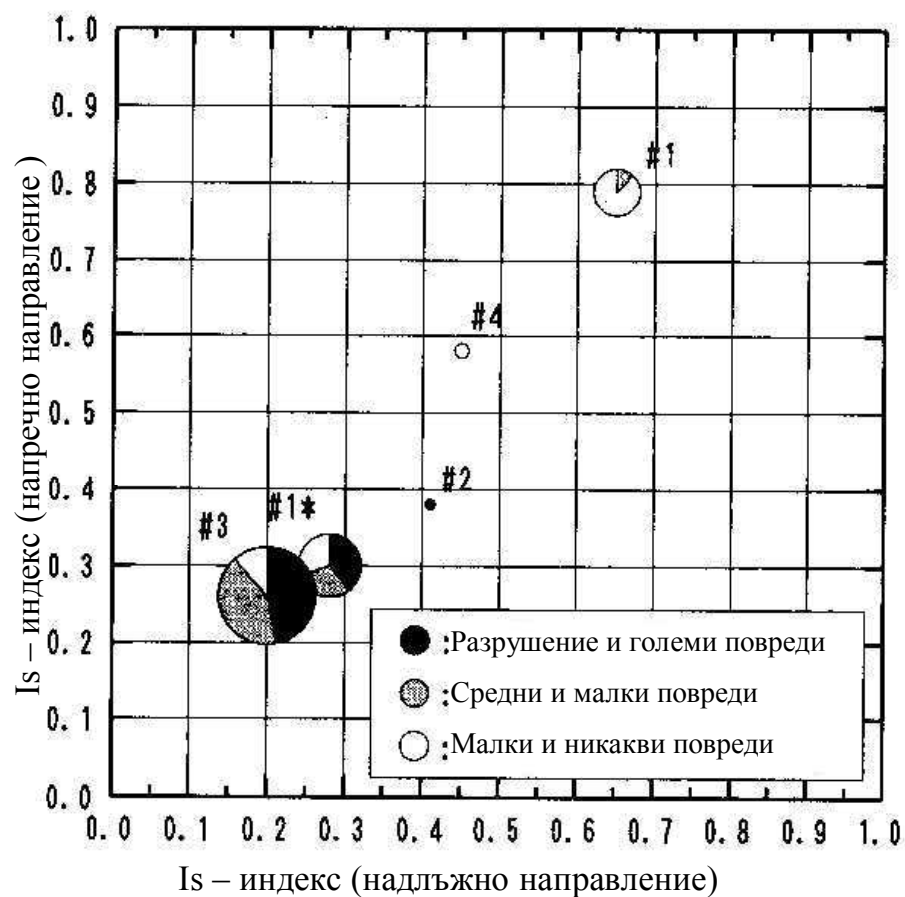
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Сеизмични индекси на повредени сгради в Mexico city от земетресението през 1985 г.



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Сеизмични индекси на повредени сгради в Erzincan от земетресението през 1992 г.



Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

ПРИМЕР ОТ ЯПОНСКИЯ СТАНДАРТ

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

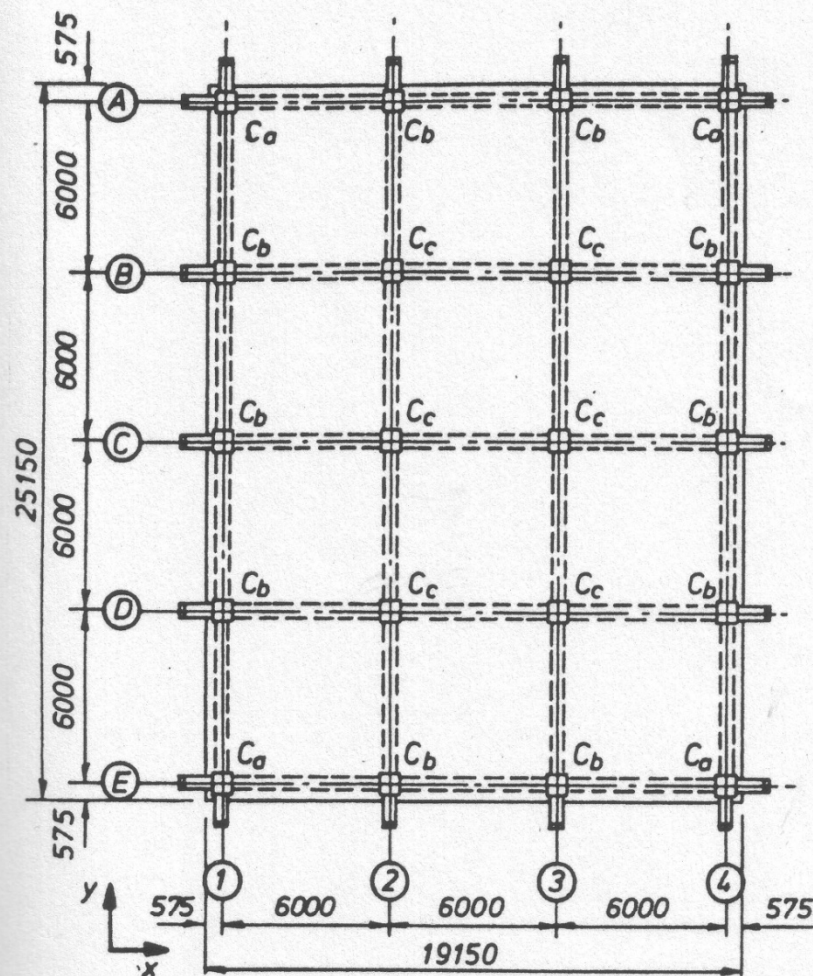


FIGURE B-1 – TYPICAL FLOOR PLAN

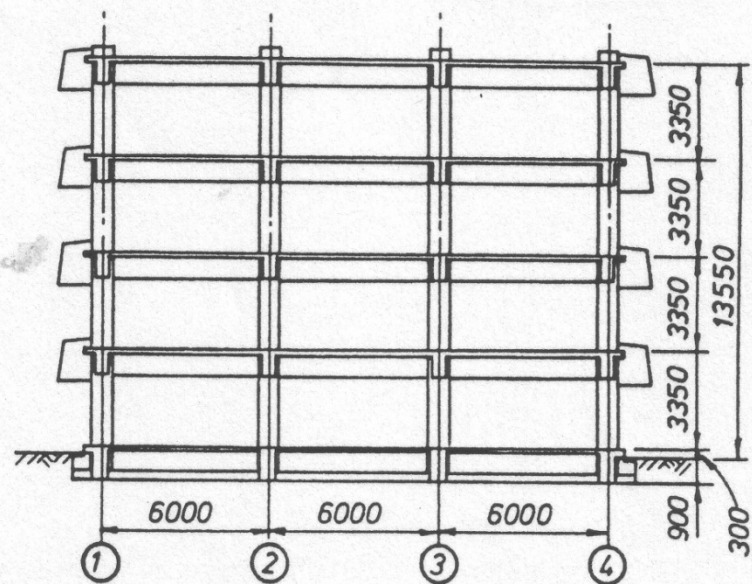


FIGURE B-2 – TYPICAL SECTION

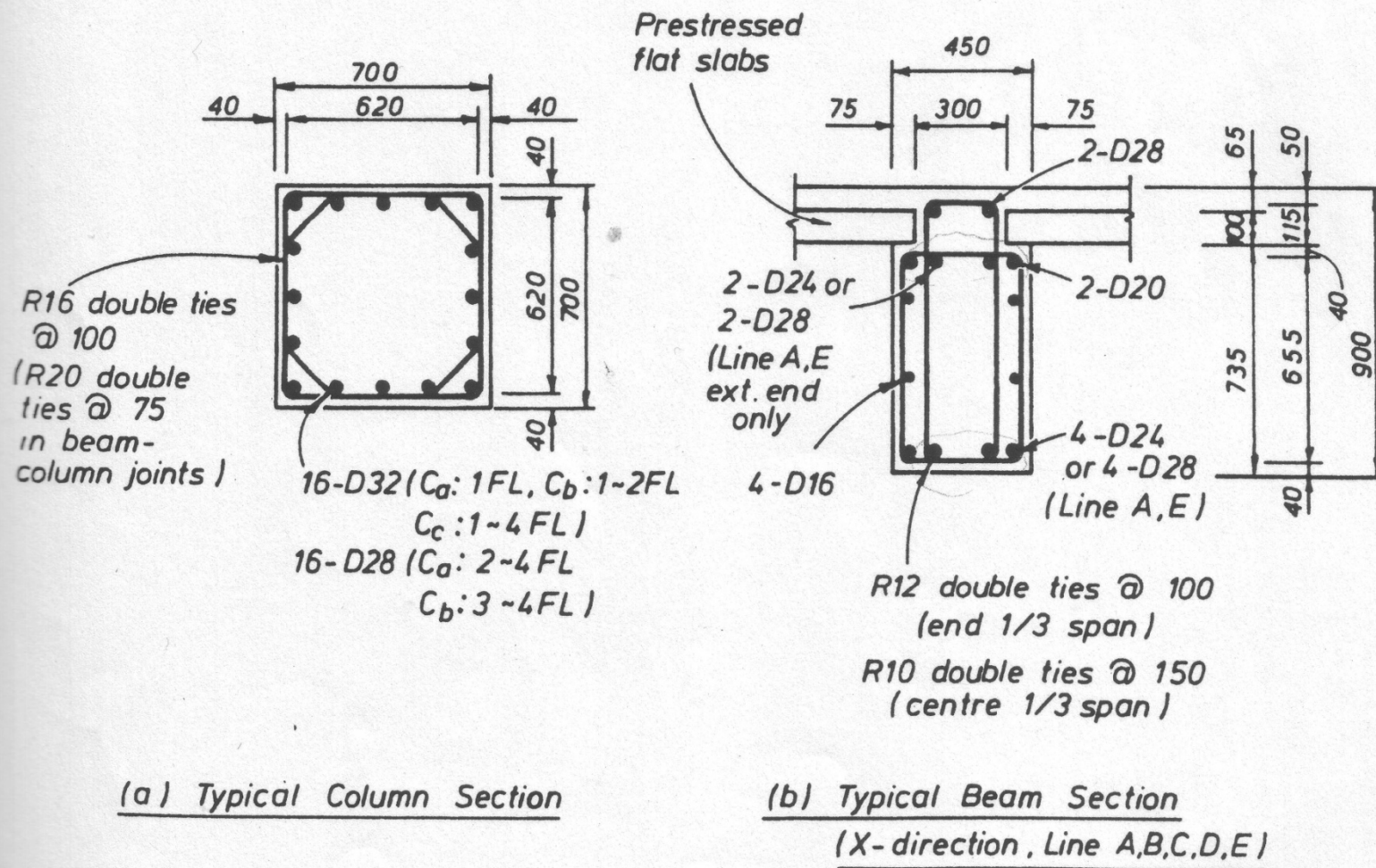


FIGURE B-3—TYPICAL MEMBER SECTIONS

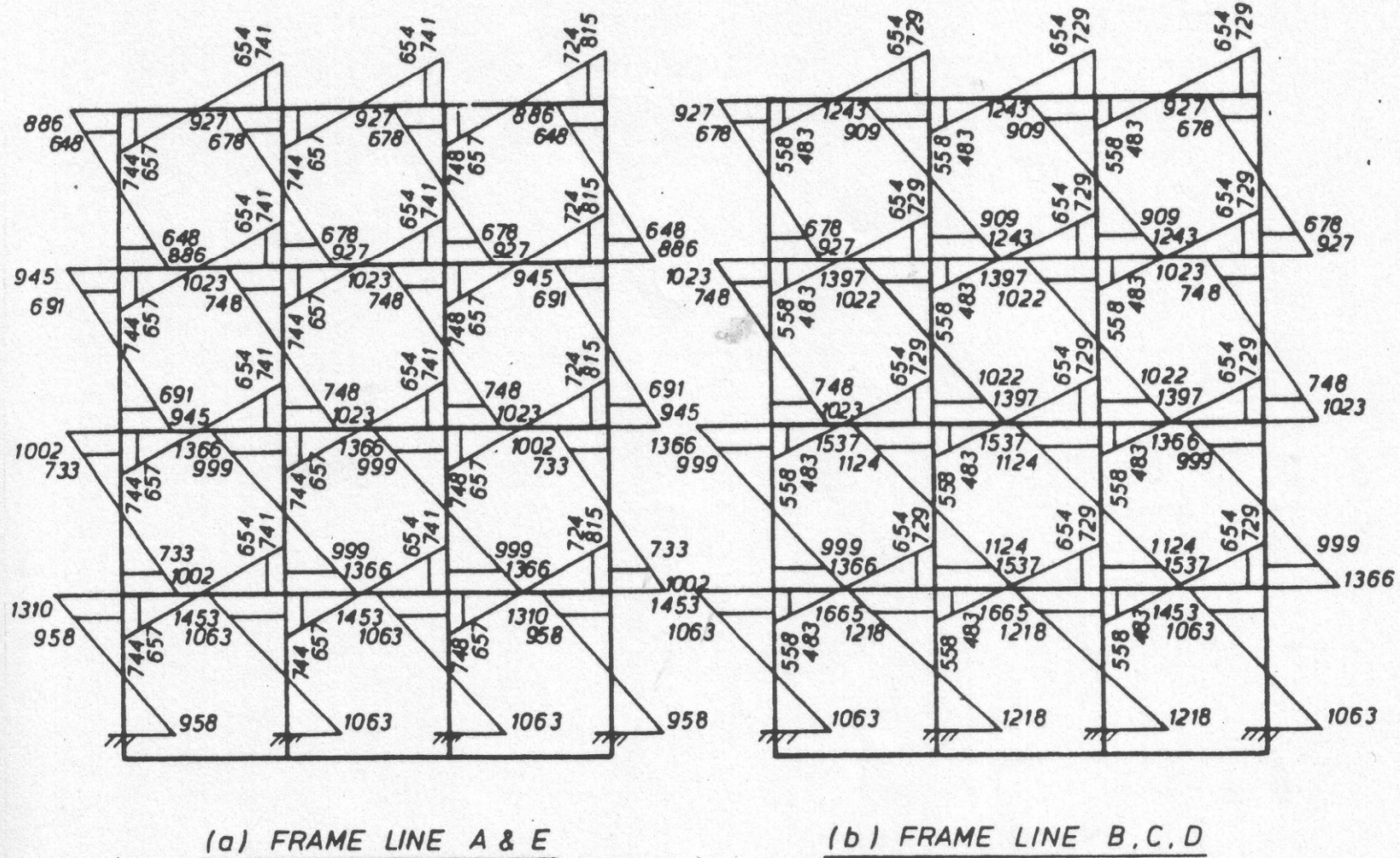
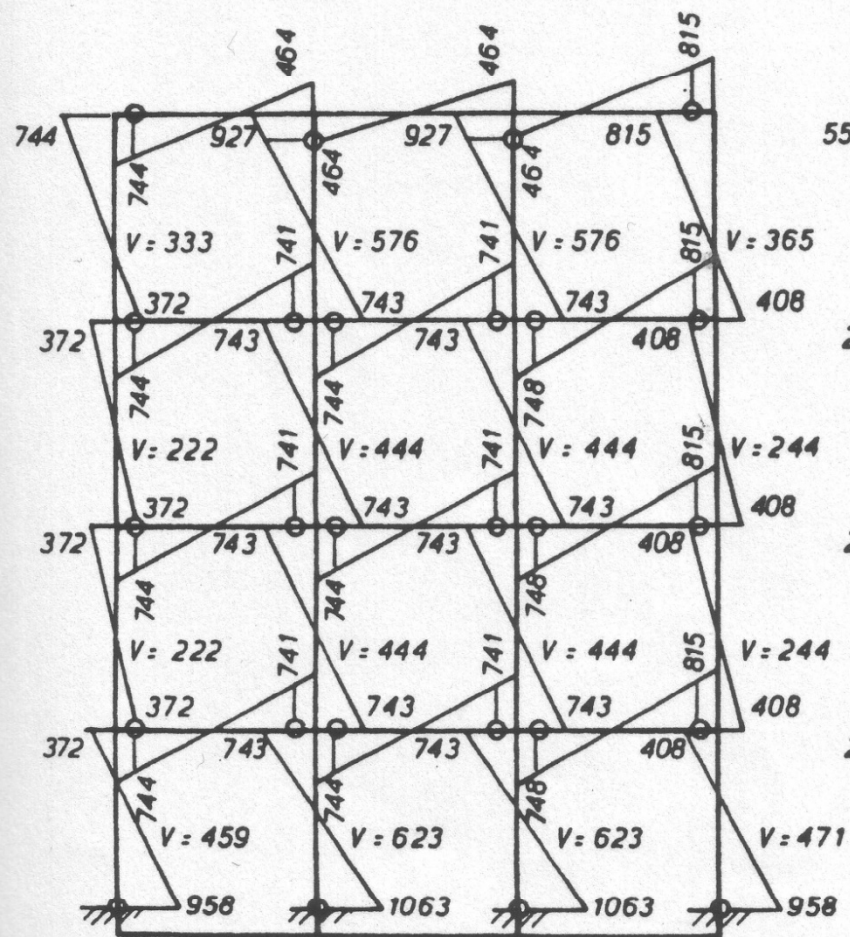
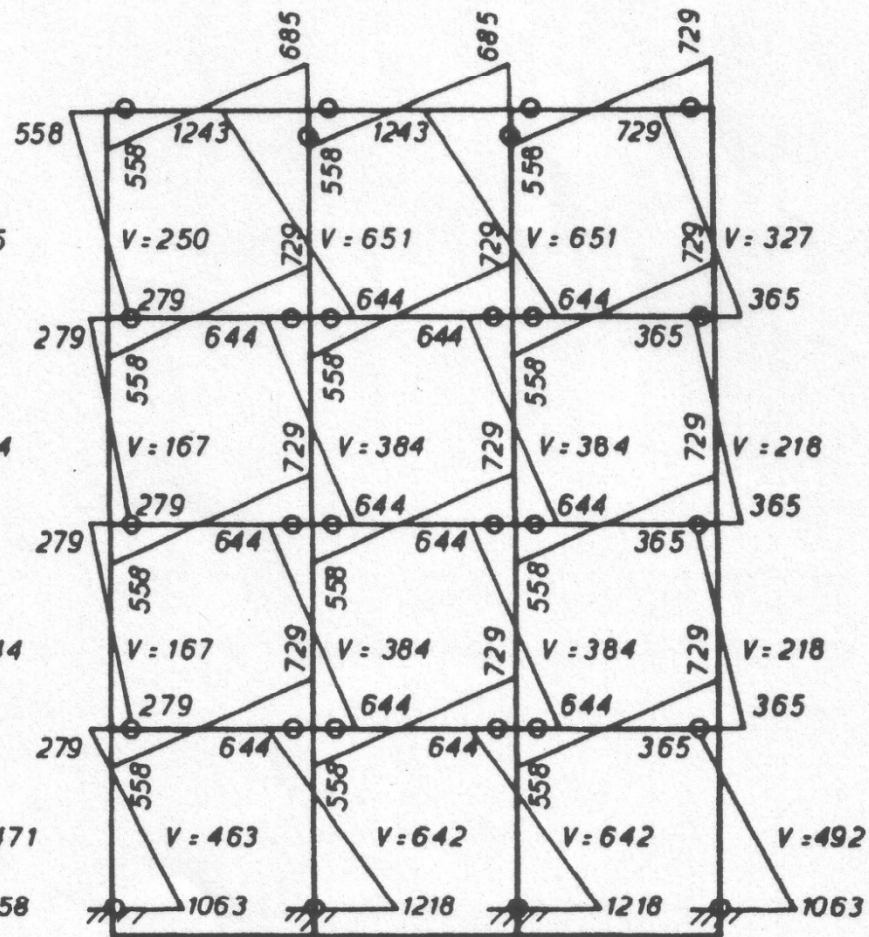


FIGURE B-4—YIELD MOMENT AT CRITICAL SECTIONS AND NODAL MOMENTS



(a) FRAME LINE A & E



(b) FRAME LINE B,C,D

FIGURE B-5—MECHANISM AND ASSOCIATED MOMENT DISTRIBUTION

TABLE B-1—COLUMN AXIAL LOAD AND TOTAL BUILDING WEIGHT
(APPROXIMATED USING TRIBUTARY FLOOR AREA AND
ASSUMED AVERAGE WEIGHT OF 10 KPa)

Member	Storey	Calculation	Load (kN)	Total Load (kN)
C_a	4	$(0.575 + 3)^2 \times 10 =$	128	128
	3		128	256
	2		128	384
	1		128	512
C_b	4	$(0.575 + 3) \times 6 \times 10 =$	215	215
	3		215	430
	2		215	645
	1		215	860
C_c	4	$6 \times 6 \times 10 =$	360	360
	3		360	720
	2		360	1080
	1		360	1440
Total Floor	4	$19.15 \times 25.15 \times 10 =$	4820	4820
	3		4820	9640
	2		4820	14460
	1		4820	19280

TABLE B-2—QUANTITIES FOR THE FIRST LEVEL PROCEDURE

Direction	Storey	Type	$C^{(1)}$	F	E_o	S_D	T	I_s
X, Y	4	COL	2.033	1.0	1.27	1.0	1.0	1.27
	3	COL	1.017	1.0	0.73	1.0	1.0	0.73
	2	COL	0.678	1.0	0.57	1.0	1.0	0.57
	1	COL	0.508	1.0	0.51	1.0	1.0	0.51

(1) For all storeys, total column area $\Sigma A = 700^2 \times 200 = 9.8 \times 10^6 \text{ mm}^2$
 therefore $C_c \cdot W = 1.0 \times 9.8 \times 10^6 / 10^3 = 9800 \text{ kN}$

TABLE B-3—FLEXURAL AND SHEAR STRENGTHS AND DUCTILITY FACTORS OF COLUMNS

		Unit	C_a	C_b	C_c
4th Storey Columns	Tension reinforcement		5-D28	5-D28	5-D32
	$0.8 A_s f_y h$	kNm	604	604	788
	$0.5 P h (1 - P/bh f'_c)$	kNm	44	74	121
	M_u	kNm	648 ⁽¹⁾	678	909
	V_u	kN	529	553	742
	$\frac{0.053 \rho^{0.23} (18 + f'_c)}{M/Vd + 0.12}$	MPa	0.900 ⁽²⁾	0.900	0.957
	$0.85 \rho_h f_y h$	MPa	1.579 ⁽³⁾	1.579	1.579
	$0.1 P/bh$	MPa	0.026	0.044	0.073
	V_{su}	kN	982	989	1000
	μ_o	-	8.56	7.88	3.48
3rd Storey	k_2	-	0	0	0
	μ	-	5.00 ⁽⁴⁾	5.00	3.48
	Tension reinforcement		5-D28	5-D28	5-D32
	$0.8 A_s f_y h$	kNm	604	604	788
	$0.5 P h (1 - P/bh f'_c)$	kNm	87	144	234
	M_u	kNm	691	748	1022
	V_u	kN	564	611	834
	$\frac{0.053 \rho^{0.23} (18 + f'_c)}{M/Vd + 0.12}$	MPa	0.900	0.900	0.957
	$0.85 \rho_h f_y h$	MPa	1.579	1.579	1.579
	$0.1 P/bh$	MPa	0.052	0.088	0.147
	V_{su}	kN	992	1006	1052
	μ_o	-	7.59	6.46	2.61
	k_2	-	0	0	0.19
	μ	-	5.00	5.00	2.42

(1) $V_u = 2 M_u / l_c$, $l_c = 2.45$ m

(2) $\rho = 0.912$ (5-D28) 0.698 (5-D32); $M/Vd = l_c/2d = 1.94$

(3) $\rho_h = 4 \times 201/700 \times 100 = 0.115$

(4) $\mu = \mu_o - k_1 - k_2$; $k_1 = 0$; $k_2 = 30 \sqrt{V_u/M_u} - 2$; $k_1 + k_2 \leq 5$

Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

TABLE B-4—FLEXURAL AND SHEAR STRENGTH AND DUCTILITY FACTORS OF COLUMNS

		Unit	C_a	C_b	C_c
2nd Storey Columns	Tension reinforcement		5-D28	5-D32	5-D32
	$0.8 A_s f_y h$	kNm	604	788	788
	$0.5 P h (1 - P/bh f'_c)$	kNm	129	211	336
	M_u	kNm	733	999	1124
	V_u	kN	598	816	918
	$\frac{0.053 \rho^{0.23} (18 + f'_c)}{M/Vd + 0.12}$	MPa	0.900	0.957	0.957
	$0.85 \sqrt{\rho_h} f_y h$	MPa	1.579	1.579	1.579
	$0.1 P/bh$	MPa	0.078	0.132	0.220
	V_{su}	kN	1002	1046	1080
	μ_o	-	6.76	2.82	1.76
1st Storey Columns	k_2	-	0	0.12	0.51
	μ	-	5.00	2.70	1.25
	Tension reinforcement		5-D32	5-D32	5-D32
	$0.8 A_s f_y h$	kNm	788	788	788
	$0.5 P h (1 - P/bh f'_c)$	kNm	170	275	430
	M_u	kNm	958	1063	1218
	V_u	kN	782	868	994
	$\frac{0.053 \rho^{0.23} (18 + f'_c)}{M/Vd + 0.12}$	MPa	0.957	0.957	0.957
	$0.85 \sqrt{\rho_h} f_y h$	MPa	1.579	1.579	1.579
	$0.1 P/bh$	MPa	0.104	0.176	0.294
	V_{su}	kN	1035	1063	1109
	μ_o	-	3.24	2.25	1.16
	k_2	-	0	0.32	0.80
	μ	-	3.24	1.93	1.00

Съставил доц. Й. Милев -
L2_SR_2012

TABLE B-5—SUMMARY OF THE SECOND LEVEL PROCEDURE

Direction	Storey	Type	C	F	E _O	S _d	T	I _s
X, Y	4	FL.COL FL.COL	0.92 1.59	2.99 (3.20) (1)	4.35	1.0	1.0	4.35
	3	FL.COL FL.COL	0.52 0.87	2.33 (3.20) (1)	2.31	1.0	1.0	2.31
	2	FL.COL FL.COL FL.COL	0.38 0.56 0.17	1.54 2.46 (3.20) (2)	1.57	1.0	1.0	1.57
	1	FL.COL FL.COL FL.COL	0.31 0.45 0.16	1.27 2.06 (2.69) (2)	1.32	1.0	1.0	1.32

(1) E_O was determined by $\phi (C_1 + C_2) F_1$

(2) E_O was determined by $\phi \sqrt{C_1^2 F_1^2 + (C_2 + C_3)^2 F_2^2}$

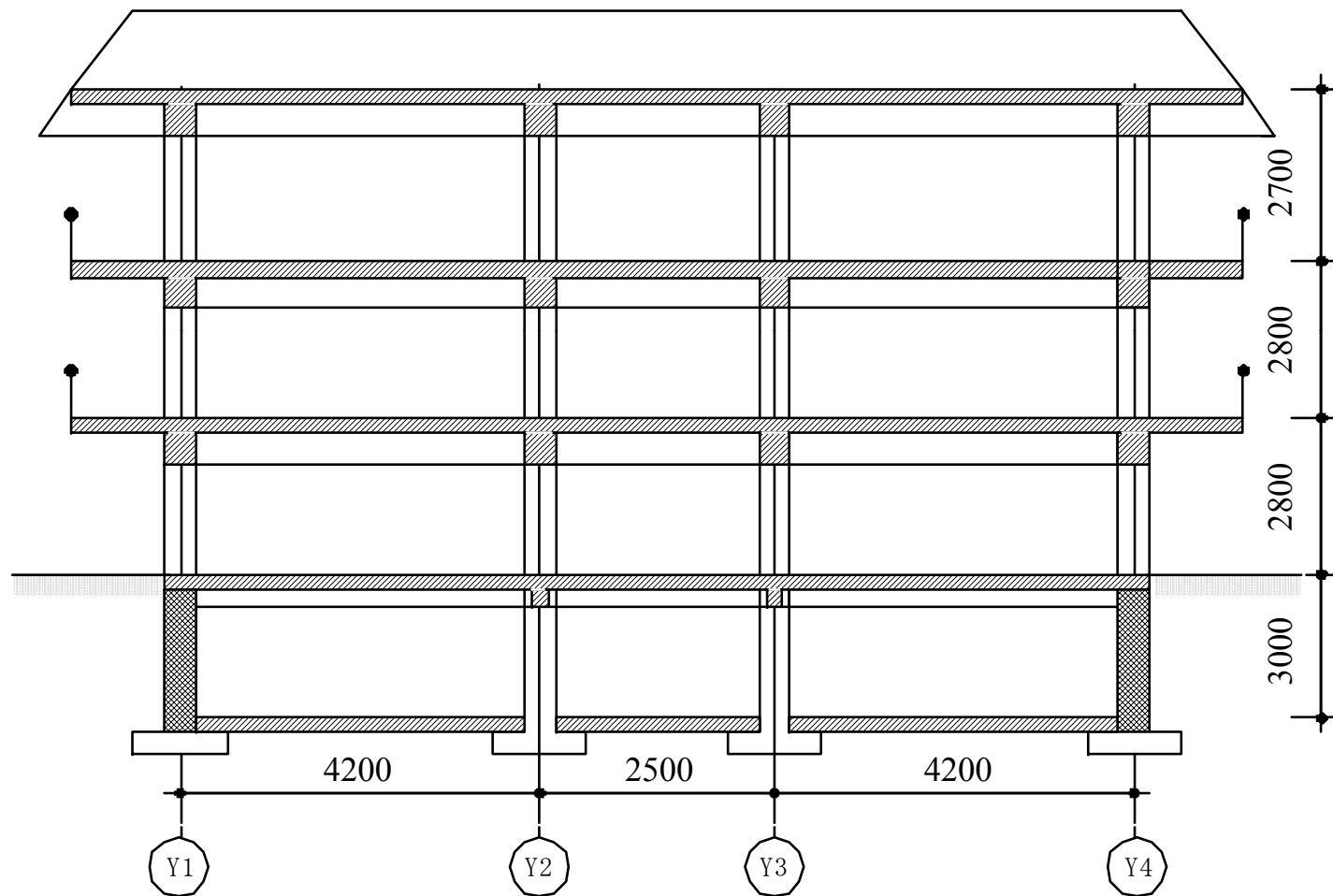
TABLE B-6—SUMMARY OF THE THIRD LEVEL PROCEDURE

Direction	Storey	Type	C	F	E _O	S _D	T	I _s
	4	BM-BM CL-BM	0.65 1.29	3.00 3.00 ¹	4.36	1.0	1.0	4.36
	3	BM-BM	0.64	3.00	1.65	1.0	1.0	1.65
	2	BM-BM	0.43	3.00	1.28	1.0	1.0	1.28
	1	BM-CL	0.57	3.00 ¹	2.07	1.0	1.0	2.07

- (1) The ductility index is determined from the smaller value with respect to the top or the bottom of the column. The F value corresponding to column yield was 3.20 for all column hinges, hence F = 3.0, appropriate for flexural beams was used.

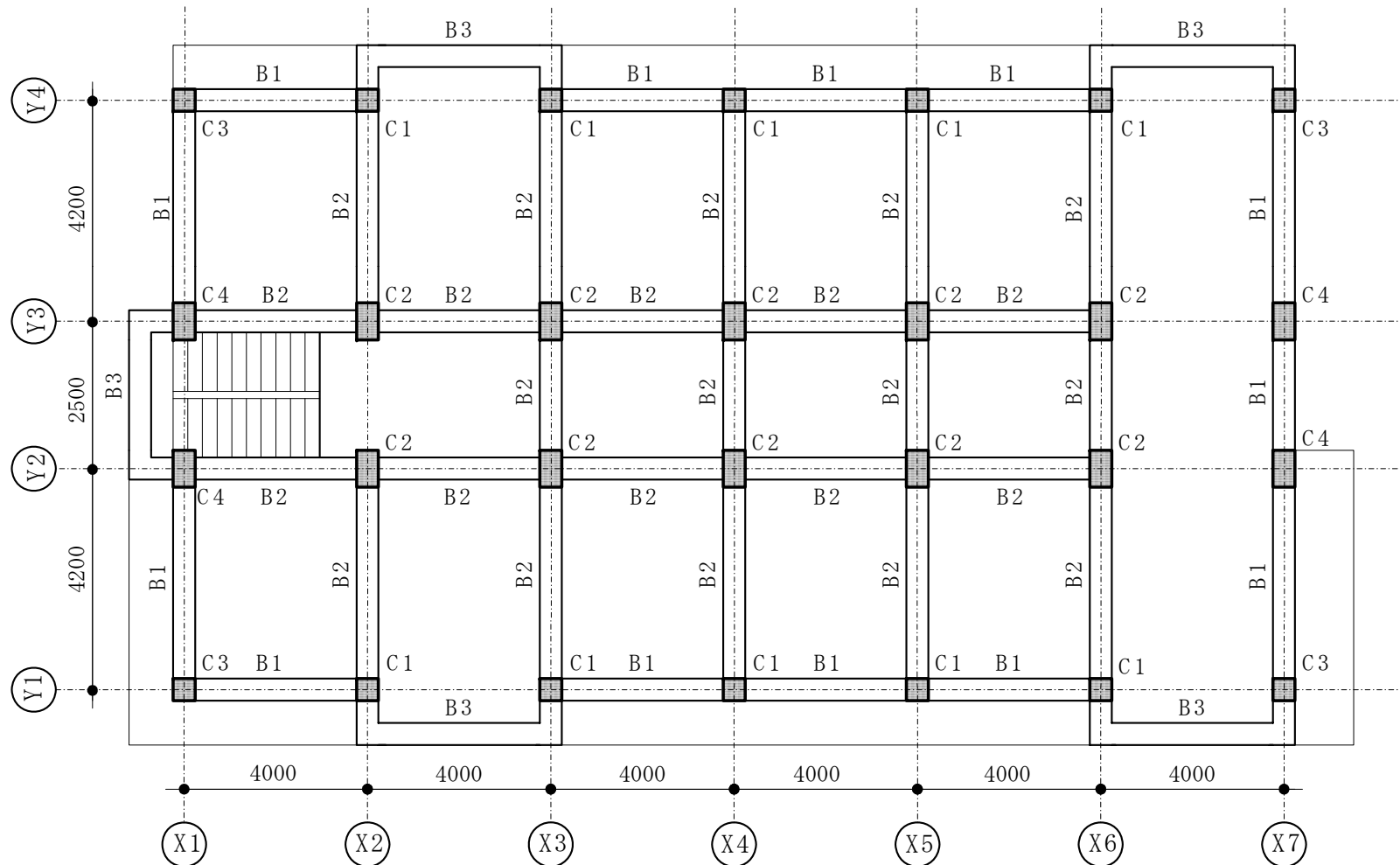
ПРИМЕР УЧИЛИЩНА СГРАДА В БЪЛГАРИЯ - I

Разрез



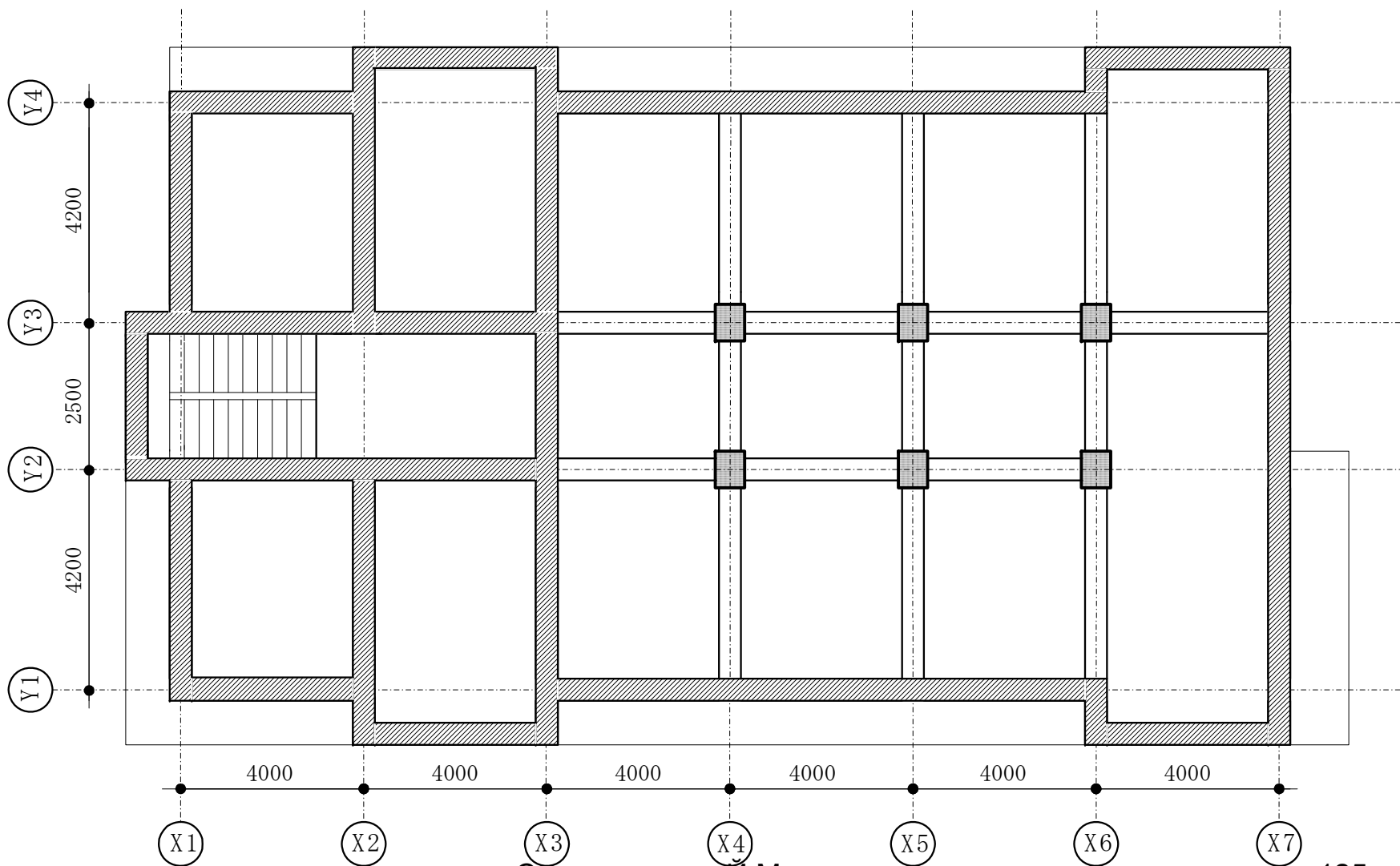
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

