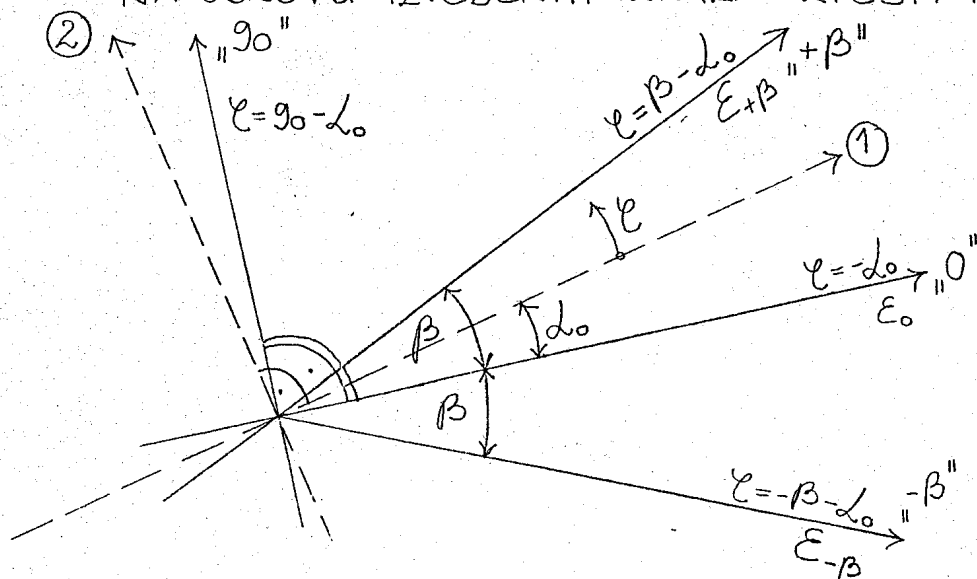


⑧ GLAVNIH PRAVACA NA OSNOVU MERENJA LOKALNIH DEFORMACIJA DEFORMETROM U TRI PRAVCA U TAČKI  $(+\beta, 0$  i  $-\beta)$ .

NA OSNOVU IZVEDENIH IZRAZA IZVESTI IZRAZE ZA SLUČAJ  $\beta = 45^\circ$


$$(1): \epsilon_o = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{2} \cos(-2\alpha_o) = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{2} \cos 2\alpha_o$$

$$(2): E_{+\beta} = \frac{E_1 + E_2}{2} + \frac{E_1 - E_2}{2} \cos 2(\beta - \alpha_0) = \frac{E_1 + E_2}{2} + \frac{E_1 - E_2}{2} \cos 2\beta \cos 2\alpha_0 + \frac{E_1 - E_2}{2} \sin 2\beta \sin 2\alpha_0$$

$$(3): E_{-\beta} = \frac{E_1 + E_2}{2} + \frac{E_1 - E_2}{2} \cos 2(-\beta - \alpha_0) = \frac{E_1 + E_2}{2} + \frac{E_1 - E_2}{2} \cos 2\beta \cos 2\alpha_0 - \frac{E_1 - E_2}{2} \cdot \sin 2\beta \cdot \sin 2\alpha_0$$

$$(2)-(3): \quad E_{+\beta} - E_{-\beta} = (E_1 - E_2) \sin 2\beta \sin 2\alpha_0 \Rightarrow (E_1 - E_2) \sin 2\alpha_0 = \frac{E_{+\beta} - E_{-\beta}}{\sin 2\beta} \quad (A)$$

$$2) + (3): \mathcal{E}_{+\beta} + \mathcal{E}_{-\beta} = (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2) + (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) \cos 2\beta \cos 2\mathcal{L}_0 \quad (B)$$

$$2.1)-(B): 2E_0 - E_{+\beta} - E_{-\beta} = -(E_1 - E_2) \cos 2\beta \cos 2\Delta_0 + (E_1 - E_2) \cos 2\Delta_0$$

$$\Rightarrow (E_1 - E_2) \cos 2\alpha_0 = \frac{2E_0 - E_{+\beta} - E_{-\beta}}{1 - \cos 2\beta} \quad (c)$$

$$\frac{(A)}{(C)} : \quad \boxed{\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{E_+ - E_-}{2E_0 - E_+ - E_-} \cdot \frac{1 - \cos 2\beta}{\sin 2\beta}} \quad ; \quad \frac{1 - \cos 2\beta}{\sin 2\beta} = \operatorname{tg} \beta$$

$$-2 \cos 2\beta \cdot (1) + (B) : -2 E_0 \cos 2\beta + E_{+p} + E_{-p} = -(E_1 + E_2) \cos 2\beta - (E_1 - E_2) \cdot \cos 2\beta \cos 2\alpha_0 + (E_1 + E_2) + (E_1 - E_2) \cdot \cos 2\beta$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{+\beta} + \varepsilon_{-\beta} - 2\varepsilon_0 \cos 2\beta = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(1 - \cos 2\beta)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_{+\beta} + \varepsilon_{-\beta} - 2\varepsilon_0 \cos 2\beta}{1 - \cos 2\beta} \quad (D)$$

$$(A) \Rightarrow \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{\sin 2\beta \sin 2\alpha_0} \quad (E)$$

$$(D), (E): \boxed{\varepsilon_{1,2} = \frac{\varepsilon_{+\beta} + \varepsilon_{-\beta} - 2\varepsilon_0 \cos 2\beta}{2(1 - \cos 2\beta)} \pm \frac{\varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{2 \sin 2\beta \sin 2\alpha_0}}$$

↑ GLAVNE DILATACIJE U TAČKI U ZAVISNOSTI OD  $\alpha_0$  I  $\beta$

$$\sqrt{(A)^2 + (C)^2}: \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \sqrt{\left(\frac{2\varepsilon_0 - \varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{1 - \cos 2\beta}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{\sin 2\beta}\right)^2} \quad (F)$$

$$(D), (F): \boxed{\varepsilon_{1,2} = \frac{\varepsilon_{+\beta} + \varepsilon_{-\beta} - 2\varepsilon_0 \cos 2\beta}{2(1 - \cos 2\beta)} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{2\varepsilon_0 - \varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{1 - \cos 2\beta}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{+\beta} - \varepsilon_{-\beta}}{\sin 2\beta}\right)^2}}$$

↑ GLAVNE DILATACIJE U TAČKI U ZAVISNOSTI OD  $\beta$

$$\underline{\beta = 60^\circ}: \quad "0" ; "+"60^\circ" ; "-60^\circ"$$

$$\operatorname{tg} 60 = \sqrt{3}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{\varepsilon_{+60} - \varepsilon_{-60}}{2\varepsilon_0 - \varepsilon_{60} - \varepsilon_{-60}} \cdot \sqrt{3}$$

$$\cos 2 \cdot 60 = -\frac{1}{2} \quad \sin 2 \cdot 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{\varepsilon_{60} + \varepsilon_{-60} + \varepsilon_0}{3} \pm \frac{1}{3} \sqrt{(2\varepsilon_0 - \varepsilon_{60} - \varepsilon_{-60})^2 + 3(\varepsilon_{60} - \varepsilon_{-60})^2}$$

$$\underline{\beta = 45^\circ}: \quad "0" ; "+"45^\circ" ; "-45^\circ"$$

$$\operatorname{tg} 45 = 1$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{\varepsilon_{45} - \varepsilon_{-45}}{2\varepsilon_0 - \varepsilon_{45} - \varepsilon_{-45}}$$

$$\cos 2 \cdot 45 = 0 \quad \sin 2 \cdot 45 = 1$$

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{\varepsilon_{45} + \varepsilon_{-45}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(2\varepsilon_0 - \varepsilon_{45} - \varepsilon_{-45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{-45})^2}$$

## 2. PRIKAZATI I OBJASNITI INSTRUMENTE I METODE ZA PROCENU

NAPONSKO-DEFORMACIJSKOG STANJA BRANE I MERENJE I ISPI-

### ⑥ TIVANJE FIZIČKOG STANJA BRANE

- BRANE SPADAJU U GRUPU OBJEKATA KOD KOJIH JE ZAKONOM PREDVIĐENO STALNO MERENJE DEFORMACIJA BRANE

- INSTRUMENTI ZA OSMATRANJE BRANA SU SVRSTANI U 3 GRUPE:

1/ INSTRUMENTI I METODE ZA ISPITIVANJE OPŠTEG STANJA BRANE (POMERANJA I OBRATANJA TAČAKA ILI ZONA NA BRANI)

2/ INSTRUMENTI ZA PROCENU DEFORMACIJSKO-NAPONSKOG STANJA BRANE (INSTR. SE UGRAĐUJU U BRANU I TU OSTAJU; TI SPECIFIČNI DEFORMETRI SU KABLOVIMA POVEZANI SA MERNOM STANICOM)

3/ INSTRUMENTI ZA MERENJE FIZIČKOG STANJA BRANE (POTREBNO JE ODREDITI DOVOGAN BR. MESTA U BRANI U KOJIMA ĆE SE MERITI PRITISAK VODE I NIVO VODE U LJOTJ).

\* INSTRUMENTI ZA ISPITIVANJE FIZIČKOG STANJA:

- PIJEZOMETARSKA CEVI - MERENJE NIVOA I PORNOG PRITISKA

SLUŽE ZA PROCENU UZGONA I PROCEĐIVANJA, POSTAVLJAJU SE U TEMELJU NA 3÷10 m ZAVISNO OD PROFILA BRANE, PREČNIKA SU OKO 60 mm I MOGU BITI SA MANOMETRIMA ILI UREĐAJIMA ZA MERENJE PROTOKA (OVI INSTRUMENTI SE MOGU SKIDATI SA CEVI DA NE BI DOŠLO DO OŠTEĆENJA USLED VELIKE VLAGE NA MERNIM MESTIMA).

