



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

13 – 14 июня 2024 года Казахстан

РЕАЛИЗАЦИЯ "САРАСITY DESIGN" В ПК ЛИРА-САПР 2024 НА ПРИМЕРЕ РАСЧЁТА ПЛАСТИЧНЫХ СТЕН (DUCTILITY WALL)

Губченко Виктор Евгеньевич

Главный специалист
ТОО «LIRALAND_KZ» (ПК Лира-САПР)
Казахстан, г. Алматы



SATBAYEV
UNIVERSITY



План доклада:

- 1. Краткий обзор вопроса расчёта стен.**
- 2. Концепция Capacity design на примере пластичных стен Ductility wall.**
- 3. Новый тип армирования Стена (Стержень).**
- 4. Расчёт пластичных стен в ЛИРА-САПР 2024.**



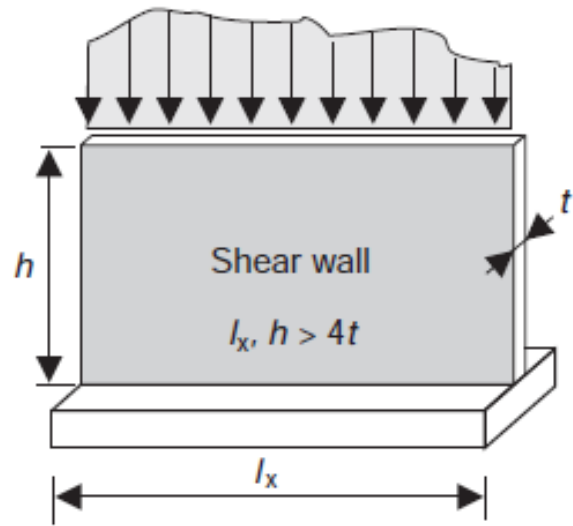
Краткий обзор вопроса расчёта стен



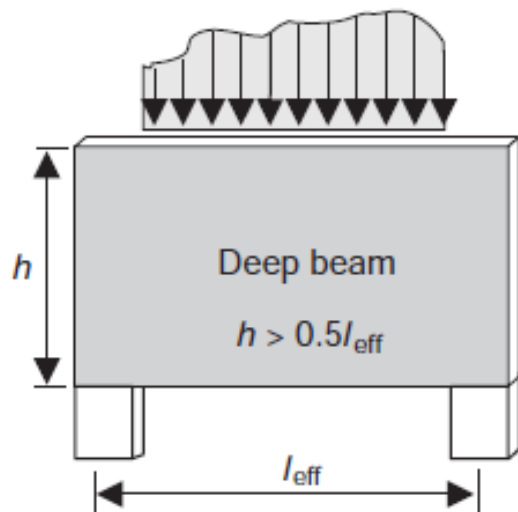
ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

Виды стен по принципу работы

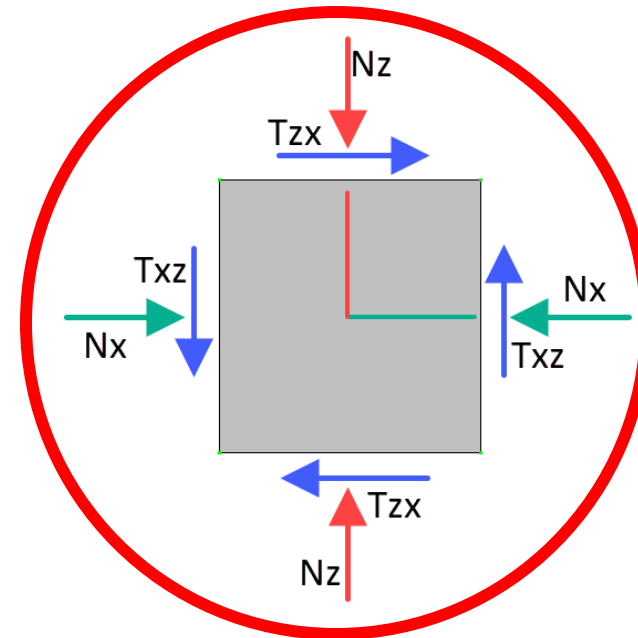
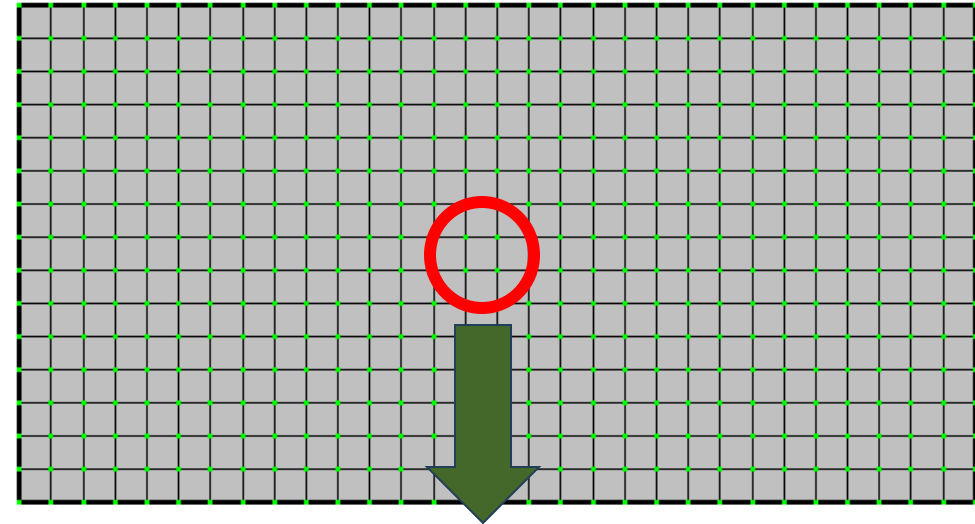
Стена (сдвиговая)



Балка-стенка



Представление в МКЭ



Нелинейные подходы к расчёту стен

Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996

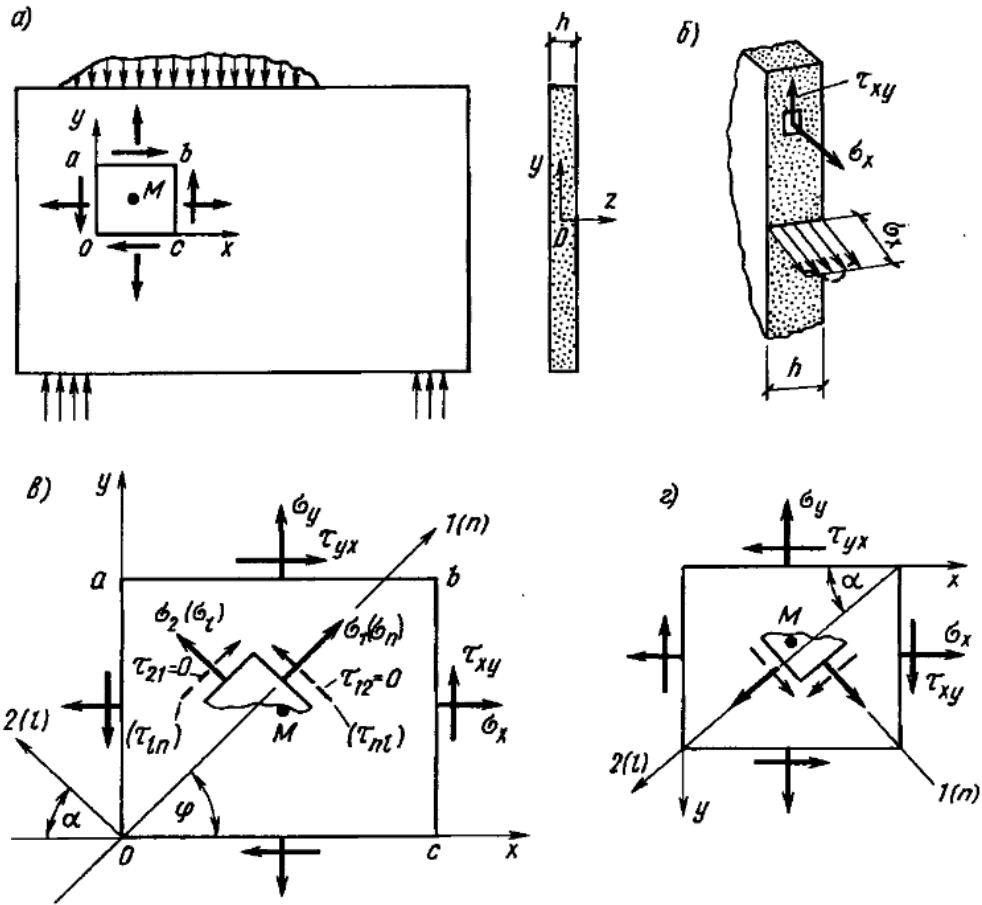


Рис. 6.13. Компоненты плоского напряженного состояния (к переходу от объемного к плоскому напряженному состоянию)

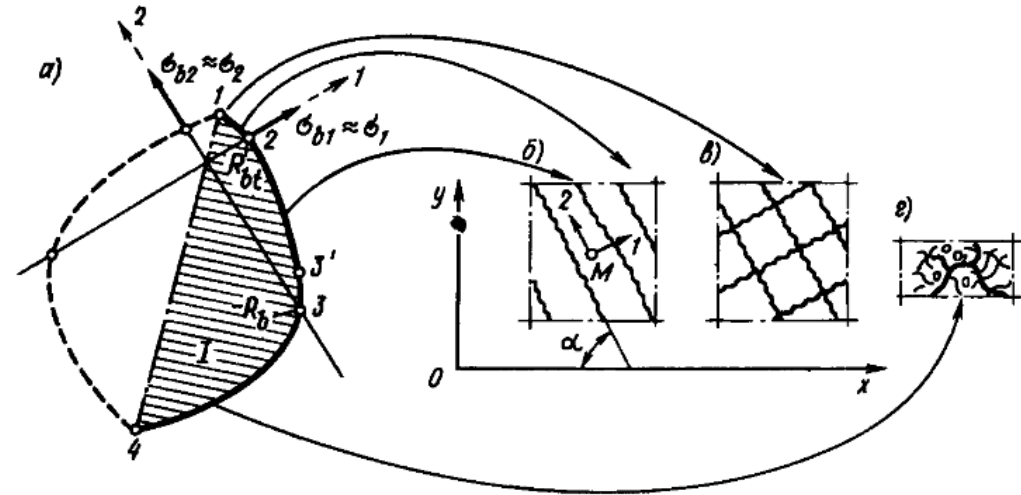


Рис. 6.15. Критерии прочности (а) и соответствующие ему схемы трещинообразования (б, в) и разрушения в объеме (г)

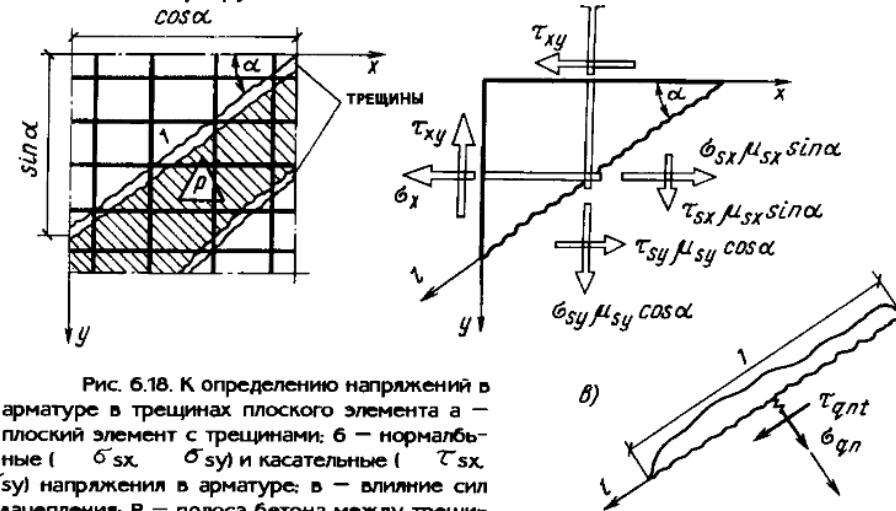
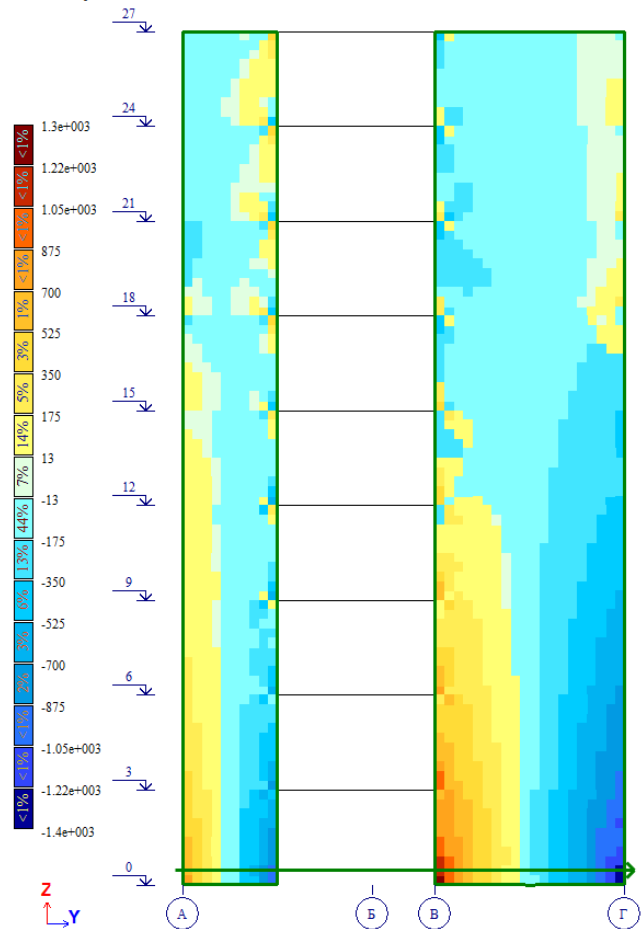


