

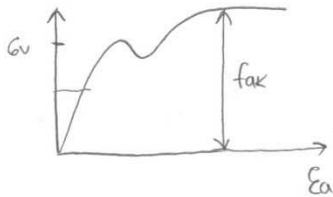
18. фебруар 2010.

ЛИТЕРАТУРА: ПРЕДНАПРЕГНУТИ БЕТОН 80 %

СКРИПТА: СТАТИЧКИ НЕОДРЕЖЕНИ ПРЕДНАПРЕГНУТИ НОСАЧИ

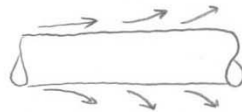
Основни недостатак АБ к-ја за експлоатационо оптерећење је то што се јављају радне прслине у бетону

Реални дијаграми



да би смо рационално искористили

Постоје силе адхезије и трења између околног бетона и шипке арматуре



Арматура преко тих сила преузима силе затезања са бетона

Та веза адхезије негде на 1,5-2% дилатације већ се нарушава и разара бетон не може да испрати дилатације тешка

Не можемо да прекорачимо  $\sigma_v$

Наруши се веза адхезије  $\rightarrow$  долази до лома немамо више силе адхезије

Конвенционални лом  $\rightarrow$  угини велики, прслине  $\rightarrow$  неупотребљив елемент, фаза лома или гранична носивост.

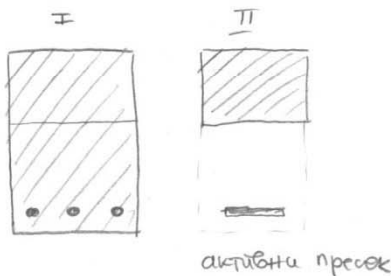
Да бисмо рационално искористили носивост тешка напони достигну око  $\frac{1}{2} \sigma_v$

При тим дилатацијама бетон то не може да испрати

Прслине 2-3 mm величине

Неповољне јер;

1. Смањују крутост елемента: Смањују се геометријске карактеристике = повећање деформације



2. Без обзира што су оне мале кроз њих лакше продиру агенси корозије средине смањују трајност наших елемената конструкције

1848 - Ла Гиф патентирао онај замаз са мрежом

Норел Мације → сакаје

Потетном 20. века увелико била развијена теорија АБ

Људи размишљали како да елиминирају неопотребни ефекат прслина

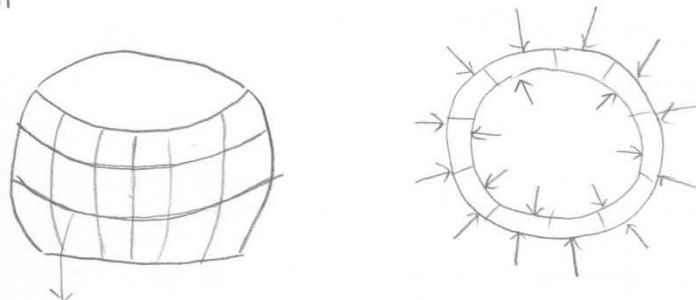
Покушаји да се изврши елиминација прслина

Неки руски инжењер Михајло загревао шипке арматуре до  $300^{\circ}\text{C}$   
(преко  $300^{\circ}\text{C}$  нагло опадају карактеристике бетона)

Тако загрејања арматура се избетонира. код бетон отворне пресекте се загревање и шипке се хладе и уводе силе притиска.

Ефекти тегла и скупљања потиштавали су ефекте преднапрезања

Буре

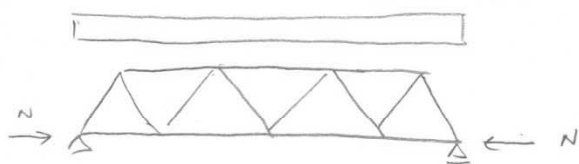


бетонни објект који се претходно загреје па кад се охлади тегну да се скупти и зрнати буре на окупну

Када дође тегност она уноси напоне затезања у спојнице али се потиштавају овим загревањем,

Треба унети те напоне притиска на неки начин

РЕШЕТКА



$$\begin{array}{c} G_2 \\ \ominus \\ (Q) \end{array} + \begin{array}{c} G_2 \\ \oplus \\ (N) \end{array} = \begin{array}{c} G=0 \\ | \\ (Q+N) \end{array}$$

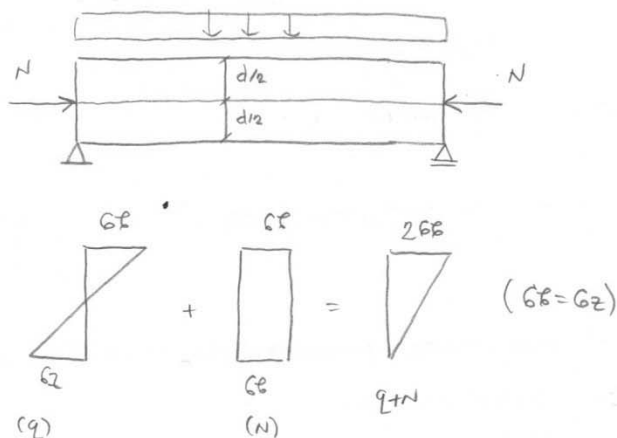
Напон варира од 0 до притиска и нема напона затезања, нема прслена и бетон добро подноси напоне притиска.

Први покушаји безуспешни

Питање:

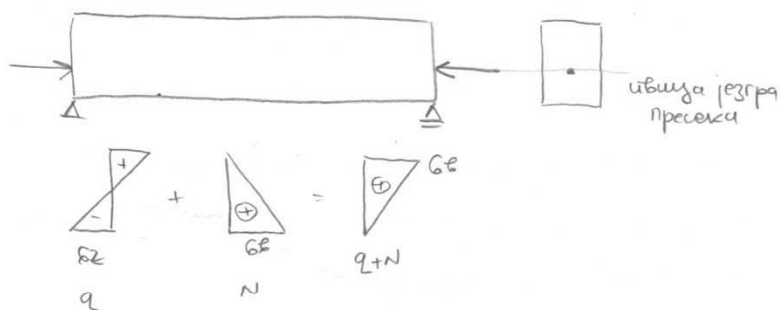
1. како унети силу притиска споља
2. како да одржимо силу на потребном нивоу. Услед течења и стурљања долази до пада тог ефекта притиска

Слично



Још увек је ту напон притиска само нема затезања. Једини проблем је што се напон притиска удвострукује,

То решавали смо тако што силу померали на ивицу језгра пресека



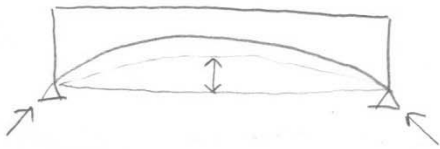
Овако имамо  $\sigma_N$  и даље

Питање како практично унети силу претнапрезања, Покушаји безуспешни

За уношење силе притиска потребно је користити висококвалитетни бетон  $\rightarrow$  неколико пута веће карактеристике него обичан бетон за армирање

Фресинте (слика)

Проектовао мост преко Сене у Паризу



Био врло плитак мук. Обале ниске, па та и-ја није смела бити много висока да би могло да се приђе мосту.

Велики потисци. Биле велике силе притиска долази до смањеног стрела и претило је да дође до пробоја и да мук постане проба према.

Равео мост на пола, убацио хидрауличке пресе и помотиу силе притиска вратио мост у првобитан положај.

Па је он први патентирао принцип уношења силе преднапрезања.

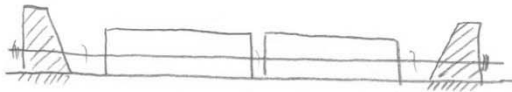
Немачки истраживач 1937, патентирао атхезионо преднапрезање.

Преднапрезање на стази

Платформа на коју се постављају колути. На крају платформе масивни анкерни блокови.

Он је користио жице за клавир.

Када се жице затегну избетонирају се елементи. Када бетон отворе крајевни каблови се исцајају.



Силе атхезије не дозвољавају да се жица врати у претходно стање и тако се уноси сила преднапрезања.

Фресинте ишао другом логиком.

У оплоти остављао цеви.

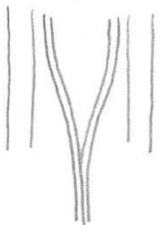
Елемент се избетонира, када бетон отворе провучу се каблови за преднапрезање једна жица или снопови жица (1 кабл).

На крају се поставља котва Т, преса која хвата жице каблова.

Преса се ослања на бетонски елемент. Саг треба фиксирати Т. Везати тако да када се преса опусти да се жице не врате.

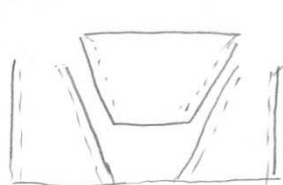
Тело котве има конусну рупу и конусни клин.

Сноп жица бири изван елемента на довољној дужини да се провуче преса.



Вело пресе брзи притисак на кам елемент  
код пустило пресу нише не смеју да се врате

- код фресинеа котва била од бетона



намотано клавијарска ниша

конусни клин

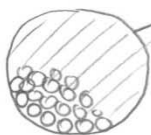
код преса довољно затегне кабл клин се утискује

укљештио нише и оне више не могу да се врате

1941. фресинеов патент

Сви системи се заснивају на принципу клина

Клин се премлаже слојем карбонудума и унутрашњост цеве да би се покрило веће пресе  
Костице се шупљата и у цеву испуни инјекцијом масом



Заштитна цев

да би се цев заштитила од корозије

2 типа ПН елемената

- Кобљови се затегну на стази, уноси се сила преко атхезије - код типизираних елемената мањих распона
- Накнадно претходно напрезање са цевком - код осталих, нарочито код мостова и за елементе већег распона

Костице су патентирани разлжити системи

Опрема за преднапрезање

Нагин уношења силе

- код нас

"ИМС" - Институт за испитивање материјала Србије

53, 54. тај систем је био у употреби

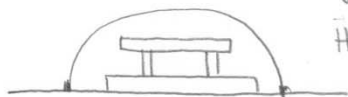
Када бетонски елемент достигне не мање од 70% од МВ или уносимо силу  
Преднапрезања. Недељу дана Треба да стоји стаза (или више) што је много

Користе се поступци убрзаног отврштавања

Запаривање убрзава процес отврштавања

Хауба од мима на топовима

На стази има прикључке за пару



шине на стази

Помоћу загревање паре елемент добија повећану температуру и влажност.

до  $70^{\circ}\text{C}$ , влажност између 95-100%.

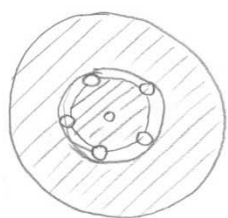
бетон јаче брзо достиже своју пројектовану чврстоћу + му јаче поману хемијаш деградаци  
монте и зими, у халама у свим условима

код бетон отворене исцедомо каблове. Тај циклус траје 1 дан (у 3 смене)

- други начин  $\rightarrow$  одговарајућа опрема за напредно преднапрезање

Сви су мање више засновани на принципу клина и котве

Главни недостатак: Морала је да буде изузетно прецизна израда тако да клин приљуби нише у з тело котве



Све нише морају бити = притиснуте клином

Дуж чеви постоје распоређивачи који држе нише на месту  
отилонетни недостаци

дешавало се да ниша побегне

За веће каблове и котве постоје веће

2 типа:

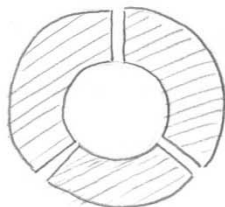
- спољашње

- унутрашње котве - један део је унутра

у 1 унаодима средња ниша је права

12,5 mm = 0,5 цола

Свако уште има свој троделни клин



притисају се сви 3 дела док добровоља не притисну уште

Своп унаоди шти 1 кабл

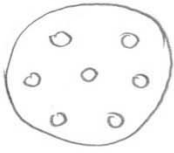
уште шти неколико ниша

"BBRV" - по инхибицији 4 швајцарска инжињера. Савремени нови систем  
уношења, није постоји клин

У поступку обраде велики пролазе кроз поступак temperирања и каљења  
Каљење велики  $\rightarrow$  онда који не сме да се загрева преко  $200-300^{\circ}\text{C}$

Спада у крпе темперирање није погодан за обраду на хладном

Кроз то се повуку нице, формирају се главнице и онда ница не  
може да се извуке из главнице



Споља има набој

Нема клин већ издвојене главнице и темперирање

Још да заштитимо кабл од корозије специјалним емулзијама.

