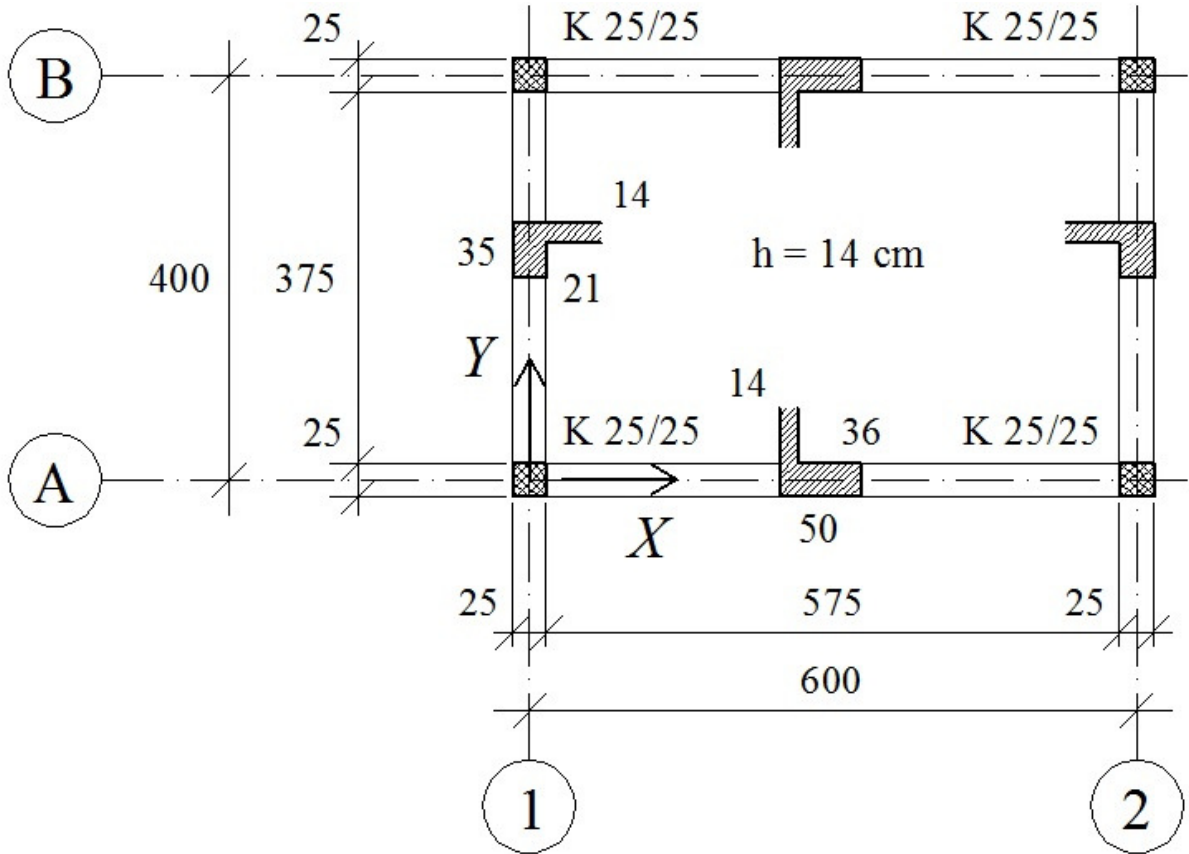
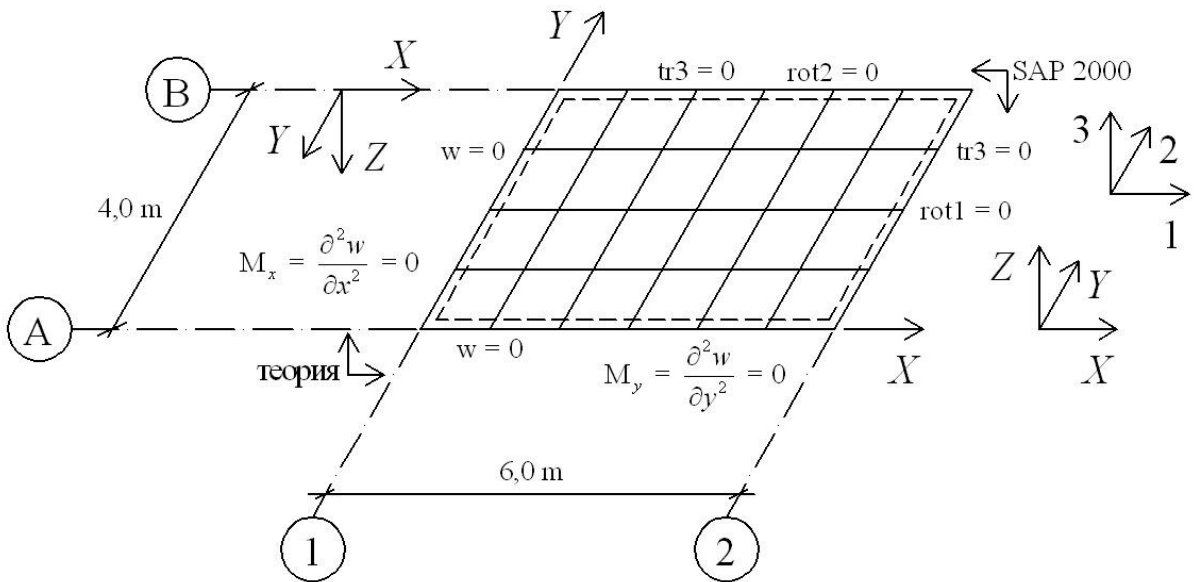


