

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св. 12 – I
fasc.

ПРОБЛЕМИ ПРИ ПРИЛАГАНЕТО НА ЕВРОКОД 8 В БЪЛГАРИЯ ПРИ СГРАДИ СЪС СТОМАНОБЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ

Й. Милев¹, Н. Милев², Г. Георгиев³

Ключови думи: сеизмичен анализ, Еврокод 8, стенна система, рамкова система, локална дуктилност, конструктивни правила

Научна област: сеизмичен анализ на стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

Разработката цели да коментира и предложи методи за решаването на някои основни проблеми при прилагането на Еврокод 8 за изследване на сгради със стоманобетонни и зидани конструкции в България. Анализирани са някои недоизяснени въпроси и несъответствия в националните приложения, както и възможни противоречия в самия Еврокод 8. Специално внимание е обърнато на някои важни проблеми както следва: нива на дуктилност, усукващодеформируемите системи в българската практика, главни и второстепенни елементи, редуциране на коравината на стоманобетонните конструкции при линеен анализ, изследването на срязване в критичните зони на стените за високо ниво на дуктилност, изисквания за детайлиране на усилените зони на стените и др. Дадени са предложения как да бъде прилаган Еврокод 8 в българската строителна практика, така че да бъдат постигнати оптимални технико-икономически резултати.

¹ Йордан Милев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

² Николай Милев, инж., докторант, кат. „Геотехника”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

³ Георги Георгиев, инж., „Йода” ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

1. Въведение

Конструктивните еврокодове се прилагат вече в България за сеизмично изследване на нови сгради. Освен това те са задължителни за проектирането на всякакви сгради първа и втора категория съгласно ЗУТ. Приложението на еврокодовете със сигурност увеличава степента на осигуреност на сградите в сравнение с тази, която се получава при проектиране съгласно „старите“ български норми.

За съжаление, възникват някои проблеми при прилагането на тези нови стандарти в реалната българска проектантска и строителна практика.

Главната цел на тази статия е да бъдат дискутирани основните групи проблеми, които възникват при реалното приложение на еврокодовете. Разгледани са затрудненията, които възникват при използването на еврокодовете за сеизмично проектиране на стоманобетонни конструкции.

Повечето от въпросите са вече дискутирани в други публикации (вж. [1] ÷ [6]). В настоящата разработка са резюмирани реалните проблеми при практическото сеизмично проектиране и изпълнение на конструкциите на сградите в български условия. Дадени са и предложения за решаването на някои от проблемите.

2. Резюме на основните проблеми при прилагането на еврокодовете при сеизмичното проектиране в България

Основните групи проблеми при приложението на еврокодовете в България могат да бъдат систематизирани като конструктивни, нормативни, икономически и други. Основните конструктивни проблеми при прилагане на Еврокод 8 могат да бъдат най-общо класифицирани както следва:

- завишени изисквания към определени изчислителни проверки, конструктивни правила и др., водещи до нетипични за българската строителна практика решения;
- необходимост от прилагане на нови съвременни технологии при изпълнение на строителните конструкции (бетони с по-висока якост, ефективно снаждане на армировката, съвременни детайли за осигуряване на стабилно сеизмично поведение и др.), за които липсва достатъчна практика в България;
- по-високи конструктивни изисквания към архитектурното и функционалното решение, като за да бъдат избегнати конструктивни решения с неясно и нестабилно сеизмично поведение, те се наказват със завишаване на усилията (съответно разходите за сградата) при нерегулярности в план и по височина и особено за случая на усукващо деформируеми системи.

Еврокод 8 има някои съвсем нови и различни изисквания, сравнени със старите български норми. Те могат да бъдат накратко изброени както следва:

- ново сеизмично райониране, базирано на дефинициите за сеизмичен hazard в Еврокод 8;
- въвеждане на еластичен и проектен спектър на реагиране (вид 3), валиден за около 25% от територията на България, който поставя много големи изисквания за конструкциите на сградите;
- изискват се проверки за ново гранично състояние – ограничаване на повредите (DLL);

- три класа по дуктилност са представени в Еврокод 8 – нисък, среден и висок – (DCL, DCM и DCH);
- изисква се редуция на коравината на определени стоманобетонни конструктивни елементи при изследването на модела на конструкцията;
- изискват се прецизни и сравнително сложни изчисления при проверките за регулярност в план и особено за разпознаването на усукващо деформируеми системи;
- приложена е концепцията с „главни“ и „второстепенни“ елементи;
- дефинирана е конструктивна система с “едроразмерни слабоармирани” стоманобетонни стени;
- изисква се капацитивна корекция на усилията, получени от анализа на конструкцията;
- при сеизмичното проектиране се прилага методът на капацитивното проектиране.

Сеизмичният анализ на стоманобетонните конструкции съгласно Еврокод 8 е напълно различен в сравнение със старите български норми поради изискванията за прилагането на процедурата на капацитивното проектиране. Тази процедура изисква сложни изследвания за осигуряване освен на коравина и носеща способност, и на необходимата дуктилност. Изискването за осигуряване на дуктилност е първостепенно.

Напълно новите за българската практика проверки за случая на стенни конструкции могат да бъдат систематизирани както следва:

- осигуряването на локална дуктилност чрез усилените крайни зони от ограничен бетон в критичната зона на стената в много случаи води или до удебеляване на цялата стена в критичната зона, или до необходимост от локално удебеляване в двата ѝ края („дъмбели“) – и двете решения не са типични за българската практика;
- процедурата за изчисляването на дължината на усилените крайни зони е прекалено сложна, итерационна и води до прекалено дълги усилените крайни зони от ограничен бетон, в сравнение с други нормативни документи – американски, японски и др.;
- приложение на „ограничен бетон“ за детайлиране на усилените крайни зони;
- различни оразмерителни проверки (в сравнение с Еврокод 2) в някои случаи. Например проверките за носимоспособност по натисков диагонал в сеизмична изчислителна ситуация за случая на висока дуктилност (DCH) водят до прекалено високи изисквания, които не могат да бъдат изпълнени даже за прости, типови случаи;
- напълно нови проверки, като срязване в основата на стената за случая на висока дуктилност (DCH);
- вертикалната армировка в стеблото трябва да бъде отчитана при определяне на носимоспособността на стената за огъващи моменти и осова сила;
- сложните комбинирани сечения, които се състоят от пресичащи се правоъгълни сегменти (L-, T-, U-, I- или подобни сечения), трябва да бъдат отчитани като интегрални единици, състоящи се от стебла и пояси);
- конструктивните правила са доста сложни и различни в сравнение с наличната българска практика.

Разликите между Еврокод 8 и старите български норми за случая на рамкови конструкции са даже още по-големи, отколкото за случая на стенни конструкции. Най-значителните нови изисквания на Еврокод 8 за рамкови конструкции в сравнение с изискванията на старите български норми могат да бъдат резюмирани както следва:

- изискванията за локална дуктиленост на критичните зони в гредите и колоните. Тези зони се изчисляват и детайлират с прилагането на „ограничен“ бетон;
- проектиране, базирано на концепцията “силни“ колони – “слаби” греди;
- прекалено високи изисквания при осигуряване на носимоспособност на срязване особено за високо ниво на дуктиленост (DCH);
- конструктивните правила са много по-сложни и трудни за реализиране. Значителни проблеми възникват при осигуряване на процент на армиране, по-малък от максималния (съгласно Еврокод 8) за случая на горната армировка в гредите, също така и при ограничаването на диаметъра на армировъчните пръти в гредите, които преминават през връзката колона–града. Допълнителен проблем е прекалено малкото максимално разстояние между стремената в колоните и стените в зоната на снаждане на надлъжната армировка;
- нови оразмерителни проверки се изискват за връзката колона–града в случая на високо ниво на дуктиленост – DCH.

Допълнително има някои неясни проблеми в самия Еврокод 8, които не са напълно изяснени:

- процедурата за разпознаване на усукващодеформируеми системи не е дефинирана напълно, а е оставена за изясняване в Националното приложение;
- разграничаването между главни и второстепенни елементи не е напълно дефинирано. Още по-неясно е последващото изследване на второстепенните елементи;
- не е напълно изяснено как да се редуцира коравината на елементите с пластични стави за целите на линейното изследване на конструкцията;
- изискванията за проверките за дуктиленост на стени със сложни, комбинирани сечения (например асансьорни ядра) е дадена прекалено общо;
- в процедурата за определяне на носимоспособността на земната основа в сеизмична изчислителна ситуация, така както е дадена в Приложение F Еврокод 8 част 5, има някои недоизяснени моменти.

