

## Проектное задание

В г. Грузия, области Рача, селе Бугеули требуется выполнить чертежи несущего каркаса здания винного завода, который подвергнется реконструкции.

Реконструкция состоит из:

- 1) добавление антрисоли
- 2) добавление пристройки
- 3) смена профилированного настила на сэндвич панели

Перед выполнением реконструкции была оценена несущая способность сооружения.

После оценки здания, был выполнен проект его усиления. Далее был разработан проект антрисоли. После антрисоли был завершен проект пристройки.

В том же порядке должна проводиться реконструкция каркаса здания винного завода села Бугеули.

Изготовление и монтаж конструкций должны производиться с учетом требований следующих нормативных документов: ГОСТ 23118-99 "Конструкции стальные строительные. Общие технические условия", СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции".

При проверке несущей способности здания, а так же проектировании были использованы следующие строительные нормы: СНиП II-23-81 "Стальные конструкции", СНиП 2.01.85 "Нагрузки и воздействия", СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений", СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции", სამშენებლო კლიმატოლოგია, სეისმომედეგი მშენებლობა : "აბ 01.01.89"

Для изготовления металлических конструкций была применена сталь С245. Сортамент двутавровых профилей соответствует ГОСТ-у 26020-83, (Б-нормальные двутавры, Ш-широкополочные двутавры, К-колонные двутавры), сортамент швеллеров соответствует ГОСТ-у 8240-97, сортамент уголков соответствует ГОСТ-у 8509-93, сортамент трубоквдратов соответствует ГОСТ-у 30245-2003.

Проект усиления состоит из следующих частей: 1) Фундаменты (это часть относится так же к антрисоли и пристройке)  
2) Колонны усиления  
3) Вертикальные связи и распорки для усиления  
4) Усиление крыши

Маркировка фундаментов, используемая в проекте усиления:

F-1 - фундаменты колонн усиления, колонн антрисоли и колонн пристройки

Маркировка отправочных марок и деталей, используемая в проекте усиления:

Sv.D.d - отправочные марки колонн усиления. Sv.D - детали отправочных марок колонн усиления

Тут и далее, одна из деталей отправочной марки имеет такой же номер, как и отправочная марка. Эта деталь является главной деталью отправочной марки.

D.K - детали, которые соединяют колонны усиления с существующей конструкцией

G.K - отправочные марки связей и распорок усиления. G.K.d - детали отправочных марок связей и распорок усиления

G.K.M - детали, соединяющие связи и распорки усиления с существующей конструкцией

DG - дополнительные прогоны кровли

T - тяжи по прогонам кровли

DGM - детали, соединяющие дополнительные прогоны кровли с существующей конструкцией

HK - отправочные марки горизонтальных связей усиления по верхним поясам ригелей и детали, соединяющие связи с ригелями.

HK.d - детали отправочных марок горизонтальных связей по верхним поясам ригелей

Проект антрисоли состоит из следующих частей: 1) Фундаменты

2) Колонны антрисоли

3) Ригели антрисоли

4) Связи и распорки антрисоли

Маркировка отправочных марок и деталей, используемая в проекте антрисоли:

SvA - отправочные марки колонн антрисоли. SvA.d - детали отправочных марок колонн антрисоли

RA - отправочные марки ригелей антрисоли. RA.d - детали ригелей антрисоли

RAM - детали соединяющие ригели антрисоли с колоннами и друг с другом

KA - отправочные марки связей и распорок антрисоли. KA.d - детали связей и распорок антрисоли

KAM - детали, соединяющие связи и распорки антрисоли с каркасом

Проект пристройка состоит из следующих частей: 1) Фундаменты

2) Колонны пристройки

3) Ригели пристройки

4) Связи и прогоны пристройки

5) Большая лестница пристройки

Маркировка отправочных марок и деталей, используемая в проекте пристройка:

F-1 - фундаменты колонн усиления, колонн антрисоли и колонн пристройки. F-2 фундамент большой лестницы.

SvM - отправочные марки колонн пристройки. SvM.d - детали колонн пристройки

RM - отправочные марки ригелей пристройки. RM.d - детали ригелей пристройки

RMM - детали, соединяющие ригели пристройки с каркасом

GM - отправочные марки прогон кровли пристройки

KM - отправочные марки связей пристройки. KM.d - детали отправочных марок связей пристройки

GMM - детали, соединяющие прогоны кровли пристройки с каркасом

KMM - детали, соединяющие связи пристройки с каркасом

DK - отправочные марки большой лестницы. DK.d - детали отправочных марок большой лестницы

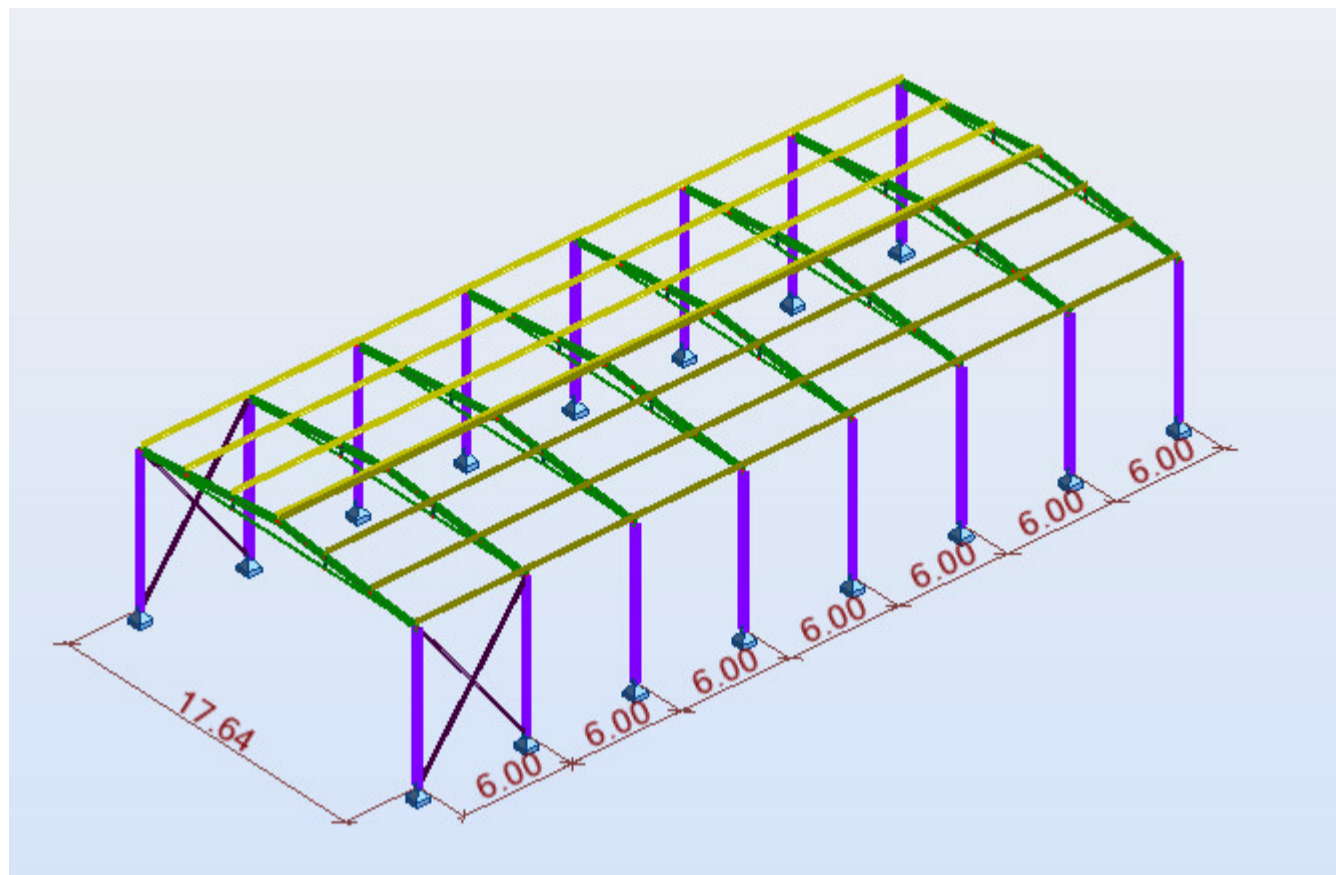
DKM - детали соединяющие большую лестницу с каркасом и фундаментом

# 1. Оценка существующего здания

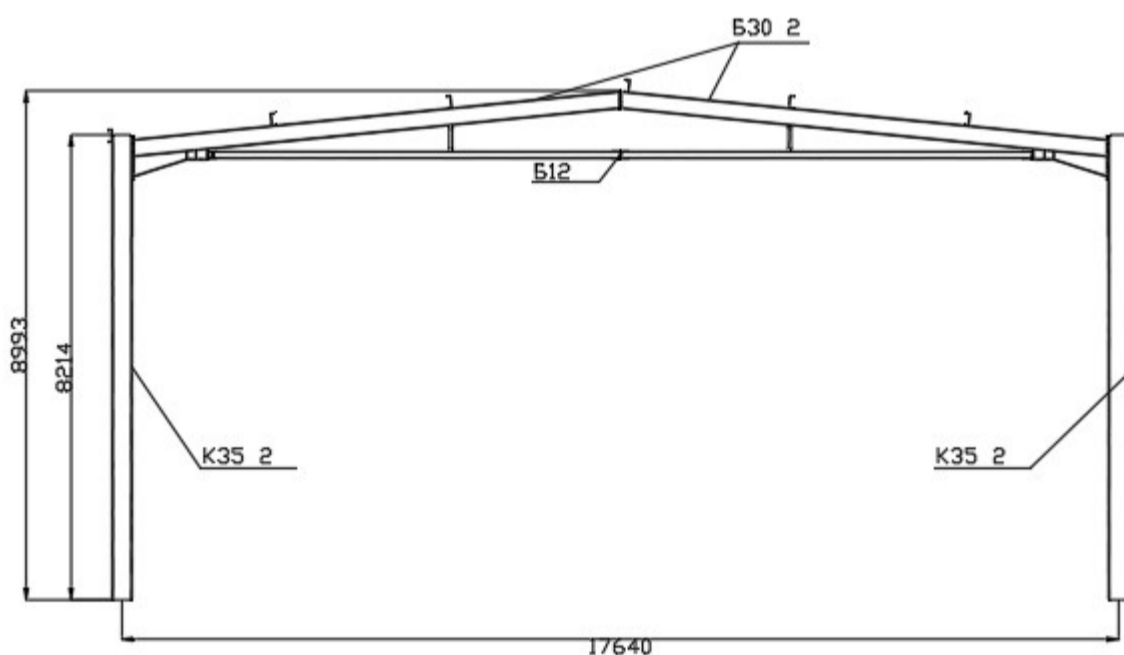
## Описание несущей системы

Несущая система здания представляет собой металлический каркас с шарнирным закреплением колонн в точечные фундаменты .

