



შპს “პროგრესი”

ვაჟა-ფშაველას ბამბირი №16, თბილისი, საქართველო

ტელ: +995 32 2371009

www.progresi.com.ge

თბილისის იუსტიციის სახლი, ავტოსადგომი

კონსტრუქციული ანგარიში

თბილისი
2011

შემაღბენლობა:

1. შესავალი
2. გამოყენებული მასალები, პროგრამები, ლიტერატურა;
3. გეოლოგიური პირობები, დაფუძნება;
4. საანგარიშო მოდელი;
5. კიბროსტატიკური ანგარიში;
6. ანგარიში მუდმივ, დროებით, ხანმოკლე, სეისმურ დატვირთვებზე;
7. ანგარიში ტემპერატურულ გაფართოვებაზე;
8. შედეგები.

მოამზადა



დ.ბიბინაიშვილი
პრ. მთ. კონსტრუქტორი

შეამოწმა



ბ. ჩიკვაძე
კონსტრუქტორი

დირექტორი

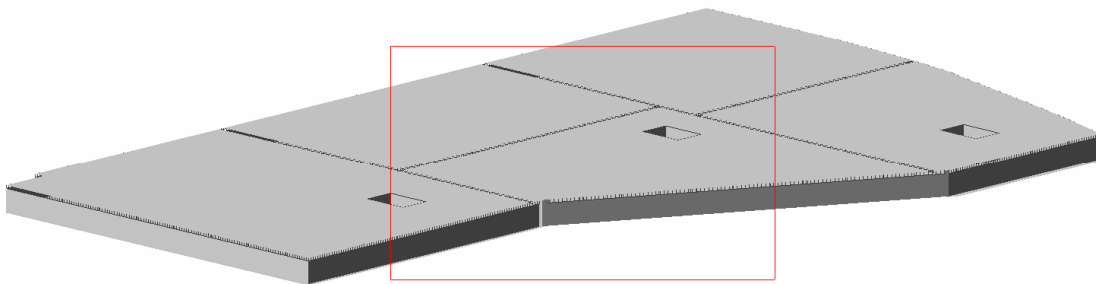


ჰ.ბიბინაიშვილი

1. შესავალი

- 1.1 2011 წლის დეკემბერში სსიპ “სამოქალაქო რეესტრის სააგენტომ” დაუკვეთა შპს “პროგრესს” ქ. თბილისში მშენებარე იუსტიციის სახლის მიმდებარედ არსებულ მიწის ნაკვეთზე ავტოსადგომის მშენებლობისათვის საჭირო პროექტის კონსტრუქციული ნაწილი.
- 1.2 წინამდებარე ანგარიშში განხილულია ქ. თბილისში მშენებარე იუსტიციის სახლის მიმდებარედ არსებულ მიწის ნაკვეთზე ავტოსადგომის კონსტრუქციული ელემენტების ანგარიში მუდმივ, დროებით, ხანმოკლე და სეისმურ დატვირთვებზე, ასევე დაფუძნება, ჰიდროსტატიკური ანგარიშები, ტემპერატურული გაფართოების ანგარიშები და მიღებული შედეგები.
- 1.3 მუშა ნახაზები შესრულებულია A-1 (გეგმები მასშტაბი 1:200) და A-3 ფორმატებზე.
- 1.4 საანგარიშო მოდელის სამგანზომილებიანი ხედი.

JUSTICEPARKING01.dwg



2. გამოყენებული მასალები, პროგრამები, ლიტერატურა.

2.1 შენობის საანგარიშო მოდელი აგებულია ლიცენზირებულ და სერტიფიცირებულ კომპიუტერულ პროგრამათა კომპლექს ლირა 9.6-ში (LIRA 9.6) შესყიდვის სალიცენზიო ნომერი: №9 209 5856.

2.2 ანგარიში შესრულებულია ქვეყანაში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნათა შესაბამისად:

პნ 01.05-08 “სამშენებლო კლიმატოლოგია”.

პნ 01.01-09 „სეისმოძღვრევი მშენებლობა,,

პნ 03.01-09 „ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები,,

პნ 02.01-08 “შენობისა და ნაგებობების ფუძეები”

Euro CODE EC-8

Euro CODE EC-2

2.2.2 ასევე გამოყენებულია სხვადასხვა სახის ელექტრონული ლიტერატურა და თანამედროვე კვლევები.