Най-вероятно цената на носещите конструкции на сградите, когато са проектирани съгласно еврокодовете ще нарасне незначително в сравнение с тези, проектирани съгласно старите български норми за сметка на по-високото ниво на сигурност на първите. По-строгите изисквания на еврокодовете относно регулярността на конструкцията ще предизвика някои компромиси с архитектурата и функцията на сградата.

В частност за България има и някои допълнителни проблеми за приложението на Еврокод 8 както следва:

- различната теоретична постановка на Еврокод 8 и старите български норми;
- някои параграфи от българските Национални приложения са прекалено общи и не решават съответния проблем, като например членът за определяне на радиусите на усукване.

Повечето от формулираните по-горе проблеми са дискутирани по-детайлно в [6], където също са дадени и предложения за решаване на някои от тях.

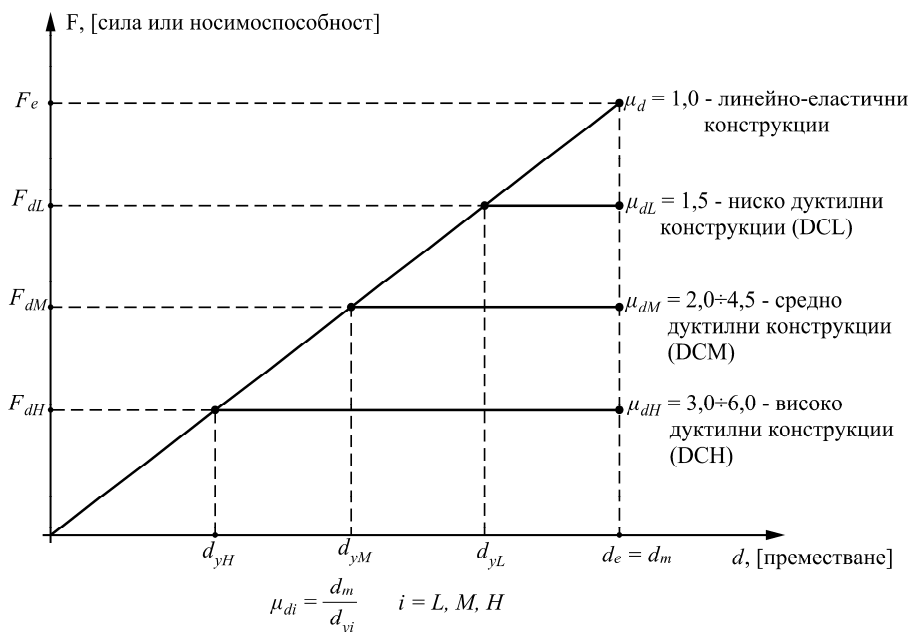
3. Проблеми и някои решения за случая на общото изследване на сгради със стоманобетонна конструкция

3.1. Спектър на реагиране вид 3

Въвеждането на еластичен и проектен спектър на реагиране (вид 3), валиден за около 25% от територията на България, който поставя много големи изисквания за конструкциите на сградите, защото спектърът вид 3 е много консервативен за сгради с главни периоди на свободни трептения до около 1,5 – 2, секунди (масовият случай на сградите в България).

3.2. Нива на дуктилност

Еврокод 8 дава възможност за прилагане на три нива на дуктилност – ниско (DCL), средно (DCM) и високо (DCH). Не се ограничава прилагането на нивата на дуктилност за различните видове конструкции, за зони с различна степен на сеизмичен риск и т.н. Единственото изключение е DCL, което не се препоръчва, но не се и забранява за зони със средна и висока сеизмичност. Имайки пред вид, че цялата територия на България е композирана от зони със средна и висока сеизмичност, ясното решаване на проблема с приложимостта на DCL на национално ниво е много важно. По мнение на авторите DCL може да бъде ефективно прилагано за случая на малки стоманобетонни сгради като едно- и двуетажни еднофамилни къщи, малки кооперации и др. Дефинирането на нивата на дуктилност е дадено на фиг. 1.



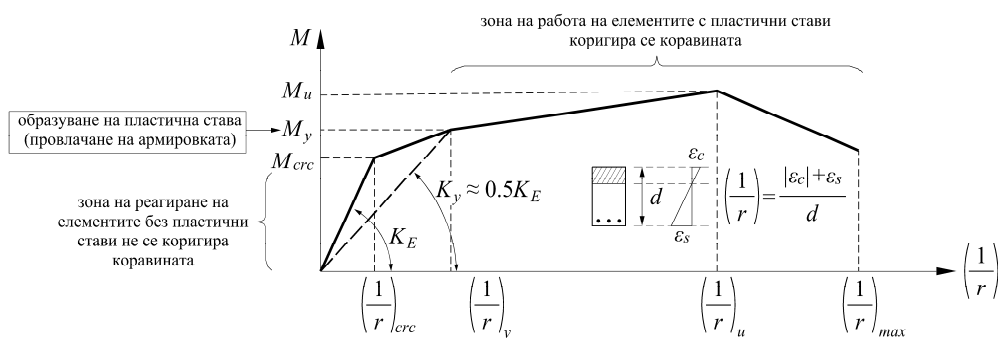
Фиг. 1. Нива на дуктилност съгласно Еврокод 8

3.3. Корекция на коравините на елементите за случая на линеен анализ на стоманобетонни конструкции

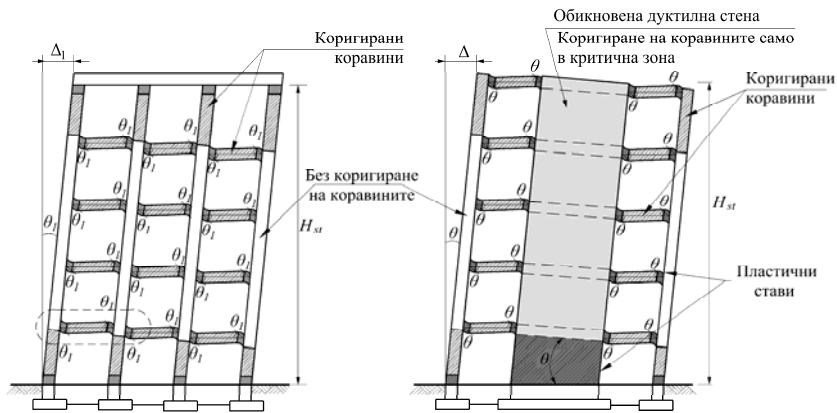
Съгласно изискванията на Еврокод 8 коравината на стоманобетонните елементи трябва да бъде редуцирана за целите на линеен анализ. Не са дадени обаче ясни указания как да бъде практически направено това. Предложено е в [6] за практическа работа да се използват препоръките, дадени в Japanese AIJ Standard for Structural Calculations of RC Structures (from 2010), за да бъде редуцирана коравината на елементите с пластични стави. Предложението е дадено в табл. 1 и е изяснено на фиг. 2 и 3.