Габаритные размеры металлического каркаса 42x18. Пролет поперечной рамы -18 м , шаг поперечных рам - 6м .



Устойчивость и геометрическая неизменяемость здания обеспечивается :  
- в поперечном направлении - конструкциями несущих рам ;  
- в продольном направлении - системой вертикальных связей и крайних прогонов .  
Жесткость покрытия обеспечивается прогонами и профилированным настилом .

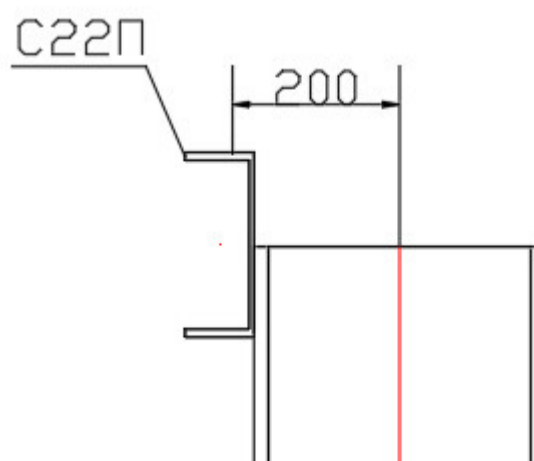


Конструкция несущей рамы состоит из : колонн , ригелей и оттяжек . Колонны изготовлены из двутавров К35 2 , ригели из двутавров Б30 2 , оттяжки из двутавров Б12 (двутавры ГОСТ 26020-83).

Сопряжение ригелей и колонн жесткое , сопряжение ригелей друг с другом жесткое . Оттяжки шарнирно соединены с вутами ригелей.

В продольном направлении здания , между 1 ой и второй рамой установлены гибкие крестовые связи . Сечение связи - одиночный уголок 120x120 . В качестве распорок используются крайние прогоны , которые установлены с эксцентриситетом (0.2м).

Конструкция крыши состоит из прогонов и профилированного настила , который крепится к прогонам .Крайние прогоны здания прикреплены к полкам колонн , остальные прогоны соединены с верхними полками ригелей . Сечения прогон швеллеры 22П , шаг 3м .



## Нагрузки и воздействия .

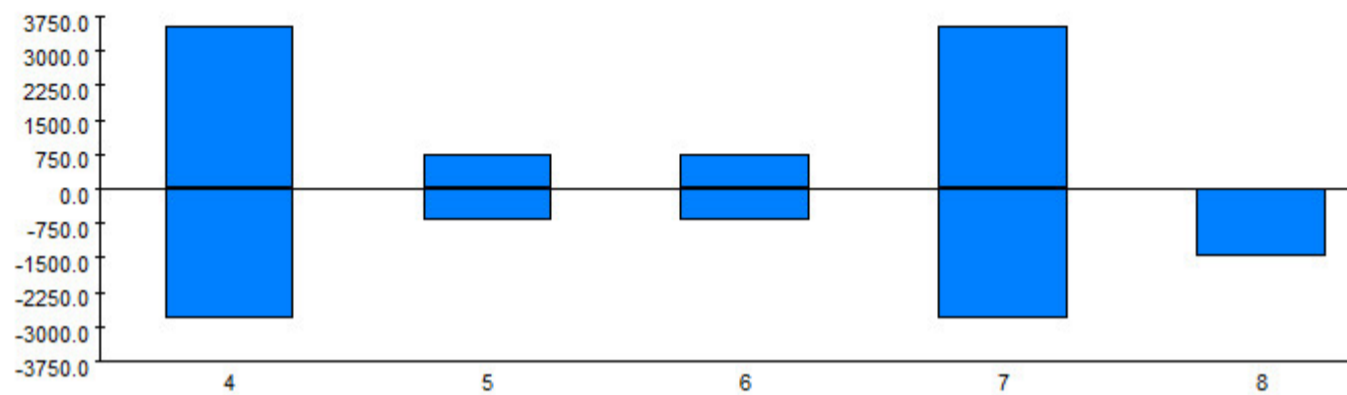
- 1) Собственный вес здания
- 2) Снеговая нагрузка 0.8 кПа
- 3) Ветровая нагрузка 0.3 кПа
- 4) Сейсмика 9 баллов (A=0.4)

## Результаты проверки несущей рамы

Расчет рамы был произведен в американском расчетном комплексе Autodesk Robot .

Оценка напряженного состояния рамы для наихудших сочетаний :

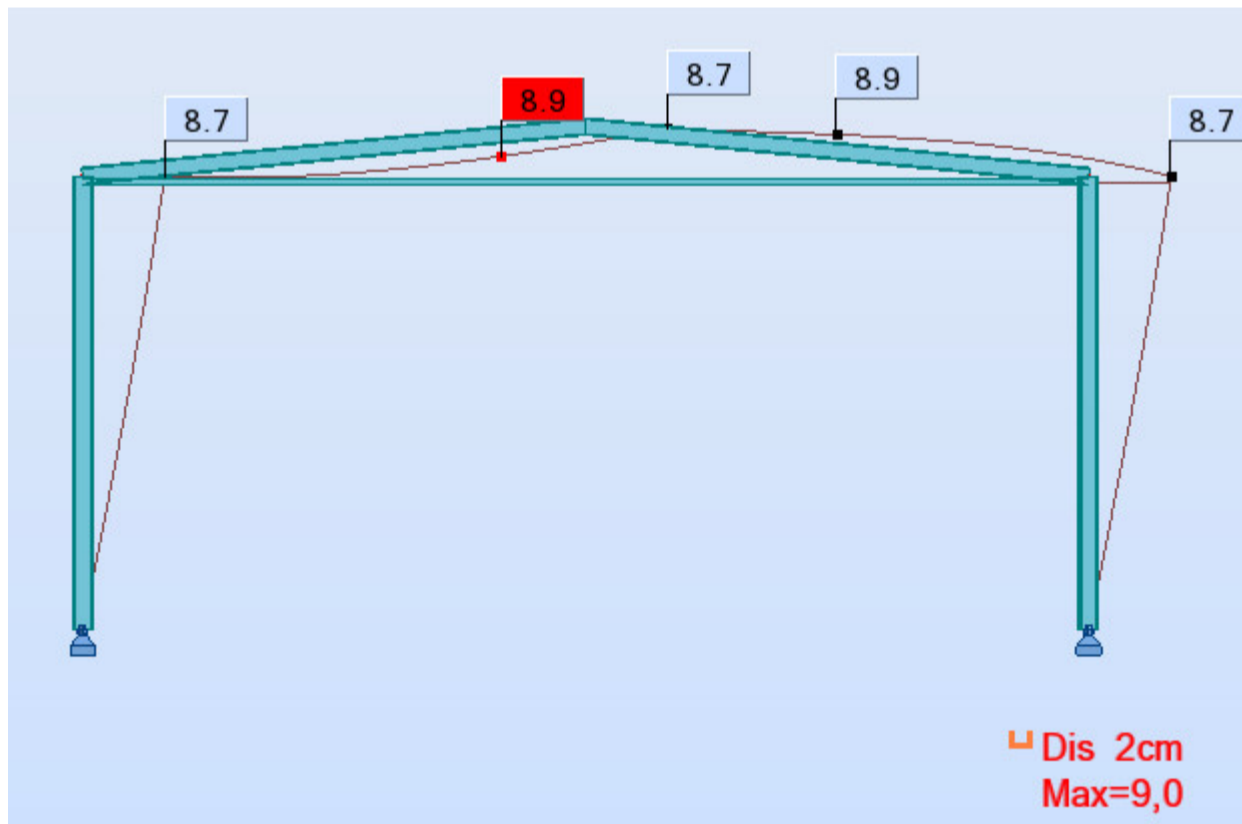
Label	Lower limit	Upper limit	Out of limit	Within limit	Color	Min	Max
<b>Sigma (kG/cm2)</b>	-2000,00	2000,00	4 7	5 6 8		-2852,25	3530,46



Напряжение в ригелях рамы привысило **3500кГ/см2** , когда нормальное допустимое напряжение не спец . строительных сталей **2000 кГ/см2** (в этой цифре учтены коэффициенты безопасности материала и работы конструкции).

Оценка деформированного состояния элементов несущей рамы :

Оценка перемещения колонн :

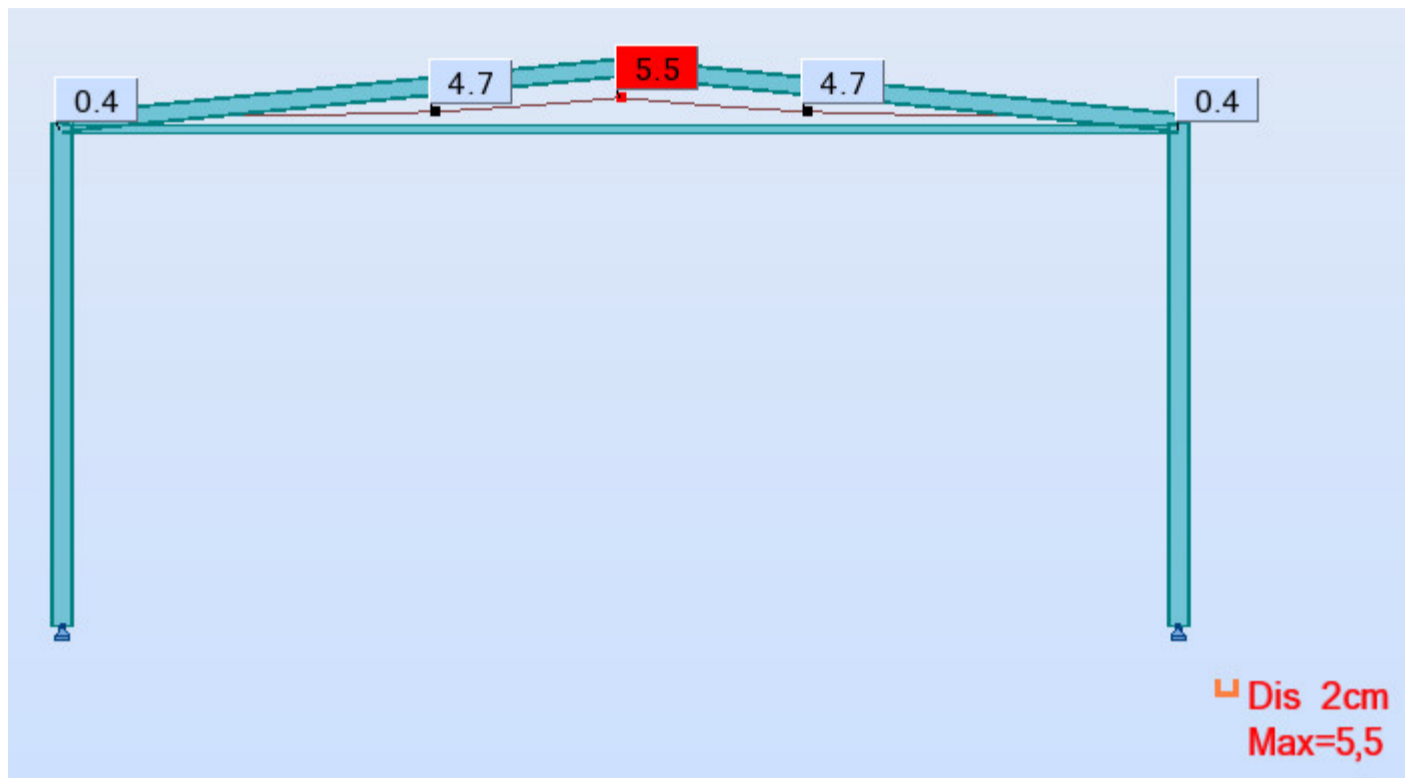


Максимальное допустимое перемещение колонн рамы - 1/150

$$\frac{821.4\text{cm}}{150} = 5.476\text{ cm}$$

При наихудшем неблагоприятном сочетании по второй группе предельных состояний максимальное перемещением колонн должно быть не более **5.5 см** , в нашем же случае перемещение **8.9 см**