ИМС  $\rightarrow$  кроз клин постојала рупа кроз коју су се убацителе емулзије

Емулзија на бази цементног млека

25. ФЕБРУАР 2010.

2. наша претходног напрезања

1. но стази  $\rightarrow$  исецају се крајевима

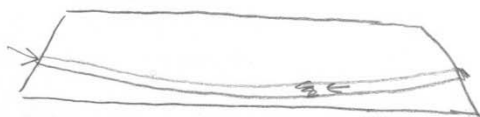
2. Накнадно претходно напрезање  $\rightarrow$  специјална заштитна цев у коју каблови се накнадно убацивају у претходно избетониране елементе

Каблови могу да буду у заштитним цевима увучени пре бетонирања или накнадно. Који ће се систем примењивати зависи од извођача. Овај систем Накнадног ублачења може бити компликован

Спојеви цеви морају да се обезбеде да би каблови могли лако да се увуку.

Сила ПН се постигне јер ми повластимо кабл га издужујемо

Ако процури цементно млеко и блацира кабл, он веома прилине. Због тога се често каблови затичу с оба краја



2. Типа штов:

- ПАСИВНЕ (мртве)

- АКТИВНЕ (живе)

Активне су оне код којих се поставља преса и са којег краја се врши затезање кабла

Пасивне  $\rightarrow$  оне на другом крају или затезање само с једног краја

Или у облику петљи  $\rightarrow$  растетлавање и постављање плоче

У сваком систему различити типови штов

Каблове морамо да заштитимо од корозије, врши се инјектирање каблова интрузивним масама

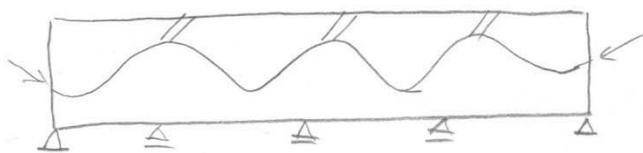
Портланд цемент финијер млива меша се са водом и инјектирање се врши под притиском.

Претходно мора да се изврши испирање кабла врхом водом под притиском

Последна пажња мора бити посвећена инјектирању јер је проблем корозије каблова велики.



Нарешто смо имамо велики број прелома каблова нпр код континуалних носача



Инјектирање се врши са једног краја  
негде задржава и ствара се ваздушни зеп  
па се на местима где може доћи до  
формирања тепа стварају отворне цевчице  
кроз које емулзија пролази

Па код се појави емулзија та цевчица се блокира и идемо даље

Кадл не сме југо да стоји незаштитен

Каблови се пре уношења у цевчице штите спрејевима. Штите се од те кондензоване воде,  
Каблови се поклапају непосредно пре уношења емулзије

## 2 типа заштитних емулзија

1. Цементне емулзије, обезбеђују врату везу каблова и околност бетона
2. На бази масти, битумена имају само улогу заштите од корозије. Нема врат везе отхезије

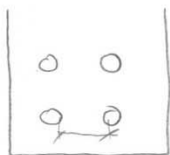
Разлика и у потапању таквих елемената и у самом прорачуну.

Код другог типа могућа је накладка узмена каблова

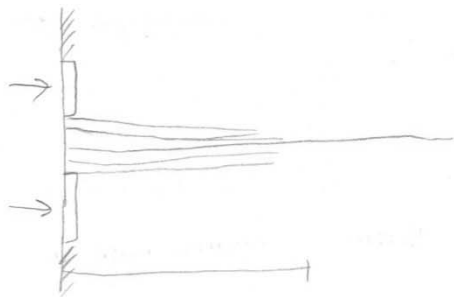
Код првог са цементном емулзијом то није могуће једном код је уграђен  
Кадл не може више да се мења,

На телу носача налазе се котве.

Постоје правила и прописи који одређују минималне заштитне слојеве бетона и  
минималне размаке каблова у смислу уградљивости бетона



На телу носача анкерне плочице које су убетониране у бетон



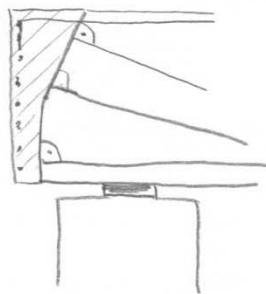
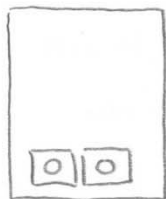
Сам кабл састоји се из више унади, они се распилују и антеријесе свако од појединачних унади

Имамо конусну линију цев уместо заштитне цеви и после се наставља класична цев. Унаде се велике концентрисане силе на плошће, јављају се силе цехања, па се убациује 1 спирала од обичне арматуре на немој дужини.

На немој дужини (0,5 м или више) кабл мора бити праволинијски и да на тело површине улази под правим углом.

Ако би улазио под косим углом долазило би до пробијања кабла и до његовог прекида. Тело носата се специјално обрађује пре свега да се распоред каблова на телу распореди тако да омогући постављање плошће.

Плошће можемо поставити непосредно једну до друге, то је најбоље могуће, јер преклапање није дозвољено.

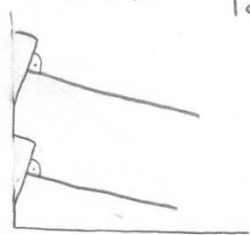


Обезбедим смо да каблови иду под правим углом. Ослоњац мора бити на удаљењу од ивице због сила цехања.

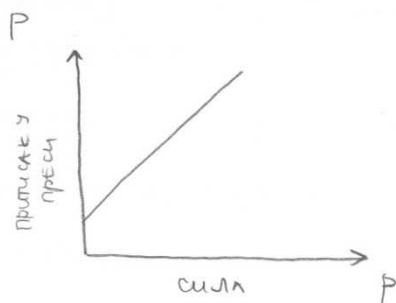
Постоје прописи које дају произвођачи тих патентираних система.

Најчешће се оставља обична арматура из носата и накладно избетонирамо овај део до правилног облика.

или се остављају нише. Усеца се тело носата да би каблови улазили под правим углом. Опет произвођачи дају димензије ниша тако да би могла да се постави преса (у случају окривне потпе).



Применом уношења силе ПН води се записник, постоје посебни формулари. У тај записник уносе се подаци о времену, опреми, експли која је радила. Мери се величина притисака на пресима јер су све пресе стандардне диметричне.



Свака преса има свој пасош.

Поред тога на калену пресе је издати гарантни лист тако да можемо да водимо колико је издржаност постигнута. Битно да прорачунамо силу ПН коју смо унели.

Материјал  $\rightarrow$  Сам бетон мора да прими велике напоне притиска по чему свака пазња посвећује квалитету бетона

Наши прописи прописују мин МВЗ

За остале карактеристике не постоје неки посебни захтеви, сем у специјалним случајевима као и код обичног бетона.

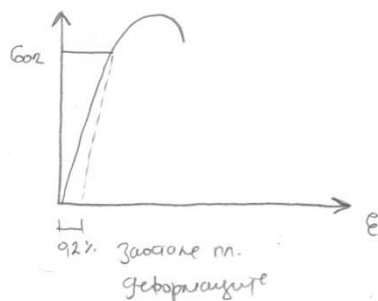
Брзина прираштаја чврстоће нам је битна јер нам је битно да силу ПН унесемо што пре да бисмо могли даље да градимо.

Сила ПН даје одређене силе притиска у елементу, по се мора постићи одговарајућа чврстоћа. Највећег не би смела да буде мања од 70 % МВ

За ПН каблове користе се челични вези чврстоће

Уводи се техничка граница развлачења и техничка граница еластичности Напон  $\sigma_{01}$

$\sigma_{02}$  - техничка граница пластичних издужења



$\sigma_{01}$  - нешто нижа

Тај челик за ПН производи се у облику жица

$\phi$  2,5 - 12 mm

У облику УНАД и - 7 уплетених жица

- УНАД

- шипке - круте шипке за преднапрезање

Сви ти производи могу да се добију у жељезарама и користе се различити поступци производње

Пропуштање кроз одговарајуће калибрисане ваљке

или кроз разне друге поступке: Темперирање, специјални облици каљења (челик се греје па хлади), поступак опуштања

На крају се пакују у когуре или специјалне добоше

Патентирање

Извлатење

Работње и опуштање

Опуштањем се смањује величина релаксације велика, задржавање постигнутог издужења

Велик при овако високим напрезањима показује особину релаксације или течења (2 обрнута процеса)

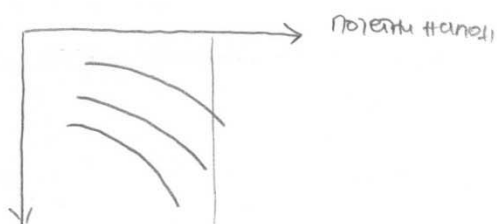
Постепено долази до пада силе опуштања и повећања дилатације

Код каблова је то вантно (опуштање)

јер при свим дужини имамо пад напона, па нам се смањује сила ТН

Величина релаксације највише зависи од почетне силе (напрезања)

Опуштањем каблова смањује се величина релаксације. У зависности од тога постоје 3 типа велика - класе 1, 2, 3



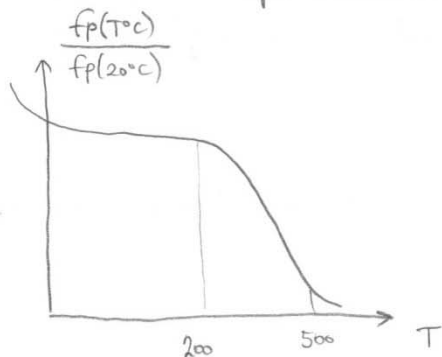
Особина напонске корозије. Јавља се при високим напрезањима

Ако је негде напетост кабл  $\rightarrow$  концентрација напона изазива убрзану хемијску корозију. Ту појаву зовемо напонска корозија. О тој водимо посебно рачуна. Разиимо да не дође до оштећења.

Обични телици немају изражену напонску корозију

Поступак каљења  $\rightarrow$  такви телици не могу да се заварују јер се заваривањем постигне загревање до  $1000^\circ\text{C}$ , а он се такав телик загреје преко  $400^\circ\text{C}$  па охлади на собној температури и гди своје механичке карактеристике.

Понашање велика при високим  $t^\circ$



Преко  $200^\circ\text{C}$  -  $300^\circ\text{C}$  нагло падају механичке карактеристике.

Вантно због пожара  $\rightarrow$  телици губе своје карактеристике и зато морају бити заштитени одговарајућим одлогама да не би дошло до опуштања при пожарима.

Приликом уношења силе  $P_H$  мора да се омогући одговарајућа деформација. Само омогућавањем издужења омогућујемо уношење силе. При уношењу силе јављају се разнородни отпори који ометају постизање издужења. Сила дуж трасе кабле није конст. Она опада ка унутрашњости елемента.

Тај пад силе зовемо губицима силе  $P_H$ .