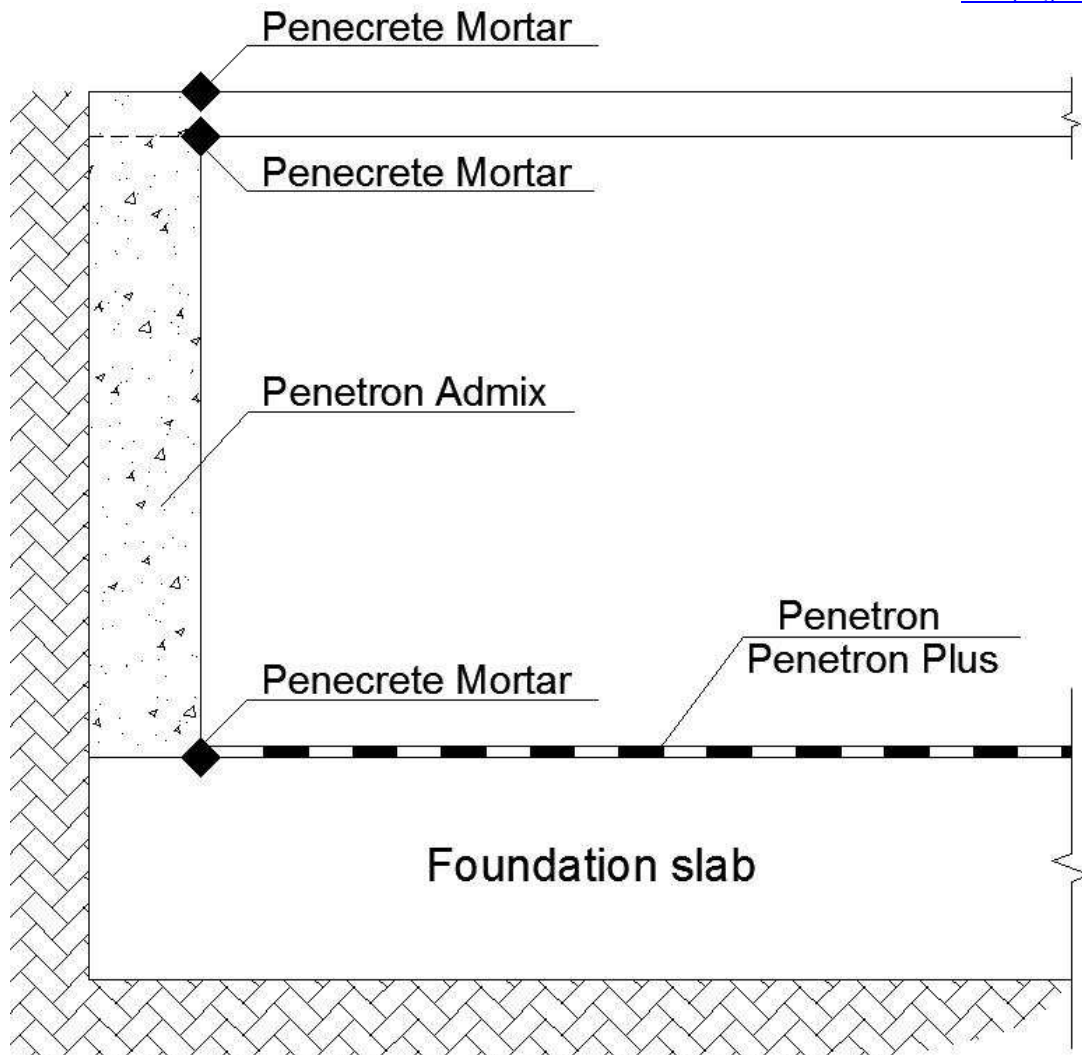
2.3 მუშა ნახაზები შესრულებულია .dwg - გაფართოების ფაილის ფორმატში AutoCAD 2010-ის საშუალებით.

2.4 ძირითად სამშენებლო მასალად მიღებულია რკინა-ბეტონი, **A500C**, **A240C** კლასის არმატურა და **B7.5** (მომზადება), **B25** კლასის ბეტონი.

2.5 ტემპერატურული ნაკერები უნდა შეივსოს წყალგაუმტარი სილიკონის ტიპის მასალით.

3. გეოლოგიური პირობები, დაშენება.

- 3.1 შენობის დაფუძნებისათვის გამოყენებულია თბილისის იუსტიციის სახლისთვის, სანაპიროს №2-ში ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევა და ტექნიკური ანგარიში, რომელიც ჩატარებულია შპს “ჯეოინჟინერინგის” მიერ.
- 3.2 გრუნტის ტიპები, სიმძლავრეები, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ნიშნულები, მიწისქვეშა გრუნტის წყლის დონეები აღებულია ზემოთ ხსენებული კვლევის საფუძველზე.
- 3.3 შენობა განლაგებულია მდინარე მტკვართან ახლოს რის გამოც ივარაუდება, რომ გრუნტის წყლები ჰიდრაულიკურ კავშირშია (წონასწორობაშია) მდინარე მტკვართან.
- 3.4 გრუნტის წყლის დონის აწევა, კვლევების დროს დაფიქსირებულთან შედარებით, მოსალოდნელია 1.0-1.5 მ-მდე. აქსიმალური აწევის დონე დამოკიდებულია მდინარე მტკვარში დონის აწევის სიდიდესა და ხანგრძლივობაზე და შესაძლოა გადააჭარბოს კიდევ 1.8 მეტრს.
- 3.5 ძირითადი შენობის ქვეშ უნდა მოეწყოს ხელოვნური ხრეშის ბალიში 600მმ-ის სისქის, კიბის უჯრედების ქვეშ კი ხრეშის ბალიშის სისქე უნდა იყოს - 1000მმ, რაც საშუალებას მოგვცემს დავიდეთ საშუალო პლასტიკურ თიხამდე. (ფენა-3)
- 3.6 სვეტების ქვეშ უნდა მოეწყოს ღრმა ხრეშის ბალიში 585მმ-მდე სიღრმით, რაც საშუალებას მოგვცემს დავიდეთ ძირითად კლდოვან ქანებამდე, წვრილმარცვლოვანი ტუფოვანი ქვიშაქვები (55%), ალევროლითებისა (35%) და არგილიტების (10%) შუაშრეებით. (ფენა-5)
- 3.7 საძირკვლის ფილა უნდა მოეწყოს სისქით 650მმ და მჭლე ბეტონის მომზადებით 100მმ-ის სისქეზე.
- 3.8 საგების კოეფიციენტი განსაზღვრულ იქნა გრუნტის ფენების კომპრესიის ანალიზის შედეგად და მიღებულ იქნა: $C_1=500\text{ტ/მ}^3$ და $C_2=1000\text{ტ/მ}^3$
- 3.9 მიწისქვეშა ელემენტების ჰიდროიზოლაცია უნდა მოხდეს პენეტრონის სისტემის ჰიდროსაიზოლაციო საშუალებებით.