Рис. 6.18. К определению напряжений в арматуре в трещинах плоского элемента а – плоский элемент с трещинами; б – нормальные (σ_{sx} , σ_{sy}) и касательные (τ_{sx} , τ_{sy}) напряжения в арматуре; в – влияние сил зацепления; Р – полоса бетона между трещинами

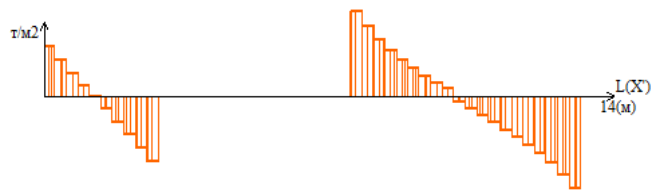
Упругий расчёт сдвиговой стены

Распределение напряжений Ny

Мозаика напряжений по Ny
Единицы измерения - т/м²

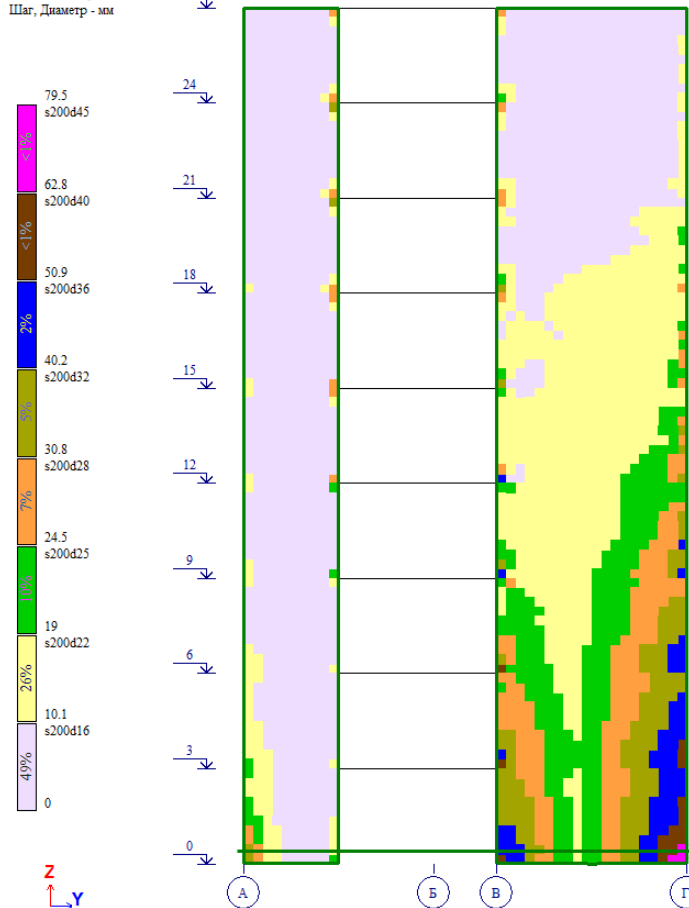


Мозаика напряжений по Ny (PCH20_3)



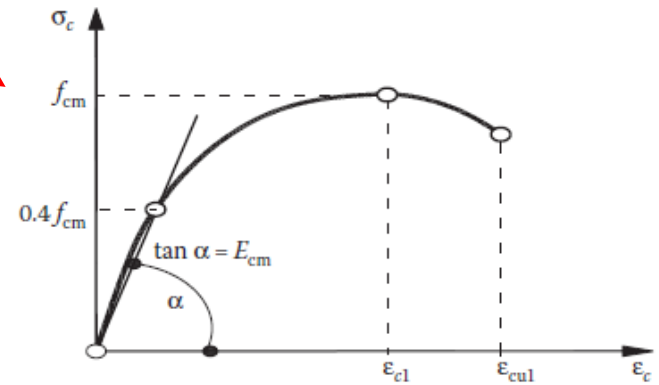
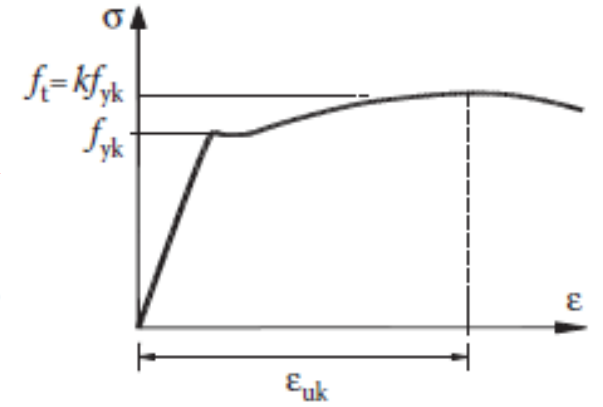
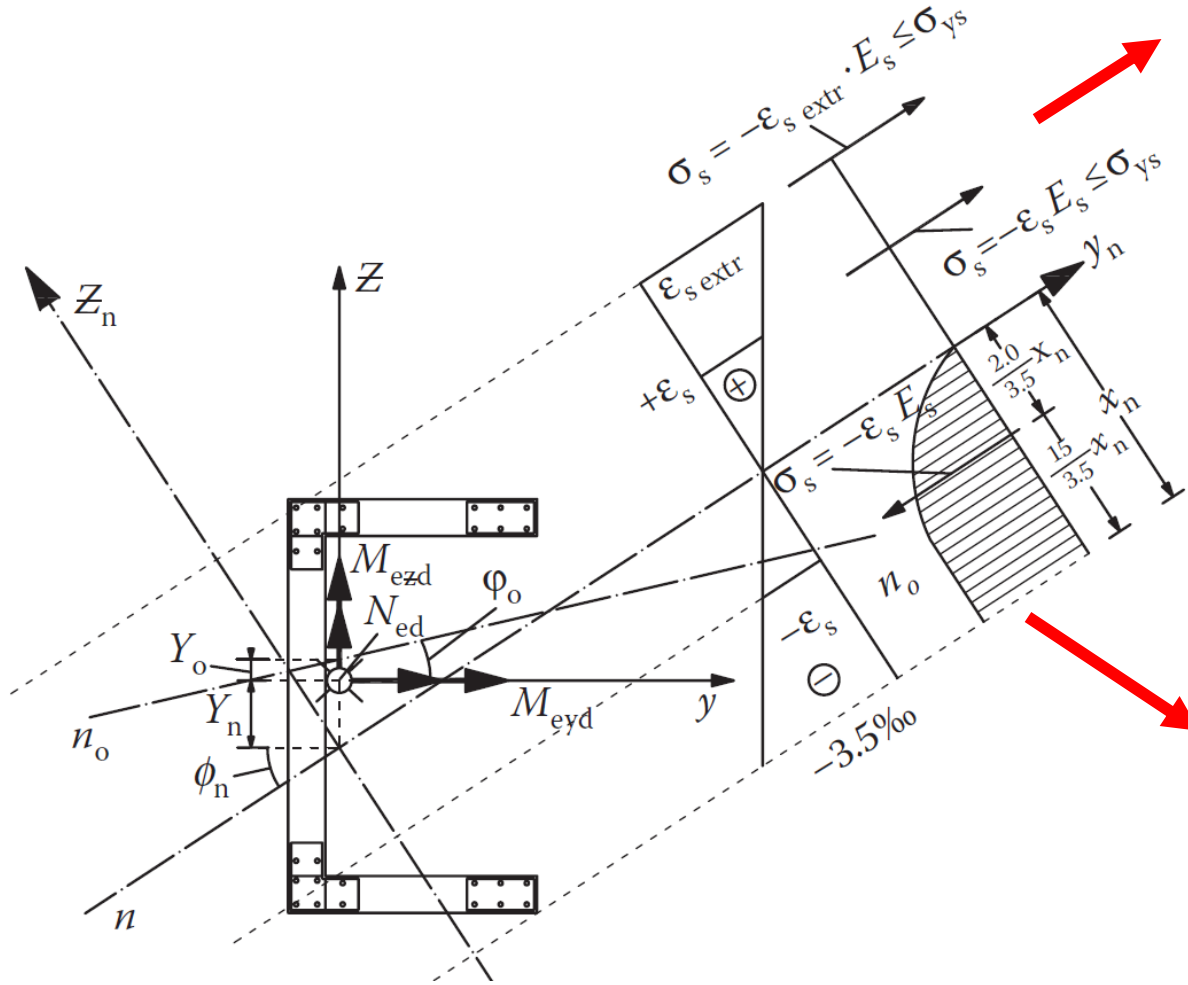
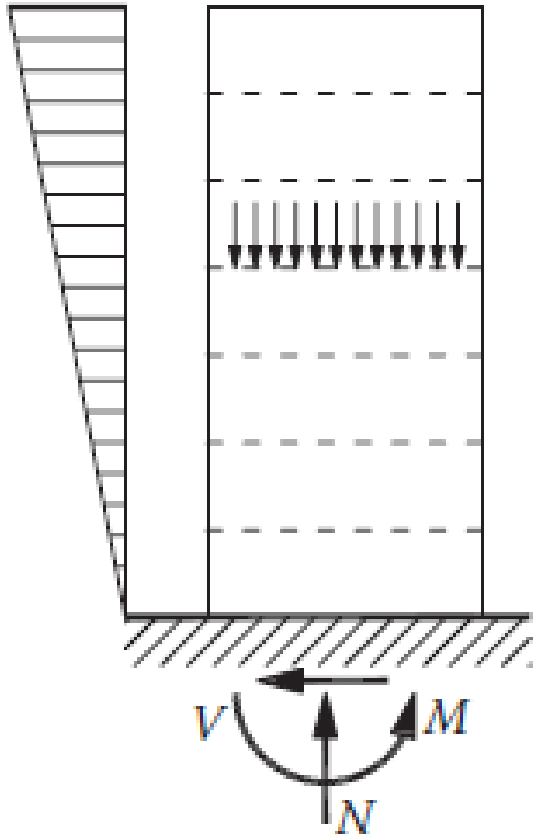
Подобранное армирование

Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ); максимум в элементе 7218
Единицы измерения - см²/м
Шаг, Диаметр - мм

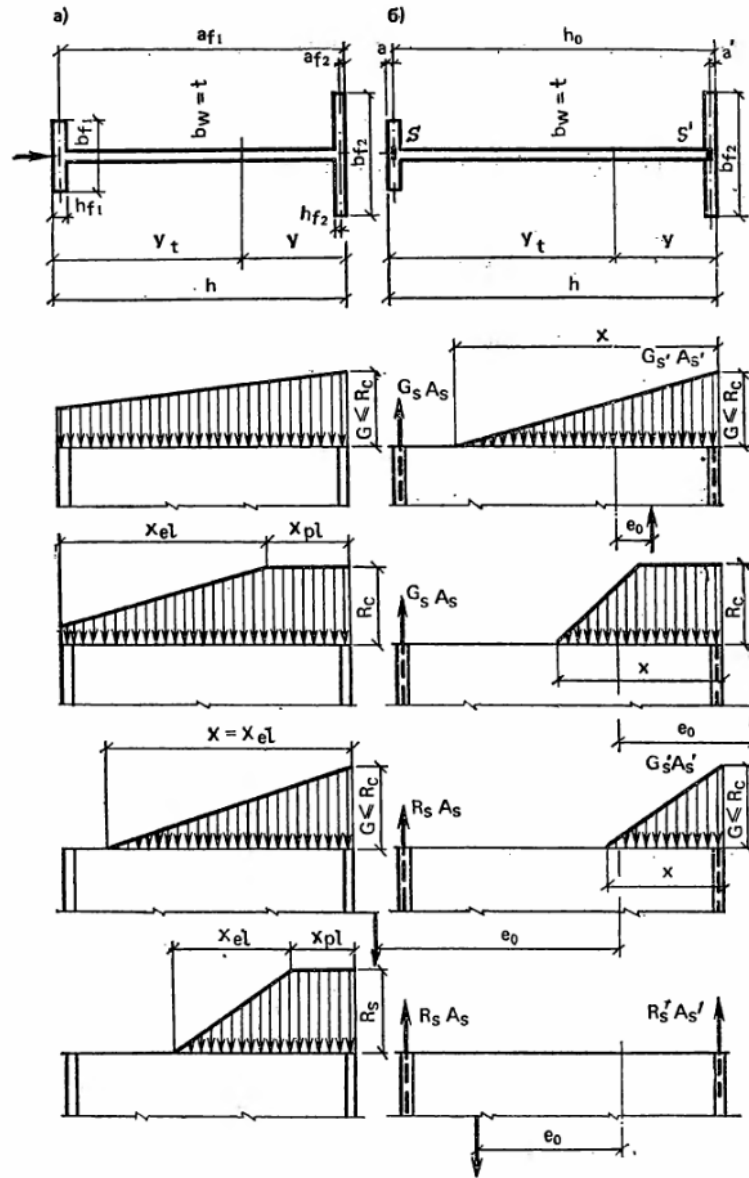


Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ)

Расчёт стен на основе гипотезы плоского сечения



Реализация в нормах проектирования



5.31.2. Определить предельную несущую способность столба при внецентренном сжатии исходя из прямоугольной эпюры сжимающих напряжений

$$N_{max} = R_c h t (1 - 2e_{0h}/h), \quad (80)$$

где R_c — вычисляется по формулам (24) или (25) соответственно для опорного и среднего сечения; t — толщина стены; h — ширина простенка (размер по длине стены в уровне расположения проемов).

