

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԾԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

**ԱՎԱԳՅԱՆ ՀՈԿՀ ԱՆՆԵՍ ԱՐՄԵՆԻ
ԱՆՀԵՏԱՆ ԿԱԿԵՐԻ ԿՐՈՂՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ՝ ՀԱՇՎԻ ԱՌՆԵԼՈՎ
ՍՅՈՒՆԵՐԻ ԿՈՂ ՄՈՄԵՆՏՆԵՐԻ ԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ատենախոսություն

Ե.23.01 - «Ծինարարական կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ,
շինարարական նյութեր և շինարարական մեխանիկա» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի համար

Գիտական դեկանար՝
տ.գ.դ., պրոֆ. Դադայան Տ.Լ.

ԵՐԵՎԱՆ 2019
ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....

Գլ ու խ 1 ԱՆՅԵԾԱՆ ԾԱԾԿԵՐՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԳՈՅՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒՆԵՑՈՂ
ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

§ 1. Անհեծան ծածկերով համակարգերի հաշվարկային
մեթոդների հետազոտությունը՝ համաձայն
արտասահմանյան 2 ինարարական
նորմերի
.....9

§ 2. Անհեծան ծածկերով համակարգերի հաշվարկային
մեթոդների հետազոտությունը՝ համաձայն Հայաստանի
Հանրապետության 2 ինարարական
նորմերի32

Գլ ու խ 2 ԾԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՆՈՐՄԵՐՈՎ ԿԱՏԱՐԱԾ ՀԱԾՎԱՐԿՆԵՐԻ
ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

§ 1. Սալի ճգմանցման հաշվարկ առանց լայնական
ամրանավորման35

§ 2. Սալի ճգմանցման հաշվարկ՝ հաշվի առնելով լայնական
ամրանավորումը
.....43

§ 3. Սալի ճգմանցման հաշվարկ՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ
ազդեցությունը
.....49

Գլ ու խ 3 ԱՆՅԵԾԱՆ ԾԱԾԿԻ ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՏԻՎ ՎԻՃԱԿԸ ՃՁՄԱՆՑՄԱՆ
ԴԵՊՔՈՒՄ՝ ՀԱԾՎԻ ԱՌՆԵԼՈՎ ԾՈՌՂ ՄՈՄԵՆՏԻ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

§ 1. Առանց լայնական ամրանավորման սալի ճգմանցման
գծային և ոչ գծային հաշվարկների համեմատական
վերլուծությունը58

§ 2. Լայնական ամրանավորմամբ սալի ճգմանցման գծային և
ոչ գծային հաշվարկների համեմատական
վերլուծությունը66

§ 3. Առաջարկվող դրույթներով հաշվարկային եղանակի
հիմնավորումը գոյություն ունեցող փորձարարական
տվյալներով72

Գլ ու խ 4 ԱՆՅԵԾԱՆ ԾԱԾԿՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ
ԴԵՊՔԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ ՏԱՐԲԵՐ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐՈՎ

§ 1. Լայ նական ամրանավորումով անհեծան ծածկերի
լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատումը՝ կիրառելով
պահանգ-ձգան մոդելը.....80

§ 2. Հնարավոր քայքայման գծի ձևերի որոշումը՝ կախված
արտաքին

ճիգերից.....93

§ 3. Սյ ու ներին կից տեղամասերում սալերի
լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատումը բացվածքների
առկայ ու թյան դեպքում.....99

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ
ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....103

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ
ՑԱՆԿ.....105

ՀԱՎԵԼՎԱԾ.....
114

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Աշխատանքի արդիականությունը: Ժամանակակից շինարարության մեջ տարածում են գտել անհեծան (անպարզունակ) ծածկերով միաձուլված երկաթբետոնե շենքերը, որտեղ հաստատուն հաստությամբ հարթ միջհարկային ծածկերը հենված են անմիջապես սյուների վրա: Հարկ է նշել, որ համեմատած հեծանային ծածկերով շենքերի հետ դրանք ունեն մի շարք առավելություններ, որոնցից են շենքի ընդհանուր բարձրության նվազեցումը, կադապրամածային աշխատանքների դյուրացումը, ազատ ճարտարապետական նախագծումը և այլն:

Անհեծան ծածկերով շենքերի կառուցումը սկզբում լայն կիրառություն է ստացել ոչ սեյսմակտիվ գոտիներում: Հայաստանի Հանրապետությունում վերջին տարիներին նույնպես միտում է նկատվում անհեծան ծածկերով շենքերի կառուցման: Միևնույն ժամանակ հաշվի առնելով, որ ՀՀ –ի ողջ տարածքը գտնվում է սեյսմակտիվ գոտում՝ շենքերի կրող տարրերի աշխատանքին վերաբերող գիտական աշխատանքներն էլ ավելի արժեքավոր կհամարվեն, երբ դրանցում հաշվի առնվի սեյսմիկ ուժի ազդեցությունը: Հարկ է նշել, որ գործող շինարարական նորմերով չեն լուծված կամ մասամբ են լուծված անհեծան ծածկերով շենքերի հաշվարկի որոշ դրույթներ, որոնցից հիմնականն է սյուներում սեյսմիկ ուժից առաջացող ծռող մոմենտի ազդեցության հաշվառումը ծածկի սալի վրա:

Անհեծան ծածկի համակարգերով հետազոտություններ իրականացվել են ինչպես հայրենական, այնպես էլ այլ երկրների գիտնականների կողմից՝ Բաբայան Հ.Հ., Դորֆման Ա.Է., Կոդիշ Է.Ն., Մորդիչ Ա.Ի., Պեկին Դ.Ա., Չիժևսկի Վ.Վ., Դիլգեր Վ.Յ., Ֆանելլա Դ. և այլն:

Ակնհայտ է, որ արդիական է դառնում բարձրահարկ շենքերում անհեծան ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի ուսումնասիրման անհրաժեշտությունը: Միևնույն ժամանակ հետազոտման ընթացքում շատ կարևոր է ճիշտ նկարագրել հաշվարկային մոդելների իրական լարվածադեֆորմատիվ վիճակը տարբեր ճիգերի դեպքում: Ուստի ուսումնասիրությունները, որոնք միտված են անհեծան ծածկերով

շենքերի և կառույցների կոնստրուկցիաների և արվածադեֆորմատիվ վիճակի առավել ճշգրիտ նկարագրմանը, խիստ արդիական են և կարևոր:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները: Աշխատանքի նպատակն է հետազոտել անհեծան ծածկերի և արվածադեֆորմատիվ վիճակը, ինչպես նաև հաշվի առնել հիմնական գործոնները, որոնք չեն հաշվարկվում կամ հաշվարկվում են մասնակի նմանատիպ շենքերի և կառույցների կոնստրուկցիաների նախագծման ժամանակ: Նշված նպատակներն իրականացնելու համար դրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- ուսումնասիրել անհեծան ծածկերի կրողունակության գնահատման եղանակներն ըստ ճգմանցման՝ համաձայն ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերի,
- կատարել առանց լայնական ամրանի միաձույլ երկաթբետոնե անհեծան ծածկի ճգմանցման հաշվարկի համեմատական վերլուծություն՝ համաձայն տարբեր երկրների շինարարական նորմերի,
- կատարել միաձույլ երկաթբետոնե անհեծան ծածկի ճգմանցման հաշվարկի համեմատական վերլուծություն՝ համաձայն տարբեր շինարարական նորմերի՝ հաշվի առնելով սալի լայնական ամրանավորումը,
- կատարել տարբեր թռիչքներով և հարկայնությամբ միաձույլ երկաթբետոնե անհեծան ծածկերով շենքերի համեմատական վերլուծություն՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունը,
- գնահատել սյան և սալի հանգույցի քայքայման հնարավոր նվազեցումը թույլատրելի վնասվածքների գործակիցների օգտագործմամբ,
- ընտրել և մոդելավորել հաշվարկային մոդել, որը թույլ կտա ճշգրիտ գնահատել անհեծան ծածկի սալի և արվածադեֆորմատիվ վիճակը և հաշվի առնել նյութի ոչ գծային աշխատանքը,
- իրականացնել անհեծան ծածկերի հետազոտումը՝ համաձայն մշակված պահանգ-ձգան մոդելի,
- ուսումնասիրել հնարավոր քայքայման գծի ձևերը՝ կախված արտաքին ճիգերից,

- կատարել բացվածքների առկայությունը անհեծան ծածկի սալերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատում:

Հետազոտության մեթոդաբանությունը:

- Ուսումնասիրել հետազոտման առարկային վերաբերող գրականությունը:
- Իրականացնել համապատասխան հաշվարկներ՝ օգտագործելով համակարգչային ծրագրեր և համեմատական վերլուծություններ՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունը:
- Ուսումնասիրել և վերլուծել տարբեր երկրներում կատարած փորձնական տվյալները:
- Համակարգչային մոդելավորմամբ կատարել փորձնական ուսումնասիրություններ, որոնք հիմնված են վերջավոր տարրերի մեթոդի վրա:

Աշխատանքի գիտական նորությունը:

- Պարզաբանվել է նորմալ ուժերի և ծռող մոմենտների համատեղ ազդեցություններից անհեծան ծածկի սալերում առաջացող լարվածադեֆորմատիվ վիճակը՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունը:
- Առաջարկվել է ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերում սալերի ճգմանցման պայմանում հաշվի առնել սյուների ծռող մոմենտների ազդեցությունը:
- Պարզաբանվել է տարբեր թռիչքներով և հարկայնությամբ անհեծան ծածկի սալերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակն ըստ ճգմանցման՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունը:
- Պարզաբանվել է թույլատրելի վնասվածքների գործակիցների արժեքների փոփոխության ազդեցությունը սալի լայնական ամրանի վրա:
- Առաջարկվել է անհեծան ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը գնահատել պահանգ-ձգան մոդելով:

- Պարզաբանվել է հնարավոր քայքայման գծի ձևերը՝ կախված արտաքին ճիգերից:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը: Աշխատանքում ստացված արդյունքները կարող են կիրառվել հանրապետությունում անհեծան ծածկի համակարգով շենքերի հաշվարկներում: Վերջինս շատ կարևոր հանգամանք է, քանի որ Հայաստանի Հանրապետությունը գտնվում է սեյսմաակտիվ գոտում: Ստացված վերլուծությունները թույլ կտան ավելի ճշգրիտ գնահատել ամրանավորման պահանջները և ռաջիոնալ թռիչքները:

Պատասխանող անդամների ազդեցությունը:

- անհեծան ծածկի ճգմանցման հաշվարկներ՝ համաձայն ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերի՝ հաշվի առնելով ծռող մոմենտի ազդեցությունը,
- սալի՝ առանց լայնական ամրանավորման և լայնական ամրանավորմամբ անհեծան ծածկի սալերում առաջացած շոշափող լարումների համեմատական վերլուծության արդյունքները՝ համաձայն տարբեր շինարարական նորմերի՝ հաշվի առնելով շենքի հարկայնությունը և թռիչքները,
- անհեծան ծածկերի ճգմանցման հաշվարկի համեմատական վերլուծության արդյունքները՝ հաշվի առնելով սյան դիրքը և սեյսմիկ գոտին,
- անհեծան ծածկերի հաշվարկի արդյունքները՝ համաձայն ընդունված պահանգ-ձգան մոդելի,
- անհեծան ծածկերի համեմատական վերլուծության արդյունքները՝ հաշվի առնելով նյութի ոչ գծային աշխատանքը,
- թույլատրելի վնասվածքների գործակիցների արժեքների փոփոխության ազդեցությունը սալում լայնական ամրանի վրա,
- հնարավոր քայքայման գծի ձևերը՝ կախված արտաքին ճիգերից,
- սալերում բացվածքների առկայության դեպքում ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վերլուծության արդյունքները:

Հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը: Գիտական

դրույթների, եզրակացությունների և առաջարկությունների հավաստիությունն ու հիմնավորվածությունը հաստատվում են՝

- տեսական հաշվարկներից և փորձնական հետազոտություններից ստացված արդյունքներով,
- ժամանակակից հաշվարկային ծրագրերի կիրառմամբ,
- գործող շինարարական նորմերով:

Հետազոտության արդյունքների նախախործահավանությունը:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են.

- ուսանողական միջազգային գիտաժողովում (ք. Չեստոխովա, Լեհաստան, 2015 թ.),
- «Ճարտարապետության և շինարարության արդի հիմնախնդիրները» խորագրով VII միջազգային գիտաժողովում (ք. Ֆլորենցիա, Իտալիա, 2015թ.),
- ՃՀՀԱՀ «Շինարարական կոնստրուկցիաներ» ամբիոնի սեմինարներին (ք. Երևան, Հայաստան, 2014 – 2016 թթ.),
- «Ճանախագիծ» Ինստիտուտ ՍՊԸ –ում,
- ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերի վերաբերյալ քննարկումներում:

Ատենախոսության հրապարակումները:

Ատենախոսության աշխատանքի թեմայով հրապարակվել է ինը գիտական հոդված, որոնք ներկայացված են գրականության ցանկում:

Ատենախոսության կազմը և ծավալը:

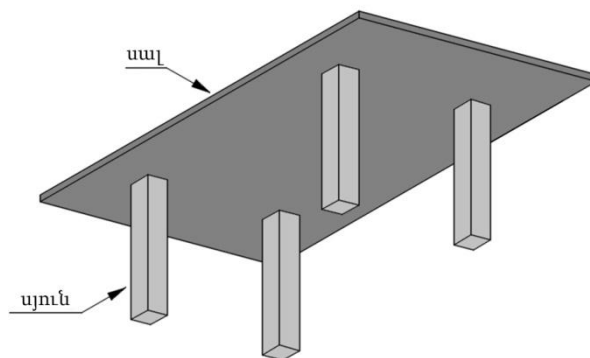
Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 4 գլխից, եզրակացություններից և առաջարկություններից, օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքը շարադրված է համակարգչային եղանակով՝ տպված 140 էջի վրա՝ ներառելով 57 նկար, 14 աղյուսակ, 113 անուն գրականության ցանկ և հավելված (26 էջ):

ԳԼՈՒԽ 1

ԱՆՅԵԾԱՆ ԾԱԾԿԵՐՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԳՈՅՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒ ՆԵՑՈՂ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՈՒ ՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

§ 1. Անհեծան ծածկերով համակարգերի հաշվարկային մեթոդների հետազոտությունը՝ համաձայն արտասահմանյան շինարարական նորմերի

Անհեծան ծածկով համակարգն իրենից ներկայացնում է երկու օրթոգոնալ ուղղություններով ամրանալորված երկաթբետոնե սալ, որը հենված է անմիջապես սյուների վրա (նկ.1.1.1): Այդ համակարգը կիրառելի է ինչպես բնակելի, այնպես էլ հասարակական շենքերում: Այն ունի մի շարք առավելություններ, ինչպիսիք են շենքի ամբողջ բարձրության նվազեցումը, դյուրին շինարարությունը, կադապրամածերի տեղադրման պարզեցված համակարգը և հարթ առաստաղ, որոնցից վերջինը նվազեցնում է առաստաղի հարդարման արժեքը [5, 9, 14]:



Նկ. 1.1.1. Անհեծան ծածկով համակարգի սխեմատիկ տեսքը

Անհեծան ծածկերը լայն տարածում են գտել ինչպես Հայաստանի Հանրապետությունում, այնպես էլ ամբողջ աշխարհում, քանի որ ունեն ազատ ճարտարապետական լուծումների հնարավորություն, և դրանք տնտեսապես ու էկոլոգիապես շահավետ են:

2010 թ. ք. Երևանում կառուցվել են անհեծան համակարգով բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենքեր, որոնք գտնվում են Սայաթ-Նովա փ. 40 և 40/1 հասցեներում (նկ.1.1.2): 22-ից մինչև 24-հարկանի շենքերի ընդհանուր մակերեսը կազմում է 49000 մ², հատակագծում սյուների քայլը տատանվում է 6,3 – 7,0 մ, իսկ հարկի բարձրությունը՝ 3,0 – 4,2 մ: Ծածկերում կիրառված բետոնը B25 դասի է: Միաձույլ երկաթբետոնե ծածկի սալի հաստությունը ընդունված է 25 սմ, իսկ սյան հատվածքի չափերը տատանվում են 50×50 - 70×70 սմ: Առկա են նաև դիաֆրագմաներ՝ 20-ից մինչև 40 սմ հաստությամբ:



Նկ. 1.1.2. Բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենքեր, Սայաթ-Նովա փ., 40 և 40/1 հասցեներ

2014 թ. վերսկսվեց Դվին հյուրանոցի շինարարությունը, որի նկուղային երկու և վերջին երեք հարկերը իրականացվել են

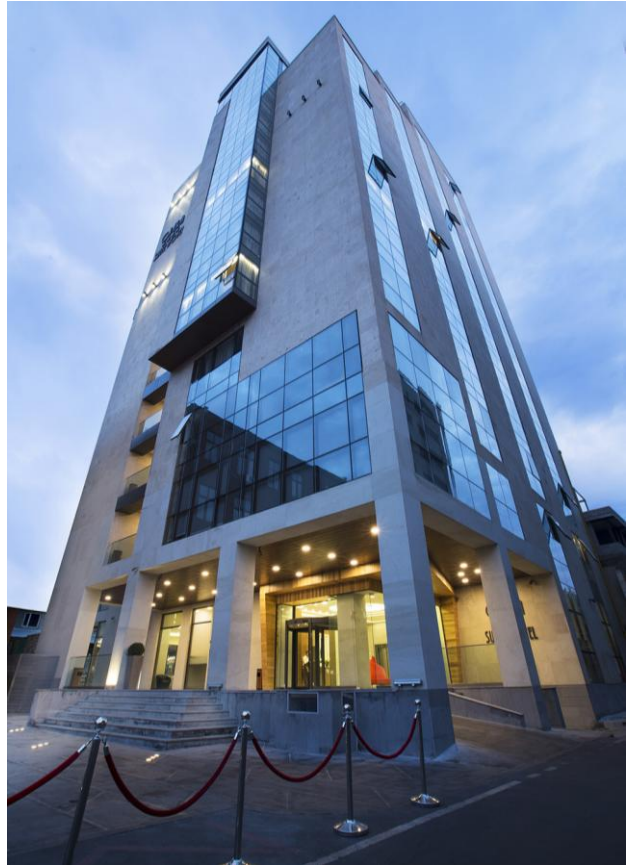
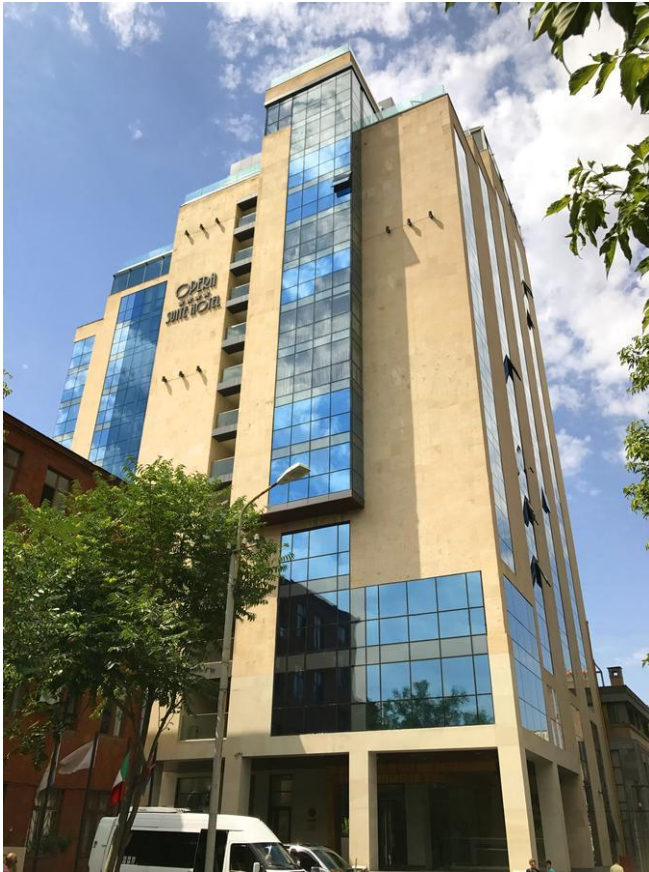


անհեծան համակարգով (նկ.1.1.3): Այս 16-հարկանի հյուրանոցի ընդհանուր մակերեսը կազմում է 70000 մ², որից 6500 մ² անհեծան է: Սյուների թռիչքները տատանվում են 2,4 – 6,4 մ, իսկ դրանց հատվածքի չափերը՝ 40×50 և 50×50 մմ: Նկուղային հարկում սալի հաստությունը հավասար է 20 մմ –ի, իսկ վերջին հարկերինը՝ 18 մմ: Տեղ-տեղ իրականացվել են խոյակներ, և առկա են դիաֆրագմաներ: Խոյակի հատվածներում սալի ընդհանուր հաստությունը կազմում է 25 մմ: Բետոնի դասը նկուղային հարկերի համար ընդունվել է B25, իսկ վերջին հարկերի համար՝ B45: Հարկերի բարձրությունը տատանվում է 3,2 – 4,5 մ:



Նկ. 1.1.3. Դվին հյուրանոցային համալիր, Պարոնյան փ, 40 հասցե

2012 թ. կառուցվեց «Opera Suit» հյուրանոցային համալիրը, որի 6 –ից մինչև 17 հարկերը իրականացվել են անհեծան համակարգով (նկ.1.1.4): Այս 17-հարկանի հյուրանոցի չափերը հատակագծում 24×38 մ են: Սյուների թռիչքները 6,0×6,0 մ են, իսկ դրանց հատվածքի չափերը՝ 50×50 և 60×60 մմ: Սալի հաստությունը հավասար է 25 մմ –ի, իսկ դիաֆրագմաներինը՝ 20 - 30 մմ: Բետոնի դասը ընդունվել է B25: Հարկերի բարձրությունները տատանվում է 3,0 – 4,5 մ:



Նկ. 1.1.4. «Opera Suit» հյուրանոցային համալիր, Բաղրամյան պող., 3 հասցե

2014 թ. շահագործման հանձնվեց Արշակունյաց պողոտայում գտնվող «Երևան մոլ» առևտրի կենտրոնը, որի նկուղային հարկը նույնպես իրականացվել է անհեծան համակարգով (նկ.1.1.5): Եռահարկ առևտրի կենտրոնը զբաղեցնում է 59900 մ²: Առևտրի կենտրոնի շինարարության արժեքը կազմել է մոտ 50 մլն դոլար, և այդ տարածքում տեղակայված է մոտ 120 խանութ: Որոշ սյուների գլխամասերում ուժեղացման նպատակով իրականացվել են խոյակներ:

2008 թ. ք. Երևանում կառուցվել է անհեծան համակարգով բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենք, որը գտնվում է Բաղրամյան պող. 53 հասցեում (նկ.1.1.6): 20 -հարկանի շենքի առանցքային չափերը հատակագծում 42,0×24,0 մ են, իսկ սյուների քայլը՝ 6,0×6,0 մ: Չարկերի բարձրությունները տատանվում են 3,0 – 4,2 մ: Ծածկերում կիրառված բետոնը B25 դասի է, իսկ ծածկի հաստությունը հավասար է 20 սմ: Սյան հատվածքի չափերը տատանվում են 50×50 - 70×70 սմ: Առկա են նաև դիաֆրագմաներ՝ 20-ից մինչև 40 սմ հաստությամբ:



Նկ. 1.1.5. «Երևան մոլ» առևտրի կենտրոն, Արշակունյաց պող., 34/3 հասցե



Նկ. 1.1.6. Բազմահարկ, բազմաֆուկս նկարչական շենք, Բաղրամյան պող., 53 հասցե

2018 թ. ք. Երևանում կառուցվել է անհեծան համակարգով «Messier 53» հյուրանոցային համալիրը, որը գտնվում է Վարդանանց փ. 15/4 հասցեում (Նկ.1.1.7): 6-հարկանի հյուրանոցային համալիրի չափերը հատակագծում 51,7×19,5 մ են, իսկ սյուների քայլը՝ 6,0 – 6,5 մ: Հարկերի բարձրությունները տատանվում են 3,0 – 5,0 մ: Ճածկերում կիրառված բետոնը B25 դասի է: Միաձուլյլ երկաթբետոնե ծածկի սալի

հաստությունը ընդունված է 25 մ, իսկ սյան հատվածքի չափերը՝ 50×50 - 90×50 մ:



Նկ. 1.1.7. «Messier 53» հյուրանոցային համալիր, Վարդանանց փ, 15/4 հասցե
2006 թ. Ռուսաստանի Դաշնությունում կառուցվել է անհեծան
համակարգով բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենք, որը գտնվում է ք.
Դնեպրոպետրովսկ Շևչենկո փ. 53 հասցեում (նկ.1.1.8): Այս կառույցը
բաղկացած է տարբեր մասնաշենքերից, որոնց հարկայնությունները
տատանվում են 6-ից մինչև 17 հարկ:



Նկ. 1.1.8. «ENIGMA» բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենք, Շևչենկո փ, 53
հասցե

Բազմաֆունկցիոնալ շենքի առանցքային չափերը հատակագծում
72,0×36,0 մ են, իսկ սյուների քայլը՝ 6,0×6,0 և 6,0×9,0 մ: Ծածկերում
կիրառված բետոնը B35 դասի է, իսկ ծածկի հաստությունը հավասար է 28

սմ: Սյան հատվածքի չափերը տատանվում են 50×50 - 100×50 սմ: Առկա են նաև դիաֆրագմաներ:

2007 թ. Ռուսաստանի Դաշնության Ռուսում կառուցվել է անհեծան համակարգով բազմահարկ, բազմաֆունկցիոնալ շենք, որը գտնվում է ք. Դնեպրոպետրովսկ փ. Գլինկա 7 հասցեում (նկ.1.1.9): 14-հարկանի այս կառույցի ընդհանուր մակերեսը 8245 մ^2 է, իսկ սյուների քայլը տատանվում է $4,1 - 5,8 \text{ մ}$: Ճածկերում կիրառված բետոնը B35 դասի է, իսկ ամրանը՝ A400C: Միաձույլ երկաթբետոնե ծածկի հաստությունը հավասար է 26 սմ : Սյան հատվածքի չափերը երկու տիպի են՝ 50×50 և 55×55 սմ: Առկա են նաև դիաֆրագմաներ:



Նկ. 1.1.7. Բիզնես կենտրոն, Գլինկա փ, 7 հասցե

2010 թ. Արաբական Միացյալ Էմիրություններում անհեծան համակարգով կառուցվել է աշխարհի ամենաբարձր երկնաքերը՝ «Burj Khalifa» -ն 828 մ բարձրությամբ, որը գտնվում է ք. Դուբայում՝ փ. Շեյխ Մուհամեդ Բին Ռաշիդ 1 հասցեում (նկ.1.1.10): 163-հարկանի այս երկնաքերի ընդհանուր մակերեսը 460000 մ^2 է, իսկ սյուների քայլը՝ $9,0 \text{ մ}$: Միաձույլ երկաթբետոնե ծածկի հաստությունը տատանվում է $20 - 30$

սմ: Ուղղահայաց կրող տարրերի համար կիրառվել են B75 և B100 դասի բետոններ, իսկ հորիզոնական տարրերի համար՝ B60 դասի բետոն: Առկա է նաև միաձույլ երկաթբետոնե միջուկ և դիաֆրագմաներ: Միջուկի պատերի հաստությունը տատանվում է 500 – 1300 սմ:



Նկ. 1.1.10. «Burj Khalifa», ք. Դուբայ, Շեյխ Մոհամեդ բին Ռաշիդ փ, 1 հասցե

2013 թ. Արաբական Միացյալ Էմիրությունների մայրաքաղաք Աբու Դաբիում անհեծան համակարգով կառուցվել է երկնաքեր՝ «Gate Towers» 238 մ բարձրությամբ, որը գտնվում է Ալ Ռիմ կղզու վրա (նկ.1.1.11): 66-հարկանի այս հյուրանոցային համալիրի ընդհանուր մակերեսը 790000 մ² է: Վերին կամրջի իրականացման համար կիրառվել է մետաղե կոնստրուկցիա, իսկ կառույցի համար՝ միաձույլ երկաթբետոն: Հեծաններ կիրառվել են այն հատվածներում, որտեղ անհրաժեշտ էր ապահովել սալի կրիտիկական ճգմանցումը և մեծ թռիչքներում՝ ճկվածքները: Տվյալ համակարգը ընտրվել է ազատ ճարտարապետական լուծումների նպատակով, խուսափելով առատադի ավելորդ ելուստներից:

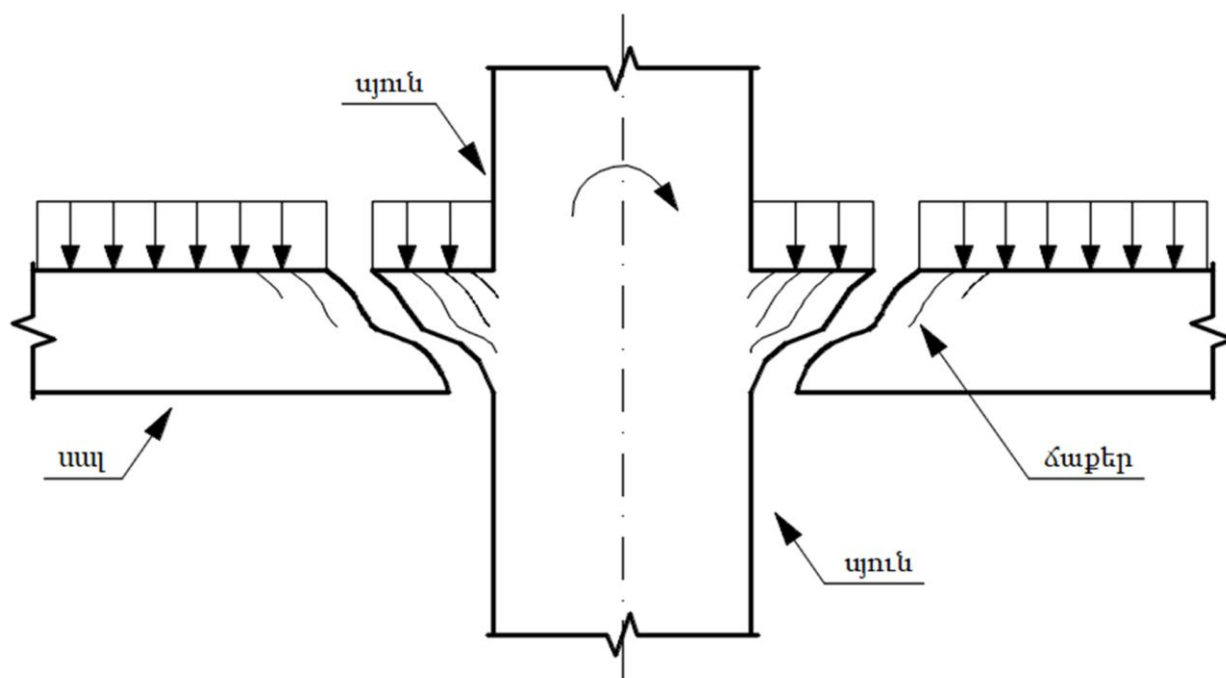
Հարթ երկաթբետոնե տարրերի (սալերի) հաշվարկն ըստ ճգմանցման [7, 31] իրականացվում է դրանց վրա կենտրոնացված ուժերի և ծռող

մոմենտների ազդեցությամբ ունենալու դեպքում: Ամենատարածված դեպքը, որի համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել ճգմանցման երևույթը, սալի այն հատվածն է, որը գտնվում է անմիջապես սյան շուրջը [12, 19, 20, 23]: Նկար 1.1.12 –ում ցույց է տրված արտաքին բեռնվածքների ազդեցության տակ սալի ճգմանցման ընդհանուր սխեման:



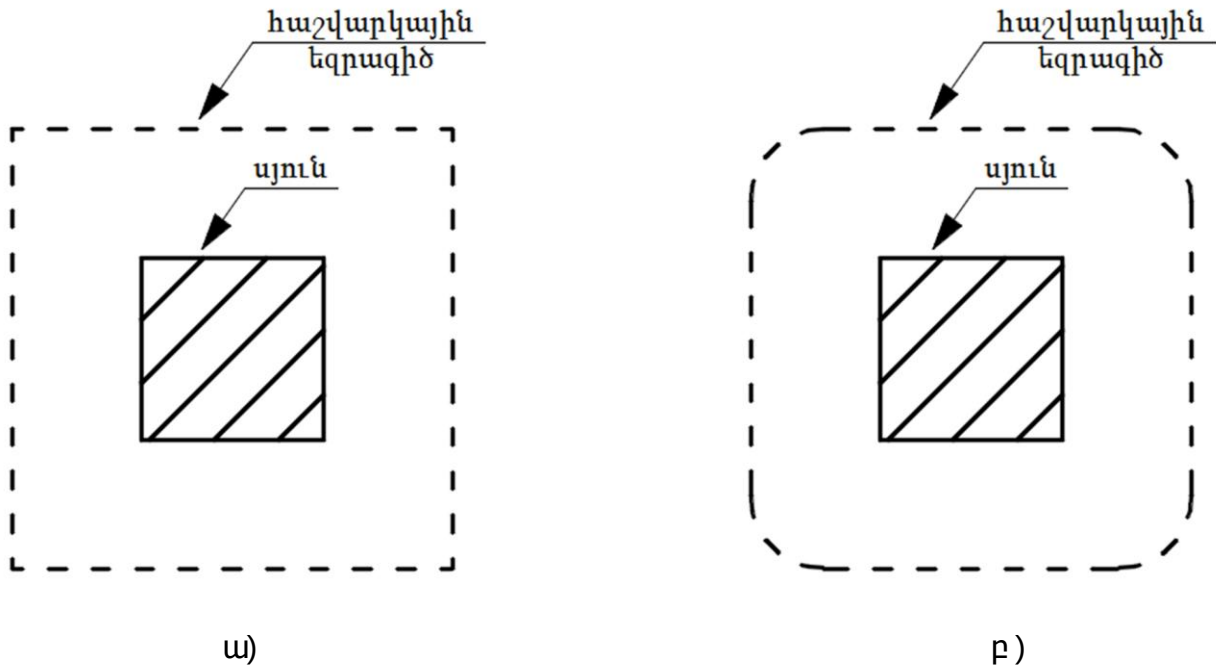
Նկ. 1.1.11. «Gate Towers», ք. Աբու Դաբի

ճգմանցումը կարելի է համարել որպես սալի սահք բեռնավորված հատվածի նկատմամբ: ճգմանցման արդյունքում վնասված մակերևույթն ունի հատած բուրգի տեսք: Առաջին գործոնը, որը պետք է որոշվի ճգմանցման ուժի պայմանում, այդ բուրգից ստացված հաշվարկային լայնական կտրվածքի եզրագծի պարագիծն է՝ u :



Նկ. 1.1.12. Ճգմանցման ընդհանուր սխեմա

Եզրագծի տեսքը, համաձայն տարբեր շինարարական նորմերի, միմյանցից տարբերվում է: Համաձայն ռուսական երկաթբետոնե նորմերի [30]՝ լայնական կտրվածքի եզրագիծն ունի քառակյուն տեսք (քառակուսի կամ ուղղանկյուն), իսկ համաձայն եվրոպական [61] և ամերիկյան [43] երկաթբետոնե նորմերի՝ այդ եզրագծի տեսքը կորագծային է (նկ.1.1.13):



ա)

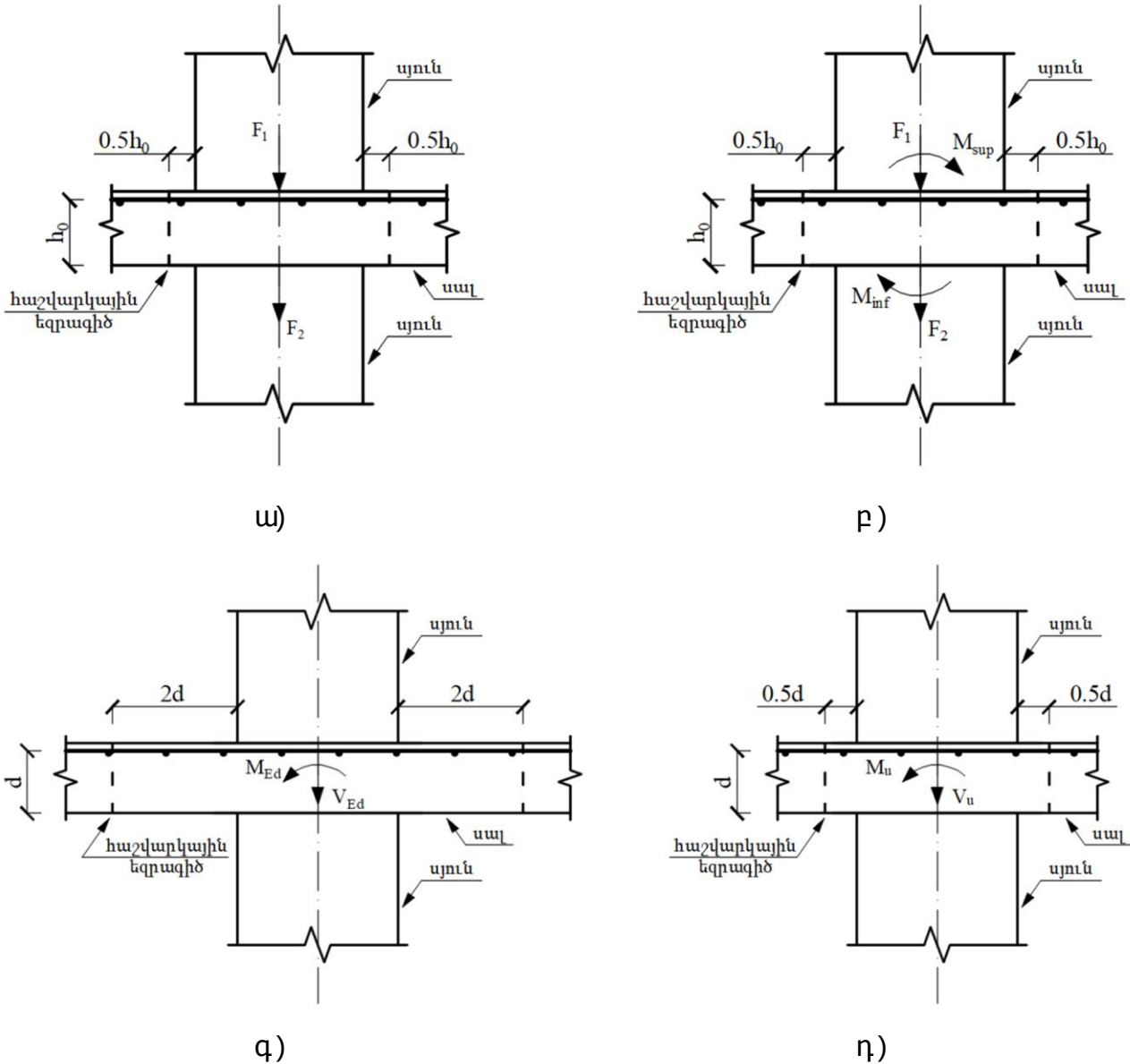
բ)

Նկ. 1.1.13. Լայնական կտրվածքի հաշվարկային եզրագծերը՝ համաձայն CHuП 2.03.01-84, СП 63.133330.2012, ACI 318M-14 –ի (ա) և Eurocode 2 –ի (բ)*

Ուղղանկյուն կամ քառակուսի տեսքով եզրագծերը մի փոքր շեղում են իրական հաշվարկները, սակայն բավական հեշտացնում են հետագա հաշվարկները: Ուղղանկյուն կամ քառակուսի տեսքով եզրագծերի մեկ այլ առավելությունն այն է, որ եթե ամրանավորման անհրաժեշտություն չի, ապա այդ տեսքով եզրագծում հնարավոր կլինի ամրանավորել ամբողջ մակերեսը, քանի որ սովորաբար ամրանավորման ցանցերն ունեն քառակուսի կամ ուղղանկյուն տեսք [17]:

Եզրագծի ընտրումից հետո անհրաժեշտ է որոշել տեղակայված բեռնվածքից մինչև պարագծի եզրագիծ հեռավորությունը: Ըստ ճգմանցման հաշվարկը հիմնված է էմպիրիկ բանաձևերի վրա, հետևաբար այս հարցին չկա հստակ լուծում: Նույն ամրությունը հնարավոր է

ստանալ՝ կիրառելով սահքի բարձր դիմադրություն և կարճ պարագիծ, կամ կիրառելով սահքի ցածր դիմադրություն և երկար պարագիծ: Համաձայն [30] և [43] երկաթբետոնե նորմերի՝ տեղակայված բեռնվածքից մինչև պարագծի եզրագիծ հեռավորությունը ընդունվում է հավասար $0,5h_0$, իսկ համաձայն [61] նորմերի՝ $2,0d$ (նկ.1.1.14):



Նկ. 1.1.14. Ճգմանցման հաշվարկի պայմանական մոդելներ՝ համաձայն CHuП 2.03.01-84* (ա), СП 63.133330.2012 (բ), ACI 318M-14 (դ) և Eurocode 2 (գ)

Տարրերի հաշվարկն ըստ ճգմանցման կենտրոնացված ուժի և ծռող մոմենտի ազդեցության դեպքում՝ համաձայն ռուսական երկաթբետոնե նորմերի [26, 30]:

Տարրերի հաշվարկն առանց լայնական ամրանավորման:

Առանց լայնական ամրանի տարրերի հաշվարկն ըստ ճգմանցման միաժամանակ ազդող կենտրոնացված ուժի և ծռող մոմենտի դեպքում իրականացվում է հետևյալ պայմանից.

$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M}{M_{b,ult}} \leq 1, \quad (1.1.1)$$

որտեղ F –ը կենտրոնացված ուժն է արտաքին բեռնվածքից, M –ը ծռող մոմենտն է արտաքին բեռնվածքից, $F_{b,ult}$ և $M_{b,ult}$ –ը համապատասխանաբար սահմանային կենտրոնացված ուժն է և ծռող մոմենտը, որը կարող է իր վրա ընդունել բետոնը հաշվարկային լայնական հատվածքում դրանց առանձին ազդեցության նկատմամբ դեպքում:

$F_{b,ult}$ ճիգը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$F_{b,ult} = R_{bt} A_b, \quad (1.1.2)$$

որտեղ R_{bt} –ն բետոնի սեղմման դիմադրության ուժն է, A_b –ն հաշվարկային լայնական հատվածի մակերեսն է՝ տեղակայված կենտրոնական ուժի F ազդման սահմանից $0,5h_0$ հեռավորության վրա h_0 աշխատանքային բարձրությամբ:

A_b մակերեսը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$A_b = u h_0, \quad (1.1.3)$$

որտեղ u –ն հաշվարկային լայնական հատվածի եզրագծի պարագիծն է, h_0 –ն հատվածի բերված աշխատանքային բարձրությունն է՝ $h_0 = 0,5(h_{0x} + h_{0y})$, այստեղ h_{0x} և h_{0y} –ը լայնական ամրանի հատվածի աշխատանքային բարձրություններն են՝ տեղակայված X և Y առանցքների ուղղությամբ:

Հարթ ծածկերով երկաթբետոնե կարկասային շենքերում կենտրոնացված ծռող մոմենտը M_{loc} հավասար է սյան վերին և ստորին հատվածների ու սալի հետհատման հանգույցներում ծռող մոմենտների գումարին:

Սահմանային ծռող մոմենտը $M_{b,ult}$ որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$M_{b,ult} = R_{bt} W_b h_0, \quad (1.1.4)$$

որտեղ W_b –ն բետոնի հաշվարկային լայնական հատվածի դիմադրության մոմենտն է:

Երբ ծռող մոմենտի ազդեցությունը երկու ուղղահայաց հարթություններով է, ապա հաշվարկն իրականացվում է հետևյալ պայմանից.

$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} \leq 1, \quad (1.1.5)$$

որտեղ F , M_x և M_y –ը համապատասխանաբար կենտրոնացված ուժն է և ծռող մոմենտները X և Y առանցքների ուղղությամբ արտաքին բեռնվածքից ըստ ճգմանցման հաշվարկի դեպքում, $F_{b,ult}$, $M_{bx,ult}$ և $M_{by,ult}$ –ը համապատասխանաբար սահմանային կենտրոնացված ուժն է և ծռող մոմենտները X և Y առանցքների ուղղությամբ, որոնք կարող է իր վրա ընդունել բետոնը հաշվարկային լայնական հատվածքում դրանց առանձին ազդեցությունների դեպքում:

Տարրերի հաշվարկը լայնական ամրանով:

Լայնական ամրանով տարրի ամրության հաշվարկ ըստ ճգմանցման՝ կենտրոնացված ուժի և ծռող մոմենտի ազդեցությամբ երկու ուղղահայաց հարթություններով, իրականացվում է հետևյալ պայմանից.

$$\frac{F}{F_{b,ult} + F_{sw,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult} + M_{sw,y,ult}} \leq 1, \quad (1.1.6)$$

որտեղ $F_{sw,ult}$, $M_{sw,x,ult}$ և $M_{sw,y,ult}$ –ը համապատասխանաբար սահմանային կենտրոնացված ուժն է և ծռող մոմենտները X և Y առանցքների ուղղությամբ, որոնք կարող է լայնական ամրանը ընդունել իր վրա դրանց առանձին ազդեցությունների դեպքում:

$F_{sw,ult}$ ճիգը, որն իր վրա է ընդունում լայնական ամրանը, նորմալ տարրի երկայնական առանցքին և հավասարաչափ տեղակայված է հաշվարկային լայնական հատվածքի եզրագծի երկայնքով, որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$F_{sw,ult} = 0,8 q_{sw} u, \quad (1.1.7)$$

որտեղ q_{sw} –ն հաշվարկային լայնական հատվածքի եզրագծի միավոր երկարության վրա լայնական ամրանի ճիգն է՝ տեղակայված $0,5h_0$ հեռավորության վրա հաշվարկային հատվածքի եզրագծի երկու կողմերից.