Курсова задача 4
Етажна плоча



Фиг. 1. Кофражен план на етажна плоча

Натоварване: вертикален равномерно разпределен товар $q = 12 \text{ kN/m}^2$



Фиг. 2. Опорни условия (SAP 2000) и гранични условия (теория)

Първи модел – не се отчита деформирането на гредите (подпиране по контура със стена или гредостена)

1. Използване на Blank и въвеждане на координатите на осите по X, Y и Z

File → New Model → Blank

Десен бутон → Edit Grid Data... → Modify/Show System

По X: 0,00 3,00 6,00

По Y: 0,00 2,00 4,00

По Z: 0,00

2. Дефиниране на нов материал

Define → Materials... → Add New Material...

Material Name: B20

Material Type: Other

Weight per Unit Volume: 25

Modulus of Elasticity, E: 3E07 kN/m²

Poisson's Ratio, U: 0,2

3. Дефиниране на сечение за плочата (Shell thin или Plate)

Define → Section Properties → Area Sections...

Section Name: PL14

Избираме Shell → Add New Section...

Избираме Shell - Thin

Material: B20

Thickness: Membrane: 0,14

Bending: 0,14

4. Въвеждане на елементите в равнината XY за Z = 0

Draw Rectangular Area Element → очертаване от възел (0,0,0) до възел (6,4,0)

5. Разделяне на по-малки елементи (6 по X и 4 по Y)

Маркираме елемента → Edit → Edit Areas → Divide Areas...

Divide Area Along Edge from Point 1 to 2: 6

Divide Area Along Edge from Point 1 to 3: 4

6. Задаване на опорни условия

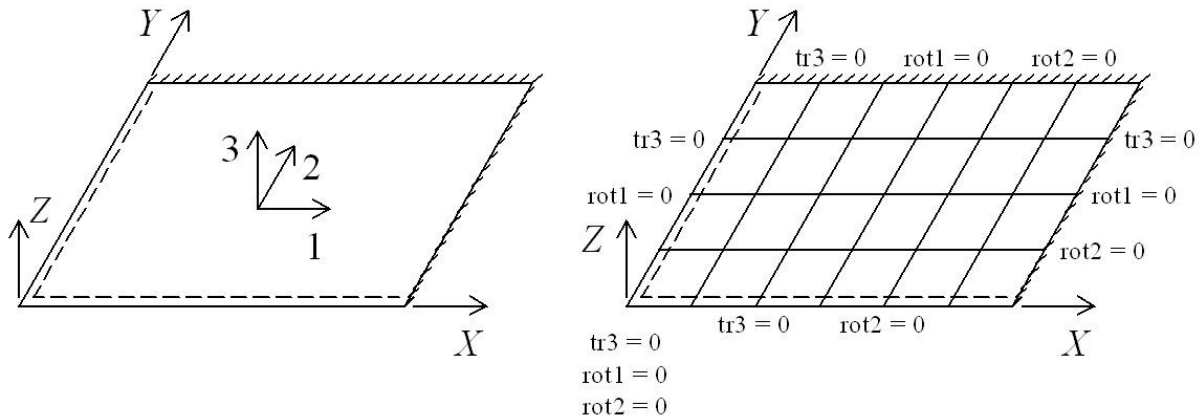
За страните, които са успоредни на X

Маркираме вътрешните възли (без ъгловите) → Assign → Joint → Restraints → Translation 3, Rotation about 2