5.31.6. Внецентренно сжатые в плоскости железобетонные стены рекомендуется рассчитывать с использованием следующих предположений:

принимается, что в сжатой зоне сечения сжимающие напряжения изменяются по линейной зависимости от нуля до максимального значения $\sigma_{max} < R_c$;

высота сжатой зоны x принимается не более величины x_R , вычисляемой по формуле

$$x_R = \xi_R h_0, \quad (94)$$

где ξ_R — относительная высота сжатой зоны, характеризующая возможность полного использования сопротивления продольной растянутой арматуры (определяется по СНиП 2.03.01—84); h_0 — расчетная высота сечения, равная ширине простенка за минусом расстояния от растянутой арматуры до края сечения.

Расчет прочности симметрично армированных внецентренно сжатых железобетонных стен рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

вычислить высоту сжатой зоны

$$x = 2h\sigma/R_c, \quad (95)$$

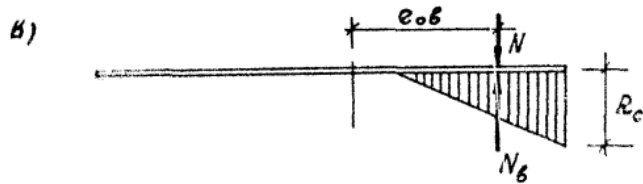
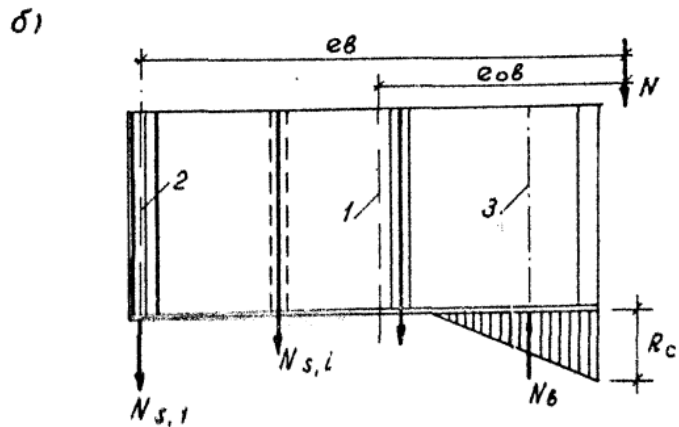
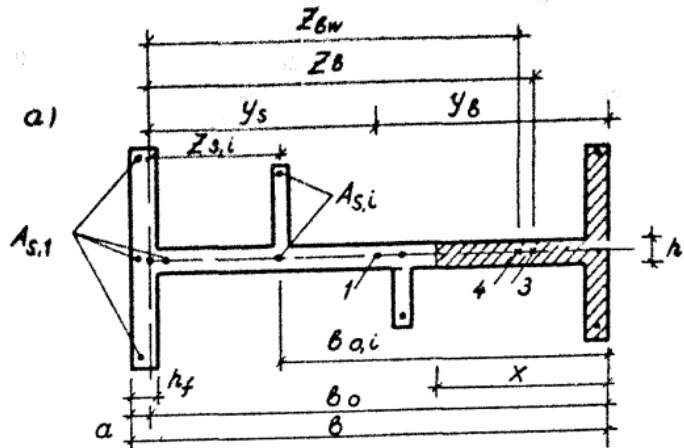
где напряжения вычисляются по формуле (84).

Если $x < x_R$, то требуемая площадь поперечного сечения продольной арматуры A_s , устанавливаемой у растянутой и сжатой кромок сечения, вычисляется по формуле

$$A_s = [Ne_{0h} - 0,5R_c x t (0,5h - x/3)]/[R_c (h - 2a)], \quad (96)$$

где a — расстояние от продольной арматуры до края сечения.

Реализация в нормах проектирования



4.7. Проверку прочности при внецентренном сжатии сечений произвольной формы с многоядным расположением арматуры (рис.2) рекомендуется выполнять по формуле

$$N e_B \leq 0,5 R_c A_{bw} Z_{bw} + \sum_{j=1}^m \frac{R_c (x - y_{fj})}{x} A_{bfj} (B_0 - y_{fj}) - \sum_{i=2}^n \sigma_{si} A_{si} Z_{si} \quad (6)$$

где $R_c = R_b \eta_j$ - приведенное расчетное сопротивление бетона стены в зоне стыка, определяемое с учетом необходимых коэффициентов условий работы γ и коэффициента η_j , учитывающего пониженное сопротивление стыка сжатия и определяемого по указаниям п.4.9;

$e_B = e_{0B} + y_s$ - эксцентриситет внешней нормальной силы N относительно центра тяжести крайнего ряда растянутой (или наименее сжатой) арматуры (см. рис.2);

$A_{bw}; Z_{bw}$ - площадь сжатой зоны стенки и расстояние от центра ее тяжести крайнего ряда растянутой или наименее сжатой арматуры;

A_{bfj} - площадь i -ой сжатой полки;

σ_{si} - напряжение в A_{si} -ом промежуточном ряде арматуры с площадью Z_{si} и расстоянием от центра тяжести крайнего ряда растянутой арматуры.

Положение границы сжатой зоны x и напряжения в арматуре σ_{si} при этом определяются из совместного решения уравнений:

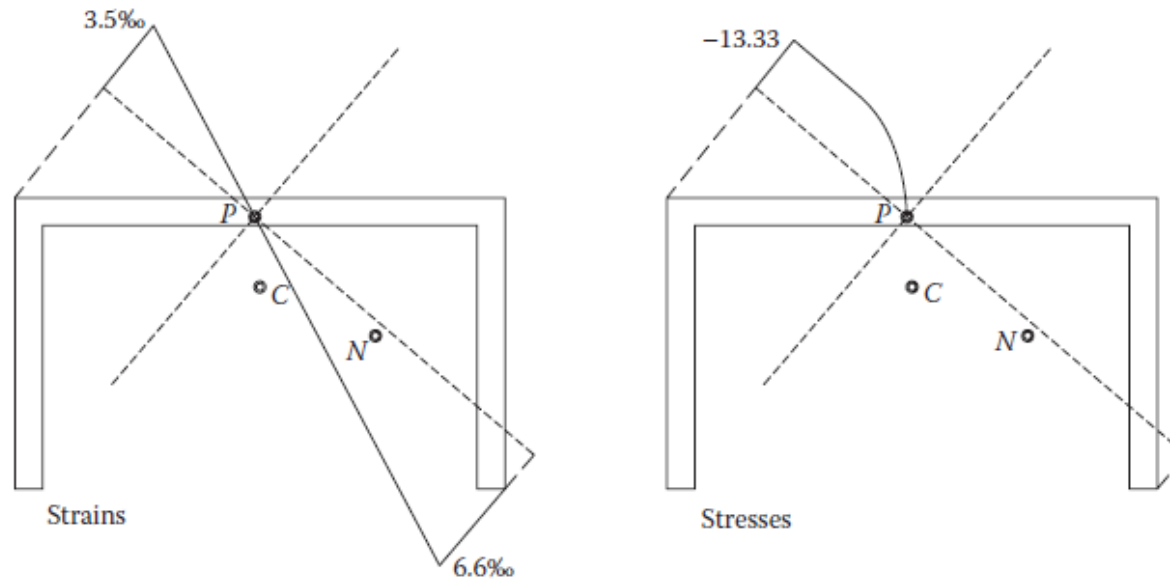
$$0,5 R_c A_{bw} + \sum_{j=1}^m \frac{R_c (x - y_{fj})}{x} A_{bfj} - \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} - N = 0; \quad (7)$$

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{su} E_{si}}{x} (b_{0i} - x) \leq R_{si},$$

Подходы к расчёту сдвиговых стен в Eurocode 8

Concrete Buildings in Seismic Regions

(b) Last iteration



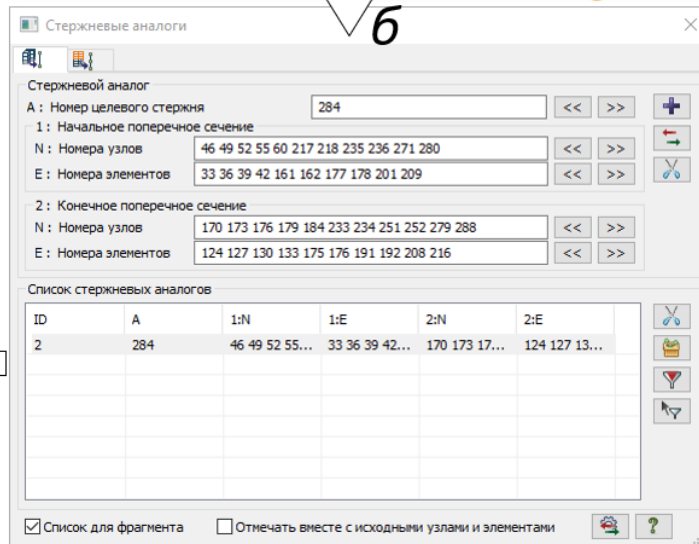
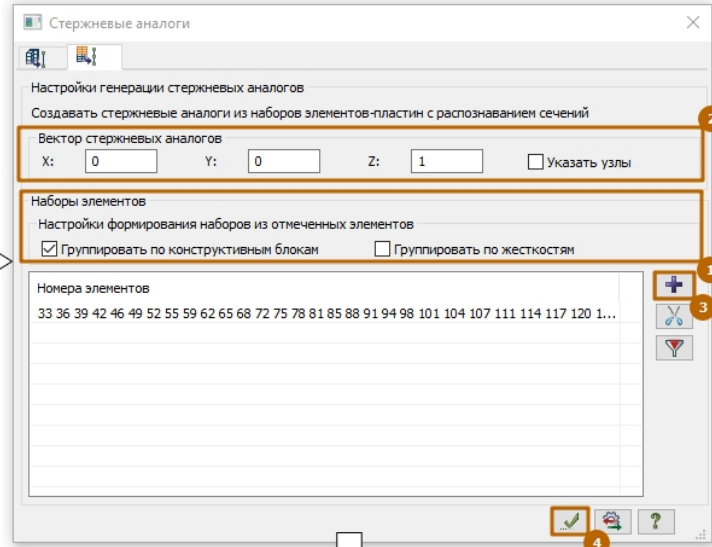
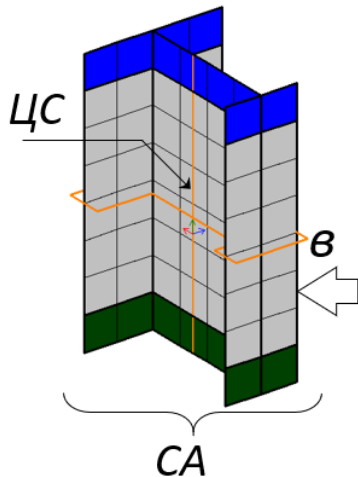
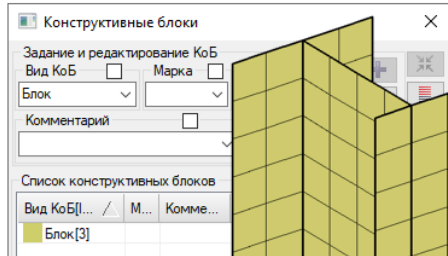
External forces	Internal forces	Neutral axis location	Centre of gravity (C)	Elastic neutral axis location (N)
$N: -7258.50 \text{ kN}$	$N_i: -16184.80 \text{ kN}$	(P)	$x_o: 2.650 \text{ m}$	$x_n: 3.900 \text{ m}$
$M_x: 13815.94 \text{ kNm}$	$M_{xi}: 30788.39 \text{ kNm}$	$x_p: 2.595 \text{ m}$	$y_o: 2.184 \text{ m}$	$y_n: 1.656 \text{ m}$
$M_y: -16361.05 \text{ kNm}$	$M_{yi}: -36479.92 \text{ kNm}$	$y_p: 2.943 \text{ m}$		$a: 67.09 \text{ d}$