Оценка деформации ригелей :



Максимальная допустимая деформация ригелей рамы - 1/250

При наихудшем неблагоприятном сочетании по второй группе предельных состояний максимальная деформация ригелей должна быть не более 7 см, в нашем случае деформация 5.5 см, что вполне допустимо.

$$\frac{1764 \text{ cm}}{250} = 7.056 \text{ cm}$$

### Проверка системы связей

Масса собственного веса крыши приблизительно = 17.5т  
 Масса снегового покрова = 60.5т

Сейсмическое расчетное сочетание  $17500 \text{ kg} \cdot 0.9 + 60500 \text{ kg} \cdot 0.8 = 6.415 \times 10^4 \text{ kg}$

46000 kg поделится на 2 связевых отсека  $\frac{6.415 \times 10^4 \text{ kg}}{2} = 3.208 \times 10^4 \text{ kg}$

Горизонтальная сейсмическая нагрузка приложенная к каждому связевому отсеку :

$A := 0.4$

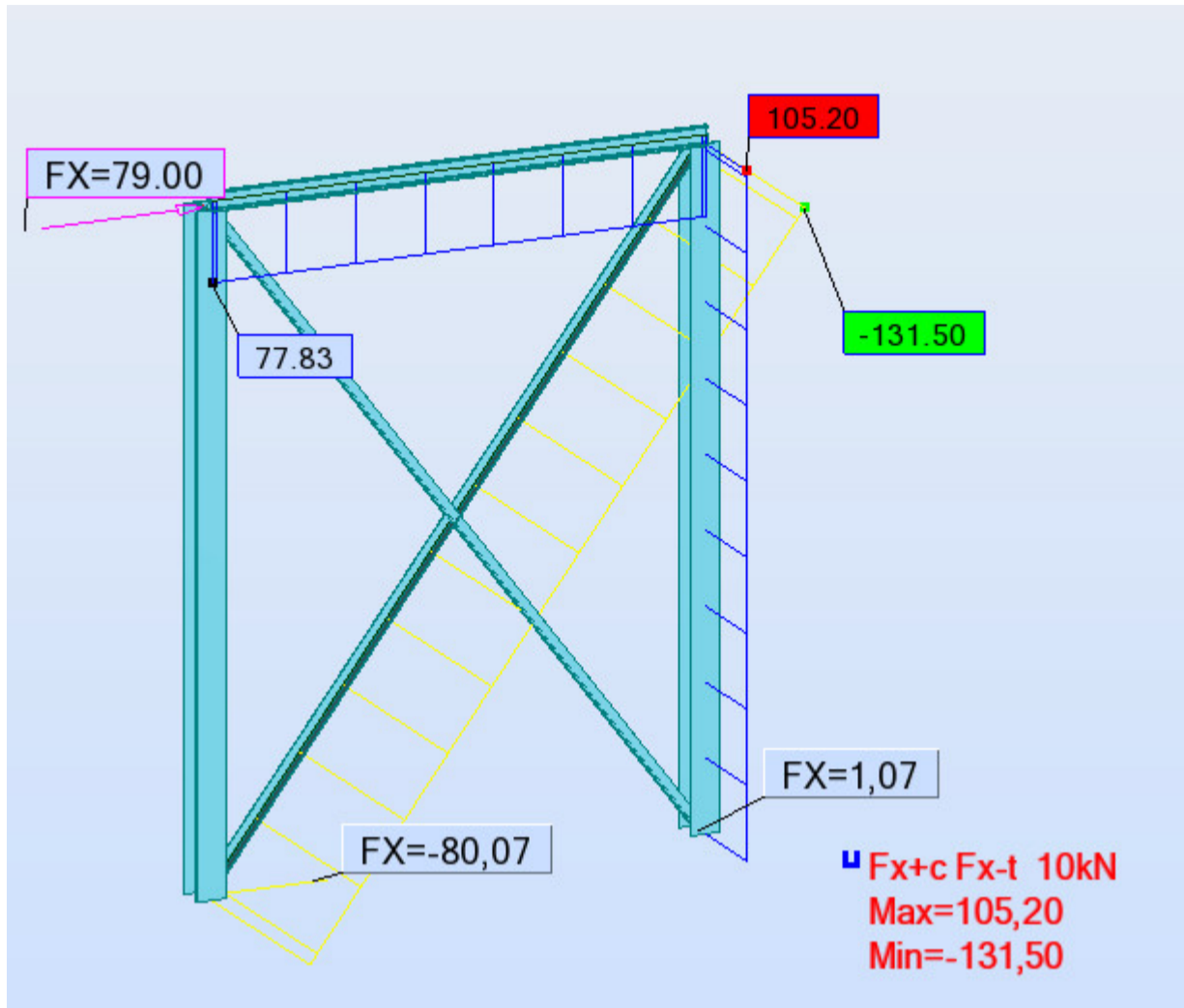
$K_1 := 0.25$

$B_i := 2.5$

Остальные коэффициенты =1

$3.208 \times 10^4 \text{ kg} \cdot A \cdot K_1 \cdot B_i \cdot g = 7.865 \times 10^4 \text{ N}$

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Cur.mas.UX (%)	Total mass UX (kg)
2/ 1	2,91	0,34	99,08	99,08	33198,36
2/ 2	13,55	0,07	99,08	0,00	33198,36
2/ 3	14,76	0,07	99,70	0,62	33198,36
2/ 4	17,23	0,06	100,00	0,30	33198,36