За страните, които са успоредни на Y

Маркираме вътрешните възли (без ъгловите) → Assign → Joint → Restraints → Translation 3, Rotation about 1

За четирите ъглови възела
 Маркираме възлите → Assign → Joint → Restraints → Translation 3,
 Rotation about 1, Rotation about 2



Фиг. 3. Опорни условия при ставно подпиране или запъване

7. Въвеждане на ново товарно състояние

Define → Load Patterns...
 Load Pattern Name: F
 Type: Other
 Add New Load Pattern

8. Натоварване на плочата с равномерно разпределен товар

8.1. Първи начин - по ос Z

Маркираме всички елементи → Assign → Area Loads →
 Uniform(Shell)...

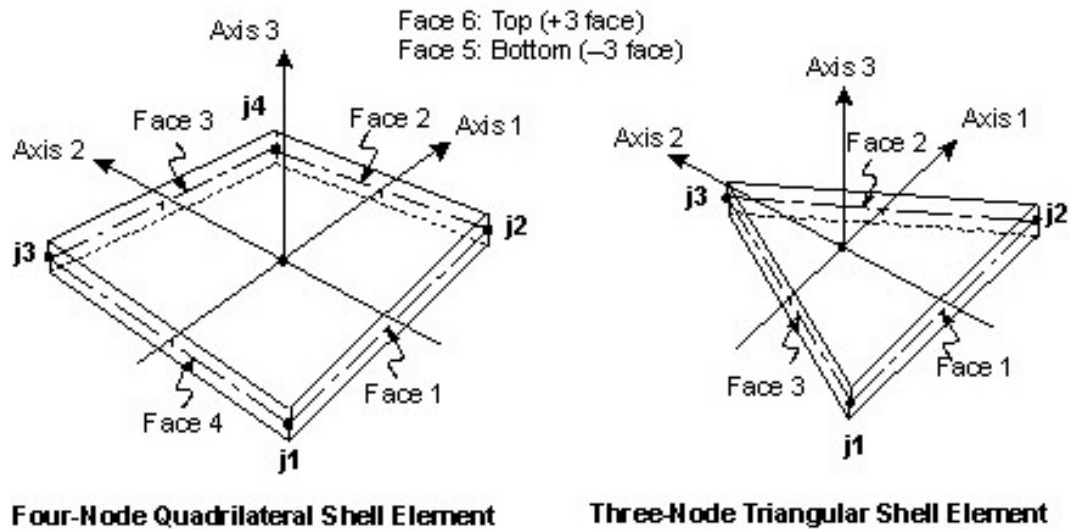
Load Pattern Name: F
 Load: 12
 Direction: Gravity

8.2. Втори начин – чрез Surface Pressure (All)

Маркираме всички елементи → Assign → Area Loads → Surface
 Pressure (All)

Load Pattern Name: F
 Face: Top
 By Element Pressure: 12

Забележки: 1. Знак плюс означава натиск към избраната страна (в случая Top)
 2. В изглед 3D се вижда посоката на въведеното натоварване



Фиг. 4. Локални оси и номерация на страните на равнинни крайни елементи с 4 и 3 възела за натоварване чрез Surface Pressure (All)

9. Решение

Плочата е в равнината XY. Във всеки възел има по 3 степени на свобода.
 Analyze → Set Analysis Options... → XY Plane
 Analyze → Run Analysis → Run само за товарно състояние F

10. Резултати

10.1. Деформирана схема

Display → Show Deformed Shape... (F6)

10.2. Огъващи моменти в плочата: M_x и M_y

Display → Show Forces/Stresses

Case/Combo Name: F

Component Type: чекнато Resultant Forces

Component: чекнато M11 (за M_x , локална ос 1 е успоредна на глобална ос X)

Component: чекнато M22 (за M_y , локална ос 2 е успоредна на глобална ос Y)

11. Първи модел с двойно по-гъста мрежа

11.1. Запаметяваме модел 1 с ново име

File → Save As...

File name: Zad_4_Model_1x2

11.2. Разделяне на двойно по-малки крайни елементи

Аналогично на точка 5.