George G. Penelis and Gregory G. Penelis

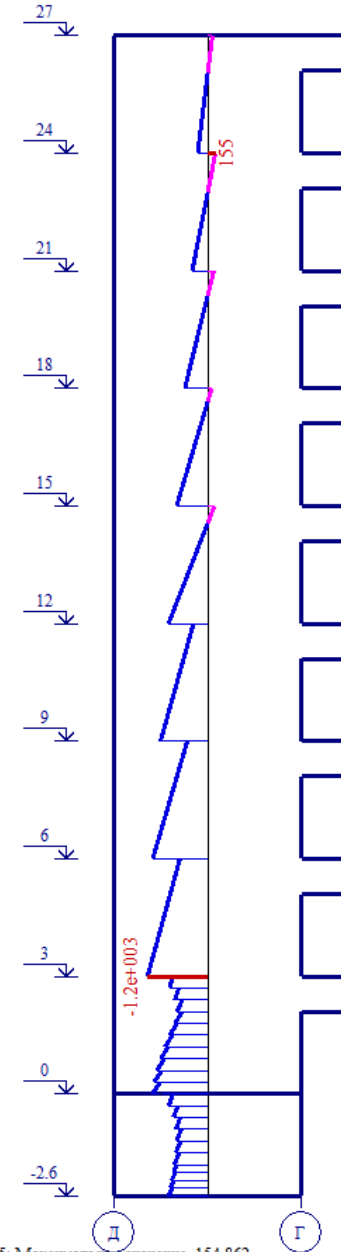
Стержневые аналоги ПК ЛИРА-САПР

Марина Ромашкина Андрей Томашевский

Моделирование составных конструкций стержневыми аналогами



Эпюра Mz
Единицы измерения - кН*м



Минимальное значение -1204.15; Максимальное значение 154.862

Концепция Capacity design на примере пластичных стен (ductility wall)



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

Концепция Capacity design

Как известно, основным подходом к расчёту ЗиС на сейсмическое воздействие является ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД. В ЛСМ кинематическая постановка расчёта заменяется на силовую: к расчётной модели статически прикладываются инерционные сейсмические нагрузки, определённые на основе динамических характеристик системы. Данный подход противоречит природе сейсмического воздействия, т.к. именно деформации основания приводят к развитию усилий в системе. Однако силовой подход является более понятным для инженера-строителя и хорошо себя зарекомендовал.

При расчёте на «сильные» землетрясения в элементах ЗиС напряжения могут выходить за предел пропорциональности. При этом будут развиваться значительные неупругие деформации.

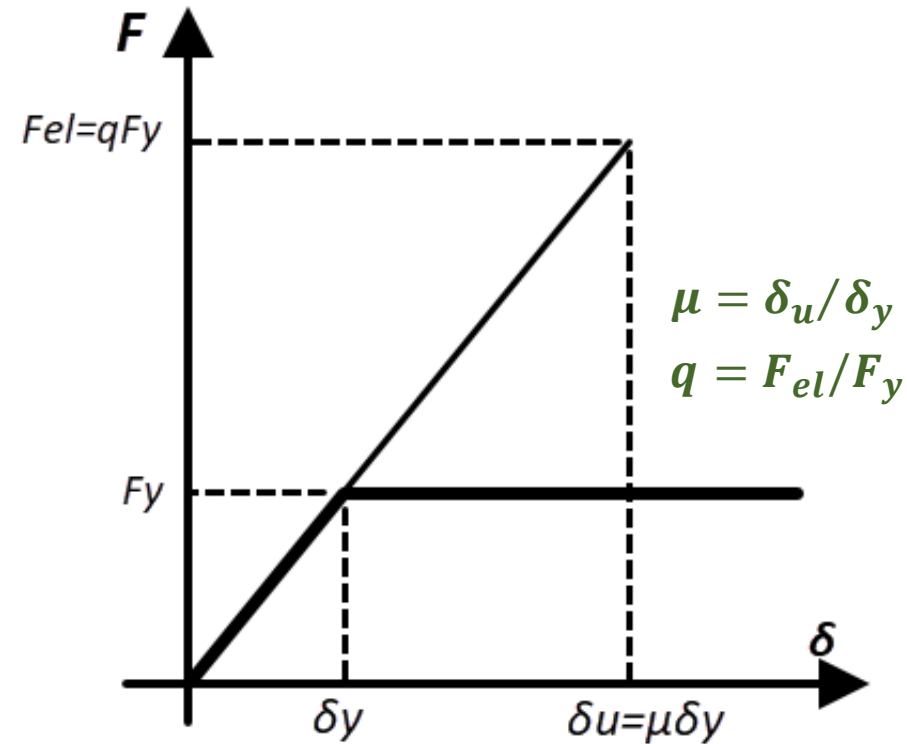
Для учёта развития неупругих деформаций и, как следствие, гистерезисного рассеивания энергии при сейсмических колебаниях, в расчёте на силовое воздействие

вводится понятие коэффициента пластичности $\mu = \delta_u / \delta_y$ и коэффициента поведения $q = F_{el} / F_y$.

Схема перехода от деформационного подхода к силовому показана на рисунке справа.

Для того, чтобы достигнуть в упругой системе перемещения, соответствующего δ_u , упругая сила F_{el} должна превышать предел текучести F_y в q раз. Величина коэффициента поведения q зависит от коэффициента пластичности μ .

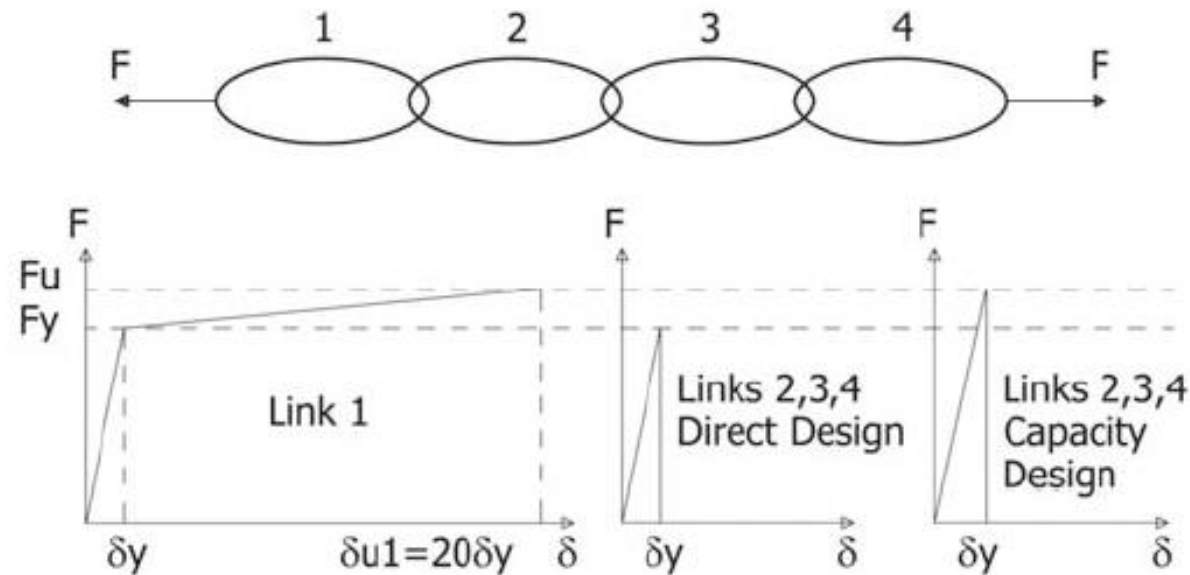
Конструктивный расчёт выполняется на инерционные сейсмические нагрузки, которые в q раз меньше определённых, на основе упругого расчёта. Для того, чтобы это понижение было справедливым, система должна иметь соответствующую способность к пластическому деформированию, т.е. $\delta_u > \delta_y$.



Концепция Capacity design

Для обеспечения заданного уровня пластичности конструктивной системы **Eurocode 8** предусматривает концепцию **Capacity design** – подход к проектированию зданий с заданным уровнем пластичности (рассеивания энергии), базирующийся на рациональном выборе механизма рассеивания энергии конкретными элементами и соответствующим проектированием отдельных их участков. При этом все оставшиеся несущие элементы должны иметь гарантированный запас прочности, чтобы была возможность задействовать выбранный механизм рассеивания энергии. Хрупкое разрушение не допускается.

Рассмотрим принцип, лежащий в основе **Capacity design**, на примере цепи из 4х звеньев. Звено 1 работает по упруго-пластической диаграмме с пределом текучести F_y и соответствующим ему удлинением δ_y . Это звено имеет податливость в 20 раз превышающую упругую податливость звеньев 2-4. Таким образом, общее удлинение цепи составит $23\delta_y$. Для того, чтобы это удлинение смогло реализоваться, прочность звеньев 2-4 должна быть не менее величины F_u в предельном состоянии, характеризуемом предельным удлинением:



Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design

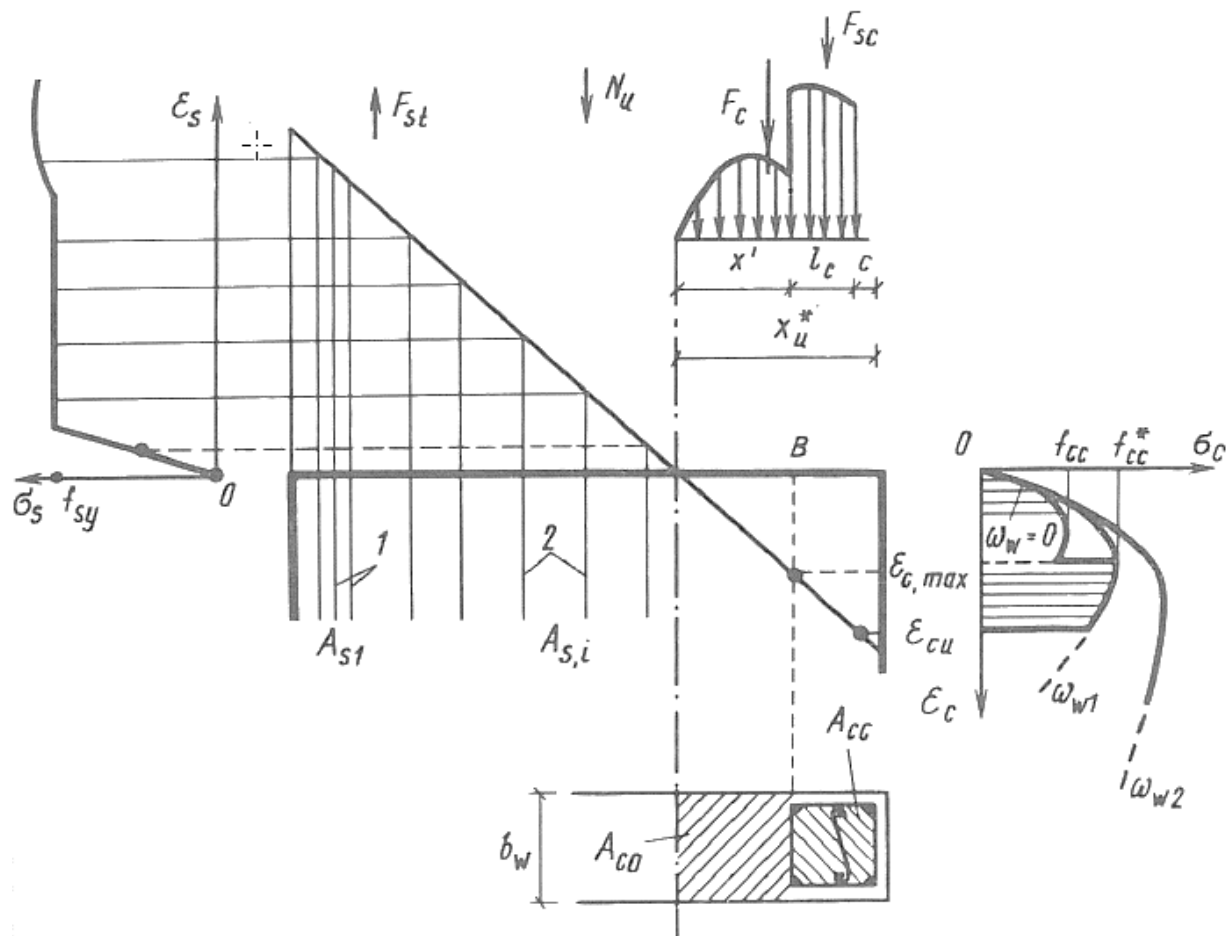
Пластический характер работы стен обеспечивается за счёт образования пластического шарнира по высоте критической зоны у основания стены.