Ако бисмо посматрали силу у каблу од краја (анкерне котве) она би изгледала

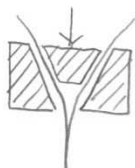


пад силе = губицима силе  $P_H$

Губици настају услед:

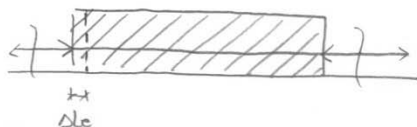
1. ТРЕЊА - Каблови се смештају у релативно узане цеви. Кабл се креће кроз цев и настаје трење између зигова цеви и кабла.

2. ПРИ АНКЕРОВАЊУ.



Клин се утискује. При склањању пресе сила  $P_H$  прелази на котву. Клин се још више утискује, клин се намешта, долази до малог поבלатења ница и смањује се постигнуто издужење на пресу. Свако смањење издужења смањује силу.

3. Ако посматрамо елемент на стази. Затегли смо уне, избетонирали елемент. Уне тежи да се врати.



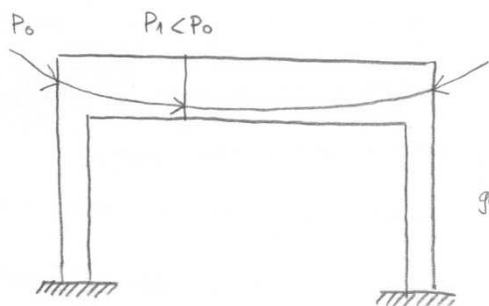
$\Delta l_e$  - еластично

Скратењем бетонског елемента скратује се и кабл и смањује се сила.

4. СКУПЉАЊЕ И ТЕЧЕЊЕ БЕТОНА

5. При високим напрезањима изразене особине РЕЛАКСАЦИЈЕ. Смањују постигнуто издужење.

7. ОСТАЛИ ФАКТОРИ - у фази уношења силе или касније током времена



Један део силе ПН одлази на саблађивање  
потребне деформације стубова

Троши 1 део силе

Ако су апсолутно крсти стубови  $\rightarrow$  сила ПН не би  
стигла до ригле него би отишла на стубове

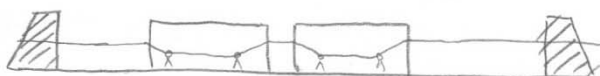
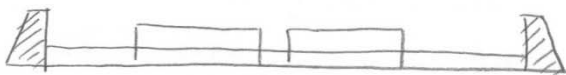
## ГУБИЦИ УСЛЕД ТРЕЊА

Приликом затезања пресом кабл се издвучује, то значи да се крети кроз цеб.  
Приликом тог кретања он тежи да се исправи. У томе га спречава цеб 7.  
бетонски елемент.



Силе трења самог кабла увек супротне кретању па  
смањују силу.

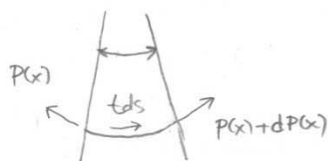
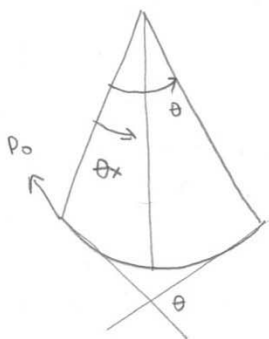
Губитак услед трења се не појављује из елемената преднапрегнутих на крају  
каблови правоугаони и  
полигонални



ролнице преко којих се повијају каблови



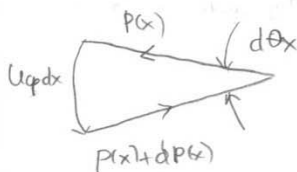
силе трења смањују силу преднапрезања



$t ds \rightarrow$  сила тяжёла

$$t = \mu \cdot \mu_{cp}$$

$\mu_{cp} \rightarrow$  скрестна сила услед кривизне самого элемента



$$\mu_{cp} ds = p(x) d\theta(x)$$

равнотенна хоризонталних сила

$$\sum H = 0$$

$$p(x) + dp(x) - t ds - p(x) = 0$$

$$\frac{dp(x)}{d\theta(x)} + \mu p(x) = 0$$

$$y' + A \cdot y = 0$$

$$y = C \cdot e^{-A \cdot x}$$

$$p(x) = C \cdot e^{-\mu \theta(x)}$$

$\theta$  - угол изгиба (скрестный угол)

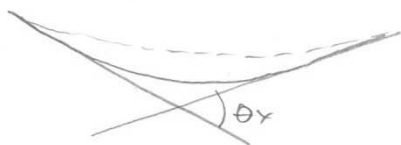
$C$  - из граничных (контурных) условия

$$x = 0 \Rightarrow p(x) = p_0$$

$$p(x) = p_0 \cdot e^{-\mu \theta(x)}$$

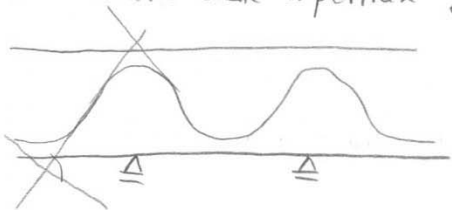
$$\Delta p(x) = p_0 - p(x) = p_0 (1 - e^{-\mu \theta(x)})$$

Величина гудитак не зависи от полупреломления кривизне него само от величине скрестного угла



Нана безе како кабан стоји

Можемо имати више скретних углова. Збир скретних углова дитан за губитак сине  $\pi$

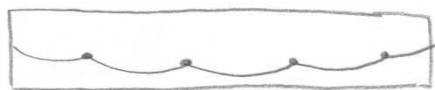


$$\Delta P_i = P_0 (1 - e^{-\mu \sum \theta_i})$$

Губитак услед Трета за праболитијски елемент је  $= 0$ , али испитивања су показала да ипак има неких губитака услед Трета

Да би кабл задржао своју трагу морамо да га убрзимо распоређивањем кабла између њих ипак има неки угао

Па и прав кабл има те мале таласе (валове) и ту се формирају одређени скретни углови. Услед тога се јављају губици услед Трета и те губитке називамо ГУБИЦИМА УСЛЕД ВАЛОВИТОСТИ



На укупни скретни угао додајемо још неку фиктивну величину због  $\pi$  валовитости

Произвођачи каблова дају  $\mu$  и коефицијент валовитости  $k$

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_0 [1 - e^{-\mu(\sum \theta_i + kx)}]$$

$k$  - случајно угаоно одступање (валовитост) по јединици дужине самог кабла

$$k = 0,06 \text{ кмс}$$

$$e^{-\mu \theta}$$

Наши каблови су криволинијски због момената услед спољашњег оптерећења

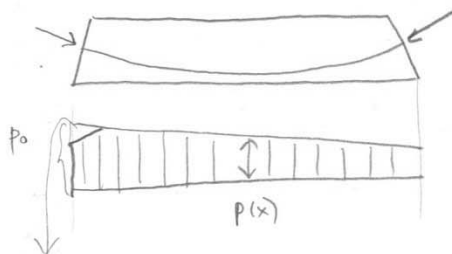
Али је спољашње оптерећење = подељено моменат је квадратна парабола па тако и конструишемо трагу каблова

Угао скретања је први извод

Промена тангенте други извод и она је const  $\phi_1$

губитак услед Трета је const дужин траге каблова





параболическа форма за параболически кабл

губитак услед  
ублатења клина

Када извршимо ујакотљење  $\rightarrow$  ублатење клина, долази до губитка силе услед подиздуختهња кабла

ублатење клина 0,5-1,0 mm (садржано у тим карактеристикама каблова)

Приликом ублатења клина кабл се црта у другом правцу

Итеративни поступак јер не знамо силу  $P_H$

### ГУБИТАК УСЛЕД ЕЛАСТИЧНОГ СКРАЋЕЊА

Скратије се бетонски елемент па и каблови

Рачунамо преко он колики је губитак силе у каблу

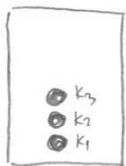
Спопентујемо поступак кад имамо фиксногдно прегнапрезање

Ако бисмо имали само 1 кабл не бисмо имали губитке



Приликом ублатења пресе скратије се елемент

2 или више каблова



При затезању кабла  $k_1$  пресе се ослања на бетонски елемент и нема губитака

Сода  $P_{k2}$  услед силе  $P_{k1}$   $\Delta P_e = 0$

Услед силе  $P_{k2}$  елемент се скратије изазвано и скраћење кабла  $k_1$  и у њему ће се десити губитак силе,

Трети кабл  $P_{k3}$  у њему нема никаквог губитка, али се смањују силе у  $k_1$  и  $k_2$

$$P_{k3} \rightarrow \Delta P_{k1,e}^{P_{k3}}, \Delta P_{k2,e}^{P_{k3}}$$

кад испишемо те вредности то је једна дијагонална матрица

Када се збогу све те губици

$$\Delta P_{el} = P_0 \cdot \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{n} \right) \frac{\epsilon_{pk} - A_p}{L_p} \int_0^L \epsilon_{cp}^1 dx$$

$$\text{кад } n \rightarrow \infty \quad \Delta P_{el} = \frac{P_0}{2}$$



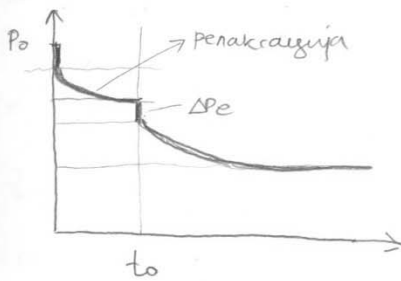
Ако све каблове затварамо одједном губитак је 0

Скратење се одигра пре него што смо заштитили кабл

11. март 2010.

Губици силе ПН

Приказ губитака



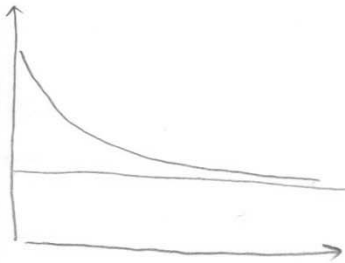
$P_0$  - почетна сила ПН на преси

до  $t_0$  одигра се овај губитак услед укљивавања

- услед трења  $\rightarrow$  код раболомљивог кабла не постоји

$t_0$  - период до момента исцепања, претопштења силе на сам елемент док год је на стази тежа силе ПН у самим елементима, тек кад исцетемо каблове коштице. Временим губици имају сличан ток као течење и скупљање бетона и у немој периоду ( $\infty$ ) имамо трајну силу.

код напредно преднапрећеног елемента имамо почетне губитке - услед ублажавања каблова  
- услед трења  
- еластично скраћење



то су почетни - овај губитак услед еластичног скраћења имамо ако каблове утешемо 1 по 1

коштице у експлоатацији имамо временске губитке.

услед течења и скупљања бетона и релаксације тешки

## УТИЦАЈ КАБЛОВА ЗА ПН НА АБ ЕЛЕМЕНТЕ

Разликујемо 2 случаја:

1. Статички одређене носаче
2. Статички неодређене носаче

Како уносимо силу ПН?

Оставим смо цев, након постизања довољне тврстине каблови се хватају пресом

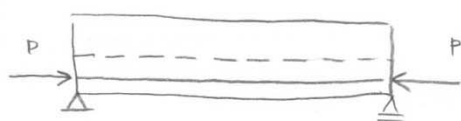
Активна мотва: Преса има своје хватаљке, тврсто хвата каблове или ужад.

Преса хвата ужад и клип повлачи, тело пресе се ослања на бетонски елемент.