Таблица 1. Предлагана редукция на коравината за главни елементи с пластични стави съгласно препоръките на AIJ

Елемент		Коравина на огъване	Линейна коравина	Коравина на срязване
Греди	без пластични стави	1.0	1.0 (или ∞)	1.0 (или ∞)
	с пластични стави	0.3÷0.5	1.0 или ∞	0.3÷1.0 (или ∞)
Колони	без пластични стави	1.0	1.0	1.0 (или ∞)
	с една пластична става	0.7	1.0	1.0 (или ∞)
	с две пластични стави	0.3÷0.5	1.0	1.0 (или ∞)
Конструктивни стени	без пластична става	1.0	1.0	0.5÷1.0
	с пластична става (в зоната с пластична става)	0.3÷0.5	1.0	0.3÷0.5
Връзка колона - греда		-	-	1.0
Плоча (междуетажна конструкция)		0.0	1.0 или ∞	1.0 или ∞



Фиг. 2. Зависимост момент–кривина за стоманобетонно сечение

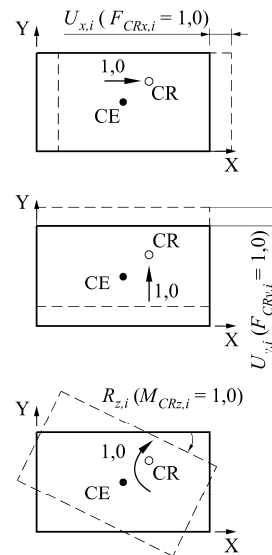


Фиг. 3. Редуциране на коравината за главни елементи с пластични стави

3.4. Идентификация на усукващодеформируема система

В Еврокод 8 се обръща голямо внимание на идентификацията на усукващодеформируемите системи с цел евентуалното им избягване. „Наказанието“ за усукващодеформируема система е редуцирането на коефициента на поведение с около 50% за такива системи в сравнение със стени конструкции и даже повече за случая на рамкови конструкции. Еврокод 8 обаче не дава ясна процедура за идентификацията на усукващодеформируеми системи. Проблемът е оставен на Националните приложения, но българското такова изобщо не дава решение. Предложената по-долу процедура (вж. фиг. 4) е адаптирана от [5] и е дадена подробно в [6].

1. Дефинират се по 3 отделни статични товарни състояния на всеки етаж i ($F_{CRx,i} = 1$; $F_{CRy,i} = 1$; $M_{CRz,i} = 1$), като товарите са приложени в центъра на коравините CR;
2. Определят се следните премествания и ротации на всеки етаж i :
 - a. преместването $U_{x,i}$ ($F_{CRx,i} = 1$) на центъра на коравините по първото главно направление на разположение на вертикалните сеизмични конструкции X за товарно състояние $F_{CRx,i} = 1$ (сила, равна на единица по направление X и приложена в центъра на коравините CR на етаж i);
 - b. преместването $U_{y,i}$ ($F_{CRy,i} = 1$) на центъра на коравините по второто главно направление на разположение на вертикалните сеизмични конструкции Y за товарно състояние $F_{CRy,i} = 1$ (сила, равна на единица по направление Y и приложена в центъра на коравините CR на етаж i);
 - c. ротацията $R_{z,i}$ ($M_{CRz,i} = 1$) на центъра на коравините около вертикална ос Z за товарно състояние $M_{CRz,i} = 1$ (момент, равен на единица в центъра на коравините – CR на етаж i);
3. На всеки етаж i се определят коравините $K_{X,i}$ и $K_{Y,i}$



Фиг. 4. Процедура за разпознаване на усукващодеформируема система

съответно по направления X и Y , а така също и коравината на усукване $K_{T,i}$ както следва:

$$K_{X,i} = \frac{1}{U_{x,i}(F_{CRx,i} = 1)}; \quad K_{Y,i} = \frac{1}{U_{y,i}(F_{CRy,i} = 1)}; \quad K_{T,i} = \frac{1}{R_{z,i}(M_{CRz,i} = 1)};$$

4. Определят се радиусите на усукване $r_{x,i}$ и $r_{y,i}$ на всяко етажно ниво i както следва:

$$r_{x,i} = \sqrt{\frac{K_{T,i}}{K_{Y,i}}}; \quad r_{y,i} = \sqrt{\frac{K_{T,i}}{K_{X,i}}};$$

5. Системата не е усукващодеформируема, ако е изпълнено следното условие:

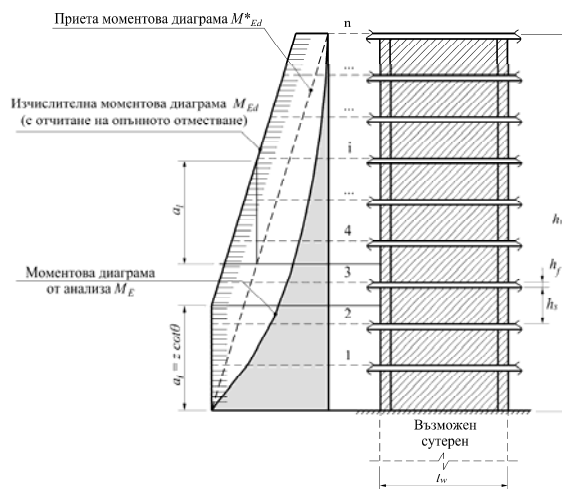
$$r_{x,i} \geq l_{s,i}; \quad r_{y,i} \geq l_{s,i};$$

Инерционният радиус $l_{s,i}$ се определя както следва:

$$l_{s,i} = \sqrt{\frac{I_{m,i}}{m_i}},$$

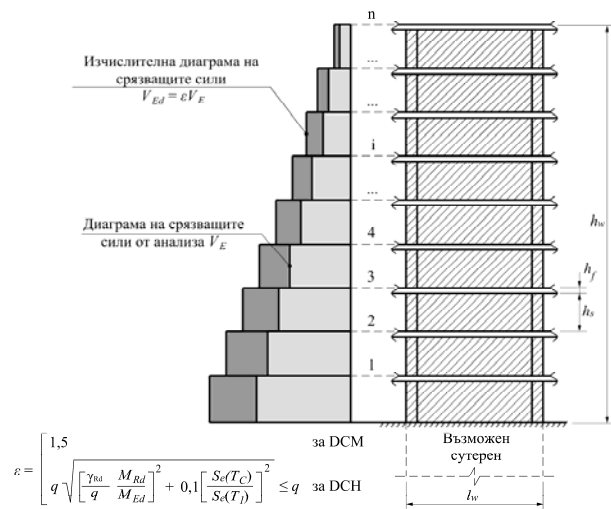
където $I_{m,i}$ е полярен инерционен момент на масата на подовата конструкция за етаж i ; m_i – маса на подовата конструкция на етаж i .

3.5. Капацитивно коригиране на усилията от анализа

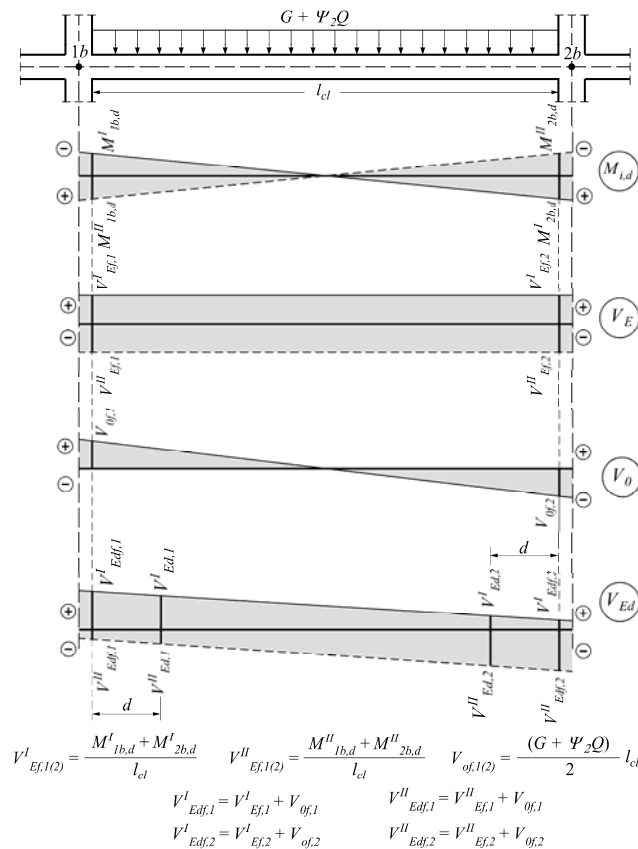


Фиг. 5. Капацитивно коригирана диаграма на огъващите моменти за дуктилна стена

Усилията от анализа се коригират капацитивно съгласно Еврокод 8. Диаграмата на огъващите моменти за случая на дуктилни стоманобетонни стени се коригира с отчитане и на опънното отместване. Цели се отчитане на неясноти в моделирането и нелинейното поведение при сеизмични въздействия. Допълнително диаграмата на срязващите сили в стоманобетонните стени се коригира също, за да бъдат също отчетени ефектите от нелинейното динамично поведение. Капацитивната корекция на усилията от анализа за случая на дуктилни стоманобетонни стени е показана на фиг. 5 и 6.