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{S_w}, \quad (1.1.8)$$

որտեղ A_{sw} –ն լայնական ամրանի հատվածքի մակերեսը s_w քայլով:

$M_{sw,x,ult}$ և $M_{sw,y,ult}$ ճիգերը, որոնք լայնական ամրանը ընդունում է իր վրա, ուղղված տարրի երկայնական առանցքի նորմալով և տեղակայված հավասարաչափ հաշվարկային հատվածքի եզրագծի երկայնքով, որոշվում են ծռող մոմենտի ազդեցության դեպքում համապատասխան X և Y առանցքների ուղղությամբ հետևյալ բանաձևով.

$$M_{sw,ult} = 0,8 q_{sw} W_{sw} : \quad (1.1.9)$$

$F_{b,ult} + F_{sw,ult}$, $M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult}$, $M_{by,ult} + M_{sw,y,ult}$ մեծությունները ընդունում են ոչ ավելի քան համապատասխանաբար $2F_{b,ult}$, $2M_{bx,ult}$, $2M_{by,ult}$ արժեքներից:

$F_{b,ult} + F_{sw,ult}$ մեծությունը ընդունում են ոչ ավելի քան $2F_{b,ult}$:
Լայնական ամրանը հաշվի են առնում հաշվարկում $F_{sw,ult}$ ոչ պակաս քան $0,25F_{b,ult}$:

Մոմենտի M_{loc} ազդեցության դեպքում, երբ դրա հետմիասին ազդում է կենտրոնացված բեռնվածքը, ապա այդ մոմենտի կեսը հաշվի են առնում ճգմանցման հաշվարկում, իսկ մյուս կեսը՝ նորմալ հատվածքի հաշվարկներում:

Ամրության պայմանում կենտրոնացված ուժի և մոմենտի ազդեցության դեպքում ազդող կենտրոնացված մոմենտների M և սահմանային M_{ult} միջև հարաբերությունը, որը հաշվի է առնվում ճգմանցման դեպքում, ընդունվում է կեսից ոչ ավելին, քան ազդող կենտրոնացված ուժերի F և սահմանային F_{ult} միջև հարաբերությունը:

Ծռվող տարրերի դեպքում լայնական ամրանի (անուր) տրամագիծը գործված կարկասներում ընդունում են ոչ պակաս 6 մմ -ից:

Հաշվարկային լայնական հատվածքի մակերեսով ազդող շոշափող ճիգերը պետք է բեռնը վերցնի իր վրա՝ բեռնի առանցքային ճգման դիմադրությամբ և լայնական ամրանով, տեղակայված բեռնավորված մակերեսից ոչ ավելի քան h_0 և առնվազն $h_0/3$ հեռավորության վրա, R_{sw} ճգման դիմադրությամբ:

Սալում բացվածքը, որը տեղակայված է $6h$ –ից փոքր հեռավորության վրա բեռի փոխանցման մակերեսի եզրից կամ անկյունից, հաշվարկային եզրագծի մասը, որը տեղակայված է բացվածքի նկատմամբ երկու շոշափողների միջև, տարված բեռի փոխանցման մակերեսի ծանրության կենտրոնից, հաշվի չի առնվում հաշվարկում:

Լայնական ամրանների միջև հեռավորությունը հաշվարկային եզրագծին զուգահեռ ուղղությամբ ընդունում են համապատասխան հաշվարկային եզրագծի կողմի երկարության $\frac{1}{4}$ -ից ոչ ավել:

Երկաթբետոնե տարրերում, որոնցում հաշվարկով լայնական ուժն իր վրա չի կարող վերցնել միայն բետոնը, հարկավոր է տեղադրել լայնական ամրան ոչ ավելի քան $0,5h_0$ քայլով և ոչ ավել 300 մմ –ից:

Սալերում՝ ճգմանցման գոտիներում [16, 33], լայնական ամրանը տեղադրվում է հաշվարկային եզրագծին ուղղահայաց ուղղությամբ, ոչ ավելի քան $1/3h_0$ քայլով և ոչ ավել 300 մմ –ից: Եզրագծի բեռնված մակերեսի մոտակայքում ձողերը տեղադրվում են այդ եզրագծից ոչ պակաս քան $h_0/3$ և ոչ ավել $h_0/2$ –ից: Այդ դեպքում լայնական ամրանի տեղադրման գոտու լայնությունը պետք է լինի $1,5h_0$ –ից ոչ պակաս: Թույլատրվում է լայնական ամրանի քայլի ավելացում մինչև $1/2h_0$ (նկ.1.1.15): Ընդ որում հարկավոր է դիտարկել ճգմանցման բուրգի ամենաանսպասակալարմար դիրքը, և հաշվարկներում հաշվի առնել այն ամրանային ձողերը, որոնք հատում են ճգմանցման բուրգը:

Ընդհանուր դեպքում բետոնի հաշվարկային եզրագծի դիմադրության մոմենտը $W_{bx(y)}$ ճգմանցման դեպքում երկու ուղղահայաց X և Y առանցքների ուղղությամբ, որոշում են՝

$$W_{bx(y)} = \frac{I_{bx(y)}}{x(y)_{\max}}, \quad (1.1.10)$$

որտեղ $I_{bx(y)}$ –ը հաշվարկային եզրագծի իներցիայի մոմենտն է Y_1 և X_1 առանցքների նկատմամբ, որոնք անցնում են դրա ծանրության կենտրոնով, $x(y)_{\max}$ –ը հաշվարկային եզրագծից մինչև դրա ծանրության կենտրոնը եղած առավելագույն հեռավորությունն է:

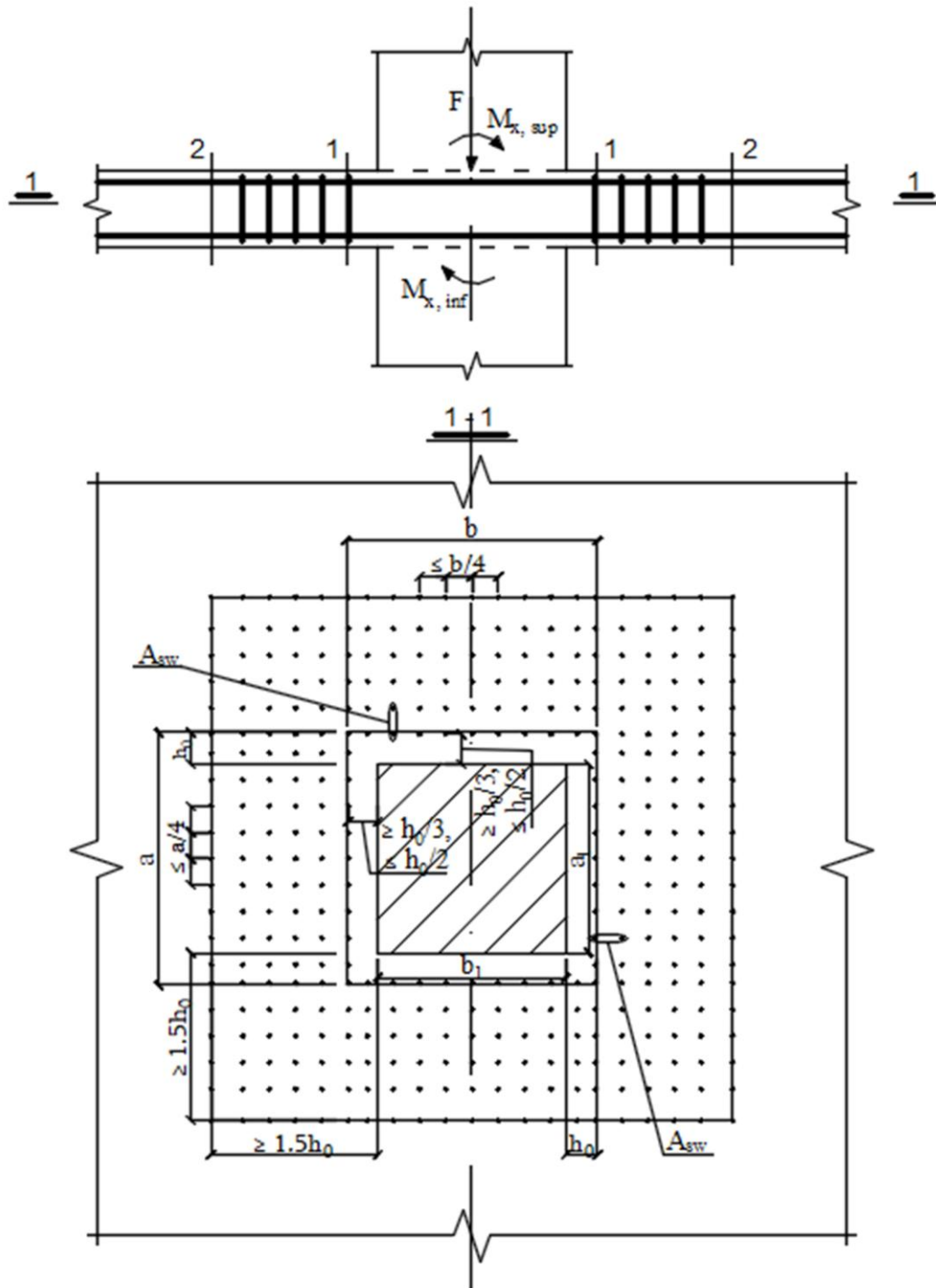
Իներցիայի մոմենտի մեծությունը $I_{bx(y)}$ որոշում են ինչպես լայնական հատվածքի հաշվարկային եզրագծի առանձին տեղամասերի իներցիայի մոմենտների $I_{bx(y)i}$ գումար կենտրոնական առանցքների նկատմամբ, որոնք անցնում են հաշվարկային եզրագծի ծանրության կենտրոնով, յուրաքանչյուր տեղամասի լայնությունը պայմանական ընդունելով հավասար մեկի:

Այն դեպքում, երբ լայնական ամրանը տեղակայված է հավասարաչափ հաշվարկային եզրագծի երկայնքով ճգմանցման գոտում, որի

սահմանները բոլոր կողմերից գտնվում են $\hbar/2$ հեռավորության վրա բետոնի ճգմանցման եզրագծից, ապա լայնական ամրանի դիմադրության մոմենտների մեծությունները $W_{sw,x(y)}$ ըստ ճգմանցման ընդունում են հավասար համապատասխան W_{bx} և W_{by} մեծություններին:

Հաշվարկային եզրագծի ծանրության կենտրոնի դիրքը ընտրված առանցքի նկատմամբ որոշում են հետևյալ բանաձևով.

$$x(y)_0 = \frac{\sum L_i x_i (y_i)_0}{\sum L_i}, \quad (1.1.11)$$



Նկ. 1.1.15 Ուղղահայաց, հավասարաչափ բաշխված լայնական ամրանով երկաթբետոնե սալի սխեմա՝ ըստ ճգման ցման հաշվարկ կատարելու համար [30]

որտեղ L_i –ն հաշվարկային եզրագծի առանձին տեղամասի երկարությունն է, $x_i(y_i)_0$ –ն հաշվարկային եզրագծի առանձին տեղամասերի ծանրության կենտրոններից մինչև ընտրված առանցքները եղած հեռավորությունն է:

Հաշվարկներում ընտրվում են դիմադրության մոմենտների W_{bx} և W_{by} նվազագույն արժեքները:

Բետոնի հաշվարկային եզրագծի դիմադրության մոմենտը կլոր հատվածքով սյունների համար որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$W_b = \frac{\pi (D + h_0)^2}{4}, \quad (1.1.12)$$

որտեղ D –ն սյան տրամագիծն է:

Հարթ տարրում, բեռնավորված մակերեսի ըստ առանցքներով կենտրոնացված լայնական ամրանների տեղակայման դեպքում, օրինակ ըստ սյան առանցքի, լայնական ամրանի դիմադրության մոմենտները որոշվում են նույն կերպ, ինչ բետոնի դիմադրության մոմենտները՝ ընդունելով համապատասխան փաստացի երկարություն $L_{sw,x}$ և $L_{sw,y}$ ըստ ճգմանցման հաշվարկային եզրագծի, լայնական ամրանների տեղակայումով սահմանափակված տեղամասում:

Տարրերի հաշվարկն ըստ ճգմանցման կենտրոնացված ուժի և ծռող մոմենտի ազդեցության դեպքում՝ համաձայն եվրոպական երկաթբետոնե նորմերի [53, 61]:

Տարրերի հաշվարկն առանց լայնական ամրանավորման:

ճգմանցման հաշվարկային մեթոդը հիմնված է ըստ սյան սահմաններով և ըստ հիմնական վերահսկման պարագծի u_1 ստուգումների իրականացման վրա: Եթե պահանջվում է լայնական ամրան, անհրաժեշտ է որոշել պարագծի՝ $u_{out,ef}$, որի համար հետագայում չի պահանջվի լայնական ամրանի տեղադրում: Որոշվում են շոշափող լարումների հաշվարկային մեծությունները՝ ըստ լայնական հատվածքների.

Անհրաժեշտ է իրականացնել հետևյալ ստուգումները.

1. սյան պարագծի երկայնքով կամ բեռի տեղադրման մակերեսի պարագծի վրա ճգմանցումից առաջացած առավելագույն լարումը չպետք է գերազանցի.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}, \quad (1.1.13)$$

որտեղ $V_{Rd,max}$ -ը լայնական ամրանով սալի ճգմանցման առավելագույն հաշվարկային դիմադրությունն է լայնական հատվածքում,

2. ճգմանցման պայմանից լայնական ամրան չի պահանջվում, եթե.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}, \quad (1.1.14)$$

որտեղ $v_{Rd,c}$ - սալի ճգմանցման հաշվարկային դիմադրությունն է առանց
լայնական ամրանի դիտարկվող լայնական հատվածքում,

3. եթե դիտարկվող վերահսկման հատվածքի համար v_{Ed} մեծությունը
գերազանցում է $v_{Rd,c}$, ապա անհրաժեշտ է նախատեսել լայնական
ամրան ճգմանցումից խուսափելու համար:

Եթե հենարանային հակազդումը համեմատած եզրագծի պարագծի հետ
գործում է արտակենտրոնությամբ, ապա անհրաժեշտ է որոշել
առավելագույն լարումը, ըստ կտրման, հետևյալ բանաձևով.

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}, \quad (1.1.15)$$

որտեղ V_{Ed} -ն հաշվարկային լայնական ուժն է, d -ն սալի աշխատանքային
բարձրությունն է (նույն h_0), որը հավասար է $(d_y + d_z)/2$, d_y , d_z -ը լայնական
հատվածքում y և z ուղղություններով սալի աշխատանքային
բարձրությունն է (նույն h_{0x} և h_{0y}), u_i -ն դիտարկվող եզրագծի պարագծի
(նույն u), իսկ β -ն որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_i}{W_i}, \quad (1.1.16)$$

որտեղ k -ն գործակիցն է՝ կախված սյան չափերի հարաբերությունից c_1 և
 c_2 (նույն a_1 և b_1), այդ մեծությունը համարվում է անհավասարակշռված
մոմենտի ֆունկցիա՝ փոխանցված լայնական ուժից և միաժամանակ
ծռումից ու ոլորումից, W_i -ն համապատասխանում է լայնական ճիգի
բաշխմանը (նկ.1.1.16) և համարվում է հիմնական եզրագծի պարագծի
ֆունկցիա u_1 .

$$W_i = \int_0^u |e| dl, \quad (1.1.17)$$

որտեղ dl -ը պարագծի երկարության անն է, e -ն dl -ից մինչև այն առանցքը
եղած հեռավորությունն է, որի շուրջ գործում է M_{Ed} մոմենտը:

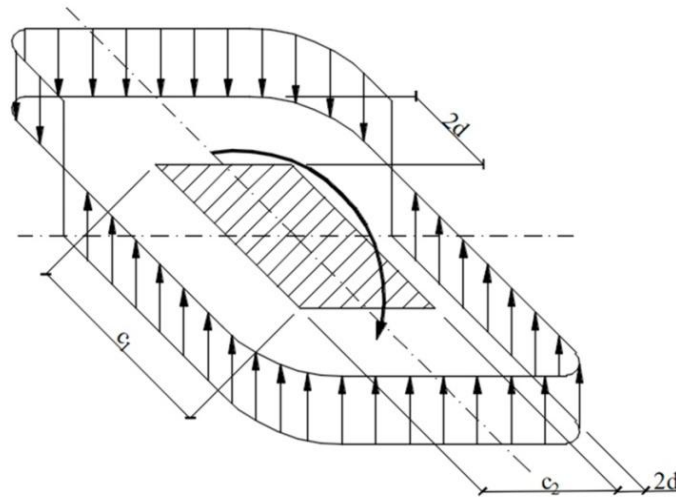
Ուղղանկյուն սյուների համար

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4c_2 d + 16d^2 + 2\pi d c_1: \quad (1.1.18)$$

Կլոր հատվածքի ներքին սյուների համար β -ն որոշվում է հետևյալ
բանաձևով.

$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d}, \quad (1.1.19)$$

որտեղ D' –ն կլոր հատվածքի սյան տրամագիծն է, e –ն տեղակայված բեռնվածքի արտակենտրոնությունն է, $e = M_{Ed}/V_{Ed}$:



Նկ. 1.1.16 Լայնական ճիգերի բաշխումը անհավասարաչափ մոմենտի դեպքում սալի և միջին սյան հանգույցում [61]

Երկու առանցքների նկատմամբ արտակենտրոն տեղադրված բեռնվածքի դեպքում, ուղղանկյուն հատվածքի ներքին սյան համար β –ն որոշվում է մոտավոր բանաձևով.

$$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}, \quad (1.1.20)$$

որտեղ e_y և e_z –ը արտակենտրոնություններն են՝ համապատասխանաբար y և z առանցքների երկայնքով, b_y և b_z –ը եզրագծի պարագծի չափերն են:

Եզրային սյուների միացումների դեպքում, եթե սալի եզրին ուղղահայաց բեռնվածքի արտակենտրոնությունը ուղղված է դեպի ներս և եզրին զուգահեռ չկա բեռնվածքի արտակենտրոնություն՝ ճգմանցող ուժը կարելի է ընդունել հավասարաչափ բաշխված եզրագծի պարագծի երկայնքով u_{1*} :

Երկու օրթոգոնալ ուղղություններով արտակենտրոնության դեպքում β գործակիցը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{par}, \quad (1.1.21)$$

որտեղ u_{1*} -ը փոքրացված հիմնական եզրագծի պարագծն է, e_{par} -ը եզրային սալին զուգահեռ արտակենտրոնությունն է, որը որոշվում է եզրային սալին ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ մոմենտով, W_1 -ը հաշվարկվում է հիմնական եզրագծի պարագծի u_1 համար:

Ողղանկյուն հատվածքով սյունների համար W_1 -ը որոշվում է

$$W_1 = \frac{C_2^2}{4} + C_1 C_2 + 4C_1 d + 8d^2 + 2\pi d C_2: \quad (1.1.22)$$

W_1 -ի հաշվարկի դեպքում e հեռավորությունն անհրաժեշտ է հաշվի առնել եզրագծի պարագծի ծանրության կենտրոնից:

Անկյունային սյունների միացման համար, եթե ծանրության կենտրոնը ուղղված է դեպի սալի ներս, ենթադրվում է, որ լայնական ուժը բաշխված է հավասարաչափ, փոքրացված եզրագծի պարագծի երկայնքով: Այդ դեպքում β գործակիցը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}}: \quad (1.1.23)$$

Սալի դիմադրությունն ըստ ճգմանցման՝ առանց լայնական ամրանի.

Սալի ճգմանցման դիմադրությունը հարկավոր է որոշել հիմնական լայնական հատվածքի համար: Ճգմանցման դիմադրության հաշվարկային մեծությունը կարող է որոշվել հետևյալ կերպ.

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_{1,ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq V_{min} + k_1 \sigma_{cp}, \quad (1.1.24)$$

որտեղ f_{ck} -ն բետոնի գլանային ամրությունն է՝ ըստ սեղմման:

k -ն որոշվում է հետևյալ պայմանից.

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0, \quad (1.1.25)$$

այստեղ d -ն մմ-ով, $\rho_1 = \sqrt{\rho_y \rho_z} \leq 0,02$, այստեղ ρ_y , ρ_z -ը ձգված արդպատի ամրանավորման գործակիցներն են, որոնք ունեն խարսխում բետոնի հետ համապատասխանաբար x և y ուղղություններով: ρ_y և ρ_z մեծությունները, որպես կանոն, հարկավոր է հաշվի առնել ինչպես միջինացված արժեք՝ հաշվարկում ընդունելով սալի հաստությունը հավասար սյան հաստությանը գումարած $3d$ յուրաքանչյուր ուղղությամբ, $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$,

այստեղ, σ_{cy} , σ_{cz} –ը կրիտիկական հատվածքում բետոնի նորմալ լարումներն են y և z ուղղություներով:

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \text{ և } \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}, \quad (1.1.26)$$

որտեղ $N_{Ed,y}$, $N_{Ed,x}$ –ը երկայնական ճիգերն են, որոնք գործում են ներքին հենարանների համար ամբողջ գոտիով դիտարկվող կլոր հատվածքի մակերեսի սահմաններում, և երկայնական ճիգերն են, որոնք գործում են անկյունային սյուների համար դիտարկվող կլոր հատվածքի մակերեսում: Տվյալ ճիգը կարող է առաջանալ կամ բեռնվածքի կամ նախալարված լինելու պատճառով, A_c –ն, համաձայն N_{Ed} որոշման, բետոնի մակերեսն է:

Սալի դիմադրությունն ըստ ճգմանցման՝ լայնական ամրանով.

Եթե պահանջվում է լայնական ամրան, ապա դա անհրաժեշտ է հաշվել հետևյալ բանաձևով.

$$V_{Rd,cs} = 0,75V_{Rd,c} + 1,5 \frac{d}{s_r} A_{sw} f_{ywd,ef} \frac{1}{u_1 d} \sin \alpha, \quad (1.1.27)$$

որտեղ $V_{Rd,cs}$ –ը լայնական ամրանով սալի ճգմանցմանը դիմադրելու հաշվարկային մեծություներն են հիմնական լայնական հատվածքում, A_{sw} –ն մի պարագծում սյան շուրջ լայնական ամրանի հատվածքի մակերեսն է, s_r –ը լայնական ամրանի պարագծերի միջև եղած շառավղային հեռավորությունն է, $f_{ywd,ef}$ –ը լայնական ամրանի արդյունավետ հաշվարկային դիմադրությունն է՝ համաձայն $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$, α –ն լայնական ամրանի և սալի հարթության միջև անկյունն է:

Սյան սահմանով ճգմանցման դիմադրությունը սահմանափակված է առավելագույն մեծությամբ.

$$V_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq V_{Rd,max}, \quad (1.1.28)$$

որտեղ u_0 –ն ներքին հենարանի համար հավասար է սյան պարագծի երկարությանը, եզրային հենարանի համար՝ $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$, անկյունային հենարանի համար՝ $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$:

Եզրագծի պարագծի $u_{out,ef}$, որի համար ξ ի պահանջվում է լայնական ամրան, անհրաժեշտ է որոշել հետևյալ կերպ.

$$u_{out,ef} = \frac{\beta V_{Ed}}{V_{Rd,C} d} : \quad (1.1.29)$$

Լայնական ամրանի ամենահեռու պարագիծը պետք է տեղակայված լինի kd հեռավորություներից ոչ հեռու և u_{out} –ից պետք է ուղղված լինի դեպի ներս:

Տարրերի հաշվարկն ըստ ճգմանցման՝ համաձայն ամերիկյան երկաթբետոնե նորմերի:

Սալի կրիտիկական կտրվածքների (հաշվարկային եզրագիծ) հաշվարկը, որն ուղղահայաց է սալի մակերևույթին, հիմնված է հետևյալ պայմանի վրա.

$$v_u \leq \phi v_n, \quad (1.1.30)$$

որտեղ v_u –ն կրիտիկական կտրվածքում շոշափող լարումն է, v_n –ն ճգմանցման կրողունակություներն է, և ϕ –ն կրողունակության նվազեցման գործակիցն է:

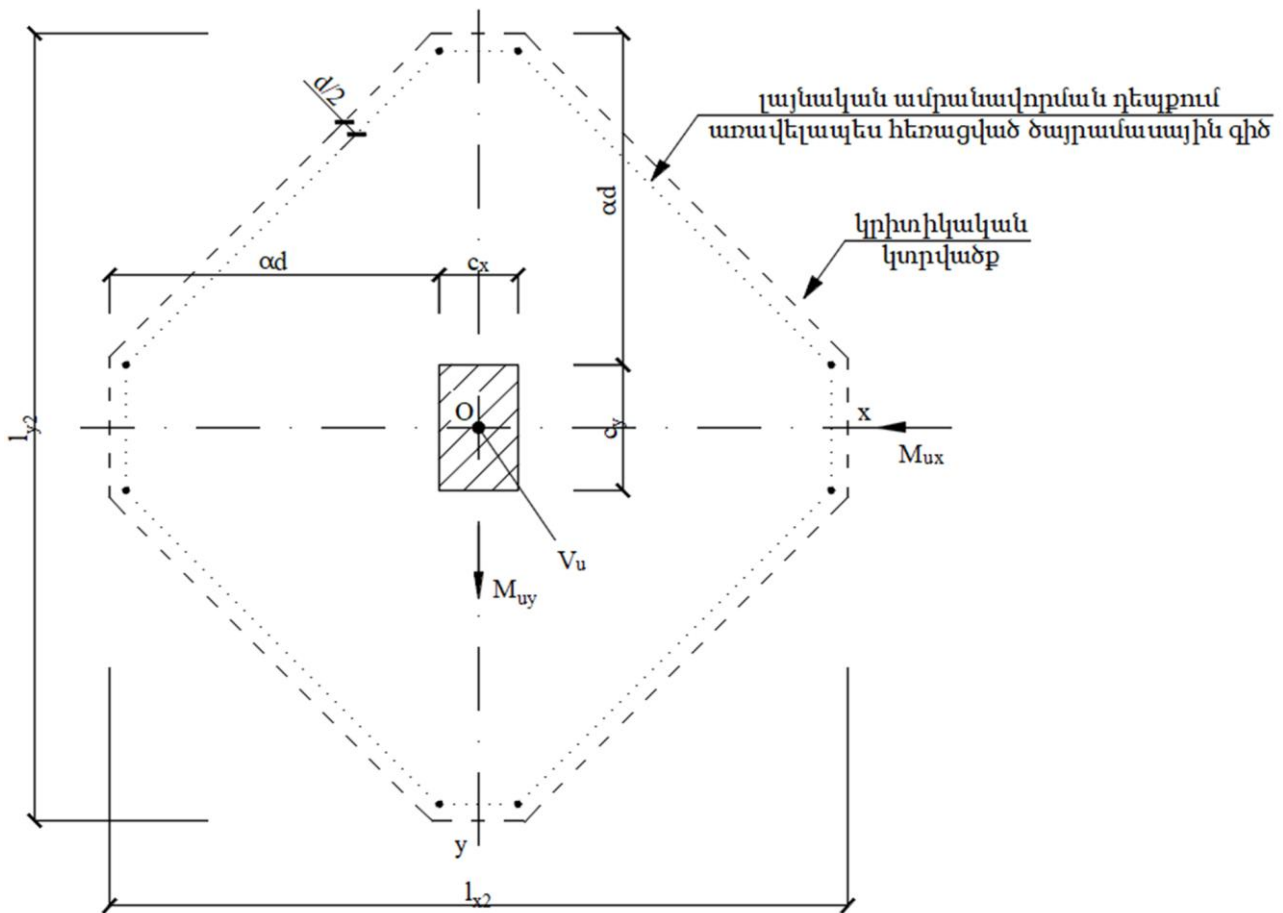
(1.1.30) –ը պետք է բավարարի սալի մակերևույթին ուղղահայաց կրիտիկական կտրվածքին, որն անցնում է սյան պարագծից $d/2$ ($h/2$) հեռավորության վրա և ունի b_o (նույն u) պարագիծ (նկ.1.1.3(դ)): Այն նաև պետք է բավարարի լայնական ամրանավորման կրիտիկական կտրվածքին, որն անցնում է առավելապես հեռացված ծայրամասային գծից $d/2$ հեռավորության վրա: Նկար 1.1.17 –ում նշված են դրական ուղղություներով սեղմող ուժն ու M_{ux} և M_{uy} մոմենտները, որոնց ազդեցության տակ սյունը բեռնվածքը փոխանցում է սալին [42, 44, 70]:

Հավասարության աջ կողմի փակագծերում գրված արտահայտություները հավասար է I_y –ի, իսկ փակագծերից դուրս արտահայտություները, համեմատած առաջինի, սովորաբար չի գերազանցում 3 % -ը:

Կրիտիկական կտրվածքում բետոնի մակերեսը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$A_c = 2d(c_x + c_y + 2d), \quad (1.1.34)$$

որտեղ c_x և c_y –ը սյան չափերն են (նույն a_1 , b_1 և c_1 , c_2):



Նկ. 1.1.17. Լայնական ամրանավորման դեպքում առավել ապես հեռացված ծայրամասային զիծ [43]

Երբ ճգմանցման [90] կրիտիկական կտրվածքի ծանրության կենտրոնը չի համընկնում O կետի հետ, այսինքն՝ սյան ծանրության կենտրոնի հետ, ապա x և y առանցքների շուրջ ճգմանցման կրիտիկական կտրվածքի ծանրության կենտրոնի նկատմամբ M_{ux} և M_{uy} մոմենտները կապված են x և y առանցքների շուրջ O կետի նկատմամբ M_{uOx} և M_{uOy} մոմենտների հետ.

$$M_{ux} = M_{uOx} + V_u y_O; M_{uy} = M_{uOy} + V_u x_O : \quad (1.1.35)$$

ճգմանցման կրողու նակություն հաշվարկն առանց Լայնական ամրանավորման:

Ոչ նախալարված սալերի համար բետոնի ճգմանցման կրողու նակությունը սյունից $d/2$ հեռավորության վրա գտնվող կրիտիկական կտրվածքի դեպքում առանց Լայնական ամրանավորման [95, 96, 105], որոշվում է հետևյալ երեք պայմանից նվազագույնով.

$$v_n = \left(2 + \frac{4}{\beta_1} \right) \lambda \frac{\sqrt{f'_c}}{12}, \quad (1.1.36)$$

$$v_n = \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \frac{\sqrt{f'_c}}{12}, \quad (1.1.37)$$

$$v_n = \lambda \frac{\sqrt{f'_c}}{3}, \quad (1.1.38)$$

Ամրանավորված ճգմանցման գոտին արտաքին կրիտիկական հատվածքում որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$v_n = \lambda \frac{\sqrt{f'_c}}{6}, \quad (1.1.39)$$

որտեղ β_1 գործակիցը սյան երկար և կարճ կողմերի հարաբերությունն է, α_s -ը միջին սյան դեպքում հավասար է 40, եզրայինի դեպքում՝ 30, իսկ անկյունայինի համար՝ 20:

(1.1.30) -ը չբավարարելու դեպքում պահանջվում է լայնական ամրանավորում:

Ճգմանցման դիմադրության հաշվարկը լայնական ամրանավորումով:

Որպես լայնական ամրան կարելի է կիրառել անուր, երբ $d \geq 150$ մմ – ից, սակայն ոչ պակաս 16 լայնական ամրանի տրամագիծ: Եթե որպես լայնական ամրան կիրառվում է անուր, ապա առավելագույն փաստացի շոշափող լարումը պետք է բավարարի $v_u \leq \phi \sqrt{f'_c}$ պայմանը [71]: Լայնական ամրանով ճգմանցման դիմադրությունը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$v_n = v_c + v_s, \quad (1.1.40)$$

որտեղ բետոնի ճգմանցման կրողունակությունը որոշվում է.

$$v_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c}, \quad (1.1.41)$$

իսկ լայնական ամրանի ճգմանցման կրողունակությունը որոշվում է.

$$v_s = \frac{A_v f_{yt}}{b_0 s}, \quad (1.1.42)$$

որտեղ A_v -ն սյան պարագծին զուգահեռ մի ծայրամասային գծում լայնական ամրանի հատվածքի մակերեսն է, s -ը լայնական ամրանավորման ծայրամասային գծերի միջև եղած հեռավորությունն է, և b_0 -ն

կրիտիկական կտրվածքի պարագծի երկարությունն է (նույն u և u_1)՝ $b_0 = 2(cx + cy + 2d)$ ։

s և s_0 –ի սահմանային արժեքների պայմանները բերված են ստորև.

$$s_0 \leq 0,5d, \quad (1.1.43)$$

$$s \leq 0,5d, \quad (1.1.44)$$

որտեղ s_0 –ն լայնական ամրանավորման առաջին ծայրամասային գծի և սյան եզրի միջև հեռավորությունն է։ s_0 –ի առավելագույն սահմանը նախատեսված է սյան եզրի և ամենամոտ ծայրամասային գծի միջև ճգմանցման քայքայման հնարավորությունը վերացնելու համար։ Նույն կերպ քայքայումից խուսափելու համար s –ի առավելագույն սահմանը նախատեսված է անուրների ծայրամասային գծերի միջև։ Անուրների մոտ տեղադրումը սյանը կարող է արդյունավետ չլինել ճգմանցման ճաքեր առաջանալու դեմ, այդ պատճառով s_0 –ն պետք է լինի նվազագույնը $0,35d$ ։

Լայնական ամրանավորումը պետք է գտնվի սյան եզրից որոշակի հեռավորության վրա։ Ծայրամասային գծից $d/2$ հեռավորության վրա գտնվող կրիտիկական կտրվածքում շոշափող լարումը, հաշվի առնելով լայնական ամրանը, չպետք է գերազանցի ϕv_n , որտեղ v_n –ը որոշվում է (1.1.39) –ով։

§ 2. Անհեծան ծածկերով համակարգերի հաշվարկային մեթոդների հետազոտությունը՝ համաձայն Հայաստանի Հանրապետության շինարարական նորմերի

Սալի հաշվարկն ըստ ճգմանցման՝ առանց լայնական ամրանավորման.

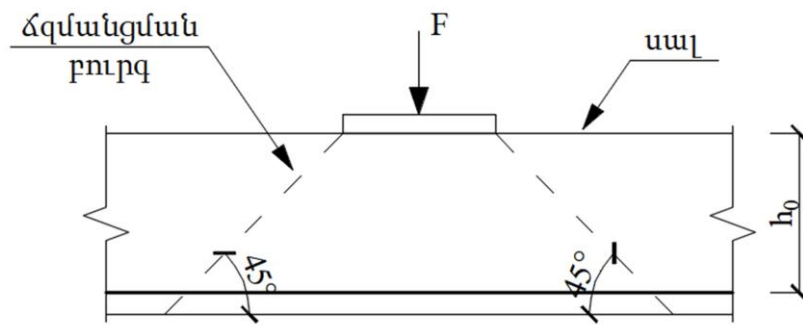
Սալային կոնստրուկցիաների հաշվարկն ըստ ճգմանցման առանց լայնական ամրանի գործող ուժերի ազդեցության տակ, որոնք հավասարաչափ բաշխված են սահմանափակված մակերեսի վրա, որոշվում է հետևյալ պայմանից.

$$F \leq \alpha R_{bt} u_m h_0, \quad (1.2.1)$$

որտեղ α –ն ծանր բետոնների համար հավասար է 1,0, u_m –ը հատած բուրգի վերին և ստորին մակերևույթների միջինացված պարագիծն է, որն

առաջացել է ճգմանցման ընթացքում աշխատանքային բարձրության սահմաններում (նույն u , u_i կամ b_0) [25, 28]:

u_m և F -ի որոշման դեպքում ենթադրվում է, որ ճգմանցումը տեղի է ունենում բուրգի կողային մակերևույթներով, իսկ այդ բուրգի փոքր մակերեսի վրա կիրառված է ճգմանցման ուժը, և կողային սահմանները հորիզոնականի հետկազմում են 45° անկյուն (նկ.1.2.1):



Նկ. 1.2.1. Ճգմանցման բուրգի սխեման, որի կողային սահմանները հորիզոնականի հետկազմում են 45° [28]

Ճգմանցման ուժը ընդունվում է հավասար այն ուժին, որն ազդում է ճգմանցման բուրգի վրա՝ հաշվի չառնելով այն բեռնվածքները, որոնք գործում է ճգմանցման բուրգի մեծ մակերեսի վրա և ճգմանցմանը դիմադրելու վրա:

Սալի հաշվարկն ըստ ճգմանցման՝ հաշվի առնելով լայնական ամրանավորումը.

ճգմանցման բուրգի սահմաններում անուրների տեղադրման դեպքում սալի հարթության նորմալի ուղղությամբ հաշվարկը պետք է իրականացվի հետևյալ պայմանից.

$$F \leq F'_b + 0,8F'_{sw}, \quad (1.2.2)$$

սակայն ոչ ավել, քան $2F'_b$ -ն: (1.1.45) -ում $F'_b = \alpha R_{bt} u_m h_0$, իսկ ընդհանուր լայնական ուժերը, որոնք իր վրա է վերցնում անուրը, որոշվում են՝

$$F'_{sw} = 175 \sum A_{sw}: \quad (1.2.3)$$

Երբ հաշվի է առնվում լայնական ամրանը, ապա F'_{sw} մեծությունը պետք է լինի նվազագույնը՝ $0,5F'_b$:

Հաշվարկներում թույլատրվում է նաև ընդունել F_{sw} -ից ավելի փոքր արժեքներ, սակայն աջ մասը պետք է փոխարինել $2,8F_{sw}$ -ով և ոչ պակաս F_b -ից:

Կենտրոնացված բեռնվածքի մոտ՝ սահմանափակված հատվածում, անուրնների տեղակայման դեպքում լրացուցիչ իրականացվում է բուրգի վերին հիմքով ճգմանցման հաշվարկ, եզրագծով տեղակայված լայնական ամրանով, որը հաշվարկվում է (1.1.44)–ից:

Սալի ճգմանցման հատվածում լայնական ամրանը տեղադրվում է $1/3h$ քայլից ոչ ավել և ոչ պակաս 200 մմ, և այդ դեպքում լայնական ամրանի տեղադրման հատվածի լայնությունը պետք է լինի $1,5h$ –ից ոչ պակաս: Գործված կարկասներում անուրնները կոնստրուկտավորվում են այնպես, որ դրանց կեմման հատվածներում պարտադիր կերպով տեղակայված լինեն երկայնական ամրաններ: Այդ դեպքում երկայնական ամրանների տրամագիծը պետք է լինի նվազագույնը 0,8 լայնական ամրանի տրամագիծ:

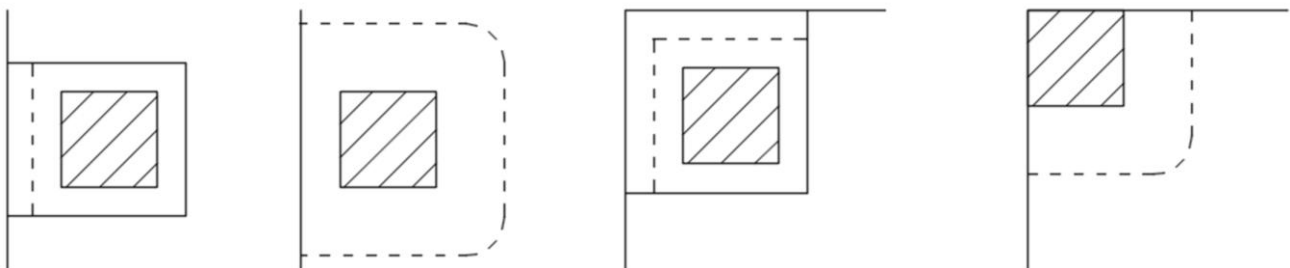
ԳԼՈՒԽ 2

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՆՈՐՄԵՐՈՎ ԿԱՏԱՐԱԾ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

§ 1. Սալ ի ճգմանցման հաշվարկ առանց լայնական ամրանավորման

Աշխարհում գործող անհեծան ծածկով համակարգերի [45, 63, 65, 100] բոլոր հաշվարկային մեթոդները տարբեր են: Ճգմանցման դիմադրության հաշվարկներում ծռող մոմենտի ազդեցությունը ՀՀ – ում գործող երկաթբետոնե նորմերում [28] բացակայում է, մինչդեռ ՌԴ – ում [30], Եվրոպայում [61] և ԱՄՆ – ում գործող երկաթբետոնե նորմերում [43] առկա է այդ մեծության ազդեցությունը, որն ունի զգալի նշանակություն հատկապես սեյսմիկ ազդեցության ժամանակ (նկ.1.1.14):

ՀՀ –ը գտնվում է սեյսմաակտիվ գոտում: Համաձայն սեյսմիկ նորմերի [6]՝ ՀՀ տարածքը բաժանվում է երեք սեյսմիկ գոտիների, որտեղ գրունտի արագացումները համապատասխանաբար հավասար են 0,2g, 0,3g և 0,4g: Ինչպես վերը նշվեց, սեյսմիկ ազդեցության ժամանակ սյան և սալի հատման տեղամասերը խոցելի են, քանի որ ճգմանցման ուժից առաջանում են մեծ շոշափող լարումներ, որոնք կարող են բերել կոնստրուկցիայի քայքայման: Շոշափող լարումները հասնում են կրիտիկական արժեքին եզրային և անկյունային սյուների մոտ (նկ.2.1.1), որովհետև համեմատաբար մեծ անհավասարակշռված մոմենտներն առաջանում են հենց այդ տեղամասերում: Շոշափող լարումների վրա մեծ ազդեցություն են թողնում նաև սալում բացվածքների առկայությունը, մեծ թռիչքները, լրացուցիչ ամրանավորումը և այլն:



ա)

բ)

գ)

դ)

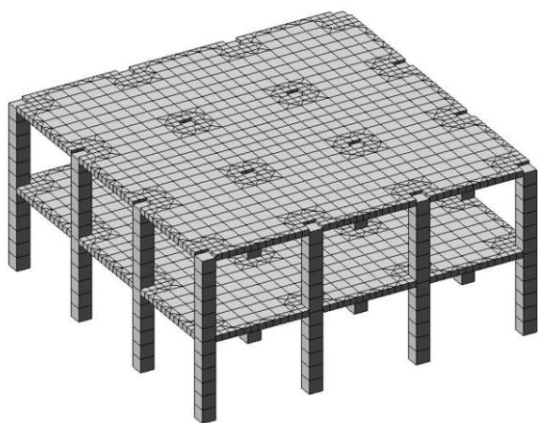
Նկ. 2.1.1. Սյուների դիրքը հատակագծում, եզրային (ա, բ) և անկյունային սյուներ (գ, դ)

Տվյալ դեպքում բերված են միաձույլ երկաթբետոնե անհեծան ծածկերով շենքերի տարբերակներ առանց լայնական ամրանավորման: Շենքերը երկու և չորսհարկանի են՝ 4 և 7 մ թռիչքներով: Յուրաքանչյուր հարկի բարձրությունը 3,0 մ է: Բետոնի դասն ըստ կենտրոնական սեղմման ամրության B20 է. բետոնի խորանարդային ամրությունը (R)՝ 20 ՄՊա, բետոնի ճգման դիմադրությունը (R_{bt})՝ 0,9 ՄՊա,

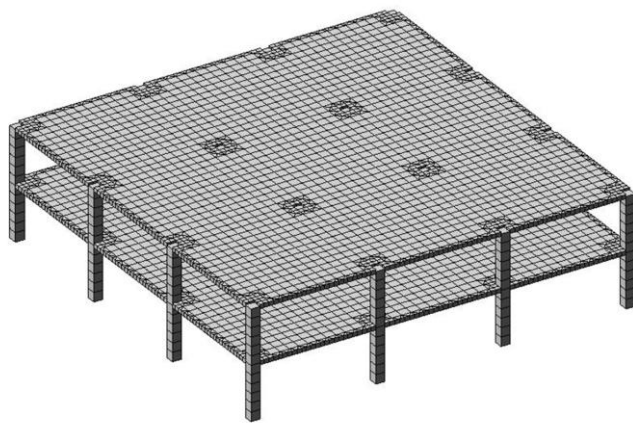
իսկ առաձգականության մոդուլը (E_b)՝ 29000 ՄՊա Ամրանի դասը ընտրվել է A500: Անհեծան ծածկերով շենքերում սալերն ունեն 22 սմ հաստությո՛ւն, իսկ քառակուսի հատվածքի սյու՛ղները 50x50 սմ են: Բոլոր բեռնվածքներն ընդունվել են՝ համաձայն շինարարական նորմերի [27, 29, 60]: Համեմատական վերլուծության համար ներառված են ոչ միայն СНиП, СП, Eurocode 2 և ACI 318 [28, 30, 61, 43], այլև գրունտի արագացումները 0,2g և 0,3g համապատասխանաբար 1 -ին և 2 -րդ սեյսմիկ գոտիների համար՝ համաձայն [6] -ի: Ներառված են նաև միջին և եզրային սյու՛ղների [94] վերլուծության նմուշները, որոնք ցույց են տրված նկար 1.1.13 և 2.1.1 (ա, բ) – ում: Սյու՛ղներում առաջացած ճիգերի որոշման համար կիրառվել է վերջավոր տարրերի մեթոդը, որից հետո սալերում առաջացած շոշափող լարումները որոշվել են ձեռքի հաշվարկի միջոցով: Վերջավոր տարրերի մեթոդով [15, 32, 34] առանց լայնական ամրանի անհեծան ծածկերով շենքերի հաշվարկները կատարելու համար օգտագործվել է «Lira SAPR» ծրագրային փաթեթը (նկ.2.1.2) [10, 13]: Ճգմանցող ուժերը սյան և սալի հատման հատվածներում ճշգրիտ ստանալու համար այդ տեղամասերում իրականացվել են խիտ բաժանումներ: Համաձայն [28] և [30] –ի՝ սահմանային շոշափող լարումն առանց լայնական ամրանավորման ստացվում է $0,9 \text{ Ն/մ}^2$, իսկ համաձայն Eurocode 2 -ի՝ $0,462 \text{ Ն/մ}^2$: Որպես մշտական բեռնվածք՝ վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկներում բացի սեփական քաշից տեղադրվել է արտաքին պատի բեռնվածք 3 կՆ/մ : Որպես ժամանակավոր նորմատիվային բեռնվածք՝ ստորին հարկերի համար ընտրվել է $1,5 \text{ կՆ/մ}^2$, վերին հարկի համար՝ $0,7 \text{ կՆ/մ}^2$:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված ճիգերն ընտրվել են ամենաանբարենպաստ գուճակցման արդյունքում: Այդ գուճակցման գործակիցները, համաձայն ՀՀ –ում և ՌԴ –ում գործող շինարարական նորմերի, հավասար են 0,9, 0,8, 0,5 և 1,0 համապատասխանաբար մշտական, ժամանակավոր երկարատև, ժամանակավոր կարճատև և սեյսմիկ բեռնվածքների դեպքում: Սակայն համաձայն եվրոպական և ամերիկյան շինարարական ստանդարտների՝ մշտական, ժամանակավոր և սեյսմիկ բեռնվածքների դեպքում այդ գուճակցման գործակիցները համապատասխանաբար հավասար են 1,0, 0,3, 1,0 և 1,2, 1,0, 1,0 [52, 92]:

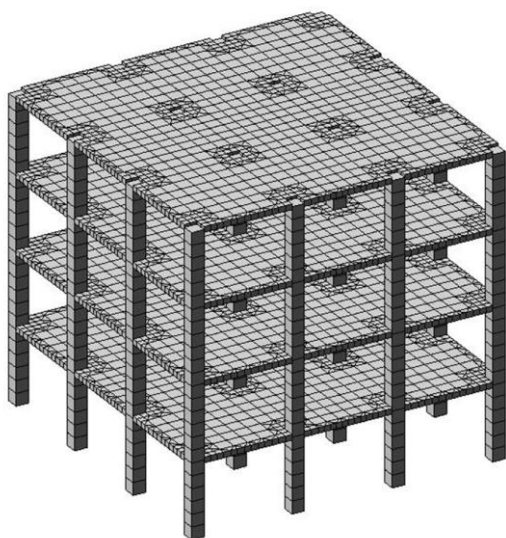
(1.2.1) և (1.1.5) –ից որոշելով և համեմատելով շոշափող և արումները թույլատրելի սահմանային արժեքի հետ՝ հետագայում այն կարելի է համեմատել (1.1.15) –ից ստացված արդյունքի հետ, որտեղ շոշափող և արումն ունի վերջնական տեսք:



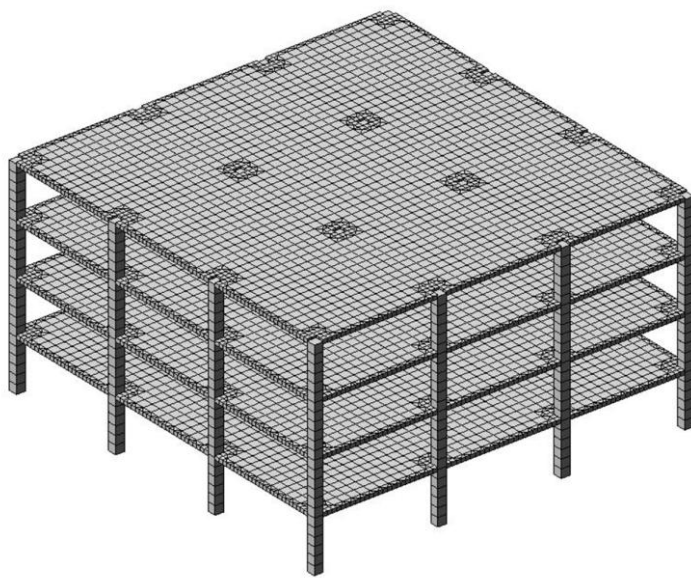
ա)



բ)



գ)



դ)

Նկ. 2.1.2. Վերջավոր տարրերով անհեծան համակարգով շենքի եռաչ ափ մոդելներ, երկհարկանի 4 և 7 մ թռիչքներով շենք (ա, բ), չորսհարկանի 4 և 7 մ թռիչքներով շենք (գ, դ)

Համաձայն (1.2.1) և (1.1.5) –ի՝ շոշափող և արումները համապատասխանաբար կլինեն հավասար.

$$\tau_1 = F / u_m h_0, \quad (2.1.1)$$

$$\tau_2 = \frac{F}{u h_0} + \frac{M_x}{W_{bx} h_0} + \frac{M_y}{W_{by} h_0} : \quad (2.1.2)$$