Клип повлачи ужад, пасивна мотва не да да се ужад извуке и при тим утицајима елемент може да се деформише

Као сав деформација елемента под дејством силе каблова за ПН је слободна (иначе може бити и спречена)

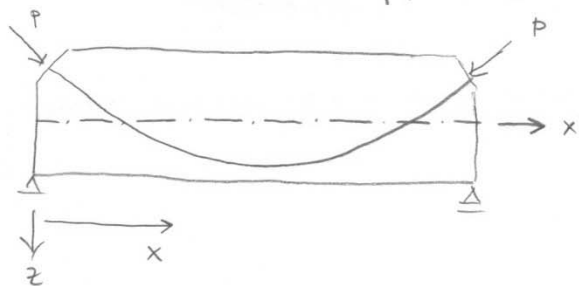
Ослоници не спречавају деформацију



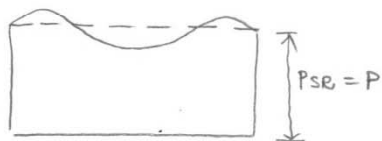
$P$  - сила ПН

Према томе услед дејства  $P$  ослоници не спречавају слободну деформацију

Систем сила за ПН је равнотензни систем, он је у равнотензи. Као да сав унесемо равнотензни систем, нема  $P \cdot \Delta$



На једном и другом крају смо ставили једнаку силу. То је као нека ПН или у ствари тежимо да изједначимо ту силу. То је што затежемо с оба краја каблове или један с једне стране друге са друге стране



Па силу апроксимирамо саист вредношћу.

У том разматрању не уводимо ту промену силе услед губитака па убајамо саист силу

- Систем је у равнотензи. Пре него што кренемо са разматрањем утицаја, договоримо се шта су позитивне величине.

У АВ к-јама убади смо природну конвенцију. У кој сила притиска у бетону је позитивна и позитивна је и сила затеза у арматури (тежињу)

Силе притиска у бетону су нама позитивне

Уопште:

Позитиван смер спољашњег оптерећења је правцу гравитације. Позитиван момент је онај који затане дође блиско  $\pi$  момент од гравитације.

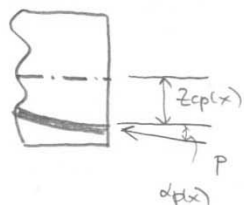
$z_{cp}$  - ексцентрицитет каблова

Ознаке се прилагођавају енглеској номенклатури која је уобичајена у ЕС

ср - concrete prestress

+ позитиван је ексцентрицитет у смеру  $z$  осе

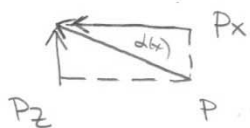
Ако сад погледамо неки пресек на удаљењу  $x$



Угao нагиба у односу на  $x$  осу  $\alpha$

Угao нагиба тангенте у посматрањој тачки пресе каблова према тензионој оси

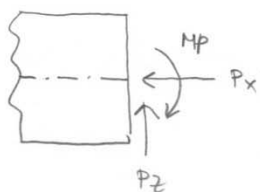
Прво ћемо силу  $P$  разложимо на компоненте



$$P_x = P \cos \alpha(x) \quad + \quad M_p = -P(x) \cdot z_{cp} \quad \text{јер смо те силе морали да преместимо у тензионе}$$

$$P_z = P \sin \alpha(x)$$

То су компоненте које делују



$$N_p = P_x = P \cos \alpha_p(x) \approx P$$

$$V_p = P_z = P \sin \alpha_p(x) \approx P \cdot \alpha_p(x)$$

$$M_p = -P_x \cdot z_{cp}(x) \approx -P \cdot z_{cp}(x)$$

Углови нагиба тангенте су релативно мали

$$h \approx \frac{L}{20} \quad \frac{h}{2l} \approx \frac{L}{40}$$

Нагиб 1:100  $\rightarrow$  веома мали угao, углови нагиба према тензионој оси

$$\cos \alpha_p(x) \approx 1 \quad \Rightarrow \quad \text{Пречисте силе} \quad N = P$$

$$\sin \alpha_p(x) \approx \alpha_p \quad \Rightarrow \quad \text{Угao сонт} \quad T = P \cdot \alpha$$

$$M = -P \cdot z$$

$N$  је конст дуж Трасе

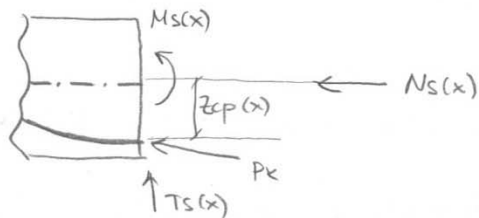
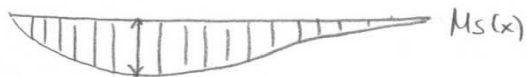
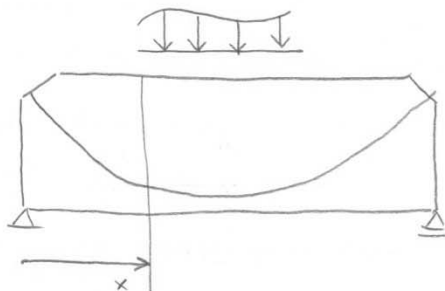
$M$  има облик Трасе каблова

Сила  $PH$  изазива супротне утицаје у односу на спољашње

Трансверзална сила има облик погуби тангенте

код  $СОН$  не треба да рачунамо статичке утицаје одакле их знамо

Поред силе  $PH$  имамо ту још неку спољашње оптерећење



$N(x) =$  има утицај и од спољ дејства

$$N(x) = N_s(x) + P_k$$

$$M(x) = M_s(x) - P_k \cdot z_{cp}(x)$$

$$T(x) = T_s(x) + P_k \sin \alpha(x)$$

$$e_c(x) = -\frac{M(x)}{N(x)} = \frac{-M_s(x) + P_k \cdot z_{cp}(x)}{P_k} = z_{cp}(x) - \frac{M_s(x)}{P_k}$$

$$\text{за } N_s(x) = 0$$

Услед спољашњег момента сабицања у пресеку делује нормална сила

" $C$ " - сила притиска

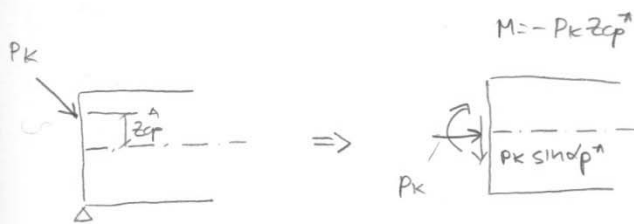
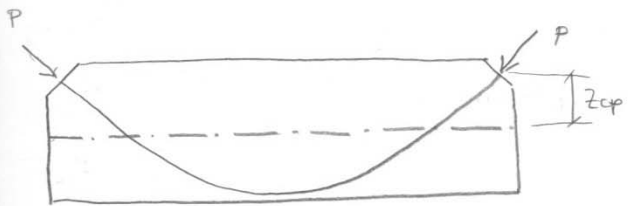
Нормална сила услед дејства  $PH$  и спољашњег дејства у правцу осе штапа зове се сила притиска у пресеку, а њена нападна тачка је у  $E_c$ .

Линија која спаја нападне тачке силе притиска зовемо линија притиска или " $C$ " линија, разликује се од Трасе каблова јер има момент од спољашњег дејства

У случају  $СОН$  ако посматрамо само силу  $PH$  линија притиска се поклапа са Трасом каблова.

Можемо да видимо како каблови делују на који бетонски елемент

Погледајмо прво шта је на крајевима



На крају имамо услед дејства каблова  $N$  силу у правцу осе штапа, попречну компоненту и концентрисани момент, међа имамо само ако постоји ексцентрицитет

На другом крају иста ситуација, само са другим карактеристикама; нагиб и ексцентр.

Оптерећење којем кабл делује на бетонски елемент зовемо:

ЕКВИВАЛЕНТНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ КАБЛОВА

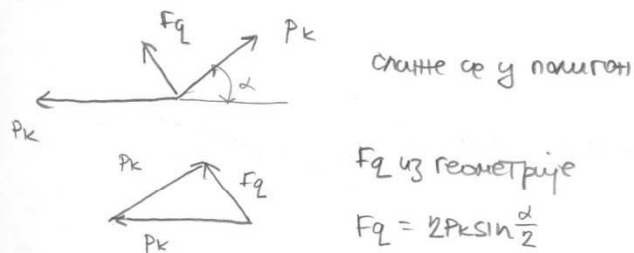
— Други трапе ато имамо закривљен кабл, он тешко да се исправити, али не може јер се налази у оној чеви која је закривљена.

Он делује неким расподељеним оптерећењем на бетонски елемент

оштар прелом трапе (у стварности кабл има своју кривину), минималан полупречник површине је прописан

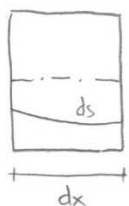
Теоријски имамо оштар прелом

акретна сила у правцу симетрале угла



У ситуацију закривљене трапе каблова код кабла иде по њеној линији ( $\phi$  је)

$f(x) = z_{cp}(x) \Rightarrow \phi$  је којом је дефинисана трапа каблова

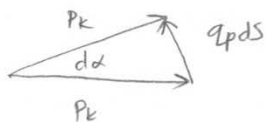


$ds \approx dx$

Променљива  $\phi$  и Нагиба тангенте

$d\alpha$  - угао тангенти

$Q_p$  - Његова резултанта  $Q_p ds$ , она је резултанта деловања две  $Q$  силе  
опет стављено у полигон



Из равнотеже сила видимо да је

$$Q_p ds = P_k d\alpha$$

$$Q_p = \frac{P_k}{\frac{ds}{d\alpha}} = \frac{P_k}{r}, \quad ds = r d\alpha \Rightarrow \frac{ds}{d\alpha} = r$$

Интензитет расподелењег оптерећења = производу силе и кривине тог  
кабла у посматраној тачки

Ео се састоји из концентрисаних сила на ивицама или постоји ексцентрицитет  
каблова на кривинама, а гужн трасе каблова из концентрисаних сила услед оштрих  
прелома трасе односно расподелењег оптерећења гужн закривљене трасе каблова.

Ово Ео је увек убрњено, зато кад сат не даје  $r$  је

код сат изазива  $r$  је јер код тих не може слободно да се одвија деформација и  
 $r$  је претлажу

Разни случајеви

1. Траса кабла облика кружнице

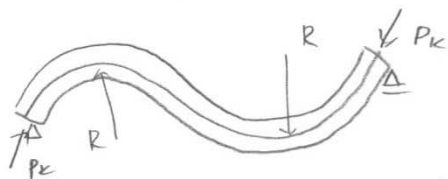
Ео у правцу центра

код друге кривине је  $\cos \alpha$  и то оптерећење је  $\cos \alpha$  усмерено у правцу  
центра кривине

2. Парабола. Кривина је други извод и она је  $\cos \alpha$

Центар кривине је јаво доле на апсциси да је  $\sin$ . Управо то на оцу

код је носач закривљен, а кабл прав, немамо  $\cos$ , али много мање





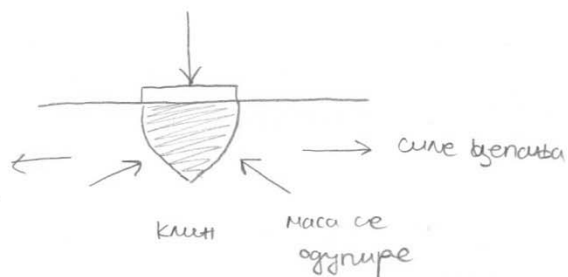
25. март 2020.