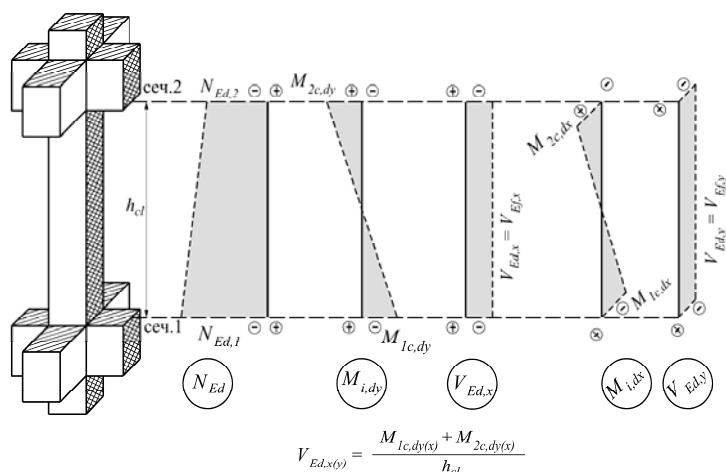


Фиг. 6. Капацитивно коригирана диаграма на срязващите сили за дуктилна стена



Фиг.7. Изчисляване на срязващите сили в греди на базата на принципите на капацитивното проектиране

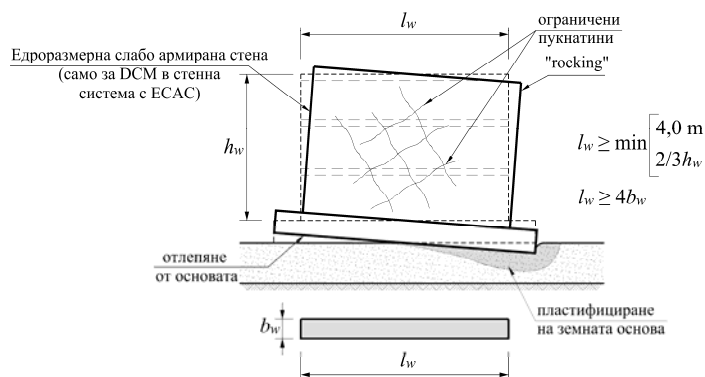
В рамковите конструкции се прилага правилото за „силни“ колони и „слаби“ греди. В тези конструкции разрушаването от срязване се избягва чрез изчисляване на срязващите сили от механизъм на конструкцията с пластични стави. Т.е., за всеки елемент (греда или колона) се осигурява носимоспособност над максималната срязваща сила, която възниква във формирания механизъм (вж. фиг. 7 и 8).



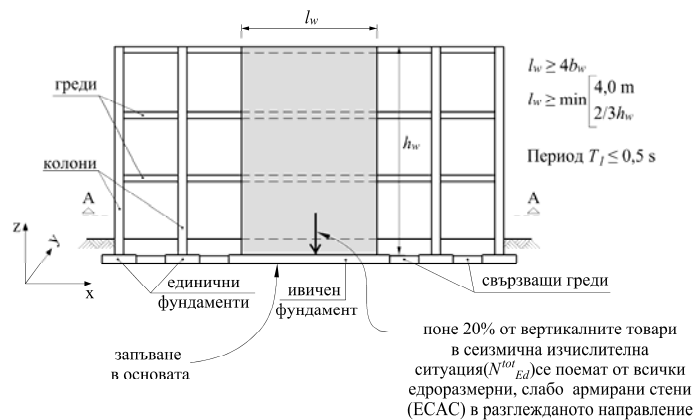
Фиг. 8. Изчисляване на срязващите сили в колони на базата на принципите на капацитивното проектиране

3.6. Стенни конструкции с едроразмерни слабоармирани стени

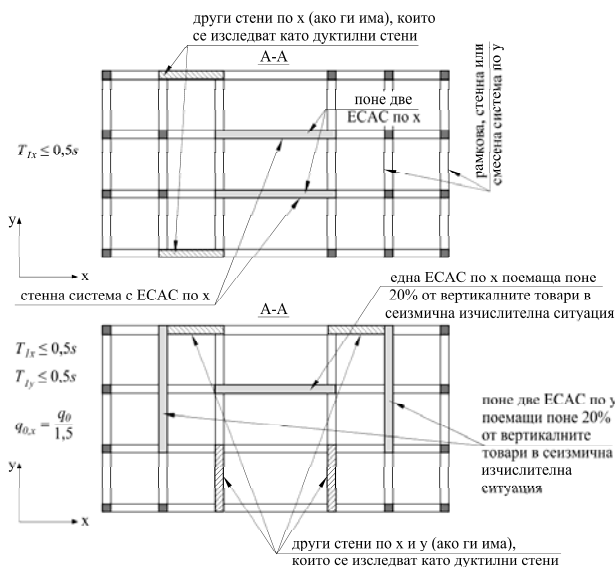
Еврокод 8 дефинира един нов за българската строителна практика елемент – едроразмерна слабоармирана стена. Такава стена може да бъде прилагана в стенни конструкции. Едроразмерните слабоармирани стени поглъщат сеизмична енергия главно чрез отлепянето на основната им плоскост (rocking effect). В Еврокод 8 обаче не се използва напълно положителният ефект на описаното явление и в резултат на това може би коефициентът на поведение за стенни конструкции с едроразмерни слабоармирани стени е прекалено нисък. Дефиницията едроразмерни слабоармирани стени, както и на стенните системи, в които те са включени, са дадени на фиг. 9 ÷ 11.



Фиг. 9. Дефиниция на едроразмерна слабоармирана стена



Фиг. 10. Вертикален разрез на система с едроразмерна слабоармирана стена



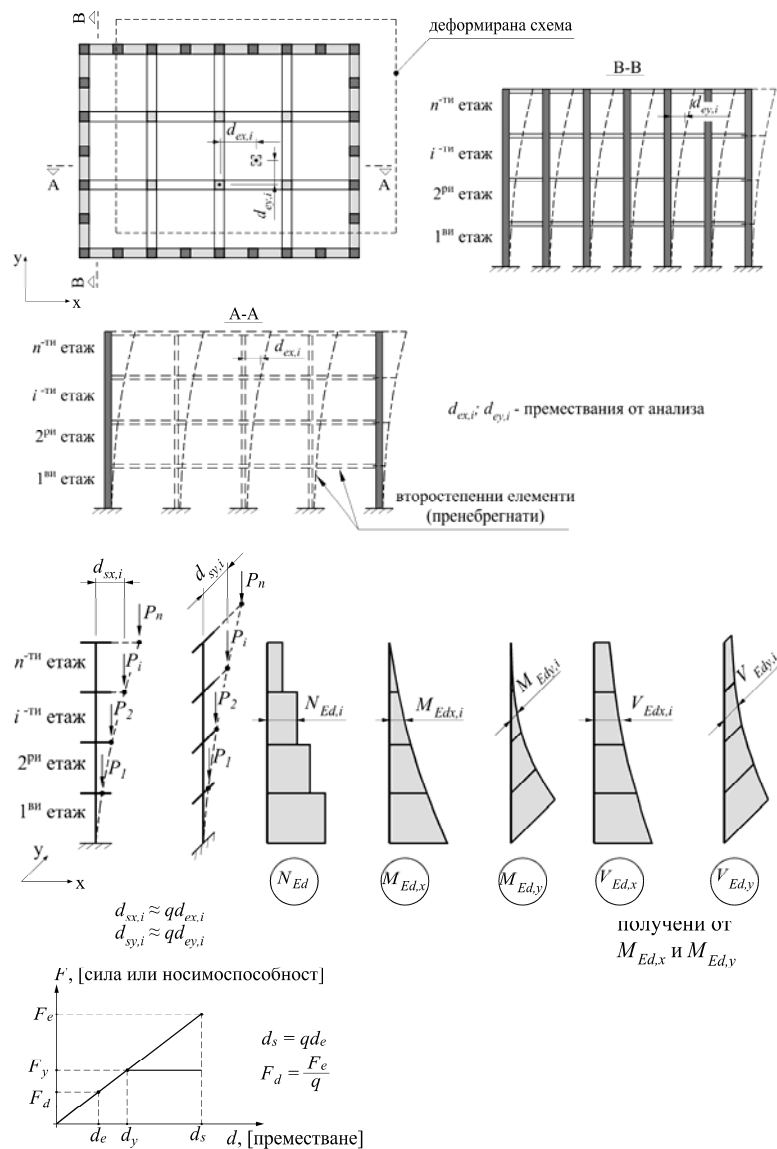
Фиг. 11. Планове на системи с едроразмерна слабоармирана стена