Ինչպես վերը նշվեց, բոլոր շենքերի համար ընդունվել են միևնույն արտաքին բեռնվածքները, սակայն հնարավոր է արտաքին ուժերի մեծությունների միջև որոշակի տարբերություն՝ կախված շինարարական նորմերի բեռնվածքների գուգակցման գործակիցներից:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով [32, 104] իրականացված հաշվարկներից, կոնստրուկցիաներում ստացվել են ճիգեր, որոնք բերված են աղյուսակ 2.1.1-ում: Ստանալով այդ ճիգերը՝ իրականացվել է հաշվարկ, և որոշվել են շոշափող լարումները առանց լայնական ամրանավորման, համաձայն համապատասխան շինարարական նորմերի (հավելված 1), որոնց արժեքները բերված են աղյուսակ 2.1.2-ում:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված արդյունքները [37] ցույց տվեցին, որ առավելագույն շոշափող լարումները, համաձայն [28]-ի, երկու և չորս հարկանի, 4 և 7 մ թռիչքներով շենքերի դեպքում համապատասխանաբար միջին սյան համար, հավասար են $0,307 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,963 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,308 \text{ Ն/մմ}^2$ և $0,541 \text{ Ն/մմ}^2$, եզրային սյան համար՝ $0,216 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,602 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,973 \text{ Ն/մմ}^2$ և $0,608 \text{ Ն/մմ}^2$: Համաձայն [30]-ի՝ նույն շենքի համար շոշափող լարումները համապատասխանաբար միջին սյան համար ստացվել են $0,687 \text{ Ն/մմ}^2$, $1,783 \text{ Ն/մմ}^2$, $1,636 \text{ Ն/մմ}^2$ և $2,670 \text{ Ն/մմ}^2$, եզրային սյան համար՝ $0,610 \text{ Ն/մմ}^2$, $1,804 \text{ Ն/մմ}^2$, $1,469 \text{ Ն/մմ}^2$ և $2,283 \text{ Ն/մմ}^2$: Համաձայն եվրոպական նորմերի [61]՝ շոշափող լարումները համապատասխանաբար միջին սյան համար ստացվել են $0,359 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,937 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,801 \text{ Ն/մմ}^2$ և $1,290 \text{ Ն/մմ}^2$, եզրային սյան համար՝ $0,310 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,866 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,644 \text{ Ն/մմ}^2$ և $1,065 \text{ Ն/մմ}^2$ [49]:

Ստացված տվյալների հիման վրա կառուցված գրաֆիկները (նկ.2.1.3 և 2.1.4) ցույց են տալիս շոշափող լարումների արժեքները՝ կախված հարկայնությունից և սյուների միջև եղած հեռավորությունից:

ՍԵՂ սմիկ գոտի	Սյ ան դիրք	Թռիչք, մ	Հարկ	СНП 2.03.01-84*	СП 63.133330.2012					Eurocode 2		
				Սեղմող ուժ, կՆ	Սեղմող ուժ, կՆ	Ստորին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Վերին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Հաջվարկայ ին ճգմանցման ուժ, կՆ	Հաջվարկայ ի ն ծռող մոմենտ, կՆ×մ	
						$M_{x,inf}$	$M_{y,inf}$	$M_{x,sup}$	$M_{y,sup}$		V_{Ed}	$M_{Ed,x}$
1	Միջին	4	1	-160,79	-160,79	23,05	-23,41	-22,50	22,83	-195,67	51,7	52,70
			2	-143,24	-143,24	28,24	-28,66	-	-	-169,34	31,9	32,50
		7	1	-504,81	-504,81	8,15	-78,11	-15,59	96,08	-435,60	21,4	191,63
			2	-448,39	-448,39	19,41	-123,72	-	-	-388,53	17,8	135,17
	Եզրային	4	1	-113,38	-113,38	16,89	29,34	-13,96	-34,75	-141,83	35,1	65,20
			2	-71,81	-71,81	19,98	44,59	-	-	-84,80	22,6	45,20
		7	1	-315,83	-315,83	4,89	115,01	-9,04	- 161,02	-282,16	13,3	262,51
			2	-211,66	-211,66	10,45	204,90	-	-	-183,35	9,8	194,72
2	Միջին	4	1	-161,72	-161,72	12,61	-111,31	-19,00	176,78	-139,40	35,4	326,50
			2	-158,59	-158,59	-17,29	171,19	12,78	- 119,86	-136,70	33,9	330,76
			3	-154,58	-154,58	-16,12	149,45	7,19	-53,52	-133,60	26,0	229,80
			4	-139,41	-139,41	-9,98	90,69	-	-	-120,90	11,2	102,40
		7	1	-510,00	-510,00	28,15	-113,49	-27,17	221,68	-439,40	40,3	359,90
			2	-506,33	-506,33	29,69	-207,71	-29,59	144,12	-436,20	41,2	379,40

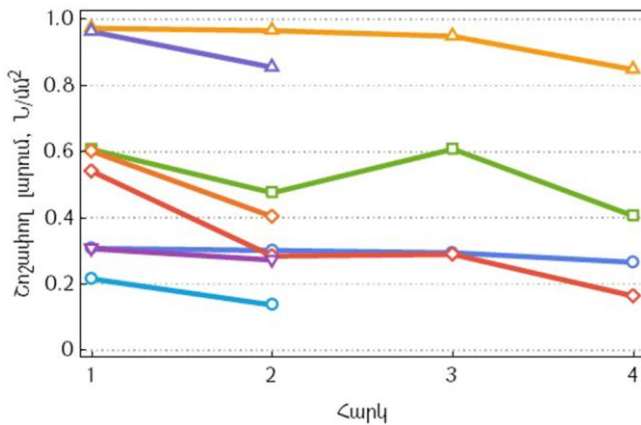
			3	-497,58	-497,58	22,20	-189,11	-30,48	72,38	-429,50	37,2	283,30
			4	-444,63	-444,63	38,97	-138,29	-	-	-385,30	27,9	148,90

Աղյ ու սակ 2.1.1 Արտաքին ճիգերը՝ ստացված վերջավոր տարրերի մեթոդից
Աղյ ու սակ 2.1.1 -ի շարու նակու թյ ու ն

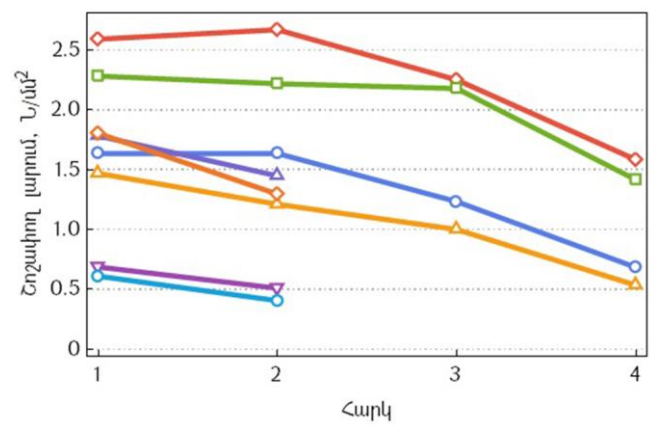
Սեյ սմիկ գոտի	Սյ ան դիրք	Թռիչք, մ	Հարկ	СНП 2.03.01-84*	СП 63.133330.2012					Eurocode 2		
				Սեղմող ուժ, կՆ	Սեղմող ուժ, կՆ	Ստորին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Վերին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Հաշվարկային ճգմանցման ուժ, կՆ	Հաշվարկային ծռող մոմենտ, կՆ×մ	
						$M_{x,inf}$	$M_{y,inf}$	$M_{x,sup}$	$M_{y,sup}$	V_{Ed}	$M_{Ed,x}$	$M_{Ed,y}$
2	Եզրային	4	1	-283,60	-283,60	8,46	76,10	-13,51	-125,75	-177,00	24,7	218,70
			2	-149,54	-149,54	-12,53	123,05	8,04	-79,64	-150,20	23,3	219,10
			3	-152,05	-152,05	-11,91	116,65	4,42	-38,33	-149,20	18,4	164,30
			4	-85,88	-85,88	-6,93	82,33	-	-	-81,00	7,8	84,80
		7	1	-318,22	-318,22	19,85	129,29	-18,02	-237,18	-297,50	27,7	357,90
			2	-249,65	-249,65	21,82	217,56	-22,06	-158,89	-234,40	29,8	368,80
			3	-318,67	-318,67	14,82	211,39	-19,68	-133,27	-284,50	24,6	330,10
			4	-213,06	-213,06	24,33	218,91	-	-	-184,50	17,1	207,10

**Շոշափող և արու մների արժեքները առանց և այ նական ամրանալորման՝
կախած սեյ սմիկ գոտուց, սյ ան դիրքից, թռիչքներից և
հարկայ նու թյ ու նից**

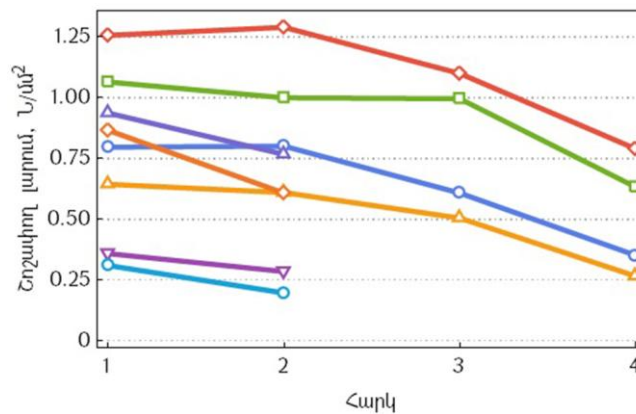
Սեյ սմիկ գոտի	Սյ ան դիրք	Թռիչք, մ	Հարկ	Հաշվարկայ ին շոշափող և արու մ, Նմմ ²		
				T_1	T_2	V_{Ed}
1	Միջին	4	1	0,307	0,687	0,359
			2	0,273	0,509	0,285
		7	1	0,963	1,783	0,937
			2	0,855	1,448	0,767
	Եզրայ ին	4	1	0,216	0,610	0,310
			2	0,137	0,405	0,197
		7	1	0,602	1,804	0,866
			2	0,404	1,296	0,608
2	Միջին	4	1	0,308	1,634	0,797
			2	0,302	1,636	0,801
			3	0,295	1,233	0,608
			4	0,266	0,683	0,352
		7	1	0,541	2,591	1,257
			2	0,285	2,670	1,290
			3	0,290	2,251	1,100
			4	0,164	1,583	0,790
	Եզրայ ին	4	1	0,973	1,469	0,644
			2	0,966	1,211	0,610
			3	0,949	1,000	0,505
			4	0,848	0,534	0,266
		7	1	0,607	2,283	1,065
			2	0,476	2,219	1,000
			3	0,608	2,179	0,996
			4	0,406	1,415	0,633



ա)



բ)

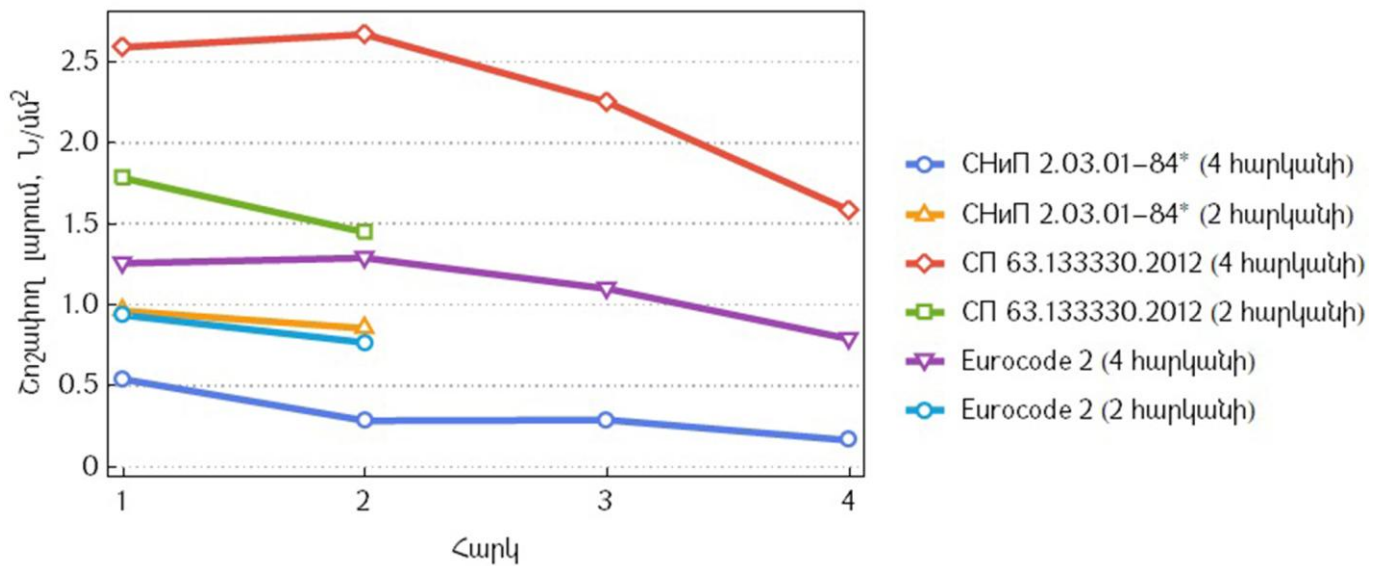


գ)

Նկ. 2.1.3 Շոշափող լարումների կապը հարկերի թվից, թռիչքներից և սյուների դիրքից՝ համաձայն [28] -ի (ա), [30] -ի (բ) և [61] -ի (գ)

- Blue circle: միջին սյուն, 4մ թռիչքով, 4 հարկանի
- Orange triangle: եզրային սյուն, 4մ թռիչքով, 4 հարկանի
- Red diamond: միջին սյուն, 7մ թռիչքով, 4 հարկանի
- Green square: եզրային սյուն, 7մ թռիչքով, 4 հարկանի
- Purple inverted triangle: միջին սյուն, 4մ թռիչքով, 2 հարկանի
- Cyan circle: եզրային սյուն, 4մ թռիչքով, 2 հարկանի
- Blue triangle: միջին սյուն, 7մ թռիչքով, 2 հարկանի
- Orange diamond: եզրային սյուն, 7մ թռիչքով, 2 հարկանի

Ամփոփելով ստացված արդյունքները՝ ակնհայտ է, որ 4 մ թռիչքով երկհարկանի անհեծան ծածկով շենքի միջին և եզրային սյուների դեպքում, համաձայն [28, 30, 61] –ի, ճգմանցման պայմանը բավարարված է: Սակայն կարելի է նկատել, որ 7 մ թռիչքով երկհարկանի անհեծան ծածկով շենքի սալում առաջացած շոշափող լարումները մոտավորապես երկու անգամ ավելի մեծ են, քան թույլատրելին: Բացի դրանից՝ 7 մ թռիչքով չորսհարկանի անհեծան ծածկով շենքի դեպքում, համաձայն եվրոպական նորմերի, ճգմանցումը գերազանցում է թույլատրելին մոտ 3 անգամ և 2,5 անգամ՝ համաձայն ռուսական շինարարական նորմերի:



Նկ. 2.1.4. Շոշափող լարու մների կախվածությունը հարկերի թվից, թռիչքներից և սյուների դիրքից՝ համաձայն բոլոր նորմերի

§ 2. Սալի ճգմանցման հաշվարկ՝ հաշվի առնելով լայնական ամրանավորումը

Վերը ստացված արդյունքներից ակնհայտ է, որ ճգմանցման պայմանը բավարարելու համար անհրաժեշտ է լրացուցիչ լայնական ամրանավորում: Գոյություն ունի ամրանավորման մի քանի տեսակ՝ լայնական ամրակ, անուր և այլն (նկ.2.2.1), որոնք ապահովում են սալը ճգմանցումից [21, 24, 38, 40]: Որպես լայնական ամրան՝ ընթացիկ հաշվարկների համար ընտրվել են անուրներ:



ա)



բ)

Նկ. 2.2.1. Անհեծան ծածկի ամրանավորում մ, լ այ նական ամրակ (ա) և անուր (բ)

Տվյալ դեպքում բերված խնդիրը տարբերվում է նախորդից նրանով, որ միաձուլվել երկաթբետոնե անհեծան ծածկերով շենքերի ծածկի սալերում ներառված է լայնական ամրան: Ինչպես նաև համեմատական վերլուծություններում ավելացվել են ամերիկյան շինարարական նորմերը [43], և կիրառվել են արտասահմանյան այլ հաշվարկային ծրագրեր, ինչպիսիք են «Design Expert» -ը և «RCM ACI-builder» -ը:

Կախված մի շարք գործոններից՝ բետոնի դաս, ամրանի դաս, ամրանների միջև քայլ և ճգմանցման բուրգի պարագիծ, լայնական ամրանավորումով թույլատրելի ճգմանցման մեծությունը, համաձայն [28] –ի, հավասար է $1,20 \text{ Ն/մմ}^2$, համաձայն [30] –ի՝ $0,352 \text{ Ն/մմ}^2$, [61] –ի դեպքում հավասար է $1,526 \text{ Ն/մմ}^2$, և համաձայն [43] –ի՝ միջին ու եզրային սյուների համար լայնական ամրանավորումով թույլատրելի ճգմանցման մեծությունները հավասար են համապատասխանաբար $1,174 \text{ Ն/մմ}^2$ և $1,208 \text{ Ն/մմ}^2$:

Համաձայն [28] –ի՝ լայնական ամրանավորումով շոշափող լարումները որոշվում են (1.1.45) պայմանից:

Համաձայն (1.1.6) –ի՝ շոշափող լարումները հավասար կլինեն.

$$\tau_2 = \frac{F}{u h_0} + \frac{M_x}{2W_{bx} h_0} + \frac{M_y}{2W_{by} h_0} : \quad (2.2.1)$$

Համաձայն [61] –ի՝ սյան պարագծով կամ բեռնավորված մակերեսի պարագծով լայնական ամրանավորումով առավելագույն շոշափող լարումը չպետք է գերազանցի.

$$\beta \frac{V_{Ed}}{u_i d} \leq 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 \frac{d}{S_x} A_{sw} \frac{f_{ywd}}{f_y} \frac{1}{u_i d} \sin \alpha : \quad (2.2.2)$$

Լայնական ամրանավորված տարրում շոշափող լարումը, համաձայն [43] –ի, պետք է բավարարի հետևյալ պայմանը.

$$\phi \left(0,33 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{A_v f_{yt} d}{s} \right) \geq \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_{wx} M_{ux} y}{I_x} + \frac{\gamma_{wy} M_{uy} x}{I_y} : \quad (2.2.3)$$

Վերջավոր տարրերի մեթոդով [39] իրականացված հաշվարկներից՝ կոնստրուկցիաներում ստացվել են ճիգեր, որոնք բերված են աղյուսակ 2.2.1 –ում: Ստանալով այդ ճիգերը՝ իրականացվել է ձեռքի հաշվարկ, և

որոշվել են լայնական ամրանով շոշափող լարումները [75, 79]՝ համաձայն համապատասխան շինարարական նորմերի (հավելված 1): Առավելագույն շոշափող լարման վերջնական արդյունքները՝ կախված սեյսմիկ գոտուց, սյան դիրքից, թռիչքներից, հարկայնությունից և շինարարական նորմերից, ցույց են տրված աղյուսակ 2.2.2-ում:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված արտաքին ճիգերը՝ համաձայն [43]
-ի

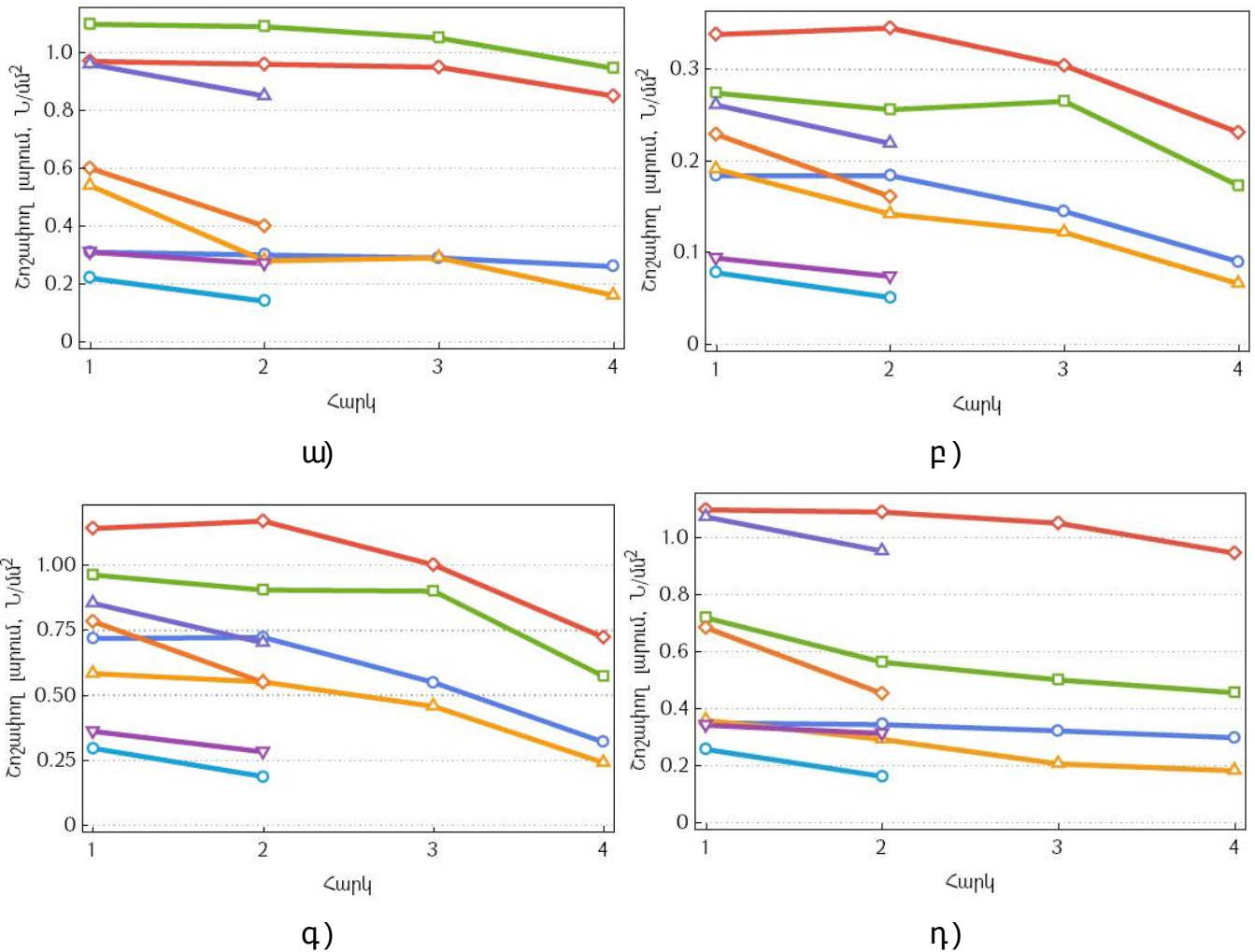
Սեյսմիկ գոտի	Սյան դիրք	Թռիչք, մ	Հարկ	ACI 318M-14		
				Սեղմող ուժ V_u , կՆ	Սյ ու ն-սալ մոմենտ, կՆ×մ	
					$M_{sc,x}$	$M_{sc,y}$
1	Միջին	4	1	-176,6	37,9	59,0
			2	-162,1	22,8	33,8
		7	1	-554,6	38,7	158,2
			2	-492,8	30,1	106,5
	Եզրային	4	1	-131,8	66,9	43,8
			2	-83,3	46,8	28,2
		7	1	-350,7	250,3	118,7
			2	-232,2	182,4	88,1
2	Միջին	4	1	-179,8	226,2	234,2
			2	-176,3	-229,7	240,3
			3	-165,5	157,5	168,5
			4	-153,8	70,6	75,1
		7	1	-566,7	192,7	263,0
			2	-562,6	211,1	287,7
			3	-542,5	150,5	212,2
			4	-489,0	71,1	103,8
	Եզրային	4	1	-183,3	-175,7	164,3
			2	-148,4	176,5	163,6
			3	-104,8	139,3	113,8
			4	-93,1	77,2	54,4
		7	1	-368,1	342,4	184,7
			2	-287,3	347,0	191,4
			3	-256,3	334,1	95,1
			4	-233,6	221,3	81,6

Շոշափող և արու մների արժեքները և այ նական ամրանակորմաբ

Սեյսմիկ գոտի	Սյան դիրք	Թռիչք, մ	Հարկ	Հաշվարկային շոշափող և արում, Նմմ²			
				T_1	T_2	V_{Ed}	V_u
1	Միջին	4	1	0,310	0,094	0,362	0,342
			2	0,270	0,074	0,283	0,313
		7	1	0,960	0,261	0,854	1,073
			2	0,850	0,219	0,702	0,953
	Եզրային	4	1	0,220	0,078	0,297	0,257
			2	0,140	0,051	0,188	0,162
		7	1	0,600	0,229	0,784	0,684
			2	0,400	0,161	0,550	0,453
2	Միջին	4	1	0,310	0,184	0,719	0,350
			2	0,300	0,184	0,723	0,344
			3	0,290	0,145	0,550	0,322
			4	0,260	0,090	0,320	0,298
		7	1	0,970	0,338	1,142	1,098
			2	0,960	0,345	1,170	1,090
			3	0,950	0,304	1,002	1,051
			4	0,850	0,231	0,723	0,946
	Եզրային	4	1	0,540	0,191	0,584	0,359
			2	0,280	0,142	0,552	0,292
			3	0,290	0,122	0,458	0,206
			4	0,160	0,066	0,241	0,182
		7	1	0,610	0,274	0,963	0,719
			2	0,470	0,256	0,905	0,563
			3	0,610	0,265	0,901	0,501
			4	0,410	0,173	0,573	0,456

Շոշափող և արու մների փոփոխականությունը՝ կախված հարկերից և թռիչքների հեռավորություններից, ներկայացված է գրաֆիկների տեսքով

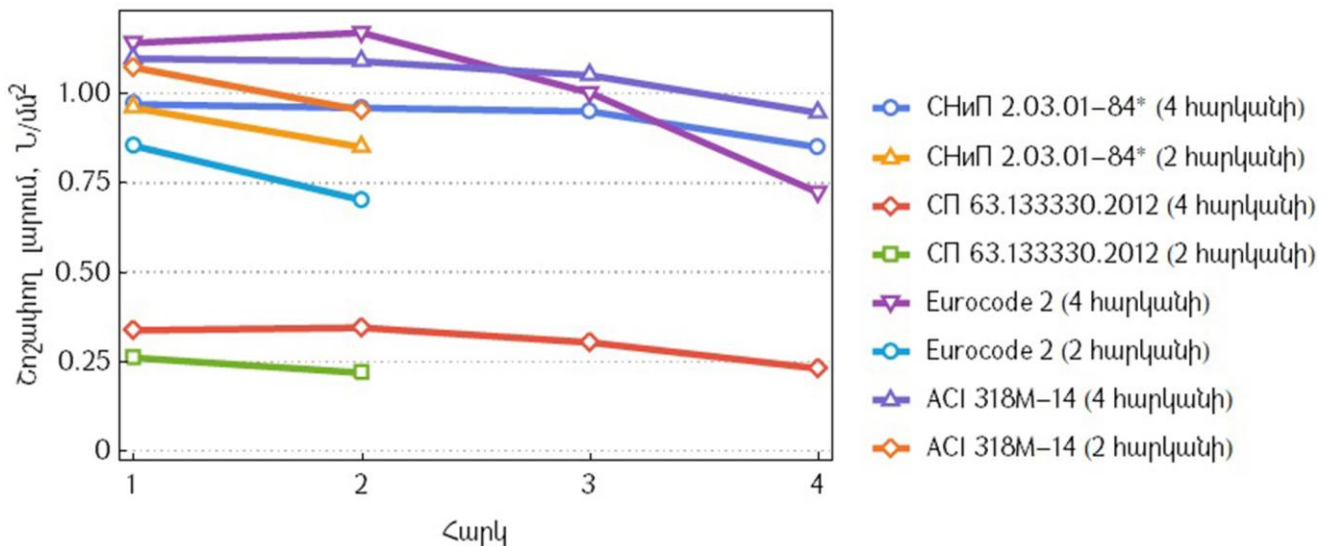
Նկար 2.2.2 –ում: Բոլոր գրաֆիկներն իրականացվել են «Wolfram Mathematica» ծրագրի միջոցով [112, 113]:



Նկ. 2.2.2. *Լայնական ամրանավորում մով սալի շոշափող լարումների, հարկերի քանակի, թռիչքների և սյան դիրքերի միջև կապը՝ համաձայն [28] – ա [30] – բ, [61] – գ և [43] – դ*

- | | |
|--|--|
| ● միջին սյուն, 4մ թռիչքով, 4 հարկանի | ▼ միջին սյուն, 4մ թռիչքով, 2 հարկանի |
| ▲ եզրային սյուն, 4մ թռիչքով, 4 հարկանի | ● եզրային սյուն, 4մ թռիչքով, 2 հարկանի |
| ◆ միջին սյուն, 7մ թռիչքով, 4 հարկանի | ▲ միջին սյուն, 7մ թռիչքով, 2 հարկանի |
| ■ եզրային սյուն, 7մ թռիչքով, 4 հարկանի | ◆ եզրային սյուն, 7մ թռիչքով, 2 հարկանի |

Համաձայն բոլոր չորս շինարարական նորմերի՝ միջին սյան համար 7 մ թռիչքով կառույցի դեպքում շոշափող լարումները բերված են նկար 2.2.3-ում:



Նկ. 2.2.3. Սալի լայնական ամրանավորումով շոշափող լարումների և հարկերի քանակի միջև կապը՝ համաձայն [28, 30, 61, 43] -ի

Համեմատելով վերջին հետազոտությունը [2] ընթացիկի հետ՝ ակնհայտ է, որ սահմանային շոշափող լարումը, համաձայն [28] -ի, աճում է մոտավորապես 1,33 անգամ և ըստ [61] -ի՝ աճում՝ 3,30 անգամ: Հետևաբար համաձայն [28, 61] -ի, հաշվի առնելով սեյսմիկ ուժը նման տեսակի կառույցների համար՝ լայնական ամրանավորումը անհրաժեշտ է:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված արդյունքները ցույց տվեցին, որ առավելագույն շոշափող լարումները, համաձայն [43] -ի, երկու և չորսհարկանի, 4 և 7 մ թռիչքներով շենքերի դեպքում համապատասխանաբար միջին սյան համար, հավասար են $0,342 \text{ Ն/մմ}^2$, $1,073 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,350 \text{ Ն/մմ}^2$ և $1,098 \text{ Ն/մմ}^2$, եզրային սյան համար՝ $0,257 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,684 \text{ Ն/մմ}^2$, $0,359 \text{ Ն/մմ}^2$ և $0,719 \text{ Ն/մմ}^2$ [4]:

Ամփոփելով վերը նշված հաշվարկները, բացառությամբ 7 մ թռիչքներով չորսհարկանի շենքի միջին սյան դեպքի, մնացած բոլոր դեպքերի համար սալի կրողունակությունն ըստ ճգմանցման բավարարում է նույնիսկ առանց լայնական ամրանավորման՝ համաձայն [28] -ի: [30] -ը դիտարկելու դեպքում լայնական ամրանավորումով թույլատրելի և առավելագույն շոշափող լարումների միջև տարբերությունը մոտավորապես 4 % է: Բացի այդ, համաձայն [61] -ի և [43] -ի, այս տարբերությունները հասնում են համապատասխանաբար 34 և 7 % - ների: Սա նշանակում է, որ արդյունքներով ստացված լայնական ամրանավորումով առավելագույն շոշափող լարումների արժեքները

շատ մոտ են լայնական ամրանավորումով սահմանային շոշափող լարումների արժեքներին:

Ի վերջո, շոշափող լարման պայմանում ներքին ծռող մոմենտը նշանակալի դեր ունի, հատկապես այն ժամանակ, երբ կառույցը գտնվում է սեյսմիկ գոտում:

§ 3. Սալի ճգմանցման հաշվարկ՝ հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունը

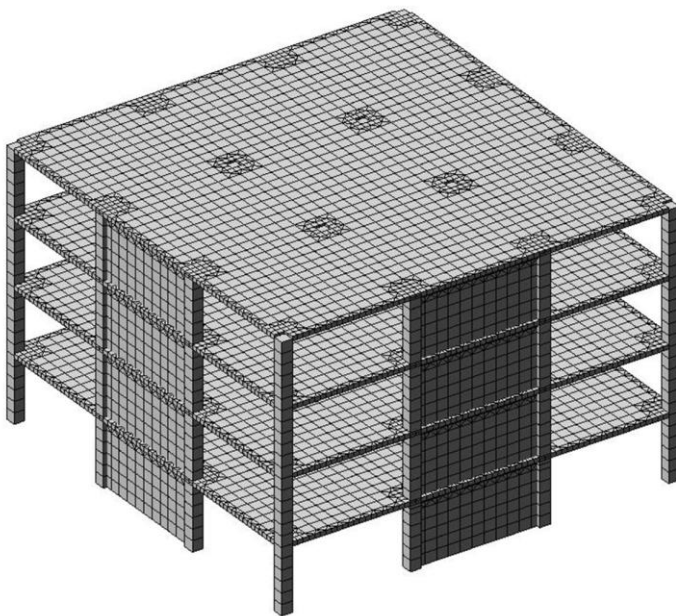
Անհամաչափ բեռնավորման, անհավասար թռիչքների կամ եզրային պայմանների պատճառով անհեծան ծածկերում գրեթե միշտ առկա է ծռող մոմենտի ազդեցությունը [72, 78]: Այդ ազդեցությունը դառնում է ավելի զգալի, երբ առկա է ինչպես սեյսմիկ ազդեցություն:

Թույլատրելի վնասվածքների գործակիցը (k_d) փոփոխվում է՝ կախված սեյսմիկ գոտուց և կոնստրուկցիայի տեսակից: Երկաթբետոնե անհեծան ծածկերով համակարգի դեպքում թույլատրելի վնասվածքների գործակիցը 3-րդ գոտու համար ընդունվում է հավասար 0,35 -ի կամ 0,4 -ի համապատասխանաբար շրջանակային կամ շրջանակակապային հիմնակմախքով շենքերի համար: Սակայն անհեծան ծածկերն իրենց տարածական աշխատանքով տարբերվում են շրջանակային շենքերից, այդ պատճառով ուսումնասիրվել են թույլատրելի վնասվածքների գործակիցների արժեքների փոփոխության ազդեցությունը լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա, մասնավորապես ծռող մոմենտի արժեքի վրա:

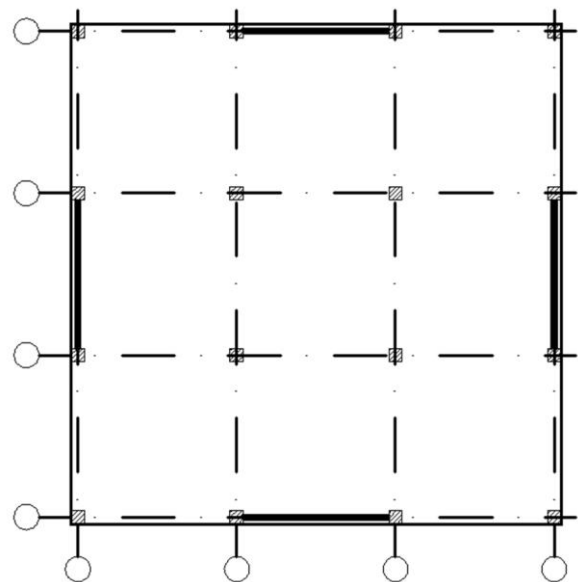
Սույն հետազոտության նպատակն է որոշել շենքի ծածկի սալին կից վերին և ստորին սյուների ծռող մոմենտներն ու սեղմող ուժերը, գնահատել լարվածադեֆորմատիվ վիճակի փոփոխությունը՝ կախված թույլատրելի վնասվածքների գործակիցներից: Ունենալով վերը նշված ճիգերը՝ հնարավոր է դառնում որոշել սալերի ճգմանցման պայմանները ինչպես ստատիկ, այնպես էլ սեյսմիկ [67] ազդեցություններից՝ համաձայն ՀՀ-ում գործող սեյսմիկ նորմերի:

Տվյալ դեպքում դիտարկվել է չորսհարկանի դիաֆրագմաներով, միաձուլյալ անհեծան ծածկերով շենք: Շենքն ունի պարզ հատակագծային լուծում. երկու ուղղությամբ երեք թռիչք,

հարկի բարձրությունը՝ 3 մ, և դիաֆրագմայի հաստությունը՝ 16 սմ (նկ.2.3.1): Սյուների լայնական հատվածքը ընդունվել է 50×50 սմ, իսկ սալի հաստությունը՝ 20 սմ: Հաշվարկի ժամանակ ընդունվել է B20 դասի ծանր բետոն՝ որպես երկայնական ամրան՝ A400 դասի, իսկ որպես սյուների լայնական ամրան՝ A240 դասի: Ամրանի հաշվարկային դիմադրությունը, ըստ ձգման և սեղմման, A400 դասի համար հավասար է 350 ՄՊա իսկ առաձգականության մոդուլը՝ 2×10^5 ՄՊա: Հետազոտության ժամանակ դիտարկվել են տարբեր թույլատրելի վնասվածքների գործակիցների արժեքներ՝ 0,4, 0,7 և 1,0: Որոշվել են արտաքին սեղմող ուժերը, ծռող մոմենտների մեծությունները, ճգմանցման ուժերը և լայնական ամրանների մակերեսները: Լարվածադեֆորմատիվ վիճակը գնահատելու համար կիրառվել է «Lira SAPR» ծրագրային փաթեթը [10, 13]:



ա)



բ)

Նկ. 2.3.1. Հաշվարկային եռաչ ափմոդել (ա) և հատակագծային սխեմա(բ)

Ստացված բոլոր արդյունքները համապատասխանում են միջին սյան համար: Հաշվարկների ժամանակ սահմանափակվել են շենքի հարկերի թույլատրելի շեղվածքները՝ ապահովելով գործող շինարարական նորմերի պահանջները:

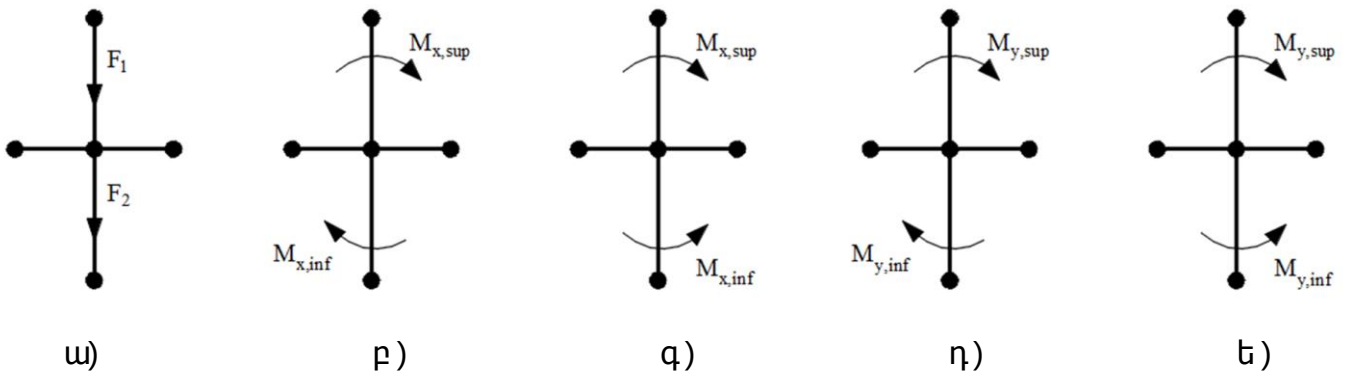
Ըստ նկար 2.3.2 (ա)՝ սեղմող ուժերն հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$\begin{aligned} F_1 &= N_g' + N_{v1}' + N_{v2}' \\ F_2 &= N_g'' + N_{v1}'' + N_{v2}'' \end{aligned} \quad (2.3.1)$$

որտեղ N_g' , N_{v1}' և N_{v2}' վերին սեղմող ճիգերն են համապատասխանաբար մշտական, ժամանակավոր երկարատև և ժամանակավոր կարճատև բեռնվածքներից, N_g'' , N_{v1}'' և N_{v2}'' ստորին սեղմող ճիգերն են համապատասխանաբար մշտական, ժամանակավոր երկարատև և ժամանակավոր կարճատև բեռնվածքներից:

Ըստ նկար 2.3.2 (բ, գ)՝ ծռող մոմենտները սյուներում որոշվում են հետևյալ կերպ.

$$\begin{aligned} M_x &= M_{x,inf} + M_{x,sup} : \\ M_x &= M_{x,inf} - M_{x,sup} \end{aligned} \quad (2.3.2)$$



Նկ. 2.3.2. Սյան և սալի հատման տեղամասերում սեղմող ու ժերի և ծռող մոմենտների ու ղղու թյուղները

Ըստ նկար 2.3.2 (դ, ե)՝ ծռող մոմենտները սյուներում որոշվում են հետևյալ կերպ.

$$\begin{aligned} M_y &= M_{y,inf} + M_{y,sup} : \\ M_y &= M_{y,inf} - M_{y,sup} \end{aligned} \quad (2.3.3)$$

Համաձայն [28] -ի՝ ճգմանցման պայմանում բացակայում է ծռող մոմենտի մեծություը, այդ պատճառով ծռող մոմենտի ազդեցությունը գնահատելու համար հետազոտություններն իրականացվել են՝ համաձայն (1.1.6)-ի:

Հետազոտությունների ժամանակ, համաձայն [6] -ի, միաձուլվել երկաթբետոնե շրջանակակապի իմնակմախքով շենքերի հարկերի թույլատրելի շեղվածքը չպետք է գերազանցի $h/300$ -ը: Հարկի շեղվածքի ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակ 2.3.1 և 2.3.2 -ում:

Ինչպես երևում է աղյուսակ 2.3.1 և 2.3.2 –ից բոլոր դեպքերում բավարարվել է հարկի շեղվածքի պայմանը: Հարկի առավելագույն շեղվածքի արժեքը հավասար է 3,49 մմ:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված սեղմող ուժերի և ծռող մոմենտների արժեքները՝ կախված սեյսմիկ գոտիներից, ինչպես նաև ճգմանցման ուժերի արժեքները բերված են աղյուսակ 2.3.3 և 2.3.4 –ում:

Այսպիսով՝ ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ առավելագույն ստորին սեղմող ուժը, որը ձևավորվում է մշտական, ժամանակավոր երկարատև և ժամանակավոր կարճատև բեռնվածքներից, առաջանում է առաջին հարկում 1461,60 կՆ մեծությամբ, իսկ վերին սեղմող ուժը՝ 1096,30 կՆ մեծությամբ: Ծռող մոմենտների արժեքները, ստացված վերջավոր տարրերի մեթոդից, առավելագույնը ստացվում են սեյսմիկ 3 -րդ գոտու համար: Սյան ստորին առավելագույն ծռող մոմենտը ոչ սեյսմիկ գոտու համար ստացվել է 13,2 կՆ×մ, իսկ 1 -ին, 2 -րդ և 3 -րդ սեյսմիկ գոտիների համար՝ համապատասխանաբար 24,60 կՆ×մ, 31,30 կՆ×մ և 34,90 կՆ×մ: Ինչպես նաև սյան վերին առավելագույն ծռող մոմենտը ոչ սեյսմիկ գոտու համար ստացվել է հավասար 12,70 կՆ×մ, իսկ 1 -ին, 2 -րդ և 3 -րդ սեյսմիկ գոտիների համար՝ համապատասխանաբար 24,70 կՆ×մ, 31,60 կՆ×մ և 35,50 կՆ×մ [36]:

Աղյուսակ 2.3.1

Հարկերի շեղվածքների արժեքները՝ կախված սեյսմիկ գոտուց

Սեյսմիկ գոտի	Հարկ	Հարկի շեղվածք, մմ	Հարկերի փաստացի և թույլ արելի շեղվածքների հարաբերություն
1	1	1,78	0,17
	2	3,30	0,33
	3	3,49	0,34
	4	2,96	0,29
2	1	1,34	0,13
	2	2,47	0,24
	3	2,61	0,26
	4	2,23	0,22
3	1	0,89	0,08
	2	1,65	0,16
	3	1,74	0,17

	4	1,49	0,14
--	---	------	------

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված անհեծան ծածկով շենքի ծռող մոմենտների և լայնական ամրանների մակերեսների արժեքները՝ կախված թույլատրելի վնասվածքների գործակիցներից, համաձայն ստատիկ և սեյսմիկ բեռնվածքների, բերված են աղ. 2.3.5 -ում:

Համաձայն [6, 30] -ի՝ ճգմանցման ամրության պայմանից որոշվել և գնահատվել է սալի կրողունակությունը ստատիկ և սեյսմիկ բեռնվածքների ազդեցությունից: Թույլատրելի սահմանային ճգմանցման ուժը հավասար է 322,40 Ն/մմ: Առավելագույն ճգմանցման ուժերի արժեքները աշխատանքային բարձրության համար ոչ սեյսմիկ գոտու, 1-ին, 2-րդ և 3-րդ սեյսմիկ գոտիների համար համապատասխանաբար հավասար են 169,49 Ն/մմ, 185,69 Ն/մմ, 198,17 Ն/մմ և 204,91 Ն/մմ: Աղյուսակ 2.3.4 և 2.3.5 -ից կարելի է նկատել, որ սեյսմիկ բեռնվածքի դեպքում՝ կախված 0,4, 0,7 և 1,0 թույլատրելի վնասվածքների արժեքներից ստորին ծռող մոմենտների մեծությունները սյուներում, համեմատելով ստատիկ բեռնվածքի դեպքի հետ գերազանցում են համապատասխանաբար 2,64, 3,98 և 5,32 անգամ: Սեյսմիկ բեռնվածքի դեպքում ստորին ծռող մոմենտների մեծությունները սյուներում, համեմատելով 0,4 -ի, 0,7 և 1,0 թույլատրելի վնասվածքների արժեքների դեպքի հետ, գերազանցում են համապատասխանաբար 1,5 և 2,0 անգամ, իսկ լայնական ամրանների մակերեսները գերազանցում են 1,11 և 1,15 անգամ [3]:

Աղյուսակ 2.3.2

Սեյսմիկ գոտի	Թույլատրելի վնասվածքների գործակից	Կոդ	Հարկի շեղվածք, մմ	Հարկերի փաստացի և թույլատրելի շեղվածքների հարաբերություն
3	0,4	1	0,89	0,08
		2	1,65	0,16
		3	1,74	0,17
		4	1,49	0,14
	0,7	1	0,93	0,09

		2	1,74	0,17
		3	1,85	0,18
		4	1,56	0,15
	1,0	1	1,33	0,13
		2	2,49	0,24
		3	2,63	0,26
		4	2,23	0,22

**Հարկերի շեղվածքների արժեքները՝ կախված թույլ ապրելի
վնասվածքների գործակիցներից**

Սեղմող ու ժերի արժեքները՝ կախված սեյ սմիկ գոտուց և բեռնվածքի տեսակից

Բեռնվածքի տեսակը	Սեյ սմիկ գոտի	Հարկ	Ստորին սեղմող ու ժ F_2 , կՆ				Վերին սեղմող ու ժ F_1 , կՆ				Վերջնական արժեք, կՆ
			Մշ տվյալն բեռնվածք $/N_g/$	Ժամանակակի ռ երկարարև բեռնվածք $/N_{v1}/$	Ժամանակակի ռ կարճարև բեռնվածք $/N_{v2}/$	Ընդհանուր բեռնվածք $/N_g + N_{v1} + N_{v2}/$	Մշ տվյալն բեռնվածք $/N_g/$	Ժամանակակի ռ երկարարև բեռնվածք $/N_{v1}/$	Ժամանակակի ռ կարճարև բեռնվածք $/N_{v2}/$	Ընդհանուր բեռնվածք $/N_g + N_{v1} + N_{v2}/$	Սեղմող ու ժերի տարբերություն $F_2 - F_1$
Ստորի կ	-	1	-1199,8	-44,80	-217,00	-1461,60	-909,70	-29,70	-156,90	-1096,30	-365,30
		2	-888,1	-29,70	-156,90	-1074,70	-599,10	-14,70	-97,00	-710,80	-363,90
		3	-577,5	-14,70	-97,00	-689,20	-290,20	-0,260	-37,30	-327,76	-361,44
		4	-268,6	-0,260	-37,30	-306,16	-	-	-	-	-306,16
Սեյ սմիկ	1	1	-1199,8	-44,80	-217,00	-1461,60	-909,70	-29,70	-156,90	-1096,30	-365,30
		2	-888,1	-29,70	-156,90	-1074,70	-599,10	-14,70	-97,00	-710,80	-363,90
		3	-577,5	-14,70	-97,00	-689,20	-290,20	-0,260	-37,30	-327,76	-361,44
		4	-268,6	-0,260	-37,30	-306,16	-	-	-	-	-306,16
	2	1	-1199,8	-44,80	-217,00	-1461,60	-909,70	-29,70	-156,90	-1096,30	-365,30
		2	-888,1	-29,70	-156,90	-1074,70	-599,10	-14,70	-97,00	-710,80	-363,90
		3	-577,5	-14,70	-97,00	-689,20	-290,20	-0,260	-37,30	-327,76	-361,44
		4	-268,6	-0,260	-37,30	-306,16	-	-	-	-	-306,16
	3	1	-1199,8	-44,80	-217,00	-1461,60	-909,70	-29,70	-156,90	-1096,30	-365,30
		2	-888,1	-29,70	-156,90	-1074,70	-599,10	-14,70	-97,00	-710,80	-363,90
		3	-577,5	-14,70	-97,00	-689,20	-290,20	-0,260	-37,30	-327,76	-361,44
		4	-268,6	-0,260	-37,30	-306,16	-	-	-	-	-306,16