Каблом називамо оно што се налази у једној заштитној цеви

Анкерна позица преко које се преноси велика концентрисана сила

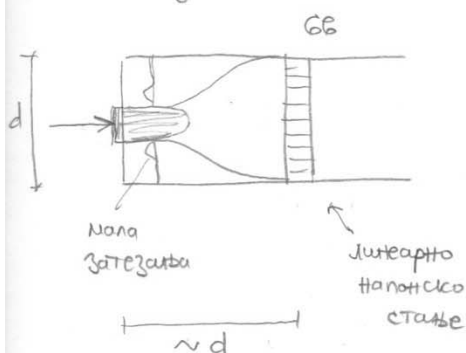
Теоријска концентрисана сила и не постоји у реалности

Испод позице владају високи напони притиска, дозбојем јер је ретко локалним напонима



Овај клин је у троостном напонском стању, као она коужка на југу океана

Тај напон доводи до марку бетона  $\tau$ , тврдоћу бетона на притисак која изазива лом коужке



Напон се после неке дужине распореджује по целој површини пресека.

Сила прелази неку дужину да би се оптерећење раширило на цео пресек

Ту целу зону ( $d \times d$ ) зовемо анкерни блок

Т. зона у којој се уноси сила  $N$  у носач

Може да се деси да је дужина од  $d$

У том анкерном блоку владају специфична напрезања  $\rightarrow$  просторно стање напона  
Анкерни блок се посебно обрађује.

Трајекторије напона цепенца су управне на трајекторије напона притиска.

30-тих година у Немачкој и Швајцарској рађен велики број испитивања обих сила цепенца.

Те силе рачунамо приближно по формули:

$$Z_y \approx 0,3N \left(1 - \frac{a}{d}\right) \rightarrow \text{димензија позице}$$

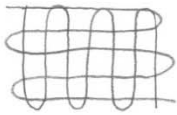
$\downarrow$

сила  
цепенца

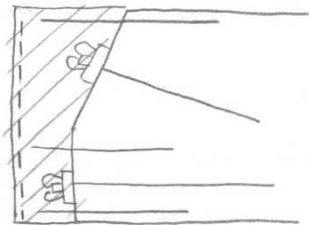
Та сила износи  $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$  подужне силе ПН, примитно велика и мора да се изврши осигурање мрежном арматуре

Стављају се подужне шипке и попречне узетнице које су прогнуте.

Поред тога непосредно испод анкерне плочице у 2,3 слоја мрежа у облику спирале



Поседну пажњу треба поветити анкерним блоковима јер недовољна арматура може да изазове прсните



Котву треба заштитити од корозије. Треба да се стави нека врста лименог поклопаца

- оставимо арматуру да вири из носача, поставимо мрежу и добетонирамо део накондно

Основни циљ продупрецања је био да се елиминишу напони затезања и да буда имамо притисак. И поред тога треба елементе конструктивно армирати обилном (меком) арматуром, изузимајући анкерни блок и зону осигурања од Т сила.

Формирамо мрежу која спречава бољо ширење и повећава аксијалну носивост на притисак.

Из тих разлога армирамо стубове и прихватамо аксијалне напоне притиска и спречавамо извијање.

Код ПН елемената смањен је проблем извијања, јер ће сила затезања у коблу увек да врати елемент у првобитни положај



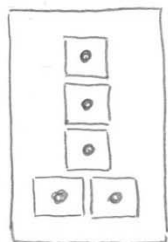
Ова конструктивна арматура се не прорачунава него се усваја.

Раније у почетку примене ПН сматрало се да та арматура треба бити што мања.

Касније се уједно да та арматура иако се не прорачунава ипак треба да постоји у озбиљнијем облику јер повећава носивост бетона

Произвођач каблова даје упутство о распоређивању каблова у пресеку.

На тему носача каблови се удвостућују јер морамо да обезбедимо да не дође до преклапања позиција,

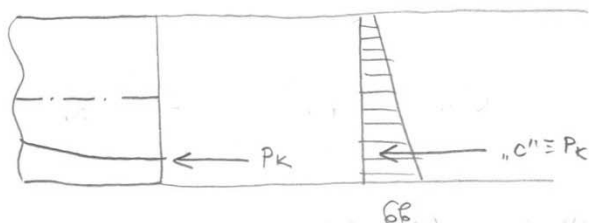


Највише што може је да се оне додирују, али и то треба избежавати.

О томе се води рачуна кад одређујемо трагу каблова (појединачних)

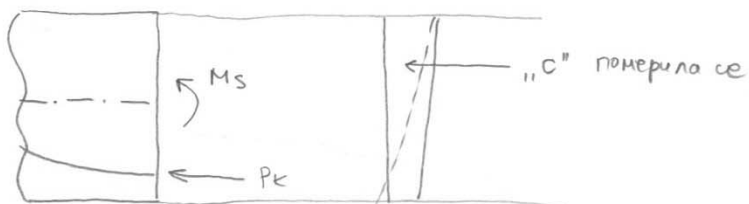
Димензије анкерних позиција даје су у техничким карактеристикама каблова

Рећи смо да сила ПН изазива одговарајуће утицаје у пресеку  $M, T, N$   
За СОН видимо смо колики су ти утицаји



То је кад имамо само  $P_k$

Али имамо и спољашњи момент савијања



Линија притиска „С“ линија „ZLC“ - ZERO LOAD COMPRESS

Линија притиска без спољашњег оптерећења

а кад имамо спољашње утицаје, она се помера

Ео је у равнотени

СНН

Пример континуални носач

Параболна трака кабла са ексцентрицитетом  $z_{cp}$

Замислимо да нема средњег ослоња



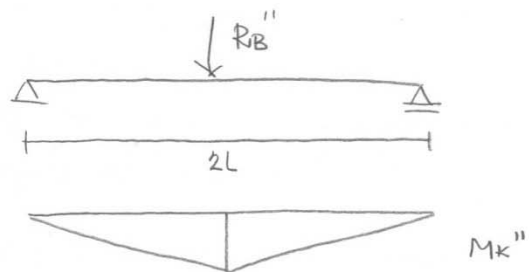
ослоњац средњи постоји и он спречава угиб носача, кадл тада има другачију деформацију.

Ослоњац спречава деформацију и уноси  $p$ -ју деформација није слободна

код СНН нема  $p$ -ја јер је деформација слободна

Те  $p$ -је зовемо секундарне  $p$ -је, тим се јаве секундарне  $p$ -је оне изазивају промену слике момената у систему

моменти изазвани секундарним  $p$ -јама збу се СЕКУНДАРНИ МОМЕНТИ



$$M_k'(x) = -P_k \cdot z_{cp}(x)$$

$$M_k(x) = M_k'(x) + M_k''(x) = -P_k \cdot z_{cp}(x) + M_k''(x)$$

Линија притисака се не поклапа са траком каблова због постојања секундарних  $p$ -ја  
Ексцентрицитет  $z_{LC}$  линије зовемо

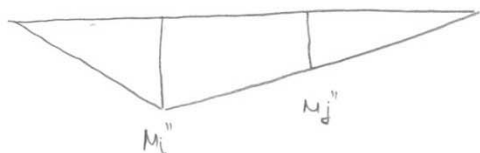
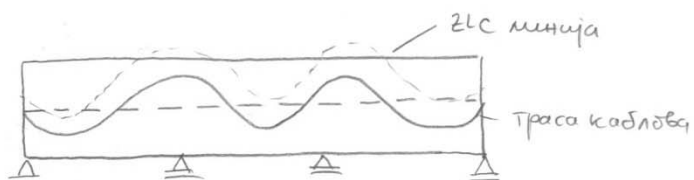
Есо - екив. силе притиска од дејства само каблова за ПН

$$E_{so}(x) = -\frac{M_k(x)}{P_k} = z_{cp}(x) - \frac{M_k''(x)}{P_k}$$

↓

ефективни скак каблова код СНН

као да смо Трасу каблова померили за  $-\frac{M_k''(x)}{P_k}$

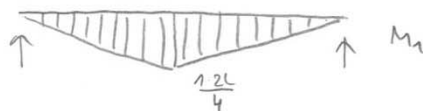
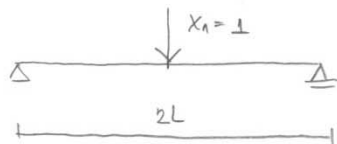


изломљена права линија

A)  $Z_{pc} = e = \text{const}$

основни систем усвајамо ПГ

р-ја ослоница статички непозната, уједно и секундарна р-ја



Методом сила решавамо проблем

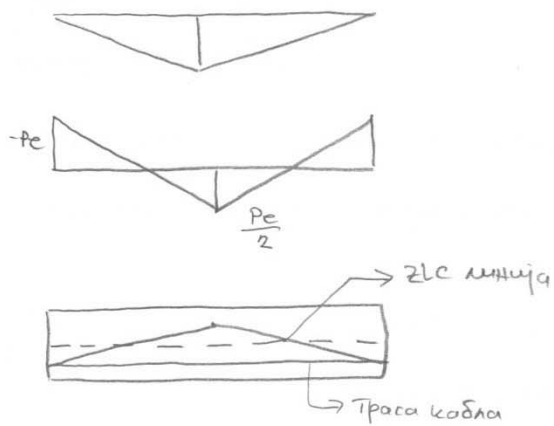
$$EI \delta_{11} = \frac{1}{6} L^3$$

$$EI \delta_{10} = -\frac{1}{2} L^2 P_k \cdot e$$

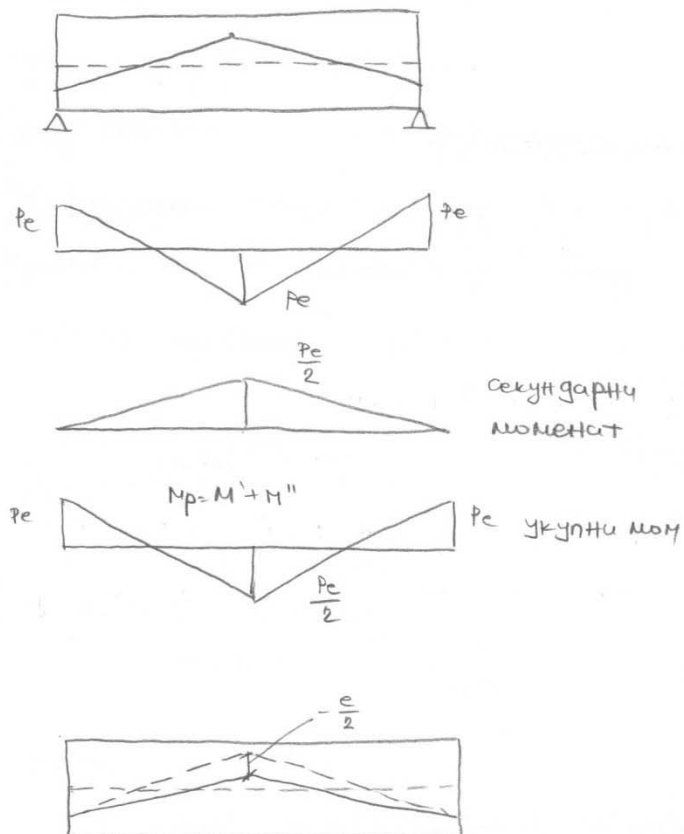
$$EI \delta_{11} X_1 = -EI \delta_{10}$$

$$X_1 = 3 \frac{P_k \cdot e}{L} = R_B'' \quad \text{уједно и секундарна р-ја}$$

са том асо оптеретимо основни систем добијемо вакав дијаграм

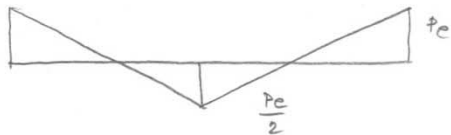
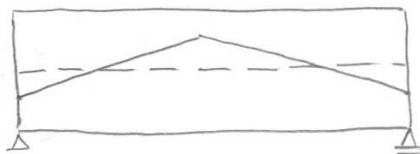