Маркираме всички елементи → Edit → Edit Areas → Divide Areas... →
 чекнато е Divide Area Into This Number of Objects

Along Edge from Point 1 to 2: 2

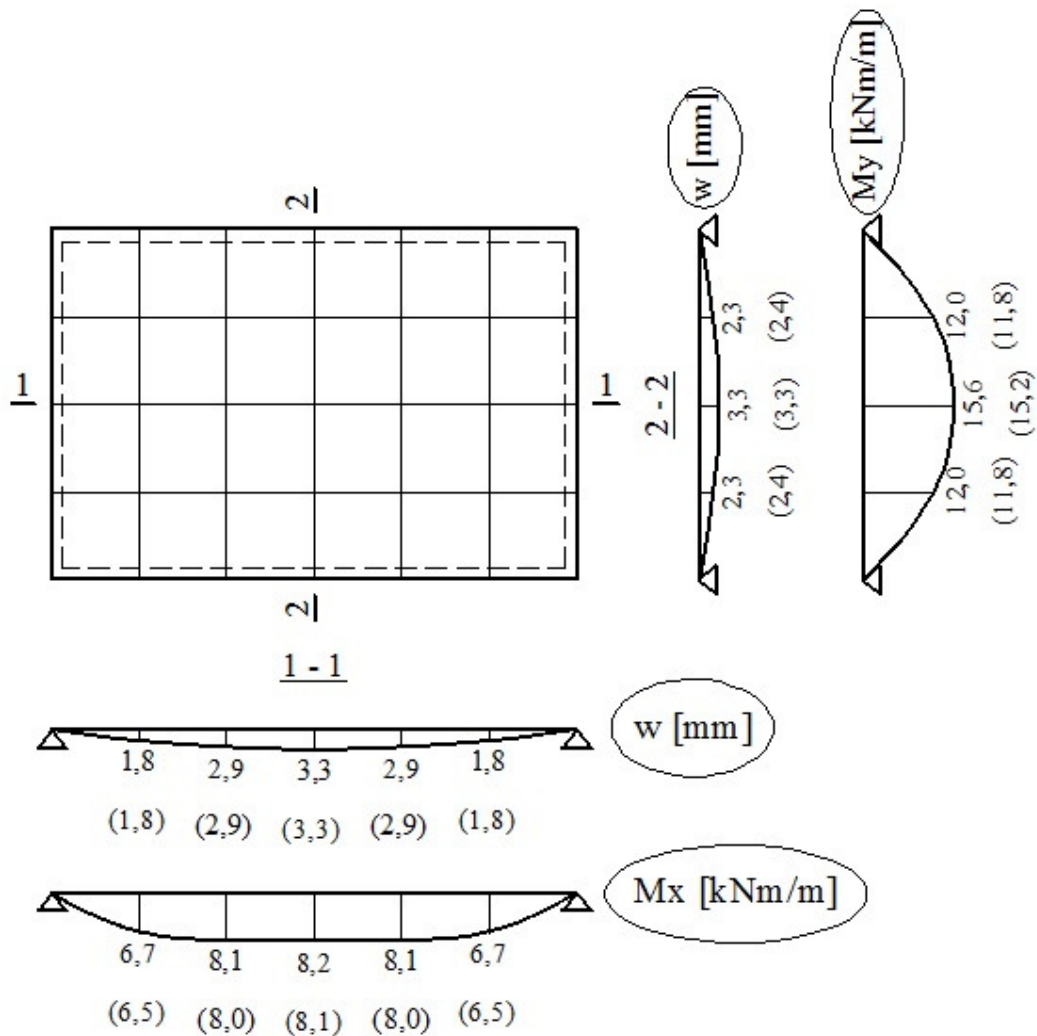
Along Edge from Point 1 to 3: 2

11.3. Задаване на опорни условия в новите възли по контура

Аналогично на точка 6.