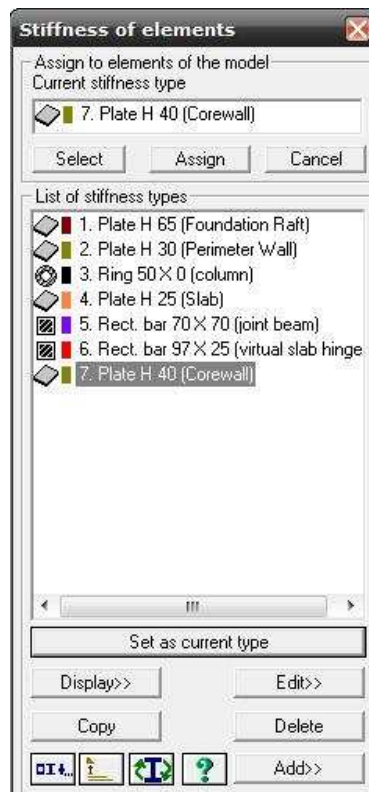


პენეტრონის მასალებით ფიდროიზაციის მოწყობის სქემა

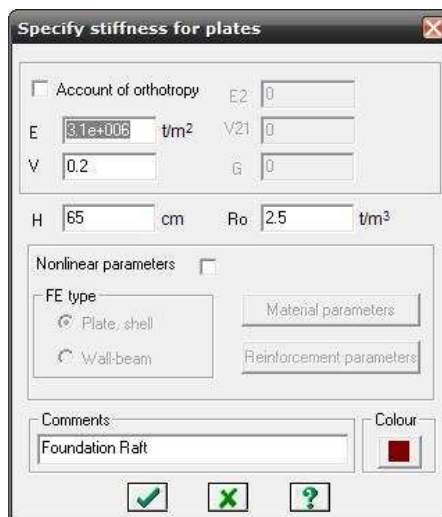
4. საანგარიშო მოდელი

- 4.1 შენობის საანგარიშო მოდელი (სასრული ელემენტების მოდელი) აგებულ იქნა კომპიუტერულ პროგრამათა კომპლექს ლირა 9.6-ში.
- 4.2 სასრული ელემენტების მოდელი დაყოფილია ღეროვან და ბრტყელ (ოთხკუთხა და სამკუთხა არაუმეტეს 0.5მ სიგრძის) ელემენტებად.
- 4.3 დაწვრილებით საანგარიშო მოდელის შესახებ იხ. დანართი-1.

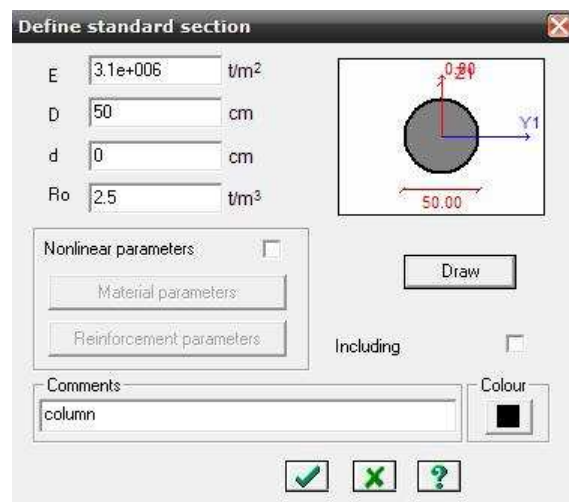
4.4 ელემენტებზე მინიჭებულ იქნა შემდეგი სიხისტეები:



ელემენტების სიხისტეები



საძირკვლის 650მმ ფილა



500მმ დიამეტრის რ/ბ სვეტი

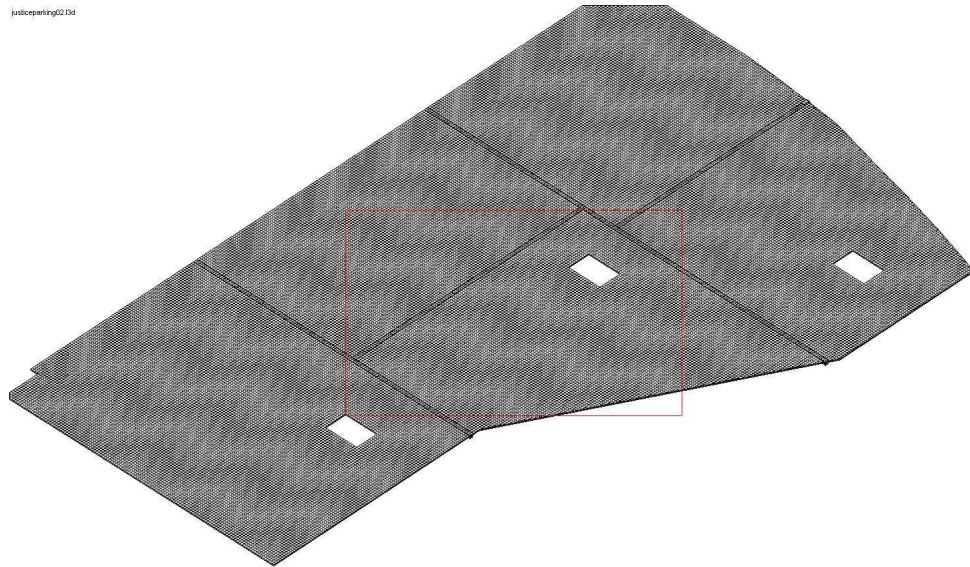
პერიმეტრის 300მ სისქის კედელი

კიბის უჯრედის 400მ სისქის კედელი

გადახურვის 250მ სისქის ფილა

- 4.5 საძირკვლის ფილა მიუხედავად დიდი ხაზოვანი ზომებისა (~150მX90მ) იმყოფება მუდმივი ტემპერატურის ქვეშ (4მ ჩაღრმავებით გრუნტში) შესაბამისად ტემპერატურული ნაკერი არ წარმოადგენს აუცილებლობას. ხოლო რაც შეეხება გადახურვის ფილას იგი ექსპლუატაციის პერიოდში არ იქნება დაცული მზის პირდაპირი სხივებისაგან, შესაბამისად აუცილებელია ტემპერატურული ნაკერები. გადახურვის ფილის ტემპერატურული ნაკერი

justiceparking0213d



19 დეკემბერი 2011

Design combinations of forces (DCF)

Building code: SNIP 2.01.07-85

Load case No.: 1 DEAD LOAD

Load case type: Dead (0) Default...

of group of integrated temporary load cases: 0

Account of sign variability: ☐

of the group of mutually exclusive load cases: 0

of the accompanying load: 0 0

Load factor: 1.10

Duration coefficient: 1.00

Restrictions for cranes and brakes: Crane: ☐ Brake: ☐

DCF coefficients

#	1 main	2 main	Specific	4 combin.	5 combin.	6 combin.	7 combin.	8 combin.	9 combin.
1	1.00	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	0.90	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1.00	0.90	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Summary table for DCF calculation:

L...	Load case name	DCF parameters	DCF coefficients
1	DEAD LOAD	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90
2	LIVE LOAD	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80
3	SHORT-TERM LOAD	2 0 0 0 0 0 1.20 0.35	1.00 0.90 0.50
4	SEISMIC-X-DIR	5 0 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00 0.00 1.00
5	SEISMIC-Y-DIR	5 0 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00 0.00 1.00
6	TEMPERATURE	2 0 1 0 0 0 1.20 0.35	1.00 0.90 0.50

დატვირთვების შეხამების ცხრილი

4.7 პერიმეტრის 300მმ კედელზე მოდებულია გრუნტის დატვირთვა



5. ჰიდროსტატიკური ანგარიში

- 5.1 საინჟინრო გეოლოგიური კვლევებით დაფიქსირებულია გრუნტის წყლის მაქსიმალური დონე +388.86მ. თუმცა ივარაუდება, რომ გრუნტის წყალი იმყოფება ჰიდრავლიკურ წონასწორობაში მდ. მტკვართან და მოსალოდნელია გრუნტის წყლის კიდევ უფრო აწევა 1.0-1.5მ-ით ან კიდევ უფრო მეტითაც.
- 5.2 გრუნტის წყლის აწევა გამოიწვევს წყლის ჰიდროსტატიკური, ამწევი ძალის გაჩენას, რის საკომპენსაციოდაც მოხდა საძირკვლის ფილის გასქელება 65სმ-მდე.
- 5.3 ჰიდროსტატიკური გაანგარიშებები ჩატარებულია გრუნტის წყლის 1.8მ-მდე (+390.66მ) აწევის შემთხვევისათვის, რაც შეადგენს +2.16ტ/მ² ამწევ ძალას საძირკვლის ძირზე.
- 5.4 საძირკვლის ფილის დაარძირებისას გათვალისწინებულ იქნა უარესი კომბინაცია, საკუთარ წონას + საექსპლოატაციო დატვირთვები + ჰიდროსტატიკური დატვირთვები.