План на типова плоча



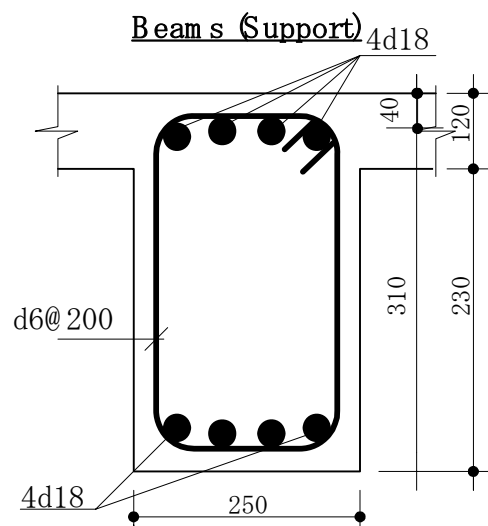
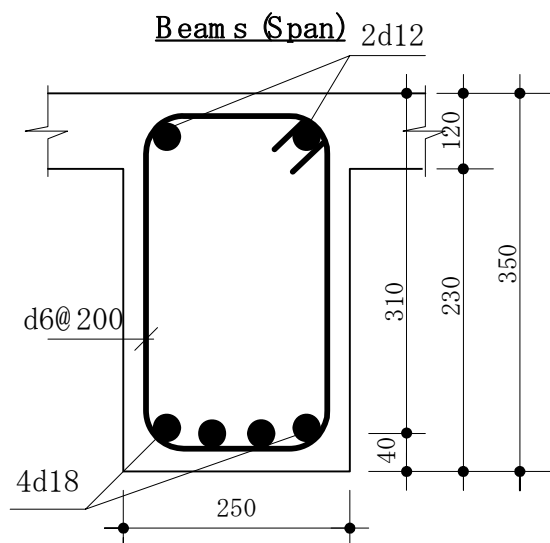
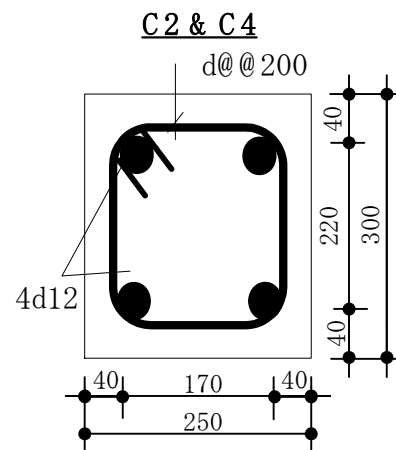
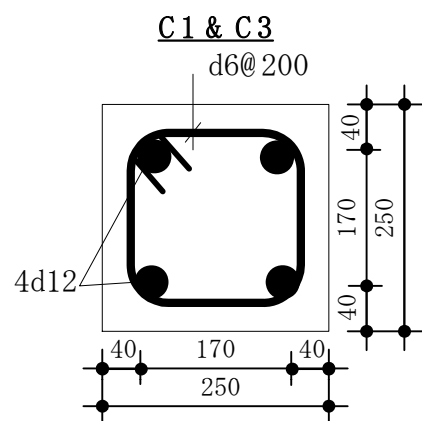
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

План на плоча над сутерена

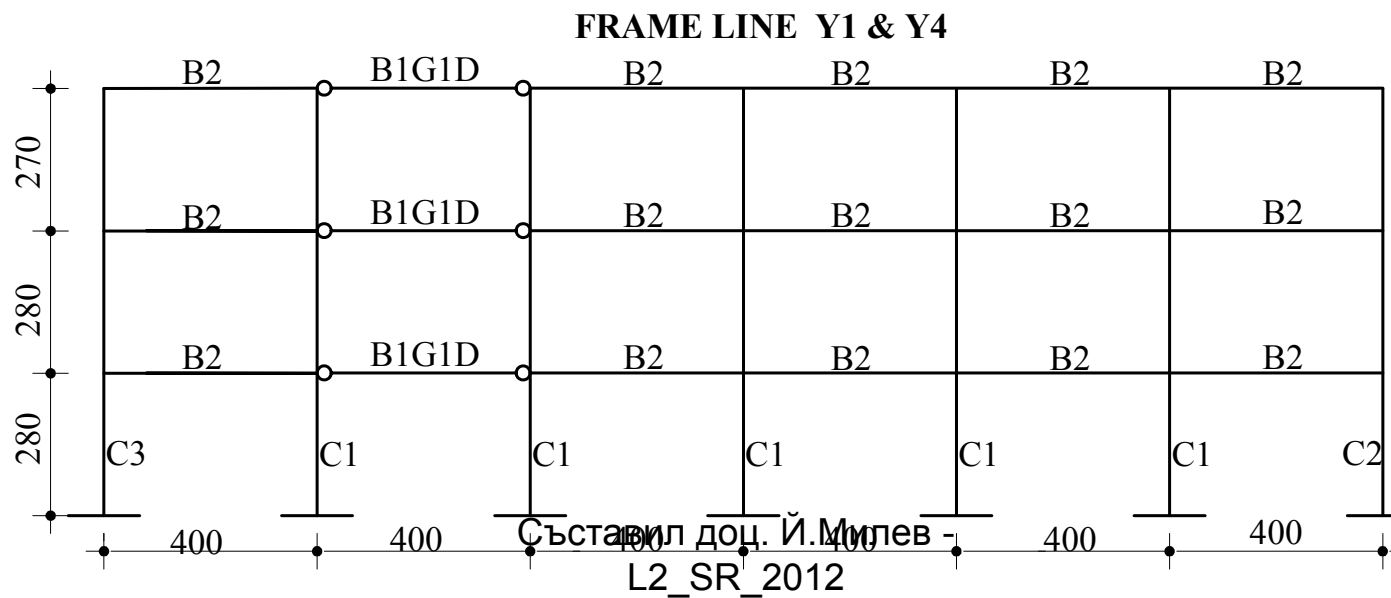
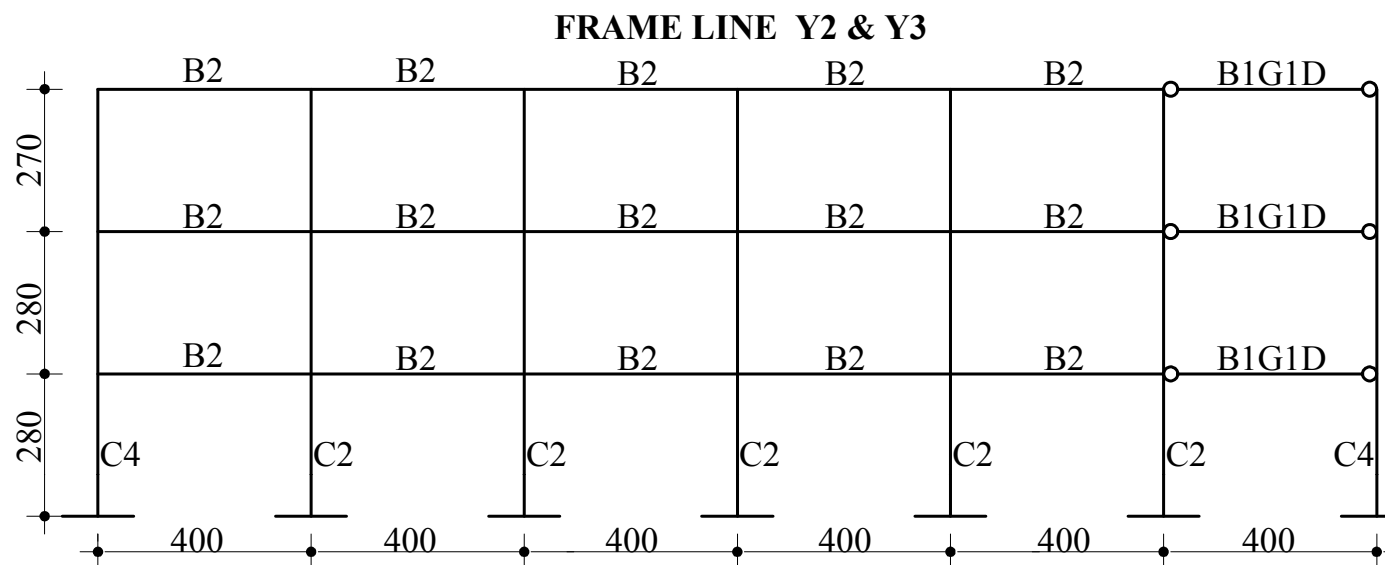