сада исти носач, али са узмешетом трасом кабловца

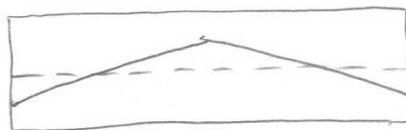
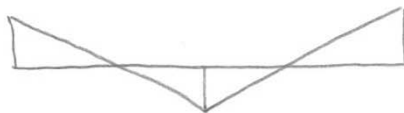


још III случај

узмемо трасу каблова исту као што је ZLC линија



$$M'' = 0$$



Траса каблова се поклапа са ZLC линијом

ZLC линија иста у сва три случаја

Трансформацијом трасе каблова нисмо променили ZLC линију

Таква трансформација се зове линеарна трансформација трасе каблова

Примарни и секундарни моменти се мењају, али овај укупни остаје исти

Ексц. на крајевима смо задржали истим, мењали смо само ексцент. над средњим ослоњем и трасу каблова смо задржали истом

↓

линеарна трансформација :

1. Ексцентризитет над крајњим ослоњима остаје исти
2. Траса кабла између ослоња се не мења
3. Мења се само ексцентризитет над средњим ослоњем

Последица:  
ZLC линија  
остаје иста

Пример у општем случају:

Ако је параболо стрелу морамо зодржати истом

ротација

ротација + транслација

Транслација

ротација

⇒ комбинација транслације и ротације коглоба

$$\Delta Z_{cp}(x) = A \cdot x + B$$

ротација + транслација

правец трасе когло

Теорема неког француза:

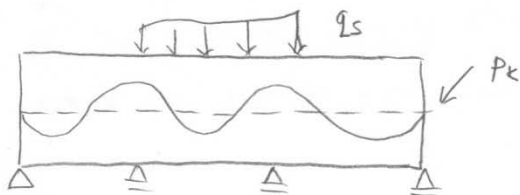
Линеарна трансформација коглоба не мења ЗЛС линију коглоба

(ми смо показали на примеру)

Линеарна тр коглоба је иста линију притисака на  $(M)T$  остају исти као и у случају референтне трасе

Може се применити на све СНН

Ако посматрамо континуални носач на кога делује и спољашње оптерећење (поред коглоба за ПП)



$q_s$  изазива  $M_s(x)$

од је укупан екал. силе притисака у пресеку

$$E_c(x) = \underbrace{Z_{cp}(x)}_{E_{co}(x)} - \frac{M''(x)}{P_k} - \frac{M_s(x)}{P_k}$$

$$= Z_{cp}(x) - \frac{M_s(x) + M''(x)}{P_k}$$

$M''$  се придружује моментима од спољашњег оптерећења

код је  $M''=0$  то је онда исти случај као за ПП, и у том случају проблем се и своди на ПП



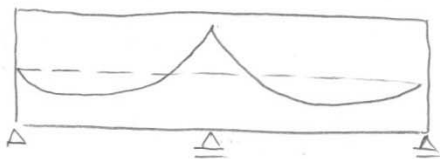
Траса каблова где су  $M'' = 0$  зове се конкордантна траса каблова

ZLC се поклапа са трасом каблова (као и од  $\cos \theta$ )

конкордантан = сагласан

Њихове особине:

1. Било која трајекторија ZLC линије је конкордантна Траса каблова
2. Било који реални дијаграм момената континуалне греде од било какве комбинације спољашњих дејстава нацртан у некој размери дуж осе дефинише (оцртава) конкордантну трасу каблова



3. Траса било ког конкордантног кабла са ексцентрицитетом мереним од тангентне осе представља дијаграм момената од некаквог спољашњег оптерећења
4. Важи принцип суперпозиције за конк каблове:

$$\text{конк} + \text{конк} = \text{конк}$$

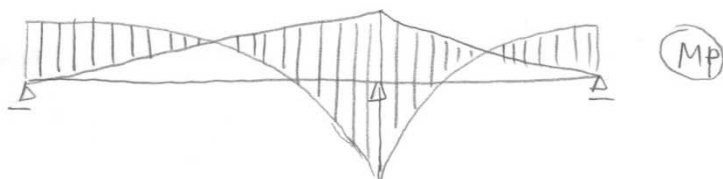
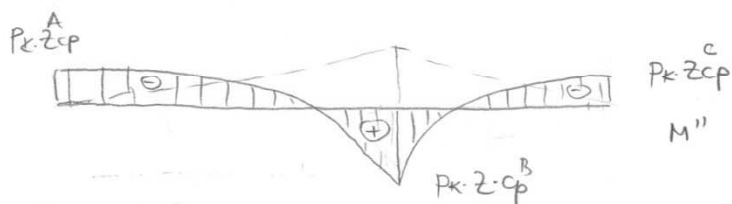
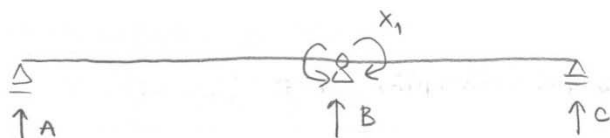
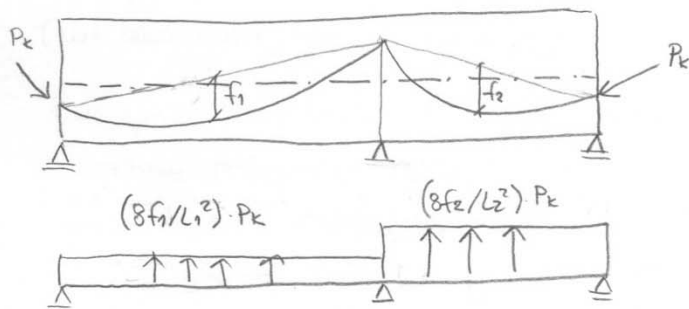
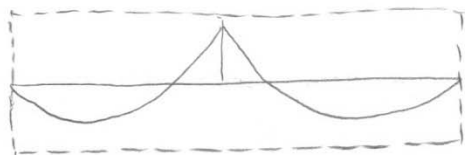
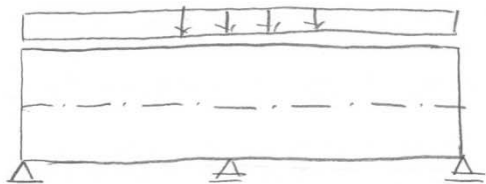
$$\text{конк} + \text{неконк} = \text{неконкордантна траса каблова}$$

22. Април 2010

Конкордантни каблови, они који су сагласни са неким моментном линијом  
Секундарне рје не постоје  $= 0$

Линија притисака поклапа се са Трасом каблова

Конструисање конкордантних каблова за континуални носач на 2 поља



конкордантна свака траса која одговара неким дијаграму момента од стварног оптерећења

Оштри преломи нису реални, имају минималне полупречнике закривљености

Теоријска траса се прилагођава реалним условима

Неће бити конту. сила него неки подељено оптерећење. Секундарне рје неће потпуно бити  $= 0$

У пројектима се црта реална траса каблова. У практичним пројектима се често одступа од конкордантних каблова.

код континуалних носача појава секундарних момента још спонтане негативне моменте под ослонцем, а повећава позитивне моменте

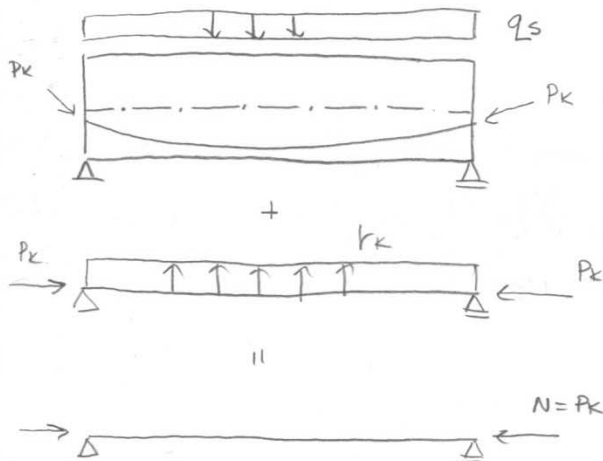
Ових година негм развој ПН кја тог није било рачунара

Прорачун секундарних утицаја био доста компликован

Тешко била да се скрати прорачун

## МЕТОДА БАЛАНСИРАНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА

Применује се не само на СНН већ и на било које друге



Проста идеја:

Треба до одређи трасу каблова и  $P_k$  тако да  $E_0$  каблова буде  $= 0$  спољашњем оптерећењу  $q_s$  и супротног смера

$$q_k = q_s$$

код саберемо ова 2 имате само  $N$  силу притиска

Било какав да је носач остаје само хоризонтална сила притиска

Шта смо тиме добили? Није потребно спроводити прорачун за утицаје св каблова

Тог је много смисла

Сва више није интересантна са тог аспекта, јер имамо рачунаре. Али има један други знајај у прелиминарним прорачунима

ПН к-је није могуће димензионисати класично, јер има много више параметара који су у игри. У таквој ситуацији спроводимо прелиминарне прорачуне који се своде на усвојање димензија пресека на основу тих

У тим анализама одређујемо трасу каблова и величину силе ПН.

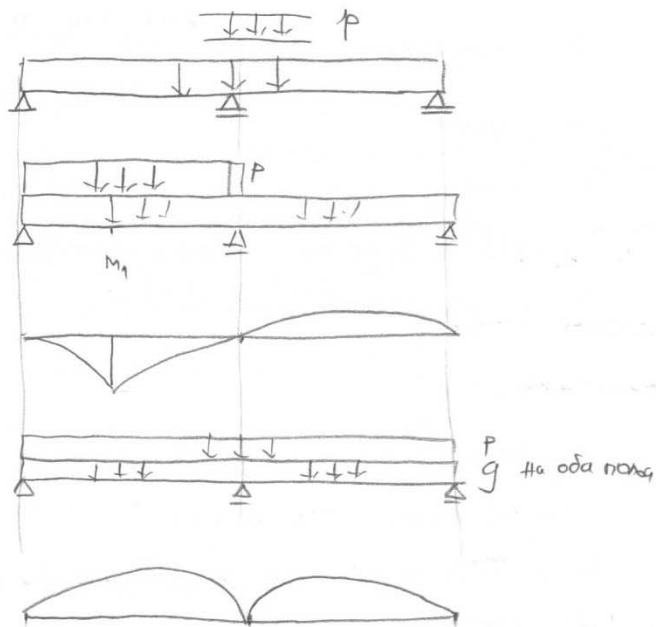
У овом метода има знајај и ту је нашла примену. Релативно лако одређујемо трасу каблова. Прорачун се онда своди само на контролу тих усвојених димензија. Доказујемо да те димензије које смо усвојили задовољавају све услове.

СУШТИНА МЕТОДЕ:

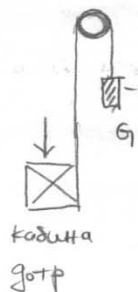
Треба одредити трасу каблова и силу  $P_k$  тако да буде у равнотежи са спољашњим опт.

Величина  $E_0$  зависи од треће параболе

За континуалне носаче не можемо увек наћи трасу каблова која ће бити у равнотежи са спољашњим оптерећењем + немогуће за све комбинације оптерећења у равнотежити каблове



Примењујемо метод слатан као код лифта



супни да мотор троши што мању снагу  
димензије тега:

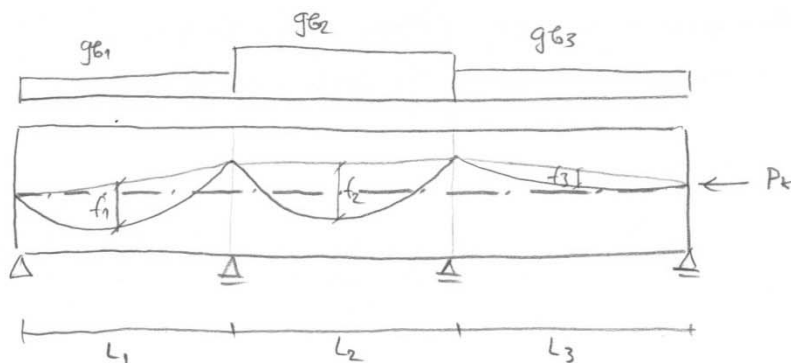
$$G_1 = G_2 + \frac{P}{2}$$

$G_k = G_1 + \frac{P}{2} \rightarrow$  иматемо мању део оптерећења који није избалансиран

За онај део који је у равнотежи са  $G_k$  не спроводи се статика анализа.