3.7. Главни и второстепенни сеизмични елементи

Концепцията за главни и второстепенни сеизмични елементи е приложена в Еврокод 8. Допустимо е известен брой конструктивни елементи (например греди и/или колони) да се приемат като “второстепенни” елементи за сеизмични въздействия. Те не са част от системата на сградата, поемаща сеизмичното въздействие. Якостта и коравината на тези елементи при сеизмични въздействия трябва да се пренебрегнат при сеизмичния анализ. Те не е необходимо да отговарят на изискванията за елементи, които дисипират сеизмична енергия. Въпреки това, тези елементи и връзките им трябва да се проектират и детайлират така, че да издържат вертикалното натоварване, когато са подложени на премествания, причинени от най-неблагоприятни проектни сеизмични условия. При проектирането на тези елементи трябва да се вземат под внимание ефектите от втори ред (P-Δ ефекти).

Целият принос към коравината за хоризонтални товари на всички второстепенни елементи не трябва да превишава 15% от тази на всички главни елементи. Типичен пример за такива елементи са колоните в сгради с безредови плочи, при които сеизмичните въздействия се поемат със стоманобетонни стени.

Еврокод 8 обаче дава недостатъчно ясни инструкции как да се определят усилията във второстепенните елементи за случая на сеизмична изчислителна ситуация. Едно предложение как да бъде решен този проблем за случая на колоните в сгради с безредови плочи, при които сеизмичните въздействия се поемат със стоманобетонни стени, на фиг. 12.



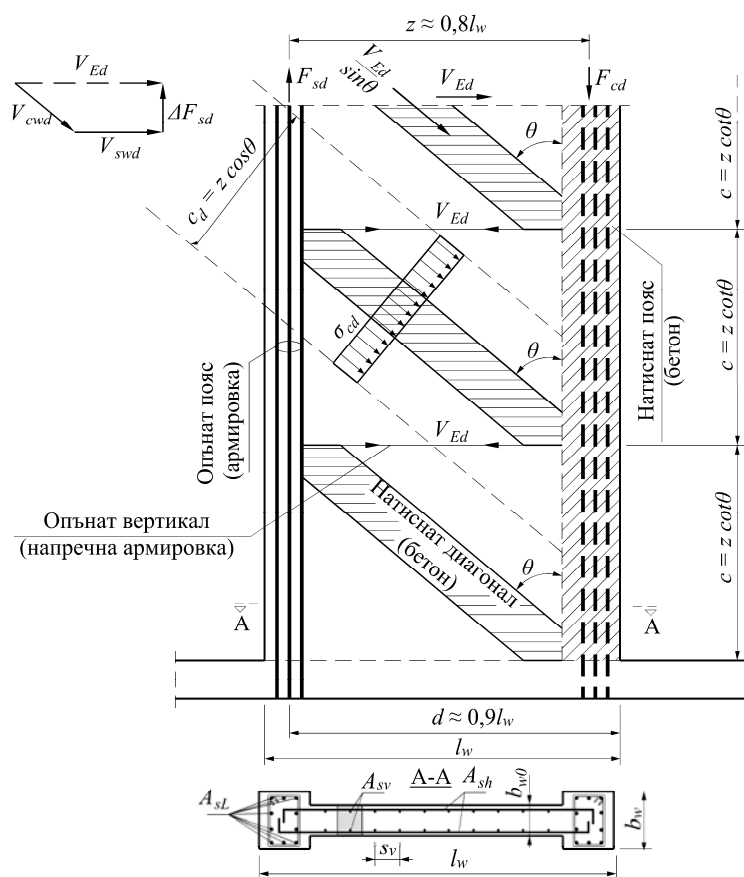
Фиг. 12. Пример за определяне на усилията във второстепенни елементи за случая на сеизмична изчислителна ситуация

4. Проблеми и решения за случая на стени конструкции

4.1. Оразмеряване за срязваща сила за случая на високо ниво на дуктилност (DCH)

Една от основните пречки за прилагане на стени конструкции за случая на високо ниво на дуктилност DCH са прекалено високите изисквания на Еврокод 8 за осигуряване на носимоспособност за срязваща сила по натисков диагонал (вж. фиг. 13).

$$V_{Ed,i} \leq \begin{cases} V_{Rd,max} = 0,5\alpha_{cw}b_{wo}z v_1 f_{cd} & \text{- извън критична зона} \\ V_{Rd,max} = 0,2\alpha_{cw}b_{wo}z v_1 f_{cd} & \text{- в критична зона.} \end{cases}$$

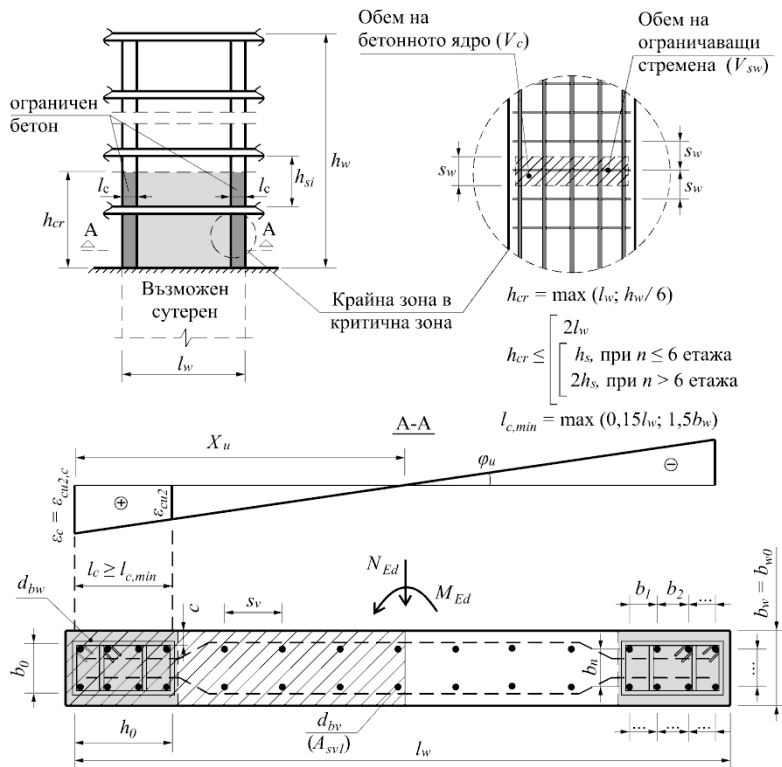


Фиг. 13. Фермов модел за изследване на стени за срязваща сила

4.2. Изисквания и проверки за локална дуктилност

Локалната дуктилност на дуктилни стени се осигурява чрез изпълнението на крайни усиленни зони от ограничен бетон в критичната зона на стената. Процедурата обаче за изчисляване дължината на тези зони е не съвсем напълно изяснена в Еврокод 8 даже и за простия случай на стена с правоъгълно напречно сечение. По мнение на

авторите процедурата е итерационна. Предложения за решаване на проблема както за случая на стена с правоъгълно сечение, така и за по-сложния случай на стени със сложно комбинирано сечение са дадени в [6]. Резюме на тези предложения е показано на фиг. 14 – 15.