Предполагается, что в пределах критической зоны арматура, сосредоточенная у торца стены, получает значительные неупругие деформации $\varepsilon_s \gg \varepsilon_{el} = f_{sy} / E_s$.

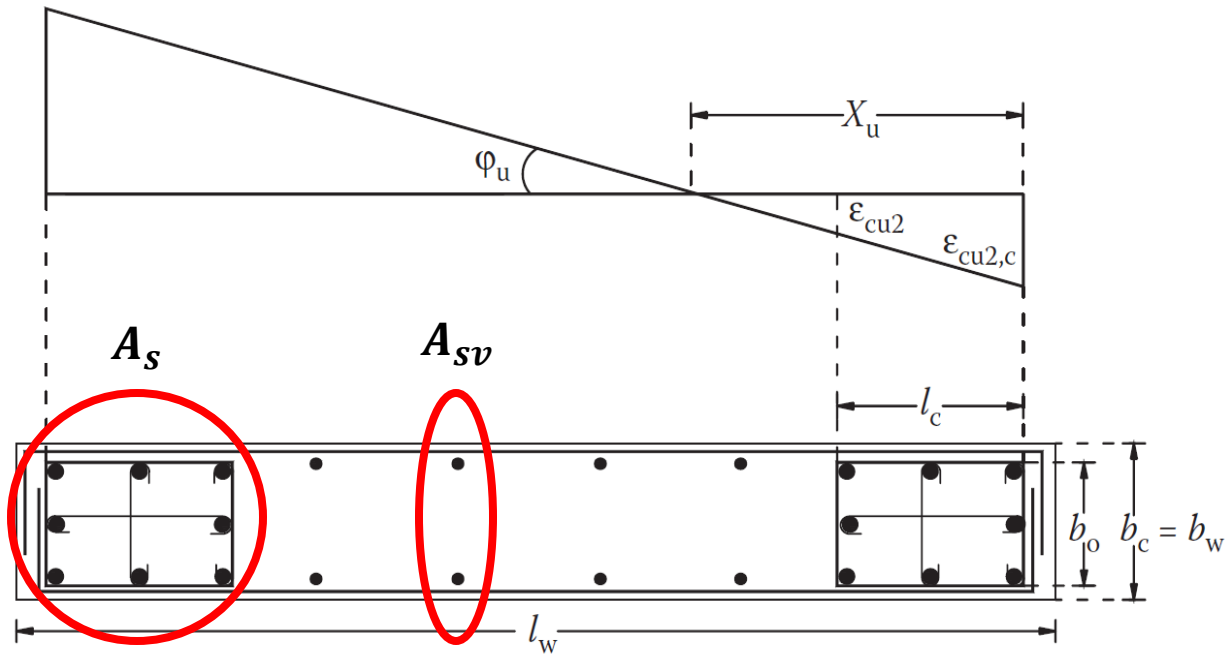
Для того, чтобы у арматуры была возможность к неупругому деформированию в большом диапазоне величин относительных деформаций после начала текучести, сжатая зона должна быть усилена косвенным армированием на краевом участке в пределах длины, где относительные деформации сжатия ε_c превышают предельную величину для не усиленного бетона $\varepsilon_{c,max}$.

При проектировании пластичных стен нужно определить длину зоны усиления бетона у торца стены l_c и подобрать соответствующие параметры её усиления $\alpha \omega_w$ (шаг, длину и диаметр поперечных стержней: шпилек и хомутов), которые позволят реализоваться требуемой кривизне нормального сечения φ_u и коэффициента пластичности $\mu = \varphi_u / \varphi_y$.

Армирование стены должно быть достаточным для восприятия изгибающего момента, полученного из расчёта на сейсмическое воздействие на инерционные сейсмические нагрузки, определённые с учётом коэффициента поведения q .



Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design



$$\mu_\varphi = \varphi_u / \varphi_y$$

$$\alpha\omega_{wd} = 30\mu_\varphi(v_d + \omega_v)\varepsilon_{sy,d}\frac{b_w}{b_0} - 0.035 \geq \alpha\omega_{wd,min}$$

$$l_c = X_u * (1 - \varepsilon_{cu2} / \varepsilon_{cu2,c})$$

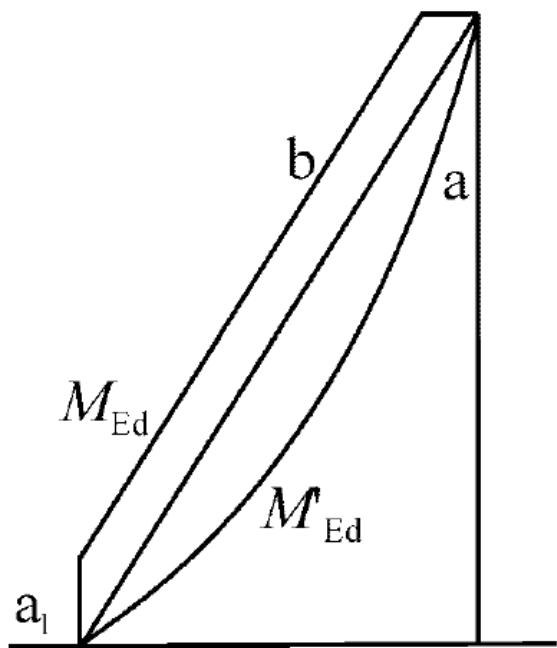
$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1\alpha\omega_{wd}$$

$$X_u = (v_d + \omega_v)l_w * b_w / b_0$$

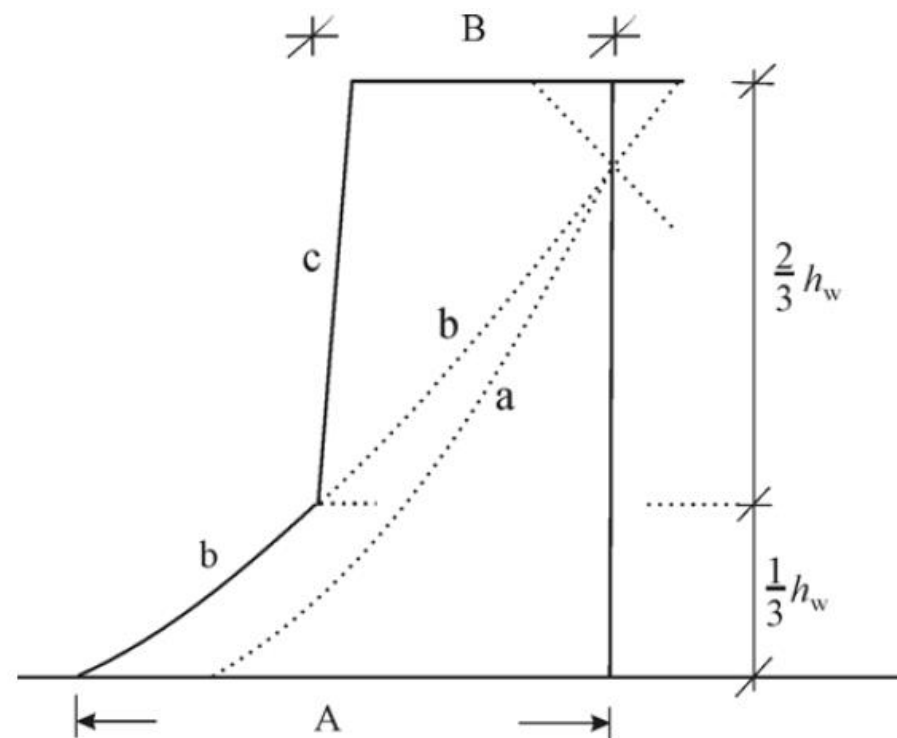
$$v_d = \frac{N_{ed}}{l_w * b_w * f_{cd}}; \omega_v = \frac{\rho_v * f_{yd}}{f_{cd}}; \rho_v = \frac{A_v}{l_w * b_w}$$

Пластичные стены (ductility wall) в рамках концепции Capacity design

Для обеспечения контролируемого механизма развития пластических деформаций только в критических зонах для стеновых систем расчётная эпюра изгибающих моментов должна быть скорректирована по отношению к исходной, полученной на основании расчёта. Расчётная эпюра поперечных сил должна быть увеличена минимум в 1.5 раза. Для двойных систем, эквивалентных стеновым, расчётная эпюра поперечных сил также должна быть скорректирована по отношению к исходной, полученной на основании расчёта.



$$M_{Ed,i} = \begin{cases} M_{base} & \text{при } Z_i \leq a_1 \\ M_{base} \left(1 - \frac{Z_i - a_1}{H}\right) & \text{при } Z_i > a_1 \end{cases}$$



$$V_{Ed,i} = \begin{cases} \varepsilon * V_i & \text{при } Z_i \leq H/3 \\ \max(0.5 * \varepsilon * V_{base}; \varepsilon * V_i) & \text{при } Z_i > H/3 \end{cases}$$

Тип армирования Стена (Стержень)



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

Тип армирования Стена (Стержень)

Название: Стена(Стержень)
 Вид расчета: Стена (Стержень) ▾
 Армирование: Стержень
 Балка
 Колонна
 Пилон
 Наклонная балка
 Стена (Стержень)

Учитывать конс.
 Выделять углов.
 Располагать боковую арматуру в полке
 Учитывать многоконтурность
 Учитывать совместное действие усилий
 Пункт 3.52 Пособия к СП 52-101-2003
 Нормативные характеристики материалов для особого/аварийного сочетания
 Использовать модифицированный алгоритм
 Учитывать 3-осную работу бетона на сжатие
 Учитывать огнестойкость

Количество промежуточных площадок: 2

Учитывать данные для режима 'Стена'

Точность расчета, %
 Предварит. 20 Основного 1

% MAX 10 Козф. запаса несущей способности
 MIN 0.9 MAX 1.5

Расстояние к ц.т. арматуры, см
 a1 4.5 a2 4.5 a3 4.5

Расчет по предельным состояниям II группы
 Трещины продолжительные, мм 0.3
 Трещины непродолжительные, мм 0.4
 Шаг арматурных стержней, мм
 Диаметр арматурных стержней 10

Длина элемента, Расчетные длины
 Длина элемента 3 м
 Расчетная длина LY 1
 Коэффициент LZ 1
 При $L_y=L_z=0$ игнорируется $N<0$.

Данные для расчета арматуры в режиме Стена

Данные для подбора арматуры в режиме Стена

Приоритет наращивания полевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней ▾

Максимальный шаг арматурных стержней
 Минимальное количество арматурных стержней

Значение	Предел	Шаг изменения значения
200	100 мм	50 мм

Стандартно (без учета сортамента)
 Минимальный % армирования на 1л.м. у одной гран
 Минимальный диаметр арматурных стержней
 Минимальная площадь арматурных стержней

Значение	Шаг изменения
0.785 см2	0.0785 см2

Выделять угловые арматурные стержни Макс. диаметр 32.0 ▾ Количество 2
 Выделить арматурные стержни у торца стены Макс. диаметр 32.0 ▾ Количество 2

Дополнительные данные для подбора арматуры в режиме Пластичная стена

Установить режим расчета Пластичная стена

Коэффициент поведения q 3.6 Период основного тона колебаний $T1$ 0.8 сек
 Значение $\Delta\omega_{wd,min}$ 0.08 Максимальное значение периода Tc 0.6 сек

Приоритет наращивания краевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней ▾