За свако поље поставити максималне ексцентризитете под ослонцима и у пољима постигли смо најдубље поравнање

За свако поље независно одредимо колико би требало да буде сила  $P_k$



Треба да урабнотенимо силу ПН јер је то 1 исти кабл.

Али од тих сила убојимо максималну од тих поља онда у овим другим пољима смањујемо стрелу  $\rightarrow$  тако гласимо до трасе каблова

Још анализа за гео неурабнотениног оптерећења

За урабнотенино имамо само силу

У савременим условима није потребно оваква анализа

данас се Ео рачуна као 1 случај спољашњег оптерећења

Коэффициенти сигурности: Ео је стално оптерећење + има побољно дејство  
па су коеф. сиг = 1,0

Весто се сила ПН уноси у пуном износу у фази градње кад немамо још све оптерећење, онда је Ео много веће од сопствене тежине па онда у тој фази су утицаји од ПН већи, па коеф. сиг. није 1,0 него 1,6 или више ако није здрављен услов по дилатацијама

Зато се ради преднапрезање у базима да не унесемо одмах целу силу, већ је додојемо како се оптерећење наноси на к-ју.

Оба метода могу да се примени и на плоче. Углавном се елементе плоче раде као ПН.

Каблови за ПН се налазе на штабовој ширини плоче на неком растојању.

МК се раде ретко као ПН, могу, али то су оне монтажне које се преднапрећу по стази

Постоји нека граница за пуње плоче када више нисмо у могућности да их применимо (преко 10 т)

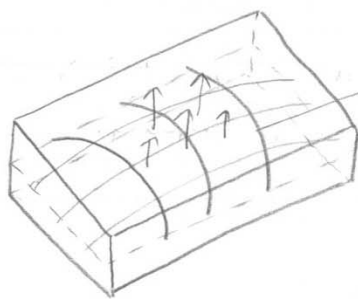
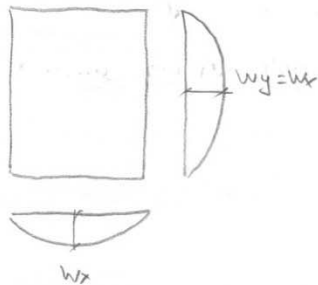
$L \uparrow d \uparrow \rightarrow$  утицаји  $\uparrow$

Утицај прираштаја сопствене тежине плоче почиње да расте него што расте носивост  
Процес дилатација

Тада се иде на ПН плоче најчешће у комбинацији са оцупленим плочама

Терелоне плоче  $\rightarrow$  монтажно

Утежање каблова на мизу места

каблови на растојању  $s_x$ 

Ако је КАП она има момент у оба правца  
и у другом правцу ће се јавити неки момент

Ми бисмо оптерећење могли да урабавотенимо  
са кабловима у једном правцу, али утицаји  
савијања ће постојати и у другом правцу.

Имаћемо напоне затезања које бетон неће моћи да  
прими и јавиће се прсните. Радимо у другом  
правцу каблове који су нерационални

Како одредити величину силе ПН, а имамо 1 услов равнотеже а 2 непознате  
Имамо са решења. каблове у другом правцу усвојимо у минималној количини  
само толико да се не би јавиле прсните.

Преосталу силу за краћи правец ми одређујемо тако да урабавотенимо  
спољашње оптерећење. (слично као код арматуре)

Размах каблова 20-30 см

Густина не мора бити иста него према потреби, а

Треба избегавати различите пречнике каблова јер нам тако треба различита  
опрема за ПН.

3. час

Каблови са тврдим спојем

Напон инјектирања све промене одвијају се у спрегнутим елементу.

Код ПН елемената, промене дилатација изазивају промене напрезања у кабловима, али су оне релативно мале. Има утицаја на носивост у граничном стању лона

Другачији прорачун за каблове са твртим спојем и без

прописи:

1848. Кренула практична примена бетона

1948. ПН бетон код су вели бетонске кје појавиле 100 година

Фресингсва школа сматрала да је ПНБ нова врста материјала која може да прими напоне затезања

Донети и нови прописи

И у нашој земљи посебни прописи за ПН бетон

После рата донети - Привремени технички прописи - ПТП

за бетон и ПНБ

Нису били донети баш на регуларан начин

'68. први наши прописи за АБ

брзо били промењени 1971. за ПНБ - само стара теорија

1972. за обичан бетон - мешавина, класична теорија и теорија гр носивости

Ти прописи су били у сагласности

Напушта се филозофија да је ПНБ други материјал

Прописи постају јединствени

У нашој бившој Југославији

1987. засновани на новој филозофији прорачуна по граничним стањима

Засновани на моделу прописи које је препоручио Европски комитет за бетон

- донет и посебан предлог прописа за ПН Кје, али није ступио на снагу

Тако да формално још увек важи овај из 1971. па није баш у сагласности, јер је он застарео и није мењан. То доноси знатајне проблеме

У пракси примењујемо нове прописе за АБ који могу да се примене, а што се типе специфичности ово ПН имамо велике разлике, јер стари прописи имају знатна ограничења напона, а нови прописи уопште не воде рачуна о напонима већ о граничним стањима.

Основни принцип ПН-а је да се не појављују напони затезања већи да увек буде притисак.

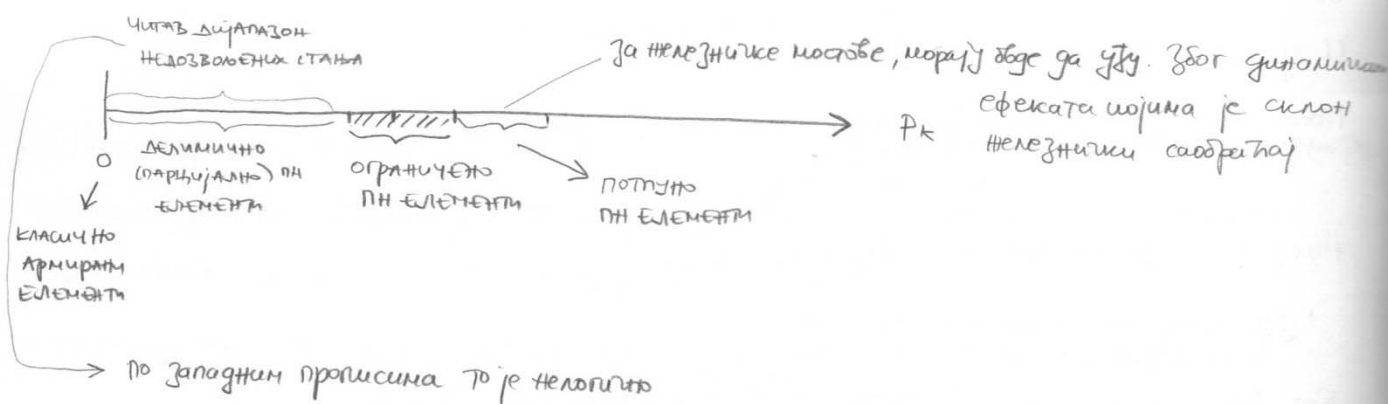
Наши прописи дозвољавају појаву напона затезања, али:

- да не прекорачују неке дозвољене напоне затезања
- да се обезбеди одређени коефицијент сигурности на основу појаве прслити 1,15

2 типа ПН елемената;

- потпуно ПН елементи
- ограничено ПН елементи

Ако посматрамо сину ПН



Ако се појави прслити од напонаског боја у немој пољу, она не може да се забори у потпуно стање. Опасно код тих к-ја где се јављују алтернативни напони притисак-затезање (континуални носачи)

Економски је оправдано да имамо и две к-је између - делимитно или парцијално ПН к-је. Ту није уило да се овуда ствари напон притиска. Ми кад доведемо само побољшавамо напонско стање. Али наши стари прописи то не дозвољавају јер такве к-је не задовољавају од 2 горе услова

Ми сину ПН уносимо у ратној фази градње, скоро увек, јер неки је увек уило да што раније ситижемо општа.

У тој фази делује само сопствена тежина к-је



20. мај 2010.

Од прописа могу се користити и други савремени прописи (Еврокод нпр)  
Наши прописи не обухватају велику област која се односи на делимитно ПН к-је.

Наш правилник гранично стање напона прихвата као гранично стање носивости. А најјешће се ти услови по напонима преводје у гранично стање употребљивости.

Парцијално ПН елементи  $\rightarrow$  тако да се не појављују прсканте у бетону

$\rightarrow$  схватају се као обични АБ елементи са побољшаним стањем напона у бетону

СТАЊЕ НАПОНА



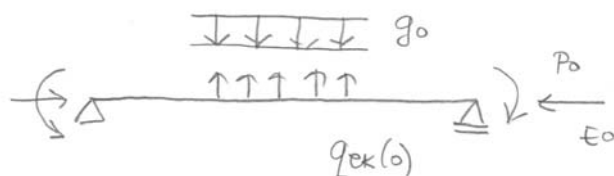
ГР. СТАЊЕ НОСИВОСТИ



ГР. СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ

У нашим прописима одређени су допуштени напони који могу да се појаве у попречном пресеку неог елемента.

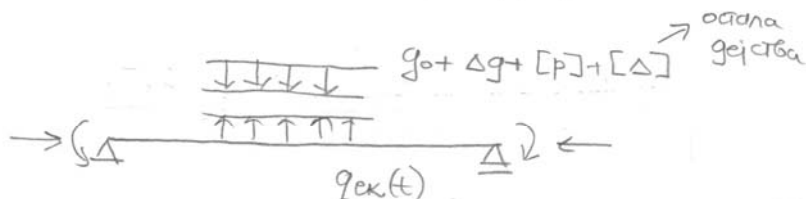
Било да се ради о преднапрезању на стази или о накондном ПН уташћење силе се одвија само под дејством сопствене тежине елемента



1.  $t=0$  - у моменту уташћења силе ПН у таку градњу

касније у току експлоатације долазе друга оптерећења

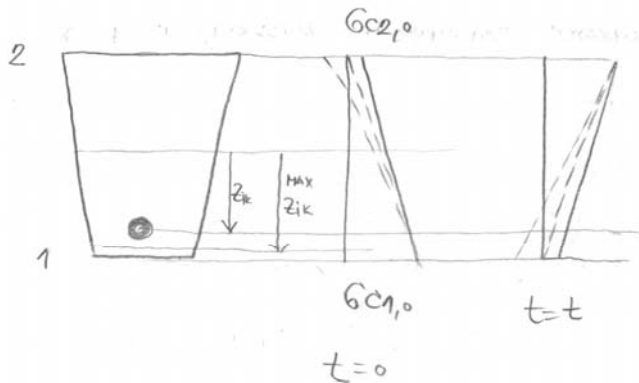
2.  $t \rightarrow$  фаза експлоатације



- у обичном пресеку јавља се нормална сила притиска и момент савијања  
ра ипакмо оштарј ексцентриситет притиска

Ради се ПН елементима, потпуно или делимитно ПН, подразумева се да су напони затезања мањи од дозволених.