Фиг. 14. Изчисляване на дължината на крайните усиленни зони за стени с правоъгълно напречно сечение

$$1. X_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_{w0}}{b_0};$$

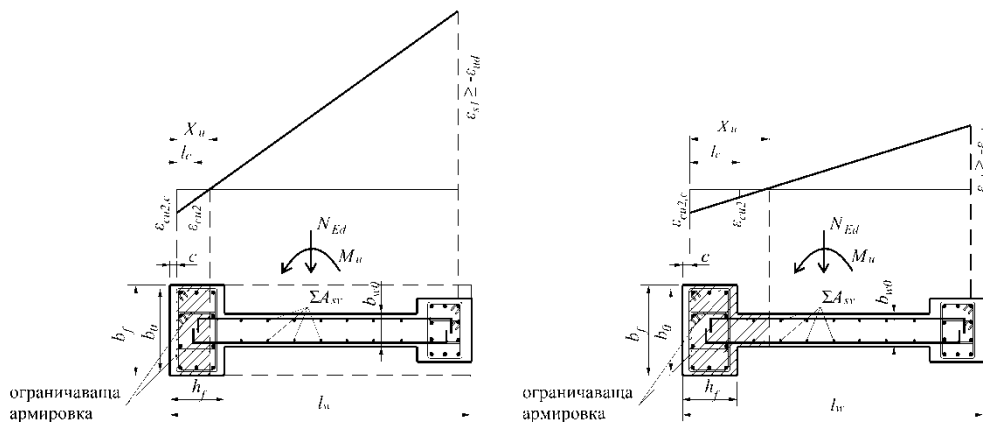
2. Дължината на усилената зона се приема и се детайлира ограничаващата армировка;

$$3. \varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1\alpha\omega_{wd};$$

$$4. l_c = X_u \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} \right);$$

$$5. l_c \geq l_{c,min} = \max \begin{bmatrix} 0.15l_w \\ 1.5b_w \end{bmatrix}.$$

Стъпките от 1 до 5 се повтарят, ако е необходимо.



Фиг. 15. Изследване за локална дуктилност на стени със сложно комбинирано сечение

$$1. X_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_{wo}}{b_o};$$

2.1. Ако $X_u \leq h_f$, се прилага дадената по-горе процедура за правоъгълно сечение, като $b_w = b_f$;

2.2. Ако $X_u > h_f$, се прилага следната итерационна процедура:

а) детайлира се ограничаваща армировка и се приема дължина на усилената зона;

б) разглежда се равновесието в стадия на провлачване на най-силно опънатия ред надлъжна армировка → определят се x_y и ϕ_y ;

с) разглежда се равновесието в крайно гранично състояние → определят се x_y и ϕ_y ;

д) определя се коефициентът за дуктилност в кривина μ_ϕ

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \geq \begin{cases} 2q_0 \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)_{\max} - 1, & \text{ако } T_1 \geq T_C \\ 1 + 2(q_0 - 1)T_C/T_1 \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)_{\max}, & \text{ако } T_1 < T_C; \end{cases}$$

е) при нужда стъпки а) до д) се повтарят до изпълнение на условието от д).

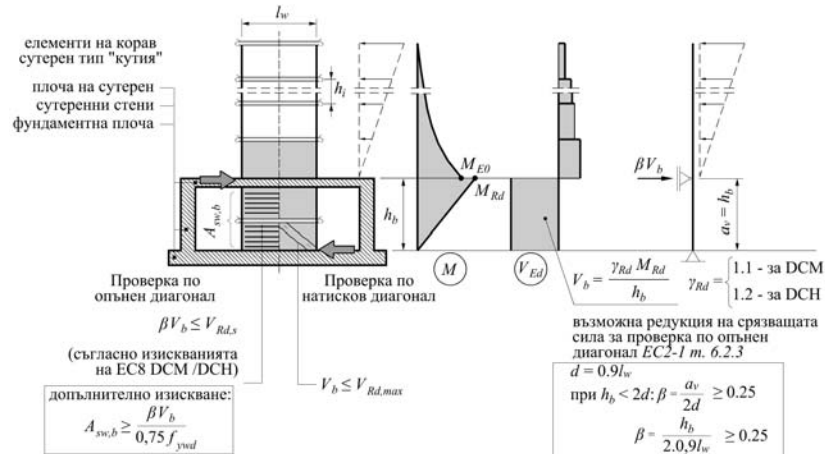
4.3. Сгради със сутерен тип „корава кутия“

Съгласно Еврокод 8 коравите фундаментни конструкции тип „кутия“ на сгради със стенна конструкция трябва да останат еластични по време на сеизмично въздействие. Като следствие от това изискване трябва да бъдат изпълнени следните условия:

- Стените в сутерена трябва да се проектират така, че да развият пластични стави на нивото на горната плоча на сутерена. За тази цел в стените, които продължават със същото напречно сечение над горната плоча на сутерена, критичната зона трябва да се приеме, че продължава под нивото на горната плоча (вж. фиг. 16);

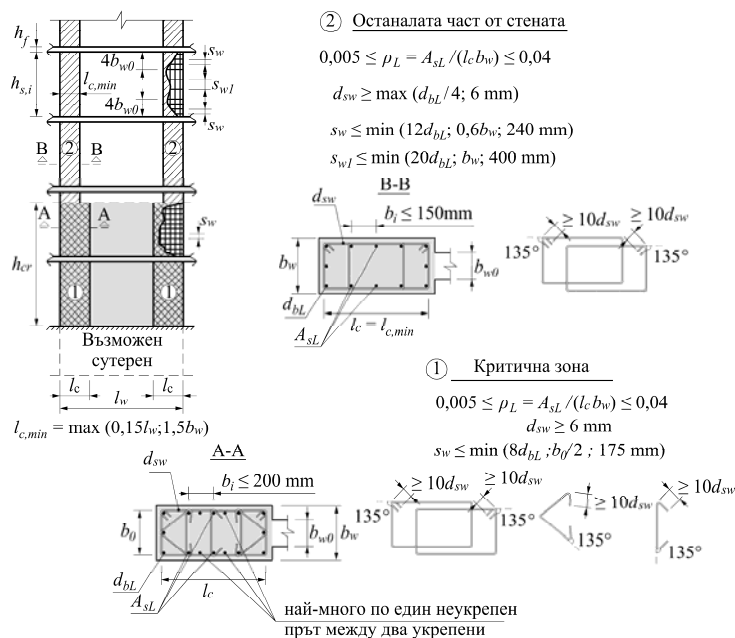
- Цялата височина на сутеренните стени трябва да се оразмери за срязване, като се приеме, че стената развива своята завишена носеща способност на огъване на нивото на горната плоча на сутерена и момент нула на нивото на фундамента (вж. фиг. 16).

Второто изискване е прекалено строго и води до получаване на много големи стойности на срязващите сили в сутерена. За облекчаване на проверката за носимоспособност на срязване по огънен диагонал може да бъдат използвани препоръките на Еврокод 2 за случая на концентрирани сили близо до опорите (вж. фиг. 16).



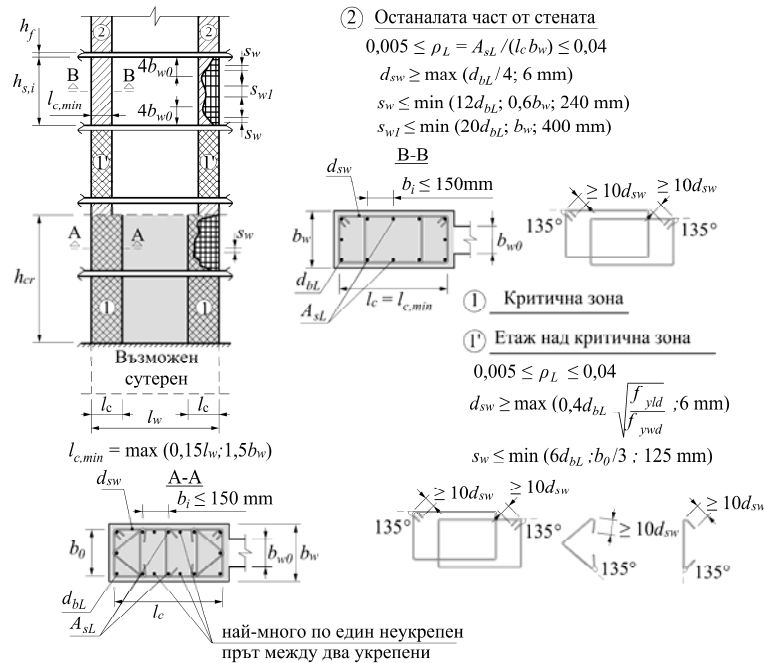
Фиг. 16. Сутерен тип „корава кутия“ за случая на стени конструкции

4.4. Конструктивни изисквания



Фиг. 17. Конструктивни изисквания за DCM (дуктилни стени)

Конструктивните правила на Еврокод 8 за случая на дуктилни стени са дадени на фиг. 17 и 18. Специално внимание трябва да бъде обърнато на конструирането на крайните усиленни зони в критичната зона.