Ծոռղ մոմենտների և ճգմանցման ու ժերի մեծությունները՝ կախված

Բեռնվածքի տեսակը	Սեյսմիկ գոտի	Հարկ	Ստորին ծոռղ մոմենտ, կՆ×մ		Վերին ծոռղ մոմենտ, կՆ×մ		Հատվածքի ճգմանցման ու ժը աջ խառանքային և բարձրության համար, Ն/մմ	Հատվածքի հաջվարկային և սահմանային ճգմանցման հարաբեր.
			$M_{x,inf}$	$M_{y,inf}$	$M_{x,sup}$	$M_{y,sup}$		
Ստափկ	—	1	9,10	-9,00	-12,60	12,70	133,94	0,415
		2	11,10	-11,20	-8,60	8,50	161,61	0,501
		3	7,70	-7,70	-10,00	10,00	165,74	0,514
		4	13,20	-13,20	-	-	169,49	0,525
Սեյսմիկ	1	1	11,70	-11,00	-24,70	13,70	144,00	0,446
		2	19,80	-13,10	-19,00	12,10	179,45	0,556
		3	17,80	-10,50	18,30	10,80	185,69	0,575

սեյսմիկ գոտիներից

	2	4	24,60	-14,20	-	-	183,85	0,570
		1	13,70	-12,80	-31,60	15,20	150,49	0,466
		2	25,00	-14,90	-24,90	14,60	190,48	0,590
		3	23,50	-12,50	-23,10	11,90	198,17	0,615
	3	4	31,30	-15,60	-	-	193,74	0,601
		1	14,80	-13,70	-35,50	16,00	154,14	0,478
		2	27,80	-15,90	-28,10	15,90	196,48	0,609
		3	26,60	-13,60	-25,70	12,50	204,91	0,635
		4	34,90	-16,40	-	-	199,18	0,617

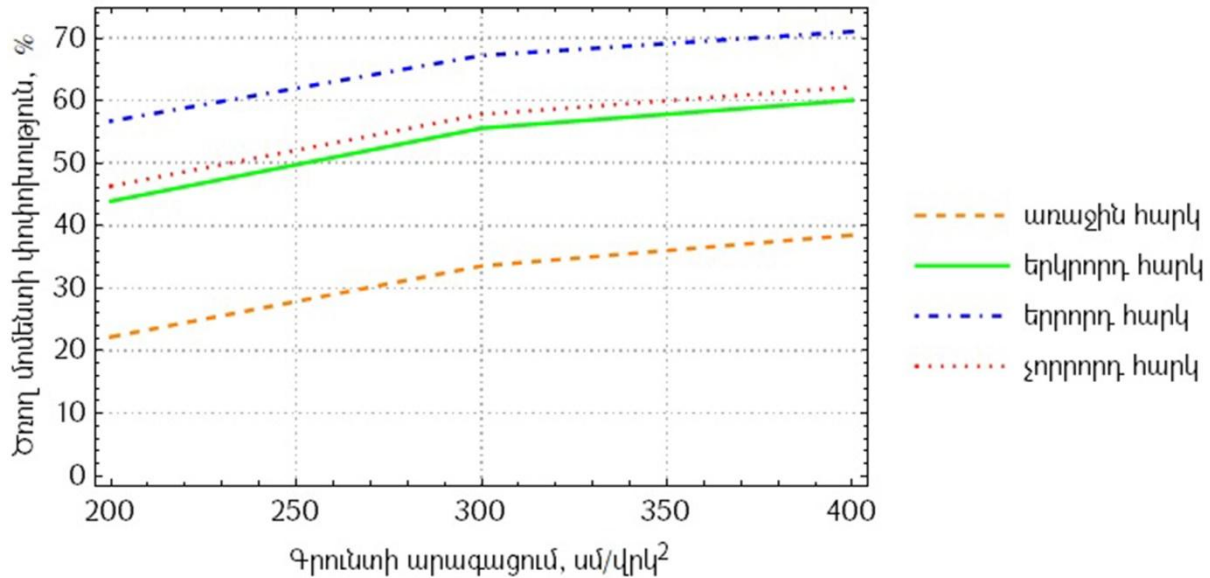
Ամփոփելով տվյալ հետազոտությանը՝ հաշվարկները ցույց տվեցին, որ միջին սյան համար ստատիկ և սեյսմիկ բեռնվածքների միջև սեղմող ուժերի տարբերությունը չնչին է, սակայն առավելագույն ստորին ծռող մոմենտը 3-րդ սեյսմիկ գոտում 2,64 անգամ մեծ է, քան ոչ սեյսմիկ գոտու դեպքում, իսկ վերին ծռող մոմենտը՝ 2,8 անգամ (նկ. 2.3.3): Եվ, վերջապես, ճգմանցման ուժը 3-րդ գոտու համար ստացվում է 1,2 անգամ ավելին, քան ոչ սեյսմիկ գոտու դեպքում (նկ. 2.3.4): Ինչպես նաև անհեծան ծածկերով շենքում՝ կախված թույլ ատրելի վնասվածքների գործակիցից, ծռող մոմենտների արժեքների փոփոխությունը զգալի է:

Այլ ուսակ 2.3.5

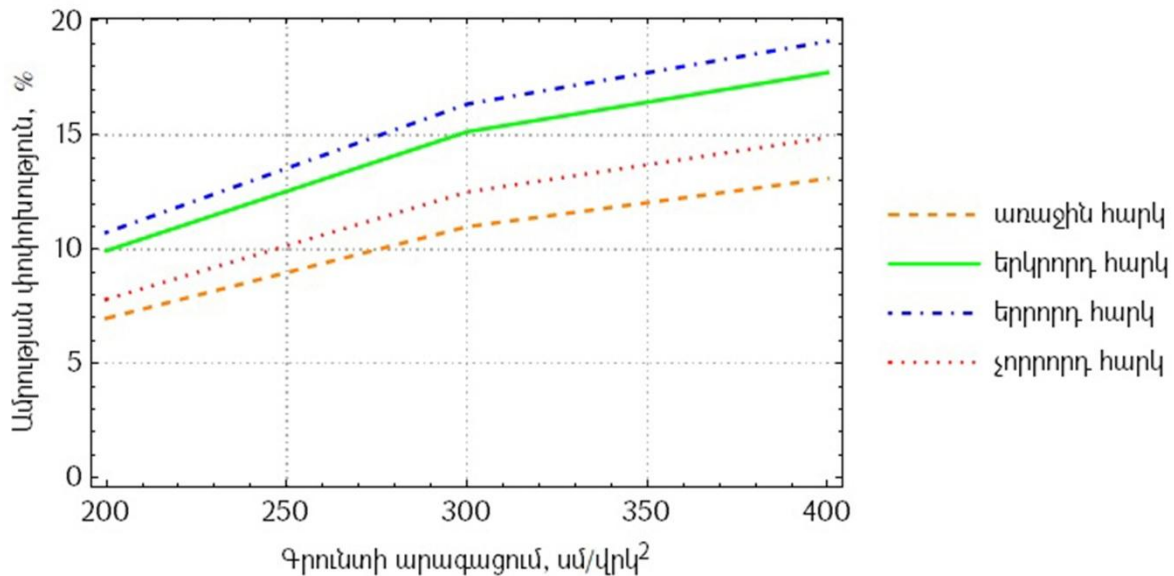
Սյան ծռող մոմենտների և լայնական ամրանների մակերեսների արժեքները՝ կախված թույլ ատրելի վնասվածքների գործակիցներից

Սեյսմիկ գոտի	Թույլ ատրելի վնասվածքների գործակից (k_1)	Հարկ	Ստորին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Վերին ծռող մոմենտ, կՆ×մ		Լայնական ամրանի մակերես, սմ ²
			$M_{x,inf}$	$M_{y,inf}$	$M_{x,sup}$	$M_{y,sup}$	
3	0,4	1	-35,5	-13,7	13,7	16,0	14,2
		2	-28,1	-15,9	27,8	15,9	13,7
		3	-25,7	-13,6	26,6	12,5	12,2
		4	-34,9	-16,4	-	-	7,54
	0,7	1	-20,1	-19,8	54,1	54,7	14,3
		2	-41,7	-41,7	43,8	44,0	15,8
		3	-41,7	-41,9	38,6	38,8	15,8
		4	-52,6	-52,9	-	-	7,54
	1,0	1	-25,4	-25,0	72,8	73,5	15,7

		2	-55,5	-56,0	59,5	59,7	16,2
		3	-56,9	-57,1	51,4	57,1	16,3
		4	-70,3	-70,7	-	-	7,54



Նկ. 2.3.3. Ծռող մոմենտները՝ կախված գրունտի արագացումից



Նկ. 2.3.4. Սալի ամրություն և փոփոխությունը կախված գրունտի արագացումից

Սեյսմիկ բեռնվածքի դեպքում ընդհանուր ծռող մոմենտների մեծությունները սյուներում, համեմատելով ստատիկ բեռնվածքի դեպքի հետ, գերազանցում են մոտ 2,64 - 5,32 անգամ, իսկ սեյսմիկ բեռնվածքի դեպքում ընդհանուր ծռող մոմենտների մեծությունները սյուներում, համեմատելով 0,4 -ի, 0,7 և 1,0 թույլ առելի վնասվածքների

արժեքների դեպքի հետ, գերազանցում են մոտավորապես 1,5 - 2,0 անգամ, իսկ լայնական ամրանների մակերեսները՝ 1,11 - 1,15 անգամ:

ԳԼՈՒԽ 3

ԱՆՅԵԾԱՆ ԾԱԾԿԻ ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՏԻՎ ՎԻՃԱԿԸ ՃՉՄԱՆՑՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ՝ ՀԱԾՎԻ ԱՌՆԵԼ ՈՎ ԾՌՈՂ ՄՈՄԵՆՏԻ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

§ 1. Առանց լայնական ամրանավորման սալի ճգմանցման գծային և ոչ գծային հաշվարկների համեմատական վերլուծություն

Կոնստրուկցիայի աշխատանքն ունի գծային բնույթ, երբ դրավրա ազդող բեռնվածքի և տեղափոխության կապը գծային է, հակառակ դեպքում աշխատանքի բնույթը ոչ գծային է: Գծային հաշվարկների դեպքում ուժի և տեղափոխության կապը կարելի է որոշել հետևյալ կերպ.

$$K \cdot U = F, \quad (3.1.1)$$

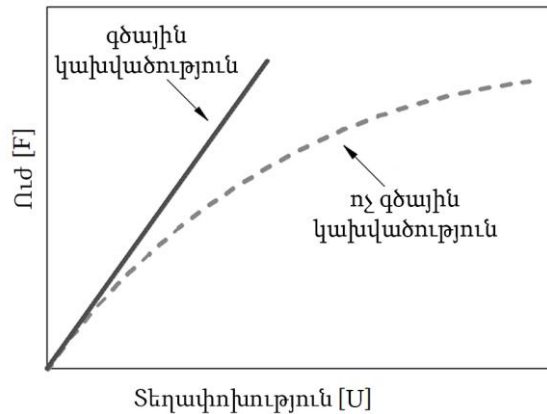
որտեղ K –ն համակարգի կոշտության մատրիցն է, U –ն հանգույցի տեղափոխությունն է, F –ը հանգույցում ազդող արտաքին ուժն է:

Ոչ գծային մոդելավորման ժամանակ հանգուցային արտաքին ուժի և տեղափոխության միջև կապը ոչ գծային է: Ոչ գծային աշխատանքի դեպքում կոշտության մատրիցը (3.1.1) հավասարման մեջ արդեն հաստատուն չէ, այն փոփոխվում է հանգուցային տեղափոխության հետ միաժամանակ: Կոշտության մատրիցը տեղափոխությունից կախված

ֆուկսցիա է, ինչի հետևանքով (3.1.1) պայմանը ստանում է հետևյալ տեսքը.

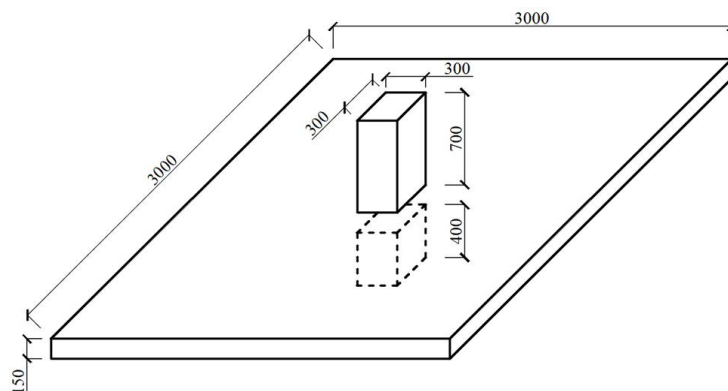
$$K(U) \cdot U = F: \quad (3.1.2)$$

Ե՛վ գծային, և՛ ոչ գծային գրաֆիկները բերված են նկար 3.1.1-ում:



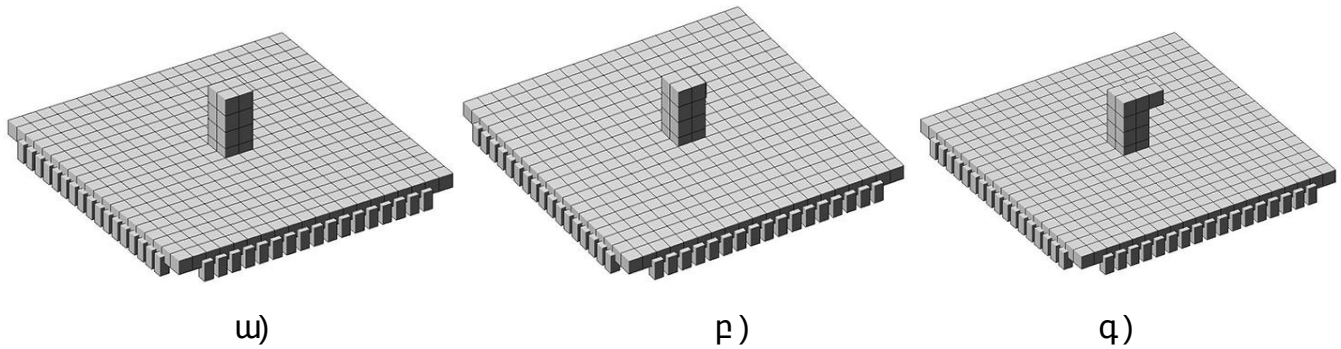
Նկ. 3.1.1. Ուժի և տեղափոխության միջև կախվածությունը՝ արտադրատված գծային և ոչ գծային գրաֆիկներով

Տվյալ դեպքում հետազոտվել են միաձույլ երկաթբետոնե առանց արտակենտրոնության, 0,16 և 0,32 մ արտակենտրոնություններով անհեծան ծածկերի մոդելներ: Սալի երկարությունը և լայնությունը 3 մ է, իսկ դրա հաստությունը 15,0 սմ: Սալի աշխատանքային բարձրությունը 12,1 սմ է: Սյան լայնական կտրվածքը քառակուսի է և հավասար է 30 × 30 սմ, իսկ բարձրությունը՝ 1,25 մ (նկ. 3.1.2): Սյան ստորին հատվածը 0,4 մ է, իսկ վերին հատվածը՝ 0,7 մ: Բետոնի խորանարդային սեղմման դիմադրությունը 45,0 ՄՊա է: Հաշվարկներն իրականացվել են առանց լայնական ամրանավորման, սակայն երկայնական ամրանավորման տոկոսը յուրաքանչյուր ուղղությամբ հավասար է 1,0 %-ի: Որպես երկայնական ամրան՝ ընտրվել է 14 մմ տրամագծի ձող՝ 120 մմ քայլով, որի նորմատիվ հոսունությունն սահմանը հավասար է 400 ՄՊա:



Նկ. 3.1.2. Անհեծան ծածկի երկրաչափական սխեմա (չ ափերը մմ -ով)

Բացի արտաքին ազդող սեղմող ուժից՝ վերլուծության համար հաշվի է առնվել նաև սալի և սյան սեփական քաշը: Համակարգերի հետազոտության համար օգտագործվել է վերջավոր տարրերի մեթոդը (նկ. 3.1.3):

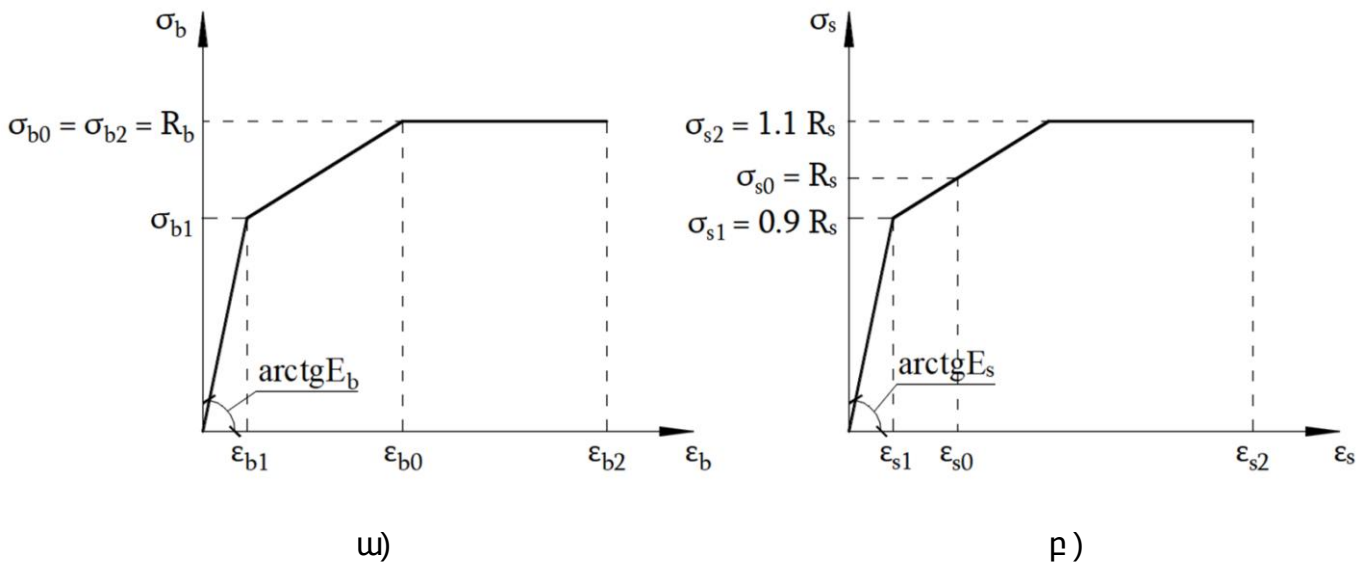


Նկ. 3.1.3. Վերջավոր տարրերով մոդելներ՝ առանց
արտակենտրոնության (μ), 0,16 մ (ρ) և 0,32 մ (q) արտակենտրոն
բեռնվածքներով

Վերջավոր տարրերի մոդելավորման [85] ընթացքում եզրային պայմանները նկարագրվել են լրացուցիչ տարրերով, որոնք ունեն 20,0 ՄՔարծրությու և տեղակայված են միմյանցից 15,0 ՄՔհեռավորության վրա: Այդ տարրերին տրվել են մեծ սեղմման և փոքր ձգման ամրությու և ներքին: Սյանը տրվել է հատուկ տեսք, որ հնարավոր լինի առաջացնել արտակենտրոն ուժ: Այդ պատճառով ծռող մոմենտը [47] համամասնական է ուժին: Ոչ գծային վերլուծությու և ներքին համար նյութի բնութագրերն ընդունվել են ոչ գծային կախվածությամբ:

Նորմալ ճաքերի առաջացման համար կիրառվել է ոչ գծային մոդելավորում [76]: Սեղմված բետոնի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը գնահատելու համար օգտագործվել է բետոնի եռագիծ դիագրամը՝ հաշվի առնելով կարճատև բեռի ազդեցությունը:

Ոչ գծային վերլուծության դեպքում բոլոր նյութերի համար (բետոն և պողպատ) ընտրվել է եռադիժ և արվածադեֆորմացիվ օրենք (նկ. 3.1.4 ա):



Նկ. 3.1.4. Լարվածադեֆորմատիվ վիճակի եռագիծ գրաֆիկ սեղմված բետոնի (ա) և ձգված ամրանի (բ) համար [30]

Բետոնի և արվածադեֆորմատիվ վիճակի դիագրամները կիրառվել են երկաթբետոնե տարրերի հաշվարկներում ոչ գծային դեֆորմացիաների մոդելի միջոցով: Որպես բետոնի վիճակի հաշվարկային գրաֆիկ, որը որոշում է Լարումների և դեֆորմացիաների միջև կապը՝ կարելի է կիրառել ցանկացած բետոնի վիճակի դիագրամ՝ կորագիծ, բետոնի վարքին համապատասխան կիսագծային (երկգիծ և եռագիծ): Այս դեպքում պետք է նշել դիագրամի հիմնական պարամետրիկ կետերը (առավելագույն Լարումները և դեֆորմացիաները):

Շանր, մանրահատիկ և նախալարված բետոնների վիճակի աշխատանքային դիագրամները, որոնք որոշում են Լարումների և դեֆորմացիաների միջև կապը, համաձայն Պրանդտլ տիպի դիագրամների, պարզեցնում են երկգծային և եռագծային դիագրամները:

Եռագիծ դիագրամի դեպքում բետոնի Լարումները, ըստ սեղմման կախված բետոնի հարաբերական դեֆորմացիաներից, որոշվում են (3.1.3) հավասարումով.

երբ $0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$

$$\sigma_b = E_b \cdot \varepsilon_b, \quad (3.1.3)$$

երբ $\varepsilon_{b1} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b0}$

$$\sigma_b = \left[\left(1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right) \cdot \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right] \cdot R_b, \quad (3.1.4)$$

$$\text{Երբ } \varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$$

$$\sigma_b = R_b, \quad (3.1.5)$$

և արման σ_{b1} մեծությունը որոշվում է՝

$$\sigma_{b1} = 0,6 \cdot R_b, \quad (3.1.6)$$

և հարաբերական դեֆորմացիայի մեծությունը ε_{b1} ՝

$$\varepsilon_{b1} = \frac{\sigma_{b1}}{E_b}: \quad (3.1.7)$$

Ճանր, մանրահատիկ և լարվող բետոնների հարաբերական դեֆորմացիան ε_{b2} կարճատև բեռնվածքի ազդեցության դեպքում մինչև B60 դասի բետոնների համար հավասար է 0,0035 -ի: Ոչ գծային դեֆորմացիաների մոդելով երկաթբետոնե տարրերի դեֆորմացիաների հաշվարկում ճաքերի բացակայության դեպքում սեղմված և ձգված բետոնի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատման համար կիրառվում է բետոնի վիճակի եռագիծ դիագրամը՝ հաշվի առնելով երկարատև և կարճատև բեռնվածքների ազդեցությունը [30]:

Ճանր, մանրահատիկ և լարող բետոնների սահմանային հարաբերական դեֆորմացիայի մեծությունը առանցքային սեղմման դեպքում կարճատև բեռնվածքի ազդեցության ժամանակ ընդունվում է հավասար 0,002 -ի:

Համաձայն ամրանի վիճակի եռագիծ դիագրամի՝ σ_s լարումը ամրանում՝ կախված ε_s հարաբերական դեֆորմացիայից, որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\text{Երբ } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s1}$$

$$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s, \quad (3.1.8)$$

$$\text{Երբ } \varepsilon_{s1} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s2}$$

$$\sigma_s = \left[\left(1 - \frac{\sigma_{s1}}{R_s} \right) \cdot \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{s1}}{\varepsilon_{s0} - \varepsilon_{s1}} + \frac{\sigma_{s1}}{R_s} \right] \cdot R_s \leq 1,1 \cdot R_s: \quad (3.1.9)$$

Ամրանում σ_{s1} արման արժեքը հավասար է.

$$\sigma_{s1} = 0,9 \cdot R_s, \quad (3.1.10)$$

և σ_{s2} լարումը որոշվում է.

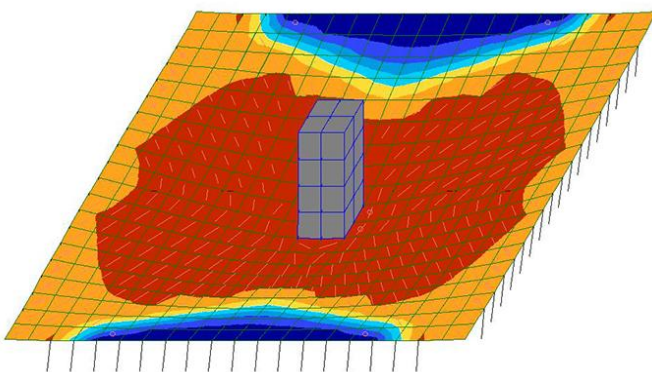
$$\sigma_{s2} = 1,1 \cdot R_{s1}: \quad (3.1.11)$$

(3.1.3 – 3.1.11) պայմաններում կիրառված գործակիցները և պարամետրերը հետևյալն են.

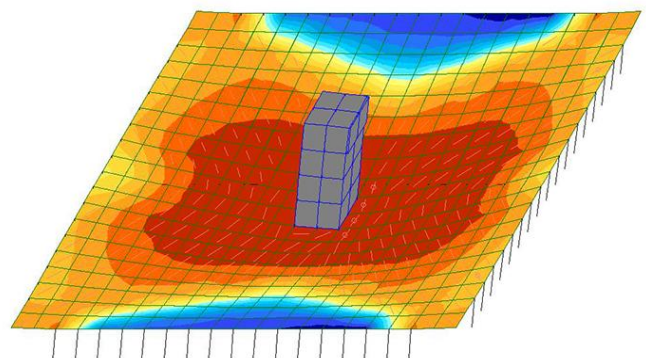
ε_s , ε_{s1} և ε_{s2} ամրանի հարաբերական դեֆորմացիաներն են, ε_b , ε_{b0} և ε_{b1} բետոնի հարաբերական դեֆորմացիաներն են, σ_s և σ_b –ն համապատասխանաբար ամրանի և բետոնի լարումներն են, E_s և E_b –ն համապատասխանաբար ամրանի և բետոնի առաձգականության մոդուլներն են, R_s և R_b –ն համապատասխանաբար ամրանի ձգման և բետոնի սեղմման դիմադրություններն են:

Ճածկի սալի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը գնահատելու համար սյան դեֆորմացիաները անտեսվել են: Արտակենտրոն բեռնվածքների դեպքում սկզբնական ճաքերը [64, 109] առաջանում են սյանը կից այն հատվածներում, որտեղ ազդում է արտաքին սեղմող ուժը: Ուժի մեծացման դեպքում ճաքերի զարգացումը տեղի է ունենում դեպի սալի անկյուններ: Բոլոր սալերի համար արտաքին սեղմող ուժը կիրառված է մինչև սալի առաջին վերջավոր տարրի քայքայման պահը: Ճաքերի առաջացումը, ճաքերի բացվածքի լայնությունները և սալերի քայքայումը ցույց են տրված նկար 3.1.5-ում:

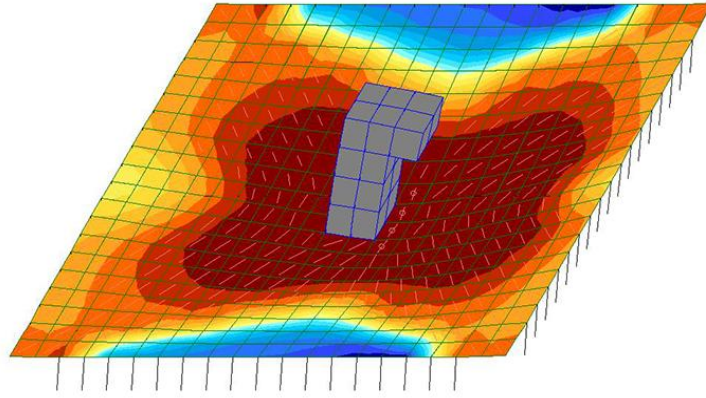
Առանց սալի լայնական ամրանավորման սահմանային բեռնվածքների մեծությունները, որոնց ազդեցության տակ սալն ունենում է կրիտիկական ճկվածք, ցույց են տրված աղյուսակ 3.1.1 -ում: Սալի առավելագույն ճկվածքները՝ կախված ուժերից, գծային և ոչ գծային դեպքերի համար, առանց լայնական ամրանավորման, ցույց են տրված նկար 3.1.6 և 3.1.7-ում: Նկատելի է, որ վերջավոր տարրերով [8, 11] գծային վերլուծության արդյունքները փոփոխվում են գծային օրենքով, իսկ ոչ գծային վերլուծության արդյունքները՝ ոչ գծային օրենքով:



ա)



բ)



գ)

Նկ. 3.1.5. Սալի քայքայման սխեմաներ առանց արտակենտրոնության (α), 0,16 մ (ρ) և 0,32 մ արտակենտրոնությամբ (q)՝ համաձայն վերջավոր տարրերի մեթոդի՝ հաշվի առնելով ոչ գծային աշխատանքը

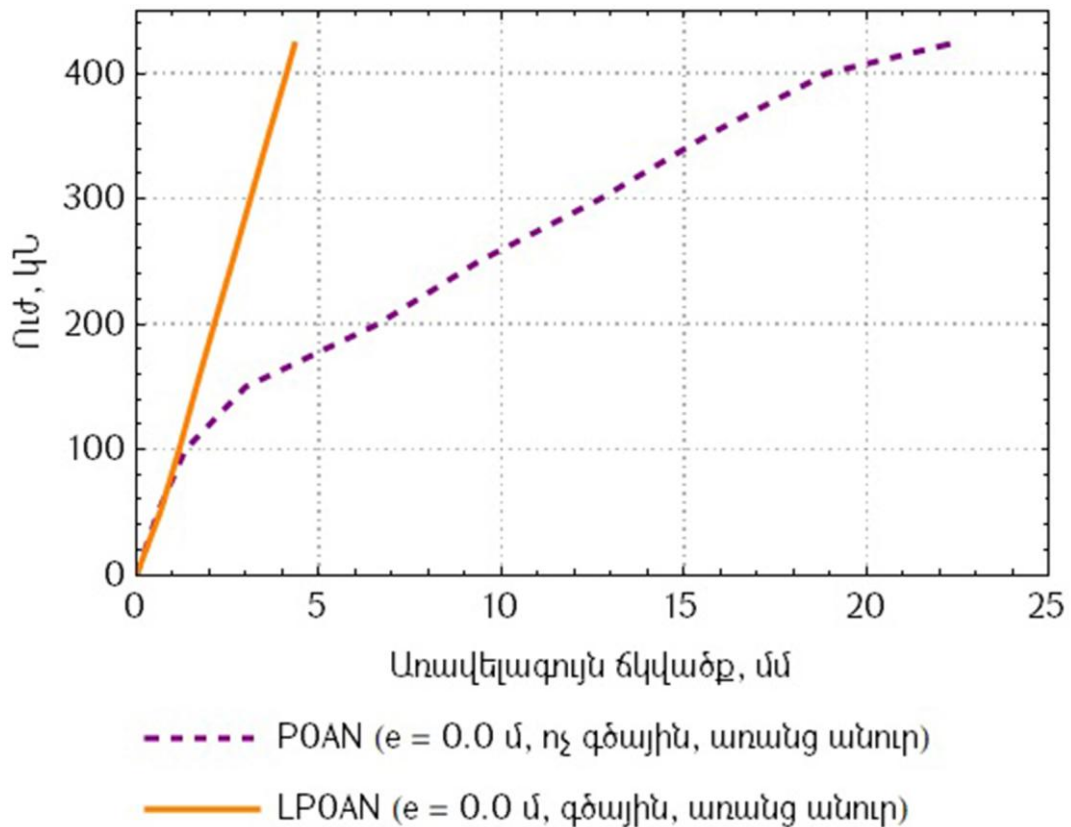
Ինչպես նկատվում է արդյունքներից, առանց լայնական ամրանի գծային և ոչ գծային վերլուծությունների միջև տարբերությունը զգալի է:

Առանց լայնական ամրանի ոչ գծային աշխատանքի դեպքում 0,0 մ, 0,16 մ և 0,32 մ արտակենտրոնությունների համար սալի ճկվածքը ստացվել է համապատասխանաբար 5,1, 6,2 և 5,9 անգամ մեծ, քան գծայինի դեպքում [50]:

Աղյուսակ 3.1.1

Սահմանային բեռնվածքները և սալի ճկվածքները՝ վերջավոր տարրերի վերլուծության համաձայն առանց սալի լայնական ամրանավորման

Արտակենտրոնություն, մ	Սահմանային բեռնվածք, կՆ	ճկվածք, մմ	
		Գծային	Ոչ գծային
0,0	423,0	4,33	22,2
0,16	331,0	3,66	22,9
0,32	270,0	3,14	18,8

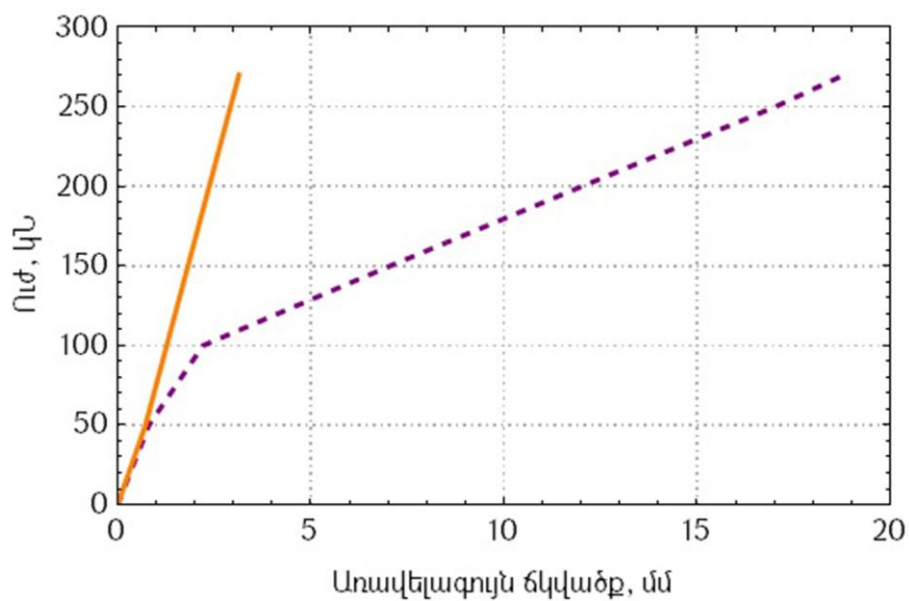
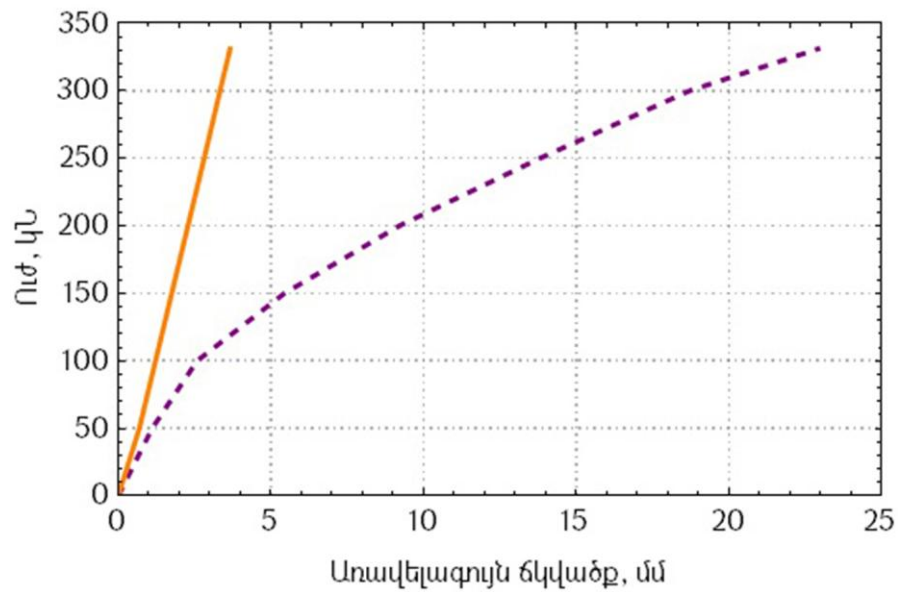


Նկ. 3.1.6. Գծային և ոչ գծային վերլուծությունը ներդրումը ստացված ուժի և տեղափոխությունը անկախ առանց լայնական ամրանի 0,0 մ արտակենտրոնությունը ամբ (հավելված 2)

Սահմանային արտաքին ազդող սեղմող ուժը, համեմատելով առանց արտակենտրոնությունը անդեպի հետ, 0,16 մ արտակենտրոնությունը անդեպում նվազում է մոտ 22 %-ով, իսկ 0,32 մ արտակենտրոնությունը անդեպում՝ մոտ 36 %-ով:

Հաշվի առնելով վերը նշվածը՝ համակարգի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա էապես ազդում է նյութի ոչ գծային աշխատանքը, և այդ վիճակը ճշգրիտ գնահատելու համար հարկավոր է հստակեցնել ինչպես հաշվարկային մոտեցումները, այնպես էլ նյութի ոչ գծային աշխատանքի բնութագրերը:

ա)



բ)

Նկ. 3.1.7. Գծային և ոչ գծային եղանակով ստացված ուժի և տեղափոխության կապի առանց լայնական ամրանի 0,16 մ (ա) և 0,32 մ (բ) արտակենտրոնության ամբ (հավելված 2)

§ 2. Լայնական ամրանավորմամբ սալի ճգմանցման գծային և ոչ գծային հաշվարկների համեմատական վերլուծություն

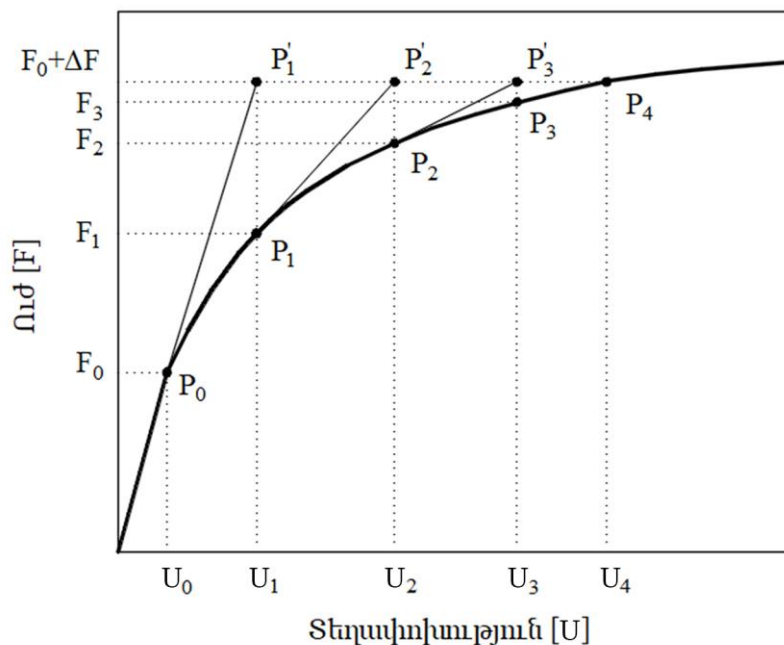
Հաշվարկների ժամանակ գոյություն ունեն ոչ գծային վերլուծությունների մի քանի եղանակներ: Դրանցից ամենակիրառելին և տարածվածը Նյուտոն-Ռաֆսոնի մեթոդն է [69, 77]:

Այս մեթոդով հաշվարկն իրականացվում է որոշակի ժամանակահատվածում, որը նկարագրվում է (3.1.2) հավասարումով, որտեղ U_0 -ն տեղափոխությունն է, F_0 -ն՝ արտաքին ուժը, և P_0 -ն կորի սկզբնակետն է: Ժամանակն աճելով՝ աճում է նաև արտաքին ուժը՝ $F_0 + \Delta F$, և անհրաժեշտ է որոշել տեղափոխությունը ժամանակի հաջորդ պահին (նկ.3.2.1):

Սկսելով P_0 կետից՝ հնարավոր է որոշել գծային կոշտությունը և լուծել հետևյալ հավասարումը.

$$K(U_0) \cdot \Delta U = \Delta F: \quad (3.2.1)$$

U_0 տեղափոխությունն ավելանալով ΔU -ով կարելի է դիտարկել U_1 : U - F տիրույթում գտնվելով $(U_1, F_0 + \Delta F)$ -ում, որը համարժեք է P_1' կետին, այն բավական հեռու է վերջնակետից՝ P_4 : Շարունակելով համար անհրաժեշտ է P_1' կետից վերադառնալ իրական կորին (P_1):



Նկ. 3.2.1. Ուժի և տեղափոխության անմիջական համաձայն Նյուտոն-Ռաֆսոնի մեթոդի [77]

(3.1.2) հավասարման ձախմասում տեղափոխությունը փոխարինելով U_1 -ով՝ հնարավոր է հաշվել իրական F_1 ուժը.

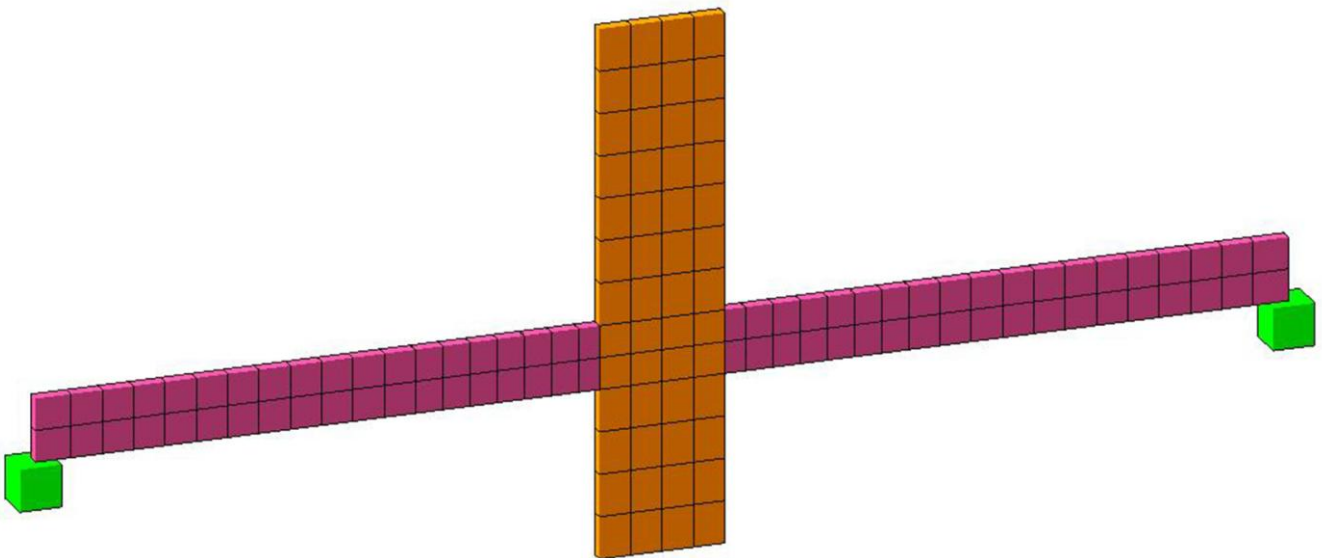
$$K(U_1) \cdot U_1 = F_1: \quad (3.2.2)$$

Կարելի է տեղադրել P_1 կետը (U_1, F_1) կոորդինատներով, որը գտնվում է ուժի և տեղափոխության կորի վրա: Արտաքին ուժերի ($F_0 + \Delta F$) և հավասարակշռված ուժի (F_1) միջև տարբերությունը կոչվում է հավասարաչափ տերացիայի մնացորդային ուժ.

$$F_1^R = (F_0 + \Delta F) - F_1: \quad (3.2.3)$$

Եթե մնացորդային ուժը փոքր է քան չափանշայինը, ապա ենթաբայլը համընկնում է, հակառակ դեպքում ընդունվում է մեկ այլ հավասարաչափ տերացիա: Վերը նկարագրվածը կոչվում է Նյուտոն-Ռաֆսոնի մեթոդ [77]:

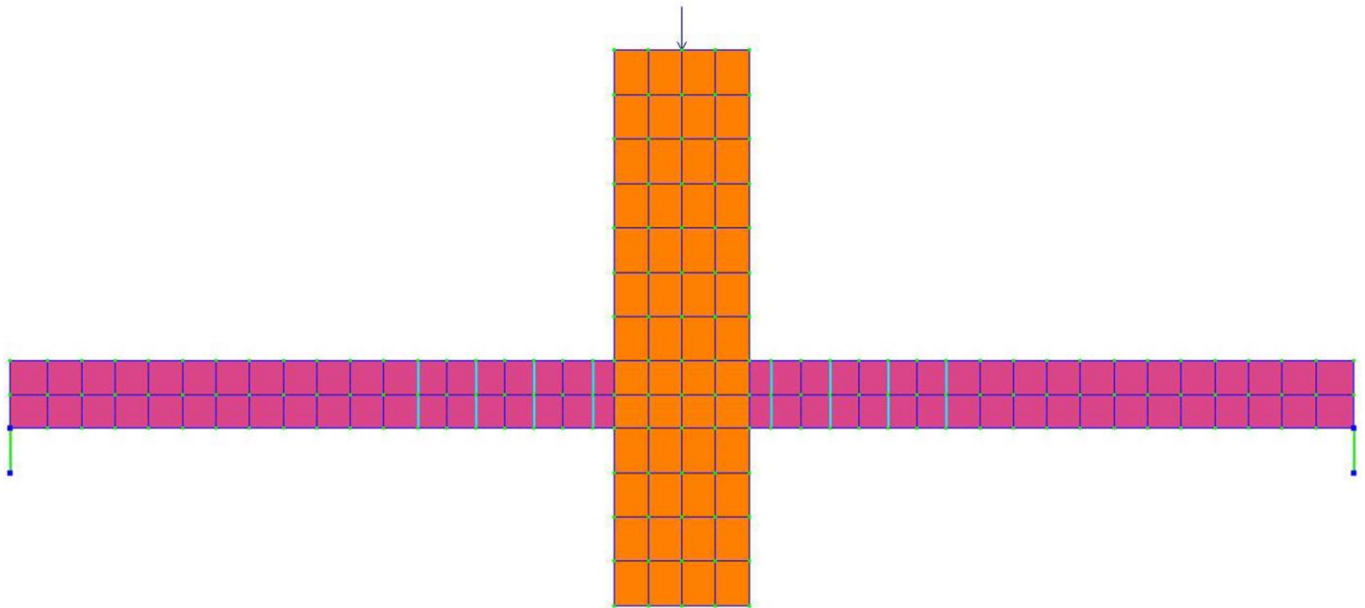
Տվյալ խնդրում դիտարկվել են միաձույլ երկաթբետոնե առանց արտակենտրոնության, 0,16 և 0,32 μ արտակենտրոնություններով անհեծան ծածկերի մոդելներ՝ սալի լայնական ամրանավորմամբ (նկ.3.2.2): Երկայնական ամրանավորման [82, 84] տոկոսը յուրաքանչյուր ուղղությամբ ընդունվել է հավասար 1,3 % -ի: Որպես երկայնական ամրան՝ սալերում ընտրվել են 16 μ տրամագծի ձողեր, որոնք տեղադրված են 120 μ քայլով, իսկ որպես լայնական ամրան՝ 10 μ տրամագծի ձողեր (նկ.3.2.3):