Максимальный шаг арматурных стержней
 Минимальное количество арматурных стержней

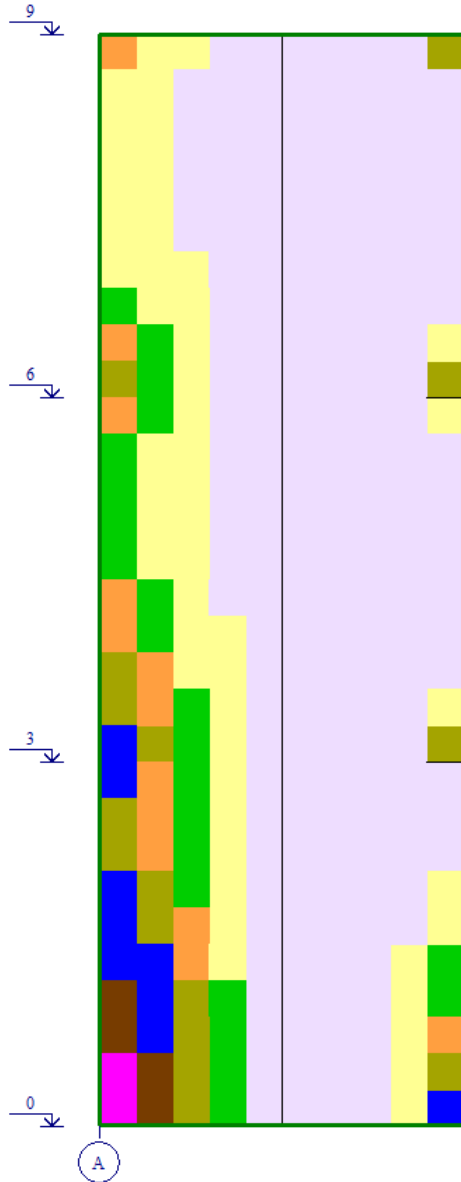
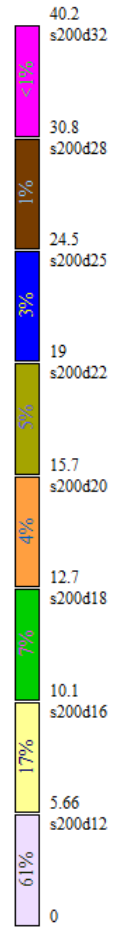
Значение	Предел	Шаг изменения значения
200	50 мм	50 мм

Стандартно (без учета сортамента)
 Минимальный диаметр арматурных стержней
 Минимальная площадь арматурных стержней

Значение
3.0 мм

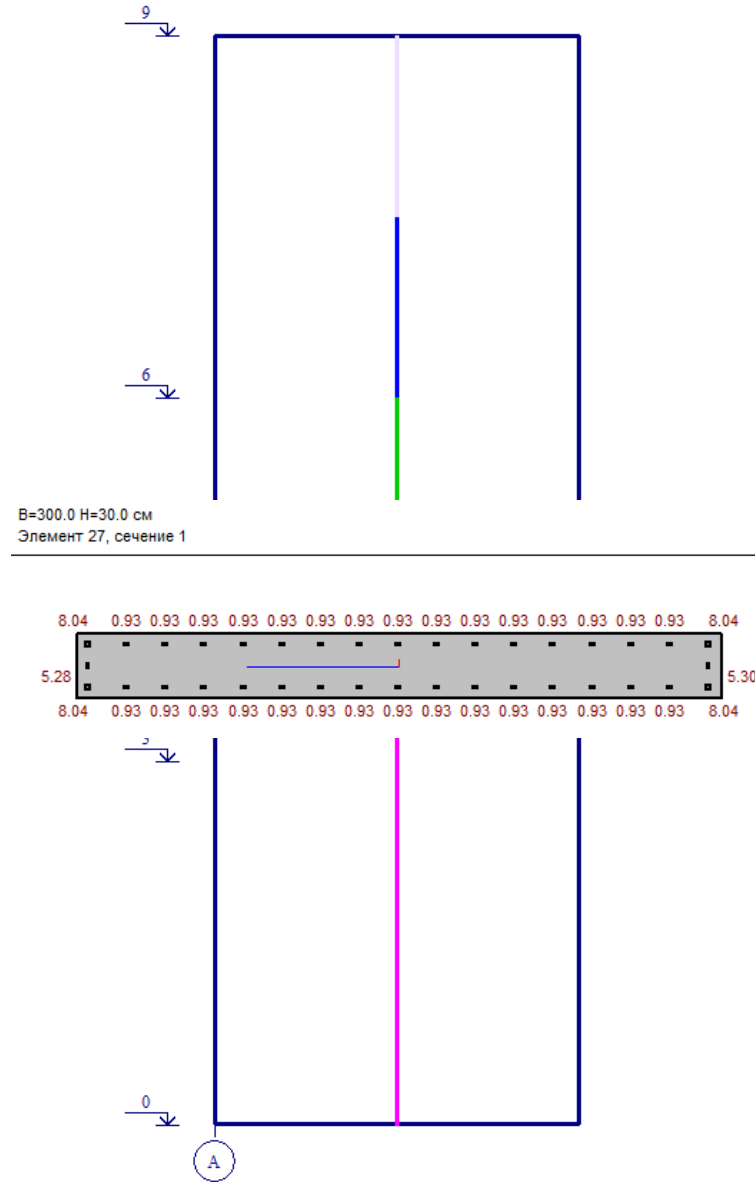
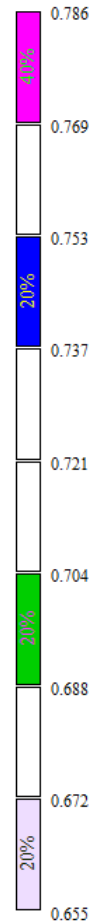
Инструмент Стена (Стержень)

Основной режим
Единицы измерения - см²/1м
Шаг, Диаметр - мм



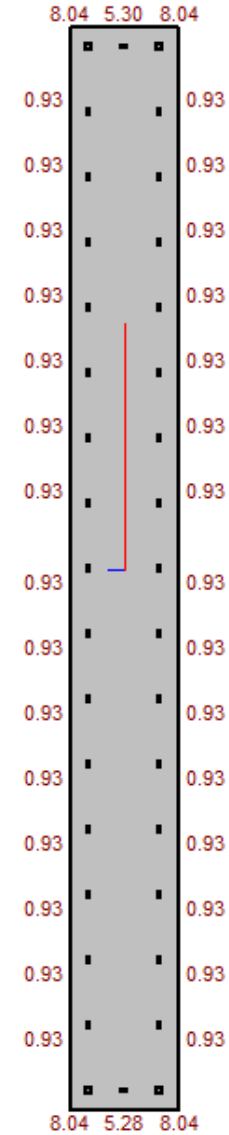
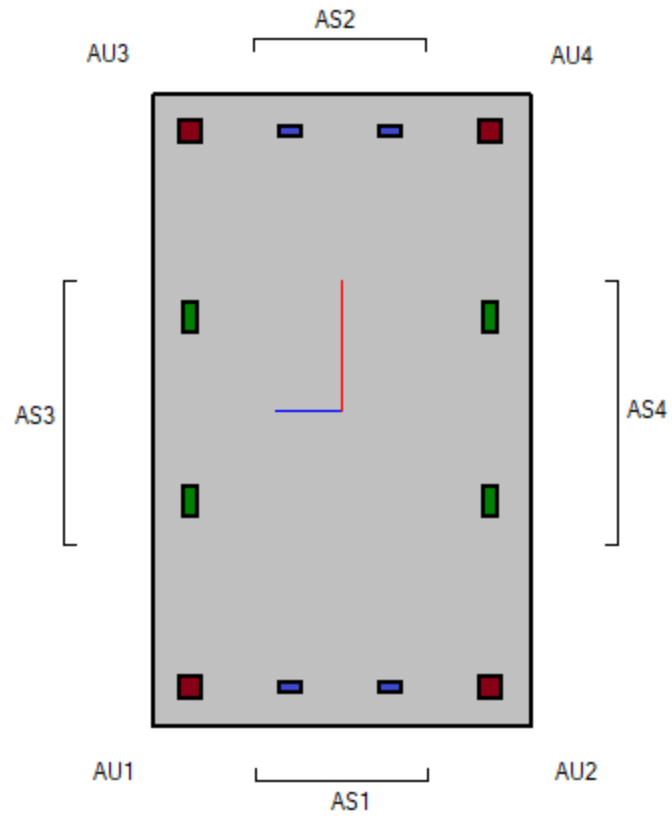
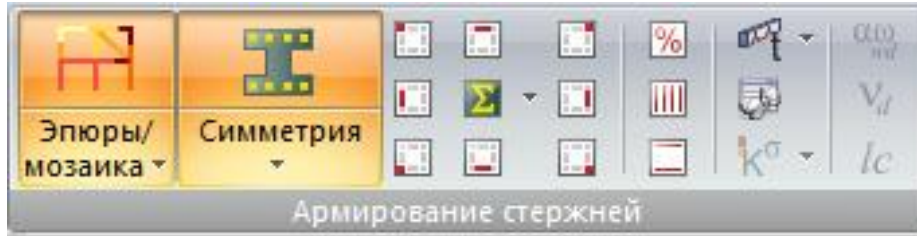
Режим основной. Площадь полной арматуры на 1м по оси Y (максимальная верх/низ); максимум в элементе 8198

Основной режим



Режим основной. Процент армирования (Площадь полной арматуры)/Симметричное армирование. Максимум 0.79 в элементе 27.

Инструмент Стена (Стержень)

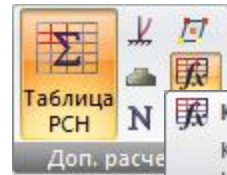


Расчёт пластичных стен (ductility wall) в ЛИРА-САПР 2024



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

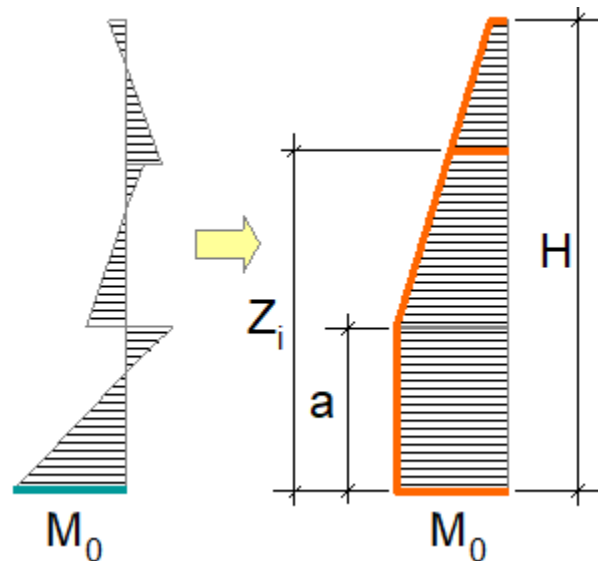
Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР



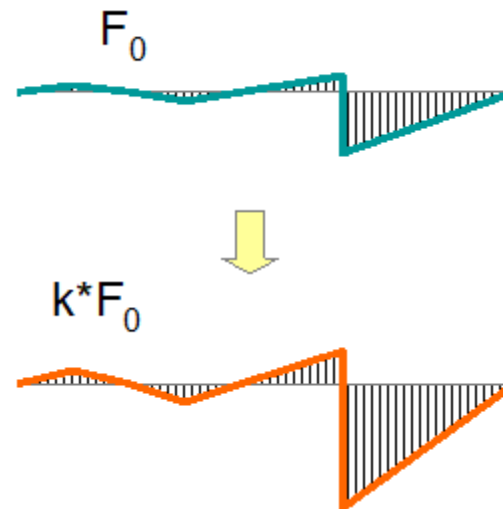
Корректировка усилий РСН в расчетных сечениях стержней и пластин
 Корректировать усилия и напряжения РСН для стержней и пластин

No	Что корректируется	Набор формул корректировки	Имя набора групп	#	Группы элементов
1	2[S] - РСН СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий [все сейсмические сочетания]	$M_z = AFORM(a:2.7);$ $Q_y = FACTOR(k:1.5) \mid d:1, fi:2$	Стены 300x1500	12	3 646 1289 1932 2575 3218 3861 4504 51290 1933 2576 3219 3862 4505 5148 571642 2285 2928 3571 4214 4857 5500 61
2	2[S] - РСН СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий [все сейсмические сочетания]	$M_z = AFORM(a:5.4);$ $Q_y = FACTOR(k:1.5) \mid d:1, fi:2$	Стены 300x3000	2	26 669 1312 1955 2598 3241 3884 4527 670 1313 1956 2599 3242 3885 4528 517

$M = AFORM(a)$



$Q = FACTOR(k)$

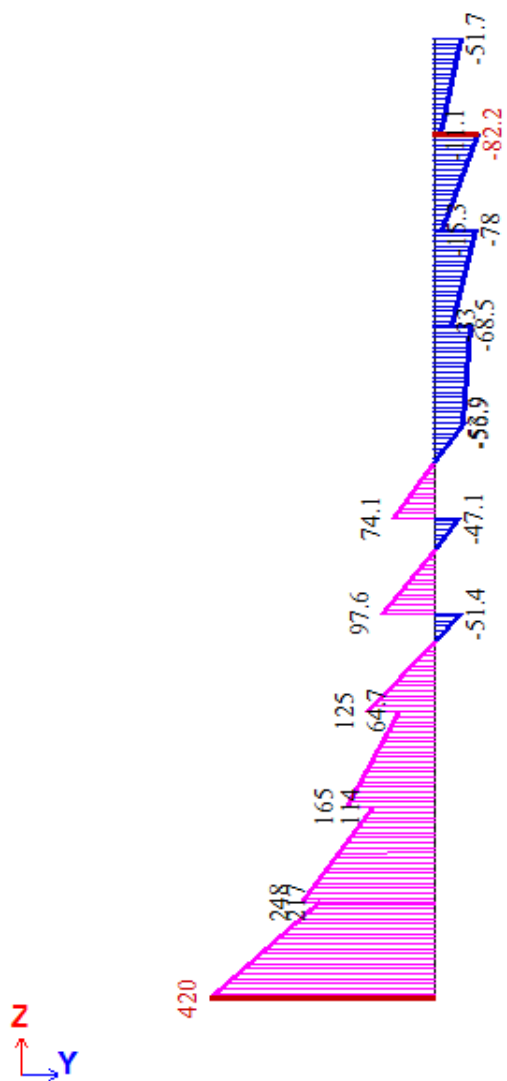


Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

20.PCH20_III_6.12b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011)