შენიშვნა:

საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნის მიხედვით მოსალოდნელია გრუნტის წყლის აწევა თვით 1500+ მმ-ით. ანუ 1.5მ-ზე მეტით წაღვეწი შემთხვევაში. (+388.86მ-ის წყლით)

შენიშვნა ფუძედება: +389.15მ წიწ. (საძირკვლის წყდანიხე)

წყლის აწევის საანგარიშო სიმაღლეზე მოვიჩინოთ: $1500 \times 120\% = 1800 \text{ მმ} = 1.8 \text{ მ}$

წყლის აწევის საანგარიშო დონეზე მოვიჩინოთ: $+388.86 + 1.8 = +390.66 \text{ მ}$

~~საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნის მიხედვით მოსალოდნელია გრუნტის წყლის აწევა თვით 1500+ მმ-ით. ანუ 1.5მ-ზე მეტით წაღვეწი შემთხვევაში. (+388.86მ-ის წყლით)~~

ფილის სისქე განვსაზღვროთ ნონანსიონის განყოფილებიდან:

$$1.8 + (388.86 - (389.15 - H_3)) = 2.4(0.25 + H_3)$$

$$1.8 + (388.86 - 389.15 + H_3) = 2.4(0.25 + H_3)$$

$$1.8 + 388.86 - 389.15 + H_3 = 2.4(0.25 + H_3)$$

$$390.66 - 389.15 + H_3 = 2.4(0.25 + H_3)$$

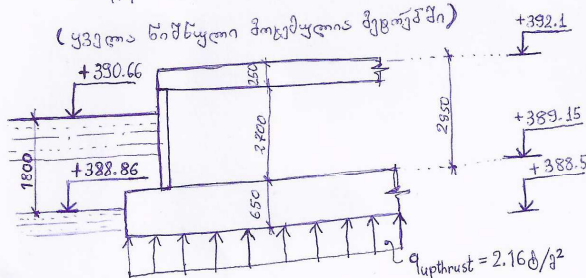
$$1.51 + H_3 = 2.4(0.25 + H_3)$$

$$1.51 + H_3 = 0.6 + 2.4 H_3$$

$$0.91 = 1.4 H_3$$

$$H_3 = \frac{0.91}{1.4} = 0.65 \text{ მ}$$

(ყველა ნიშნული მოტეხულია მეტრებში)



შემოწმება:

$$(H_3 + H_{\text{ფ}}) \cdot \gamma_{\text{წყ}} = (0.65 + 0.25) \cdot 2.4 = 2.16 \text{ ტ/მ}^2$$

6. ანბარიში მუდმივ, დროებით, ხანმოკლე და სეისმურ დატვირთვებზე

- 6.1 შენობის კონსტრუქციაზე მოდებული დატვირთვები დაყოფილ იქნა დატვირთვების თანწყობათა მიხედვით – მუდმივი (საკუთარი წონა), დროებითი, ხანმოკლე, სეისმური X-მიმართულებით (0.17g), სეისმური Y-მიმართულებით (0.17g).
- 6.2 მუდმივი დატვირთვა – რკინა-ბეტონის ბრტყელ ელემენტებზე მოდებულ იქნა 2.5ტ/მ³ მოცულობითი წონა გამრავლებული 1.1 (საიმედოობის კოეფიციენტზე), რამაც შეადგინა საძირკვლის ფილაზე 1.79ტ/მ², ხოლო გადახურვის ფილაზე 0.69ტ/მ².
- 6.3 დროებითი დატვირთვა - საძირკვლის ფილასა და გადახურვის ფილაზე იგივე ნაირად 400კგ/მ².
- 6.4 ხანმოკლე დატვირთვა – ავტომაქანების დგომის ადგილებზე თვლების დაწოლით გამოწვეული შეყურსული დატვირთვა 1ტ.
- 6.5 სეისმური დატვირთვა – 8 ბალის ექვივალენტური 0.17g (1.67მ/წ²) გრუნტის აჩქარებით გამოწვეული სეისმური ძალები.

Earthquake analysis parameters

Correction factor for earthquake loads: 1.19

Model height orientation: ☐ along X ☐ along Y ☒ along Z

Distance between ground level and min Z-coordinate of design model: 3.00 m

Type of structure: 1 - civil, public and industrial

Soil category (according to SNIP II-7-81): G = 2

Seismicity of the site: S = 8

of selected positions from tables SNIP II-7-81

Table 3: K1 = 2 Table 4: K2 = 8 Table 5: K3 = 1 Table 6: Kpsi = 3

Number of storeys in the structure: 2

Direction cosines of earthquake load resultant in global system

CX: 1.0000 CY: 0.0000 CZ: 0.0000 $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$

[OK] [Cancel] [Help]

სეისმური ანალიზის პარამეტრები

Create dynamic load cases from the static on...