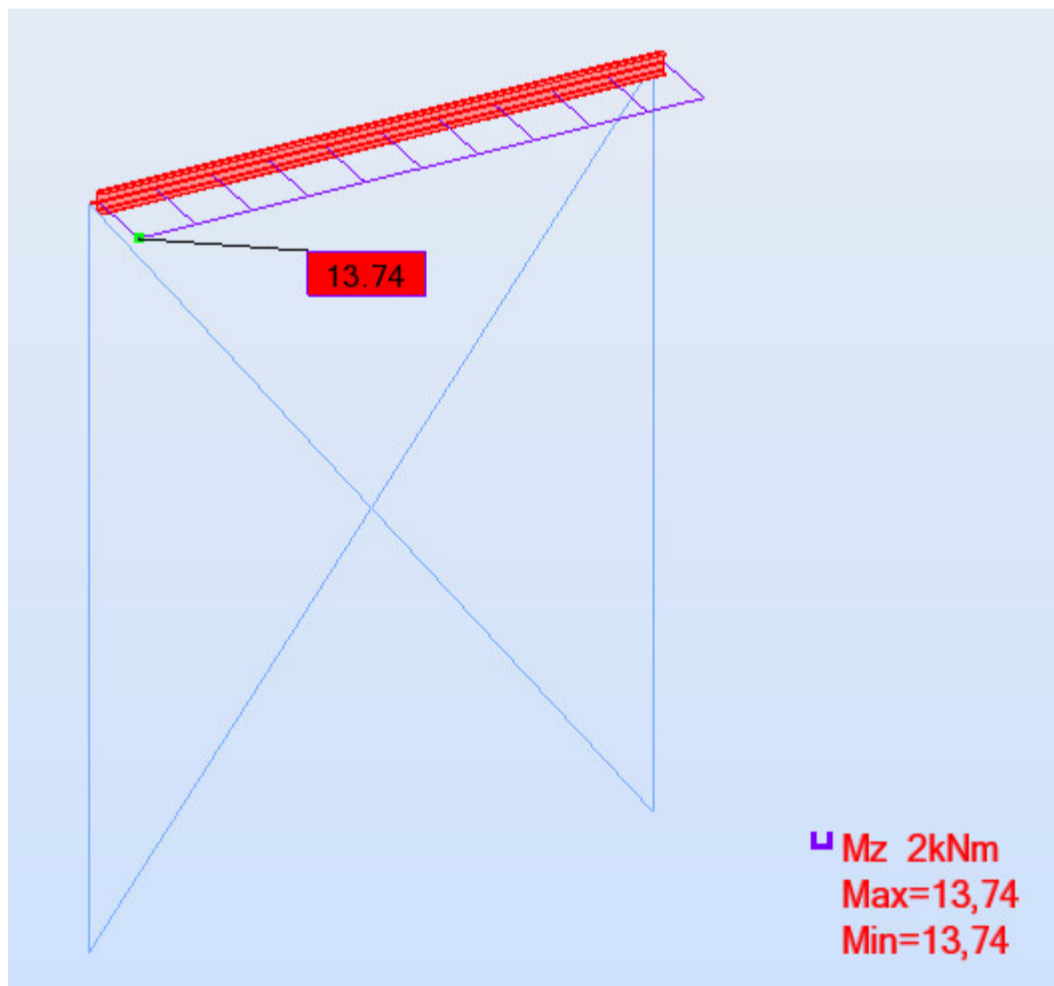


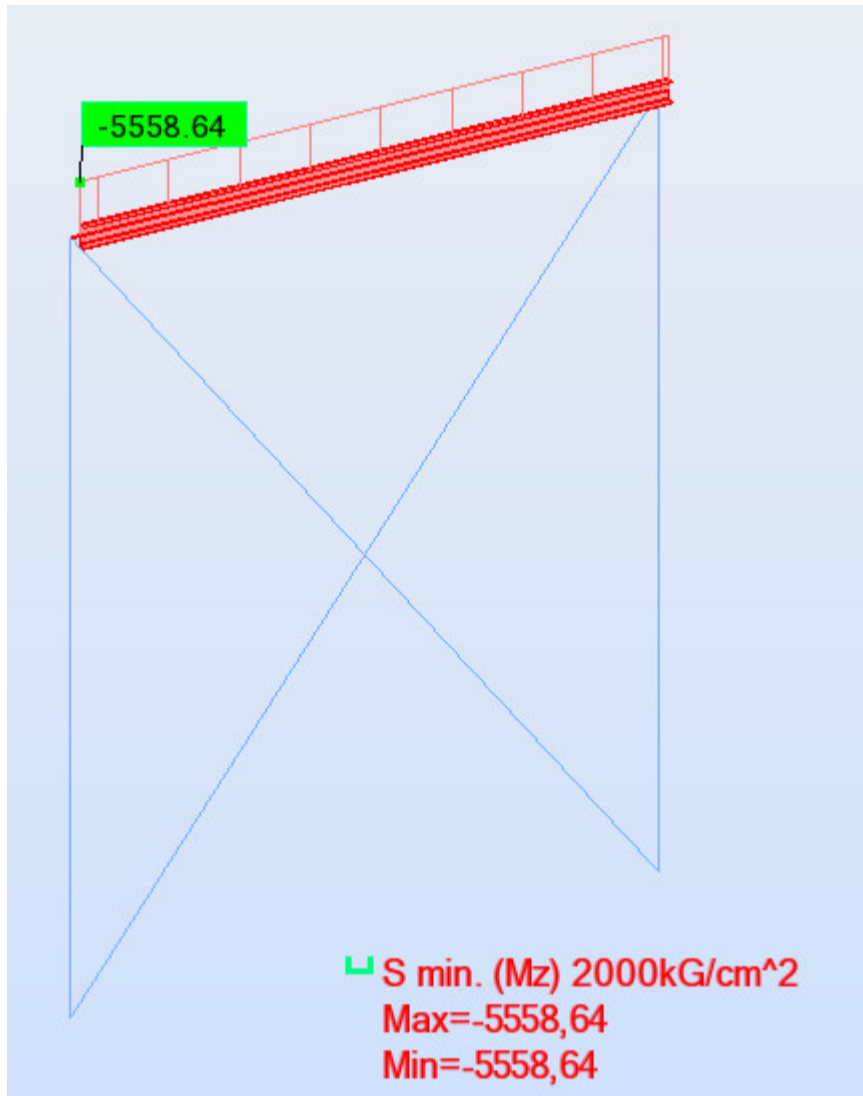
Тут и далее  
 + сжатие  
 - растяжение

Сейсмическое усилие ,  
 как показано на картинке  
 делится следующим образом :  
 гибкая связь растягивается ,  
 прогон сжимается и всего лишь  
 1 колонна сжимается .

Так же **все усилие** переходит  
 на 1 фундамент .

Так как прогон работает , как распорка и установлен он с эксцентрисететом , в нем возникает момент - 1400кг\*м.



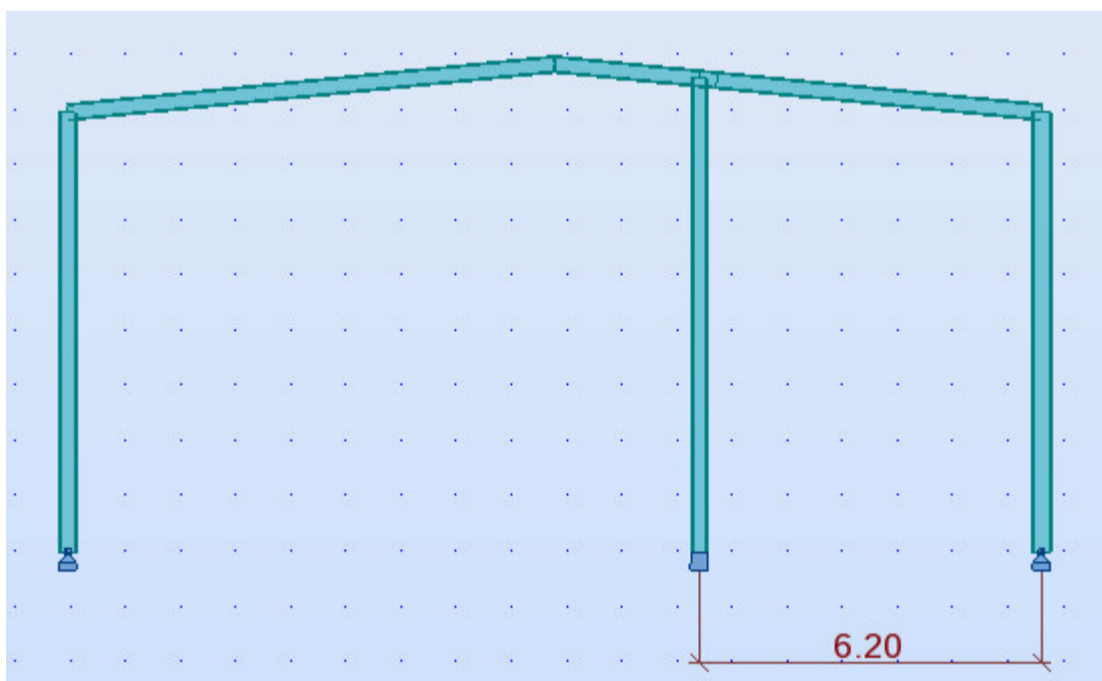


Напряжение в прогоне, вызванное эксцентриситетом составляет 5558 кг/см<sup>2</sup>. При таком напряжении от сейсмике 9 баллов, прогон сломается, а так как узлы соединения колонн с фундаментами шарнирные, несущая система станет геометрически изменяемой и существует вероятность того, что здание **обрушится**.

Прочность и устойчивость остальных прогон соответствует нормативным требованиям.

## Принятые меры

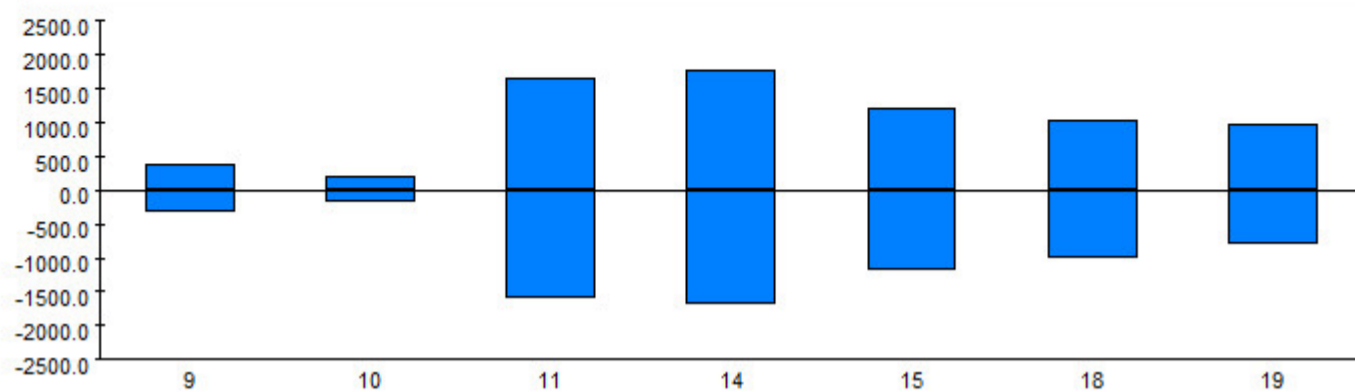
Рамы несущего каркаса



Для антрисоли требовалось установить дополнительные колонны. 1-ин ряд дополнительных колонн антрисоли был жестко соединены с ригелями и дополнительными фундаментами. Была удалена оттяжка.

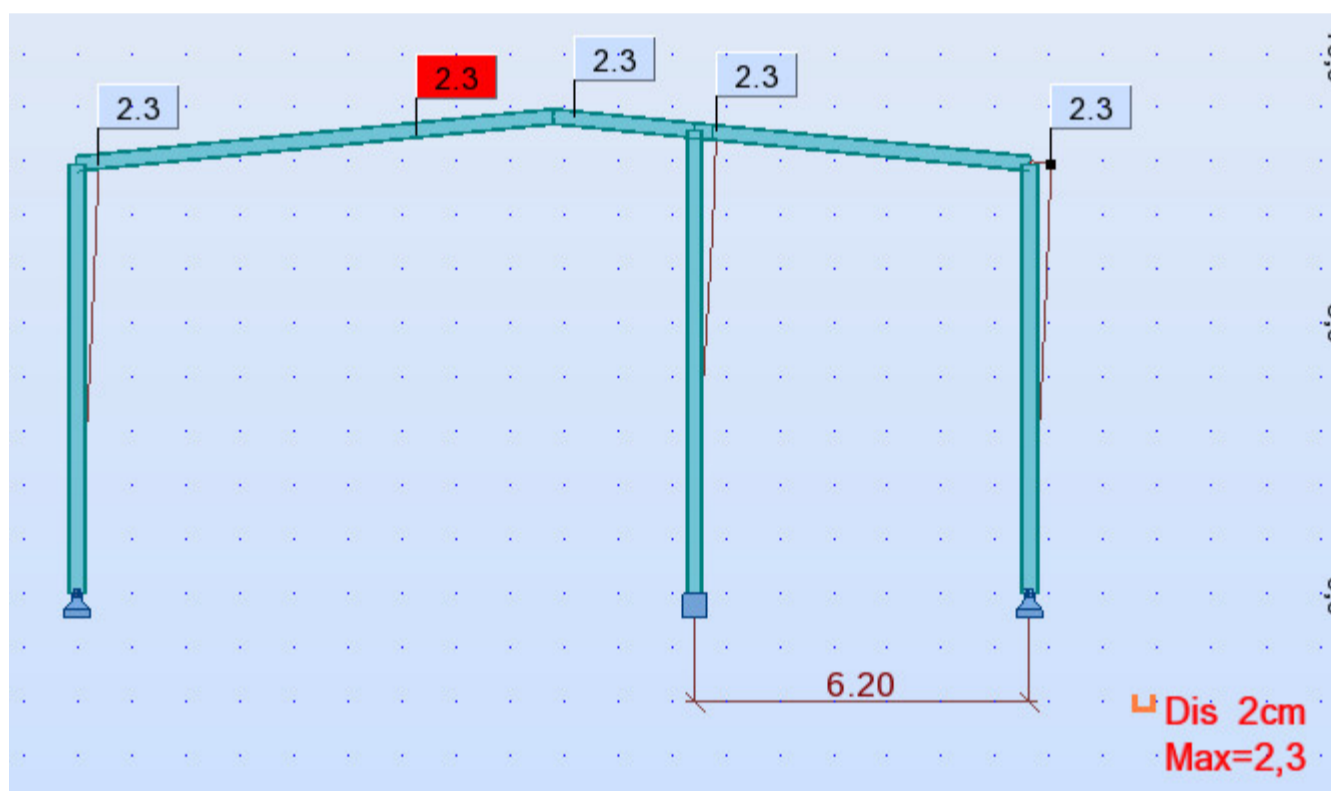
Максимальное напряжение в раме , после принятых мер :