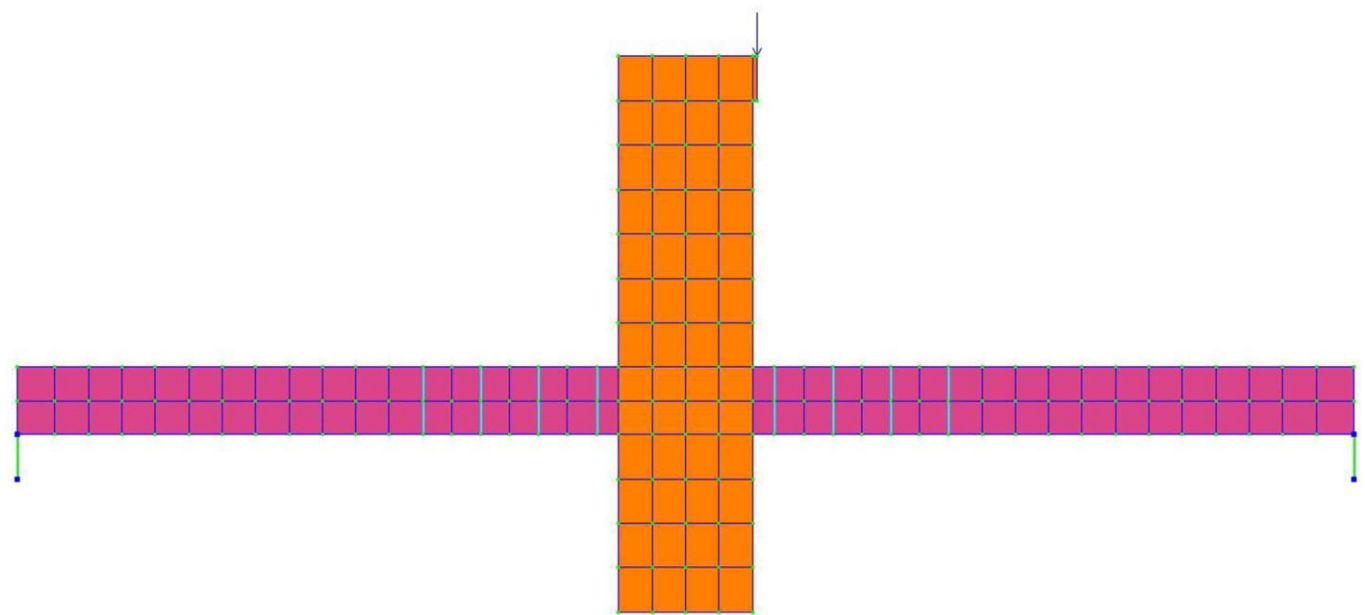
Նկ. 3.2.2. Վերջավոր տարրերով նկարագրված եռաչ ափմոդել

Վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկների իրականացման ժամանակ եզրային պայմանները նկարագրվել են լրացուցիչ երկու առաձգական

տարրերով, որոնք ունեն 10,0 μm բարձրություն: Այդ տարրերին տրվել են մեծ սեղմման և փոքր ձգման ամրություններ:



ա)



բ)

Նկ. 3.2.3. Առանց (ա) և 0,16 մ արտակենտրոնությամբ (բ) լայնական ամրաններով անհեծան ծածկերի մոդելներ

Մնացած բոլոր ելակետային տվյալները համապատասխանում են երրորդ գլխի առաջին ենթավերնագրում տրված ելակետային տվյալներին:

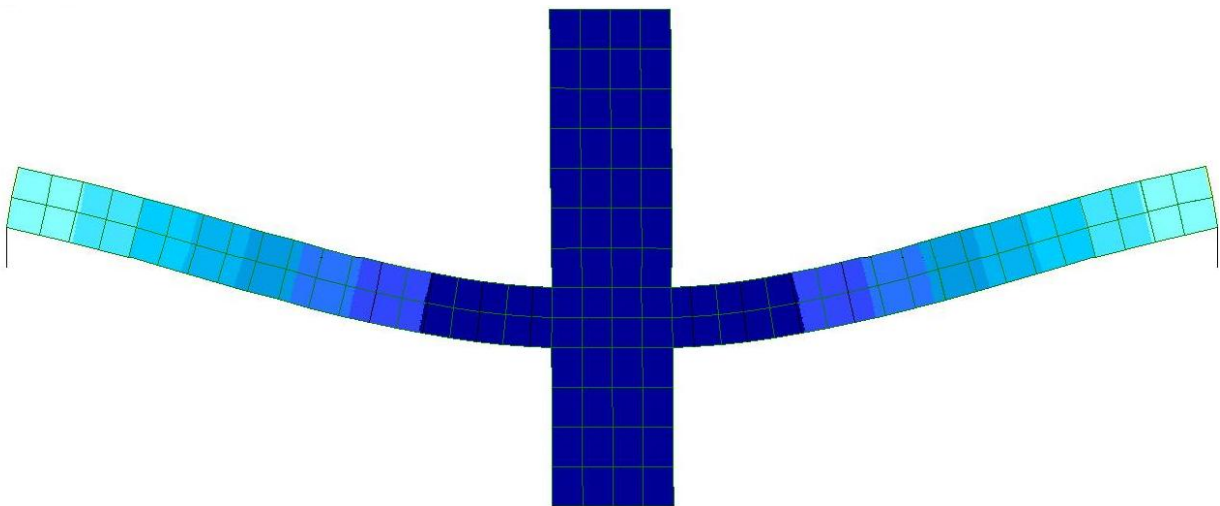
Այստեղ նույնպես անտեսվում են սյան դեֆորմացիաները, քանի որ գնահատվում է ծածկի սալի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը: Լայնական

ամրանով անհեծան ծածկերում կենտրոնական բեռնվածքների դեպքում սկզբնական դեֆորմացիաներն [83] առաջանում են համաչափ սյանը կից պարագծով, իսկ արտակենտրոն սեղմման դեպքում այն հատվածներում, որտեղ կիրառվել է այդ ուժը: Նախնական փուլում բետոնը և լայնական ամրանը աշխատում են համատեղ: Ուժի մեծացմանը զուգահեռ զարգանում են առաջին ճաքերը և տարածվում դեպի եզրային հենարաններ: Կենտրոնական և արտակենտրոն սեղմող ուժերը կիրառվել են մինչև ծածկի սալի առաջին վերջավոր տարրի քայքայումը:

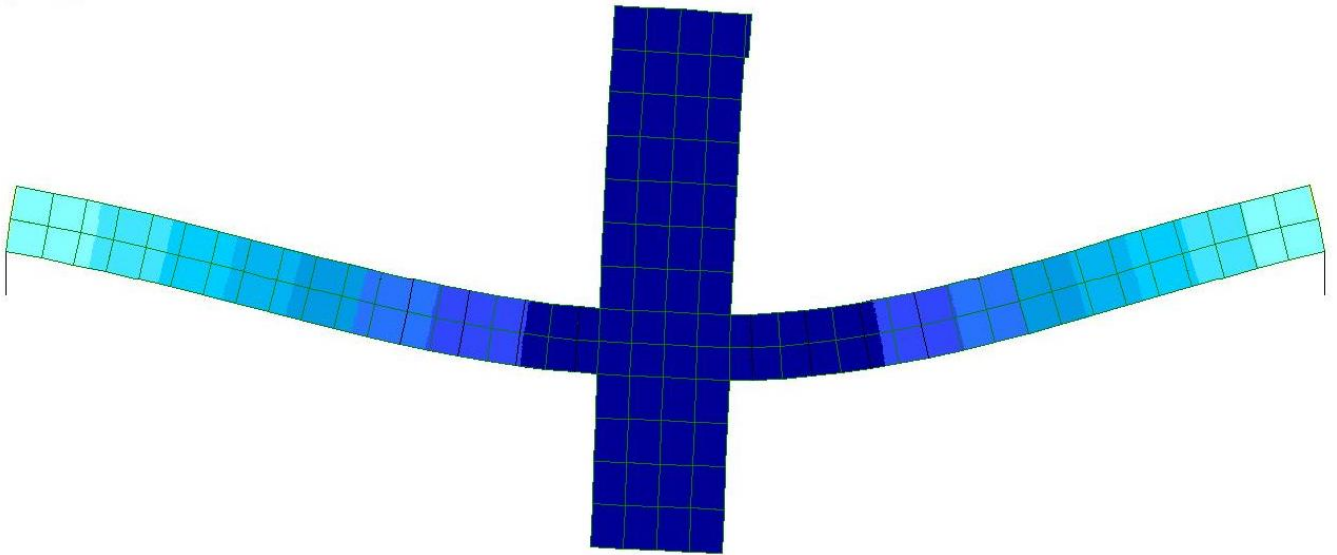
Համաձայն վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված արդյունքների՝ լայնական ամրանով սալերի ճկվածքները գծային վերլուծության դեպքում առանց արտակենտրոնության և 0,16 Մ արտակենտրոնության համար հավասար են համապատասխանաբար 4,98 ՄՄ և 3,97 ՄՄ, իսկ ոչ գծայինի դեպքում՝ 31,7 ՄՄ և 24,6 ՄՄ (նկ.3.2.4 և նկ.3.2.5):

Առավելագույն արտաքին սեղմող ուժերը, որոնց ազդեցության տակ սալերն ունեցել են վերոհիշյալ ճկվածքները, առանց արտակենտրոնության և 0,16 Մ արտակենտրոնության համար, ստացվել են հավասար՝ համապատասխանաբար 578 կՆ և 432 կՆ:

Կախված արտակենտրոնությանից և արտաքին սեղմող ուժերից՝ լայնական ամրանավորմամբ գծային և ոչ գծային դեպքերի համար սալի առավելագույն ճկվածքները բերված են նկար 3.2.6–ում:

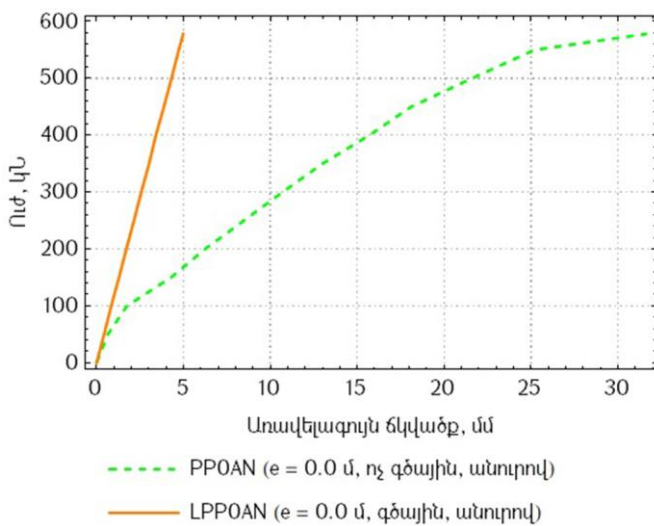


Նկ. 3.2.4. Վերջավոր տարրերի մեթոդով, ոչ գծային վերլուծությամբ լայնական ամրաններով սալի առավելագույն ճկվածքը՝ առանց արտակենտրոնության

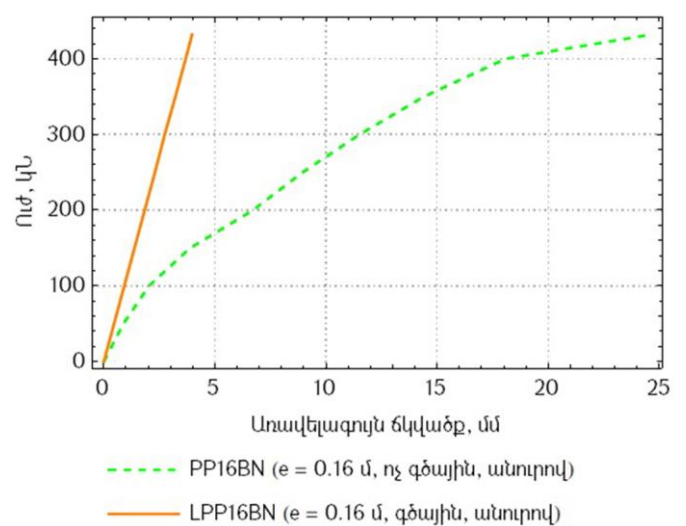


Նկ. 3.2.5. Վերջավոր տարրերի մեթոդով, ոչ գծային վերլուծությամբ
լայնական ամրաններով սալի առավելագույն ճկվածք՝ 0,16 մ
արտակենտրոնությամբ

Լայնական ամրանով [68] սալի ոչ գծային վերլուծությունների դեպքում, համաձայն 0,0 մ և 0,16 մ արտակենտրոնությունների, սալի ճկվածքը ստացվել է համապատասխանաբար 6,3 և 6,1 անգամ մեծ, քան գծային վերլուծությունների դեպքում: Ինչպես նաև սահմանային արտաքին սեղմող ուժը, համեմատած առանց արտակենտրոնության դեպքի, 0,16 մ արտակենտրոնության դեպքում նվազում է մոտ 25,2 %-ով [50]:



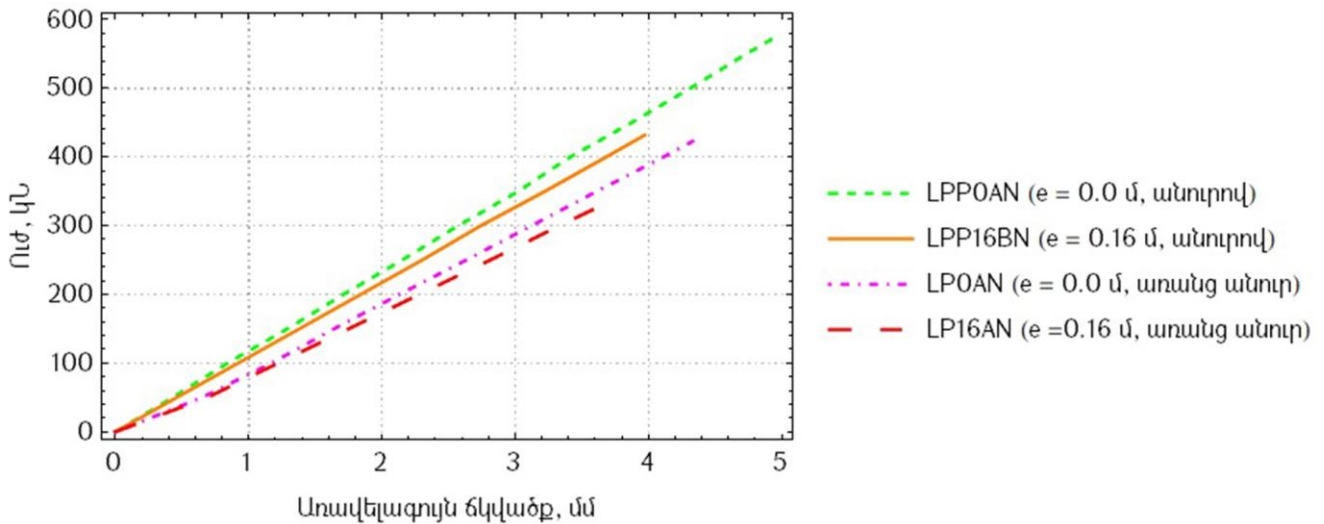
ա)



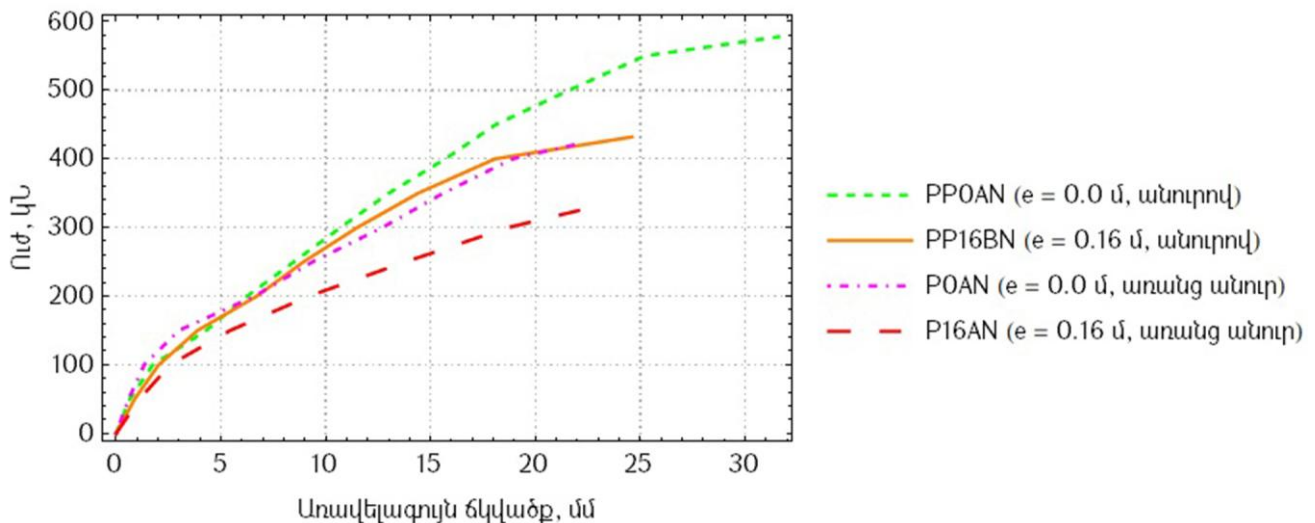
բ)

Նկ. 3.2.6. Ուժի և տեղափոխության միջև կապը՝ սալի լայնական ամրանավորմամբ, գծային և ոչ գծային վերլուծությունների դեպքում (հավելված 2)

Համեմատելով առանց լայնական ամրանների և վերջինիս առկայությունից սալերի կրողունակությունը՝ կարելի է հստակ նշել, որ սալի կրողունակությունը անհամեմատ բարձրանում է: Կատարելով այս և նախորդ ենթավերնագրում ստացված արդյունքների համեմատական վերլուծություններ՝ կարող ենք նշել, որ կախված արտակենտրոնությունից՝ անուրի առկայությունը մեծացնում է սահմանային սեղմող ուժը մոտ 22–27 %-ով (նկ.3.2.7):



ա)



բ)

Նկ. 3.2.7. Ուժի և տեղափոխության միջև կապը՝ սալի առանց և լայնական ամրանավորմամբ, գծային (ա) և ոչ գծային (բ) վերլուծությունների դեպքում

Անհրաժեշտ է նշել, որ ոչ գծային վերլուծություններով ստացված սալի ճկվածքները գծայինի արդյունքներին միջինում գերազանցում

են 5,9 անգամ, ինչը վկայում է այն մասին, որ հարկավոր է հաշվի առնել նյութի ոչ գծային աշխատանքը:

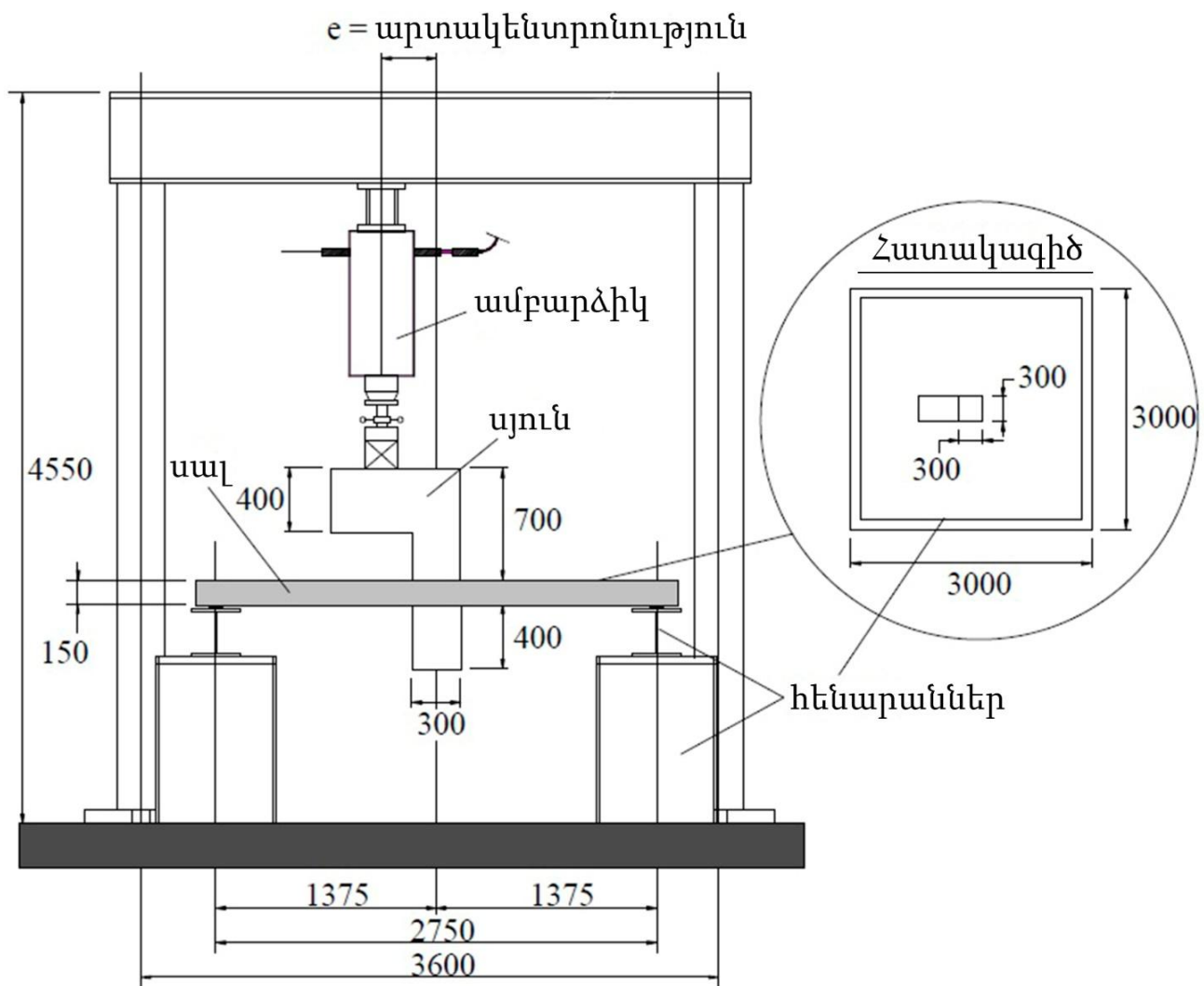
§ 3. Առաջարկվող դրույթներով հաշվարկային եղանակի հիմնավորումը գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալներով

Շենքերում սյուների հիմնական նպատակն է փոխանցել ուղղահայաց բեռնվածքը հիմքերին: Այնուամենայնիվ անհնար է խուսափել սալերում առաջացած մոմենտից, որը նույնպես փոխանցվում է սյանը: Այդ մոմենտի սկզբնաղբյուրը կարող են լինել ոչ համաչափ բեռնավորումը, անհավասար թռիչքները, երկու սալերի միջև կծկումների տարբերությունը, սողքը, հորիզոնական ուժերը, ինչպիսիք են երկրաշարժը [18, 54] կամ քամին: Որոշ գործող նորմեր ճգմանցման կրողունակության հաշվարկներում հաշվի են առնում նորմալ ուժի [93] և մոմենտի [58] համակցությունը: Այդ նորմերը մշակվել են սալի տեսությունից և հիմնված են սահմանափակ քանակությամբ փորձերի հիման վրա [101]: Արտակենտրոնությամբ և լայն սալերով ճգմանցման փորձեր իրականացվել են քիչ թվով: ճգմանցման հաշվարկներում արտակենտրոն ուժի և լայնական ամրանավորման միջև կապը փորձարարական ճանապարհով բավականին քիչ է հետազոտված:

Այս ենթագլխում ներկայացված են գոյություն ունեցող արտակենտրոն սեղմված սյան և սալի հանգույցի փորձի նկարագրությունը և մեր կողմից իրականացված գծային և ոչ գծային եղանակներով հետազոտությունների համեմատական վերլուծությունը:

Փորձերն իրականացվել են Շվեյցարիայի դաշնային տեխնոլոգիական ինստիտուտի շինարարական կոնստրուկցիաների լաբորատորիայում [66]: Փորձերն իրականացվել են վեց լայն հարթ սալերի վրա քառակուսի հատվածքի բետոնե սյուներով, որոնք գտնվում են սալի միջին մասում: Սյուների տրվել է հատուկ ձև, որով հնարավոր է երկայնական ուժին հաղորդել արտակենտրոնությամբ: Այդ պատճառով մոմենտը համեմատական է ուժին: Նկար 3.3.1 -ում ցույց է տրված փորձի սխեման: Սալը քառակուսի է ($3,0 \times 3,0 \times 0,15$ լ/), ինչպես և սյունը ($0,3 \times 0,3$ լ/): Այս չափերը հաստատուն են բոլոր փորձերի համար:

Սալի ընդհանուր հաստությունը 0,15 մ է, և միջին աշխատանքային բարձրությունը՝ 0,121 մ: Սալը եզրային մասերում սկեռված է մետաղե հեծանների և ազատկարող է տեղաշարժվել բոլոր ուղղություններով: Բոլոր վեց սալերն էլ փորձարկվել են տարբեր արտակենտրոն բեռնավորումներով՝ զրոյական, կիսով չափ և մեկ ամբողջական սյան առանցքով, սյան առանցքից 0,16 և 0,32 մ հեռավորությունների վրա:

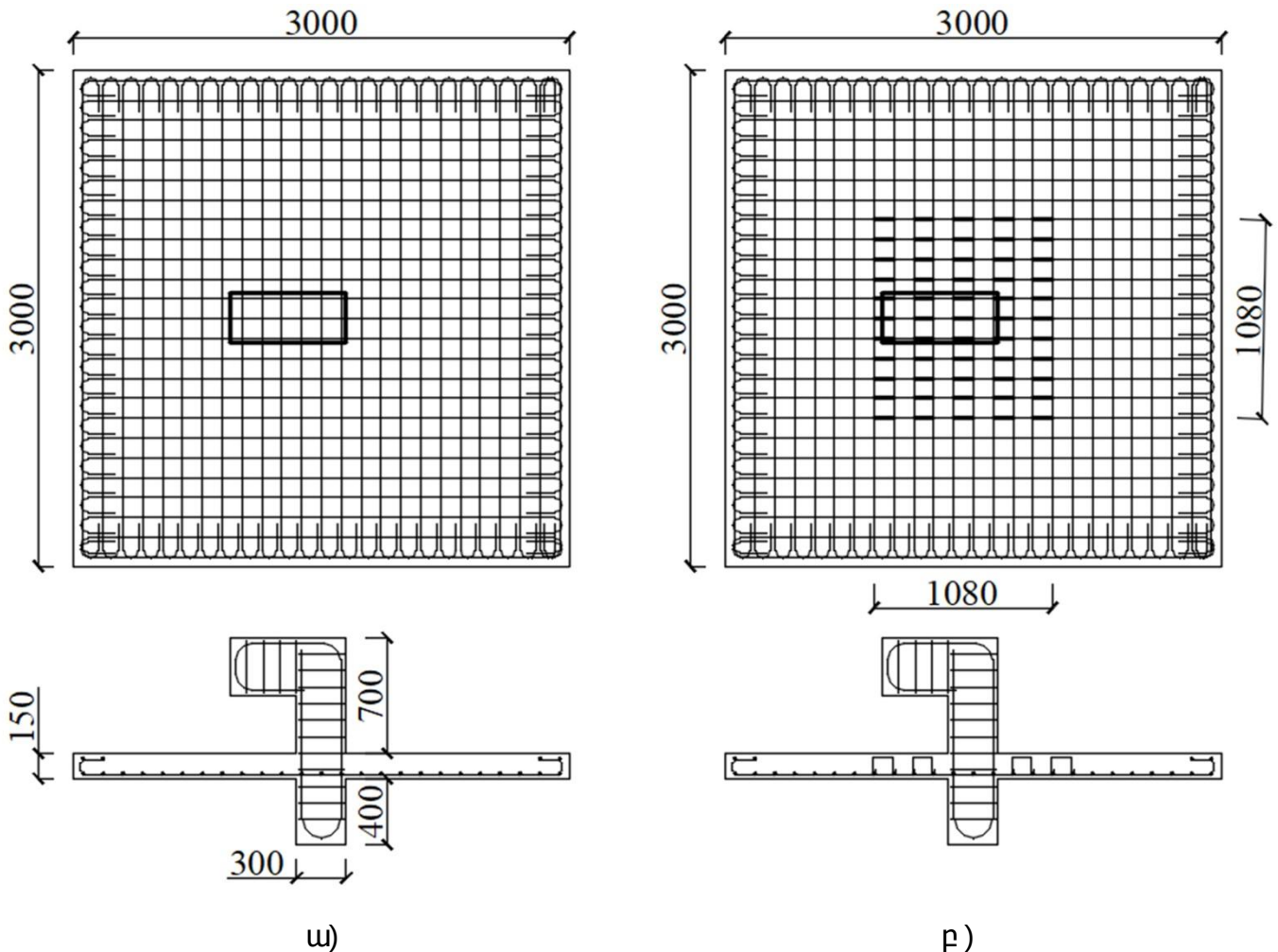


Նկ. 3.3.1. Փորձարարական սարքի սխեմա (չ ափսոսանքով) [66]

Բետոնի գլանային ամրությունը, ըստ սեղմման, 35 ՄՊա է (ըստ ՀՀ – ում գործող նորմերի համապատասխանում է $R_b = 25$ ՄՊա): Երկայնական ամրանավորման տոկոսը երկու ուղղություններով՝ առանց և լայնական ամրանավորմամբ, հավասար է համապատասխանաբար 1,0 և 1,3 % -ի: Առանց լայնական ամրանավորման մոդելում, որպես երկայնական ամրան, ընտրվել էր 120 մմ քայլով 14 մմ տրամագծի ձող, իսկ լայնական ամրանավորմամբ մոդելում՝ 120 մմ քայլով 16 մմ տրամագծի ձող:

Լայնական ամրանավորումն իրականացված է 10 մմ տրամագծի ձողերից: Ամրանավորման հատակագիծը ցույց է տրված նկար 3.3.2-ում:

Փորձերն իրականացվել են դեֆորմացիաները ղեկավարող հիդրավլիկական ամբարձիկի միջոցով՝ 40 կՆ քայլով, 4 կՆ/րոպե հաստատուն բեռնավորման արագությամբ: Հաղորդվող բեռների քայլերի միջև դեֆորմացիան պահպանվել է հաստատուն 10-15 րոպե զննման և չափման համար [22, 66]:



Նկ. 3.3.2. Սալի երկայնական (ա) և լայնական ամրանավորում (բ) (չափերը մմ-ով) [66]

Առավելագույն բեռնվածքի դեպքում դեֆորմացիաներն աճում են կտրուկ, և գրանցվում են ստացված արդյունքները ճգմանցման փուլում: Փորձը համարվել է ավարտված այն ժամանակ, երբ սյունը մխրճվում է սալի մեջ կամ սյան պտույտը գերազանցում է 5 %-ը:

Ավտոմատացված սարքավորումներով համակարգչում րոպե առ րոպե գրանցվել են տվյալները: Իրականացվել են ճափ տեսքի զննում և

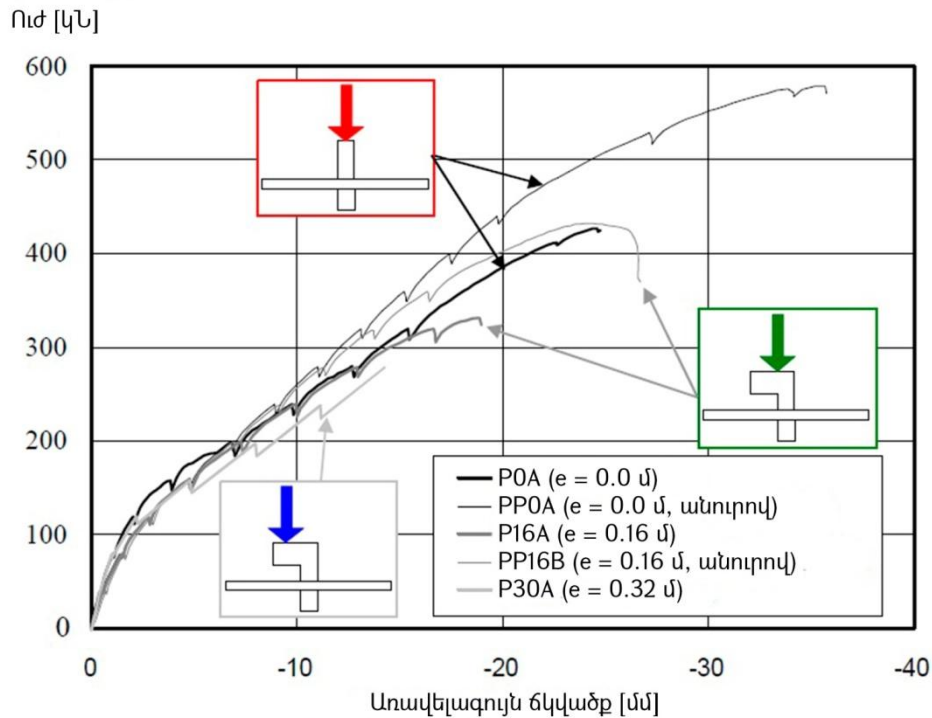
Նորմալ ու շոշափող դեֆորմացիաների ձեռքով չափումներ սալի ստորին մակերևույթի վրա:

Նկար 3.3.3 -ում ցույց է տրված սալը չափիչ սարքավորումների հետ փորձարկման ժամանակ (տեղափոխության ինդուկտիվ տվիչներ, ամբարձիկի վրա ու ժի տվիչ և տենզոտվիչներ):



Նկ. 3.3.3. Սալը փորձարկման ժամանակ [66]

Ամբողջ վեց սալերը՝ երեք տարբեր արտակենտրոնությամբ ու նստրով, դիտարկվել են փորձի ընթացքում: Մեծ բեռնավորման պատճառով երկայնական ամրանավորման տուկոսը բարձրացվել է 1,3 % բոլոր այն սալերում, որտեղ առկա է նաև լայնական ամրանավորում:



Նկ. 3.3.4. Ազդող ու ժի և առավել ազույն ու ղղահայ աջ ճկվածքի միջև կապը [66]

Նկար 3.3.4 –ում ցույց է տրված սալի առավել ազույն ճկվածքի կախվածությունն ազդող ու ժից, որը կիրառված է հիդրավլիկական ամբարձիկի միջոցով: Կորերի սկիզբը բոլոր սալերի դեպքում գրեթե նույնն է, քանի որ այն կախված է սալի ձևից և առաձգականության մոդուլից: P0A և P30A կորերում ստացված կոշտությունների տարբերությունն առաջացել է հենարանների պատճառով: Բոլոր սալերի համար առաջին ճաքն առաջացել է մոտավորապես նույն բեռնվածքի ազդեցության տակ՝ անկախ արտակենտրոնությունից (մոտավորապես երկրորդ և երրորդ բեռնավորման քայլի միջև 100 կՆ-ով): Առաջին ճաքի զարգացումից հետո կորի թեքությունը կառավարվում է երկայնական ամրանով: Լայնական ամրանով ($\rho = 1,3 \%$) երկու սալերի համար ճաքի թեքությունը ստացվում է ավելի մեծ, քան առանց լայնական ամրանավորման ($\rho = 1,0 \%$):

Աղյուսակ 3.3.1 –ում ցույց են տրված սահմանային բեռնվածքը և սալի կրողունակության նվազեցումը՝ արտակենտրոնության դեպքում արտահայտված տոկոսներով: Փորձի արդյունքները ցույց են տվել, որ սահմանային վիճակի առաջացումը կտրուկ կախված է առավել ազույն արտաքին սեղմող ու ժից: 0,16 մ արտակենտրոնության դեպքում

սահմանային բեռնվածքը նվազել է 22 %-ով, իսկ 0,32 Մ–ի դեպքում՝ 36 %-ով: Լայնական ամրանի առկայության դեպքում՝ կախված արտակենտրոնությանից, սահմանային բեռնվածքն աճում է 30-35 %-ով, այսինքն սալում լայնական ամրանը հասնում է իր հոսունության սահմանին, և կտրուկ զարգանում են պլաստիկ դեֆորմացիաները (նկ.3.3.4, PP16B կոր): Ինչպես ցույց է տալիս փորձը, արտակենտրոնության դեպքում գլխավոր հակազդող տարրերը հանդիսանում են անուրները: 0,16 Մ արտակենտրոնության հետևանքով սահմանային բեռնվածքի նվազեցումը մոտավորապես նույնն է, ինչ առանց լայնական ամրանավորման:

Նկար 3.3.5 (ա) –ից կարելի է նկատել, որ առանց արտակենտրոնության դեպքում ոչ գծային հաշվարկների և գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների միջև կախվածությունը մինչև 250 կՆ բեռնվածքը փոքր-ինչ տարբերվում է, իսկ մոտավորապես 250 կՆ բեռնվածքի դեպքում, երբ ճկվածքը մոտ 10 Մ/Մ է, այդ կորերը հատվում են և շարունակում են զարգանալ գրեթե նույն հետագծով և արժեքներով: 0,16 Մ արտակենտրոնության դեպքում ոչ գծային հաշվարկներով դեֆորմացիաները սկսվում են զարգանալ մի փոքր ավելի շուտ, քան փորձարարական ճանապարհով, սակայն այդ դեֆորմացիաների արժեքները սկսում են մոտենալ միմյանց սեղմող ուժերի մեծ արժեքների դեպքում: 0,32 Մ արտակենտրոնության համար մինչև 150 կՆ բեռնվածքի դեպքում ոչ գծային հաշվարկներով դեֆորմացիաները ստացվում են ավելի մեծ, քան փորձերով, սակայն 150 կՆ –ից մեծ բեռնվածքների դեպքում կորերը սկսում են մոտենալ միմյանց:

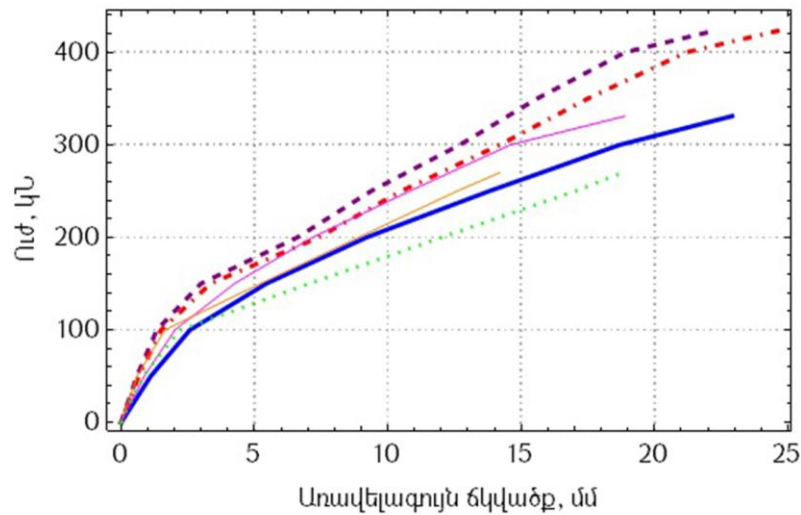
Նկար 3.3.5 (բ) –ից կարելի է նկատել, որ առանց արտակենտրոնության դեպքում ոչ գծային հաշվարկների և գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների միջև կախվածությունը գրեթե չի տարբերվում, իսկ 0,16 Մ արտակենտրոնության դեպքում 0-5 Մ/Մ դեֆորմացիաները զարգանում են գրեթե նույն բեռնվածքների ազդեցության տակ: 5-15 Մ/Մ ճկվածքները ոչ գծային հաշվարկների դեպքում զարգանում են ավելի փոքր բեռնվածքների ազդեցության տակ, քան փորձարարական ճանապարհով, իսկ 20 Մ/Մ –ից ավելի դեֆորմացիաները թե՛ ոչ գծային հաշվարկներով, թե՛ փորձով զարգանում են գրեթե նույն բեռնվածքի ազդեցության տակ:

Աղյ ու սակ 3.3.1

Գոյ ու թյ ու ն ու ն եցող փորձարարական տվյ ալ ների և կատարված ոչ գծայ ի ն հաշվարկների արդյ ու նքներ

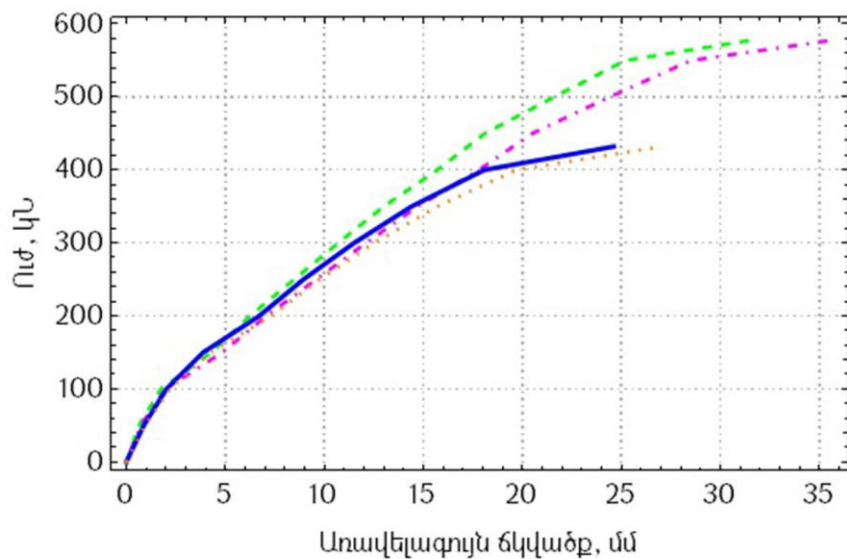
Սալ	Առանց լ այ նական ամրանի			Լ այ նական ամրանով	
	P0A	P16A	P30A	PP0A	PP16B
Արտակենսորոնություն, մ	0,0	0,16	0,32	0,0	0,16
Երկայ նական ամրանավորում, %	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3
Սահմանայ ի ն բեռնվածք, կՆ	423	331	270	578	432
Նվազման համեմատություն՝ ըստ արտակենսորոնության ($e = 0$), %	0	22	36	0	25
Փորձարարական տվյ ալ ների և ոչ գծայ ի ն հաշվարկների միջև ճկվածքների շեղումները, %	9,75	17,4	24,4	11,5	1,3

Առանց լ այ նական ամրանավորման բոլոր սալերը փխրուն կերպով քայքայվում են՝ հանկարծակի կորցնելով իրենց կրողունակությունը: Սակայն արտակենսորոնությունը մեծացնում է փխրուն քայքայման հնարավորությունը, իսկ անուրի կիրառումը ճգմանցման հատվածներում երաշխավորում է սալի հուսալի վարքագիծ:



- POAN ($e = 0.0$ մ, ոչ գծային, առանց անուր) ... POA ($e = 0.0$ մ, փորձ, առանց անուր)
 — P16AN ($e = 0.16$ մ, ոչ գծային, առանց անուր) — P16A ($e = 0.16$ մ, փորձ, առանց անուր)
 ... P30AN ($e = 0.32$ մ, ոչ գծային, առանց անուր) — P30A ($e = 0.32$ մ, փորձ, առանց անուր)

ա)



- PPOAN ($e = 0.0$ մ, ոչ գծային, անուրով) ... PPOA ($e = 0.0$ մ, փորձ, անուրով)
 — PP16BN ($e = 0.16$ մ, ոչ գծային, անուրով) ... PP16B ($e = 0.16$ մ, փորձ, անուրով)

բ)

Նկ. 3.3.5. Արտաքին ազդող ուժի և առավելագույն ուղղահայաց ճկվածքի միջև կապը

Ամփոփելով գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների և կատարված ոչ գծային հաշվարկների միջև տարբերությունը՝ չի գերազանցում 24,4 %-ը (աղ. 3.3.1):

Ամփոփելով գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների և բերման գործակիցներով կատարված ոչ գծային հաշվարկների արդյունքները, դրանց միջև տարբերությունը՝ չի գերազանցում 0,61 %-ը (աղ. 3.3.2):

Աղյուսակ 3.3.2

Գոյություն ունեցող փորձարարական տվյալների և բերման գործակիցներով կատարված ոչ գծային հաշվարկների արդյունքներ

Սալ	Առանց լայնական ամրանի			Լայնական ամրանով	
	P0A	P16A	P30A	PP0A	PP16B
Արտակենտրոնություն, մ	0,0	0,16	0,32	0,0	0,16
Երկայնական ամրանավորում, %	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3
Բերման գործակիցներ	1,12	0,78	0,74	1,13	1,09
Փորձարարական տվյալների և բերման գործակցով ոչ գծային հաշվարկների միջև ճկվածքների շեղումները, %	0,55	0,61	0,49	0,5	0,4

Սալի առանց լայնական ամրանավորման և լայնական ամրանավորմամբ բերման գործակիցների միջոցով ֆունկցիաները՝ կախված արտակենտրոնությունից, ցույց են տրված համապատասխանաբար (3.3.1) և (3.3.2) –ով.

$$y = 5,83x^2 - 3,05x + 1,12, \quad (3.3.1)$$

$$y = -0,23x + 1,13: \quad (3.3.2)$$

ԳԼՈՒԽ 4

ԱՆՋԵՃԱՆ ԾԱԾԿՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՀՆԱՐԱԿՈՐ ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ ԴԵՊՔԵՐԻ
ՀԵՏԱՉՈՏՈՒՄ ՏԱՐԲԵՐ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐՈՎ

§ 1. Լայնական ամրանավորումով անհեծան ծածկերի
լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատումը՝ կիրառելով պահանգ-ձգան
մոդելը

Առանց լայնական ամրանավորման հարթ երկաթբետոնե սալերը (250 – 500 Ն/Մ) հաճախ սեղմող ուժից և ծռող մոմենտից, որոնք առաջանում են սյուների և սալերի միջև, ճգմանցման երևույթից ցուցաբերում են փխրուն քայքայում: Պայմանական հաշվարկային մեթոդները ենթադրում են ճգմանցման հնարավոր քայքայում կենտրոնացված բեռնվածքների մոտակայքում: 250 Ն/Մ հաստություներից ավել և բարձր ամրության բետոն կիրառելու դեպքում, անհեծան սալերի լայնական ամրանի որոշման համար անհրաժեշտ են նաև հաշվարկային այլ մեթոդներ [41]:

ճարտարագետների համար սալերի չափերի ազդեցությունը լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա հավանաբար ամենաազդեցիկ պատճառն է, որի հետևանքով կիրառվում է քայքայման մեխանիզմը: Քայքայման գոտու չափերը ներկայացվում են նյութի հատկություններով, որը կոչվում է պայմանական երկարություն (l_{cd}) և ներկայացնում է բետոնի քայքայման հատկությունը, որը որոշվում է առաձգականության մոդուլով (E), քայքայման էներգիայով (G_f) և բետոնի ձգման դիմադրությամբ (R_{bt}).

$$l_{cd} = \frac{E \times G_f}{R_{bt}^2}, \quad (4.1.1)$$

որտեղ G_f -ը որոշվում է որպես գումարային էներգիա, որն առաջացնում է մեկ միավոր մակերես ճաք: Ինչպես նշվեց, պայմանական երկարությունը որոշվում է (4.1.1) –ով, սակայն այդ երկարությունը ֆիզիկական չէ, այն կեղծ երկարություն է, որը հնարավոր չէ չափել: Մեծ l_{cd} մեծության արդյունքի դեպքում նյութը կլինի քիչ փխրուն և հակառակը: Վաղ հետազոտություններից որոշվել են, որ G_f –ի արժեքը բարձրամուր բետոնների համար հավասար է 160 Ն/Մ, իսկ սովորական բետոնների համար՝ 110 Ն/Մ: Պայմանական երկարության միջին արժեքը գնահատվում է 500 և 250 Ն/Մ համապատասխանաբար սովորական և բարձրամուր բետոնների համար: Հիմնվելով գոյություն ունեցող

վերջավոր տարրերով հետազոտության արդյունքների վրա [87, 88], որտեղ դիտարկվել են 81 սալ՝ կարելի է ասել, որ ճգմանցման դիմադրության նվազմանը գուգահեռ աճում է բետոնե սալի փխրունությունը (h/l_{cd}), որտեղ h –ը սալի հաստությունն է: Հաշվի առնելով այս երևույթը՝ առաջարկվել է ճգմանցման դիմադրության արտահայտությունը բարձր ամրության բետոնների համար որոշել հետևյալ կերպ.

$$v_u = 0,88 R_{bt} \left(\frac{c}{d} \right)^{-0.4} \sqrt[3]{\mu \left(\frac{l_{cd}}{h} \right)}, \quad (4.1.2)$$

որտեղ c –ն քառակուսի սյան հատվածքի կողմն է, d –ն սալի աշխատանքային բարձրությունն է (նույն h_0), և μ –ն երկայնական ամրանավորման գործակիցն է: Փխրունության գործակիցը հաշվի է առնում ոչ միայն չափի գործոնը, այլ նաև ֆունկցիա է ճգման և ճաքի լայնության կապից, բետոնի դիմադրությունից և լցանյութից: Փխրունության գործակցի (h/l_{cd}) կիրառումը շատ ավելի մեծ նշանակություն ունի, քան էմպիրիկ չափի գործակիցը: Տվյալ դեպքում ընտրվել է $(l_{cd}/h)^{0.33}$, հաշվի առնելով սալի չափերի ազդեցությունը: $\alpha = 0,33$ ցուցիչն իրենից ներկայացնում է զգայունության թիվը, որը հավասար է 0,25, երբ բետոնի սեղմման դիմադրությունը 35 ՄՊա–ից քիչ է և հավասար է 0,33, երբ բետոնի սեղմման դիմադրությունը 75 ՄՊա է: Այն դեպքում, երբ բետոնի սեղմման դիմադրությունը գտնվում է 35 - 75 ՄՊա–ի միջև, կարելի է իրականացնել գծային միջարկում 0,25 – 0,33 արժեքների միջև: Այն բետոնների համար, որոնց սեղմման դիմադրությունը գերազանցում է 75 ՄՊա, α –ի արժեքն ընդունվում է ավելի, սակայն չափաք է գերազանցի 0,5:

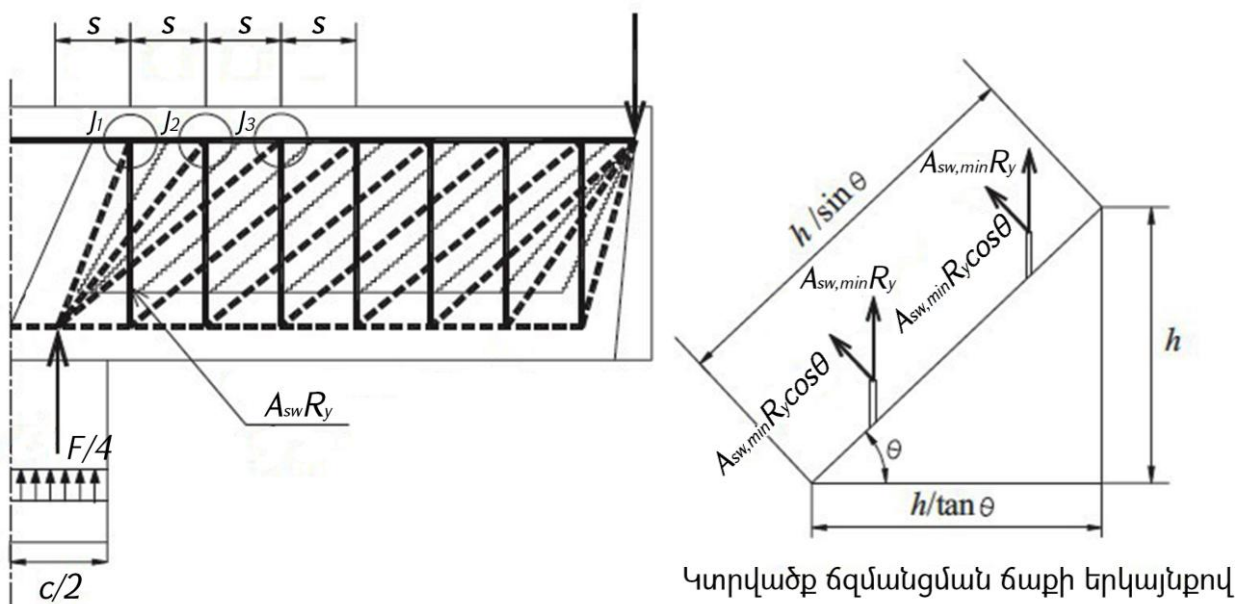
Հարթ սալերի նվազագույն լայնական ամրանավորումը գնահատվում է՝ հիմնվելով ֆերմայի մոդելի ենթադրությունների վրա: Նկար 4.1.1 – ում ցույց են տրված ճաքերի առաջացումից հետո հարթ սալի միջուկում լարվածային գոտիները: Նախքան ճաքերի առաջացումը, ճգմանցումը բաշխվում է հավասարաչափ, ձգող և սեղմող անկյունագծային լարումներով 45° անկյան տակ: Ճաքերի առաջացումից հետո ճգմանցման ուժերն իրենց վրա են վերցնում ուղղահայաց տարրերի ճգման դիմադրությունները: Հարթ սալերում լայնական ամրանավորումն անհրաժեշտ է, իսկ երկայնական ամրանավորումը պետք է ավելացնել, որ

հնարավոր լինի հաշվել ճգմանցումը և նվազեցնել անկյունագծային ճաքերի առաջացումը [86]: Նվազագույն լայնական ամրանավորումը կարելի է որոշել հետևյալ կերպ.

$$A_{sw,min} R_y \cos \theta = R_{bt} \frac{h}{\sin \theta} c_{dg}, \quad (4.1.3)$$

$$\mu_{min} = \frac{R_{bt}}{R_y} \frac{1}{\cos^2 \theta}, \quad (4.1.4)$$

որտեղ c_{dg} –ն անկյունագծային սեղմված պահանգի լայնությունն է, որը ընդունվում է հավասար ֆերմայի լայնությանը, R_{bt} –ն բետոնի ճգման դիմադրությունն է, և R_y –ը հոսունության սահմանն է: Քայքայման հարթության անկյունը՝ θ -ն, սովորաբար տատանվում է 25° –ից մինչև 45° : Կարելի է ենթադրել, որ θ –ն ձգտում է փոքր արժեքի. բարակ սալերի դեպքում (250 մմ –ից փոքր հաստությամբ) հավասար է 25° , իսկ միջին հաստության սալերի դեպքում (250 – 500 մմ)՝ 45° : Այն դեպքում, երբ սալի հաստությունը գերազանցում է 500 մմ, θ –ն կարելի է ընդունել հավասար 60° :



Նկ. 4.1.1. Համարժեք ալ աստիկ ֆերմային մոդել

Սալի չափի ազդեցությունը լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա հաշվի առնելու համար (4.1.4)–ը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ.

$$\mu_{min} = \frac{R_{bt}}{R_y} \frac{1}{\cos^2 \theta} \left(\frac{l_{cd}}{h} \right)^{0.33} : \quad (4.1.5)$$

Չարթ սալ երի համար նվազագույն լայնական ամրանավորումը՝ համաձայն պահանգ-ձգան մոդելի:

Պահանգ-ձգան մոդելի [59, 102] ստորին հանգույցն իրենից ներկայացնում է կրողունակությունը սյան գլխամասում: Վերին հանգույցն իրենից ներկայացնում է քայքայող ճաքի ֆիզիկական մակերևույթ, ինչպես նաև լարումների կուտակումները ճաքի երկայնքով: Ծշածն պահանգներն իրականացվում են սյան և սալի հանգույցում՝ հիմնվելով ճգմանցման ճաքերի ձևերի վրա, որոնք զարգանում են սյանը կից հատվածներում, սահմանային ճգմանցման բեռնվածքից քիչ բեռնվածքի ազդեցության տակ: Սյան մոտ նեղ, ուղղանկյունաձև սալիկն, իրենից ներկայացնում է լարման դաշտ: Պահանգներն իրականացվում են պրիզմային կամ համաչափ կոնաձև, սակայն հաճախ նաև տարբեր տարրերից՝ ըստ լայնական հատվածքի: Այն դեպքում, երբ պահանգի լայնական հատվածքը տարբեր է, միջին մասում բետոնը ավելի լայն է, քան եզրային հատվածներում:

Պահանգները կարող են լինել տարբեր. դրանք իրականացվում են շշածն կամ կիրառվում են տեղային ֆերմայի մոդելով: Կիրառված բաշխված բեռը կարելի է փոխարինել համազոր կենտրոնացված ուժով: Սեղմող ուժերի տարածումը բերում է լայնական ձգման աճի, որը կարող է պատճառ հանդիսանալ պահանգում երկայնական ճաքերի առաջացմանը: Այն դեպքում, երբ պահանգը չունի լայնական ամրանավորում, հնարավոր է քայքայում անմիջապես ճաքերի առաջացումից հետո: Եթե ապահովված է լայնական ամրանավորումը, ապա պահանգը կքայքայվի միայն հարվածից հետո: Պահանգ-ձգան մոդելներում սեղմված պահանգները ցույց են տրված ընդհատվող գծերով, պահանգի առանցքի երկայնքով:

Ծշածն պահանգի հենարանային մասի լայնությունը հավասար է b_{min} , իսկ պահանգի հաստությունը՝ t : Միջին հատվածում պահանգն ունի b_{ef} արդյունավետ լայնություն: Ենթադրվում է [62, 110], որ շշածն պահանգի հատվածի մի եզրից մյուսը ձգվում է մոտավորապես $1,5b_{ef}$, և $b_{ef} = l/3$, սակայն ոչ պակաս b_{min} -ից, որտեղ l -ը պահանգի ընդհանուր երկարությունն է: Կարճ պահանգների դեպքում նվազագույն b_{ef} արժեքն նույնպես ընդունվում է հավասար b_{min} : Հիմնվելով Ռոգովսկու և Մարտիի ենթադրությունների վրա՝ թեք պահանգի երկայնական պրոյեկցիան հավասար է $b_{ef}/2$: Պահանգի մի եզրում լայնական ձգող ուժը (7) կլինի.

$$T = \frac{C}{4} \left(1 - \frac{b_{\min}}{b_{ef}} \right): \quad (4.1.6)$$

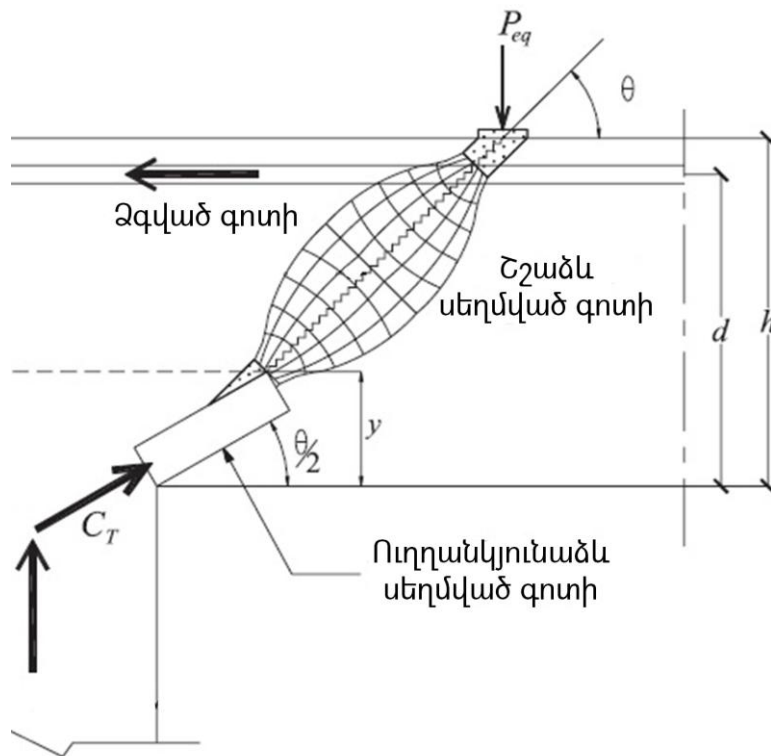
T ուժը բետոնում առաջացնում է լայնական լարումներ, որոնք կարող են բերել պահանգի առանցքի երկայնքով ճաքերի: Լայնական լարումները բաշխված են կորագծային: Ձգող լարումների բաշխումը պահանգի երկու եզրերում ամբողջությամբ տարբերվում են, երբ $//b_{\min}$ գերազանցում է 3,5 և համընկնում է այն դեպքում, երբ $//b_{\min}$ մոտավորապես հավասար է 1,5 – 2,0: Հարթ սալում չամրանավորված պահանգի վրա գործող առավելագույն բեռնվածքը որոշվում է պահանգում բետոնի երկայնական ճաքով.

$$C = 0,57 b_{\min} t R_b, \quad (4.1.7)$$

որտեղ $b_{\min}$ –ն պահանգի եզրում բեռնավորման մակերեսն է, R_b –ը բետոնի սեղմման դիմադրությունն է: Ամրանավորումը, որը խաչվում է պահանգի հետ, սահմանափակում է ճաքի բացվածքը և մեծացնում է պահանգի կրողունակությունը: Եթե հենարանային մակերեսը չի ձգվում ամբողջ տարրի լայնությամբ, այնտեղ նույնպես կլինեն լայնական ձգող լարումներ պահանգի լայնության երկայնքով, որը նույնպես պահանջում է ամրանավորում պահանգի հաստության երկայնքով: Որոշվել է լայնական ամրանավորման նվազագույն քանակի [91] անհրաժեշտությունը՝ հսկելու ճաքակայունությունը շշաձև պահանգի համար: Համաձայն [43] –ի՝ նվազագույն համարժեք ամրանավորման գործակիցն ընդունվում է հավասար 0,003, և համաձայն [97] –ի՝ ընդունվում է հավասար 0,002 –ի՝ յուրաքանչյուր ուղղությամբ: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ առանց լայնական ամրանավորման շշաձև պահանգի կիրառումը չի թույլատրվում անկախ արդյունավետության գործակից: Անհրաժեշտ է կիրառել նվազագույն ամրանավորման քանակը, որ համակշռվեն ջերմաստիճանի ազդեցությունը, նստվածքը և այլ գործոններ, որոնք հնարավոր չէ հաշվի առնել ակնհայտորեն:

Պահանգ-ձգան մոդելում ենթադրվում է, որ հենարանային հատվածը ($b_{\min}$) հավասար է 0,25 անգամ շշաձև պահանգի արդյունավետ լայնության (b_{ef}): Լայնական լարումների բաշխումը ենթադրվում է երկրորդ աստիճանի պարաբոլա, և առավելագույն ձգող լարման արժեքը հավասար է

բետոնի պառակտման ձգման դիմադրությանը ($f_{sp,t}$): Շշաձև պահանգը նկարագրելու համար լայնական ամրանավորումը (սալի լայնական ամրանավորում) կարելի է հաշվել՝ հիմնվելով պահանգ-ձգման մոդելի կիրառման վրա: Շշաձև պահանգի երկրաչափական սխեման պարզ լինելու համար ցույց է տրված երկու ուղղությամբ ուղղորդված ուժերով (նկ. 4.1.2), սակայն այն իրականում եռաչափ կոնաձև է և տեղակայված է սյան պարագծի շուրջ: Սեղմող ուժերն աշխատում են միասին՝ բետոնում ուղղահայաց ձգող ուժերի հիման վրա: ճաքը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ այդ ձգված գոտիներում լարումները հավասարվում կամ գերազանցում են բետոնի պառակտման ձգման դիմադրությանը ($f_{sp,t}$): Այնուհետև տեղի է ունենում սալի հանկարծակի կտրում ընդհանուր կրողունակության կորստի պատճառով, երբ առաջանում է պառակտման ճաքը:



Նկ. 4.1.2. ճաքի առաջացումից հետո սյան և սալի հանգույցում լարումների զարգացումը

Շատ կարևոր է, որ սալը պարունակի նվազագույն լայնական ամրանավորում՝ կանխելու փխրուն քայքայումը [56, 57]: Նկատի ունենալով, որ քայքայման մակերևույթը սալի առանցքից թեքված է θ անկյան տակ և լայնական ամրանը գտնվում է ուղիղ անկյան տակ սալի առանցքի նկատմամբ, ապա նվազագույն լայնական ամրանը հաշվարկվում

Ե ուժերի հավասարակշռության պայմանից ուղղահայաց ուղղությամբ քայքայման հարթության նկատմամբ, երկարության պրոյեկցիայի երկայնքով ($l \cot \theta$): Սալի միավոր լայնության համար առավելագույն ձգող լարումը հավասար է լայնական ձգող լարման տակ գտնվող կորագծային էայուրի մակերեսի և սալի միավոր լայնության արտադրյալին (նկ. 4.1.3).

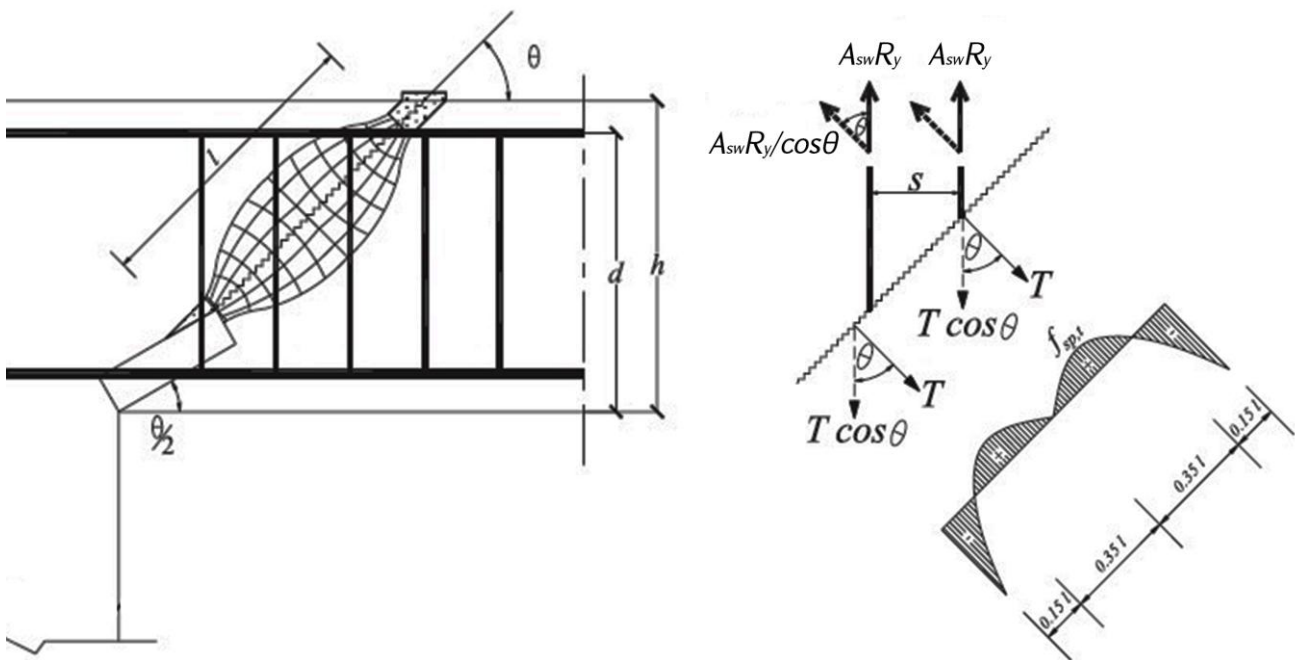
$$T = 2 \frac{2}{3} f_{sp,t} (0,35l) = 0,47 f_{sp,t} l, \quad (4.1.8)$$

որտեղ $f_{sp,t}$ -ն որոշվում է՝ համաձայն [97]-ի.

$$f_{sp,t} = 1,11 f_{ctm}, \quad (4.1.9)$$

որտեղ f_{ctm} -ը բետոնի ձգման դիմադրող ունն է ճաք առաջանալու պահին և որոշվում է՝ համաձայն [97]: Շշաձև պահանգում ընդհանուր ձգող ուժը պետք է լինի փոքր, քան դիմադրող համազոր ուժը, որն ուղղված է ճաքին ուղղահայաց ($A_{sw,min} R_y / \cos \theta$): Համազոր ուժը, որը ուղղահայաց է ճաքին, կարելի է գրել ամրանավորման տոկոսի տեսքով.

$$A_{sw,min} R_y = T \cos \theta: \quad (4.1.10)$$



Նկ. 4.1.3. Սյան և սալի հանգույցը՝ իրականացված պահանգ-ձգան մոդելով և նվազագույն լայնական ամրանով

Միավոր լայնությամբ սալի համար.

$$A_{sw,min} = \mu_{min} l \cot \theta, \quad (4.1.11)$$

$$\mu_{\text{m in}} = \frac{A_{\text{sw m in}}}{l \cot \theta} : \quad (4.1.12)$$

Օգտագործելով (4.1.8)–ը՝ (4.1.10)–ի և (4.1.12)–ի մեջ կարելի է գրել .

$$\mu_{\text{m in}} = 0,47 \frac{f_{\text{sp},t}}{R_y} \sin \theta = 0,52 \frac{f_{\text{ctm}}}{R_y} \sin \theta : \quad (4.1.13)$$

Հաշվի առնելով ծածկի սալի չափի ազդեցությունը լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա՝ (4.1.13) հավասարումը հնարավոր է գրել հետևյալ կերպ.

$$\mu_{\text{m in}} = 0,52 \frac{f_{\text{ctm}}}{R_y} \sin \theta \frac{1}{\left(l_{\text{cd}} / h \right)^{0.33}} : \quad (4.1.14)$$

Երբ $\theta = 45^\circ$,

$$\mu_{\text{m in}} = 0,37 \frac{f_{\text{ctm}}}{R_y} \frac{1}{\left(l_{\text{cd}} / h \right)^{0.33}} : \quad (4.1.15)$$

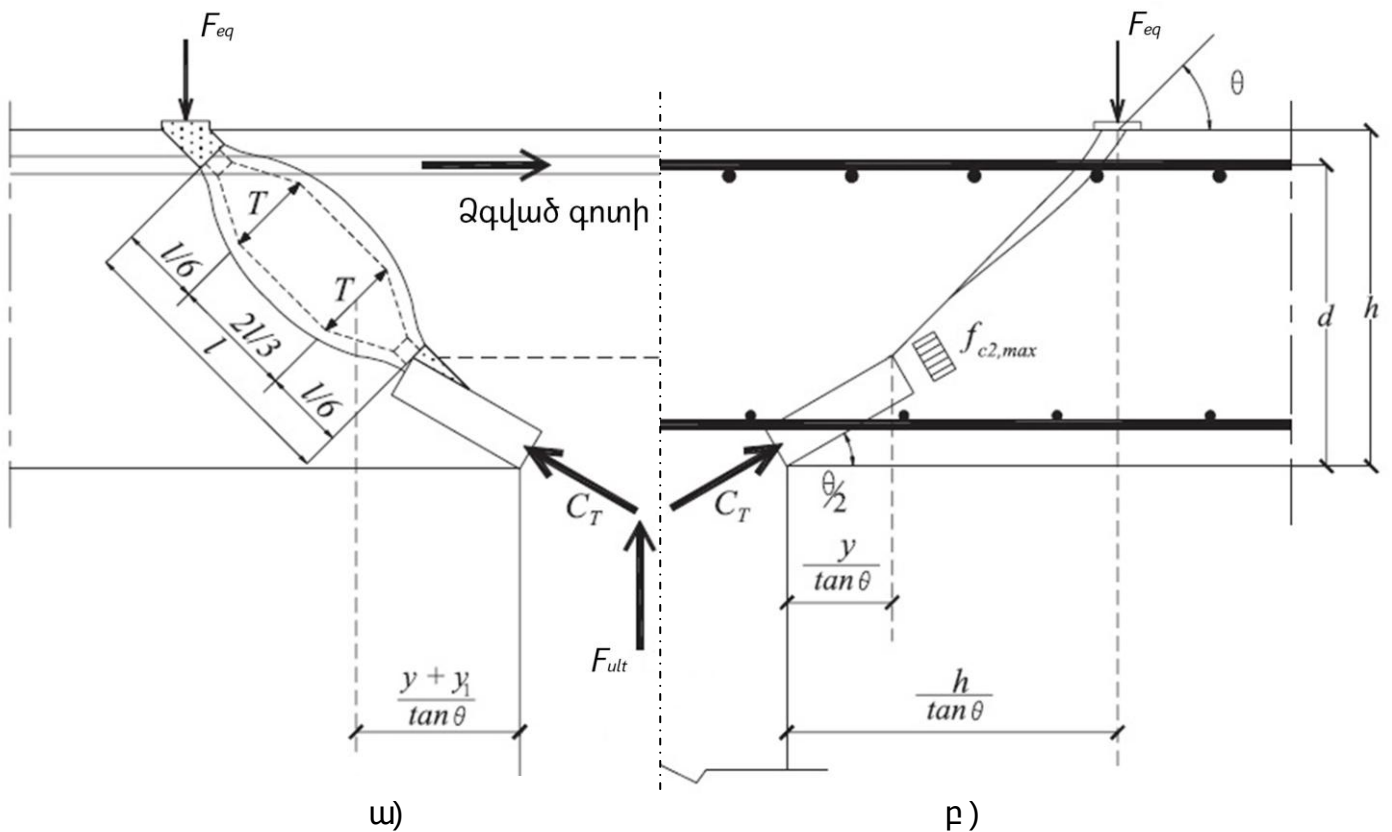
Բետոնի սեղմման ամրության աճին զուգահեռ, աճում է նաև թեք ճաքի բեռնվածքը և ձգման ամրությունը, հետևաբար աճում է նաև ամրանավորման քանակը: Փորձերը ցույց են տվել, որ անհրաժեշտ է մեծացնել լայնական ամրանավորման նվազագույն մակերեսը, քանի որ աճում է բետոնի ամրությունը՝ կանխելու հանկարծակի ճզմանցման քայքայումից, երբ տեղի է ունենում թեք ճաք: Առաջարկված մոդելներն ապահովում են լայնական ամրանավորման բարձր արժեքներ, քանի որ մեծանում է սալի հաստությունը և աճում է բետոնի ամրությունը: Սա իրական է համաձայն այն փաստի, որ առաջարկված բանաձևը հաշվարկվում է ծածկի սալի չափերի համար:

Առաջարկված պահանջ-ձգման մոդելը բետոնե սալերի ճզմանցման համար:

Նկար 4.1.4(բ)–ը ցույց է տալիս սալի ճզմանցման ընդհանուր վարքը բաշխված բեռի տակ, հենված շրջանաձև հատվածքի սյան վրա: Կիրառված բաշխված բեռնվածքը կարելի է փոխարինել համարժեք կենտրոնացված բեռնվածքով: Ցույց է տրված ճզմանցման թեք ճաքը, որը զարգանում է վերին մակերևույթից θ անկյան տակ, և ձևավորում է կրիտիկական հատվածք: Սալի ճզմանցումը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ բետոնը սահմանային քայքայման գոտում քայքայվում է բետոնի բարձր սեղմման լարումների տակ: Սովորական բետոնների դեպքում փորձերով

որոշված թեքման անկյունը (θ) տատանվում է $26^\circ - 30^\circ$, մինչդեռ բարձր ամրության բետոնների համար այդ անկյունը տատանվում է $32^\circ - 38^\circ$ [35, 111]: Յեզերի կատարած փորձերը [73, 74] ցույց տվեցին, որ քայքայվող կոնի անկյունը հավասար է 45° բոլոր փորձարկված նմուշների դեպքում:

Նկար 4.1.2 –ում ցույց է տրված սալում լարման գոտիները՝ համաձայն համաչափ ճգմանցման: Ճաքի գոտին իրականացված է շշան սեղմող դաշտից, և այդ դաշտին ուղղահայաց բետոնի ճգման ամրությունը հսկում է ճաքը: Սահմանային քայքայող գոտին ուղղանկյունաձև սեղմող դաշտ է: Այս լարման գոտիներից իրականացվել է ճշգրիտ պահանգ-ձգան մոդելը, որը ներկայացված է Նկար 4.1.4(ա) –ում:



Նկ. 4.1.4. Վերամշակված պահանգ-ձգան մոդելը բետոնե սալի համաչափ ճգմանցման դեպքում (ա), սեղմող լարումների քայքայման մեխանիզմ (բ)

Ճշգրտված պահանգ-ձգան մոդելը կարելի է կիրառել առաջարկված մոդելի վերին գոտում (նկ.4.1.4(ա)): Երկու սեղմված պահանգներ ճառագայթում են մոտավորապես 2:1 հարաբերությամբ ցրման անկյուններով թեքման անկյան նկատմամբ: Երկու սեղմող ուժեր

պահպանվում են միասին բետոնում երկու ուղղահայաց ձգող ուժերի շնորհիվ: Ճաքը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ ձգված գոտիներում լարումները հավասարվում կամ գերազանցում են բետոնի պառակտող ձգման ամրությանը: Ճզմանցման ճաքերը զարգանում են ճաքի գոտիներում սահմանային ճզմանցման բեռնվածքից փոքր արժեքների դեպքում: Ճզմանցումից առաջացած ճաքի բեռնվածքը կարելի է որոշել՝ կազմելով և լուծելով ցույց տրված թեք ֆերման և համեմատելով ձգող ուժերը բետոնի պառակտող ձգման ամրության հետ ($f_{sp,t}$): Ենթադրվում է, որ ճաքի գոտու թեք երկարությունը հավասար է l -ի, ինչպես ցույց է տրված նկար 4.1.4(բ)–ում, և որ առաջին ճաքը տեղի է ունենում ստորին ձգված ձգանում՝ համաձայն ստորին պարագծի, որն անմիջական կապված է սյան հետ: Կրիտիկական հատվածքի պարագծի կարելի է հաշվարկել հետևյալ կերպ.

$$\pi \left\{ D + 2 \left[\frac{(y + y_1)}{\tan \theta} \right] \right\}: \quad (4.1.16)$$

Ճաք առաջացնող բեռնվածքը հնարավոր է որոշել հետևյալ բանաձևով՝ կախված երկրաչափական տեսքից.

$$T = 0,235 f_{sp,t} \pi \left\{ D + 2 \left[\frac{(y + y_1)}{\tan \theta} \right] \right\}, \quad (4.1.17)$$

որտեղ y –ը սալում ծռումից սեղմված գոտու խորությունն է, l –ը ճաքի գոտում թեք երկարությունն է (պահանգի երկարություն), որը որոշվում է՝ կիրառելով (4.1.18) բանաձևը, y_1 –ը չեզոք գոտուց մինչև ստորին ձգող ուժի կենտրոնը եղած հեռավորությունն է, որը որոշվում է (4.1.19)–ով, D –ն սյան տրամագիծն է (քառակուսի սյան համար բանաձևում այն կփոխարինվի համարժեք կերպով նույն պարագծի համար՝ $D = 4c/\pi$: l և y_1 պարամետրերը հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$l = \frac{d - y}{\sin \theta}, \quad (4.1.18)$$

$$y_1 = \frac{l \sin \theta}{6}: \quad (4.1.19)$$

Չնայած սալի սահմանային ճզմանցման քայքայումը ճաքի գոտուց անկախ է, սակայն այդ գոտին շատ կարևոր է, քանի որ ճաքի առկայությունը սյան շրջագծի մոտ կարող է լինել նախագուշակական

նշան այնպես, որ կիրառված բեռնվածքները մոտ են սահմանային ճգմանցման մակարդակին:

ճգմանցման քայքայումը տեղի է ունենում սյան մոտ՝ ուղղանկյուն լարման դաշտում, բարձր սեղմող լարումների ազդեցության տակ: F_{ult} ուժը ցույց է տալիս համապատասխան սահմանային ճգմանցման կրողունակությունը՝ ըստ քայքայման մեխանիզմի: Այս մոտեցման հիմքերը հաջողությամբ զարգացվել են՝ օգտագործելով ռացիոնալ մոդելներ, որոնք իրականացվել են Կինսոունենի և Նիլանդերի կողմից [80, 81]: Այս մոտեցումը կիրառվել է ինչպես հիմնական մոտեցում առաջարկված պահանգ-ձգան մոդելում՝ որոշելու համար սալի սահմանային ճգմանցման կրողունակությունը համաչափ բեռնվածքների ազդեցության տակ:

Շրջանաձև հատվածքի սյան շրջակայքում ուղղանկյուն սեղմող լարման գոտին ցույց է տրված նկար 4.1.4(ա) –ում: Սյան F_{ult} ուժը փոխանցվում է սալին թեք ճառագայթող ուժերի միջոցով, որոնք պետք է անցնեն ճգմանցման ճաքի սկզբնաղբյուրով: Կարելի է ենթադրել, որ ճաքը ծռման դեպքում տարածվում է դեպի չեզոք առանցք: Սեղմված բետոնե պահանգը ձևավորում է անփոփոխ հաստությամբ, կոնաձև թաղանթե պահանգ, որի թեքման անկյունը կազմում է $\theta/2$: ճգմանցման քայքայումը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ կոնաձև թաղանթե պահանգում լարումները հասնում են ճաքի առկայությամբ բետոնի քայքայման ամրության արժեքին (f_{cu}), որը որոշվում է, համաձայն [97] -ի, հետևյալ բանաձևով.

$$f_{cu} = \frac{R_b}{0,8 + 170\varepsilon_1} \leq 0,85R_b, \quad (4.1.20)$$

որտեղ ε_1 -ը ճաքի առկայությամբ բետոնի ձգման հարաբերական դեֆորմացիան է և որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_s + (\varepsilon_s + 0,002) \cot^2 \theta_s, \quad (4.1.21)$$

որտեղ θ_s –ը պահանգի և հարակից ձգանների միջև փոքրագույն անկյունն է, ε_s –ը պահանգի նկատմամբ θ_s անկյան տակ թեքված ձգանի ձգման հարաբերական դեֆորմացիան է: Նկար 4.1.4(բ) –ում ճշգրտված պահանգ-ձգան մոդելը, ցույց է տալիս ուժից վերջնական դաշտերը, որոնք զարգացել են համաչափ ճգմանցումից: Հավասարակշռության

հավասարումները կարելի է ձևակերպել ուղղահայաց և հորիզոնական ուղղությամբ ուժերից, ինչպես նաև համաձայն մոմենտի, որն առաջանում է առանձին ուժերից, որոնք հեռացված են սյան առանցքից որոշակի հեռավորության վրա: Ուղղահայաց ուղղությամբ հավասարակշռության հավասարումը որոշվում է ըստ F_{ult} սահմանային ճգմանցման բեռի, որը կարող է որոշվել բետոնի առավելագույն լարումից (f_{cu}), ինչը ազդում է կոնաձև թաղանթե պահանգի հաստության վրա: Սա կարող է արտահայտվել որպես ընդհանուր սեղմող ուժ (C_T) շրջանաձև հատվածքի սյան շրջագծի մոտ, և հավասար է կոնաձև թաղանթե պահանգի շրջագծի մակերեսի ու պահանգում բետոնի թույլատրելի առավելագույն ամրության արտադրյալին:

Ինչպես վերը նշվեց, C_T բնութագիրը որոշվում է կոնի պարագծի, պահանգի հաստության և բետոնի ամրության արտադրյալով կամ հենարանային մակերեսի ու բետոնի ամրության արտադրյալով.

$$\text{կոնի պարագիծը} - \pi \left(D + \frac{2y}{\tan \theta} \right), \quad (4.1.22)$$

$$\text{պահանգի հաստությունը} - \frac{y \sin \theta / 2}{\sin \theta}: \quad (4.1.23)$$

Կոնաձև թաղանթե պահանգում սեղմող ուժը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$C_T = \frac{F_{ult}}{\sin \theta / 2} = \left[\pi \left(D + \frac{2y}{\tan \theta} \right) \frac{y \sin \theta / 2}{\sin \theta} \right] f_{cu}: \quad (4.1.24)$$

Ծածկի սալի չափերի ազդեցությունը լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վրա հաշվի առնելու համար (4.1.24) հավասարումը կարելի է գրել՝

$$C_T = \frac{F_{ult}}{\sin \theta / 2} = \left[\pi \left(D + \frac{2y}{\tan \theta} \right) \frac{y \sin \theta / 2}{\sin \theta} \right] f_{cu} \left(l_{cd} / h \right)^{0.33}: \quad (4.1.25)$$

(4.1.25)–ից հնարավոր է որոշել P_{ult} –ը.

$$F_{ult} = \pi \left(D + \frac{2y}{\tan \theta} \right) \frac{y \sin \theta / 2}{\sin \theta} f_{cu} \left(l_{cd} / h \right)^{0.33}: \quad (4.1.26)$$

Սեղմող լարման գոտու բարձրությունը կարելի է որոշել՝ հիմնվելով երկաթբետոնե ծավող տարրում չեզոք առանցքի դիրքի վրա առաձգական պայմաններից: Հիմնվելով պարզ հավասարման վրա, որն

առաջարկել է Շեհատան (1990թ) [108]՝ չեզոք առանցքի խորությունը երկաթբետոնե սալի համար առաձգալի աստիկ մակարդակում հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$y = 0,67(\alpha_1 \mu_e)^{1/2} \left(\frac{35}{R_b} \right)^{1/2} d, \quad (4.1.27)$$

որտեղ α_1 –ը մոդուլային գործակից է (E_s/E_b) , E_s –ը պողպատի առաձգականության գործակիցն է, E_b –ն բետոնի առաձգականության գործակիցն է, R_b -ը բետոնի սեղմման ամրությունն է, μ_e –ն ամրանավորման գործակիցն է 500 ՄՊա հոսունության սահմանով ամրանի

Սալի անվանում	Աշխատանքային բարձրություն, մմ	Սյան տրամագիծ, մմ	Երկայնական ամրանավորման տոկոս, %	Ամրանի հոսունության սահման, ՄՊա	Բետոնի գլանային սեղմման ամրություն, ՄՊա	Սեղմված գոտի բարձրություն, մմ	Փորձով ստացված ճգմանցման արժեք, կՆ [62]	Պահանգ-ձգան մեթոդով ստացված ճգմանցման արժեք, կՆ	Փորձական փորձնական արժեքների հարաբերություն
---------------	-------------------------------	-------------------	----------------------------------	---------------------------------	---	-------------------------------	---	---	---

համար: Համաձայն Շեհատայի հետազոտության [108]՝ արդյունավետ ամրանավորման գործակիցը, երբ պողպատի հոսունության գործակիցը 500 ՄՊա-ից տարբեր է, այն կորոշվի հետևյալ բանաձևով.

$$\mu_e = \mu \left(\frac{R_y}{500} \right): \quad (4.1.28)$$

Փորձերի արդյունքների և տեսական մոդելի համեմատություն:

Աղյուսակ 4.1.1 –ում ամփոփվել են համաչափազդող ճգմանցման ուժի տակ պահանգ-ձգան մոդելից և փորձերից ստացված արդյունքները: Դիտարկվել են 6 տարբեր մոդելներ՝ որոշելու սահմանային ճգմանցման ուժերը: Ինչպես նաև դիտարկվել են տարբեր ամրանավորման գործակիցներ, սյան հատվածքի չափեր և տարբեր ամրության բետոններ (հավելված 3):

Աղյուսակ 4.1.1

Սահմանային բեռնվածքների և փորձնական արդյունքների համեմատություն

Սալ - 1	262,5	509,0	1,44	400,0	65,4	46,9	2090,0	2072,35	0,8
Սալ - 2	90,0	191,0	2,37	490,0	66,0	22,1	418,0	463,5	9,8
Սալ - 3	120,0	191,0	2,33	490,0	80,0	25,3	645,0	595,9	7,6
Սալ - 4	70,0	191,0	0,95	490,0	70,0	10,4	196,0	212,6	7,8
Սալ - 5	95,0	280,0	1,47	490,0	72,0	17,2	498,0	495,5	0,6
Սալ - 6	120,0	191,0	0,94	490,0	30,0	33,5	396,0	379,1	4,2

Նախագծման սկզբունքները:

Նախագծման սկզբունքները հետևյալն են.

- չեզոք առանցքի խորություն (y) որոշում,
- ճաքի գոտու թեք երկարություն (l) որոշում,
- որոշել չեզոք առանցքից մինչև ստորին ձգող ուժի կենտրոնը եղած հեռավորությունը (y_1),
- որոշել սալում ճաք առաջացնող բեռնվածքը,
- որոշել սահմանային ճգմանցման բեռնվածքը (F_{ult}),
- որոշել պայմանական երկարությունը (l_{cd}) կամ ընդունել այն համապատասխանաբար 500 մմ և 250 մմ նորմալ և բարձր ամրություն բետոնների համար,
- կիրառել ֆերմայի կամ պահանգ-ձգանի մոդելը որոշելու ճգմանցման նվազագույն ամրանավորման մակերեսը:

Համեմատական վերլուծության արդյունքում պահանգ-ձգան մոդելով կատարված հաշվարկների առավելագույն շեղումը կազմում է 9,8 %: Այստեղ դիտարկված տեսական մոդելը ներկայացնում է սյան և սալի հանգույցի ֆիզիկական վարքը: Այս եղանակը ցույց տվեց, որ պահանգ-ձգան մոդելը տալիս է հստակ արդյունք ինչպես նորմալ, այնպես էլ բարձր ամրության բետոնների համար և ցածր ու բարձր ամրանավորման գործակիցների դեպքում [1]:

Հետևաբար պահանգ-ձգան մոդելը մյուս եղանակների հետ համատեղ կարող է ծառայել որպես պարզ և ճշգրիտ մոդել՝ գնահատելու սալի ճգմանցման կրողունակությունը:

§ 2. Հնարավոր քայքայման գծի ձևերի որոշումը՝ կախված արտաքին ճիգերից

Հարկավոր է առանձնացնել սալի հնարավոր քայքայման տարբերակները, որ հնարավոր լինի գնահատել անհեծան ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը սահմանային փուլում: Այդ պատճառով սույն ենթագլխում դիտարկվել և մշակվել են միայն սեղմող ուժից, միայն ծռող մոմենտից և դրանց համակցումից հնարավոր քայքայման երեք տարբերակներ:

Դիտարկված է ուղղանկյուն հատվածքի սյուներով անհեծան ծածկ՝ բեռնավորված հավասարաչափ բաշխված բեռնվածքով: Ենթադրվում է, որ բացասական մոմենտի քայքայման գծերն անցնում են հենարանային մասով: Ներքին հատվածամասերի համար բացասական և դրական սահմանային մոմենտները սալի միավոր լայնության վրա X առանցքի նկատմամբ նշանակվում են համապատասխանաբար M_1^x և հարակից սյան համար M_2^x և M^x , իսկ Y առանցքի նկատմամբ՝ համապատասխանաբար M_1^y և հարակից սյան համար M_2^y և M^y : Հաշվարկային թռիչքները X և Y ուղղություններով նշանակվում են համապատասխանաբար l_{0x} և l_{0y} , իսկ մեկ քառակուսի մետրի վրա ազդող սահմանային բեռնվածքը՝ q : Թռիչքային շերտի համար սահմանային բեռնվածքի հավասարումը X և Y առանցքների նկատմամբ կարելի է գրել հետևյալ տեսքով.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(M_1^x + M_2^x) + M^x &= \frac{q l_{0x}^2}{8}, \\ \frac{1}{2}(M_1^y + M_2^y) + M^y &= \frac{q l_{0y}^2}{8} : \end{aligned} \quad (4.2.1)$$

Եթե $M_1^x \neq M_2^x$, ապա դրական քայքայման գիծը չի անցնի թռիչքային շերտով:

Առաջին դեպքում սյուները դիտարկվում է սալի համար որպես հենարան: Ճշգրիտ մոտեցում կարելի է ընդունել սյան ձևի ազդեցությունը սահմանային բեռնվածքի վրա: Դիտարկենք անհեծան ծածկի սալի քայքայման սխեմա ուղղանկյուն հատվածքի շուրջ: Սալի կոտրման գծերը բաղկացած են ճյուղերից, որոնք առաջանում են սյան անկյուններից և ստեղծում են ճյուղերի միջև ուղղանկյուն

սեգմենտներ [99]: Մի պանելի վրա ազդող բեռնվածքից արտաքին կատարված աշխատանքը հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$q(l_1^2 - c_1 c_2 - \pi r^2 - 2c_1 r - 2c_2 r)\delta + 2q(c_1 r + c_2 r)\frac{\delta}{2} + q\pi r^2 \frac{2\delta}{3}, \quad (4.2.2)$$

որտեղ l_1 և l_2 –ը համապատասխանաբար X և Y ուղղու թյուր ներով սյուների թռիչքներն են, c_1 և c_2 –ը սյան հատվածի չափերն են, r –ը քայքայման կորի (շրջանագծի քառորդ մասը) շառավիղն է, որտեղ առաջացող սեկտորի գագաթը հանդիսանում է սյան անկյունը, δ –ն յուրաքանչյուր պանելի կենտրոնական մասի տեղափոխությունն է:

Պարզեցնելով (4.2.2) արտահայտությունը՝ կստանանք.

$$q\left(l_1^2 - c_1 c_2 - c_1 r - c_2 r - \frac{\pi}{3} r^2\right)\delta: \quad (4.2.3)$$

Տվյալ տարբերակում ներքին կատարած աշխատանքը կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով.

$$(M_R + M)2\pi\delta + 2(M_R + M)(c_1 + c_2)\frac{\delta}{r}, \quad (4.2.4)$$

որտեղ M_R և M –ը համապատասխանաբար բացասական և դրական սահմանային մոմենտներն են:

(4.2.3) և (4.2.4) պայմաններից ներքին և արտաքին աշխատանքների հավասարակշռության հավասարումը կարելի է ստանալ՝

$$q = \frac{2(M_R + M)\left\{\pi + \left[(c_1 + c_2)/r\right]\right\}}{l_1^2 - c_1 c_2 - c_1 r - c_2 r - (\pi/3)r^2}: \quad (4.2.5)$$

Այն դեպքում, երբ $l_1 = l_2 = l$ և $c_1 = c_2 = c$, (4.2.5) –ը հնարավոր է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով.

$$\frac{qI^2}{M_R + M} = \frac{2[\pi + (2c/r)]}{1 - (c/l)^2 - (2cr/I^2) - (\pi/3)(r/l)^2}: \quad (4.2.6)$$

Վերը նշվածը ճիշտ է այն անհեծան ծածկերի համար, երբ սալը համաչափ է և արտաքին սեղմող ուժն ազդում է ծանրության կենտրոնով, ու ներքին սյան և սալի հատման հատվածներում [55] ծռող մոմենտները աննշան են: ՀՀ –ը, գտնվելով սեյսմաակտիվ գոտում, մեծացնում է ծռող մոմենտի ազդեցությունը անհեծան ծածկի վրա: Այդ պատճառով ոչ համաչափ սալերի և ծռող մոմենտների առկայության դեպքում սյան ու

սալի հատման հագույցներում անհրաժեշտ է հաշվի առնել ծռող մոմենտը, քանի որ վերջինիս ազդեցությունը սալի քայքայման վրա զգալի է: Նույնը կարելի է նշել եզրային սյուների համար: Վերը նշված երևույթն առկա է նաև այն դեպքերում, երբ հարկի մակարդակում կիրառված է էական հորիզոնական բեռնվածք, ինչպիսիք են քամու կամ երկրաշարժի ազդեցությունները: Ակնհայտ է, որ այդ ծռող մոմենտները մեծ ազդեցություն կթողնեն տեղային քայքայման գծի տեսքի վրա:

Երկրորդ դեպքում գերիշխում է ծռող մոմենտը, իսկ արտաքին սեղմող ուժերը բավականին փոքր են: Տվյալ դեպքում դիտարկված է ուղղանկյուն հատվածքի սյուներով անհեծան ծածկ, որտեղ կիրառված է սահմանային ծռող մոմենտ՝ M_u , որի հետևանքով սալում սյան անկյուններից զարգանում են քայքայման կորեր, որոնք, միմյանց հետ հատվելով, ստեղծում են ուղղանկյուն և եռանկյուն տարրեր: Սյան նիստի և եռանկյան տարրի քայքայման գծի հետ կազմած անկյունը նշանակվել է φ -ով, որտեղից առաջացած կորի շառավիղը կարելի է որոշել հետևյալ պայմանից.

$$r = c_1 / (2 \cos \varphi): \quad (4.2.7)$$

Ծռող մոմենտի ազդեցությունից սյան կից ուղղանկյան պտտման անկյունը կլինի θ_2 , որտեղ սյան մեկ կողմում նիստը կունենա դեպի վեր ծտեղափոխություն, իսկ մյուս նիստը՝ դեպի վար.