- TELEHIDROMETAR - MERENJE NIVOA I PORNOG PRITISKA

SLUŽI ZA PROCENU UZGONA (PRITISKA VODE U TEMELJU), PRITISAK VODE SE PRENOSI NA MEMBRANU, RADI NA PRINCIPU PROMENE OTPORA MERNE ŽICE, MERENJE SE OČITAVA U MERNOJ STANICI KOJA MOŽE BITI IZMEŠTENNA.

- TELEHIMETAR - MERENJE KOLIČINE VODE U CEMENTNOM MALTERU ILI BETONU

SLUŽI ZA MERENJE KOLIČINE SLOBODNE VODE U BETONU, UGRAĐUJE SE ZASIĆEN VODOM PRI IZRADI BRANE PRI ČEMU SE USPOSTAVLJA RAVNOTEŽA

U TEMELJU IZMERA VODA PROMENJA VLAŽNOSTI IZAZIVA PROMENU

OPORA ELEKTROLITA, DAZDAKENJE SE OPIK VZAGJA, DAKJINSKO SOTAVARJE  
U MERNJOJ STANICI POMOU MERNOG MOSTA. UGRADUJE SE SA TELETERMOMETRO

### - ULTRAZVUK - PROCENA KVALITETA BETONA

NA OSNOVU BRZINE PROSTIRANJA LONGITUDINALNIH ILI TRANSVERZALNIH TALASA ODREDUJE SE  $G, E$  I  $\nu$ , POUZDANO I POGODNO, BEZ RAZARANJA.

### - TELETERMOMETAR - MERENJE TEMPERATURNOG STANJA

\* INSTRUMENTI ZA PROCENU NAPONSKO-DEFORMACIJSKOG STANJA :

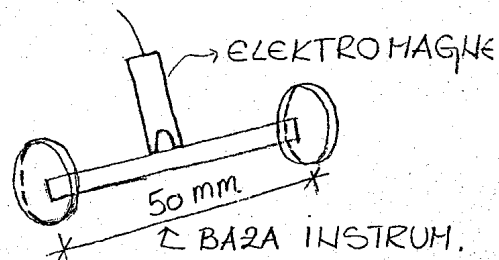
- TELEDEFORMETAR - MERI DEFORMACIJU, RADI NA 2 PRINCIPA :

1/ AKUSTIČKI - KORISTI SE VEZA IZMEU NAPONA

U ŽICI I PROMENE FREKVENCIJE. NAPON

DOBIJAMO PO CABANOVOG ZAKONA :

$$f^2 = k \cdot \epsilon = k \cdot E \cdot (\Delta l / l)$$



U KUTJI U MERNJOJ STANICI ELEKTROMAGNET POBUĐUJE ŽICU NA OSCILOVANJE A OSCILACIJE SE PREVODE KABLOVIMA. PODEŠAVAMO OSCIL.

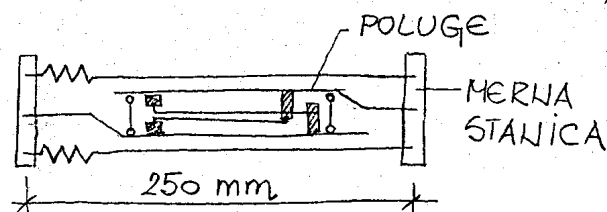
DOK NE DOBIJEMO SLAGANJE FREKVENCIJA BRANE I U MERNJOJ STANICI

TADA NA MONITORU DOBIJAMO LISOLJIVE LINIJE. BAZA JE  $50 \div 200$  mm ;

PODATAK  $10^{-6}$  ILI  $3 \cdot 10^{-6}$ .

2/ ELEKTRO - MERI SE PROMENA  
OTPORA NAMOTAJA ŽICE  $\Delta R$  (CARSONOV

TELEDEFORMETAR). POUZDANO RADI NA  $-23^\circ\text{C}$  DO  $+65^\circ\text{C}$ .



- TELEDILATOMETAR - RADI NA PRINCIPU PROMENE OTPORA ŽICE. IMA

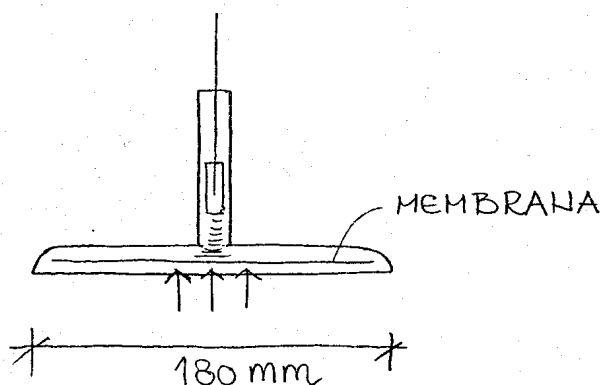
ZNATNO VEĆI OPSEG MOGUĆIH POMERANJA OD TELEDEFORMETRA, JER JE ŽICA POSTAVLJENA U VIDU PETLJE. BAZA  $100 \div 200$  mm. HUGENBERGER IMA OPSEG MERENJA  $0,8 \div 5$  mm, TAČNOST MERENJA JE  $0,01$  mm

- TELEDETEKTOR - REGISTRUJE POJAVU PRSLINA, A RADI NA SLIČNO

PRINCIPU KAO TELEDILATOMETAR. DUŽINA IM JE  $1,5 \div 2$  m. DALJINSKO OČITAVANJE U MERNJOJ STANICI.

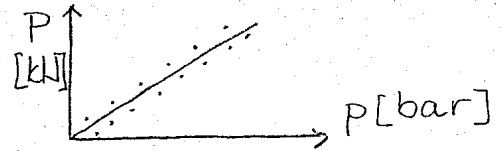
- TELETERMOMETAR - RADI NJA PRINCIPU PROMENE OTPORA ŽICE USLED TEMPERATURNE PROMENE,  $\Delta t$ . MERENJE SE VRŠI POMOĆU MERNOG MOSTA, OPSEG MERENJA JE OD  $-20^{\circ}\text{C}$  DO  $+100^{\circ}\text{C}$ , OSETLJIVOST JE  $0,1^{\circ}\text{C}$  SA TAČNOŠĆU OČITAVANJA NA MOSTU  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

- TELEPRESMETAR - MERI PORNJI PRITISAK U TELU BRANE. SAS- TOJI SE OD 2 KRUŽNE PLOČE - MEMBRANE  $D=180\text{ mm}$ . IZMEĐU PLOČA NALAZI SE SLOJ ŽIVE DEBLJINE  $1\text{ mm}$ . MERENJE DEFORMACIJE MEM- BRANE VRŠI SE PO PRINCIPU KARLSONOVOG DEFORMETRA I MERNOG MOSTA. PO VELIČINI DEFORMISANOSTI MEMBRANE ZAKLJUČUJE SE O PRITISKU ŽIVE, ODNOSNO PORNOM PRITISKU. OPSEG MERENJA JE  $0,075\text{ kN/cm}^2$ , A PODATAK JE  $0,003\text{ kN/cm}^2$ . MAKSIMALNO POMERANJE KOJE SE MOŽE REGISTROVATI  $f_{\max} = 0,025\text{ mm}$ .



### 3. PRIKAZATI I NA PRIMERIMA OBJASNITI SPECIFIČNOSTI I NAČINE ISPITIVANJA MONTAŽNIH NOSAČA I ELEMENATA NA POLIGONIMA I U LABORATORIJAMA.

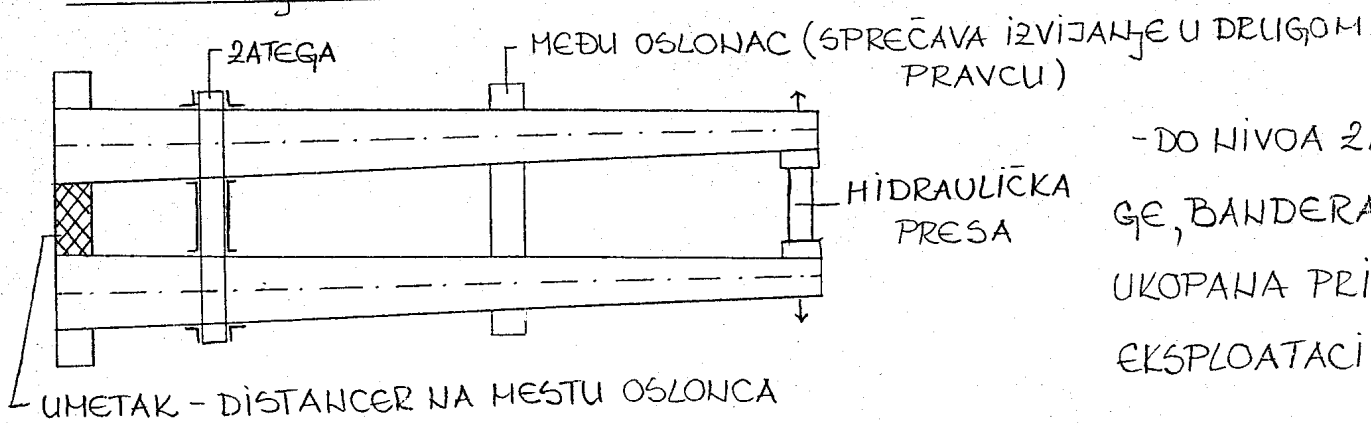
NA POLIGONIMA I U LABORATORIJI KONSTRUKCIJE SE NAJČEŠĆE ISPITUJU PRIMENOM HIDRAULIČKIH PRESA SA PRATEĆOM APARATUROM (PUMPA, MANOMETAR). HIDRAULIČKE PRESE SE BAŽDARE ZA VEZU PRITISAK UGA - SILA KOJA SE NALOSI PRESOM.



\* ISPITIVANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENATA (U PARU):

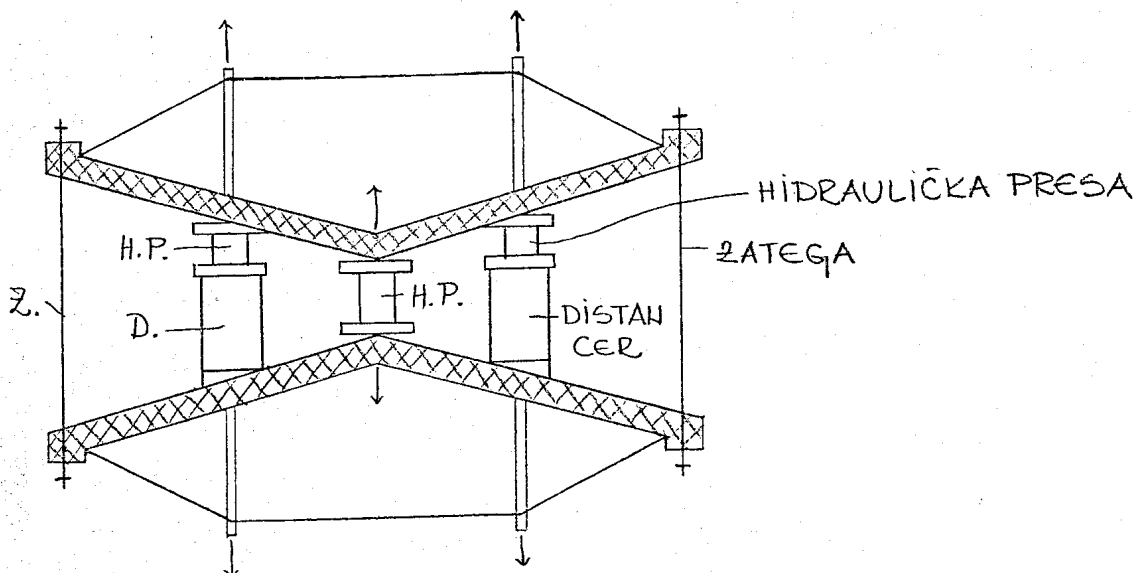
OVAKVO ISPITIVANJE JE VEOMA PRAKTIČNO, JER SE I KONTRA-SILA NA PRESU UHOSI U ELEMENT KOJI SE ISPITUJE.

#### -ISPITIVANJE BANDERA



- DO NIVOA ZATEGE, BANDERA JE UKOPANA PRI EKSPLOATACIJI.

#### - ISPITIVANJE NOSAČA SA ZATEGOM

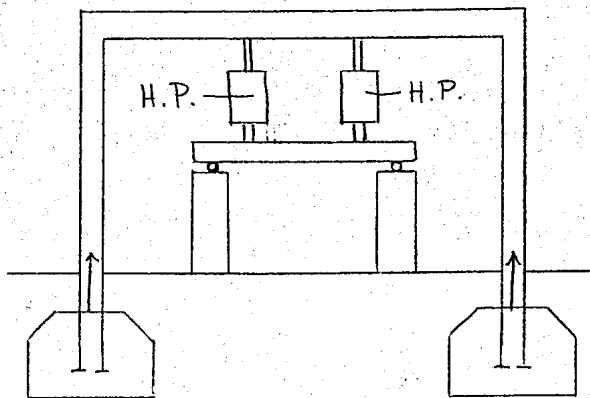


## \* RAMOVSKA DISPOZICIJA ZA ISPITIVANJE:

KOD OVE VRSTE ISPITIVANJA ELEMENATA U LABORATORIJI.  
RAZLIKUJEMO OTVORENE I ZATVORENE RAMOVE

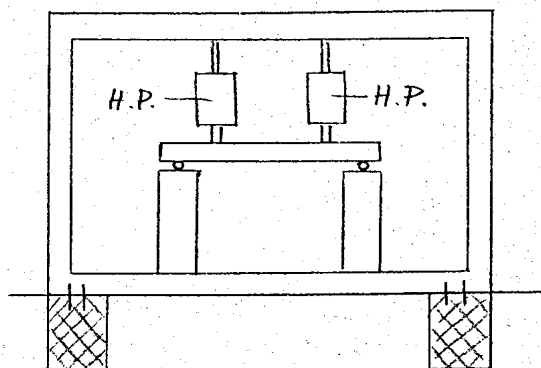
### - OTVORENI RAM

NEDOSTATAK: KONTRA SILA  
HIDRAULIČKE PRESE ODLAZI  
NA ČUPANJE RAMA IZ TEMELJNIH  
STOPA

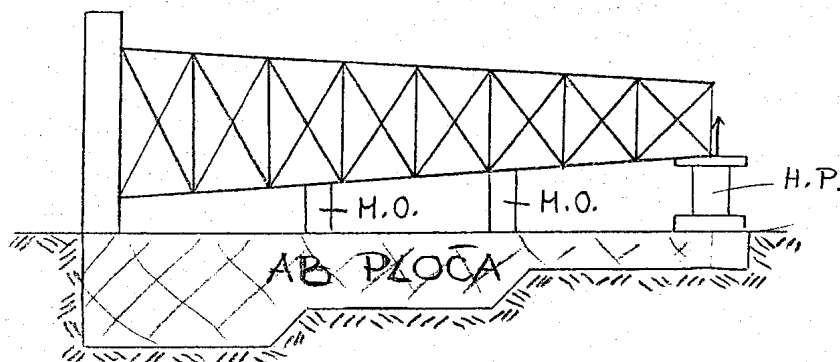


### - ZATVORENI RAM

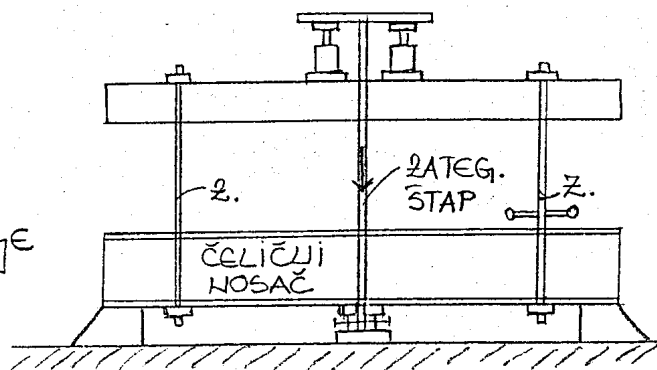
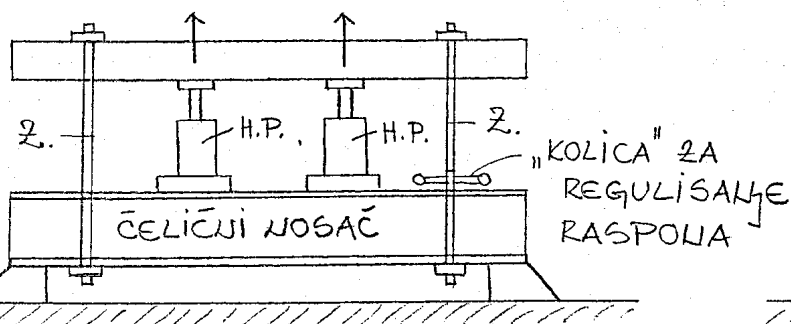
BOGJE REŠENJE JER NE  
DOLAZI DO ČUPANJA RAMA



## \* STUBOVI ZA DALEKOVODE



## \* UREĐAJ ZA LABORATORIJSKO ISPITIVANJE KONSTRUKCIJA



5. OBJASNITI KONSTRUKCIJU VISTONOV-OG MOSTA I NJEGOVU PRIMENU U MERENJIMA. DETALJNO PRIKAZATI TŽV. NULTU

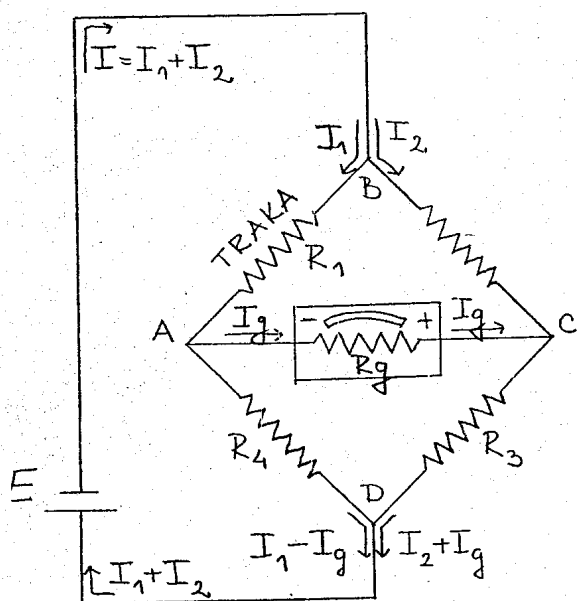
① METODU MERENJA I NAČIN KOMPENZACIJE UTICAJA OD TEMPERATURE.