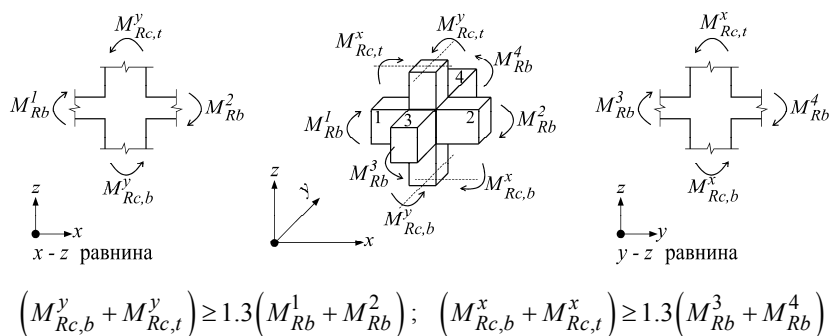


Фиг. 18. Конструктивни изисквания за DCH (дуктилни стени)

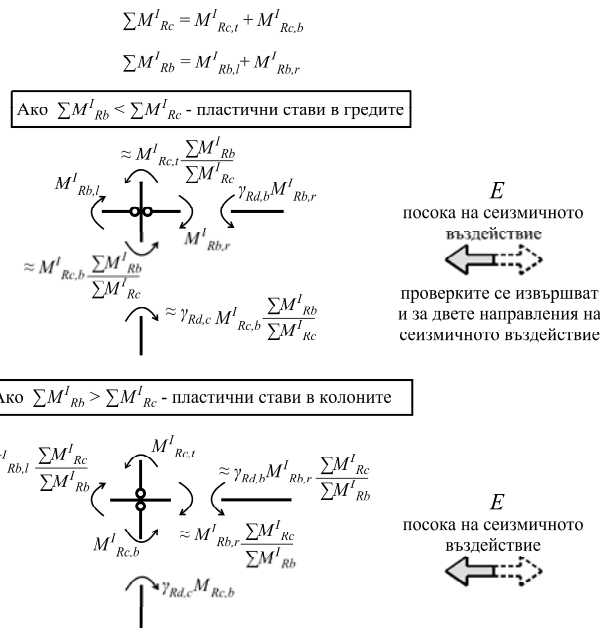
5. Проблеми и решения за стоманобетонни рамкови конструкции

5.1. Философия на проектирането със „силни“ колони и „слаби“ греди

Концепцията за сеизмично проектиране на рамкови конструкции със „силни“ колони и „слаби“ греди е една от най-важните съставни части на Еврокод 8. Тази концепция е представена на фиг. 19 и 20.

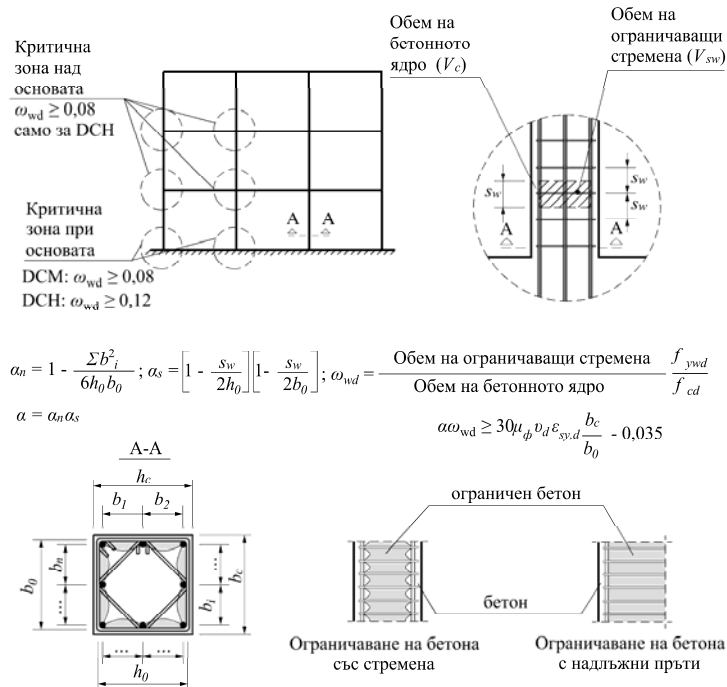


Фиг. 19. Осигуряване на концепцията „силни“ колони – „слаби“ греди



Фиг. 20. Изчисляване на моментите в края на гредите и колоните в зависимост от местоположението на пластичните стави

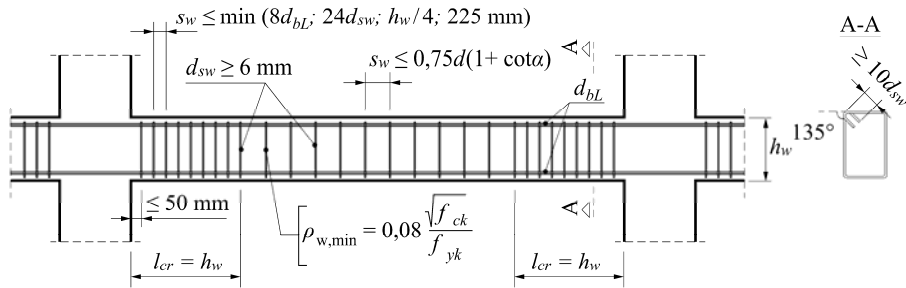
5.2. Изисквания и проверки за локална дуктилност



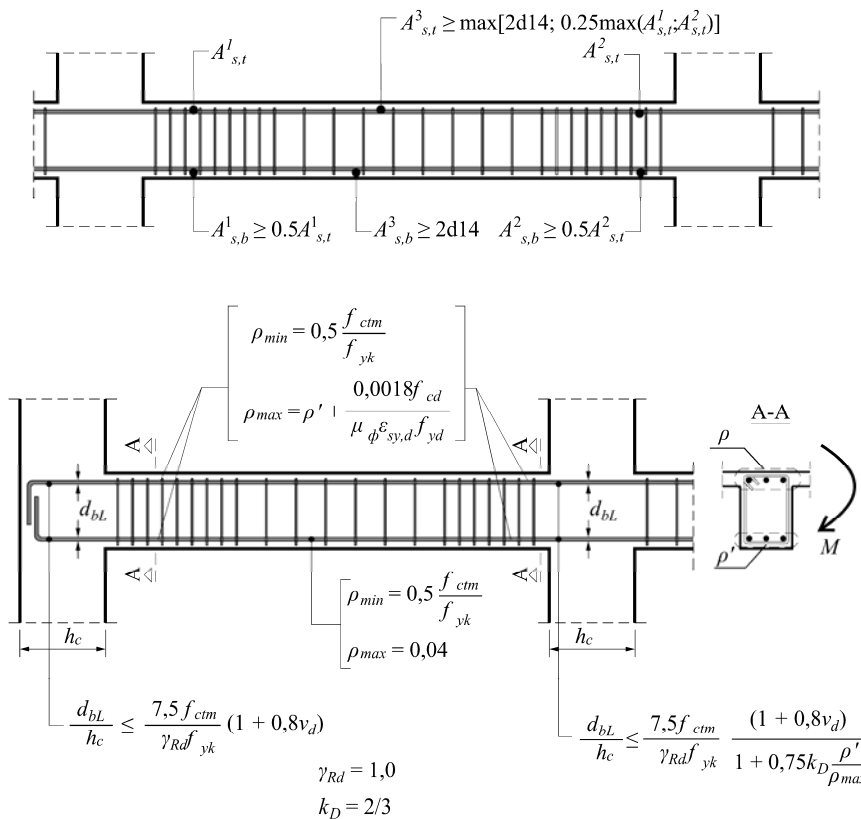
Фиг. 21. Изисквания за локална дуктилност за колони от рамкови конструкции

Еврокод 8 са съвременни и сложни сеизмични норми, в които проверките за локална дуктилност на колоните е базирана на оценка на количеството ограничаващи стремена и на параметрите на ограничения бетон. Процедурата на Еврокод 8 относно проверките за локална дуктилност на колоните от рамкови конструкции е представена на фиг. 21. Повече информация по въпроса може да бъде намерена в [6].