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \frac{2\delta}{c_1}, \theta_1 = \frac{\delta}{r} = \frac{2\delta \cos \varphi}{c_1}, \\ \theta &= \theta_1 + \theta_2 = \frac{2\delta(1 + \cos \varphi)}{c_1}: \end{aligned} \quad (4.2.8)$$

Բացասական և դրական սահմանային մոմենտներով քայքայման գծերով կատարած ներքին աշխատանքը կարելի է որոշել ստացված չորս սեկտորներով՝ երկու ուղղանկյուններով և երկու եռանկյուններով.

$$\begin{aligned} 4(M_R + M)\delta(\pi - \varphi) + (M_R + M)(\theta + \theta_1)c_2 + 2(M_R + M)\theta_2 0,5c_1 \tan \varphi = \\ = 2(M_R + M) \left[2(\pi - \varphi) + (1 + 2 \cos \varphi) \frac{c_2}{c_1} + \tan \varphi \right] \delta: \end{aligned} \quad (4.2.9)$$

Ծռող մոմենտի ազդեցությունից կատարած արտաքին աշխատանքը հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$M_u \theta_2 = \frac{2M_u \delta}{c_1} : \quad (4.2.10)$$

Ներքին (4.2.9) և արտաքին (4.2.10) կատարած աշխատանքները հավասարեցնելով՝ կստանանք.

$$\frac{2M_u \delta}{c_1} = 2(M_R + M) \left[2(\pi - \varphi) + (1 + 2\cos\varphi) \frac{c_2}{c_1} + \tan\varphi \right] \delta : \quad (4.2.11)$$

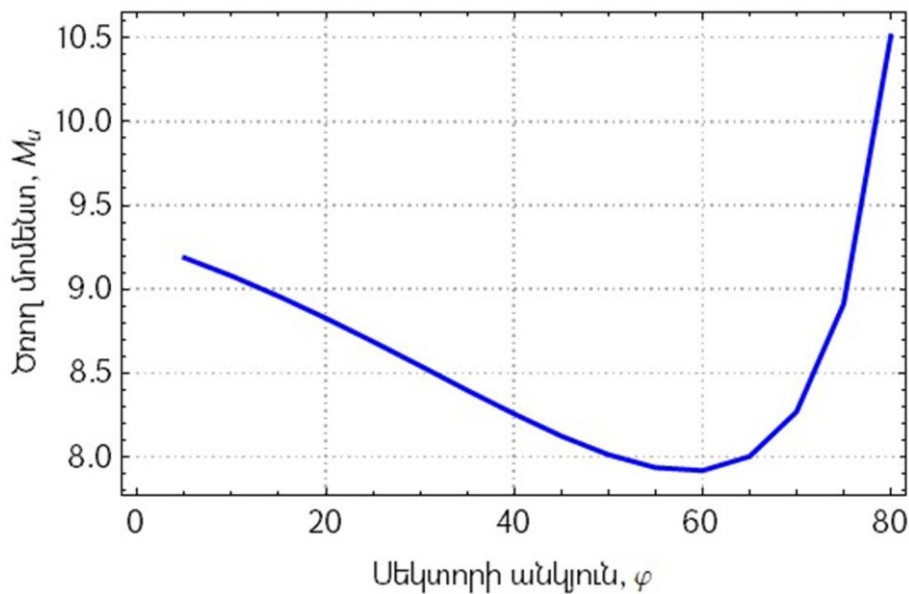
Պարզեցնելով (4.2.11) արտահայտությունը՝ կստանանք.

$$M_u = (M_R + M) \left[2c_1(\pi - \varphi) + c_2(1 + 2\cos\varphi) + c_1 \tan\varphi \right] : \quad (4.2.12)$$

Չետագոտելով տարբեր հնարավոր անկյունները և կազմելով ծոող մոմենտի ու սեկտորի անկյան կախվածությունը՝ կարելի է ստանալ M_u մեծության արժեքը, որը ստացվում է նվազագույն, երբ $\varphi = 59^\circ$ և $c_1 = c_2 = c$.

$$M_u = 7,92(M_R + M) : \quad (4.2.13)$$

Նկար 4.2.1 –ից կարելի է նկատել, որ 5° սեկտորի անկյան դեպքում ծոող մոմենտն ընդունում է իր սկզբնական արժեքը և սկսում է նվազել մինչև 59° , որից հետո, անկյունը մեծացնելով նույնիսկ փոքր արժեքներով, ծոող մոմենտների արժեքները կտրուկ աճում են (հավելված 4):



Նկ. 4.2.1. Ծոող մոմենտի ու սեկտորի անկյան կախվածությունը

Երրորդ դեպքում դիտարկվել է ինչպես արտաքին սեղմող ուժը, այնպես էլ ծոող մոմենտի ազդեցությունը: Այս տարբերակը նախորդ երկու դեպքերի համակցված խնդիրն է: Առաջացած երկու սեկտորների

կորերի գումարային երկարությունը կազմում է շրջանագծի երկարության կեսը: Այս դեպքում սյան պտույտը առաջացնում է տեղափոխություն դեպի վեր $\delta/2$ չափով նիստում գործող բացասական մոմենտի ժամանակ և տեղափոխություն դեպի վար $\delta/2$ չափով՝ դրական մոմենտի դեպքում: Այսպիսով՝ սյան վրա գործող ծռող մոմենտից առաջանում է պտույտ (δc_1), և սյան հակազդման մոմենտը աճում է $\delta/2$ չափով:

Բացասական և դրական սահմանային մոմենտներով քայքայման գծերով կատարած ներքին աշխատանքը կարելի է որոշել ստացված երկու սեկտորներով՝ մեկ ուղղանկյուն և երկու եռանկյուն.

$$2(M_R + M)\delta 0,5\pi + (M_R + M)\frac{\delta}{r}c_2 + 2(M_R + M)\frac{\delta}{c_1}r + 2(M_R + M)\frac{\delta}{r}c_1 + (M_R + M)\frac{\delta}{c_1}c_2 = (M_R + M)\delta\left(\pi + \frac{c_2}{r} + \frac{2r}{c_1} + \frac{2c_1}{r}\right) + (M_R + M)\frac{c_2}{c_1}\delta : \quad (4.2.14)$$

Ծռող մոմենտի և ճգմանցման ուժի (V_u) ազդեցություններից կատարած արտաքին աշխատանքը հնարավոր է որոշել հետևյալ կերպ.

$$M_u \frac{\delta}{c_1} + V_u \frac{\delta}{2} : \quad (4.2.15)$$

Ներքին (4.2.14) և արտաքին (4.2.15) կատարած աշխատանքները հավասարեցնելով կստանանք.

$$M_u \frac{\delta}{c_1} + V_u \frac{\delta}{2} = (M_R + M)\delta\left(\pi + \frac{c_2}{r} + \frac{2r}{c_1} + \frac{2c_1}{r}\right) + (M_R + M)\frac{c_2}{c_1}\delta : \quad (4.2.16)$$

Պարզեցնելով (4.2.16) արտահայտությունը՝ կստանանք.

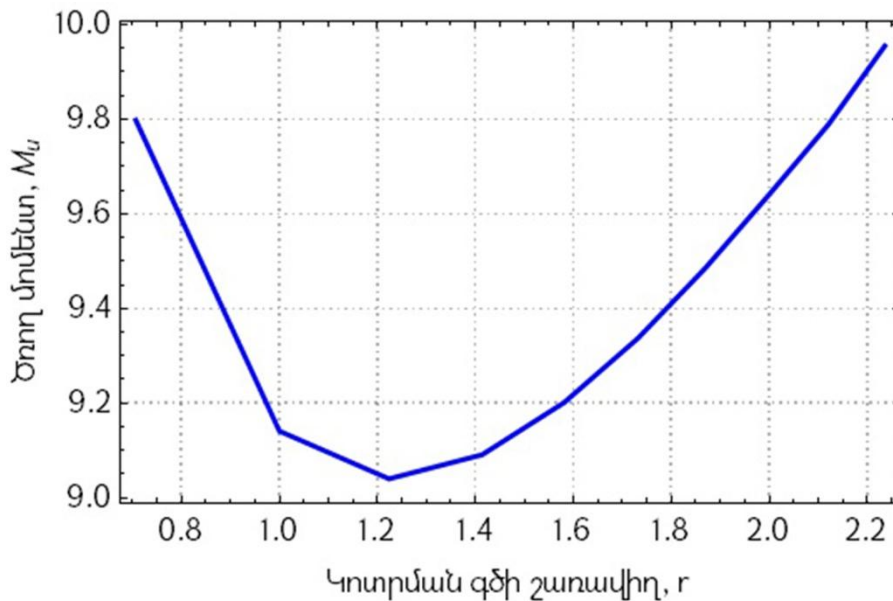
$$M_u = c_1(M_R + M)\left(\pi + \frac{c_2}{r} + \frac{2r}{c_1} + \frac{2c_1}{r}\right) + (M_R + M)c_2 - \frac{V_u c_1}{2} : \quad (4.2.17)$$

Հետազոտելով տարբեր հնարավոր կոտրման գծի շառավիղներ՝ կարելի է ստանալ M_u մեծության արժեքները: Վերջինիս մեծության նվազագույն արժեքը ստացվում է այն դեպքում, երբ $c_1 = c_2 = c$ և $r = \sqrt{1,5}c$.

$$M_u = 9,04(M_R + M)c - 0,5V_u c : \quad (4.2.18)$$

Նկար 4.2.2 –ից կարելի է նկատել, որ փոքր կոտրման շառավղի դեպքում ծռող մոմենտն ընդունում է իր սկզբնական արժեքը և սկսում

Ե նվազել մինչև որոշակի արժեք, որից հետո, կոտրման գծի շառավիղը մեծացնելով, աճում է ծռող մոմենտի մեծություները (հավելված 4):



Նկ. 4.2.2. Սահմանային ծռող մոմենտների արժեքները՝ կախված կոտրման գծի շառավիղից

Վերը նշված երեք հնարավոր տարբերակներից 33 –ում կառուցվող անհեծան ծածկերով շենքերի համար ամենաարդիականը վերջին երրորդ տարբերակն է, քանի որ բացի ուղղաձիգ ազդող ուժերից պետք է դիտարկել նաև հորիզոնական սեյսմիկ ազդեցությունները:

Սյան և սալի հանգույցի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի ճշգրիտ գնահատման համար հարկավոր է դիտարկել ոչ միայն առկա ստանդարտ սխեմաներով տարբերակները, այլ նաև դիտարկել այն տարբերակները, որտեղ քայքայումը ճգմանցման դեպքում կարող է ունենալ բարդ կորագծային տեսք:

§ 3. Սյուների կից տեղամասերում սալերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատումը բացվածքների առկայության դեպքում

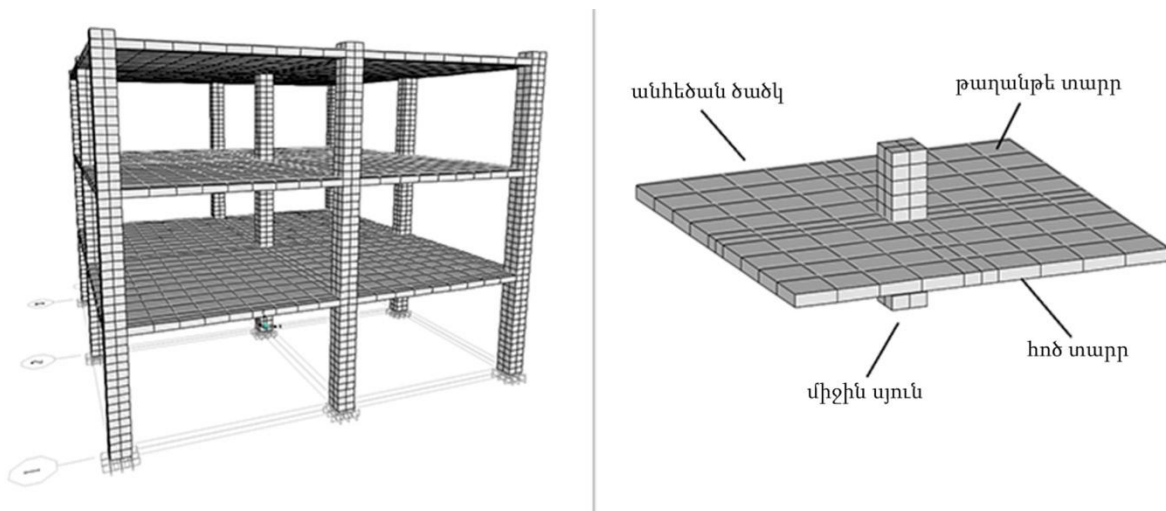
Ճգմանցման ամրությունը գլխավոր պայմաններից մեկն է երկաթբետոնե սալի կրողունակությունը ապահովելու համար: Երկաթբետոնե անհեծան ծածկի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը մեծ ազդեցություն ունի նրա կրողունակության վրա, այդ պատճառով

տարբեր գործոնների հետազոտությունը շատ կարևոր է անհեծան ծածկի անվտանգ կիրառման համար:

Հաճախ անհրաժեշտություն է լինում սալերում թողնել բացվածքներ հաղորդակցման համակարգեր ինչպես նաև աստիճանավանդակներ իրականացնելու նպատակով: Սյուների մոտ, սալերում բացվածքների առկայության դեպքում, սալի ճգմանցման ամրությունը նվազում է [51, 89]:

Տվյալ օրինակում ներկայացված է միաձույլ երկաթբետոնե անհեծան ծածկով կոնստրուկցիա: Դիտարկված է ծածկի սալում բացվածքով և առանց բացվածքի եռահարկ երկաթբետոնե հասարակական շենք: Յուրաքանչյուր հարկի բարձրությունը 3,2 մ է, իսկ երկաթբետոնե սալի հաստությունը՝ 20 սմ: Հաշվարկները իրականացված են ոչ միայն քառակուսի, այլ նաև շրջանաձև սյան հատվածքների համար: Քառակուսի հատվածքի սյան չափերը 50×50 սմ են, իսկ շրջանաձև հատվածքի սյան տրամագիծը 57 սմ: Ծեփի թռիչքները X և Y ուղղություններով 6 մ են (նկ.4.3.1):

Բոլոր բեռնվածքներն ընդունվել են՝ համաձայն շինարարական նորմերի (հարկի մակարդակում նորմատիվային բեռնվածքը հասարակական շենքի համար 2,0 կՆ/մ²): Հաշվարկներում կիրառվել է B25 դասի բետոն (բետոնի խորանարդային ամրությունը՝ 25 ՄՊա, բետոնի հաշվարկային դիմադրությունը՝ 14,5 ՄՊա, առաձգականության մոդուլը՝ 30000 ՄՊա): Ամրանային պողպատը ընդունվել է A500 դասի ամրան (պողպատի նորմատիվ դիմադրությունն ըստ ձգման 500 ՄՊա է, պողպատի հաշվարկային դիմադրությունն ըստ ձգման 435 ՄՊա է):



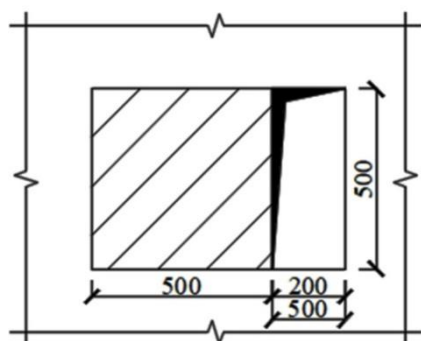
ա)

բ)

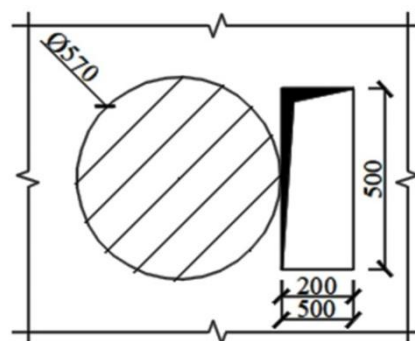
Նկ. 4.3.1. Վերջավոր տարրերով անհեծան ծածկի սալ երով շենքի եռաչ ափ մոդել (ա), սյան և սալի հանգույց (բ)

Տվյալ խնդրի նպատակն է համեմատել շոշափող լարումների մեծությունները՝ սալի բացվածքով և առանց բացվածքի, մշտական բեռնվածքի ազդեցության տակ: Բացի դրանից՝ համեմատել շոշափող լարումների մեծությունները՝ հաշվի առնելով ծռող մոմենտի մեծությունը [103]: Եվ, իհարկե, համեմատել շոշափող լարումների մեծությունները ինչպես քառակուսի, այնպես էլ շրջանաձև սյան հատվածքների դեպքերի համար:

Վերջավոր տարրերի մոդելներն իրականացվել են անհեծան ծածկի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի ուսումնասիրման և գնահատման համար: Մոդելները նկարագրվել են թաղանթե տարրերից երկայնական ամրանավորման համար և եռաչ ափ վերջավոր տարրերից [46, 106, 107] բետոնե հատվածների համար: Համեմատական վերլուծության համար հետազոտվել են բացվածքով և առանց բացվածքի սալ երով երկու տիպի սյուներ (նկ.4.3.2):



ա)



բ)

Նկ. 4.3.2. Սյուներին կից բացվածքների դիրքը և դրանց չափերը (մմ-ով)

Աղյուսակ 4.3.1 – ում ցույց են տրված վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված հաշվարկային լայնական հատվածքի պարագիծը, լայնական ամրանավորումը երկու ուղղություններով, լայնական ամրանավորման պահանջվող հատվածքի մակերեսը և այլն:

Աղյուսակ 4.3.1

Անհեծան ծածկի պարամետրերը՝ կախված միջին սյան ծռող մոմենտի մեծությունից

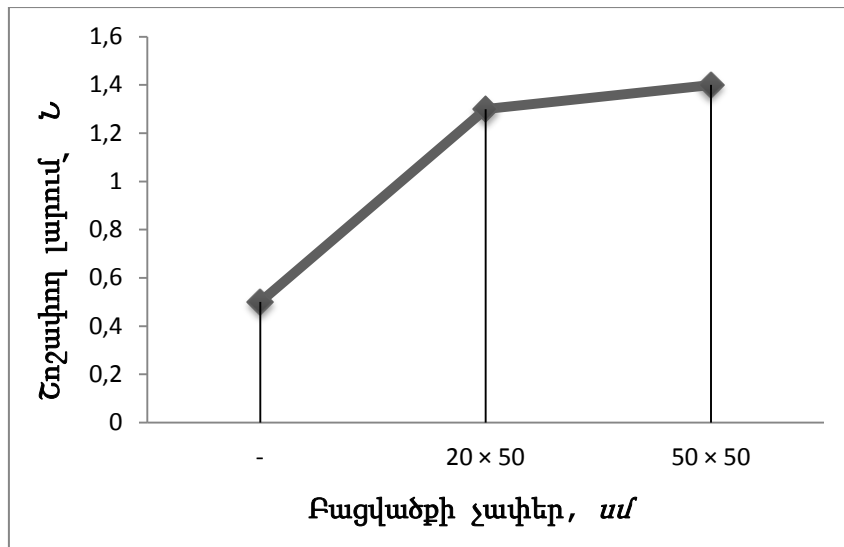
Պարամետրեր	Անհեծան ծածկի պարամետրեր կախված ճգմանցման
------------	---

		արժեքից					
		50,0	75,0	100,0	150,0	170,0	200,0
		<i>կՆ</i>					
F	<i>կՆ</i>	360,0					
M	<i>կՆ×Մ</i>	35,0	52,5	70,0	105,0	119,0	140,0
u	<i>Մ</i>	2,72					
$F/(R_{bt} \cdot u \cdot h_0)$	-	0,687					
W_{bx}, W_{by}	$u \cdot \mu^2$	0,617					
F_b	<i>կՆ</i>	524,0					
F_{sw}	<i>կՆ</i>	0,0	131,0	145,0	299,0	361,0	454,0
$F/(F_b + F_{sw})$	-	0,687	0,550	0,538	0,437	0,407	0,368
M_b	<i>կՆ×Մ</i>	119,0					
M_{sw}	<i>կՆ×Մ</i>	0,0	15,3	32,9	67,9	81,9	103,0
$M/(M_b + M_{sw})$	-	0,294	0,391	0,461	0,561	0,592	0,630
q_{sw}^*	<i>կՆ/Մ</i>	0,0	31,1	66,5	138,0	166,0	208,5
A_{sw}	$u \cdot \mu^2$	0,0	0,204	0,436	0,9	1,09	1,36
A_{sw} (ընդ.)	$u \cdot \mu^2$	0,0	2,77	5,92	12,2	14,6	18,5
$F/(F_b + F_{sw}) + M/(M_b + M_{sw})$	-	0,981	0,941	0,999	0,998	0,999	0,998

* - ամրանավորման քայլը 200 ՄՄ

Հետազոտության ունեն իրականացվել է՝ համաձայն ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերի, և միաժամանակ կիրառվել է հաշվարկային ծրագրային փաթեթ, որի հիմքում ընկած է վերջավոր տարրերի մեթոդը: Ըստ ՀՀ շինարարական նորմերի՝ ճգմանցման ամրությունը հաշվարկվում է միայն կենտրոնացված ուժի ազդեցության տակ (նկ.1.1.14ա): Համաձայն շինարարական այլ նորմերի և ստանդարտների [98]՝ հաշվարկներն ըստ ճգմանցման իրականացվում են հարթ երկաթբետոնե տարրերի համար (սալերի), երբ առկա են կենտրոնացված ուժեր և ծռող մոմենտներ:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ սալում շոշափող լարումները առանց բացվածքների մշտական բեռնվածքի ազդեցության տակ չեն գերազանցում 0,5 ՄՊա, սակայն 20×50 ՄՄ չափերով բացվածքի դեպքում այդ լարումները հավասար են 1,3 ՄՊա և 50×50 ՄՄ բացվածքի դեպքում՝ 1,4 ՄՊա [48]: Հաշվարկների իրականացումը, հաշվի առնելով ծռող մոմենտի ազդեցությունը, ցույց տվեցին, որ շոշափող լարումների մեծությունները երկու բացվածքների դեպքում էլ գրեթե նույնն են (նկ.4.3.3):



Նկ. 4.3.3. Շոշափող լարումների կապը բացվածքների չափերից

Բացվածքով սալերի դեպքում սյան և սալի հատման հատվածներում շոշափող լարումները՝ կախված բացվածքի չափերից, գրեթե չեն փոփոխվում: Բացվածքներով և առանց բացվածքների սալերի շոշափող լարումները սյուների մոտ միմյանցից տարբերվում են մոտ 2,8 անգամ: Հաշվի առնելով սյանը կից սալի հատվածներում շոշափող լարումների մեծ արժեքները (հատկապես սեյսմիկ ազդեցության դեպքում)՝ առաջարկվում է բացվածքները սալերում իրականացնել սյան եզրից որոշակի հեռավորության վրա:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. ՀՀ –ում գործող շինարարական նորմերի համաձայն՝ սալի ճգմանցման հաշվարկի ժամանակ դիտարկվում է սյան վրա միայն նորմալ ուժի ազդեցությունը, սակայն սեյսմիկ ազդեցության դեպքում ծռող մոմենտների առկայությունը նվազեցնում է սալի կրողունակությունը ըստ ճգմանցման, ինչը մեր կողմից կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզաբանված է ատենախոսության մեջ:
2. Եզրահանգվել է, որ առանց լայնական ամրանի հարթ սալերում, թռիչքներից և հարկայնություններից կախված, համաձայն արտերկրների շինարարական նորմերի, շոշափող լարումները գերազանցում են թույլատրելի մոտ 2 -ից 3 անգամ, իսկ համաձայն հայկական շինարարական նորմերի՝ այդ պայմանը բավարարվում է: Լայնական ամրանով անհեծան ծածկի սալերում առաջացած շոշափող լարումները,

համաձայն CII 63.133330.2012, Eurocode 2 և ACI 318M-14 շինարարական նորմերի, չեն գերազանցում սահմանային արժեքը, սակայն տարբերությունը համապատասխանաբար կազմում է 4 %, 34 % և 7 %:

3. Կախված սյան դիրքից և սեյսմիկ գոտուց՝ ծռող մոմենտի ազդեցությունը սյան վրա նույնպես փոփոխվում է: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ միջին սյան համար ստատիկ և սեյսմիկ բեռնվածքների միջև սեղմող ուժերի տարբերությունը չնչին է, սակայն առավելագույն ծռող մոմենտը 3-րդ սեյսմիկ գոտում 2,64 -ից մինչև 2,8 անգամ մեծ է, քան ոչ սեյսմիկ գոտու դեպքում: Ճզմանցման ուժը 3-րդ գոտու համար ստացվում է 19,1 % -ով ավելի մեծ, քան ոչ սեյսմիկ գոտու դեպքում: Հետևաբար առաջարկվում է ՀՀ –ում գործող երկաթբետոնե կոնստրուկցիաների նորմերում հաշվի առնել ծռող մոմենտի մեծությունը:
4. Հաշվի առնելով սյան և սալի հատման հանգույցի քայքայման խոցելիությունը սեյսմիկ ազդեցության դեպքում առաջարկվում է նվազեցնել սալատիկ դեֆորմացիաների զարգացման հնարավորությունը՝ մեծացնելով թույլատրելի վնասվածքների գործակիցը վերը նշված հանգույցի հաշվարկի դեպքում: Սյան և սալի հատման տեղամասերում ճզմանցման կրողունակությունը գնահատելու նպատակով իրականացված հաշվարկների արդյունքում ստացվել է, որ ոչ գծային աշխատանքի տարբեր պայմաններում լայնական ամրանների մակերեսները տարբերվում են 1,11 -ից 1,15 անգամ:
5. Համեմատական վերլուծության արդյունքում ընդունված պահանգ-ծգան մոդելով կատարված հաշվարկների առավելագույն շեղումը փորձերի համեմատ կազմում է 0,8 % -ից մինչև 9,8 %: Հիմնվելով այս տարբերության վրա՝ առաջարկվում է սյան և սալի հանգույցի կրողունակության ու լարվածային վիճակի գնահատման համար կիրառել նաև մշակված պահանգ-ծգան մոդելի տարբերակը:
6. Սալի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը ճշգրիտ գնահատելու համար իրականացվել է մոդելների ոչ գծային վերլուծություն: Այդ վերլուծության արդյունքում ստացվել է, որ արտակենտրոնությունից կախված (0,0 մ -ից մինչև 0,32 մ)՝ սալի

ճկվածքները, համեմատած գծայինի արդյունքների, միջինում գերազանցում են 5,9 անգամ: Այդ պատճառով առաջարկվում է անհեծան ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը գնահատելու համար հաշվի առնել նյութի ոչ գծային աշխատանքը:

7. Սալում սյանը կից տեղամասերում բացվածքների առկայությունից կախված՝ փոփոխվում է սալի լարվածադեֆորմատիվ վիճակը: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ բացվածքով սալերի դեպքում սյան և սալի հատման հատվածներում շոշափող լարումները՝ կախված բացվածքի չափերից, գրեթե չեն փոփոխվում: Բացվածքներով և առանց բացվածքների սալերի շոշափող լարումները սյուների մոտ միմյանցից տարբերվում են մոտ 2,8 անգամ:
8. Սյան և սալի հանգույցի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի ճշգրիտ գնահատման համար հարկավոր է դիտարկել ոչ միայն առկա ստանդարտ սխեմաներով տարբերակները, այլ նաև դիտարկել այն տարբերակները, որտեղ քայքայումը ճգմանցման դեպքում կարող է ունենալ բարդ կորագծային տեսք, քանի որ կարող են փոփոխվել ինչպես սյան հատվածքի, այնպես էլ արտաքին բեռնվածքի բաշխման ձևերը:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Ավագյան Յ.Ա. Անհեծան ծածկերի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի գնահատումը՝ կիրառելով պահանգ-ձգման մոդելը//ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ. Երևան, 2018.-Հ.4.(71) էջ 23-30:
2. Ավագյան Յ.Ա. Առանց լայնական ամրանավորման անհեծան ծածկերով համակարգի գծային և ոչ գծային հաշվարկների համեմատական վերլուծություն//Հայաստանի շինարարների միության տեղեկագիր, գիտական աշխատությունների ժողովածու. Երևան, 2018.-Հ.4. էջ 3-10:

3. Ավագյան Յ.Ա. Երկաթբետոնե անհեծան ծածկերով շենքի սյուներում առաջացած ծռող մոմենտների որոշումը վնասվածության աստիճանի հաշվառմամբ // ՃՇՀԱՀ տեղեկագիր. Երևան, 2018.-Յ.3(60). Էջ 75-80:
4. Ավագյան Յ.Ա. Լայնական ամրանավորմամբ սալերի ճգմանցման դիմադրող ունեն ըստ ՀՀ-ի և արտերկրների շինարարական նորմերի // Հայաստանի շինարարների միության տեղեկագիր, գիտական աշխատությունների ժողովածու. Երևան, 2018.-Յ.4. Էջ 11-19:
5. Բաբայան Յ. Յ. Երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներ, Երևան, Լույս, 1989 – 262 էջ:
6. ՀՀԾՆ II-6.02 – 2006, Սեյսմակայուն շինարարություն, Նախագծման նորմեր, Երևան, 2006 – 63 էջ:
7. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные Конструкции. Общий Курс Стройиздат, Москва, 1991 – 767 стр.
8. Белкин А.Е., Гаврюшин С.С. Расчет пластин методом конечных элементов, МГТУ, Москва, 2008 – 232 стр.
9. Бондаренко В.М., Бакиров Р.О., Назаренко В.Г., Римшин В.И. Железобетонные и каменные конструкции, 6-е изд., Высшая школа, Москва, 2010 – 887 стр.
10. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный Комплекс ЛИРА-САПР 2015 Руководство пользователя. Обучающие примеры, Москва, Электронное издание, 2015 – 460 стр.
11. Геворкян Г.А. Модифицированный Метод Конечных Элементов в Механике Деформируемых Твердых Тел, ЕГУАС, Ереван, 2013 – 392 стр.
12. Глуховский А. Д. Железобетонные безбалочные бескапитальные перекрытия для многоэтажных зданий, Государственное Издательство Литературы по Строительству и Архитектуры, Москва, 1956 – 62 стр.
13. Добромыслов А.Н. Расчет железобетонных сооружений с использованием программы “ЛИРА”, АСВ, Москва, 2014 – 200 стр.
14. Дорфман А. Э., Левонтин Л. Н. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий, Москва, Стройиздат, 1975 - 128 стр.
15. Ермакова А.В. Метод дополнительных конечных элементов для расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям, АСВ, Москва, 2017 – 64 стр.
16. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Проектирование участков перекрытий под повышенные нагрузки при новом строительстве и реконструкции, ОАО ЦНИИПромзданий, Москва, 2011 – 64 стр.

17. Колмогоров А.Г., Плевков В.С. Расчет железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам, АСВ, Москва, 2014 – 512 стр.
18. Корчинский И.Л. Сейсмостойкое строительство зданий, Высшая школа, Москва, 1971 – 320 стр.
19. Кузнецов В.С., Малахова А.Н., Прокуронова Е.А. Железобетонные монолитные перекрытия и каменные конструкции многоэтажных зданий. Курсовое и дипломное проектирование, АСВ, Москва, 2009 – 216 стр.
20. Малахова А.Н. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий. Учебное пособие, Москва, 2017 – 208 стр.
21. Мордич А.И., Белевич В.Н., Навой Д.И., Мордич Д.М. О Влиянии Рабочей Арматуры Железобетонных Плит на их Сопротивление Продавливанию/ Наука и Техника (6), 2007 – стр. 5-16.
22. Мурашкин Г.В., Снегирева А.И. Лабораторный практикум по железобетонным и каменным конструкциям, АСВ, Москва, 2006 – 120 стр.
23. Научно-Технический Отчет. Разработка Методики Расчета и Конструирования Монолитных Железобетонных Безбалочных Перекрытий, Фундаментных Плит и Ростверков на Продавливание, ГУП “НИИЖБ”, 2002 – 55 стр.
24. Пекин Д.А. Плитная Сталежелезобетонная Конструкция, Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва, 2010 – 440 стр.
25. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84), ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР, Москва, 1989 – 192 стр.
26. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003), ЦНИИпромзданий, НИИЖБ, Москва, 2005 – 304 стр.
27. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и Воздействия, ЦНИИСК, НИИЖБ и ЦНИИпромзданий, 1989 – 52 стр.
28. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции, НИИЖБ Госстроя СССР, Москва, 1989 - 80 стр.
29. СП 20.13330.2011 Нагрузки и Воздействия. Актуализированная редакция, ЦНИИСК, 2011 – 92 стр.
30. СП 63.133330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция, Москва, 2012 - 153 стр.

31. Т.Н. Цай Строительные конструкции. Железобетонные конструкции, 3-е изд., Лань, 2012 – 464 стр.
32. Чернов С. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем, LAP, 2012 – 148 стр.
33. Чижевский В. В., Арьянов И. А. Продавливание железобетонных плит перекрытия колоннами, СтройПРОФИль" 2 (56), Санкт-Петербург, 2007 – стр. 1-3.
34. Шапиро Д.М. Метод конечных элементов в строительном проектировании, Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва, 2015 – 176 стр.
35. Ahmad M. Strut and Tie Model for Beginners: Structural Model, VDM Verlag Dr. Müller, October 17, 2010 – 56 p.
36. Avagyan H.A. The Calculation of Flat Plate Systems Taking into Account Seismic Action/ Construction of Optimized Energy Potential, No. 2(18), Czestochowa, 2016 – pp. 15-20.
37. Avagyan H.A. The stress-strain state estimation of slabs with shear reinforcement according to Armenian and foreign building codes / Scientific Books of Czestochowa University of Technology, Czestochowa, 2018 – pp. 13-18.
38. Bartoiac M., Damjanovic D., Duvnjak I. Punching Strength of Flat Slabs With and Without Shear Reinforcement/ Gradevinar 67 (8), 2015 – pp. 771-786.
39. Bathe K. Finite Element Procedures, New Jersey, 1996 - 1037 p.
40. Beutel R., Hegger J. The effect of anchorage on the effectiveness of the shear reinforcement in the punching zone, Cement and Concrete Composites, 24 (6), 2002 - pp. 539-549.
41. Birkle G., Dilger W.H. Influence of slab thickness on punching shear strength, ACI Structural Journal, 105 (2), 2008 - pp. 180-188.
42. Brown S. J. Seismic Response of Slab-Column Connections, PhD thesis, Department of Civil Engineering, University of Calgary, Calgary, 2003.
43. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14), American Concrete Institute, Farmington Hills, 2015 – 519 p.
44. Cao H. Seismic Design of Slab-Column Connections, MSc thesis, Department of Civil Engineering, University of Calgary, AB, Calgary, 1993.
45. Chu-Kia Wang, Salmon Ch.G., Pinchera J.A. Reinforced Concrete Design. 7th Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2007 – 948 p.
46. CSI Analysis reference manual. SAP2000, ETABS, SAFE and CsiBridge. Berkeley, 2014 - pp. 157-231.

47. Dadayan T.L. Bending moments influence on shear strength of reinforced concrete elements/ Proceedings of 3rd International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Beijing, 2011 - pp. 37-39.
48. Dadayan T.L., Avagyan H.A. Influence of Stress-Strain State of Reinforced Concrete Flat Plate on its Punching Shear Resistance/ Proceedings of 7th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Florence, 2015 - pp. 471-476.
49. Dadayan T.L., Avagyan H.A. The Comparison Analysis of Punching Shear Resistance of Flat Plate Systems According To Various Building Codes/ Proceedings of 8th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Yerevan, 2016 – pp. 69-72.
50. Dadayan T.L., Karapetyan L.G., Avagyan H.A. The comparison analyses of nonlinear calculations of flat plate systems with and without shear reinforcement/ Scientific Books of Czestochowa University of Technology, Czestochowa, 2018 – pp. 60-65.
51. Dadayan T.L., Roudi E. Investigation of RC Shear Wall-Frame Structures with Various Openings in Walls under Earthquake Loading/ Proceedings of 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Ostrava, 2014 - pp. 242-247.
52. Designers' Guide to Eurocode 1: Actions on Buildings. EN 1991-1-1 and -1-3 to 1-7, Thomas Telford Publishing, London, 2009 – 312 p.
53. Designers' Guide to Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Designers' Guide to EN 1992-1-1 and EN 1992-1-2 Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Design of Concrete Structures. General Rules and Rules for Buildings and Structural Fire Design, Thomas Telford Publishing, London, 2005 – 230 p.
54. Dilger W. H., Brown S.J. Earthquake Resistance of Slab-Column Connections, Institut fur Baustatik und Konstruktion, ETH Zurich, Sept., 1995 – pp. 22-27.
55. Dilger W. H., Cao H. Behaviour of Slab-Column Connections Under Reversed Cyclic Loading, Proceedings of the 2nd International Conference of Hogh-Rise Buildings, China, 1991.
56. Dilger W., Birkle G., Mitchell D. Effect of Flexural Reinforcement on Punching Shear Resistance, ACI Special Publication 232-4, American Concrete Institute, 2005 - pp. 57-74.
57. Dilger W., Ghali A. Shear reinforcement for concrete slabs, Journal of the Structural Division, ASCE, 107(12), 1981 – 2403-2420.
58. Elgabry A.A., Ghali A. Moment Transfer by Shear in Slab-Column Connections ACI Structural Journal, V. 93, No. 2, Mar.-Apr., 1996 – pp. 187-196.

59. El-Metwally S., Chen W. Structural Concrete: Strut-and-Tie Models for Unified Design, 1st Edition, CRC Press, September 27, 2017 – 246 p.
60. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings, Brussel, 2002 – 44 p.
61. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, European committee for standardization, Brussel, 2004 – 225 p.
62. Examples for the Design of Structural Concrete With Strut-And-Tie Models (Special Publication (Amer Concrete Inst)), American Concrete Institute Special Publication, September 1, 2002 – 250 p.
63. Fanella D. Reinforced Concrete Structures. Analysis and Design, 2nd Edition, Washington, 2016 - 964 p.
64. Fernandez Ruiz M., Muttoni A. Applications of critical shear crack theory to punching of reinforced concrete slabs with transversereinforcement, ACI Structural Journal, 106 (4), 2009 - pp. 485-494.
65. Furst A., Marti D. Robert Maillart's Design Approach for Flat Slabs, Journal of Structural Engineering, 123 (8), 1997 - pp. 1102-1110.
66. Gaston K., Olivier B., Renaud F. Punching Tests on RC Flat Slabs with Eccentric Loading/ Proceedings 2nd Int. Ph. D. Symposium in Civil Engineering, Budapest, 1998 – pp. 1-8.
67. Ghali A., Elmarsri M.Z., Dilger W.H. Punching of Flat Plates Under Static and Dynamic Horizontal Forces, ACI Journal, Proceedings Vol. 73, No. 10, October, 1976 – pp. 566-572.
68. Ghali H., Hammill N. Effectiveness of Shear Reinforcement in Slabs, Concrete International, V. 14, No. 1, Jan. 1992 – pp. 60-65.
69. Ghali H., Neville A.M., Brown T.G. Structural Analysis: A Unified Classical and Matrix Approach, 6th edition, CRC Press, 2009 – 864 p.
70. Guide to Seismic Design of Punching Shear Reinforcement in Flat Plates, ACI 421.2R-10, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2010 – 32 p.
71. Guide to Shear Reinforcement for Slabs, ACI 421.1R-08, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2008 – 25 p.
72. Hawkins N., Bao A., Yamazaki J. Moment Transfer from Concrete Slabs to Columns, ACI Journal, Vol. 86, No. 6, November-December, 1989 – pp. 705-716.
73. Hegger J., Ricker M., Sherif A.G. Punching strength of reinforced concrete footings, ACI Structural Journal, 106 (5), 2009 - pp. 706-716.
74. Hegger J., Sherif A., Ricker M. Experimental investigations on punching behavior of reinforced concrete footings, ACI Structural Journal, 104(3), 2006 – pp. 604-613.

75. Hognestad E. Shearing Strength of Reinforced Concrete Column Footings/ Journal of the American Concrete Institute, Vol. 50, No. 3, November 1953 – pp. 189-208.
76. Hucstc M.B.D., Wight J.K. Nonlinear Punching Shear Failure Model for Interior Slab-Column Connections, Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 125, No. 9, Sept., 1999 – pp. 997-1008.
77. Huei-Huang L. Finite Element Simulation with ANSYS Workbench 15, SDC Publication, USA, 2014 - 602 p.
78. Islam S., Park R. Test on Slab-Column Connections with Shear and Unbalanced Flexure, Journal of Structural Division, ASCE, V. 102, No. ST3, Mar., 1976 – pp. 549-568.
79. Kang T.H.K., Wallace J.W. Dynamic Responses of Flat Plate Systems with Shear Reinforcement, ACI Structural Journal, V. 102, No. 5, Sept.-Oct, 2005 – pp. 763-773.
80. Kinnunen S., Nylander H. Punching of concrete slabs without shear reinforcement. Transactions 158, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1960.
81. Kinnunen S., Nylander H. Punching of Concrete Slabs Without Shear Reinforcement, Transactions No. 158, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1960.
82. Kunz J., Fernandez Ruiz M., Muttoni A. Enhanced safety with post-installed punching shear reinforcement, Walraven J.C., Stoelhorst D. (Eds.), Tailor Made Concrete Structures – New Solutions for Our Society, Taylor and Francis Group, 2008 - pp. 679-684.
83. Lips S., Fernandez Ruiz M., Muttoni A. Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs, ACI Structural Journal, 109, 2012 - pp. 889-900.
84. Long A.E. A Two-Phase Approach to the Prediction of the Punching Strength of Slabs/ Journal of the American Concrete Institute. Vol. 72. No. 2, February 1975, pp. 37-47.
85. MacLeod I. Modern Structural Analysis. Modeling Process and Guidelines. London, 2005 - 191 p.
86. Marti P. Design of concrete slabs for transverse shear. ACI Structural Journal, 87(2), 1990 – pp. 180-190.
87. Marzouk H., Hossin M. Crack analysis of reinforced concrete two-way slabs. Research Report RCS01, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Nfld, 2007 – 159 p.
88. Marzouk H., Rizk E., Tiller R. Design of shear reinforcement for thick plates using strut-and-tie model/ Canadian Journal of Civil Engineering 37(2), Toronto, 2010 – pp. 181-194.
89. Mast P.E. Stress in Flat Plates near Columns, ACI Journal, Vol. 67, No. 10, October, 1970 - pp. 761-768.

90. Megally S., Ghali A. Design Considerations for Slab-Column Connections in Seismic Zones, *ACI Structural Journal*, V. 91, No. 3, May-June, 1994 – pp. 303-314.
91. Michael D., Oguzhan B. Minimum transverse reinforcement for bottle-shaped struts. *ACI Structural Journal*, 103(6), 2006 – pp. 813-821.
92. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Reston, 2010 – 609 p.
93. Moe J. Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings under Concentrated Load, Portland Cement Association, Bulletin D47, Skokie, Illinois, 1961.
94. Mortin J., Ghali A. Connection of Flat Plates to Edge Columns, *ACI Structural Journal*, V. 88, No. 2, Mar.-Apr., 1991 – pp. 191-198.
95. Muttoni A. Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement, *ACI Structural Journal*, 105 (4), 2008 - pp. 440-450.
96. Muttoni A., Schwartz J. Behaviour of beams and punching in slabs without shear reinforcement, *IABSE Colloquium*, Zurich, 1991 - pp. 703-708.
97. National Standards of Canada. CAN/CSA-A23.3-04, Design of concrete structures, Updated No. 2, Canadian Standards Association, 2007 – 232 p.
98. O'Brien E., Dixon A., Sheils E. Reinforced and prestressed concrete design to EC2. Spon Press, 2012 - pp. 480-486.
99. Park R., Gamble W. Reinforced Concrete Slabs, New York, 2000 - 716 p.
100. Regan P.E. Behaviour of Reinforced Concrete Flat Slabs, CIRIA Report No. 89. Construction Industry Research and Information Association, London, 1981.
101. Regan P.E., Walker P.R., Zakaria K.A.A. Tests of reinforced concrete flat slabs, CIRIA Project RP 220, Polytechnic of Central London, 1979.
102. Rizk E., Marzouk H. Behaviour of thick concrete plates. Research Report, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Nfld, 2010.
103. Robertson I.N., Durrani A.J. Gravity Load Effect on Seismic Behavior of Interior Slab-Column Connection, *ACI Structural Journal*, V. 89, No. 1, Jan.-Feb., 1992, pp. 37-45.
104. Rombach G.A. Finite-element Design of Concrete Structures. Practical problems and their solutions, Thomas Telford Limited, 2011 - pp. 180-183.
105. Sacramento P.V.P., Ferreira M.P., Oliveira D.R.C., Mela G.S.S.A. Punching Strength of Reinforced Concrete Flat Slabs Without Shear Reinforcement, *Ibracon Structures and Materials Journal* 5, 2012 – pp. 659-674.
106. SAP 2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structure, Analysis Reference, Computer and Structure Inc, 2002 – 383 p.

107. SAP 2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structure, Concrete Design Manual, 2000 – 190 p.
108. Shehata I. Simplified model for estimating the punching resistance of reinforced concrete slabs. Material and Structures Journal, 23(5), 1990 – pp. 364-371.
109. Stein T., Ghali A., Dilger W. Distinction between Punching and Flexural Failure Modes of Flat Plates, ACI Structural Journal, 104 (3), 2007 - pp. 357-365.
110. Tiller R. Strut-and-tie model for punching shear of concrete slabs. M.Sc. thesis, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Nfld, 1995 – 103 p.
111. Tiller W.R. Strut-and-Tie Model for Punching Shear of Concrete Slabs, Ottawa, 1995 – 129 p.
112. Wolfram Mathematica. Tutorial Collection, Advanced Numerical Differential Equation Solving In Mathematica, Wolfram Research, Inc. and Wolfram Media, Inc., 2008 – 184 p.
113. Wolfram S. The Mathematica Book, 5th ed., Wolfram Research, Inc. and Wolfram Media, Inc., 2003 – 1464 p.

ᐃ ᐱ ᐊ ᑲ ᐱ ᐊ ᐊ ᐊ

ՀԱՎԵԼ ՎԱՃ 1

Ճգմանցման հաշվարկ սալի առանց լայնական ամրանավորման համաձայն
ՀՀ շին. նորմերի

Ելակետային տվյալներ;

$a = 500.0$; $b = 500.0$; $h = 220.0$; $a' = 30.0$; "մմ"; $F = -160800.0$; $Rbt = 0.9$; $\alpha = 1.0$;

Ճգմանցման հաշվարկ

$$h_0 = h - a'$$

190.

$$u = 2 * (a + b + 2 * h_0)$$

2760.

$$F_b = Rbt * h_0 * \alpha$$

171.

$$\frac{|F|}{u}$$

58.2609

$$\frac{|F|}{u} < F_b$$

True

*Ճգմանցման հաշվարկ սալի առանց լայնական ամրանաւորման համաձայն
ՌԴՀԻՆ. նորմերի*

Ելակետային տվյալներ;

$a = 500.0$; $b = 500.0$; $h = 220.0$; $a' = 30.0$; $F = -504.81$; $Rbt = 0.9$;
 $Mxinf = 8.15$; $Myinf = -78.11$; $Mxsup = -15.59$; $Mysup = 96.08$;

Ճզմանցման հաշվարկ;

$$h_0 = h - a'$$

190.

$$u = 2 * (a + b + 2 * h_0)$$

2760.

$$Wbx = Wby = N \left[(a + h_0) * \left(\frac{a + h_0}{3} + b + h_0 \right) \right]$$

634800.

$$Mx = \frac{|Mxsup| + |Mxinf|}{2}$$

11.87

$$My = \frac{|Mysup| + |Myinf|}{2}$$

87.095

$$\left| \frac{F * 10^3}{u} \right| + \frac{Mx * 10^6}{Wbx} + \frac{My * 10^6}{Wby} \leq Rbt * h_0$$

False

$$\left| \frac{F * 10^3}{u} \right| + \frac{Mx * 10^6}{Wbx} + \frac{My * 10^6}{Wby}$$

338.802

$$Rbt * h_0$$

171.