U<sub>2</sub> MERNE TRAKE UVEK IDE OPREMA ZA VISTONOV MOST, JER SE NJIME DOBIJA KOLIKO JE  $\Delta R$ , ŠTO NAM JE NEOPHODNO DA BI PRIMENILI OBRAZAC:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{\Delta l}{l} = k \cdot \epsilon \Rightarrow \epsilon = \frac{1}{k} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

$k$  - OSETLJIVOST MERNE TRAKE ✓

$$k = 2 + (c - 1)(1 - 2\nu)$$



$R_1$  - AKTIVNA MERNA TRAKA

$R_2$  - STALNI OTPORNIK, MOŽE DA BUDE I TRAKA ZA KOMPENZACIJU UTICAJA OD TEMPERATURE

$R_3$  - STALNI OTPORNIK

$R_4$  - PROMENLJIVI OTPORNIK, ČIJA SE PROMENA MOŽE MERITI

$$U_{AC} = E \cdot \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

- RAZLIKA POTENCIJALA (NAPON) PRI NEURAVNOTEŽENOM MOSTU - STRUJA PROTIČE KROZ GALVANOMETAR

$E$  - ELEKTROMOTORNA  
SILA

PROMENLJIV OTPORNIK  $R_4$  OMOGUĆAVA NAM DA KAZAGKA GALVANOMETRA BUDE NA NULI. TADA IMAMO URAVNOTEŽENI VISTONOV MOST

$$U_{AC} = 0 \Rightarrow R_1 R_3 - R_2 R_4 = 0 \Rightarrow R_1 = R_2 R_4 / R_3$$

BALANSIRANJE SE SPROVODI PRE NANOŠENJA OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU. NANOŠENJE OPTEREĆENJA IZAZIVA DEFORMACIJE, DOLAZI DO PROMENE OTPORA, PA PONOVO VRŠIMO BALANSIRANJE, KORIGOVANJEM OTPORA U OTPORNIKU  $R_4$ .



$$U_{Ac} = E \cdot \frac{(R_1 + \Delta R_1)R_3 - (R_4 + \Delta R_4)R_2}{(R_1 + \Delta R_1 + R_2)(R_3 + R_4 + \Delta R_4)} = 0$$

$$\Rightarrow R_1 \cdot R_3 + \Delta R_1 \cdot R_3 - R_2 \cdot R_4 - R_2 \cdot \Delta R_4 = 0 \Rightarrow \boxed{\Delta R_1 = \Delta R_4 \cdot \frac{R_2}{R_3}}$$

$$R_1 \cdot R_3 - R_2 \cdot R_4 = 0$$

$\Delta R_1$  - PROMENA OTPORA U MERNOJ TRACI

$\Delta R_4$  - PROMENA PROMENLJIVOG OTPORA - OČITAVAMO NA INSTRUM.

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = k \cdot \epsilon \Rightarrow \boxed{\epsilon = \frac{1}{k} \cdot \Delta R_4 \cdot \frac{R_2}{R_1 \cdot R_3}} - \text{DILATACIJA NA MESTU MERNE TRAKE}$$

Ovo je tzv. NULTA METODA, KOJA SE KORISTI PRI STATIČKOM ISPITIVANJU KONSTRUKCIJA, A ZASNIVA SE NA DVOSTRUKOM BALANSIRANJU VISTONOVOG MOSTA.

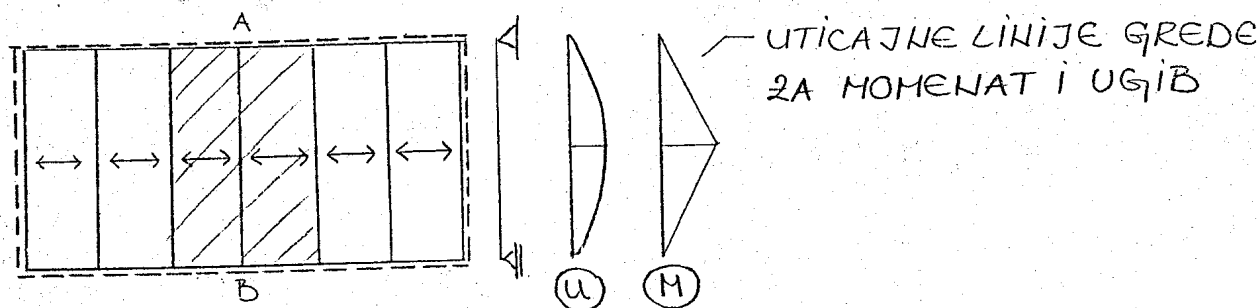
POSTOJE I MOSTOVI SA SOFTVERSKOM PODRŠKOM, KOD KOJIH NEMA KOMPENZACIONIH TRAKA, VEĆ SE UNAPRED UNOSE ODREĐENI UTICAJI OD  $t^\circ$ .

NA REALNIM KONSTRUKCIJAMA IMAMO VELIKI BROJ MERNIH TRAKA (DO NEKOLIKO STOTINA). ŽBOG METODE OPASIVANJA PRESEKA U JEDNOM PRESEKU IMAMO VIŠE MERNIH TRAKA. KADA IMAMO VEĆI BROJ TRAKA U SISTEM UKLJUČUJEMO I PREKLOPNU KUTIJU. ONA NA OMogućAVA DA VIŠE TRAKA VEŽEMO U JEDAN MOST. ONE SISTEMATSKI UKLJUČUJU JEDNU PO JEDNU TRAKU I VRŠE MERENJA NA NJOJ

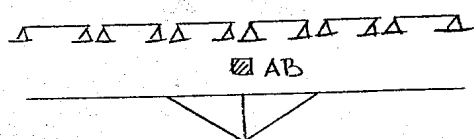
6. PRIKAZATI I OBJASNITI UZ PRIKAZ ODGOVARAJUĆIH SKICA I DIJAGRAMA IZBOR ŠEME OPTEREĆENJA KOD ISPITIVANJA GREDNIH NOSAČA RAZLIČITIH STATIČKIH SISTEMA.

① PROSTA GREDA SA SLOBODNO OSLOŃJENIM PLOĆAMA

ZA PROSTU GREDU AB, OPTEREĆENJE SE RASPOREĐUJE PO ČITAVOM RASPONU DVE PLOĆE KOJE SE NA NJU NEPOSREDNO OSLOŃAJU.

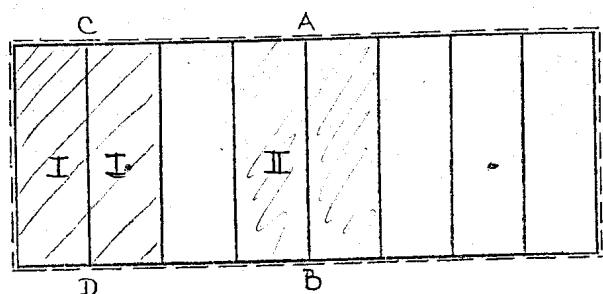


UTICAJNE LINIJE GREDE ZA MOMENT I UGIB

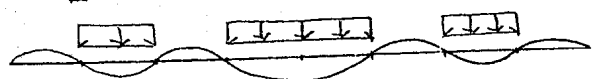
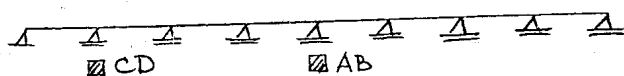


UTICAJNA LINIJA ZA REAKCIJE PLOĆA KOJE SE PRENOSE NA AB, GREDU

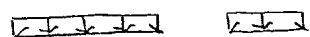
② PROSTA GREDA NA KOJU SE OSLOŃAJU KONTINUALNE PLOĆE



OPTEREĆENJE SE NANOSI NA PLOĆE KOJA SE DIREKTNO OSLOŃAJU NA GREDU AB i NA JOŠ DVE PLOĆE PREKO JEDNOG RASPONA, NA LEVU I DESNU STRANU



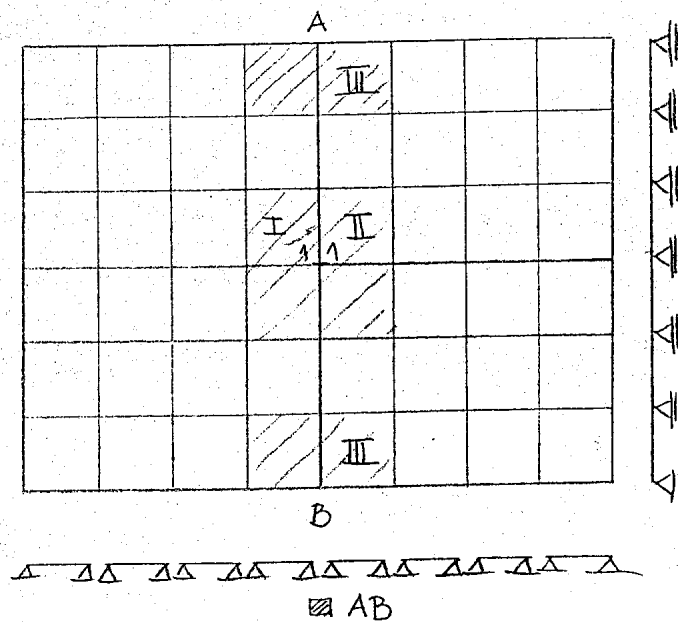
UTICAJNA LINIJA ZA REAKCIJU PLOĆE KOJA SE PRENOSI NA GREDU AB



UTICAJNA LINIJA ZA REAKCIJU PLOĆE KOJA SE PRENOSI NA GREDU CD

AKO SE GREDA NALAZI DO ZIDA, PRVO SE NANOSI OPTEREĆENJE NA PLOĆE IZNAD NJE I IZMERE DEFORMACIJE, A ZATIM SE DODA OPTEREĆENJE NA PLOĆU PREKO JEDNOG RASPONA I PONOVO IZMERE DEFORMACIJE. KORISTIMO RASPORED OPTEREĆENJA KOJI DAJE MAKSIMALNE DEFORMACIJE.