Label	Lower limit	Upper limit	Out of limit	Within limit	Color	Min	Max
Sigma (kG/cm2)	0,0	0,0	9to11 14 15 18 19			-1707,94	1770,69



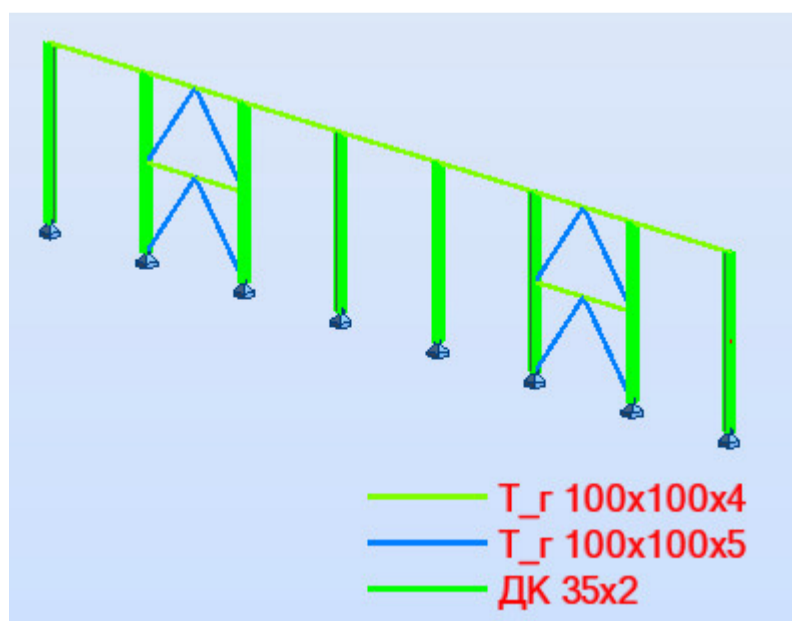
Максимальное напряжение в несущей раме стало **1770 кг/см<sup>2</sup>** , что вполне приемлемо .

Максимальное перемещение колонн рамы , после принятых мер :

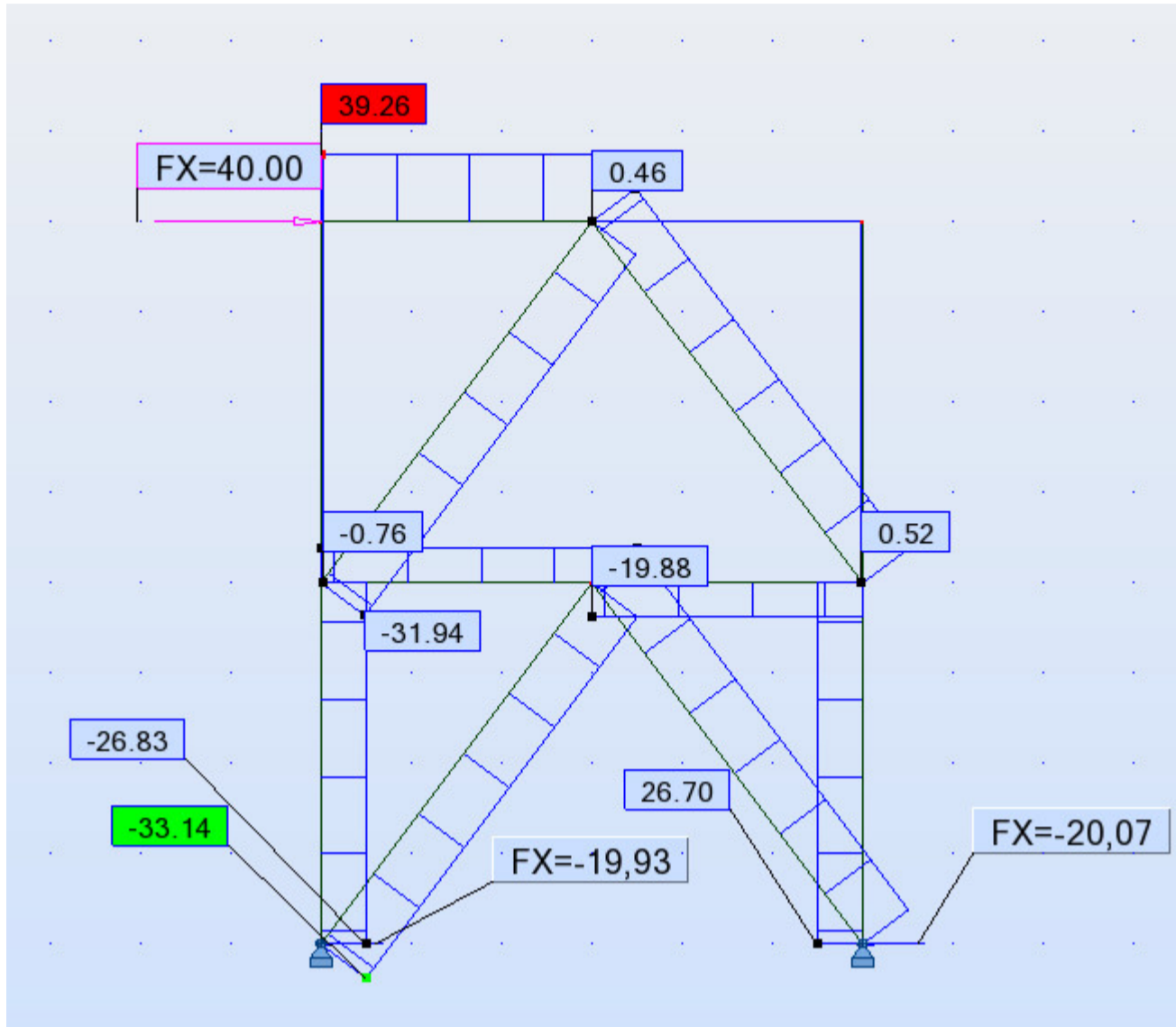


Максимальное перемещение перемещение колонн рамы стало **2.3 см** , что вполне приемлемо .

### Вертикальные связи и распорки



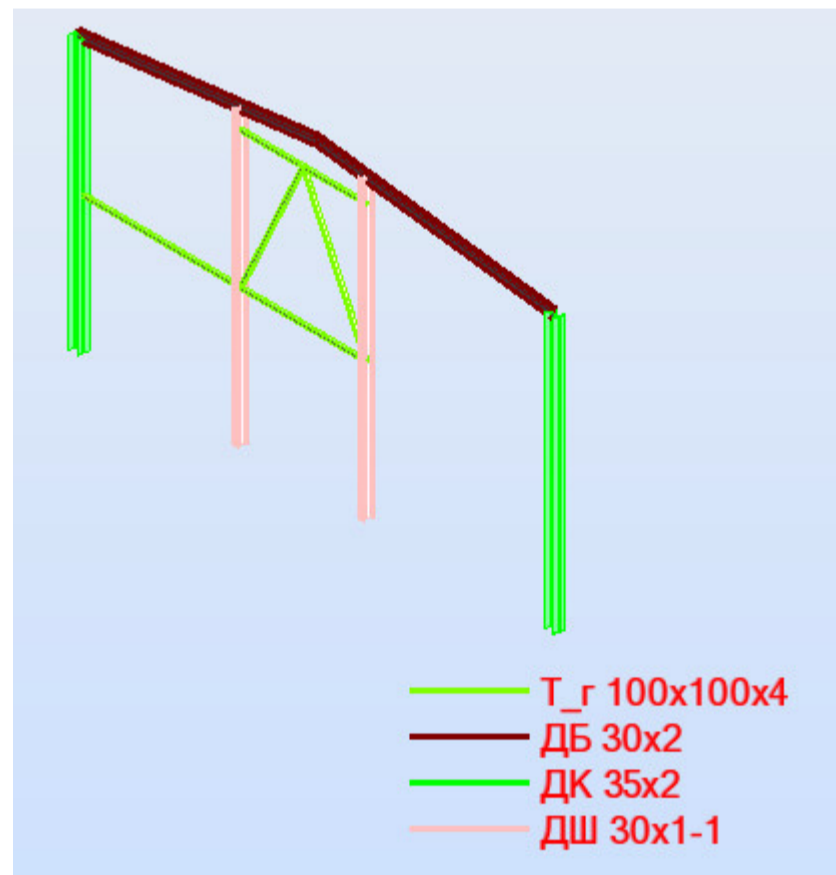
Были удалены старые связи .  
 Была добавлена система распорок из трубоквдратов 100x100x4 , которая крепится к колоннам без эксцентриситета .  
 С каждой боковой стороны здания были установлены по 2 связевых блока . Сейсмическая нагрузка действующая на каждый связевой блок стала в 2 раза меньше .



Реакция от сейсмике в фундаментах поделилась равномерно и стала в 4 раза меньше !