Съставил доц. И.Милев -
L2_SR_2012

Армировъчни детайли

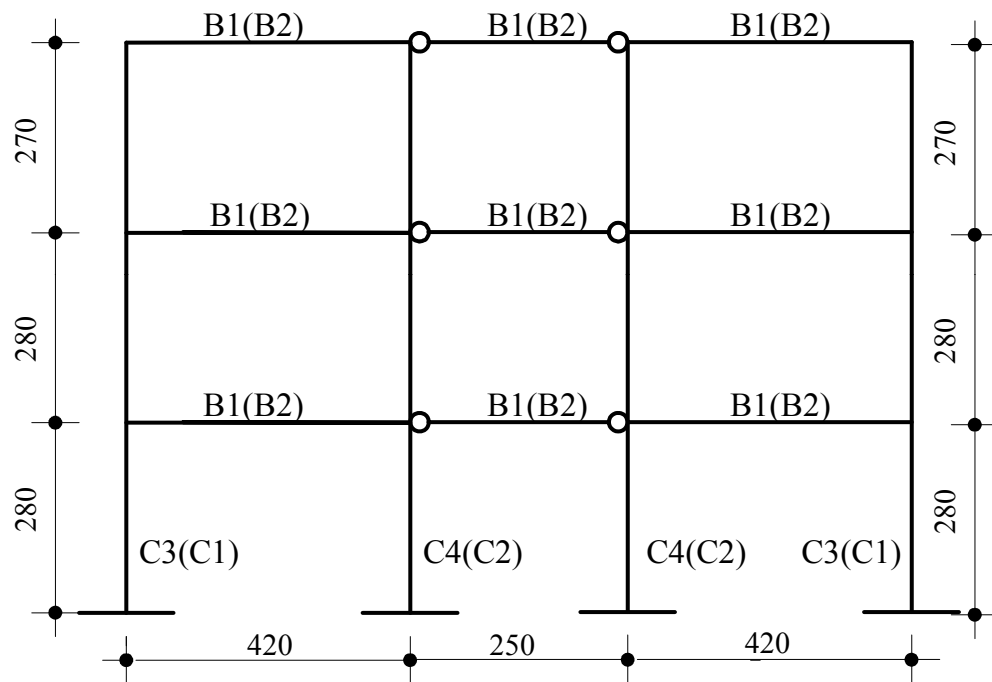


Рамки в направление EW

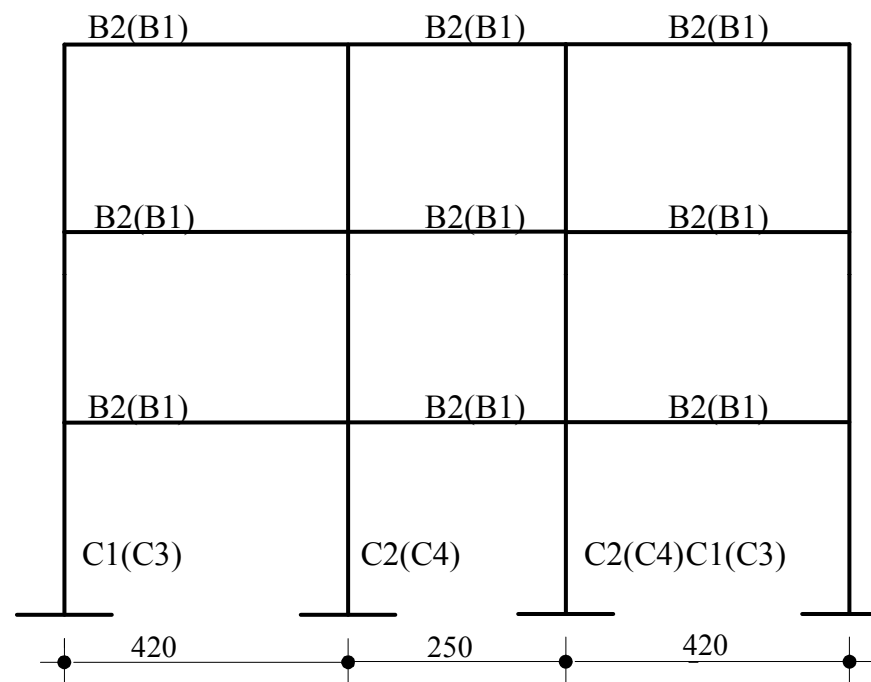


Рамки в направление NS

FRAME LINE X1 & (X2)



FRAME LINES X3,X4,X5,X6 & (X7)



I ниво на процедурата – якостен индекс

Direction	Story	Type	ΣA [cm ²]	σ [Mpa]	$f_c/20 * \Sigma A * \sigma_u$ [kN]	W [kN]	C
N-S	3rd	Columns	19250	0.7	1010.625	3450	0.293
	2nd	Columns	19250	0.7	1010.625	8050	0.126
	1st	Columns	19250	0.7	1010.625	12750	0.079

I ниво на процедурата – сеизмичен индекс и индекс на сеизмична осигуреност

Direction	Story	Type	C	ϕ	F	Eo	Sd	T	Is
N-S	3rd	Columns	0.293	0.667	1.000	0.195	1.000	1.000	0.195
	2nd	Columns	0.126	0.800	1.000	0.100	1.000	1.000	0.100
	1st	Columns	0.079	1.000	1.000	0.079	1.000	1.000	0.079

Direction	Story	Es	Z	G	U	Iso
N-S	3rd	0.8	0.7	1	1	0.560
	2nd	0.8	0.7	1	1	0.560
	1st	0.8	0.7	1	1	0.560

II ниво на процедурата – якостен и дуктилен индекс

			Group 1 - C1		Group 3 - C2&C4		Group 3 - C3	
			Flexural columns		Flexural columns		Flexural columns	
Direction	Story	W [kN]	ΣV_u [kN]	C	ΣV_u [kN]	C	ΣV_u [kN]	C
N-S	3rd	3450	264.580	0.077	211.260	0.061	77.000	0.022
	2nd	8050	393.260	0.049	293.700	0.036	111.000	0.014
	1st	12750	385.900	0.030	362.320	0.028	136.760	0.011

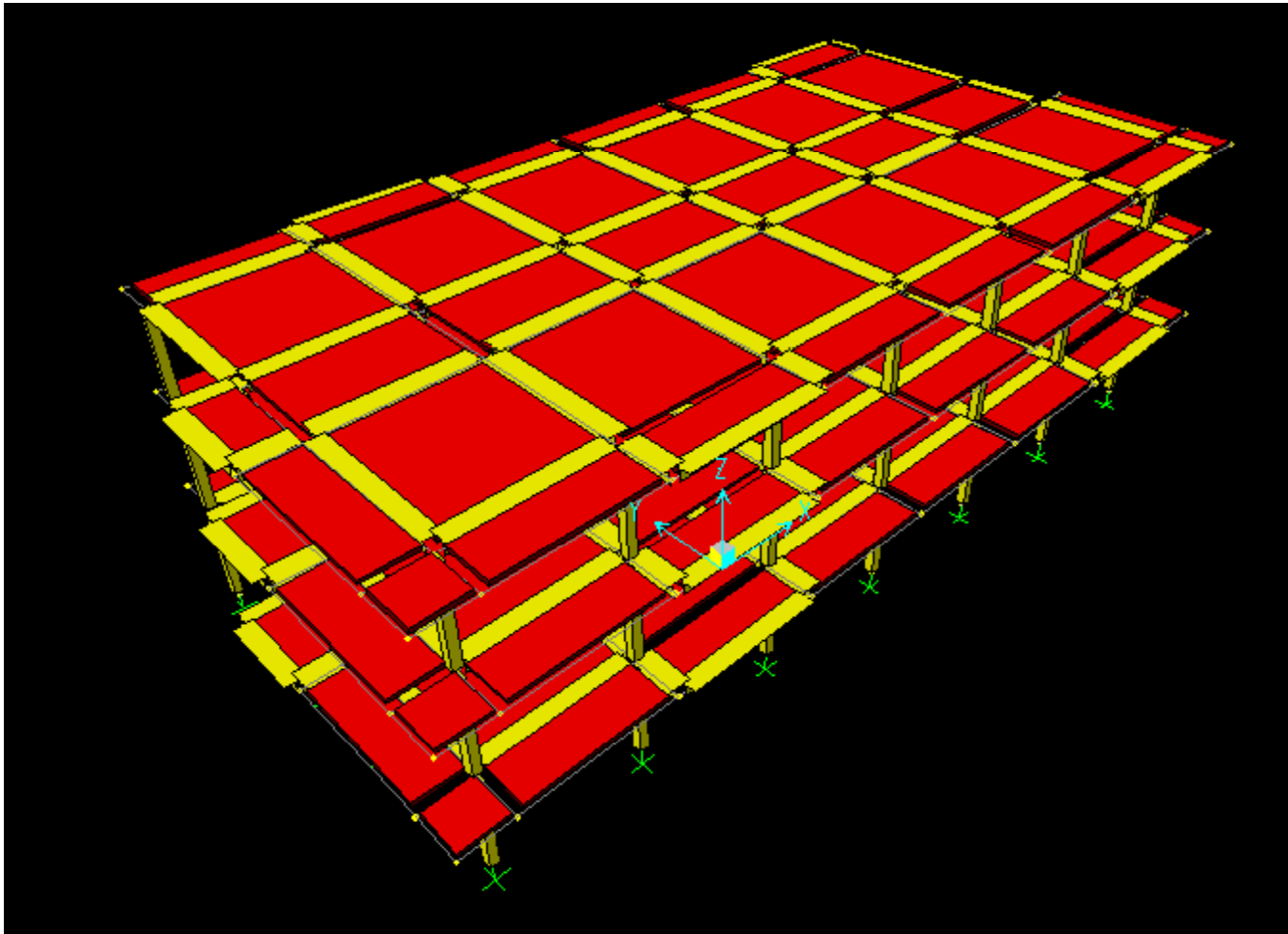
		Group 1 - C1		Group 3 - C2&C4		Group 3 - C3	
		Flexural columns		Flexural columns		Flexural columns	
Direction	Story	μ	F	m	F	m	F
N-S	3rd	5	3.2	5	3.2	5	3.2
	2nd	5	3.2	5	3.2	5	3.2
	1st	5	3.2	5	3.2	5	3.2

II ниво на процедурата – сеизмичен индекс и индекс на сеизмична осигуреност

Direction	Story	ϕ	Eo	Sd	T	Is
N-S	3rd	0.667	0.342	1.000	1.000	0.342
	2nd	0.800	0.253	1.000	1.000	0.253
	1st	1.000	0.221	1.000	1.000	0.221

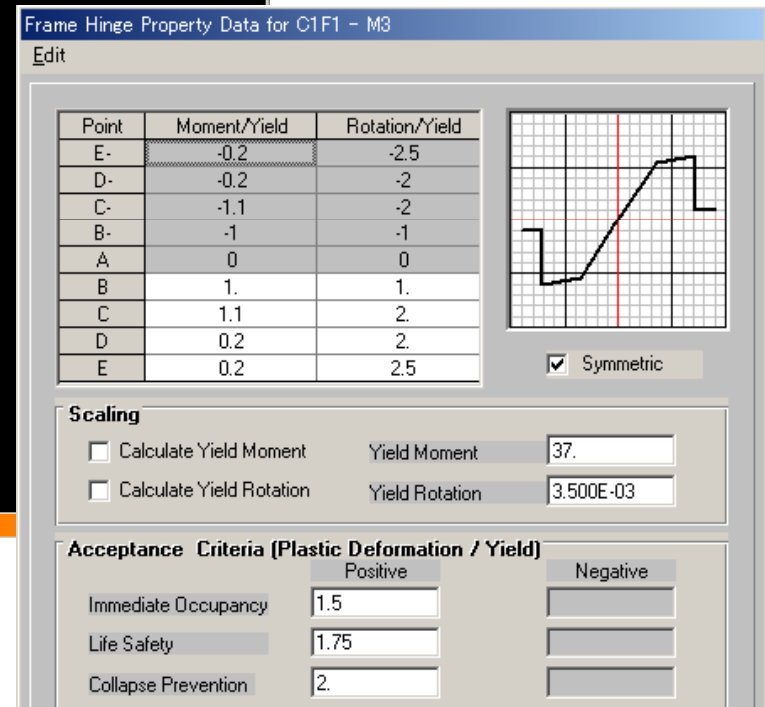
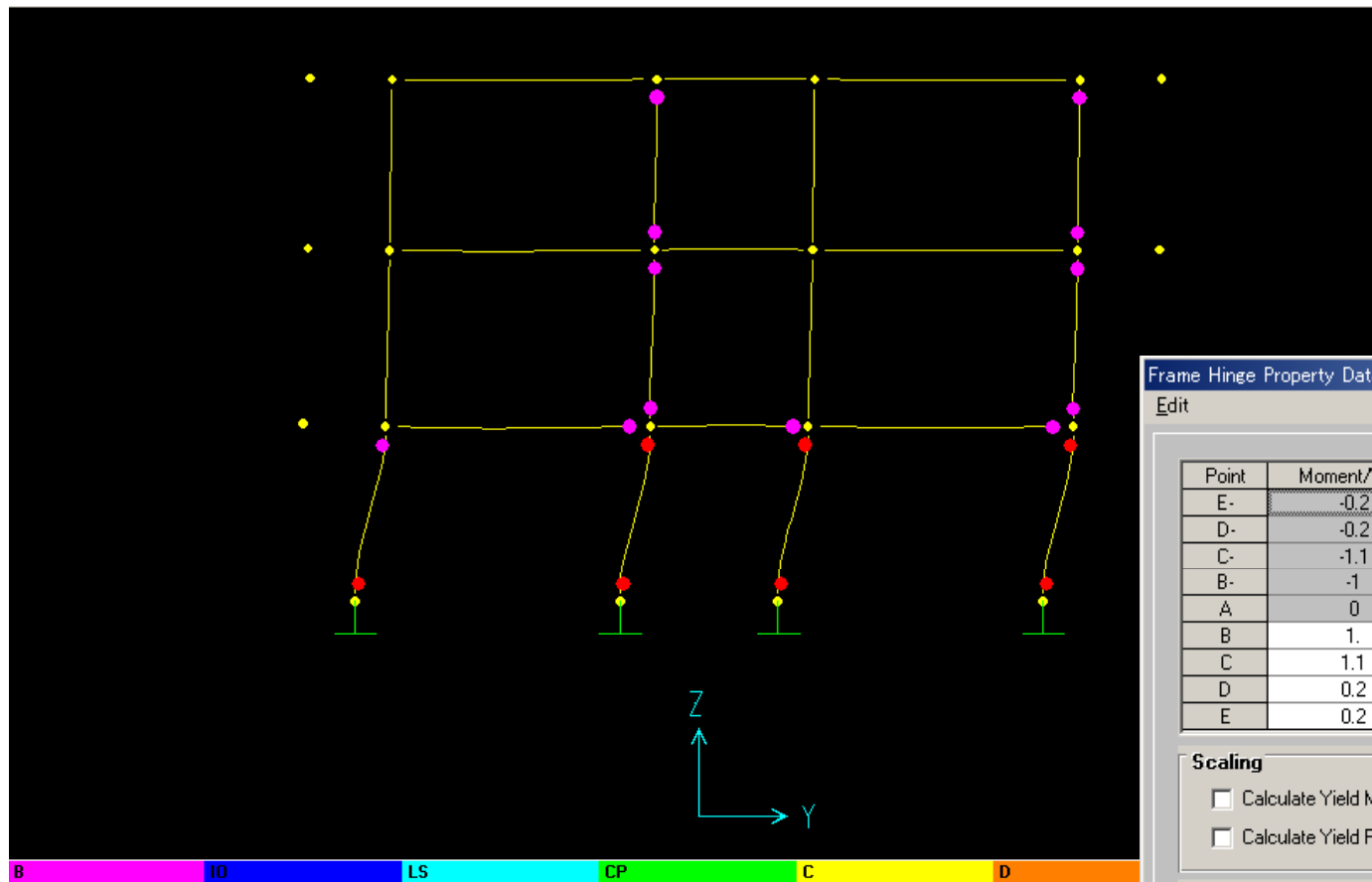
Direction	Story	Es	Z	G	U	Iso
N-S	3rd	0.6	0.7	1	1	0.42
	2nd	0.6	0.7	1	1	0.42
	1st	0.6	0.7	1	1	0.42