### ③ KONTINUALNA GREDA SA SLOBODNO OSLOHJENIM PLOČAMA



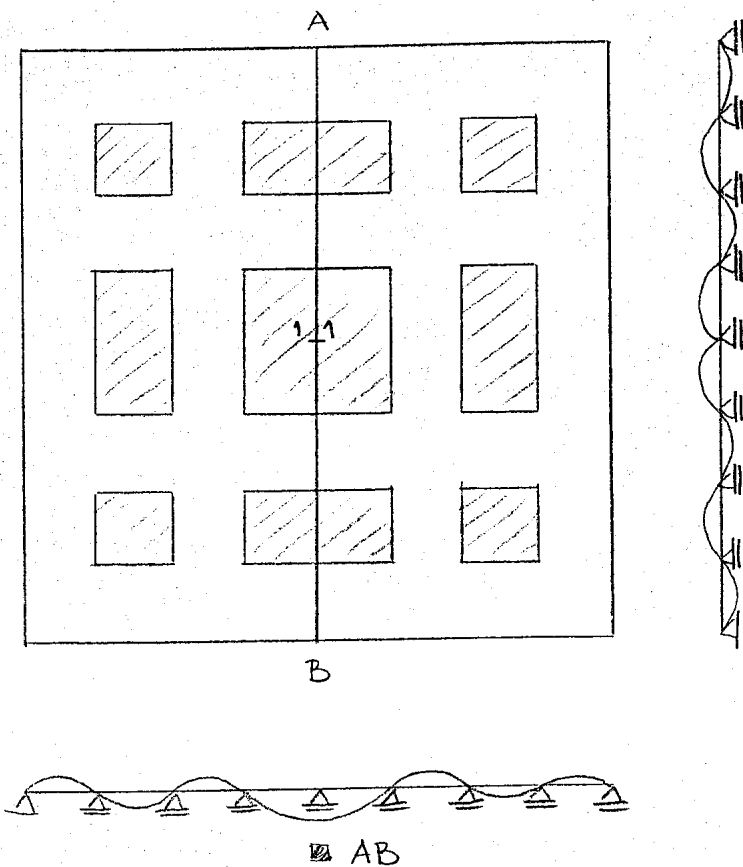
UTICAJNA LINIJA ZA MOMENT U PRESEKU 1-1

I, II, III - FAZE NANOŠENJA OPTEREĆENJA

RASPORED I FAZE NANOŠENJA OPTEREĆENJA ZAVISE OD PRESEKA U KOM ŽELIMO DA DOBIJEMO EKSTREMNE UTICAJE

— UTICAJNA LINIJA ZA REAKCIJU PLOČE KOJA SE PRENOŠI NA GREDE AB

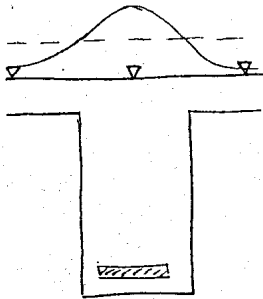
### ④ KONTINUALNA GREDA NA KOJU SE OSLOHJAJU KONTINUALNE PLOČE



7. \* ОБЪЯСНИТИ И ПРИКАЗАТИ ПРИНЦИПЕ ПОСТАВЉАЊА ИНСТРУМЕНТА ЗА МЕРЕЊЕ ЛОКАЛНИХ ДЕЈА КОД ИСПИТИВАЊА СПРЕГНУТИХ, ЧЕЛИЧНИХ И АБ МОСТОВА

3 \* НА СКИЦАМА, Ч ПОПРЕЧНИМ И ПОЛУЧНИМ ПРЕСЕКУ, ПРИКАЗАТИ РАСПОРЕД МЕРНИХ МЕСТА ЗА СТАТ. СИСТЕМЕ ПРОСТЕ И ШОТИНЧ-АЛНЕ ГРЕДЕ

- Веома битан принцип је принцип правилног мерења.
- Још један принцип код локалних деформација је принцип обласивања пресека (најбитнији принцип). Ово подразумева правилан распоред инструмената по обиму пресека.
- Деформетар увек постављати на огољену арматуру, иако не би мерили деформацију услед отварања прелина (нпр. да бетон носи заштезање...)



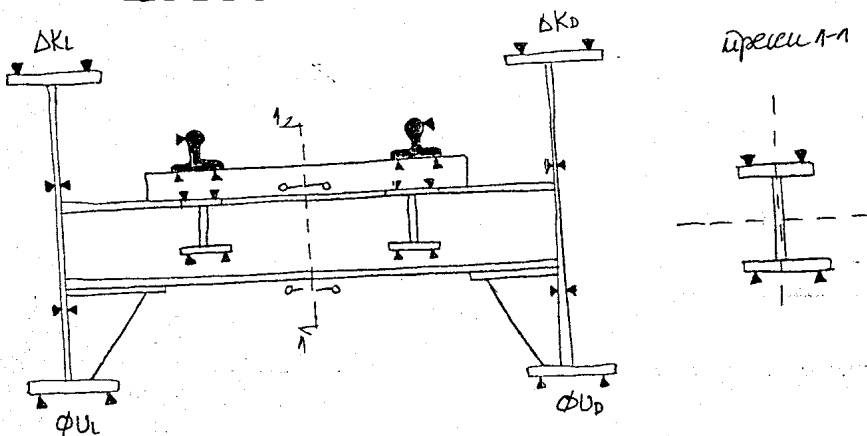
- Распоред накрна на приписујућој линији деформације Т пресека, који није линеаран, захтева бар 3 мерна места.

- Код глобалног оштећења накрна не знамо где су максимални накрни, па меримо розетни  $\angle 45^\circ (60^\circ)$

- Места уштећења концентрисаног оптерећења се избегавају због највећег накрног оштећења и турбулентне промене деформација.

### \* ЧЕЛИЧНИ МОСТОВИ

- Челични са главним I носачима



ОЗНАКЕ:

УГЛОМЕР U

КЛИНОВЕР K

ДЕФОРМЕР D

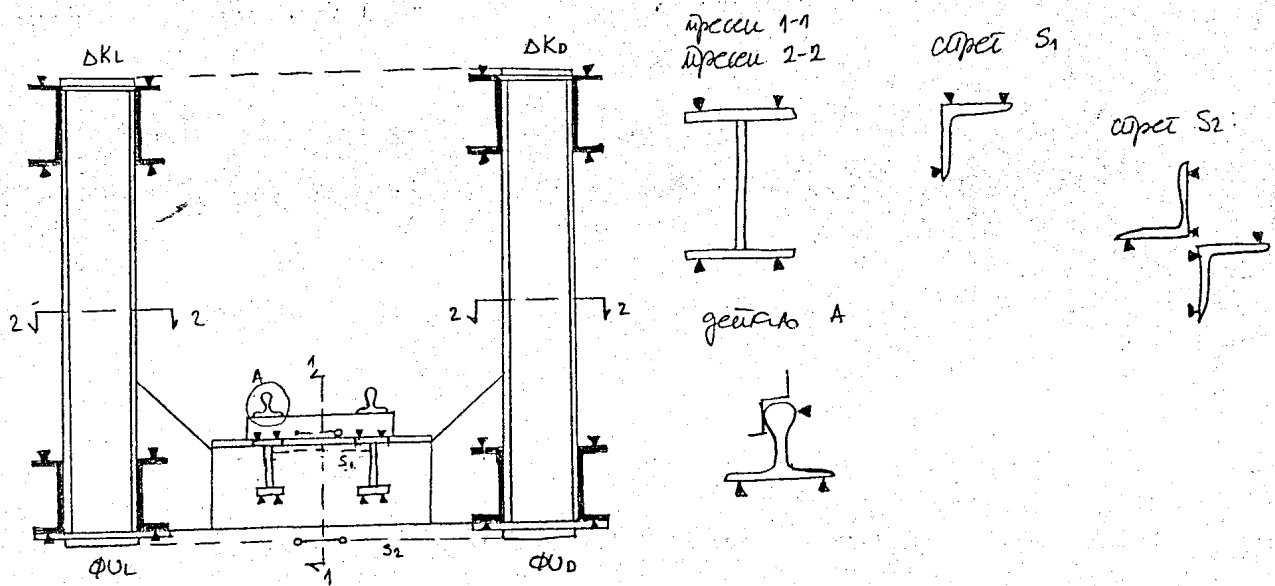
са стране



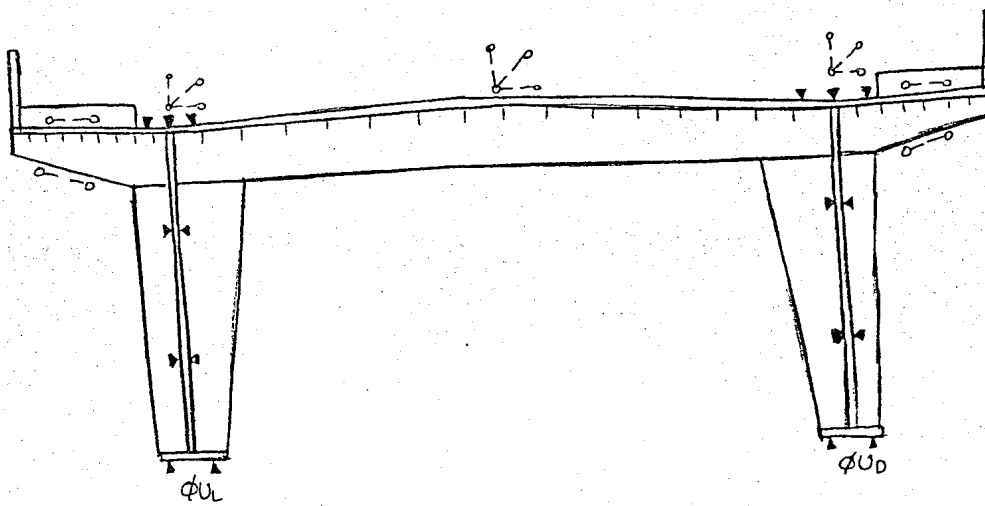
са чепа



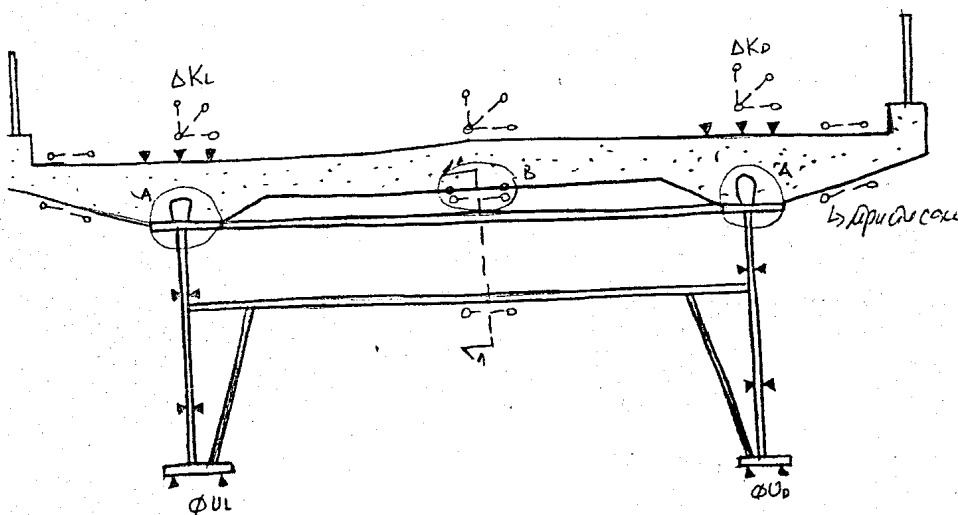
- Железнички са правним решеткастим носачима