11.4. Решение

11.5. Резултати



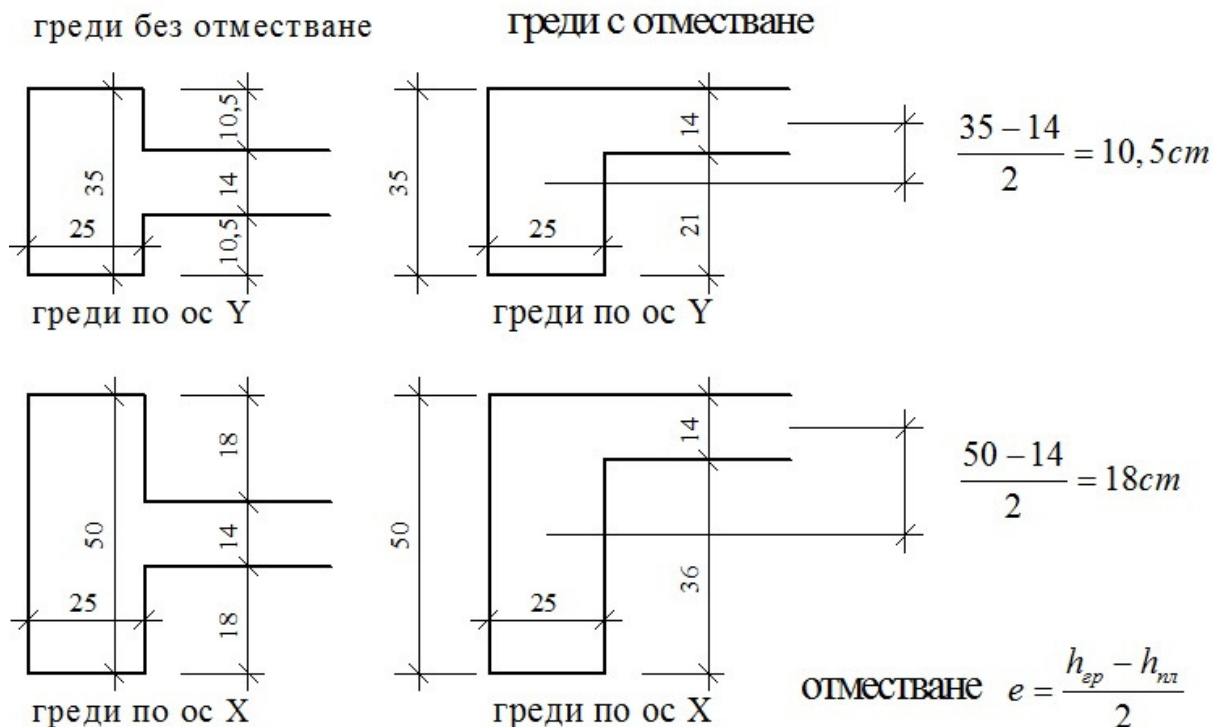
Фиг. 5. Модел 1 - вертикални премествания и огъващи моменти за сечения 1-1 и 2-2

Забележки: 1. Числата в скоби са за модел с двойно по-гъста мрежа
 2. Положителните огъващи моменти опъват долни нишки

Сравнение на вертикалното преместване и на огъващите моменти M_x и M_y в средата на полето при по-рядка и по-гъста мрежа.

Таблица 1. Модел 1 - резултати при по-рядка и по-гъста мрежа

	модел с по-рядка мрежа	модел с по-гъста мрежа	процентна разлика
w [mm]	3,27	3,31	1,2
M_x [kNm/m]	8,20	8,18	0,2
M_y [kNm/m]	15,58	15,17	2,7



Фиг. 6. Греди без и с отместване

Втори модел – с греди без отместване

1. Запаметяване на първия модел (Model 1) като Model 2

File → Save As... (F12): Model_2

2. Премахване на опорните условия

Маркираме всички контурни възли → Assign → Joint → Restraints → нищо не е чекнато

3. Дефиниране на сечения на греди

За гредите, които са успоредни на X

Define → Section Properties → Frame Sections... → Add New Property...

Concrete → Rectangular

Section Name: Gr25/50

Material: B20

Depth(t3): 0,50

Width(t2): 0,25

За гредите, които са успоредни на Y

Define → Section Properties → Frame Sections... → Add New Property...

Concrete → Rectangular

Section Name: Gr25/35

Material: B20

Depth(t3): 0,35

Width(t2): 0,25

4. Въвеждане на елементите за гредите

Draw Frame → очертаване от възел (0,0) до възел (6,0); от възел (0,4) до възел (6,4); от възел (0,0) до възел (0,4); от възел (6,0) до възел (6,4)

5. Разделяне на гредите във всички междинни възли

Маркираме всички елементи и възли по четирите контура → Edit → Edit Lines → Divide Frames... → чекнато Break at intersections with selected Joints

6. Задаване на опорни условия

Маркираме четирите ъглови възела → Assign → Joint → Restraints → чекнати: Translation 1, Translation 2, Translation 3