SAP 2000 3-D Model



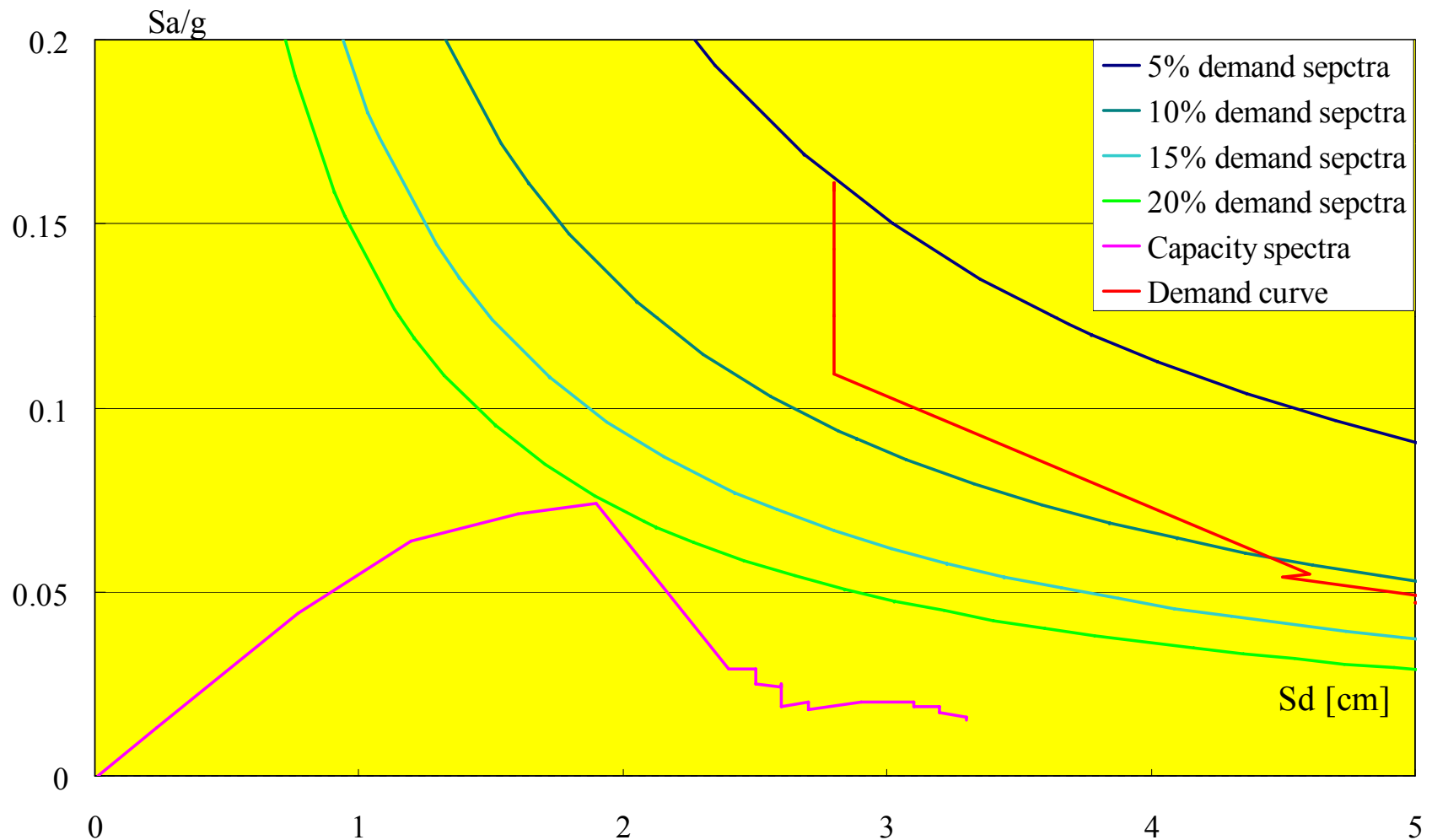
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Pushover – NS Direction