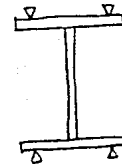
- грузили - опора



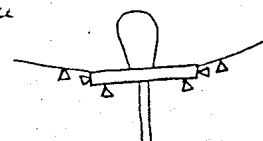
\* СПРЕТНУТИ МОСТОВИ



пресек 1-1



дело А:



На месту спа-  
јања моста  
биће неоп-  
ходно изградити  
бетонну и челичну - надра-  
мну конструкцију

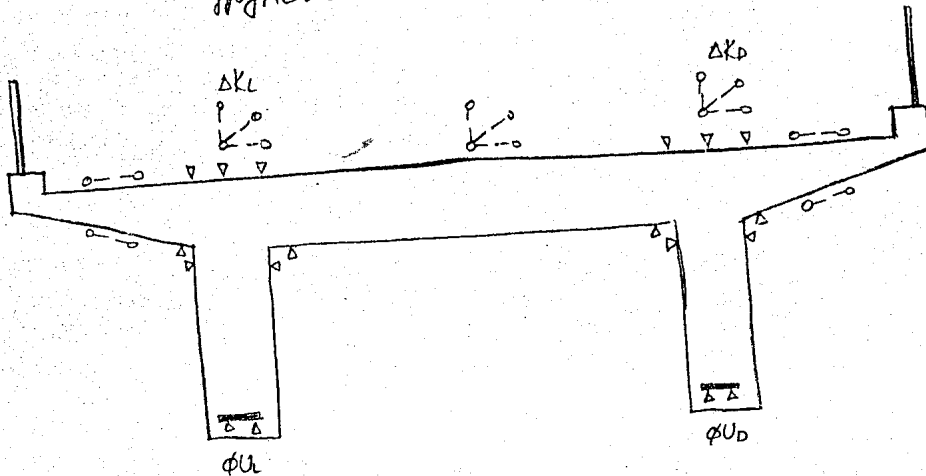
дело Б



арматура  
бетон који се

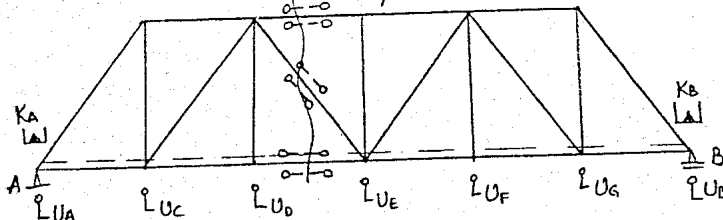
## \* БЕТОНСКИ МОСТ

- दूसरे

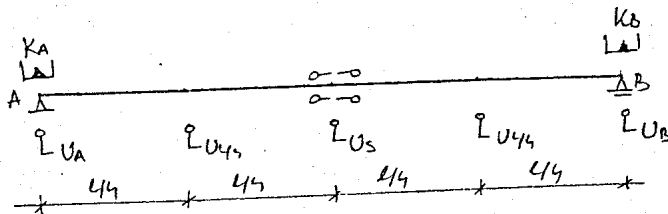


\* просьба предс

- решающий момент - обращение на рынок России  
→ нулевой моменту  
России



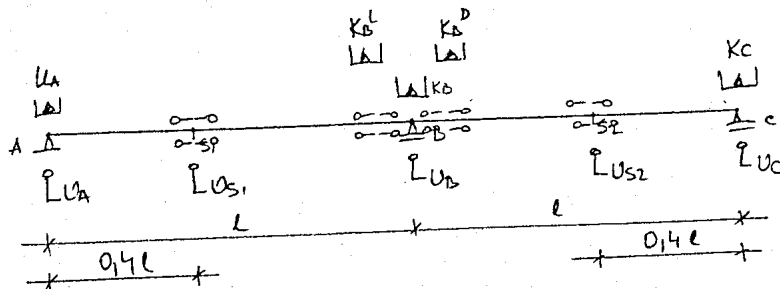
- ПУН НОЯЧ



-ако је мали распад, мултимере  
није потребно доставити.  
у 1/4 распада.

\* копийна дорада

- му и носач

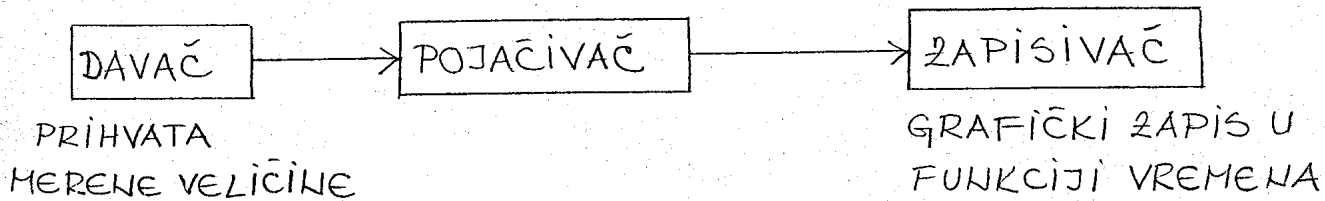


- Такође се оно одnosi и на политички и др. је мерењем неке нарушених достављано један или више
- Ако институционално контролише-  
ју се она, то држави  
преступни злочини систем  
ради као 2 државе према  
та на нивоу 2 клиника

8. PRIKAZATI SA SKICAMA I OBJASNITI DVA OSNOVNA PRINCIPA RADA INSTRUMENATA ZA DINAMIČKA ISPITIVANJA.

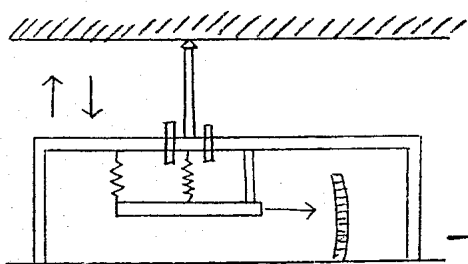
↳ POSEBNO PRIKAZATI ŠTA SE I KAKO MOŽE MERITI INSTRUMENTIMA KOJI RADE NA DINAMIČKOM PRINCIPU.

- 1/ VIBROGRAFI - LINIJSKA POMERANJA ✓
- 2/ TORZIOMETAR - UGLOVNA POMERANJA ✓
- 3/ AMPLITUDOMETAR - AMPLITUDE VIBRACIJA ✓
- 4/ AKCELOMETAR - UBRZANJA ✓
- 5/ FREKVENCIOMETAR - FREKVENCije VIBRIRANJA ✓
- 6/ EKSTENZOMETAR - LOKALNE DEFORMACIJE ✓



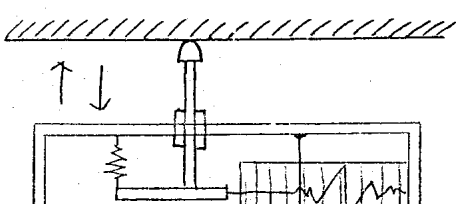
OSNOVNI PRINCIPi RADA INSTRUMENATA ZA DINAMIČKA ISPITIVANJA :

1/ KINEMATIČKI PRINCIP - POSTUPAK MERENJA JE VEZAN ZA SPOJNI, NEPOKRETNi KOORD. SISTEM. IZMERENE VELIČINE JEDNAKE SU STVARNIM POMERANJIMA. INSTRUMENT SE POSTAVLJA NA NEZAVISNU KONSTR. A PIPAK SE OSLANJA NA KONSTR. UVEĆANJE SE VRŠI PREKO SISTEMA POLUGA. ČITANJE SE VRŠI GOLIM OKOM (AMPLITUDOMER, VIBROGRAFI).



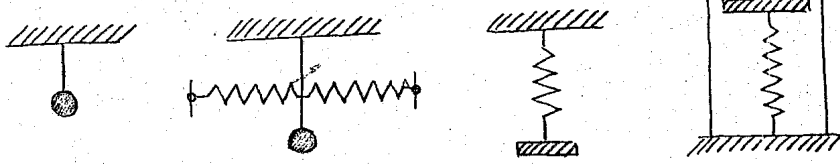
- AMPLITUDOMETAR

POMERANJEM OPRUGA USLED RADA KONST. POJAVUJE SE OTKLOM KAZALJKE KOJOM SE MERE AMPLITUDE.



RADI NA ISTOM PRINCIPU, SAMO ŠTO SE UMESTO SKALE NAHAZI ROLIS PAPIRA PREKO KOJE SE IMA UVID U POMERANJA KONST. KROZ VREME.