Generate mass matrix according to:

- ☒ - load case (code 1)
- ☐ - density of elements (code 2)

Dynamic load case No.

No. of corresponding static load case

Conversion factor

Summary table:

Dyn.Lo...	Stat.Lo...	Factor	Code
4	1	1	1
4	2	0.8	1
4	3	0.5	1
5	1	1	1
5	2	0.8	1
5	3	0.5	1

Add Delete Edit

დინამიკური დატვირთვების მისაყვებად აკრეფილი მასები სტატიკური დატვირთვებიდან

სეისმური რხევის პერიოდები ფორმების მიხედვით:

$$1. T_{1x} = 0.680\text{წ} \quad T_{1y} = 0.680\text{წ}$$

$$2. T_{2x} = 0.378\text{წ} \quad T_{2y} = 0.378\text{წ}$$

$$3. T_{3x} = 0.307\text{წ} \quad T_{3y} = 0.307\text{წ}$$

მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილება X მიმართულებით $d_x = 0.700\text{მმ}$

მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილება Y მიმართულებით $d_y = 0.519\text{მმ}$

- 6.6 საძირკვლის მოსალოდნელი მაქსიმალური ჯდენა 9.1მმ
- 6.7 მაქსიმალური მოსალოდნელი დეფორმაცია გადახურვის ფილაში მალში 9.85მმ.
ხოლო გრძელვადიან პერიოდში არაწრფივი გაანგარიშების საფუძველზე
დეფორმაციებმა შეიძლება მიაღწიოს 15.0მმ-ს.
- 6.8 ასეთი სიდიდის მალეებისათვის მაქსიმალური ნორმებით დასაშვები დეფორმაცია
შეადგენს 31მმ-ს

7. ანბარიში ტემპერატურულ გაფართოებაზე

- 7.1 გამომდინარე შენობის დიდი გაბარიტული ზომებიდან, სართულშუა გადახურვა
დაყოფილია დეფორმაციული (ტემპერატურული) ნაკერებით.
- 7.2 ჩატარდა წრფივი ტემპერატურული გაანგარიშება გაფართოებაზე
დეფორმაციული ნაკერებით გამოყოფილი თითოეული ფილის უბნისათვის.
- 7.3 შესრულდა ტემპერატურული გაანგარიშება 10C-ით ტემპერატურის
ცვლილებაზე, +32.5C საშუალო ტემპერატურის პირობებში.
- 7.4 ტემპერატურის ცვლილებით გამოწვეულმა მაქს. ჰორიზონტალურმა
გადაადგილებამ შეადგინა 24მმ, რაც კომპენსირდება 50მმ-ის ზომის ნაკერით.
- 7.5 ტემპერატურული გაფართოებით გამოწვეული გადაადგილებისგან აღძრული
ძალები გათვალისწინებულ იქნა არმირების გაანგარიშებებში.

8. შედეგები

- 8.1 ჩატარებული გაანგარიშებების და მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ მთლიანად არქიტექტურულ - გეგმარებითი გადაწყვეტილებათა საფუძველზე შედგენილი კომპიუტერული მოდელის გაანგარიშებათა შედეგები აკმაყოფილებს სიმტკიცის, მდგრადობისა და დეფორმაციის შესაბამისი ნორმატული დოკუმენტების მოთხოვნებს.
- 8.2 ანგარიშით მიღებული არმირებები შეტანილ იქნა კონსტრუქციულ პროექტში და დამუშავებულ იქნა შპს “პროგრესის” ინჟინერთა ჯგუფის მიერ.
- 8.3 მთელს შენობაზე არმატურის ხარჯმა ერთ კუბურ მეტრ ბეტონში შეადგინა **105კგ**.

8.4

მასალათა ჯამური ხარჯი მიეღეს შენობაზე												
არმატურის ხარჯი, კგ; სპ. სტანდარტი 5781-82*												
Ø6 A240C	Ø8 A240C	Ø10 A240C	Ø10 A500C	Ø12 A500C	Ø14 A500C	Ø16 A500C	Ø18 A500C	Ø20 A500C	Ø22 A500C	Ø25 A500C	Ø28 A500C	Ø32 A500C
0.00	90469.79	0.00	0.00	244302.65	650371.11	115818.07	0.00	237.01	43681.06	67637.32	746.16	0.00
სულ: (კგ)												1213263.16
გამტონი B25 V=											11612.68	მ³
გამტონი B7.5 V=											1249.40	მ³
ბალესტი, სხვადასხვა ფრაქციის მდინარის ხრეში V=											15473.69	მ³

დანართი - 1

E X P L A N A T O R Y N O T E S

Problem name: JUSTICEPARKING01
Analysis of 3D system static and dynamic loads
with selection of design combinations of forces

Project: TBILISI JUSTICE HOUSE PARKING

Company: LTD "PROGRESI"