7. Тримерно визуализиране

Центърът на тежестта на гредите не е отместен спрямо центъра на тежестта на плочата

View → Set Display Options → чекнато Extrude View

8. Решение

Аналогично на т. 9 от първия модел

9. Резултати за по-рядка мрежа

9.1. Деформирана схема

Аналогично на т. 10.1 от първия модел

9.2. Огъващи моменти в плочата: M_x и M_y

Аналогично на т. 10.2 от първия модел

9.3. Разрезни усилия в гредите: огъващ момент, срязва сила, усукващ момент

10. Втори модел с двойно по-гъста мрежа

10.1. Запаметяваме модел 2 с ново име

File → Save As...

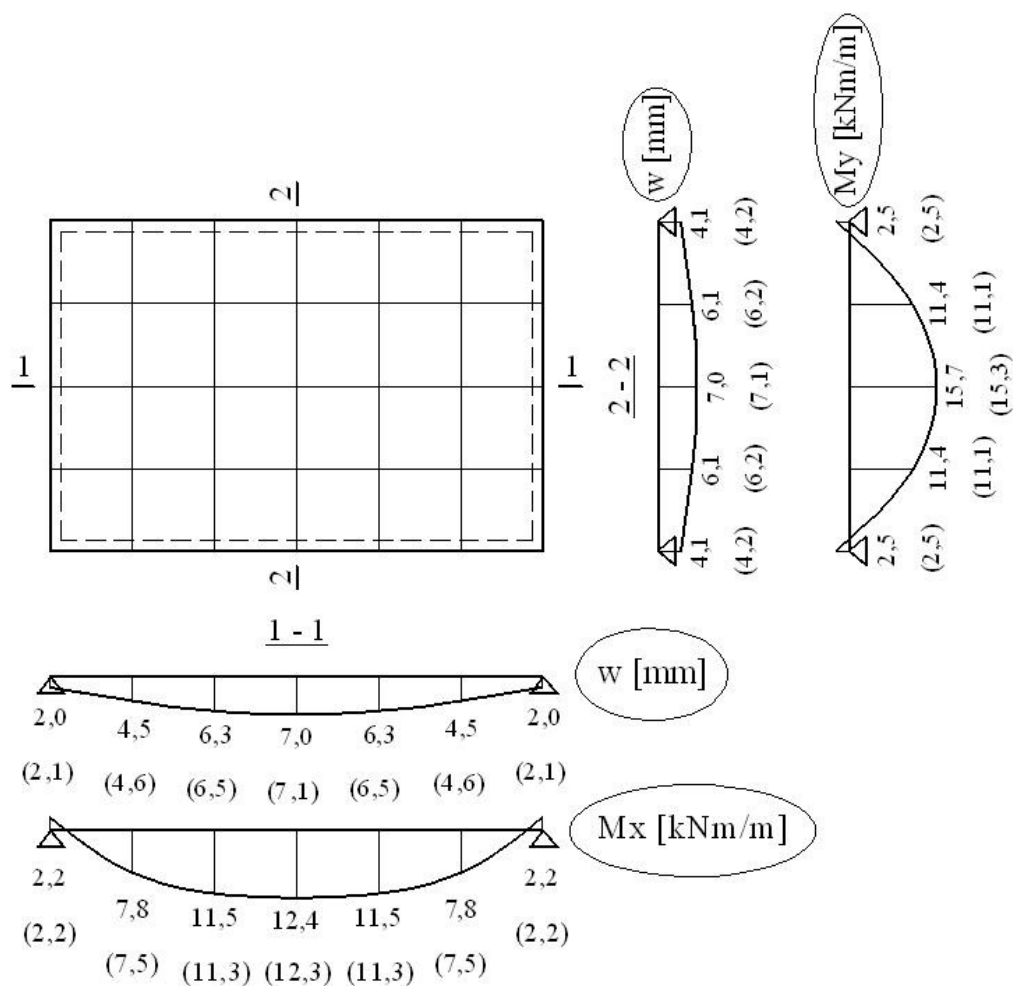
File name: Zad_4_Model_2x2

10.2. Разделяне на двойно по-малки крайни елементи

Извършва се за плочата и за гредите

10.3. Резултати за по-гъста мрежа

Аналогично на т. 9



Фиг. 7. Модел 2 - вертикални премествания и огъващи моменти за сечения 1-1 и 2-2

Забележки: 1. Числата в скоби са за модел с двойно по-гъста мрежа
2. Положителните огъващи моменти опъват долни нишки

11. Сравнение на резултати за плочата при по-рядка и по-гъста мрежа

Сравнение на вертикалното преместване и на огъващите моменти M_x и M_y в средата на полето при по-рядка и по-гъста мрежа.