Эпюра Mz (расчетные сечения)

Единицы измерения - т*м

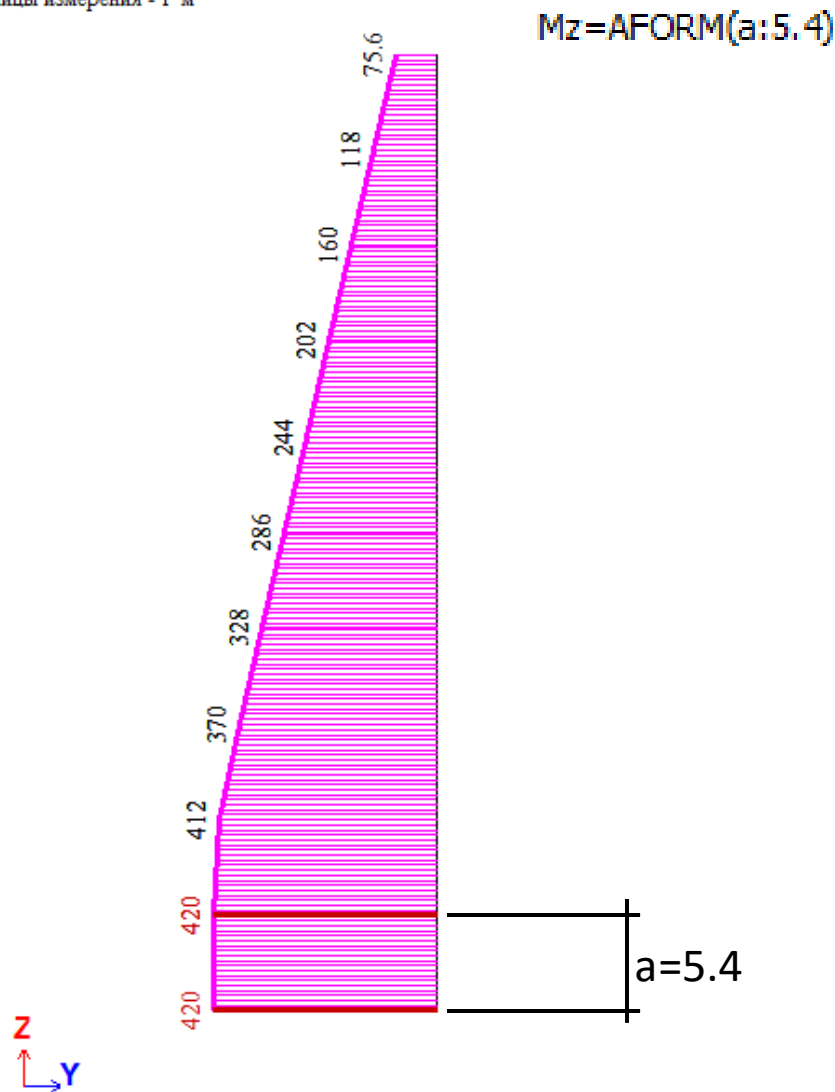


Минимальное значение -82.2018; Максимальное значение 420.133

20.PCH20_III_6.12b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий)

Эпюра Mz (расчетные сечения)

Единицы измерения - т*м



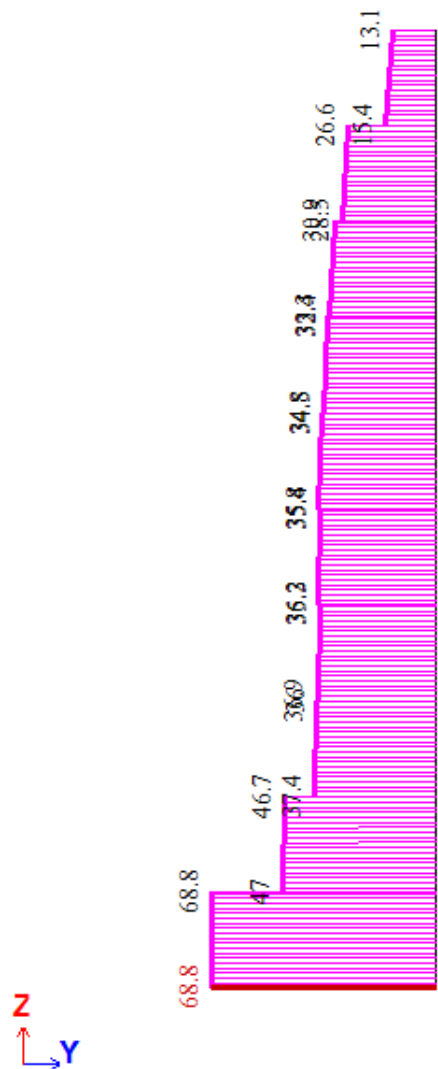
Максимальное значение 420.133

Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

20.PCH20_III_6.12b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011)

Эпюра Q_y (расчетные сечения)

Единицы измерения - т



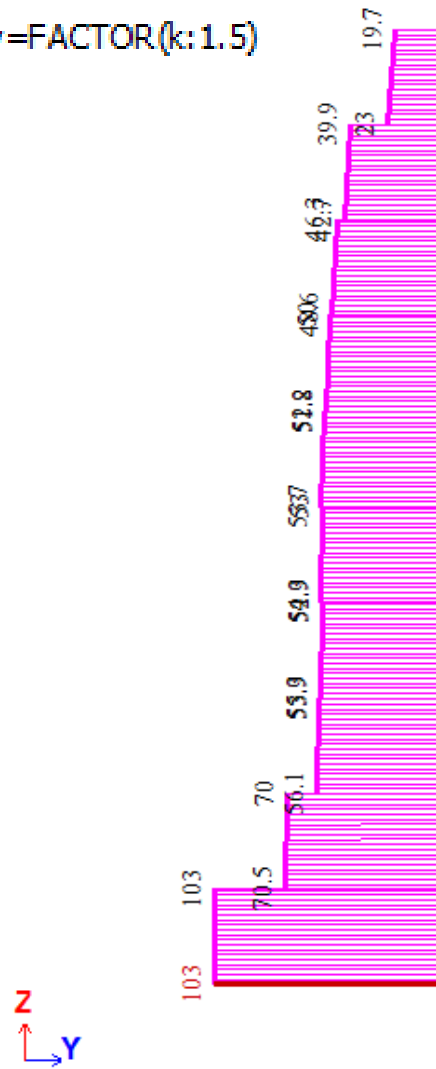
Максимальное значение 68.8335

20.PCH20_III_6.12b_sup(СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий)

Эпюра Q_y (расчетные сечения)

Единицы измерения - т

$Q_y = \text{FACTOR}(k: 1.5)$



Максимальное значение 103.25

Расчёт пластичных стен (ductility wall)

Название
 Вид расчета: Стена (Стержень)
 Армирование: Симметричное
 Система: Нераскрепленный элемент

Учитывать конструктивные требования
 Выделять угловые арматурные стержни
 Располагать боковую арматуру в полке
 Учитывать многоконтурность
 Учитывать совместное действие усилий
 Пункт 3.52 Пособия к СП 52-101-2003
 Нормативные характеристики материалов для особого/аварийного сочетания
 Использовать модифицированный алгоритм
 Учитывать 3-осную работу бетона на сжатие
 Учитывать огнестойкость

Количество промежуточных площадок:

Учитывать данные для режима 'Стена'

Точность расчета, %
 Предварит. Основного

% MAX Козф. запаса несущей способности
 MIN MAX

Расстояние к ц.т. арматуры, см
 a1 a2 a3

Расчет по предельным состояниям II группы
 Трещины продолжительные, мм:
 Трещины непродолжительные, мм:
 Шаг арматурных стержней, мм
 Диаметр арматурных стержней:

Длина элемента, Расчетные длины
 Длина элемента: м
 Расчетная длина LY:
 Коэффициент LZ:
 При Ly=Lz=0 игнорируется N<0.

Данные для расчета арматуры в режиме Стена

Данные для подбора арматуры в режиме Стена

Приоритет наращивания полевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней
 Минимальное количество арматурных стержней

Стандартно (без учета сортамента)
 Минимальный % армирования на 1п.м. у одной гран
 Минимальный диаметр арматурных стержней
 Минимальная площадь арматурных стержней

Значение	Предел	Шаг изменения значения	Значение	Шаг изменения
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="100"/> мм	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="0.785"/> см ²	<input type="text" value="0.0785"/> см ²

Выделять угловые арматурные стержни Макс. диаметр: Количество:
 Выделить арматурные стержни у торца стены Макс. диаметр: Количество:

Дополнительные данные для подбора арматуры в режиме Пластичная стена

Установить режим расчета Пластичная стена

Коэффициент поведения η Период основного тона колебаний T1 сек
 Значение $\Omega \omega_{d,min}$ Максимальное значение периода Tc сек

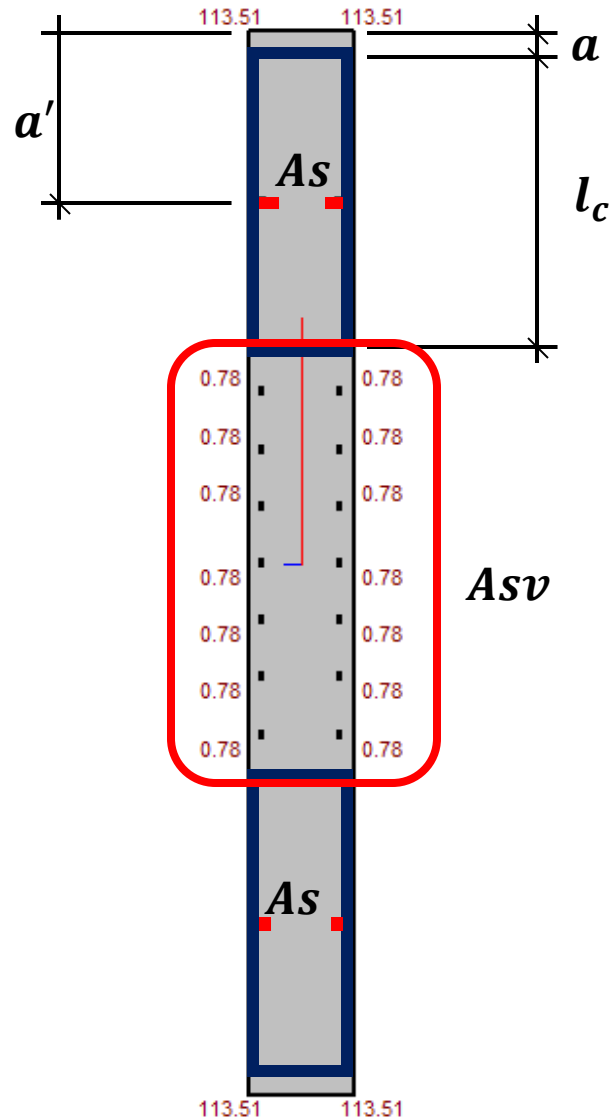
Приоритет наращивания краевой арматуры: Диаметр (площадь) арматурных стержней

Максимальный шаг арматурных стержней
 Минимальное количество арматурных стержней

Стандартно (без учета сортамента)
 Минимальный диаметр арматурных стержней
 Минимальная площадь арматурных стержней