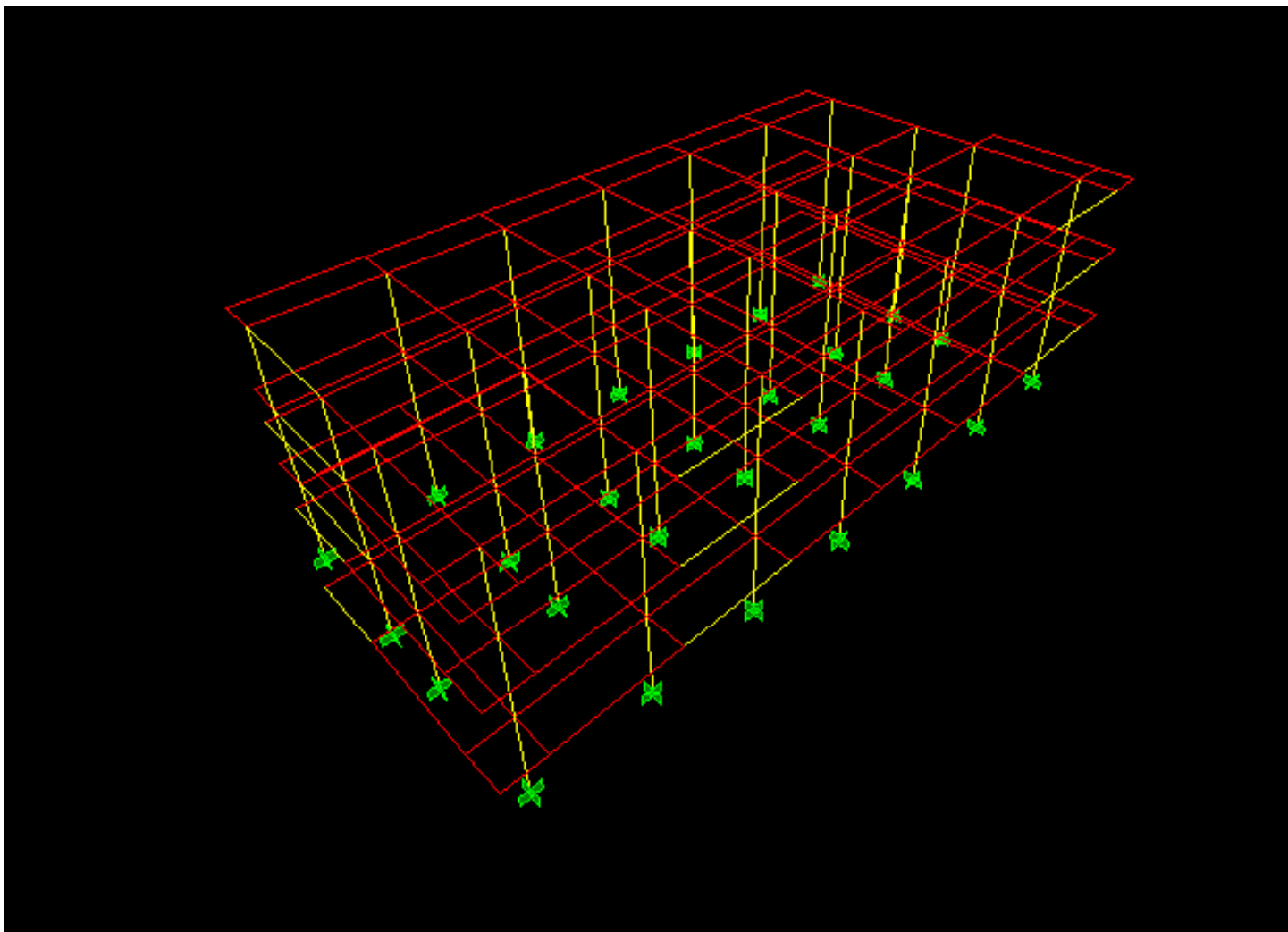


Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

FEMA 273&274 evaluation - NS direction

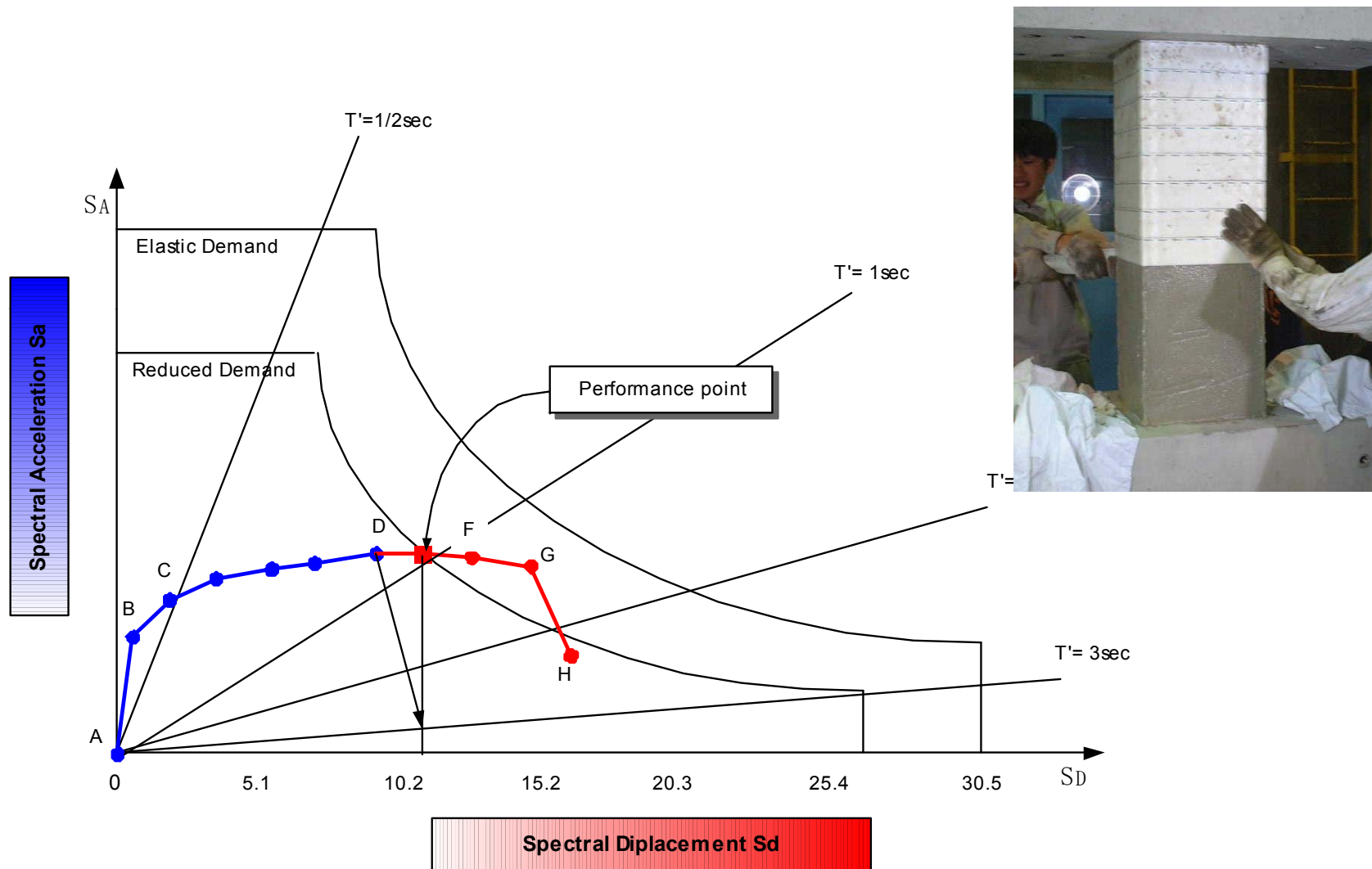


Нелинейно изследване във времето – неусилена конструкция



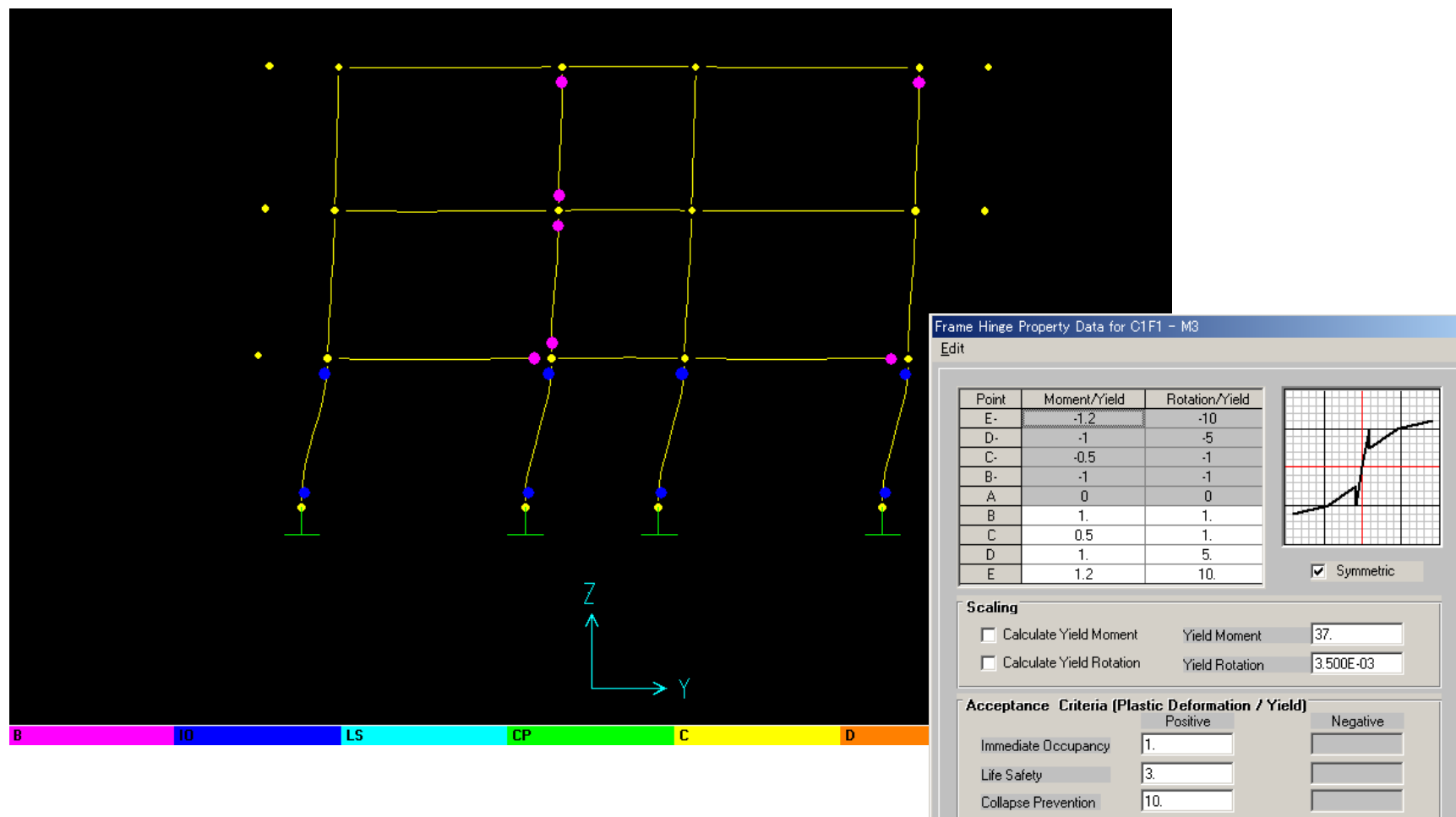
L2_SR_2012

Стратегия за усилване – увеличаване на дуктилността



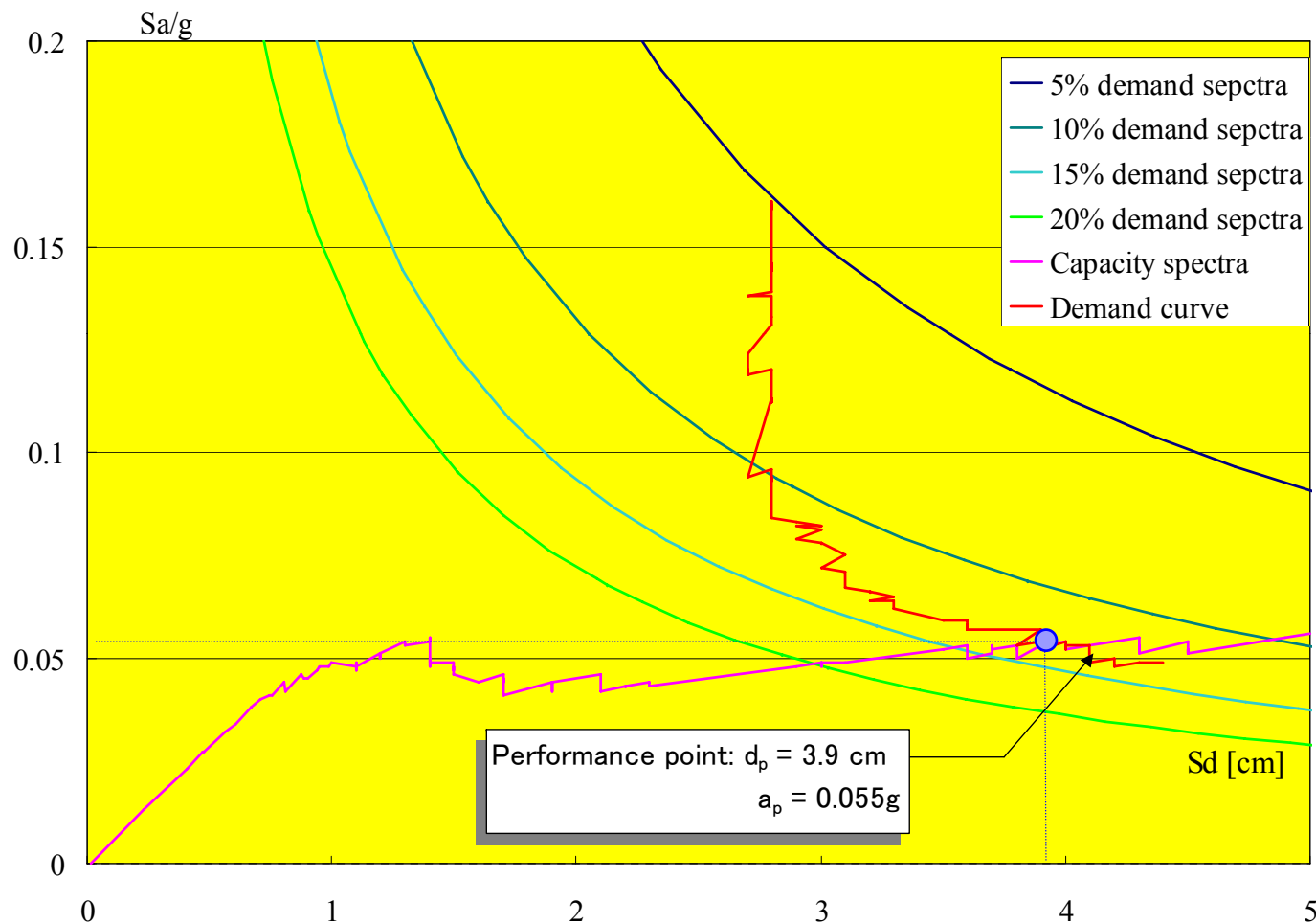
Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

Pushover – NS direction (усилена)

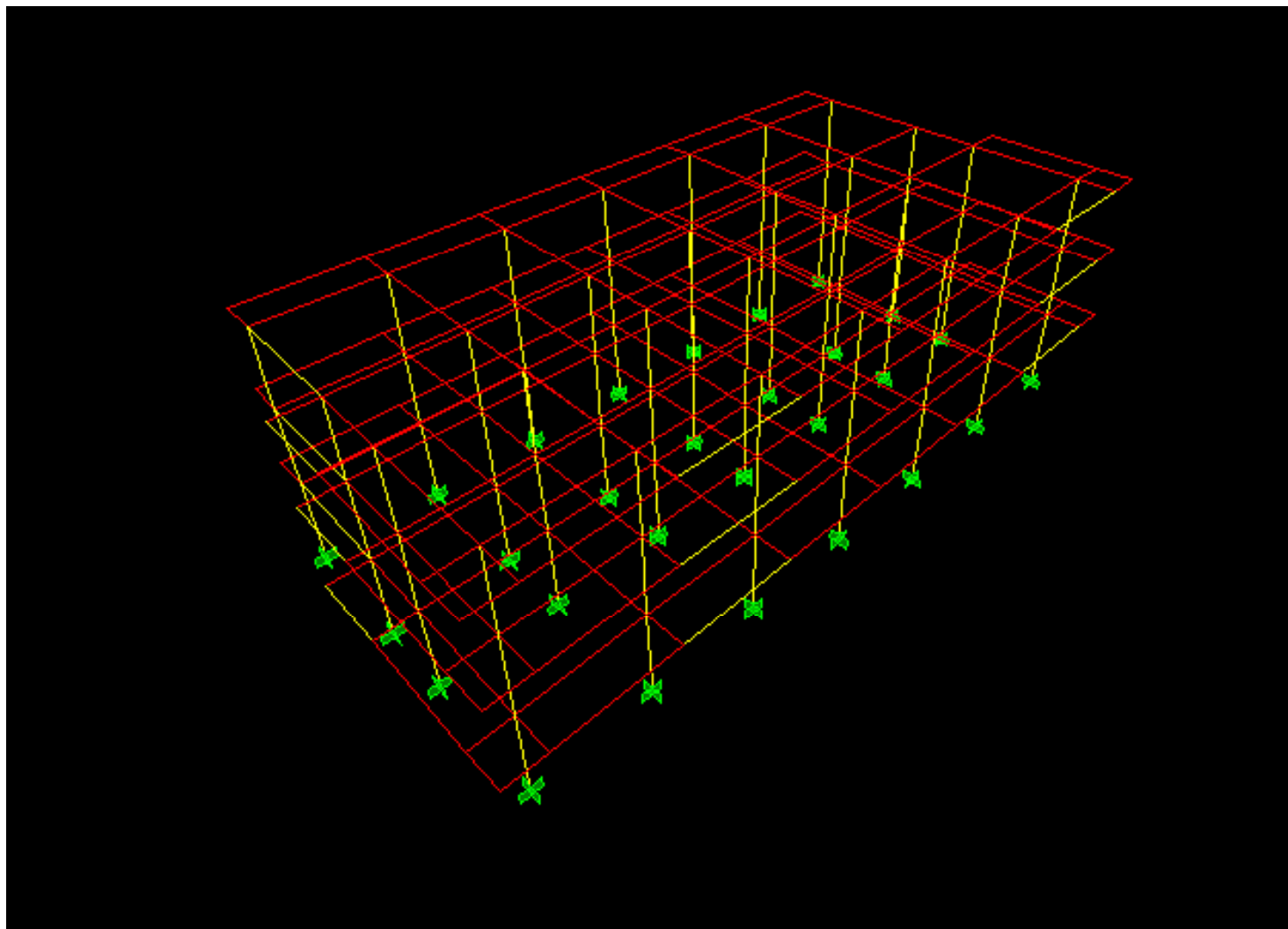


Съставил доц. Й.Милев -
L2_SR_2012

FEMA 273&274 evaluation - NS direction (усилена)