Други режим цел пресек је притиснут или су напони затезања јавно мали



У  $t=0$  сила ПН је највећа  
и далеко је већа него што је  
утицај сопствене тежине  
Изазива негативне моменте савијања  
доња ивица је знајно више  
притиснута су горње

### Експлоатација $t$

гошмо и остало оптерећење

Сила и гек су опали услед губитака, преобладајује грабитацноно оптерећење  
П. сад је горња ивица више притиснута.

Наши прописи подразумевају допуштене напоне посебно за фазу  $t=0$   
и за фазу  $t=t$

I фаза је пролазна фаза која кратко траје, па могу да се допусте већи  
напони. фаза експлоатације дуго траје па ти напони имају теке своје  
допуштене напоне

На другој иници дозвољава се нула ако је потпуно ПН, а ако је делимично  
то је нека мала вредност допуштеног напона на зотезање

Тако постоје 4 напонска услова које пресек мора да задовољи  
(за  $t=0$  и  $t=t$ , горња и доња ивица)

када их напишемо добијемо следеће:

$$N = P_{k0}$$

$$M = M_{g0} - P_{k0} \cdot z_{ik}$$

$$I \quad \frac{P_{k0}}{A_{Gi}} - \frac{M_{g0} - P_{k0} \cdot z_{ik}}{W_{Gi,1}} \leq \overline{\sigma_{t,0}}$$

$$II \quad \frac{P_{k0}}{A_{Gi}} + \frac{M_{g0} - P_{k0} \cdot z_{ik}}{W_{Gi,2}} \geq -\overline{\sigma_{t,0}}$$

$$N = P_{kt}$$

$$M = \max M_q - P_{kt} \cdot z_{ik}$$

$$III \quad \frac{P_{kt}}{A_{Gi}} - \frac{\max M_q - P_{kt} \cdot z_{ik}}{W_{Gi,1}} \geq -\overline{\sigma_{t,t}}$$

$$IV \quad \frac{P_{kt}}{A_{Gi}} + \frac{\max M_q - P_{kt} \cdot z_{ik}}{W_{Gi,2}} \leq \overline{\sigma_{t,t}}$$

$P_{kt} \Rightarrow$  трајна сила са губицима

Решили смо да за разлику од класичног армираних елемената имамо у ставу да извршимо директан прорачун димензионисања.

Добили смо ј-не 5 и 6 од степена.

Зато се прелиминарним прорачунима долази до неког попречног пресека који се унапред убаја, убајимо и трају каблова и одредимо силу  $N_H$  или так и њу убајимо, па само проверимо напоне. Али зато нам ипак треба искуства.

Зато се Маџел потрудио да нам помогне

(професор на једном факултету у Белгији)

Он је математички претумачио ова 4 услова и сваки решио по ексцентрицитету каблова

$$I \quad Z_{ik} \leq \frac{1}{\rho_{k0}} (M_{g0} + G_{z0} \cdot W_{bi,1}) - K_{bi,1}$$

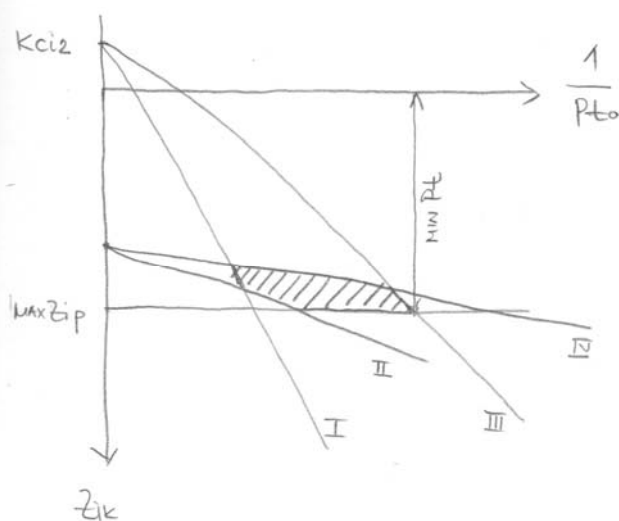
$$II \quad Z_{ik} \leq \frac{1}{\rho_{k0}} (M_{g0} - G_{z0} \cdot W_{bi,2}) + K_{bi,2}$$

$$III \quad Z_{ik} \geq \frac{1}{\rho_{k0}} \left( \frac{M_{ax} M_q}{\eta} - \frac{G_{zt}}{2} W_{bi,2} \right) - K_{bi,2}$$

$$IV \quad Z_{ik} \geq \frac{1}{\rho_{k0}} \left( \frac{M_{ax} M_q}{\eta} - \frac{G_{zt}}{2} W_{bi,1} \right) + K_{bi,1}$$

проверити

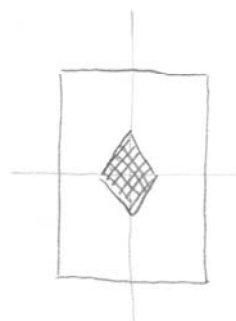
$$\eta = \frac{\rho_{kt}}{\rho_{k0}} - \text{однос трајне и почетне силе } N_H$$



$$y = x \cdot A + B$$

↓  
напоном  
w

- ово је прва, а кад је неједнакост прелази у подручје



Ако сина демује у изгледу пресека, напони су истог знака

$K$  - вредност од  $\frac{1}{\rho_{k0}}$  и  $Z_{ik}$



константа  $B$

Све 4 неједнакости морају бити задовољене

Али одредимо једну од две величине другу добијемо из Маџеловог дијаграма

+ V услов

$$Z_{ik} \leq \max Z_{ik} \text{ (онолико колико стаје у пресек)}$$

То је исто једна полураван

— долазимо до овог шрафираног петоугла

Маџелов дијаграм говори о рационалности пресека.

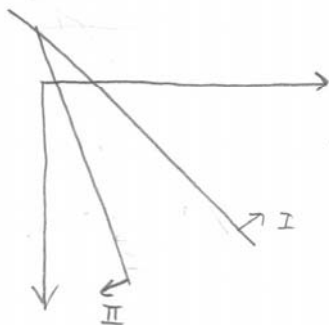
Кога би сва 4 напонска услова била задовољена овај многоугао би био тачка  
→ то би био најрационалнији пресек.

То је тешко отворити, па се ипак сведе на област.

Величина шрафираног многоугла говори о рационалности нашег пресека

Али добијемо широку област → нерационалан пресек

С друге стране може да се деси следеће



Оваког пресек није довољан и не може да постигне  
испуњење сва 4 напонска услова

Маџелов дијаграм је добар кад на дрзину убацимо  
пресек

## Други час

И ванетим правилник из 172 предвиђа доказе граничних стања употребљивост  
примена и угиба и граничног стања носивости. Јер се увелико у развијеним  
земљама прелазило на теорију граничних стања, када је било доста  
присталица до се у прорачуну задржи стара теорија.

Нипта дво није дотела теорија гр. стања, само се условнио прорачун

По теорији допуштених напона, доказ напона обезбеђивао је и трајност  
и носивост

По теорији граничних стања доказујемо напоне, примене, деформације,  
стабилност

Али: њ међувремену су дошли компјутери и олакшали тај  
сложенији прорачун

Шта се у ствари подразумева под граничним стањима када су у питању  
ПН елементи?

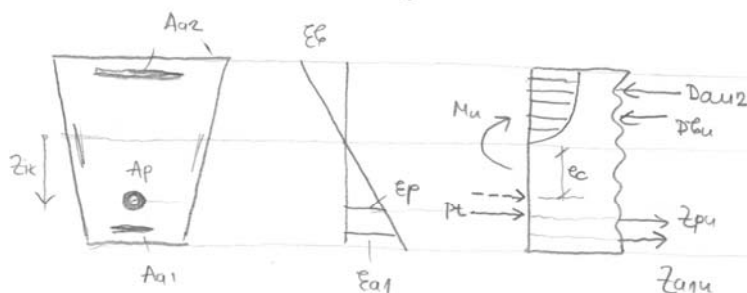
- Гранично стање деформације. За ПН елементе угиба нису критични  
јер нормална сила даје дво ЕО супротно од гравитације, па су угиба  
релативно плитки, а и активни пресек је много већи него код класично  
армираних пресека

Остаје гранично стање примена (ако их има) за делимитно ПН

Мостови се потпуно преднапрегну, али нпр кровне носачи код којих је  
примено стање оптерећење могу се извести као делимитно преднапрегнути

- Гранично стање носивости мора да се докаже по свим прописима

Потему су специфични сви ПН елементи када је у питању гр. носивост



Арматуру Аал увек имамо, али ништа друго у облику конструктивне арматуре. Такође сплет арматуре утисне пресек, па при уношењу силе спречава се бољно ширење.

Програми сада узимају обзир могућу арматуру, али у принципу се ово бољно занемарује.

Може да се деси да тензионе меке арматуре (класичне) буде изнад тензиона каблова или да се поклапају

Пресек треба да задовољи оне граничне услове тако да имамо лом по бетону или арматури

Савремени прописи не ограничавају дилатацију у затегнутој арматури, дозвољава се да буде и преко 10%, тако се и пенде поклапају неутралне линије

Али дозволимо веће дилатације у арматури, десиће се лом по бетону.

Сила  $P_t$  делује ексцентрично, њу обједелимо на тензионе и добијемо још неки флексни моменат

Али је снх сила не делује на месту каблова него са неким ексцентрицитетом.

Наши стари прописи кажу да се сви утицаји множе са 1.3, што није ипак реално, јер смо раније кад утиснемо кабл пресом ми унесемо силу и фиксирали је. Не постоји могућност да се сила повећа, она остаје таква каква је

$\Rightarrow \gamma_{ir} = 1,0$  коеф. сиг. за утицаје  $P_t$

За  $g$  и  $p$  остају њихови коефицијенти

Тако долазимо до граничних утицаја

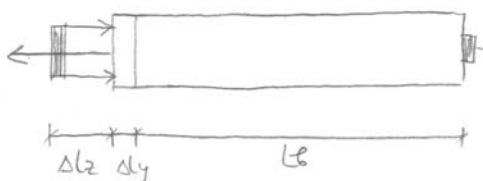
$$N_k = 1,0 P_t$$

$$M_k = 1,6 M_d + 1,3 M_p - 1,0 P_t \cdot e_s$$

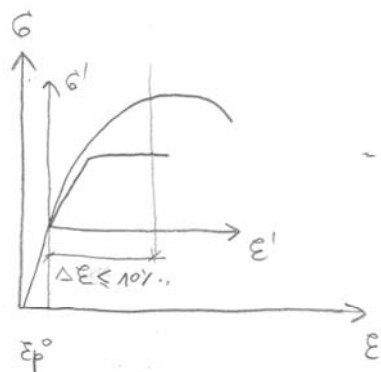
Ови утицаји делују у пресеку у фази лома и рачунамо пресек као класично армиран са овим утицајима

Разлика између тежица за ПН и обичне арматуре

кад утешено кабли он се издужњује и већ се остварује нека дилатација коју зародњавамо котвама, резултат тога је сила преднапрезања



$\Delta l_2$  - претходно издужњење каблова



За каблове узимамо реалан дијаграм  $\sigma$ - $\epsilon$

$\epsilon_p^0$  - преддилатација  $\rightarrow$  одузима се од осталих дилатација као да смо као систем померили

+  $\sigma$ - $\epsilon$  неке арматуре

Извођење овог израза или у књизи  $\rightarrow$

$$\epsilon_p^0 = \frac{G_{pt}}{E_p} \left[ 1 - \alpha_T \cdot \frac{A_p}{A_c} \left( 1 + \frac{z_{ik}^2}{l_c^2} \right) \right] ; \quad \alpha_p = \frac{E_p}{E_c} ; \quad l_c = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}}$$

Обично су ови ПН пресеци слоњени, веома ретко су правоугаони.