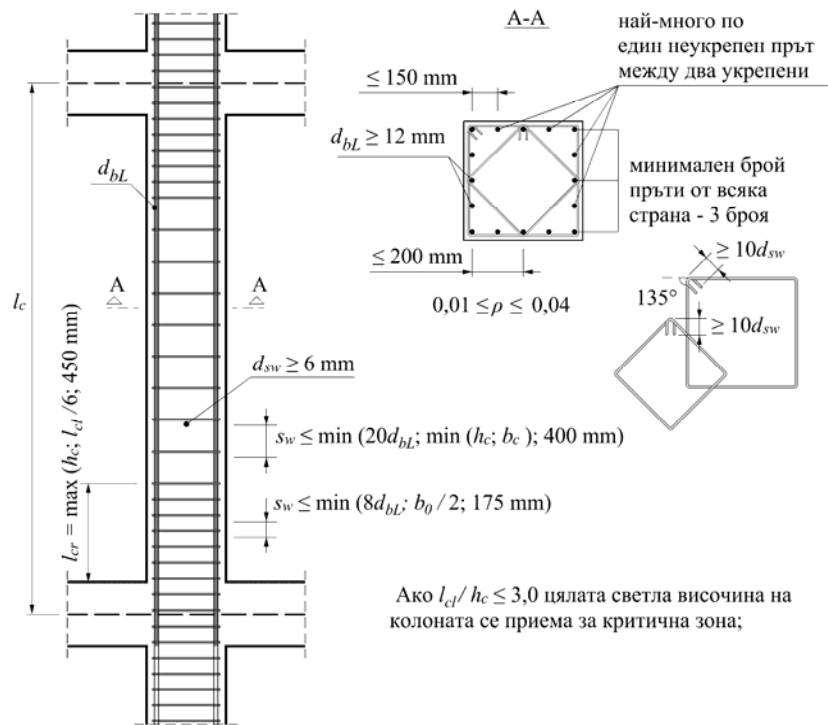
5.3. Конструктивни изисквания



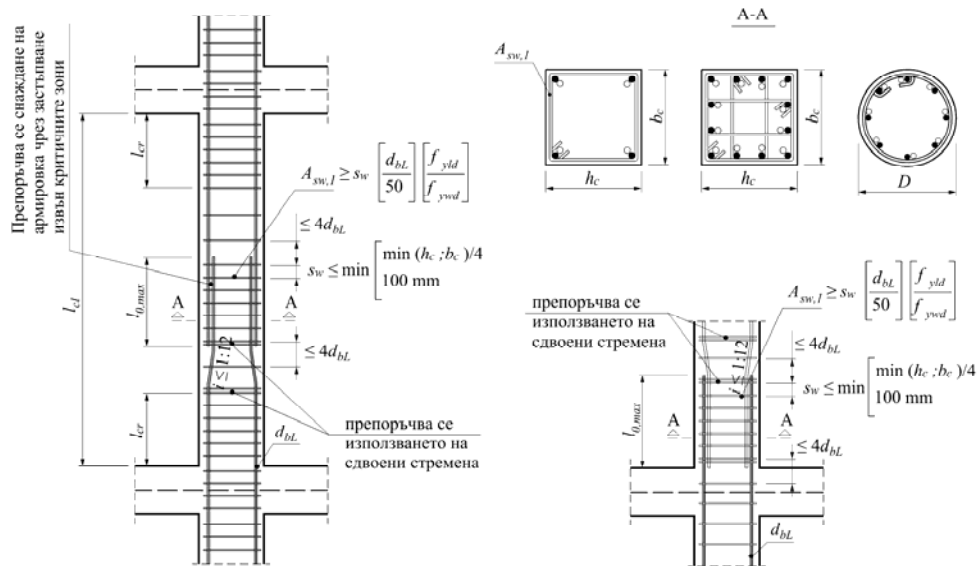
Фиг. 22. Детайлиране на напречната армировка в греди от рамкови конструкции за DCM



Фиг. 23. Детайлиране на надлъжната армировка в греди от рамкови конструкции за DCM



Фиг. 24. Детайлиране на надлъжната армировка в колони от рамкови конструкции за DCM



Фиг. 25. Детайлиране на напречната армировка в колони от рамкови конструкции за DCM

Конструктивните изисквания на Еврокод 8 за случая на рамкови конструкции са систематизирани на фиг. 22 ÷ 25. Специално внимание трябва да бъде обърнато на изискванията за: осигуряване на процент на армиране, по-малък от максималния за случая на горната армировка в гредите, също така и при ограничаването на диаметъра на армировъчните пръти в гредите, които преминават през връзката колона–греда. За случая на колоните основен проблем е прекалено малкото максимално разстояние между стремената в зоната на снаждане на надлъжната армировка.

6. Изводи

На базата на изследванията, извършени в представената разработка, могат да бъдат направени следните основни изводи:

- Еврокод 8 са норми, които се различават коренно както по теоретична основа, така и по организация и систематизация от старите български норми.
- Очаква се, че Еврокод 8 би осигурявал по-надеждно и по-стабилно сеизмично поведение на носещите конструкции на сградите, сравнено с осигуреното по старите български норми.
- Най-вероятно за конструкции, проектирани в съответствие с Еврокод 8, ще се получават незначително по-големи количества армировка, в сравнение със старите български норми.
- Предполага се, че огромна част от наличния сграден фонд е сеизмично неосигурен в съответствие с изискванията на Еврокод 8. Това обаче не означава, че този сграден фонд е действително сеизмично неосигурен.
- Еврокод 8 и старите български норми не могат да действат паралелно за какъвто и да бил срок от време, без ясно указание кои норми в кои случаи ще се прилагат. Причини за това са големите различия както в теоретичните им основи, така и в практическите им приложения и резултати от анализите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Elghazouli, A.* (Editor) *Seismic Design of Buildings to Eurocode 8.* Spoon Press, 2009.
- [2] *Fardis, M., et al.* *Designers Guide to EN1998-1 and EN1998-5. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance.* Tomas Telford, 2005, [Fardis].
- [3] *Moehle, J.* *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings.* McGrawHill, 2014.
- [4] *Paulay, T., Priestley, M. J. N.* *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings.* John Wiley & sons, Inc, 1992.
- [5] *P. Bisch, E. Carvalho, H. Degee, P. Fajfar, M. Fardis, P. Franchin, M. Kreslin, A. Pecker, P. Pinto, A. Plumier, H. Somja, G. Tsionis.* *Eurocode 8: Seismic Design of Buildings. Worked examples,* Lisbon, 2011.
- [6] *Milev, J.* *Seismic Design of Reinforced Concrete Structures.* KIIP Sofia, 2012 (in Bulgarian).

PROBLEMS IN THE APPLICATION OF EUROCODES FOR SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

J. Milev¹, N. Milev², G. Georgiev³

Keywords: monitoring, strengthening, retrofitting, foundation

Research area: seismic design of reinforced concrete structures

ABSTRACT

The main purpose of the presented paper is to classify the main problems in application of Eurocodes for seismic analysis and design of RC Structures in Bulgarian construction practice. The analysis is focused on some structural and economic problems as well as on some contradictions in Eurocode 8 itself. Special attention is paid to the following problems: ductility levels, recognition of torsionally flexible systems, primary and secondary elements definition, stiffness reduction of RC elements for linear analysis dimensions and detailing of confined boundary areas of shear walls, shear resistance analysis of shear walls for DCH in critical regions, detailing of frame and wall structures, etc. Those problems appear during the practical design of some buildings in Bulgaria. Several proposals for solving some of the defined problems are presented. Some conclusions are made for the further application of Eurocode 8 in the design and construction practice.

¹ Jordan Milev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

² Nikolay Milev, Eng. PhD student, Dept. "Geotechnics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

³ Georgi Georgiev, Eng., "Yoda" Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

**СТОМАНОБЕТОН И
СТОМАНОБЕТОННИ
КОНСТРУКЦИИ**

**REINFORCED CONCRETE AND
REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES**