*Ճզմանցման հաշվարկ սալի առանց լայնական ամրանավորման համաձայն
Եվրոպական շին. նորմերի*

Ելակետային տվյալներ;
 $c1 = 500$; $c2 = 500$; $h = 220$; $c = 30$; $VEd = 184.5$; $MEd = 207.1$;
 $f_{ck} = 16$; $\gamma_c = 1.5$; $k_0 = 0.6$; $\phi = 12$; $S = 150$; $As_0 = 113.1$;

Ճզմանցման հաշվարկ;

$$d = h - c - \phi$$

178

$$u = \text{Round}[2 * (c1 + c2) + d * 4 * 3.1416]$$

4237

$$W1 = \frac{c1^2}{2} + c1 * c2 + 4 * c2 * d + 16 * d^2 + 2 * 3.1416 * d * c1$$

1.79715×10^6

$$k = \text{If}[N[1 + \text{Sqrt}[200/d]] > 2.0, 2.0, N[1 + \text{Sqrt}[200/d]]]$$

2.

$$l_{\rho z} = c1 + 6 d$$

1568

$$l_{\rho y} = c2 + 6 d$$

1568

$$n_{\max} = \text{Ceiling}[l_{\rho z} / S]$$

11

$$As = n_{\max} * As_0$$

1244.1

$$\rho_z = \text{If}\left[\frac{As}{l_{\rho z} * d} < 0.02, \frac{As}{l_{\rho z} * d}, 0.02\right]$$

0.00445748

$$\beta = 1 + \frac{k_0 * |MEd| * u * 1000}{|VEd| * W1}$$

2.58785

$$vEd = \frac{\beta * |VEd| * 1000}{u * d}$$

0.633078

$$vRdc = \frac{0.18}{\gamma_c} * k * \sqrt[3]{(100 * \rho_z * f_{ck})}$$

0.461971

Ճզմանցման հաշվարկ սալի և այն նական ամրանալորմամբ համաձայն ՅՅ
 շին. նորմերի

Ելակետային տվյալներ;
 { a = 500.0; b = 500.0; h = 220.0; a' = 30.0; ϕ = 8.0;
 "մմ"; F = -160790.0; "Ն"; Rbt = 0.9; Rsw = 300; "Ն/մմ2"; α = 1.0};

ճգմանցման հաշվարկ

$$h_0 = h - a'$$

110.

$$u_m = 2. * (a + b + 2. * h_0)$$

2440.

$$R_{bt} * \alpha$$

0.9

$$F_b = R_{bt} * \alpha * u_m * h_0$$

241560.

$$\text{If} \left[\frac{|F|}{u_m * h_0} \leq R_{bt} * \alpha, \text{concrete sufficient, needed reinforcement} \right]$$

concrete sufficient

$$\left\{ s_w = 200.0, \left\{ \frac{h}{3}, 200.0 \right\} \right\}$$

{200., {46.6667, 200.}}

$$n = \text{Floor} \left[\frac{h}{s_w} \right] * \text{Floor} \left[\frac{u_m}{s_w} \right]$$

0

$$A_{sw} = n * \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

0.

$$F_{sw} = R_{sw} * A_{sw}$$

0.

$$P_{sw} = \text{If} [F_{sw} \geq 0.5 * F_b, F_{sw}, 0.5 * F_b]$$

120780.

$$F_{max} = \text{If} [F_b + 0.8 * P_{sw} \leq 2.0 * F_b, F_b + 0.8 * P_{sw}, 2.0 * F_b]$$

338184.

$$\frac{F_b}{u_m * h_0}$$

0.9

$$\frac{0.8 * P_{sw}}{u_m * h_0}$$

0.36

$$\left\{ \frac{|F|}{um * h_0}, \frac{Fmax}{um * h_0} \right\}$$

$$\{0.00188081, 1.26\}$$

$$\frac{|F|}{um * h_0} \leq \frac{Fmax}{um * h_0}$$

True

*Ճգմանցման հաշվարկ սալի և այն նաև ան ամրանալորմամբ համաձայն և ՌԴ
շին. նորմերի*

Ելակետային տվյալներ;

{ մմ; $a = 500.0$; $b = 500.0$; $h = 220.0$; $a' = 30.0$;
 $\phi = 8.0$; "կլ"; $F = -160.8$; "կ/մմ²"; $R_{bt} = 0.9$; $R_{sw} = 300$; կլ * մ;
 $M_{x,inf} = 23.05$; $M_{y,inf} = -23.41$; $M_{x,sup} = -22.5$; $M_{y,sup} = 22.83$ };

ճզմանցման հաշվարկ

$$h_0 = h - a'$$

190.

$$u = 2 * (a + b + 2 * h_0)$$

2760.

$$W_{b,x} = N \left[(a + h_0) * \left(\frac{a + h_0}{3} + b + h_0 \right) \right]$$

634800.

$$W_{b,y} = N \left[(b + h_0) * \left(\frac{b + h_0}{3} + a + h_0 \right) \right]$$

634800.

$$M_x = \frac{|M_{x,sup}| + |M_{x,inf}|}{2}$$

22.775

$$M_y = \frac{|M_{y,sup}| + |M_{y,inf}|}{2}$$

23.12

$$\left| \frac{F * 10^3}{u} \right| + \frac{M_x * 10^6}{W_{b,x}} + \frac{M_y * 10^6}{W_{b,y}}$$

130.559

$$R_{bt} * h_0$$

171.

$$\text{If} \left[\left| \frac{F * 10^3}{u} \right| + \frac{M_x * 10^6}{W_{b,x}} + \frac{M_y * 10^6}{W_{b,y}} \leq R_{bt} * h_0, \text{ sufficient, needed reinforcement} \right]$$

sufficient

$$A_{sw} = 2 * \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

100.531

$$\{sw = 85, \{ \frac{h_0}{3}, \frac{h_0}{2} \} \}$$

{85, {63.3333, 95.}}

$$qsw = 0.8 * \frac{Rsw * Asw}{sw}$$

283.852

$$psw = \text{If}[0.8 * qsw \geq 0.25 * Rbt * h_0, 0.8 * qsw, 0]$$

227.082

$$Fult = \text{If}[Rbt * h_0 * u + 0.8 * psw * u \leq 2 * Rbt * h_0 * u, Rbt * h_0 * u + 0.8 * psw * u, 2 * Rbt * h_0 * u]$$

943920.

$$Mxult = \text{If}[Rbt * h_0 * W_{b,x} + 0.8 * psw * W_{b,x} \leq 2 * Rbt * h_0 * W_{b,x}, \\ Rbt * h_0 * W_{b,x} + 0.8 * psw * W_{b,x}, 2 * Rbt * h_0 * W_{b,x}]$$

2.17102×10^8

$$Myult = \text{If}[Rbt * h_0 * W_{b,y} + 0.8 * psw * W_{b,y} \leq 2 * Rbt * h_0 * W_{b,y}, \\ Rbt * h_0 * W_{b,y} + 0.8 * psw * W_{b,y}, 2 * Rbt * h_0 * W_{b,y}]$$

2.17102×10^8

$$\text{List}\left[\left|\frac{F * 10^3}{Fult}\right|, \frac{M_x * 10^6}{Mxult}, \frac{M_y * 10^6}{Myult}\right]$$

{0.170353, 0.104905, 0.106494}

$$\left|\frac{F * 10^3}{Fult}\right| + \frac{M_x * 10^6}{Mxult} + \frac{M_y * 10^6}{Myult}$$

0.381752

$$\left|\frac{F * 10^3}{u * 1000.0}\right| + \frac{M_x * 10^6}{2 * W_{b,x} * 1000.0} + \frac{M_y * 10^6}{2 * W_{b,y} * 1000.0}$$

0.0944101

$$\text{List}\left[\frac{Rbt * h_0}{1000.0}, \frac{0.8 * psw}{1000.0}, \frac{Rbt * h_0}{1000.0} + \frac{0.8 * psw}{1000.0}\right]$$

{0.171, 0.181665, 0.352665}

$$\left|\frac{F * 10^3}{Fult}\right| + \frac{M_x * 10^6}{Mxult} + \frac{M_y * 10^6}{Myult} \leq 1$$

True

$$\left|\frac{F * 10^3}{u * 1000.0}\right| + \frac{M_x * 10^6}{2 * W_{b,x} * 1000.0} + \frac{M_y * 10^6}{2 * W_{b,y} * 1000.0} \leq \frac{Rbt * h_0}{1000.0} + \frac{0.8 * psw}{1000.0}$$

True

Ճզմանցման հաշվարկ սալի լայնական տրանսվորմաբ համաձայն
Եվրոպական շին. նորմերի

Ելակետային տվյալներ;

{ $c_1 = 500.0$; $c_2 = 500.0$; $h = 220.0$; $c = 20.0$; $\phi = 12.0$; $\emptyset = 8.0$; $S = 100.0$; "մմ";
VED = 184.5; "կՆ"; MEDx = 17.1; MEDy = 207.1; "կՆ*մմ"; fck = 16.0; fywd = 435.0;
fyk = 500.0; "Ն/մմ²"; As0 = 113.1; As1 = 50.3; "մմ²"; $\gamma_c = 1.5$; $k_0 = 0.6$ };

Ճզմանցման հաշվարկ

$$d = h - c - \phi$$

188.

$$u = \text{Round}[2. * (c_1 + c_2) + d * 4. * \text{Pi}]$$

4362

$$W_x = \frac{c_1^2}{2} + c_1 * c_2 + 4. * c_2 * d + 16. * d^2 + 2. * \text{Pi} * d * c_1$$

1.90712×10^6

$$W_y = \frac{c_2^2}{2} + c_1 * c_2 + 4. * c_1 * d + 16. * d^2 + 2. * \text{Pi} * d * c_2$$

1.90712×10^6

$$k = \text{If}[N[1 + \sqrt{(200. / d)}] > 2.0, 2.0, N[1 + \sqrt{(200. / d)}]]$$

2.

$$l_{\rho z} = c_1 + 6. * d$$

1628.

$$l_{\rho y} = c_2 + 6. * d$$

1628.

$$n1 = \text{Ceiling}[l_{\rho z} / S]$$

17

$$n2 = \text{Ceiling}[l_{\rho y} / S]$$

17

$$A_{sz} = n1 * A_{s0}$$

1922.7

$$A_{sy} = n2 * A_{s0}$$

1922.7

$$\rho_{lz} = \frac{A_{sz}}{l_{\rho z} * d}$$

0.00628202

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sy}}{l_{py} * d}$$

0.00628202

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{lz} * \rho_{ly}}$$

0.00628202

$$\rho_{zlim} = \text{If}[\rho_z \leq 0.02, \rho_z, 0.02]$$

0.00628202

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(\left(\frac{k_0 * |MEDx| * u * 1000.0}{|VED| * Wx} \right)^2 + \left(\frac{k_0 * |MEDy| * u * 1000.0}{|VED| * Wy} \right)^2 \right)}$$

2.54567

$$v_{Ed} = \frac{\beta * |VED| * 1000.0}{u * d}$$

0.572737

$$v_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} * k * \sqrt[3]{(100.0 * \rho_{zlim} * f_{ck})}$$

0.517946

$$v_{min} = 0.035 * \sqrt{k^3} * \sqrt{f_{ck}}$$

0.39598

If[vEd ≤ vRdc ≥ vmin, without reinforcement, needed reinforcement]

needed reinforcement

{Sr = 140.0, {0.75 * d}}

{140., {141.}}

{St = 260.0, {1.5 * d}}

{260., {282.}}

fywdef = If[250 + 0.25 * d ≤ fywd, 250 + 0.25 * d, fywd]

297.

$$n = \text{Floor}\left[\frac{u}{S_r}\right]$$

31

$$A_{sw} = n * A_{s1}$$

1559.3

$$\text{If}\left[A_{s1} > \frac{0.08 * \sqrt{f_{ck} * S_r * St}}{1.5 * f_{yk}}, \text{satisfied, stirrup diameter is not adequate}\right]$$

satisfied

$$u_{out} = \text{Ceiling}\left[\frac{\beta * |VED| * 1000.0}{vRdc * d}\right]$$

4824

$$u0 = 2 * c_1 + 2 * c_2$$

2000.

$$vEd0 = \frac{\beta * |VED| * 1000.0}{u0 * d} \leq 0.5 * \left(0.6 * \left(1 - \frac{fck}{250}\right)\right) * \frac{fck}{\gamma_c} * 1.0$$

True

$$vEd_{out} = \frac{\beta * |VED| * 1000.0}{u_{out} * d} \leq vRdc$$

True

$$laststeelbardist = \text{Round}\left[N\left[\frac{(u_{out} - u)}{2.0 * \pi}\right]\right]$$

74

$$Asw2 = \frac{u_{out} * d * (vEd - 0.75 * vRdc)}{fywd}$$

384.192

$$\text{List}\left[\frac{\beta * |VED| * 1000.0}{u * d}, 0.75 * vRdc, 1.5 * \frac{d}{Sr} * Asw * fywdef * \left(\frac{1.0}{u * d}\right)\right]$$

{0.572737, 0.388459, 1.13753}

$$vRdcs = 0.75 * vRdc + 1.5 * \frac{d}{Sr} * Asw * fywdef * \left(\frac{1.0}{u * d}\right)$$

1.52599

$$vEd \leq vRdcs$$

True

ճզմանցման հաշվարկ սալի լայնական ամրանավորմամբ համաձայն
ամերիկյան շին. նորմերի

Ելակետային տվյալներ;

միջին սյուն;

{մմ; $c_x = 500.0$; $c_y = 500.0$; $h = 220.0$; $a = 20.0$; երկայնական;

$D_m = 12.0$; լայնական; $d_m = 8.0$; կն; $V_u = 162.1$; կն * մ; $M_{ux} = 22.8$;

$M_{uy} = 33.8$; ՄՊա; $f_c = 15.0$; $f_{yt} = 420.0$; $\phi = 0.75$; $\lambda = 1.0$; $\alpha_s = 40$; $\beta = 1.0$ };

ճզմանցման հաշվարկ

$d = \text{If}[h - a - D_m > 150.0,$

$\text{If}[h - a - D_m \geq 16 * d_m, h - a - D_m, 16 * d_m], \text{"slab thickness is not adequate"}]$

188.

$b_0 = \text{Round}[2.0 * (c_x + c_y + 2.0 * d)]$

2752

$A_c = 2.0 * d * (c_x + c_y + 2.0 * d)$

517376.

$I_x = N \left[\frac{d * (c_x + d)^3}{6.0} + \frac{d^3 * (c_x + d)}{6.0} + \frac{d * (c_y + d) * (c_x + d)^2}{2.0} \right]$

4.15781×10^{10}

$I_y = N \left[\frac{d * (c_y + d)^3}{6.0} + \frac{d^3 * (c_y + d)}{6.0} + \frac{d * (c_x + d) * (c_y + d)^2}{2.0} \right]$

4.15781×10^{10}

$l_{x1} = c_x + d$

688.

$l_{y1} = c_y + d$

688.

$\gamma_{vx} = N \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \sqrt{l_{y1} / l_{x1}}} \right]$

0.4

$\gamma_{vy} = N \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \sqrt{l_{x1} / l_{y1}}} \right]$

0.4

$x = l_{x1} / 2.0$

344.

$y = l_{y1} / 2.0$

344.

$$v_u = \frac{V_u * 10^3}{A_c} + \gamma_{vx} * \frac{M_{ux} * 10^3}{I_x} * y + \gamma_{vy} * \frac{M_{uy} * 10^3}{I_y} * x$$

0.313499

$$v_{c2} = 0.083 * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_0} + 2 \right) * \lambda * \sqrt{f_c}$$

1.52132

$$v_{c1} = 0.17 * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * \lambda * \sqrt{f_c}$$

1.97522

$$v_c = 0.33 * \lambda * \sqrt{f_c}$$

1.27808

$$\emptyset * v_c$$

0.958563

If[$v_u \geq \emptyset * v_c$, reinforcement, concrete sufficient]
concrete sufficient

$$\text{If}\left[\frac{v_u}{\emptyset} \leq \frac{2.0 * \sqrt{f_c}}{3.0}, \text{sufficient, slab thickness is not adequate}\right]$$

sufficient

$$\text{If}\left[\frac{v_u}{\emptyset} \leq \frac{\sqrt{f_c}}{2.0}, \text{stirrup, class of concrete or slab thickness are not adequate}\right]$$

stirrup

$$A_v = 4.0 * 2.0 * \frac{\pi * (d_m)^2}{4.0}$$

402.124

$$v_{cmax} = \text{If}[v_c \leq 0.17 \lambda \sqrt{f_c}, v_c, 0.17 \lambda \sqrt{f_c}]$$

0.658407

$$\{s = 35.0, \text{If}\left[\frac{\emptyset * A_v * f_{yt} * d}{(v_u - \emptyset * v_{cmax}) * 10^6} < 0.5 * d, \frac{\emptyset * A_v * f_{yt} * d}{(v_u - \emptyset * v_{cmax}) * 10^6}, 0.5 * d\right]\}$$

{35., -132.074}

$$v_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s * 10^6}$$

0.907191

$$v_n = \text{If}[v_{cmax} + v_s \leq 0.5 * \sqrt{f_c}, v_{cmax} + v_s, 0.5 * \sqrt{f_c}]$$

1.5656

$$\emptyset * v_n$$

1.1742

$$\emptyset * v_n \geq v_u$$

True

Ճզմանցման հաշվարկ սալի լայնական ամրանավորմամբ համաձայն և ամերիկյան շին. նորմերի

Ելակետային տվյալներ;

Եզրային սյուն;

{մմ; cx = 500.0; cy = 500.0; h = 220.0; a = 20.0; երկաշևական;
Dm = 12.0; լաշևական; dm = 8.0; y0 = 0; կն; Vu = 233.6; կն * մ; Mscx = 221.3;
Mscy = 81.6; ՄՊա; fc = 15.0; fyt = 420.0; Ø = 0.75; λ = 1.0; αs = 30; β = 1.0};

Ճզմանցման հաշվարկ

d = If[h - a - Dm > 150.0,
If[h - a - Dm ≥ 16 * dm, h - a - Dm, 16 * dm], "slab thickness is not adequate"]
188.

b0 = Round[2.0 * (cx + d / 2) + (cy + d)]
1876

Ac = 2.0 * d * (cx + d / 2) + (cy + d) * d
352688.

Ix =
$$N \left[\frac{2.0 * d * ((cx + d / 2))^3}{6.0} + 2.0 * d * (cx + d / 2) * \left(\frac{cx + (d / 2)}{2} - \frac{(cx + (d / 2))^2}{(2 + (cy / cx)) * cx + 2 * d} \right)^2 \right]$$

 1.57837×10^{10}

Iy = $N \left[(cy + d) * d * \left(\frac{(cx + (d / 2))^2}{(2 + (cy / cx)) * cx + 2 * d} \right)^2 \right]$
 4.57537×10^9

lx = cx + d / 2
594.

ly = cy + d
688.

$\gamma_{vx} = N \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \sqrt{ly / lx}} \right]$
0.417752

$\gamma_{vy} = N \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{lx}{ly} - 0.2}} \right]$
0.351905

$C_1 = \frac{(cx + (d / 2))^2}{(2 + (cy / cx)) * cx + 2 * d}$
188.079

$$C_2 = 1y / 2.0$$

344.

$$x0 = C_1 - cx / 2$$

-61.9211

$$vu = \frac{Vu * 10^3}{Ac} + \gamma_{vx} * \frac{(Mscx + Vu * y0) * 10^3}{Ix} * C_2 + \gamma_{vy} * \frac{(Mscy + Vu * x0) * 10^3}{Iy} * C_1$$

0.456294

$$vc2 = 0.083 * \left(\frac{\alpha s * d}{b0} + 2 \right) * \lambda * \sqrt{fc}$$

1.60934

$$vc1 = 0.17 * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * \lambda * \sqrt{fc}$$

1.97522

$$vc = 0.33 * \lambda * \sqrt{fc}$$

1.27808

$$\emptyset * vc$$

0.958563

If[vu ≥ ∅ * vc, reinforcement, concrete sufficient]

concrete sufficient

$$\text{If}\left[\frac{vu}{\emptyset} \leq \frac{2.0 * \sqrt{fc}}{3.0}, \text{sufficient, slab thickness is not adequate}\right]$$

sufficient

$$\text{If}\left[\frac{vu}{\emptyset} \leq \frac{\sqrt{fc}}{2.0}, \text{stirrup, class of concrete or slab thickness are not adequate}\right]$$

stirrup

$$Av = 3.0 * 2.0 * \frac{\pi * (dm)^2}{4.0}$$

301.593

$$vcmax = \text{If}[vc \leq 0.17 \lambda \sqrt{fc}, vc, 0.17 \lambda \sqrt{fc}]$$

0.658407

$$\{s = 25.0, \text{If}\left[\frac{\emptyset * Av * fyt * d}{(vu - \emptyset * vcmax) * 10^6} < 0.5 * d, \frac{\emptyset * Av * fyt * d}{(vu - \emptyset * vcmax) * 10^6}, 0.5 * d\right]\}$$

{25., -476.131}

$$vs = \frac{Av * fyt * d}{s * 10^6}$$

0.952551

```
vn = If[vcmax + vs ≤ 0.5 * √fc , vcmax + vs, 0.5 * √fc]
```

```
1.61096
```

```
0 * vn
```

```
1.20822
```

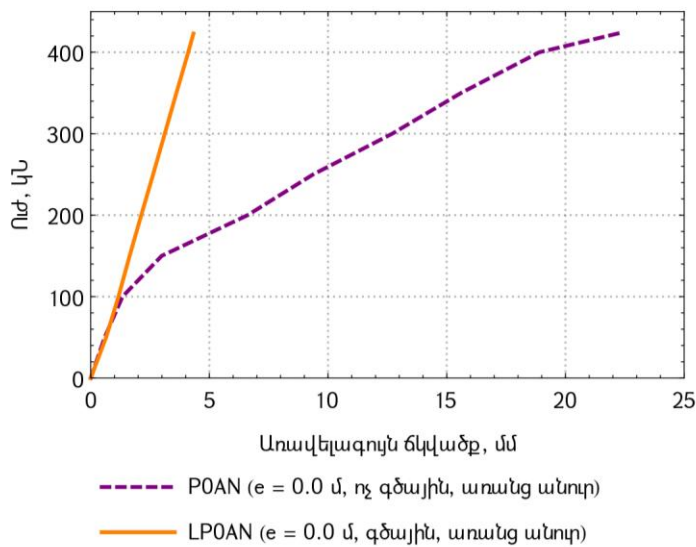
```
0 * vn ≥ vu
```

```
True
```

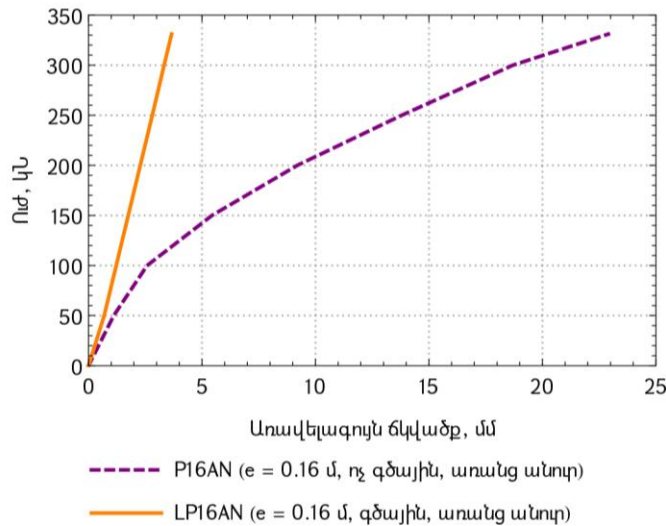
የሀሳብ ሂሳብ 2

Գծային և ոչ գծային վերլուծություններ առանց լայնական ամրանալորման և լայնական ամրանալորմաբ

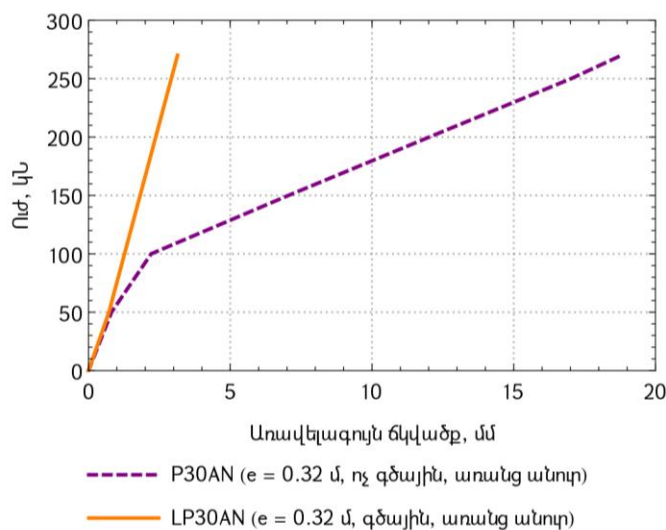
```
ListLinePlot[{{0, 0}, {0.59, 50}, {1.34, 100}, {2.99, 150}, {6.61, 200},
{9.37, 250}, {12.7, 300}, {15.6, 350}, {18.9, 400}, {22.2, 423}},
{{0, 0}, {0.65, 50}, {1.17, 100}, {1.64, 150}, {2.13, 200}, {2.63, 250},
{3.12, 300}, {3.61, 350}, {4.11, 400}, {4.33, 423}}],
PlotLegends → Placed[{"P0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
"LP0AN (e = 0.0 մ, գծային, առանց անուր)"}, Below], PlotTheme → "Detailed",
PlotStyle → {Directive[Dashed, Purple, Thick], Directive[Orange, Thick]},
Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}, PlotRange → {{0, 25}, {0, 450}}]
```



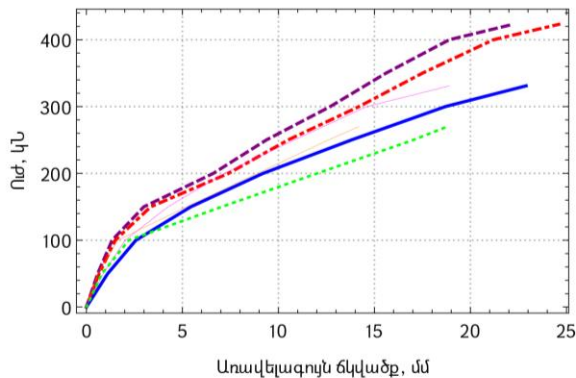

```
ListLinePlot[{{0, 0}, {1.11, 50}, {2.58, 100}, {5.44, 150}, {9.2, 200},
{13.8, 250}, {18.7, 300}, {22.9, 331}}, {{0, 0}, {0.69, 50}, {1.22, 100},
{1.75, 150}, {2.28, 200}, {2.81, 250}, {3.33, 300}, {3.66, 331}}],
PlotLegends → Placed[{"P16AN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
"LP16AN (e = 0.16 մ, գծային, առանց անուր)"}, Below], PlotTheme → "Detailed",
PlotStyle → {Directive[Dashed, Purple, Thick], Directive[Orange, Thick]},
Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}, PlotRange → {{0, 25}, {0, 350}}]
```



```
ListLinePlot[
{{0, 0}, {0.81, 50}, {2.21, 100}, {7.05, 150}, {12.02, 200}, {17.02, 250}, {18.8, 270}},
{{0, 0}, {0.72, 50}, {1.27, 100}, {1.82, 150}, {2.37, 200}, {2.92, 250}, {3.14, 270}}],
PlotLegends → Placed[{"P30AN (e = 0.32 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
"LP30AN (e = 0.32 մ, գծային, առանց անուր)"}, Below], PlotTheme → "Detailed",
PlotStyle → {Directive[Dashed, Purple, Thick], Directive[Orange, Thick]},
Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}, PlotRange → {{0, 20}, {0, 300}}]
```

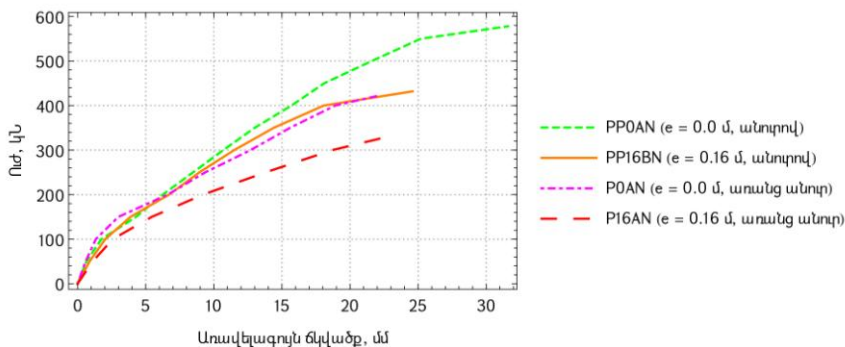


```
ListLinePlot[
  {{(0, 0), (0.59, 50), (1.34, 100), (2.99, 150), (6.61, 200), (9.37, 250), (12.7, 300),
    (15.6, 350), (18.9, 400), (22.2, 423)}, {(0, 0), (0.66, 50), (1.5, 100), (3.35, 150),
    (7.4, 200), (10.5, 250), (14.2, 300), (17.5, 350), (21.2, 400), (24.6, 423)},
  {(0, 0), (1.11, 50), (2.58, 100), (5.44, 150), (9.2, 200), (13.8, 250),
    (18.7, 300), (22.9, 331)}, {(0, 0), (0.87, 50), (2.02, 100),
    (4.25, 150), (7.18, 200), (10.82, 250), (14.6, 300), (18.9, 331)},
  {(0, 0), (0.81, 50), (2.21, 100), (7.05, 150), (12.02, 200), (17.02, 250), (18.8, 270)},
  {(0, 0), (0.6, 50), (1.64, 100), (5.22, 150), (8.90, 200), (12.6, 250), (14.2, 270)}},
  PlotLegends → Placed[{"P0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
    "P0A (e = 0.0 մ, փորձ, առանց անուր)", "P16AN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
    "P16A (e = 0.16 մ, փորձ, առանց անուր)",
    "P30AN (e = 0.32 մ, ոչ գծային, առանց անուր)",
    "P30A (e = 0.32 մ, փորձ, առանց անուր)"}, Below],
  PlotTheme → "Detailed", PlotStyle → {Directive[Dashed, Purple, Thick],
    Directive[DotDashed, Red, Thick], Directive[Thick, Blue, Thick],
    Directive[Thin, Magenta], Directive[Dotted, Green], Directive[Thin, Orange]},
  Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
  FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```

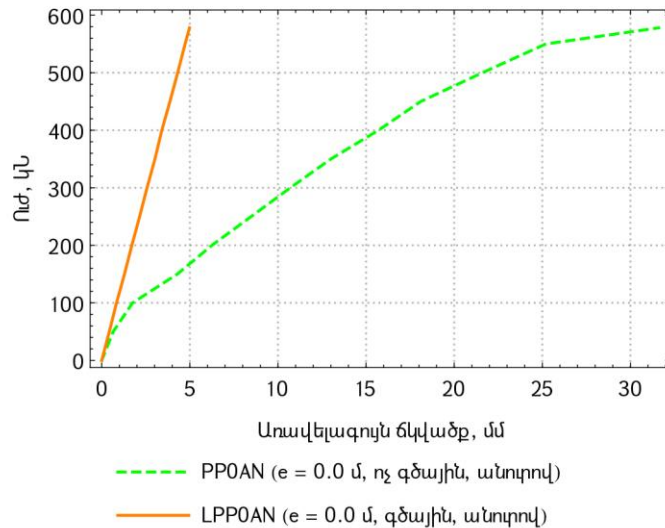


----- P0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, առանց անուր) P0A (e = 0.0 մ, փորձ, առանց անուր)
 ----- P16AN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, առանց անուր) P16A (e = 0.16 մ, փորձ, առանց անուր)
 P30AN (e = 0.32 մ, ոչ գծային, առանց անուր) P30A (e = 0.32 մ, փորձ, առանց անուր)

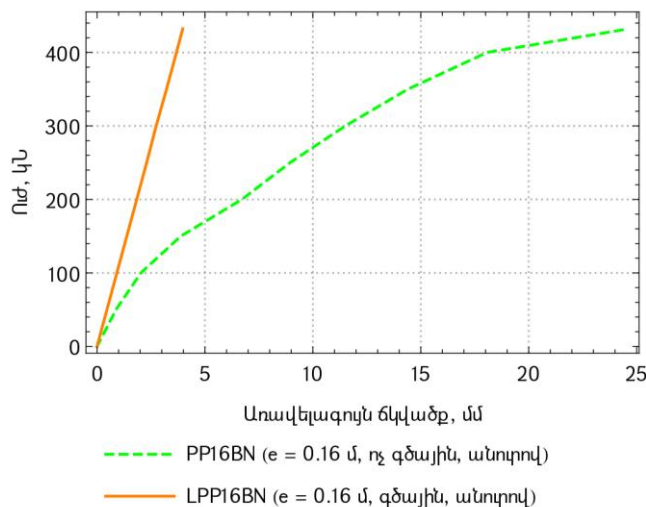
```
ListLinePlot[
  {{(0, 0), (0.65, 50), (1.75, 100), (4.29, 150), (6.25, 200), (8.48, 250), (10.7, 300),
    (13.0, 350), (15.7, 400), (18.1, 450), (21.6, 500), (25.2, 550), (31.6, 578)},
  {(0, 0), (0.88, 50), (2.03, 100), (3.88, 150), (6.71, 200), (8.94, 250),
    (11.5, 300), (14.4, 350), (18.07, 400), (24.6, 432)},
  {(0, 0), (0.59, 50), (1.34, 100), (2.99, 150), (6.61, 200), (9.37, 250),
    (12.7, 300), (15.6, 350), (18.9, 400), (22.2, 423)}, {(0, 0), (1.11, 50),
    (2.58, 100), (5.44, 150), (9.2, 200), (13.8, 250), (18.7, 300), (22.9, 331)}},
  PlotLegends → Placed[{"PP0AN (e = 0.0 մ, անուրով)", "PP16BN (e = 0.16 մ, անուրով)",
    "P0AN (e = 0.0 մ, առանց անուր)", "P16AN (e = 0.16 մ, առանց անուր)"}, Right],
  PlotTheme → "Detailed", PlotStyle → {Directive[Green, Dashed],
    Directive[Thickness, Orange], Directive[DotDashed, Magenta],
    Directive[{Dashing[Large]}, Red]}, Frame → True,
  FrameStyle → Directive[Black], FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```



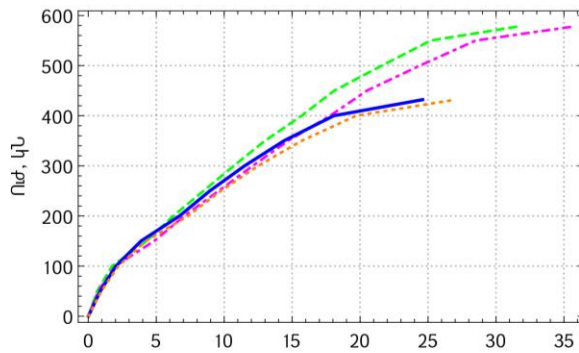
```
ListLinePlot[
  {{(0, 0), (0.65, 50), (1.75, 100), (4.29, 150), (6.25, 200), (8.48, 250), (10.7, 300),
    (13.0, 350), (15.7, 400), (18.1, 450), (21.6, 500), (25.2, 550), (31.6, 578)}},
  {{(0, 0), (0.43, 50), (0.84, 100), (1.29, 150), (1.71, 200), (2.15, 250), (2.57, 300),
    (3.02, 350), (3.41, 400), (3.87, 450), (4.31, 500), (4.73, 550), (4.98, 578)}},
  PlotLegends → Placed[{"PP0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, անուրով)",
    "LPP0AN (e = 0.0 մ, գծային, անուրով)"}, Below], PlotTheme → "Detailed",
  PlotStyle → {Directive[Green, Dashed], Directive[Thickness, Orange]},
  Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
  FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```



```
ListLinePlot[{{(0, 0), (0.88, 50), (2.03, 100), (3.88, 150), (6.71, 200),
  (8.94, 250), (11.5, 300), (14.4, 350), (18.07, 400), (24.6, 432)}},
  {{(0, 0), (0.46, 50), (0.92, 100), (1.38, 150), (1.84, 200), (2.30, 250),
  (2.74, 300), (3.22, 350), (3.68, 400), (3.97, 432)}},
  PlotLegends → Placed[{"PP16BN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, անուրով)",
    "LPP16BN (e = 0.16 մ, գծային, անուրով)"}, Below], PlotTheme → "Detailed"
  PlotStyle → {Directive[Green, Dashed], Directive[Thickness, Orange]},
  Frame → True, FrameStyle → Directive[Black],
  FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```

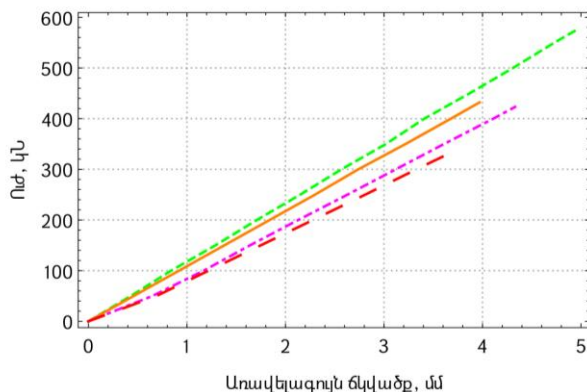



```
ListLinePlot[
  {{{0, 0}, {0.65, 50}, {1.75, 100}, {4.29, 150}, {6.25, 200}, {8.48, 250}, {10.7, 300},
    {13.0, 350}, {15.7, 400}, {18.1, 450}, {21.6, 500}, {25.2, 550}, {31.6, 578}}},
  {{{0, 0}, {0.73, 50}, {1.98, 100}, {4.85, 150}, {7.07, 200}, {9.59, 250}, {12.10, 300},
    {14.7, 350}, {17.8, 400}, {20.5, 450}, {24.4, 500}, {28.5, 550}, {35.7, 578}}},
  {{{0, 0}, {0.88, 50}, {2.03, 100}, {3.88, 150}, {6.71, 200}, {8.94, 250},
    {11.5, 300}, {14.4, 350}, {18.07, 400}, {24.6, 432}}},
  {{{0, 0}, {0.96, 50}, {2.22, 100}, {4.23, 150}, {7.32, 200}, {9.75, 250},
    {12.5, 300}, {15.7, 350}, {19.7, 400}, {27.0, 432}}}},
  PlotLegends → Placed[{"PP0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, անուրով)",
    "PP0A (e = 0.0 մ, փորձ, անուրով)", "PP16BN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, անուրով)",
    "PP16B (e = 0.16 մ, փորձ, անուրով)"}], Below], PlotTheme → "Detailed",
  PlotStyle → {Directive[Green, Dashed], Directive[DotDashed, Magenta],
    Directive[Thick, Blue], Directive[Dotted, Orange]}, Frame → True,
  FrameStyle → Directive[Black], FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```



--- PP0AN (e = 0.0 մ, ոչ գծային, անուրով) -.- PP0A (e = 0.0 մ, փորձ, անուրով)
 — PP16BN (e = 0.16 մ, ոչ գծային, անուրով) .-. PP16B (e = 0.16 մ, փորձ, անուրով)

```
ListLinePlot[
  {{{0, 0}, {0.43, 50}, {0.84, 100}, {1.29, 150}, {1.71, 200}, {2.15, 250}, {2.57, 300},
    {3.02, 350}, {3.41, 400}, {3.87, 450}, {4.31, 500}, {4.73, 550}, {4.98, 578}}},
  {{{0, 0}, {0.46, 50}, {0.92, 100}, {1.38, 150}, {1.84, 200},
    {2.30, 250}, {2.74, 300}, {3.22, 350}, {3.68, 400}, {3.97, 432}}},
  {{{0, 0}, {0.65, 50}, {1.17, 100}, {1.64, 150}, {2.13, 200}, {2.63, 250},
    {3.12, 300}, {3.61, 350}, {4.11, 400}, {4.33, 423}}},
  {{{0, 0}, {0.69, 50},
    {1.22, 100}, {1.75, 150}, {2.28, 200}, {2.81, 250}, {3.33, 300}, {3.66, 331}}} },
  PlotLegends → Placed[{"LPP0AN (e = 0.0 մ, անուրով)", "LPP16BN (e = 0.16 մ, անուրով)",
    "LP0AN (e = 0.0 մ, առանց անուր)", "LP16AN (e = 0.16 մ, առանց անուր)"}], Right],
  PlotTheme → "Detailed", PlotStyle → {Directive[Green, Dashed],
    Directive[Thickness, Orange], Directive[DotDashed, Magenta],
    Directive[{Dashing[Large]}, Red]}, Frame → True,
  FrameStyle → Directive[Black], FrameLabel → {"Առավելագույն ճկվածք, մմ", "Ուժ, կՆ"},
  LabelStyle → {FontFamily → "GHEA Grapalat", 11, Black}]
```



--- LPP0AN (e = 0.0 մ, անուրով)
 — LPP16BN (e = 0.16 մ, անուրով)
 -.- LP0AN (e = 0.0 մ, առանց անուր)
 -.- LP16AN (e = 0.16 մ, առանց անուր)

ՀԱՎԵԼ ՎԱՃ 3

Հաշվարկ պահանգ-ձգան եղանակով (Սալ -2)

Ելակետային տվյալներ;

{մմ; c1 = 150.0; c2 = 150.0; h = 110; d = 90.0; %; ծռման և սեղմման գործակիցներ;
 $\rho = 2.37$; $\rho_1 = 0.33$; Մա; $f_c = 66.0$; $f_y = 490.0$; $E_s = 200000.0$;
 ճաքի անկյուն; $\theta = 35$; հարաբերական դեֆորմացիա; $\epsilon_1 = 0.001$; Էներգիա Ն / մ;
 $G_f = 160.0$; փոփոխման և դիմադրության գործակիցներ; $\lambda = 1.0$; $\phi_c = 1.0$ };

Հաշվարկ պահանգ-ձգան եղանակով

$$E_c = 4500.0 * \sqrt{f_c}$$

36558.2

$$f_{ctm} = 0.63 * \sqrt{f_c}$$

5.11814

$$\rho_e = 2.0 * \frac{\rho}{100.0} * \left(\frac{f_y}{500.0} \right)$$

0.046452

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

5.47073

$$y = 0.67 * \left(\sqrt{(n * \rho_e)} \right) * \sqrt{\frac{35.0}{f_c}} * d$$

22.1363

$$l = \frac{d - y}{\sin[\theta \text{ Degree}]}$$

118.317

$$y_1 = \frac{l * \sin[\theta \text{ Degree}]}{6.0}$$

11.3106

$$K = \text{Round} \left[\frac{4.0 * c_1}{\pi} \right]$$

191

$$f_{spt} = 1.11 * f_{ctm}$$

5.68114

$$T = \left(0.235 * f_{spt} * l * \pi * \left(K + 2.0 * \left(\frac{y + y_1}{\tan[\theta \text{ Degree}]} \right) \right) \right) / 1000.0$$

142.192

$$f_{cu} = \text{If} \left[\frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1} \geq f_c, f_c, \frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1} \right]$$

66.

$$\frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1}$$

68.0412

$$f_{ct} = 0.56 * \sqrt{f_c}$$

4.54946

$$l_{ch} = \text{Round} \left[\frac{E_c * G_f}{f_{ct}^2 * 1000.0} \right]$$

283

$$P_{ult} = 1.845 * \left(\text{Pi} * \left(K + \frac{2 * y}{\text{Tan}[\theta \text{ Degree}]} \right) * \left(\frac{y * \text{Sin}[\theta / 2 \text{ Degree}]}{\text{Sin}[\theta \text{ Degree}]} \right) * \frac{f_{cu}}{1000.0} * \left(\frac{l_{ch}}{h} \right)^{0.33} * \text{Sin}[\theta / 2 \text{ Degree}] \right)$$

463.596

$$b_0 = 2 * (c_1 + c_2 + 2.0 * d)$$

960.

$$0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} * \frac{1300.0}{(1000.0 + d)}$$

318.116

$$0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0}$$

266.728

$$V_u = \text{If} \left[h > 300.0, 0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} * \frac{1300.0}{(1000.0 + d)}, 0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} \right]$$

266.728

$$\rho_{zmin} = 0.37 * \frac{f_{ctm}}{f_y} * \frac{1}{(l_{ch} / h)^{0.33}} * 100.0$$

0.282936

$$A_{zmin} = \frac{\rho_{zmin}}{100.0} * l * \text{Cot}[\theta \text{ Degree}] * 150.0$$

71.7132

Հաշվարկի պահանջ-ձգան եղանակով (Սալ -3)

Ելակետային տվյալներ;

{մմ; $c1 = 150.0$; $c2 = 150.0$; $h = 140.0$; $d = 120.0$; %;
 ծռման և սեղմման գործակիցներ; $\rho = 1.61$; $\rho1 = 0.33$; ՄՊա; $f_c = 74.0$; $f_y = 490.0$;
 $E_s = 200000.0$; ճաքի անկյուն; $\theta = 35$; հարաբերական դեֆորմացիա; $\epsilon1 = 0.001$;
 Էներգիա Ն / մ; $G_f = 160.0$; փոփոխման և դիմադրության գործակիցներ; $\lambda = 1.0$; $\phi_c = 1.0$ };

Հաշվարկ պահանջ-ձգան եղանակով

$$E_c = 4500.0 * \sqrt{f_c}$$

38710.5

$$f_{ctm} = 0.63 * \sqrt{f_c}$$

5.41946

$$\rho_e = 2.0 * \frac{\rho}{100.0} * \left(\frac{f_y}{500.0} \right)$$

0.031556

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

5.16656

$$y = 0.67 * \left(\sqrt{(n * \rho_e)} \right) * \sqrt{\frac{35.0}{f_c}} * d$$

22.3263

$$l = \frac{d - y}{\sin[\theta \text{ Degree}]}$$

170.289

$$y1 = \frac{l * \sin[\theta \text{ Degree}]}{6.0}$$

16.279

$$K = \text{Round} \left[\frac{4.0 * c1}{\pi} \right]$$

191

$$f_{spt} = 1.11 * f_{ctm}$$

6.01561

$$T = \left(0.235 * f_{spt} * l * \pi * \left(K + 2.0 * \left(\frac{y + y1}{\tan[\theta \text{ Degree}]} \right) \right) \right) / 1000.0$$

227.843

$$f_{cu} = \text{If} \left[\frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1} \geq f_c, f_c, \frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1} \right]$$

74.

$$\frac{f_c}{0.8 + 170.0 * \epsilon_1}$$

76.2887

$$f_{ct} = 0.56 * \sqrt{f_c}$$

4.8173

$$l_{ch} = \text{Round} \left[\frac{E_c * G_f}{f_{ct}^2 * 1000.0} \right]$$

267

$$P_{ult} = 1.845 * \left(\pi * \left(K + \frac{2 * y}{\tan[\theta \text{ Degree}]} \right) * \left(\frac{y * \sin[\theta / 2 \text{ Degree}]}{\sin[\theta \text{ Degree}]} \right) * \frac{f_{cu}}{1000.0} * \left(\frac{l_{ch}}{h} \right)^{0.33} * \sin[\theta / 2 \text{ Degree}] \right)$$

475.95

$$b_0 = 2 * (c_1 + c_2 + 2.0 * d)$$

1080.

$$0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} * \frac{1300.0}{(1000.0 + d)}$$

491.733

$$0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0}$$

423.647

$$V_u = \text{If} \left[h > 300.0, 0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} * \frac{1300.0}{(1000.0 + d)}, 0.38 * \lambda * \phi_c * b_0 * d * \frac{\sqrt{f_c}}{1000.0} \right]$$

423.647

$$\rho_{zmin} = 0.37 * \frac{f_{ctm}}{f_y} * \frac{1}{(l_{ch}/h)^{0.33}} * 100.0$$

0.330701

$$A_{zmin} = \frac{\rho_{zmin}}{100.0} * 1 * \cot[\theta \text{ Degree}] * 150.0$$

120.639

ᐃ ᐱᐱᐱᐱ ᐱᐱᐱᐱ

Սահմանային ծռող մոմենտների որոշումը կախված կոտորման գծի
շառավիղից

Ելակետային տվյալներ;
{c1 = c2 = c};

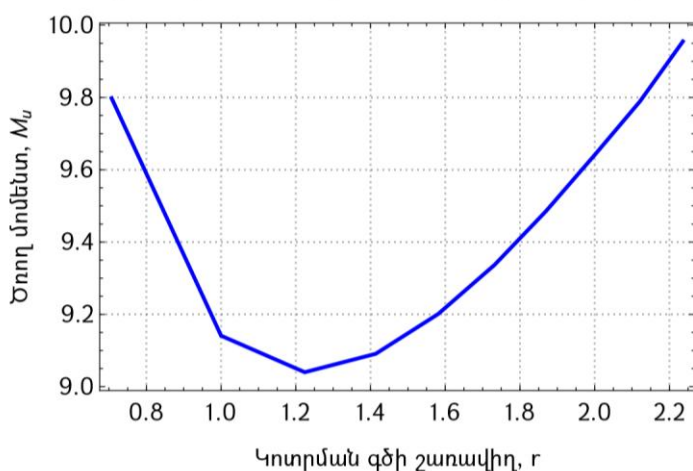
r = Sqrt[5.0] c

44.7214

$$Mu = c1 (Mu1 + Mu2) \left(\pi + \frac{c2}{r} + \frac{2r}{c1} + \frac{2c1}{r} \right) + (Mu1 + Mu2) c2 - \frac{V * c1}{2}$$

199.107 (Mu1 + Mu2) - 10. V

ListLinePlot[
{{0.707, 9.798}, {1.0, 9.141}, {1.224, 9.040}, {1.414, 9.091}, {1.581, 9.201},
{1.732, 9.337}, {1.870, 9.486}, {2.0, 9.641}, {2.121, 9.789}, {2.236, 9.955}},
PlotTheme -> "Detailed", PlotStyle -> {Directive[Blue, Thick]},
Frame -> True, FrameStyle -> Directive[Black],
FrameLabel -> {"Կոտորման գծի շառավիղ, r", "Ծռող մոմենտ, Mu"},
LabelStyle -> {FontFamily -> "GHEA Grapalat", 12, Black}]



Սահմանային ծռող մոմենտների որոշումը կախված կոտորման գծի
շառավիղից

Ելակետային տվյալներ;
{c1 = c2 = c, φ = 89};

Mu =

$$N \left[(Mu1 + Mu2) \left[2 * c1 * \left(\pi - \frac{\varphi * \pi}{180} \right) + c2 * (1 + 2 * \cos[\varphi * \pi / 180]) + c1 * \tan[\varphi * \pi / 180] \right] \right]$$

(Mu1 + Mu2) [1230.03]

```
ListLinePlot[{{{5.0, 9.188}, {10.0, 9.080}, {15.0, 8.959},
  {20.0, 8.828}, {25.0, 8.689}, {30.0, 8.545}, {35.0, 8.399},
  {40.0, 8.258}, {45.0, 8.126}, {50.0, 8.015}, {55.0, 7.938}, {60.0, 7.920},
  {65.0, 8.004}, {70.0, 8.271}, {75.0, 8.914}, {80.0, 10.509}}},
PlotTheme -> "Detailed", PlotStyle -> {Directive[Blue, Thick]},
Frame -> True, FrameStyle -> Directive[Black],
FrameLabel -> {"Սեկտորի անկյուն,  $\varphi$ ", "Ծոռղ մոմենտ,  $M_u$ "},
LabelStyle -> {FontFamily -> "GHEA Grapalat", 12, Black}]
```