Performed by: DAVID GIGINEISHVILI, GEORGE CHIKVAIDZE
NIKOLOZ KAVTARADZE

Checked by: JOHNI GIGINEISHVILI

INTRODUCTION

The analysis has been performed with the help of LIRA software.
The analysis is based on finite element method by displacements. The
following displacements of nodes are considered as main unknowns:

X linear along the X-axis
Y linear along the Y-axis
Z linear along the Z-axis
UX angular about the X-axis
UY angular about the Y-axis
UZ angular about the Z-axis

LIRA software complies with the following building codes (SNIP)(including
amendments to January 1, 1997):

SNIP 2.01.07-85* Loads and effects
SNIP 2.03.01-84* Concrete and Reinforced Concrete Structures
SNIP II-7-81* Construction in seismic Areas
SNIP II-23-81* Steel Structures

Types of finite elements used in this problem are given in the document 1.
This document includes the numbers of nodes corresponding to appropriate element
and numbers of stiffness types as well.

Design model contains the following types of elements:

Type 10. Arbitrary 3D bar.
Type 41. Arbitrary rectangular FE of shell.
Type 42. Arbitrary triangular FE of shell.
Type 44. Arbitrary quadrilateral FE of shell.

Loads and coordinates of nodes specified in detailed documents 4,6,7 are
described in the right Cartesian coordinate system.

Analysis is performed for the following types of loads:

loading 1 - static loading
loading 2 - static loading
loading 3 - static loading

loading 4 - dynamic (earthquake)

The specified number of mode shapes (KF) is taken into account during the analysis. Number of dynamic components equals to the number of mode shapes according to which dynamic load is divided. The magnitudes of the earthquake loads corresponding to every mode shape are calculated according to SNIP II-7-81* (sections 2.5-2.7.2.10, tables 1.3-6, fig.2).

loading 5 - dynamic (earthquake)

The specified number of mode shapes (KF) is taken into account during the analysis. Number of dynamic components equals to the number of mode shapes according to which dynamic load is divided. The magnitudes of the earthquake loads corresponding to every mode shape are calculated according to SNIP II-7-81* (sections 2.5-2.7.2.10, tables 1.3-6, fig.2).

loading 6 - static loading

Design combinations of forces for bars are chosen by the criteria of extreme normal and shear stresses in peripheral zones of section.

Design combinations of forces for plate elements are chosen by the criteria of extreme stresses taking account of directions of main element areas.

The following parameters of loadings were taken into account during DCF selection:

loading 1 - static loading

This loading is taken into account as dead load.

loading 2 - static loading

This loading is taken into account as live load.

loading 3 - static loading

This loading is taken into account as short-term load.

loading 4 - dynamic (earthquake)

This loading is taken into account as earthquake load.

This loading is sign variable.

loading 5 - dynamic (earthquake)

This loading is taken into account as earthquake load.

This loading is sign variable.

loading 6 - static loading

This loading is taken into account as short-term load.

INTERPRETING THE ANALYSIS RESULTS

Analysis results are divided into the following parts:

Part 1. Protocol of problem analysis.

Part 2. Initial data.

Part 3. Error messages and warnings.

Part 5. Displacement of nodes.

Part 6. Forces (stresses) in elements.

Part 7. Reaction forces at nodes.

Part 8. Design combinations of forces (DCF).

Part 9. Periods of vibrations.

Part 10. Mode shapes.

Part 17. Distribution of masses.

Part 11. Nodal inertial forces from dynamic loadings.

Displacements of nodes of the problem under analysis are presented in tabulated form in part 5. Units of measurement for displacements are specified in the heading of the table.

Number of the loading and name of displacement are specified in the first column.

The other columns display the numbers of nodes in ascending order and displacement values corresponding to these nodes.

Linear displacements are considered positive if they are directed along the axes of coordinates. Positive angular displacements correspond to anti-clockwise rotation when you look from the end of the corresponding axis.

Displacements have the following indexes:

X linear along the X-axis

Y linear along the Y-axis

Z linear along the Z-axis

UX angular about the X-axis

UY angular about the Y-axis

UZ angular about the Z-axis

Forces (stresses) in elements of the problem under analysis are presented in tabulated form in part 6. Units of measurement for forces are specified in the heading of the table.

Type of finite element from the FE library, number of the loading and name of displacement are specified in the first column.

In the following columns there are:

In the first line of the heading - number of the element and number of the section in the element for which the forces are displayed;

in the second and third lines - numbers of the first two nodes.

Design combinations of forces in elements for every section and additional information about combinations of forces are presented in tabular form in part

8. The heading of the table contains the following information:

ELM - element number.

SN - section number.

CR - number of criterion according which the present combination of forces is arranged (only combinations that are not repeated will be printed).

ÑN - column number for coefficients of combinations (number of combination of loads).

ÑS - information whether there are crane and earthquake loadings in the combinations.

DCF groups are labelled with indices A and B:

À - DCF group that contains only sustained loadings.

Â - DCF group that contains all loadings.

The following columns contain the lists of force types from design loads and numbers of loadings included in design combinations.