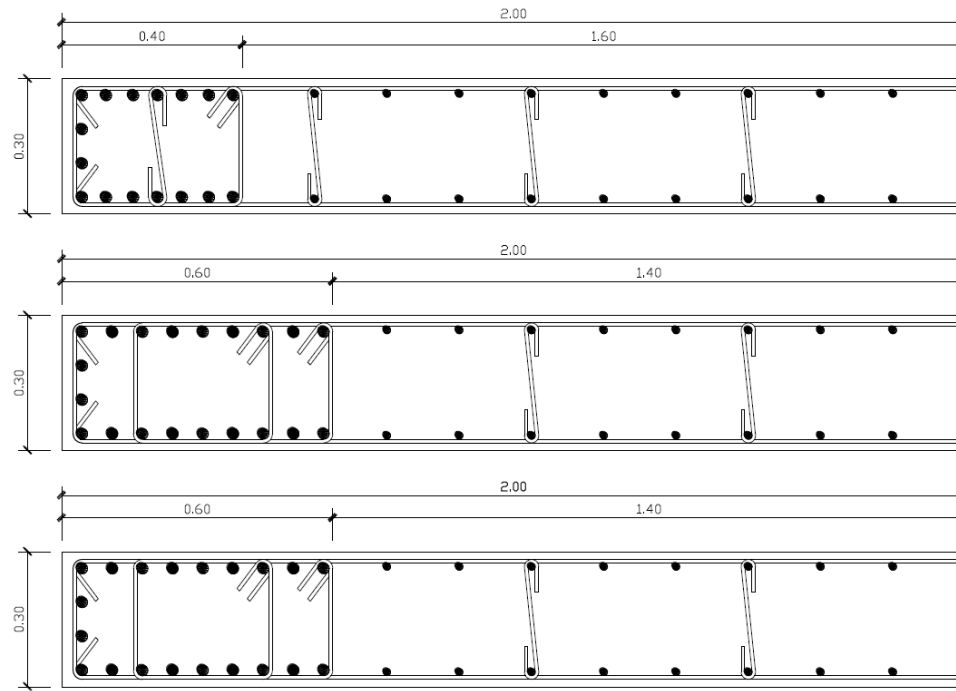
Значение	Предел	Шаг изменения значения	Значение
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="50"/> мм	<input type="text" value="3.0"/> мм

Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР



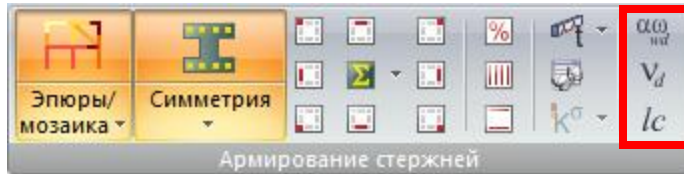
Принимается, что рабочая арматура пластичной стены сосредоточена на участке l_c , а её равнодействующая отстоит от торца стены на расстоянии $a' = a + l_c/2$.

В дальнейшем предполагается автоматизировать процесс расстановки арматурных стержней в пределах периферийных зон при подборе армирования.



Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

Результаты расчёта для пластичных стен (ductility wall)

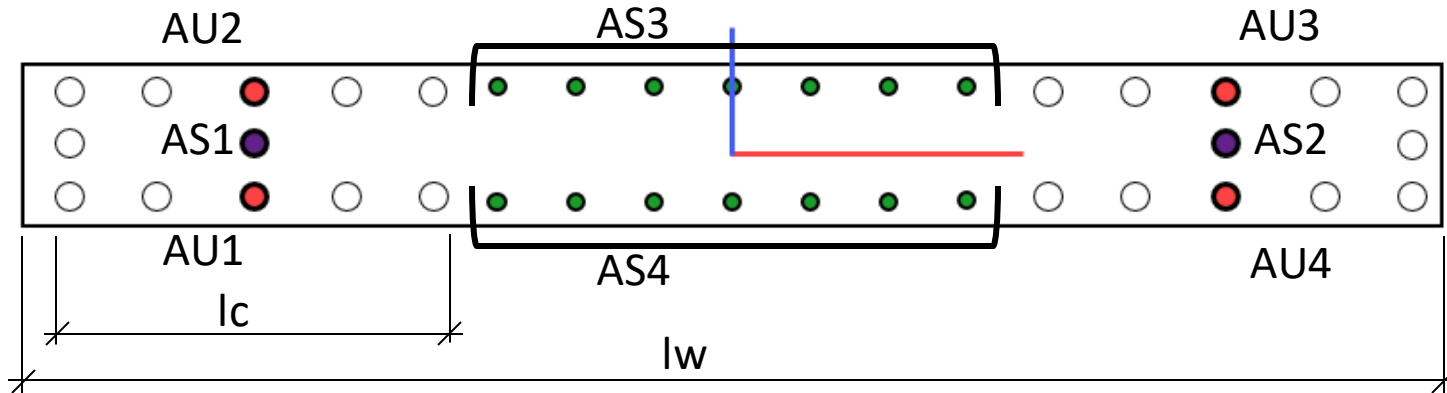


$\alpha(0)_{уд}$ Произведение коэффициента эффективности и объемного коэффициента
Мозаика произведения коэффициентов эффективности ограничения ядра и объемного армирования поперечными хомутами

V_d Относительное нормализованное продольное усилие
Мозаика относительных (нормализованных) продольных усилий

l_c Длина граничной зоны
Мозаика длины граничной (краевой) зоны

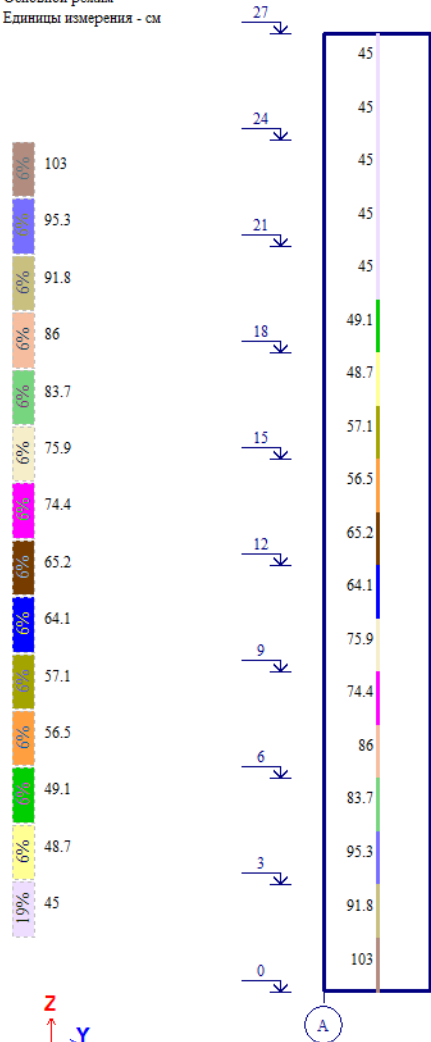
Расстановка арматурных стержней для пластичных стен (ductility wall)



Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

Мозаика I_c

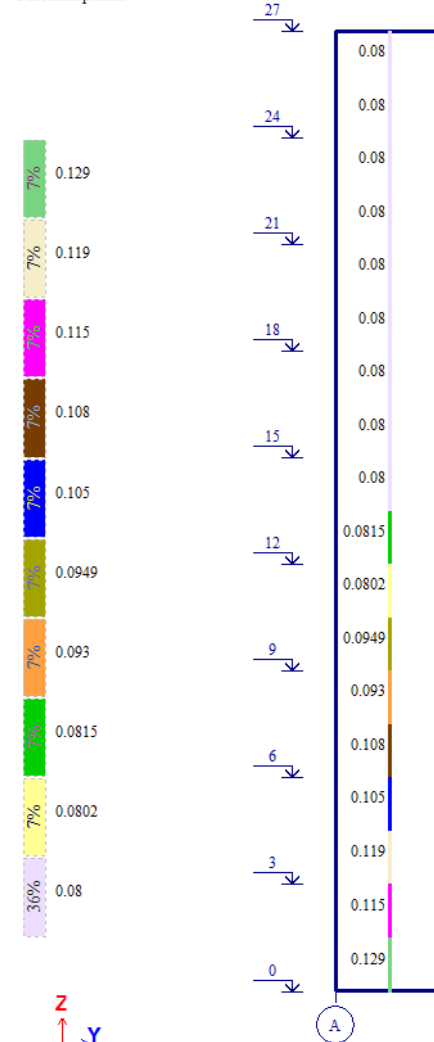
Вариант конструирования: Вариант 1: СП РК EN 1992-1-1:2004/2011_корректировка усилий
 Расчет по РСН: СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий (СП РК EN 1992-1-1:2004/2011)
 Основной режим
 Единицы измерения - см



Длина граничной зоны

Мозаика $\alpha\omega_{vd}$

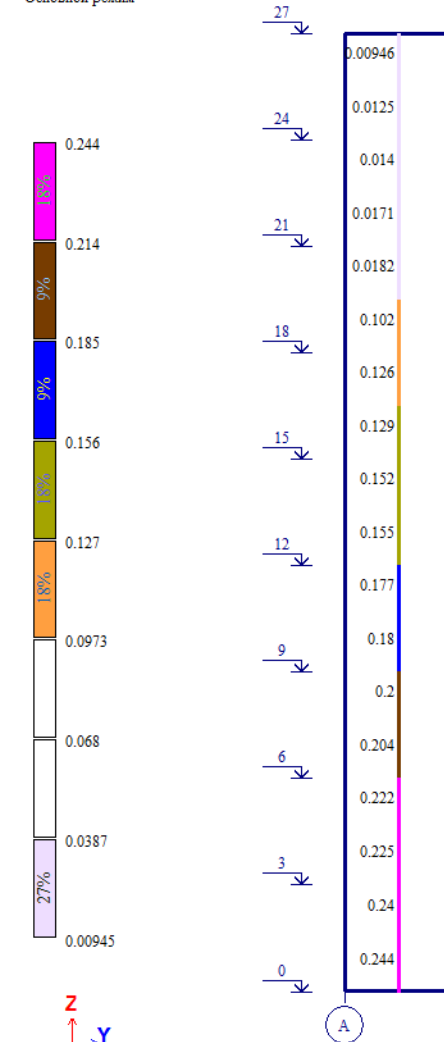
Вариант конструирования: Вариант 1: СП РК EN 1992-1-1:2004/2011_корректировка усилий
 Расчет по РСН: СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий (СП РК EN 1992-1-1:2004/2011)
 Основной режим



Произведение коэффициента эффективности и объемного коэффициента

Мозаика ν

Вариант конструирования: Вариант 1: СП РК EN 1992-1-1:2004/2011_корректировка усилий
 Расчет по РСН: СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011_корректировка усилий (СП РК EN 1992-1-1:2004/2011)
 Основной режим



Относительное нормализованное продольное усилие

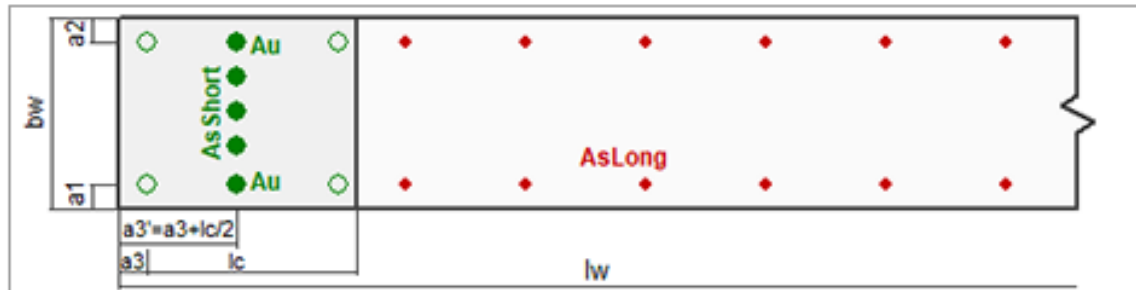
Расчёт пластичных стен (ductility wall). Реализация в ЛИРА-САПР

АРМАТУРА (Подбор арматуры)

Сеч	Сим	Продольная									Поперечная		Трещины	
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	кратк.	длит.
1	C	10.23	10.23	10.23	10.23	4.63	4.63	7.85	7.85	0.73	5.25	17.65		
	*	0.10	0.10	0.10	0.10	1.06	1.06	0.21	0.21	0.73				
2	C	1.80	1.80	1.80	1.80	3.72	3.72	3.60	3.60	0.24	5.24	17.63		
	*	0.10	0.10	0.10	0.10	1.06	2.12	0.21	0.21	0.24				

АРМАТУРА (Расчет арматуры для режима Стена (стержень))

Сеч	Сим	Полевое армирование		Краевое армирование (лево)			lc	a3'
		AsLong 1	AsLong 2	AsShort 3	$\alpha\omega_wd$	Vd		
1	C	3.93	3.93	28.32	0.129	0.244	103.24	56.62
2	C	3.15	3.15	7.20	0.115	0.240	91.82	50.91



В таблице результатов армирования Стена (Стержень)

AsLong - Полевое армирование [см²];

AsShort - Краевое армирование [см²];

$\alpha\omega_wd$ - Коэффициент эффективности ограничения ядра * Коэффициент объемного армирования поперечными хомутами;

Vd - Относительное (нормализованное) продольное усилие;

lc - Длина граничной (краевой) зоны [см];

a3' - Расстояние от торца стены до ц.т. арматуры [см];



ВТОРОЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСТРОЙКИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ»

13 – 14 июня 2024 года Казахстан

Спасибо за внимание!

Губченко Виктор Евгеньевич
<https://lira.land/>



SATBAYEV
UNIVERSITY