### Фахверк

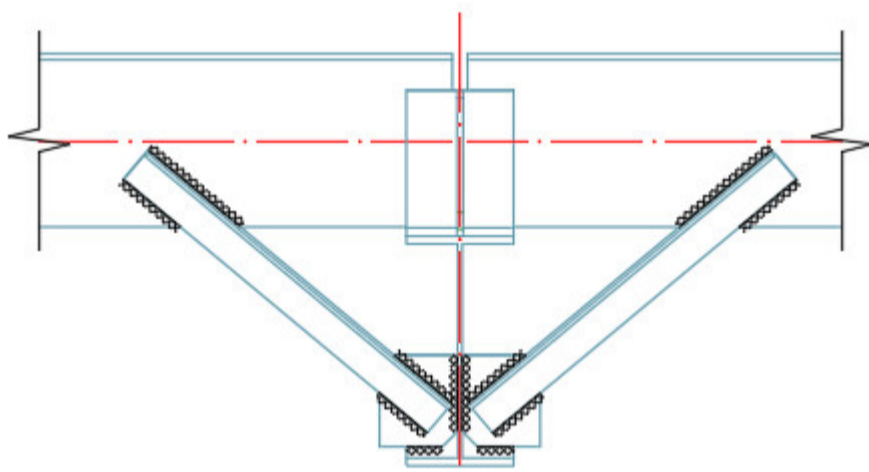
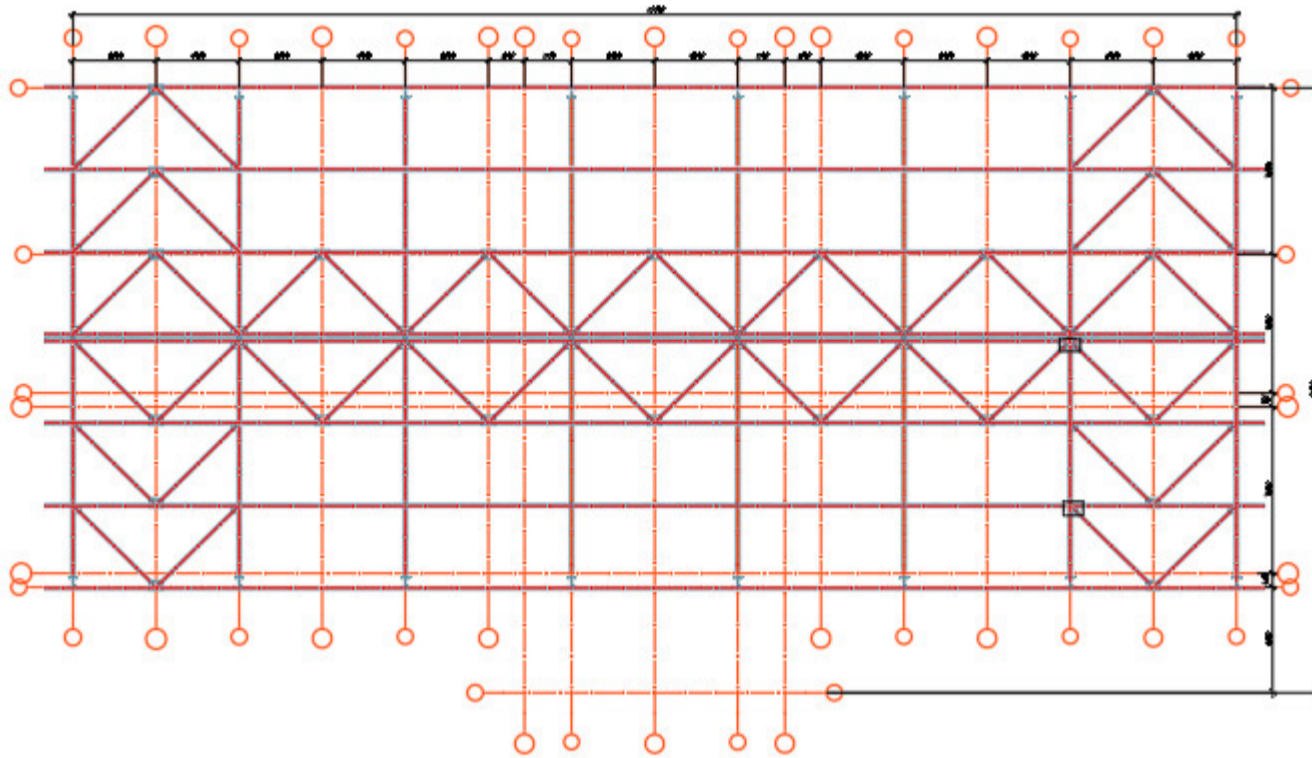
В предыдущей конструкции торцевой фахверк отсутствовал , ограждающая стена висела на ригелях , как скатерть . Был добавлен торцевой фахверк .





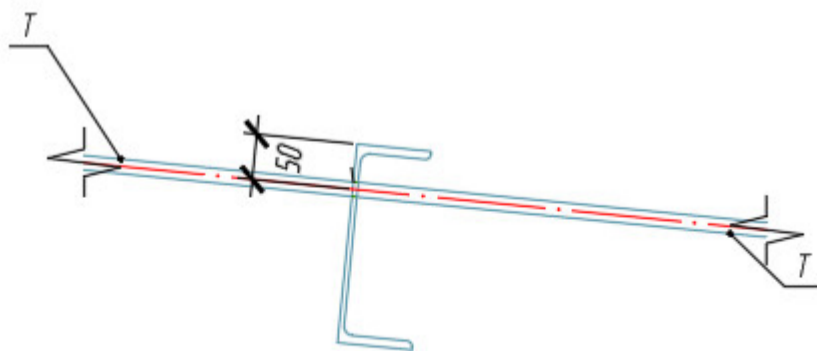
## Горизонтальные связи по покрытию и подпорки

Были установлены горизонтальные связи по верхним поясам ригелей, которые служат предотвращению потери устойчивости верхних поясов ригелей и так же создают жесткий диск покрытия, который равномерно передает сейсмическую нагрузку на вертикальные связевые блоки.



В тех местах, где было необходимо, были добавлены подпорки. Так как ригели жестко соединены с колоннами, эпюра изгибающих моментов в ригелях знакопеременная. Подпорки служат предотвращению потери устойчивости нижних поясов ригелей.

## Система тяжей по прогонам



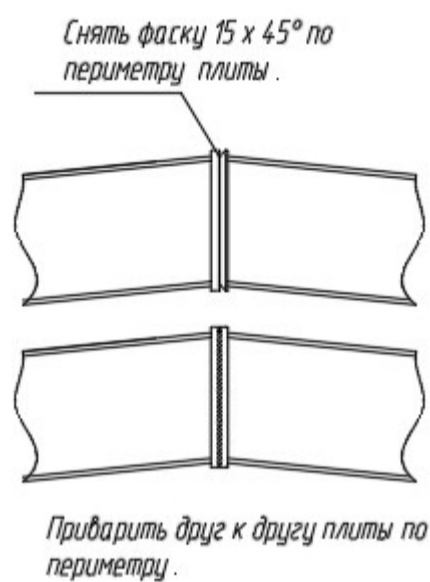
Так как в новом варианте крыши профилированного листа не будет, а сэндвич панели не всегда способны предотвратить потерю устойчивости прогон, была добавлена система тяжей по прогонам. Система тяжей предотвращает потерю устойчивости от изгиба прогон.

## Усиление существующих узлов (ригель-колонна , ригель-ригель).



Следует приварить к колонне пластину 200x200x20 так , чтоб на нее опиралась опорная плита вута . Также следует узнать класс прочности болтов и в зависимости от класса их прочности затянуть на требуемую величину крутящего момента .

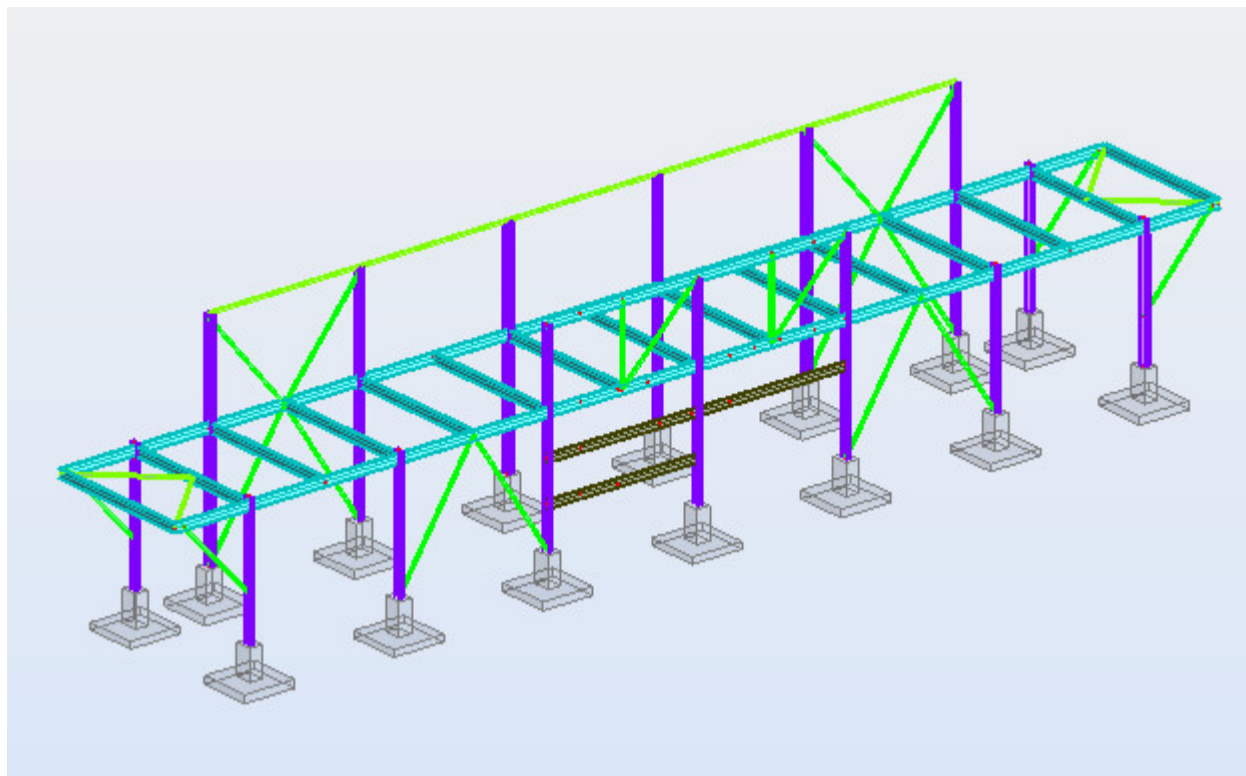
*Усиление узла примыкания существующего ригеля к существующему ригелю*