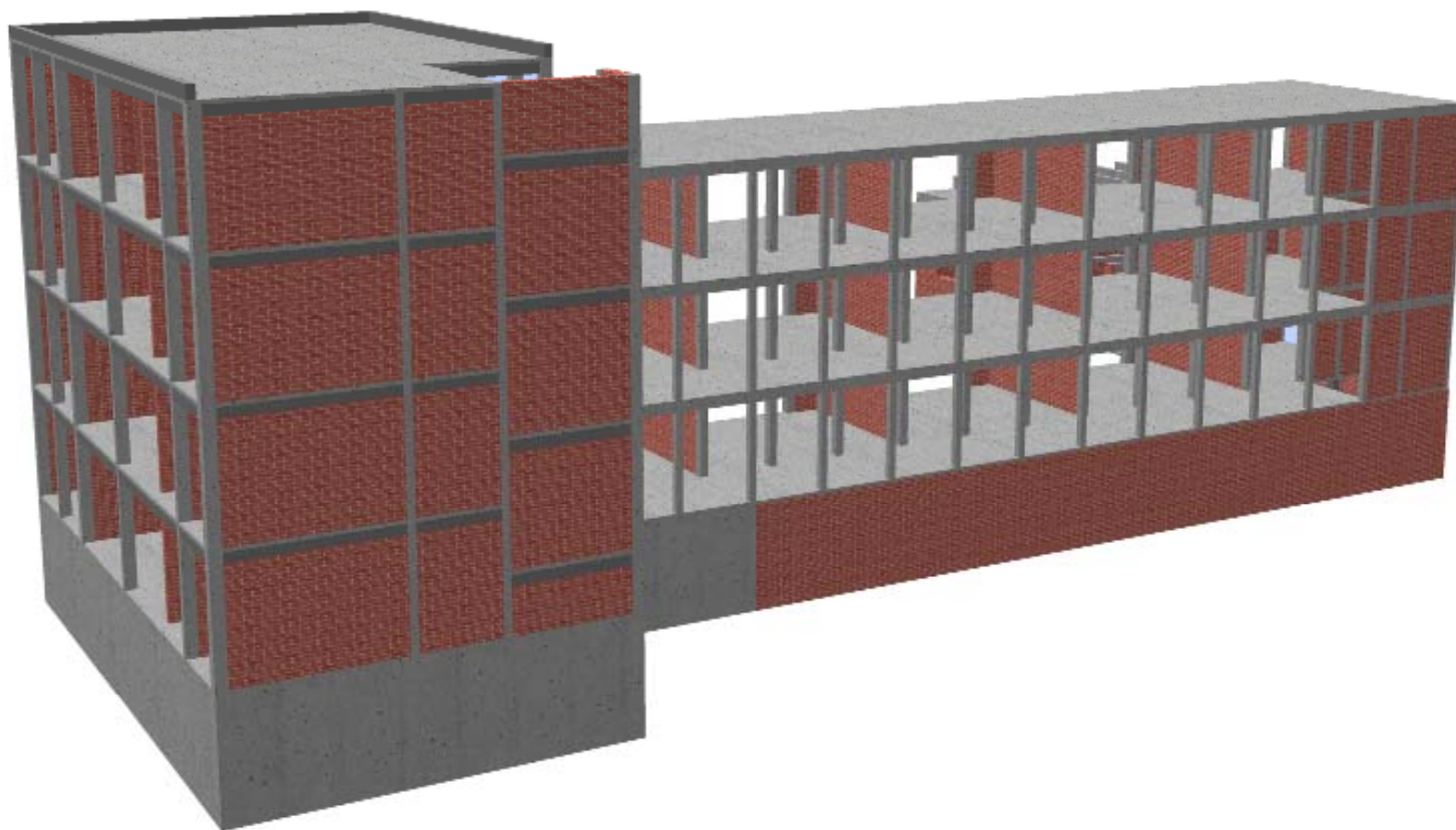
Нелинейно изследване във времето – усилена конструкция



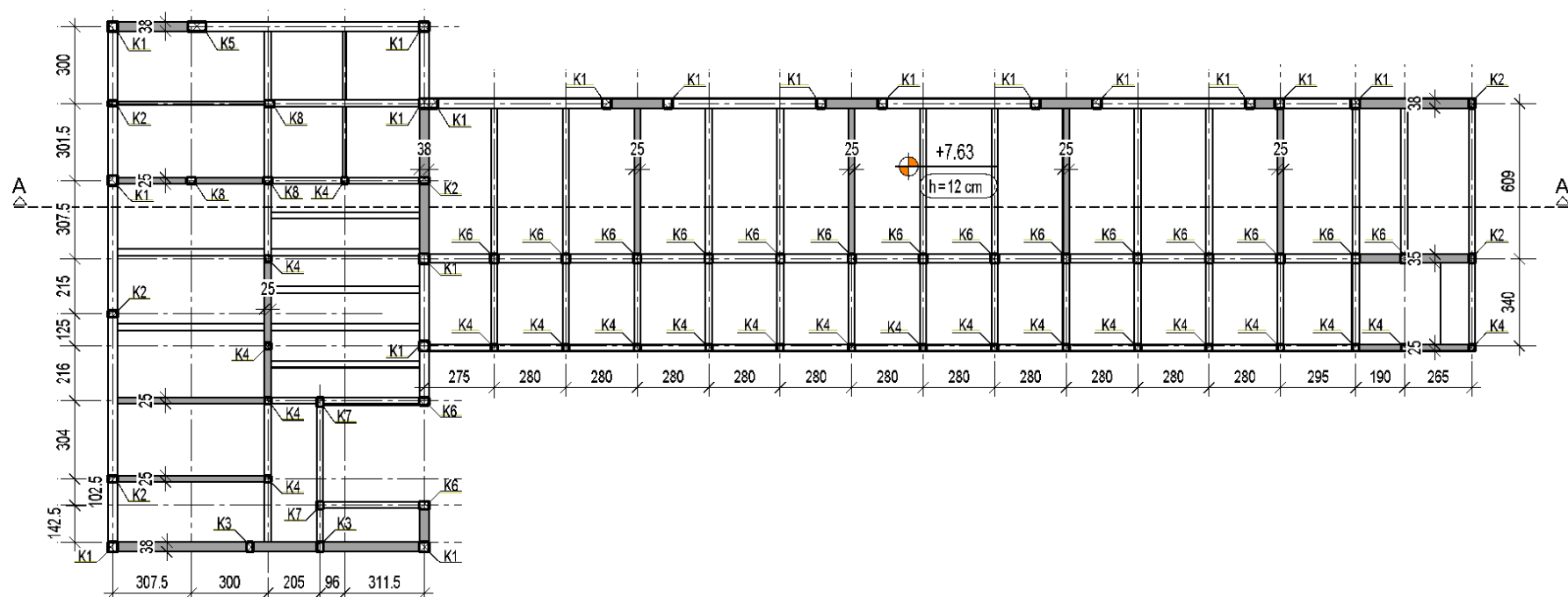
L2_SR_2012

ПРИМЕР УЧИЛИЩНА СГРАДА В БЪЛГАРИЯ – II (I НИВО НА ПРОЦЕДУРАТА

Пространствен модел на сградата на 76 СОУ - София



План на типов етаж от сградата на 76 ОУ в София



Якостен индекс за колони по направление X - 1

Колони по X														
Direction	Story	Type		B	D	A _{cl}	брой	Σ A	H	H/D	σ _u	Σ A* σ _u	W	C _{ci}
				[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm]	[mm]		[Mpa]	[kN]	[kN]	
X	1	Columns	K1	380	380	144400	17	2454800	3850	10.1316	0.7	1718.36	7818.26	0.57
			K2	250	250	62500	6	375000	3850	15.4	0.7	262.5		
			K3	380	380	144400	2	288800	3850	10.1316	0.7	202.16		
			K4	250	250	62500	20	1250000	3850	15.4	0.7	875		
			K5	380	380	144400	1	144400	3850	10.1316	0.7	101.08		
			K6	300	300	90000	16	1440000	3850	12.83	0.7	1008		
			K7	300	300	90000	2	180000	3850	12.83	0.7	126		
			K8	250	250	62500	3	187500	3850	15.4	0.7	131.25		
X	2	Columns	K1	380	380	144400	17	2454800	3850	10.1316	0.7	1718.36	5431.86	0.81
			K2	250	250	62500	6	375000	3850	15.4	0.7	262.5		
			K3	380	380	144400	2	288800	3850	10.1316	0.7	202.16		
			K4	250	250	62500	20	1250000	3850	15.4	0.7	875		
			K5	380	380	144400	1	144400	3850	10.1316	0.7	101.08		
			K6	300	300	90000	16	1440000	3850	12.83	0.7	1008		
			K7	300	300	90000	2	180000	3850	12.83	0.7	126		
			K8	250	250	62500	3	187500	3850	15.4	0.7	131.25		

Якостен индекс за колони по направление X - 2

Колони по X														
Direction	Story	Type	B	D	A _{cl}	брой	Σ A	H	H/D	σ _u	Σ A* σ _u	W	C _{ci}	
			[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm]	[mm]		[Mpa]	[kN]	[kN]		
X	3	Columns	K1	380	380	144400	17	2454800	3850	10.1316	0.7	1718.36	3048.24	1.45
			K2	250	250	62500	6	375000	3850	15.4	0.7	262.5		
			K3	380	380	144400	2	288800	3850	10.1316	0.7	202.16		
			K4	250	250	62500	20	1250000	3850	15.4	0.7	875		
			K5	380	380	144400	1	144400	3850	10.1316	0.7	101.08		
			K6	300	300	90000	16	1440000	3850	12.83	0.7	1008		
			K7	300	300	90000	2	180000	3850	12.83	0.7	126		
			K8	250	250	62500	3	187500	3850	15.4	0.7	131.25		
X	4	Columns	K1	380	380	144400	8	1155200	3850	10.1316	0.7	808.64	662.88	2.85
			K2	250	250	62500	4	250000	3850	15.4	0.7	175		
			K3	380	380	144400	2	288800	3850	10.1316	0.7	202.16		
			K4	250	250	62500	5	312500	3850	15.4	0.7	218.75		
			K5	380	380	144400	1	144400	3850	10.1316	0.7	101.08		
			K6	300	300	90000	2	180000	3850	12.83	0.7	126		
			K7	300	300	90000	2	180000	3850	12.83	0.7	126		
			K8	250	250	62500	3	187500	3850	15.4	0.7	131.25		

Якостен индекс за зидани стени по направление X

<i>Стени по X</i>									
<i>Direction</i>	<i>Story</i>	<i>Type</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	ΣA	σ_u	$\Sigma A^* \sigma_u$	<i>W</i>	C_{wi}
			mm	mm	mm ²	[Mpa]	[kN]	[kN]	
X	1	Walls	380	29580	11240400	0.15	1686.06	7818.26	0.37
			250	21330	5332500	0.15	799.875		
			120	20800	2496000	0.15	374.4		
X	2	Walls	380	29580	11240400	0.15	1686.06	5431.86	0.53
			250	21330	5332500	0.15	799.875		
			120	20800	2496000	0.15	374.4		
X	3	Walls	380	29580	11240400	0.15	1686.06	3048.24	0.94
			250	21330	5332500	0.15	799.875		
			120	20800	2496000	0.15	374.4		
X	4	Walls	380	14080	5350400	0.15	802.56	662.88	2.19
			250	17280	4320000	0.15	648		

Проверка на сеизмичния индекс

<i>Сеизмичен индекс</i>									
<i>Direction</i>	<i>Story</i>	C_{ci}	C_{wi}	$\varphi = (n+1)/(n+i)$	F_w	$E_o = \varphi(C_w + \alpha_3 C_c) F_w$	S_d	T	I_s
-	-	<i>колони</i>	<i>стени</i>	-	-	-	-	-	-
X	1	0.57	0.37	1.000	0.8	0.519	0.9	0.8	0.37
X	2	0.81	0.53	0.833	0.8	0.623	0.9	0.8	0.45
X	3	1.45	0.94	0.714	0.8	0.951	0.9	0.8	0.68
X	4	2.85	2.19	0.625	0.8	1.807	0.9	0.8	1.30

<i>Проверка</i>					
<i>Direction</i>	<i>Story</i>	I_s	$\leq / \geq$	I_{so}	
X	1	0.37	<	0.50	NO
X	2	0.45	<	0.50	NO
X	3	0.68	>	0.50	OK
X	4	1.30	>	0.50	OK

Съставил доц. Й. Милев -