Таблица 2. Модел 2 - резултати при по-рядка и по-гъста мрежа

	модел с по- рядка мрежа	модел с по- гъста мрежа	процентна разлика
w [mm]	6,98	7,12	2,0
M_x [kNm/m]	12,40	12,29	0,9
M_y [kNm/m]	15,67	15,32	2,3

12. Резултати за среда греда със сечение 25/50 cm при втори модел с по-гъста мрежа

$$M = 87,00 \text{ kNm} \quad A_{s,req} = 5,76 \text{ cm}^2$$

Избрана долна армировка: 3Ф16 с $A_s = 6,03 \text{ cm}^2$

Конструктивна горна армировка: 2Ф12 с $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$

Общо надлъжна армировка: 3Ф16 + 2Ф12 с $A_s = 8,29 \text{ cm}^2$

Трети модел – с греди с отместване

1. Запамяване на втория модел с по-рядка мрежа (Model 2) като Model 3

File → Save As... (F12): Model_3

2. Отместване на гредите

За греди със сечение 25/50 cm (по ос X)

Маркираме всички греди по ос X → Assign → Frame → Intersection Point...

Cardinal Point: 10 (Centroid)

Coord System: GLOBAL

End I End J

Z: -0,18 -0,18

За греди със сечение 25/35 cm (по ос Y)

Маркираме всички греди по ос Y → Assign → Frame → Intersection Point...

Cardinal Point: 10 (Centroid)

Coord System: GLOBAL

End I End J

Z: -0,105 -0,105

3. Решение

Аналогично на втори модел.