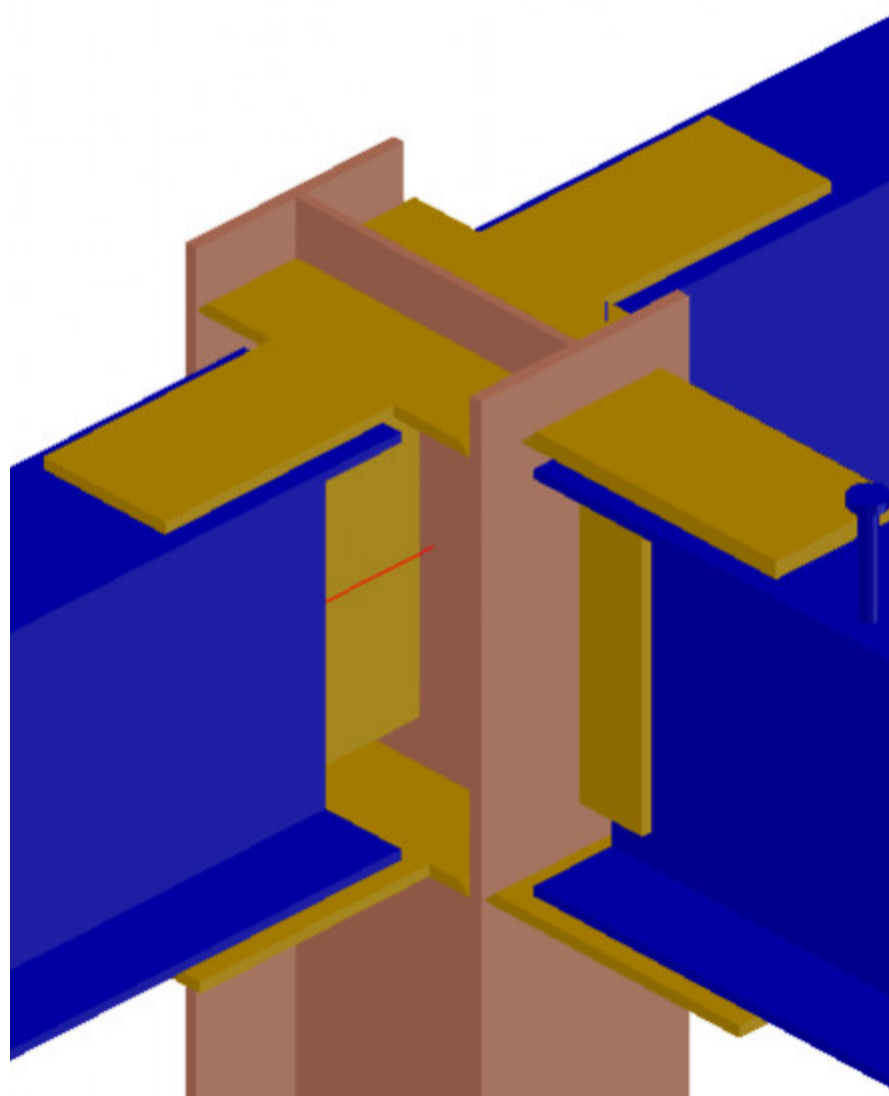
Для усиления соединения ригель-ригель , следует снять фаску 15x45гр. на 1 ой из плит ригеля , а далее приварить плиты друг к другу .

## 2. Антрисоль

Конструкция антрисоли состоит из : колонн , ригелей , связей , распорок и ж.б пола (высота ж.б пола 12см) , а так же опорных ригелей пристройки. Шаг колонн 6м . высота антрисоли 4.9м . Вначале и вконец антрисоли ригели имеют консольный вылет 3м . Консоли поддерживаются распорками . Колонны антрисоли стоят в шахматном порядке относительно колонн усиления .

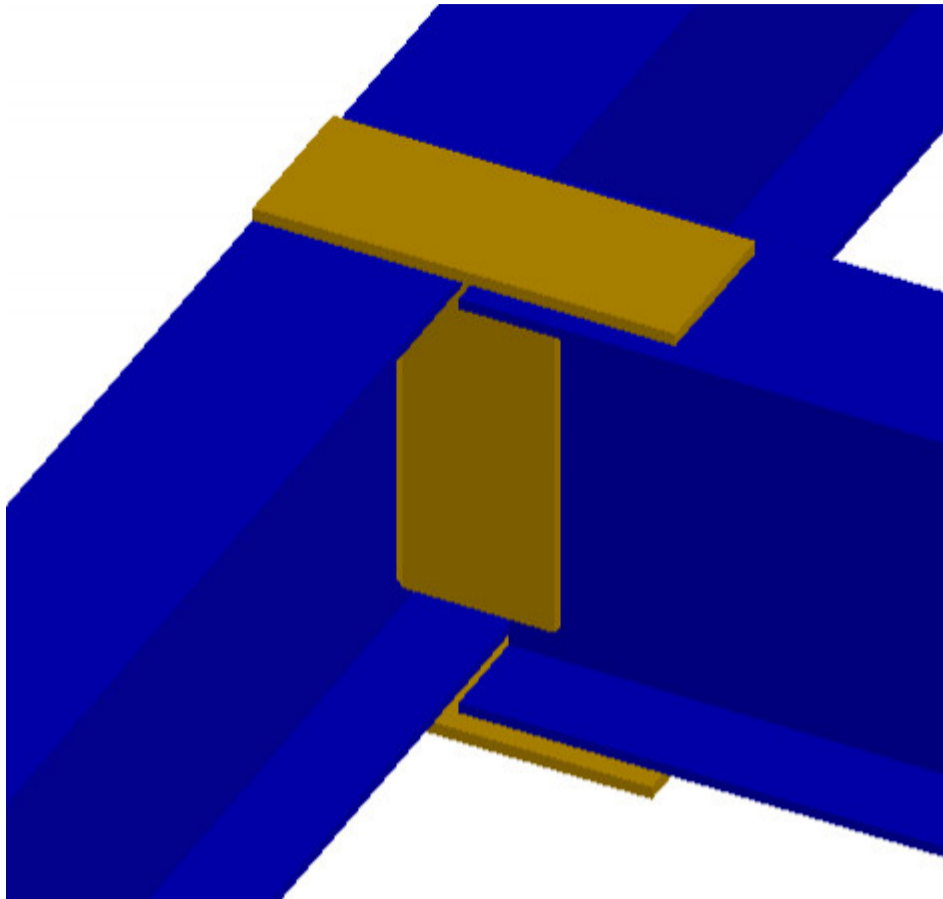


Голубой цвет - ригели антрисоли  
Фиолетовый цвет - колонны антрисоли  
Зеленый цвет - распорки и связи антрисоли  
Серый цвет - опорные ригели пристройки

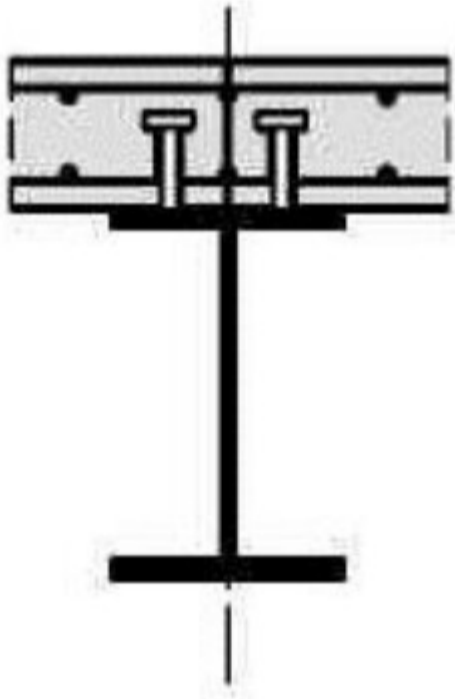


Колонны антрисоли жестко соединены с точечными фундаментами и ригелями . Соединение ригелей друг с другом жесткое.  
Поперечные ригели соединены с полом гибкими упорами во избежание потери устойчивости при изгибе .

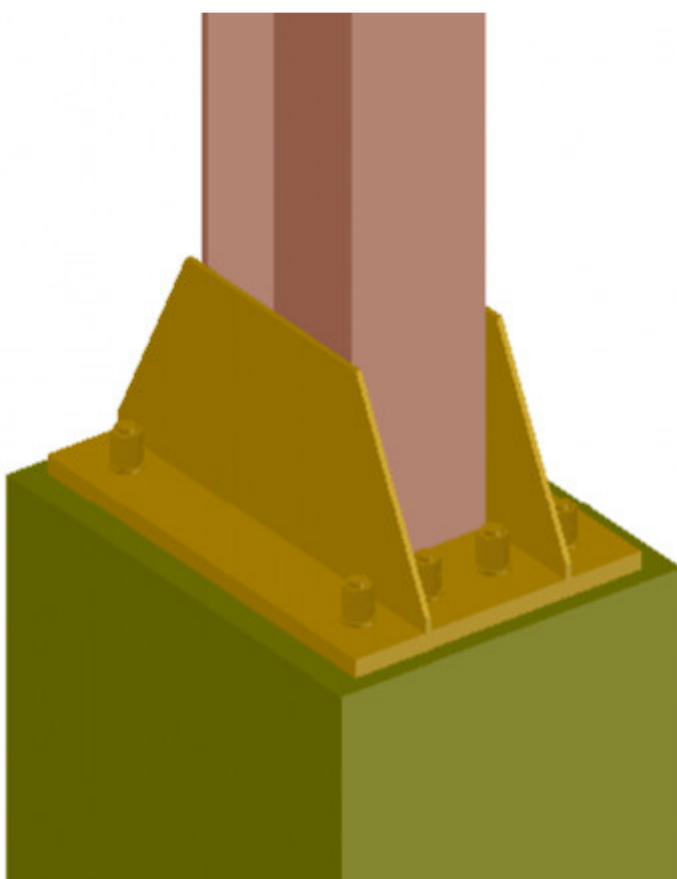
Жесткое соединение колонн с ригелями



Жесткое соединение ригелей друг с другом



Соединение ж.б. пола с ригелями , с помощью гибких упоров

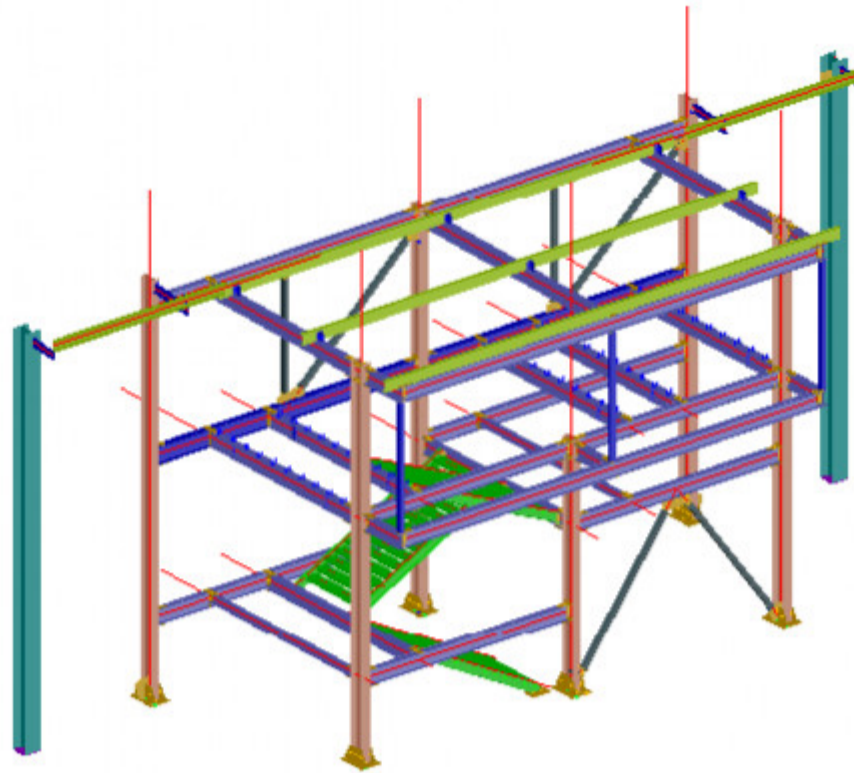


Жесткое соединение колонн с точечными фундаментами (Анкеры затягиваются на величину крутящего момента , который указан на чертежах)