Periods of natural vibrations for every dynamic (or after model analysis) loading are presented in part 9.

Values of relative nodal displacements that correspond to forms of natural vibrations for every dynamic (or modal) loading are presented in part 10.

Components of dynamic load when it is expanded according to forms of natural vibrations for every dynamic loading are presented in part 11.

Masses collected at nodes for every dynamic loading are presented in part 17. Units of measurement for masses are specified in the heading of the table.

The first column indicates the number of the loading and the characteristic of masses. The other columns indicate numbers of nodes in ascending order and the corresponding values.

INDEXING AND SIGN CONVENTION FOR FORCES IN FINITE ELEMENTS

Type 10. Arbitrary 3D bar.

Finite element takes the following forces:

N axial force; positive sign corresponds to tension.

MK twisting moment about the X1-axis; positive if it is directed anti-clockwise when you look from the end of the X1-axis at the section that belongs to the end of the bar

MY bending moment about the Y1-axis; positive if it is directed anti-clockwise when you look from the end of the Y1-axis at the section that belongs to the end of the bar

MZ bending moment about the Z1-axis; positive if it is directed anti-clockwise when you look from the end of the Z1-axis at the section that belongs to the end of the bar

QY shear force along the Y1-axis; positive when it is directed along the Y1-axis of the section that belongs to the end of the bar.

QZ shear force along the Z1-axis; positive when it is directed along the Z1-axis of the section that belongs to the end of the bar.

Type 41. Arbitrary rectangular FE of shell.

Finite element takes the following forces, stresses and reactions:

NX normal stress along the X1-axis; positive sign corresponds to tension.

NY normal stress along the Y1-axis; positive sign corresponds to tension.

NZ normal stress along the Z1-axis (for plane strain); positive sign corresponds to tension.

TXY shear stress that is parallel to the X1-axis and lies in the plane parallel to X1OZ1; positive when it is directed along the X1-axis if NY is directed along the Y1-axis;

MX moment applied to the section that is orthogonal to the X1-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z1-axis).

MY moment applied to the section that is orthogonal to the Y1-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z1-axis).

MX_Y twisting moment; positive sign corresponds to the curvature of diagonal 1-4 that is convex downwards (relative to the Z₁-axis).

Q_X shear force in the section that is orthogonal to the X₁-axis; positive when it is directed along the Z₁-axis on the part of element where there is no node 1.

Q_Y shear force in the section that is orthogonal to the Y₁-axis; positive when it is directed along the Z₁-axis on the part of element where there is no node 1.

R_Z soil pressure (within the analysis of the shells on elastic foundation; positive when it is directed along the Z₁-axis (the soil is under tension)).

Type 42. Arbitrary triangular FE of shell.

Finite element takes the following forces, stresses and reactions:

N_X normal stress along the X₁-axis; positive sign corresponds to tension.

N_Y normal stress along the Y₁-axis; positive sign corresponds to tension.

N_Z normal stress along the Z₁-axis (for plane strain); positive sign corresponds to tension.

T_{X_Y} shear stress that is parallel to the X₁-axis and lies in the plane parallel to X₁OZ₁; positive when it is directed along the X₁-axis if N_Y is directed along the Y₁-axis;

M_X moment applied to the section that is orthogonal to the X₁-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z₁-axis).

M_Y moment applied to the section that is orthogonal to the Y₁-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z₁-axis).

MX_Y twisting moment; positive sign corresponds to the curvature of the median that comes from the node 1 and is convex downwards (relative to the Z₁-axis).

Q_X shear force in the section that is orthogonal to the X₁-axis; positive when it is directed along the Z₁-axis on the part of element where there is no node 1.

Q_Y shear force in the section that is orthogonal to the Y₁-axis; positive when it is directed along the Z₁-axis on the part of element where there is no node 1.

R_Z soil pressure (within the analysis of the shells on elastic foundation; positive when it is directed along the Z₁-axis (the soil is under tension)).

Type 44. Arbitrary quadrilateral FE of shell.

Finite element takes the following forces, stresses and reactions:

N_X normal stress along the X₁-axis; positive sign corresponds to tension.

N_Y normal stress along the Y₁-axis; positive sign corresponds to tension.

N_Z normal stress along the Z₁-axis (for plane strain); positive sign corresponds to tension.

T_{X_Y} shear stress that is parallel to the X₁-axis and lies in the plane parallel to X₁OZ₁; positive when it is directed along the X₁-axis if N_Y is directed along the Y₁-axis;

MX moment applied to the section that is orthogonal to the X1-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z1-axis).

MY moment applied to the section that is orthogonal to the Y1-axis; positive sign corresponds to tension in the lower fiber (relative to the Z1-axis).

MX Y twisting moment; positive sign corresponds to the curvature of diagonal 1-4 that is convex downwards (relative to the Z1-axis).

QX shear force in the section that is orthogonal to the X1-axis; positive when it is directed along the Z1-axis on the part of element where there is no node 1.

QY shear force in the section that is orthogonal to the Y1-axis; positive when it is directed along the Z1-axis on the part of element where there is no node 1.