4. Резултати

4.1. Резултати за плочата

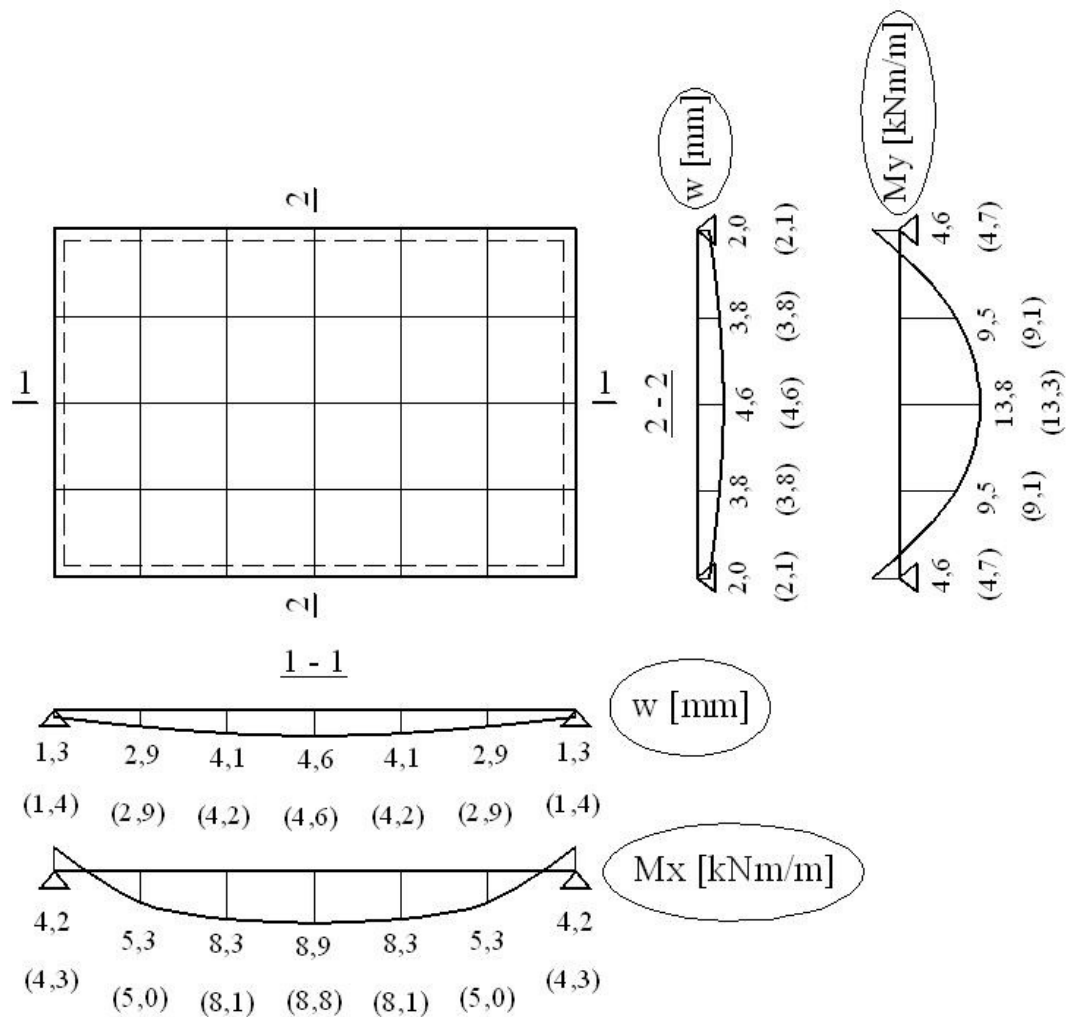
Аналогично на втори модел

4.2. Резултати за гредите

Появява се допълнително разрезно усилие – осова сила!

5. Трети модел с двойно по-гъста мрежа

Аналогично на втори модел.



Фиг. 8. Модел 3 - вертикални премествания и огъващи моменти за сечения 1-1 и 2-2

Забележки: 1. Числата в скоби са за модел с двойно по-гъста мрежа
2. Положителните огъващи моменти опъват долни нишки

6. Сравнение на резултати за плочата при по-рядка и по-гъста мрежа

Сравнение на вертикалното преместване и на огъващите моменти M_x и M_y в средата на полето при по-рядка и по-гъста мрежа.

Таблица 3. Модел 3 - резултати при по-рядка и по-гъста мрежа

	модел с по-рядка мрежа	модел с по-гъста мрежа	процентна разлика
w [mm]	4,55	4,61	1,3
M_x [kNm/m]	8,95	8,77	2,1
M_y [kNm/m]	13,82	13,32	3,8

7. Резултати за среда греда със сечение 25/50 cm при трети модел с по-гъста мрежа

$$M = 44,86kNm \quad A_{s,req} = 2,97cm^2$$

Избрана долна армировка: 2Ф14 с $A_s = 3,08cm^2$

$$N = 275,76kN \quad A_{s,req} = 7,56cm^2$$

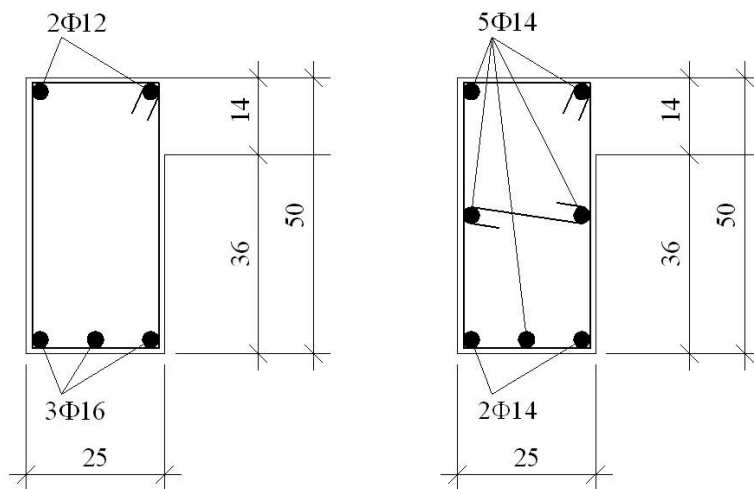
Избрани: 5Ф14 с $A_s = 7,69cm^2$

Общо надлъжна армировка: 2Ф14+5Ф14 с $A_s = 10,77cm^2$

8. Сравнение на надлъжната армировка за греда със сечение 25/50 cm за усилията, получени от втори и трети изчислителен модел

за $M = 87,00kNm$

за $M = 44,86kNm$ и $N = 275,76kN$



Фиг. 7. Надлъжна армировка на оразмерените греди:
ляво – без отместване, дясно – с отместване

$$\text{Процентна разлика за надлъжната армировка: } \frac{10,77 - 8,29}{8,29} 100 = 29,9\%$$