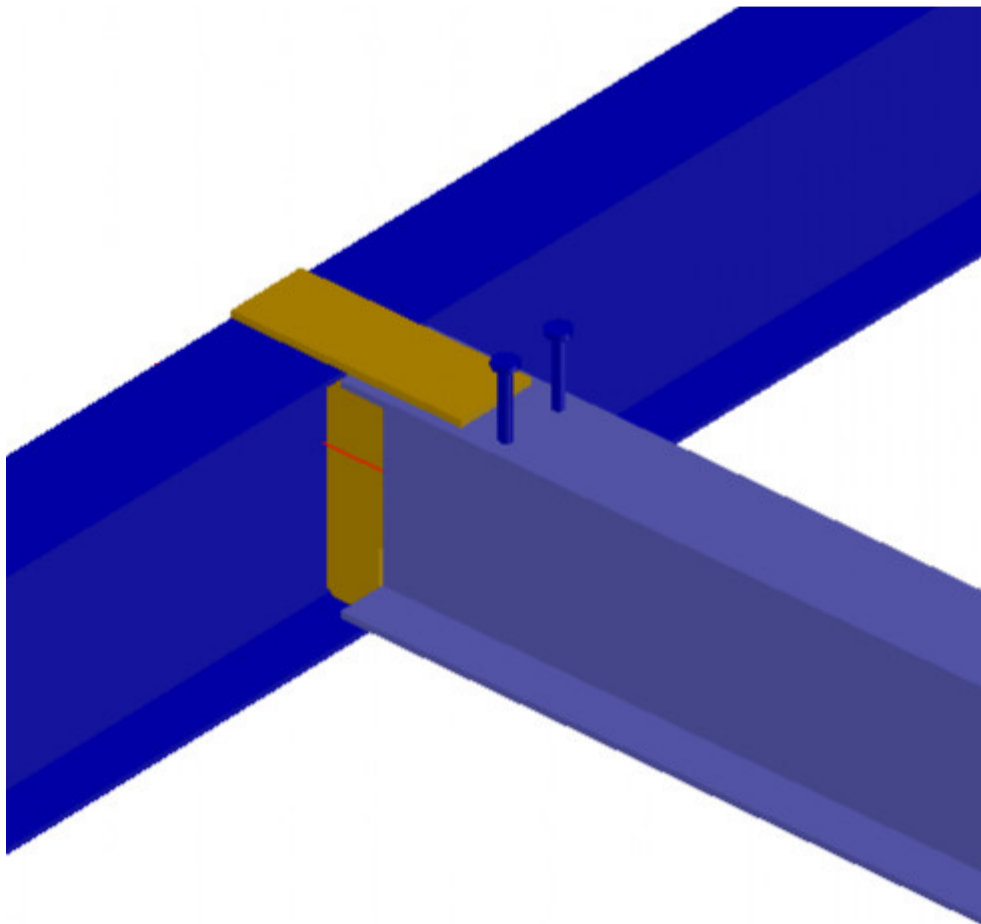
Геометрическая неизменяемость, прочность, устойчивость и жесткость антрисоли обеспечивается за счет следующего:

- прочностью, устойчивостью и жесткостью отдельных конструкций;
- прочностью и жесткостью узлов;
- продольными связями.

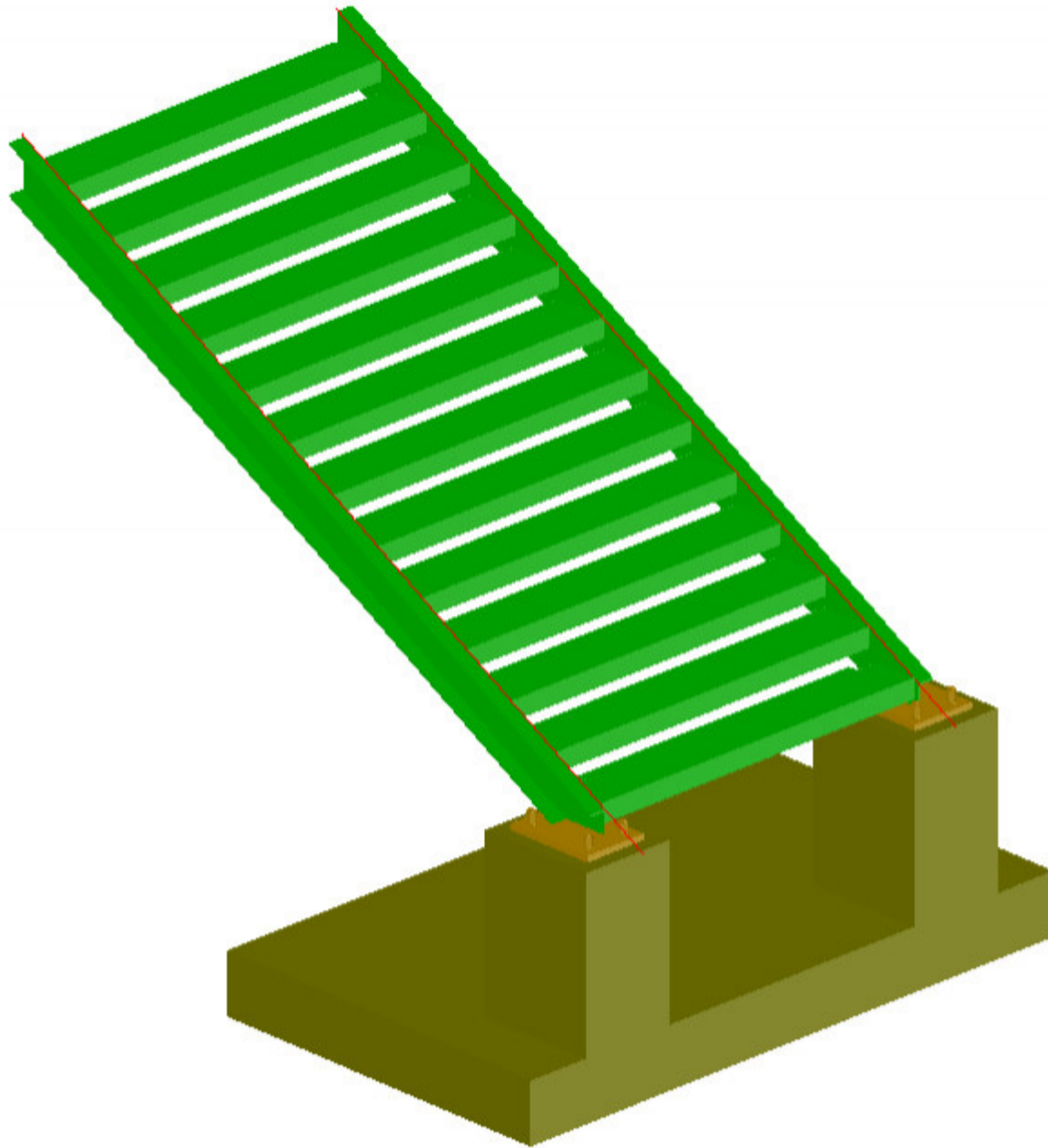
### 3. Пристройка



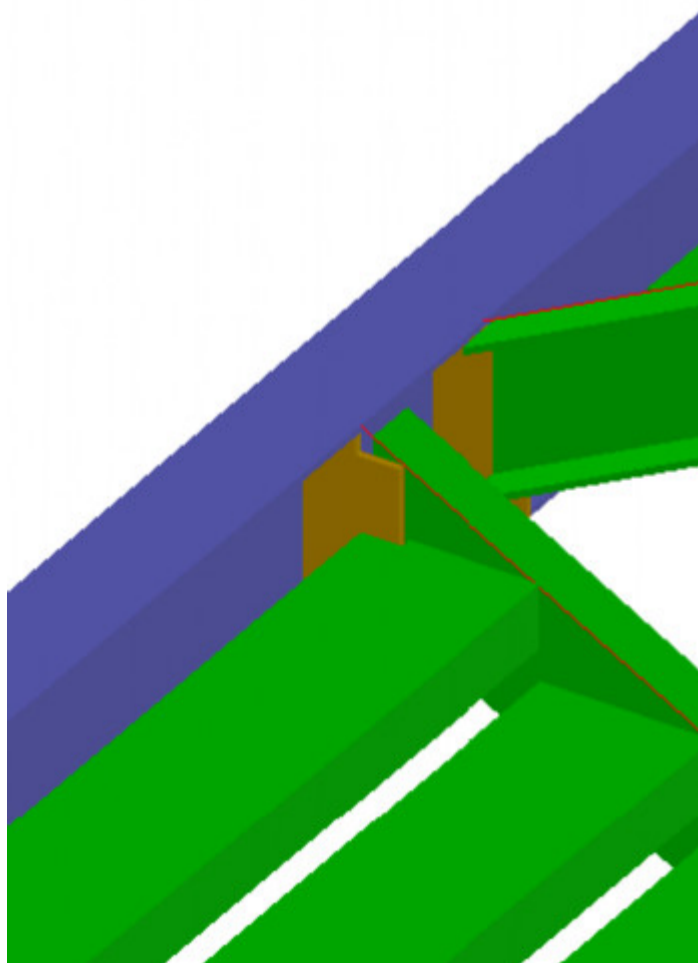
Пристройка состоит из : колонн , ригелей , кровельных прогон , связей и большой лестницы .  
Ригели пристройки крепятся к колоннам пристройки и опорному ригелю пристройки , который соединен с колоннами антрисоли .  
Шаг колонн пристройки 4.7м . Пристройка имеет 2 этажа .Высота от пола первого этажа до ригеля второго этажа 4.9м . Высота колонн пристройки 7.8м .  
Пол пристройки соединен с ригелями 2 рого этажа с помощью гибких упоров .  
В пристройке 2 лестничных марша , которые прикреплены к колоннам и опорным ригелям .  
Прогонь пристройки выполнены по неразрезной схеме . К прогонам крепятся сэндвич панели .  
Узлы соединения колонн пристройки с фундаментами - жесткие . Узлы соединения колонн пристройки с ригелями - жесткие . Узлы соединения ригелей с ригелями - жесткие , а ригелей с опорными ригелями - полужесткие .  
Большая лестница имеет отдельный фундамент . Большая лестница прикреплена к фундаменту и лестничным маршам .



Полужесткое соединение ригелей с опорными ригелями .



Соединение большой  
лестницы с фундаментом.



Соединение большой лестницы с ригелем лестничного  
марша

Геометрическая неизменяемость, прочность, устойчивость и жесткость Пристройки обеспечивается за счет следующего:

- прочностью, устойчивостью и жесткостью отдельных конструкций;
- прочностью и жесткостью узлов;
- продольными связями.