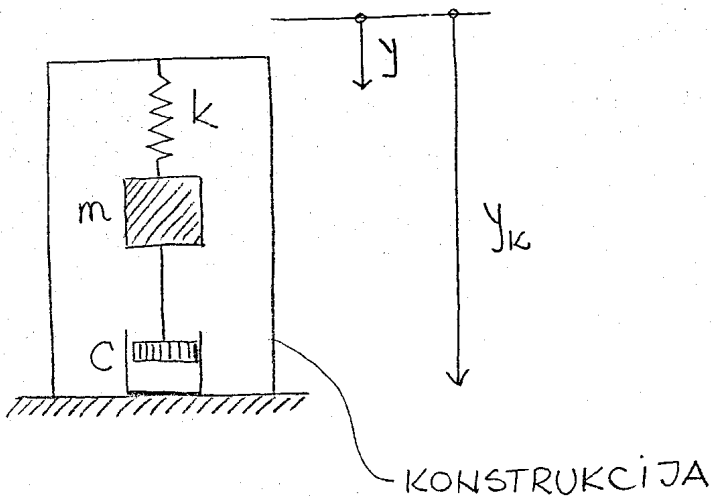
2/ DINAMIČKI PRINCIP - RADI NA PRINCIPU INERCIJE, U SVAKOM OVAKVOM UREĐAJU POSTOJE MASE RAZLIČITOG OBLIKA KOJE VRŠE OSCILACIJE.



U OKVIRU MEHANIZMA MOŽE SE NALAZITI I ODGOVARAJUĆI PRIGUŠIVAČ.

INSTRUMENT SE POSTAVLJA NA KONSTRUKCIJU (I KREĆE ZAJEDNO SA NJOM), MERI ODGOVARAJUĆA POMERANJA ILI UBRZANJA NA OSNOVU ODGOVORA MASE UGRAĐENE U NJEGA. TREBA OBRATITI PAŽNJI DA SE NE MERE DINAMIČKE POJAVE BLISKE SOPSTVENIM FREKVENCIJAMA INSTRUMENTA, JER MOŽE DOĆI DO REZONANCE. PREPORUKA JE:  $p \leq \frac{\omega}{2}$

$\omega$  - SOPSTVENA FREKVENCIJA MASE  
 $p$  - FREKVENCIJA DINAMIČKE POJAVE



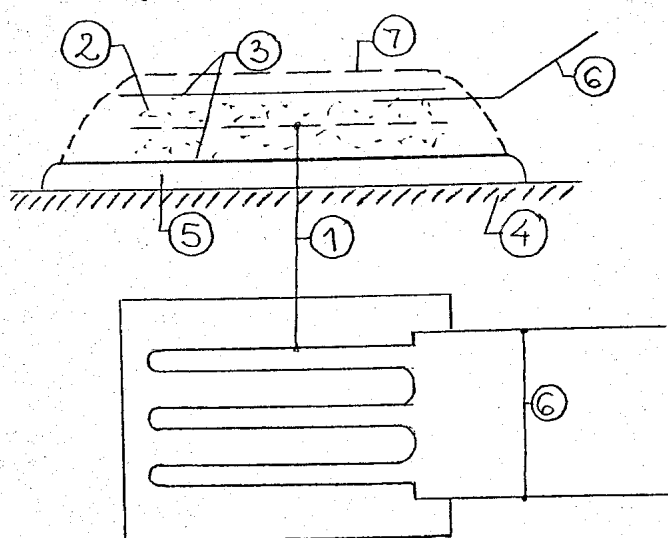


9. PRIKAZATI KONSTRUKCIJU, TIPOVE, KAO I SPECIFIČNOSTI PRIMENE MERNIH TRAKA KOD KONSTRUKCIJA OD RAZLIČITIH MATERIJALA

⑤ POSEBNO IZVESTI IZRAZ ZA KOEF. OSETLJIVOSTI MERNE TRAKE

MERNE TRAKE SU ELEKTRIČNI EKSTENZOMETRI KOJI RADE NA PRINCIPU PROMENE OTPORA USLED PROMENE DUŽINE ŽICE.

OSNOVNI DELOVI KONSTRUKCIJE MERNE TRAKE SU:



1 - ŽICA MERNE TRAKE

2 - LEPAK ZA VEŽU NOSAČA TRAKE I ŽICE

3 - NOSAČ TRAKE (HARTIJA, METAL, FOLIJA, SINTETIČKA MASA...)

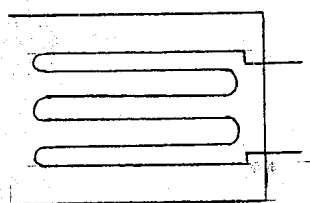
4 - KONSTR. KOJA SE ISPITUJE

5 - LEPAK ZA VEŽU NOSAČA TRAKE I KONSTR.

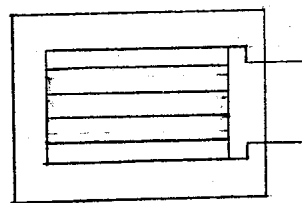
6 - IZVODI ZA VEŽU TRAKE SA KABLOVIMA KOJI JE SPAJAJU SA MERNIM MOSTOM

7 - ZAŠTITA TRAKE

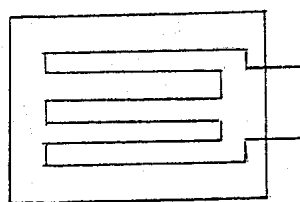
RAZLIKUJEMO SLEDEĆE TIPOVE MERNIH TRAKA:



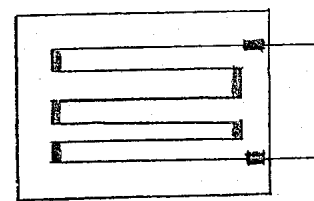
SAVOJAK ŽICE



NAMOTAJ ŽICE

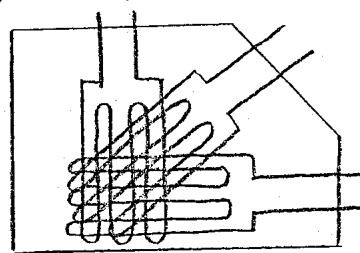
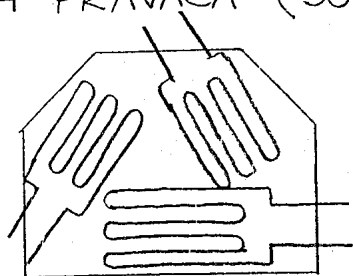
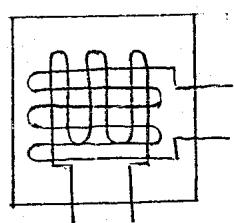


PRAVE ŽICE



ŠTAMPANA TRAKA

POSTOJE I MERNE TRAKE ROZETE, KOJE MOGU DA MERE DILATACIJE U VIŠE RAZLIČITIH PRAVACA ( $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ).



TRAKU LEPIMO NA KONSTRUKCIJU TAKO DA PRATI DEFORMACIJU.

Merne trake su za jednokratnu upotrebu i ostaju na konstr

$$R = \rho \cdot \frac{l}{F}$$

$F$  - površina poprečnog preseka;  
 $l$  - dužina žice;  $R$  - električni otpor  
 $\rho$  - spec. otpor materijala

Postoje merne trake različitih dužina baze merenja: 5 m  
10 mm, 20, 25 mm - za čelik; 60 ÷ 120 mm za beton.

Tačnost merenja je jedna mikrodilatacija, tj.  $1 \cdot 10^{-6}$  mm

Kod postavljanja traka na betonsku konstr. pažnju treba posvetiti zaštiti od vlage, koja preti kako spoja, tako i iznura u vidu kapilarne vlažnosti. Tada se beton brusi, čisti, premaže lepkom i stavlja celuloza ili al folija pa na njih trake

$$R = \rho \cdot \frac{l}{F}, \quad V = F \cdot l \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l^2}{V}$$

$$dR = \frac{l^2}{V} d\rho + \rho \left( \frac{2 \cdot l \cdot dl}{V} - \frac{l^2 dV}{V^2} \right) \div R \Rightarrow \frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + 2 \frac{dl}{l} - \frac{dV}{V}$$

$$C = \frac{d\rho/\rho}{dV/V} - \text{BRIDŽMANOVA KONSTANTA}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dR}{R} = (C-1) \frac{dV}{V} + 2 \frac{dl}{l}} - \text{RELATIVNA PROMENA OTPORA U MERNOJ TRACI}$$

$$V = l \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \Rightarrow dV = \frac{D^2 \pi}{4} dl + l \frac{\pi}{4} \cdot 2D dD \div V$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dV}{V} = \frac{dl}{l} + 2 \frac{dD}{D}} \quad \frac{dD}{D} = -\nu \frac{dl}{l} - \text{POPR. DILATACIJA}$$

$$\Rightarrow \frac{dR}{R} = (C-1) \left( \frac{dl}{l} + 2 \cdot (-\nu) \frac{dl}{l} \right) + 2 \frac{dl}{l}$$

$$\frac{dR}{R} = k \cdot \frac{dl}{l} \quad ; \quad k = (C-1)(1-2\nu) + 2$$

$\uparrow$  KOEF. OSETLJIVOSTI MERNE TRAKE

$$k = 1,35 \div 3,5$$

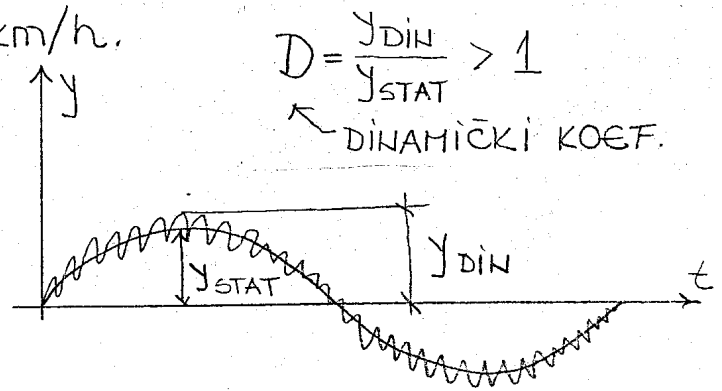
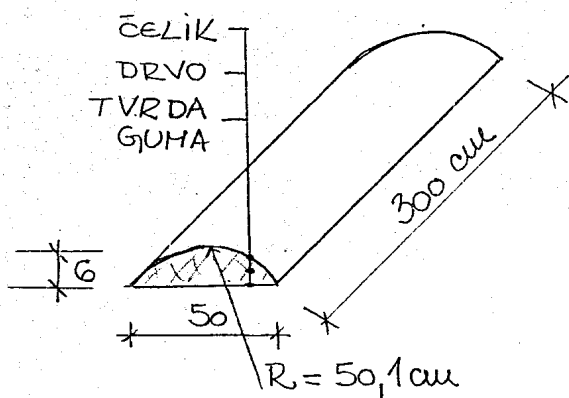
# 10. PRIKAZATI SA SKICAMA I OBJASNITI NAČINE REALIZACIJE DINAMIČKIH OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJE

## PRIKAZATI I OBJASNITI METODE APLICIRANJA DINAMIČKOG OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJE

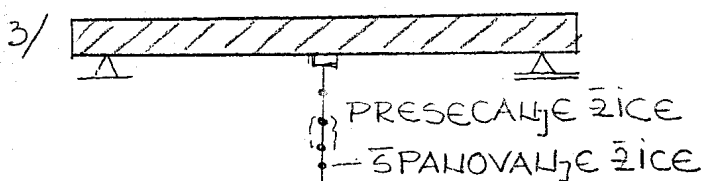
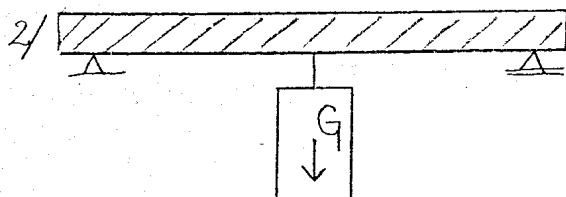
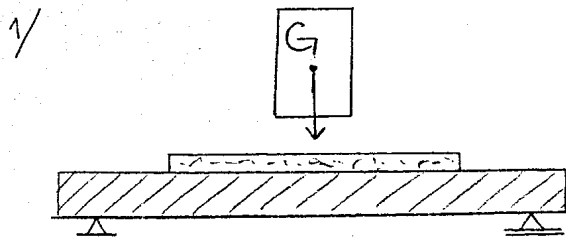
CILJ IZLOŽENJA DINAMIČKOG OPT. JE DA ODREDIMO SOPSTVENE FREKVENCije, AMPLITUDU, PRIGUŠENJE I DINAMIČKI KOEFICIJENT.

KOD DRUMSKIH MOSTOVA PRAVE SE VEŠTAČKE NERAVNINE. PREKO NJIH PRELAZE TEŠKA VOZILA ( $v = 20 \text{ km/h}$ ;  $40$ ;  $60 \text{ km/h}$ ). KAD SE VOZILA SKLONE, MOST NASTAVLJA DA OSCILUJE. ZA TE OSCILACIJE ODREĐUJEMO  $T$  I PRATIMO PRIGUŠENJE.

KOD ŽELEZNIČKIH MOSTOVA OPTEREĆENJE JE KOMPOZICIJA KOJA PRELAZI BRZINOM  $30$ ,  $60$  ILI  $90 \text{ km/h}$ .



GREDNI NOSAČI :



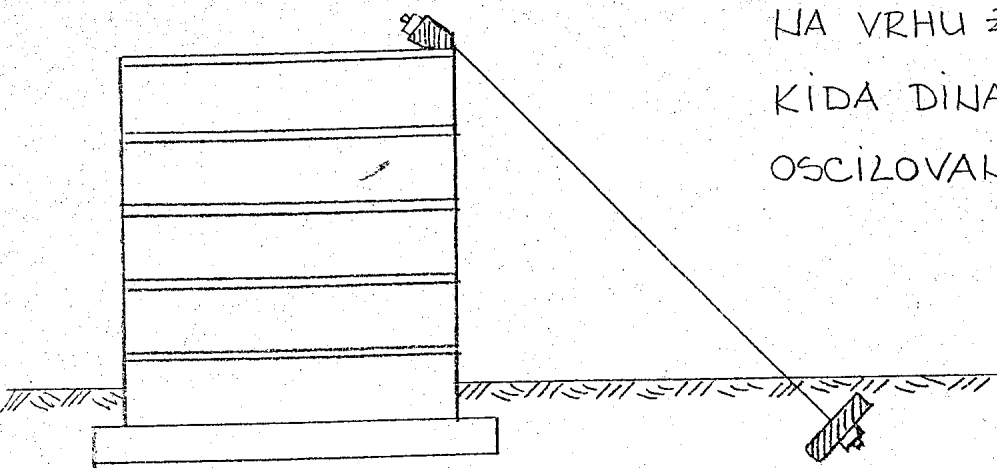
1/ SA VIŠINE  $2 \div 2,5 \text{ m}$  PUŠTA SE TERET DA PADNE NA GREDU. PUŠTA SE NA PODLOGU KOJA ŠTITI KONSTR. OD LOKALNOG LOMA. LOŠE JE TO ŠTO TERET OSTAJE NA GREDI.

2/ TERET JE PREKO UŽETA OBEŠEN O GREDU. PRESECANJEM UŽETA IZAZIVAMO OSCILACIJE

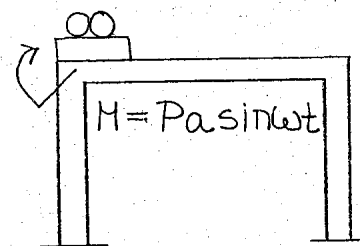
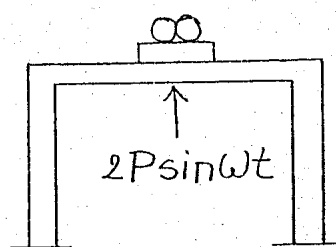
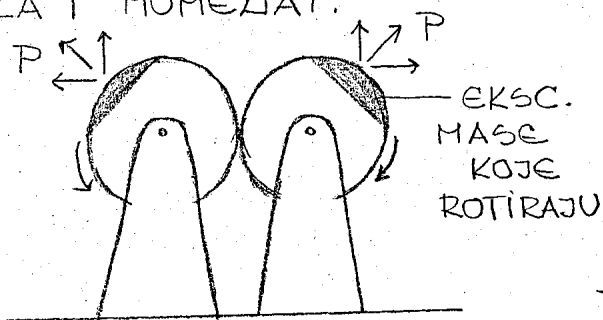
3/ ZATEZANJE UŽETA SA JEDNE STRANE POVEZANO ZA GREDU A DRUGE ANKVERISANO PRESECANJEM

UŽETA IZAZIVAMO OSCILACIJE.

VIŠESPRATNI OBJEKTI: - UŽE JE ZATEGNUITO I UKOTVJEŇENO NA VRHU ZGRADE. ONO SE PREKIDA DINAMITOM I TAKO IZAZIVA OSCILOVANJE ZGRADE



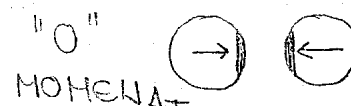
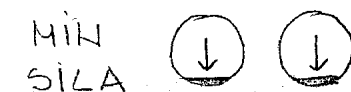
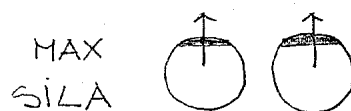
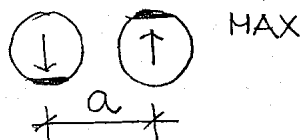
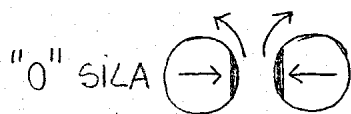
POSTOJE I TZV. VIBROMAŠINE KOJE MOGU POBUDITI NA OSCILOVANJE VELIKE OBJEKTE. SASTOJE SE OD DVA ILI VIŠE DISKOVA SA EKSCENTRIČNIM MASAAMA. OVIM MAŠINAMA SE MOŽE APLICIRATI I SILA I MOMENTAT.



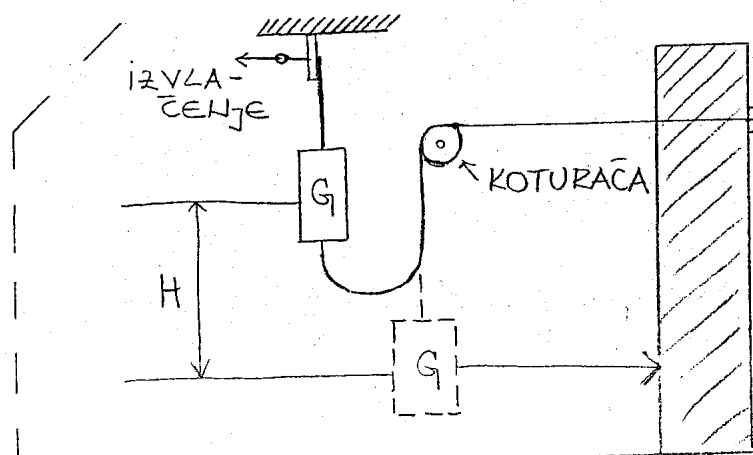
- U PITANJU JE KVAZISINUSNA POBUDA

SILA - SUPROTAN SMER OKRETANJA

MOMENTAT - ISTI SMER OKRETANJA



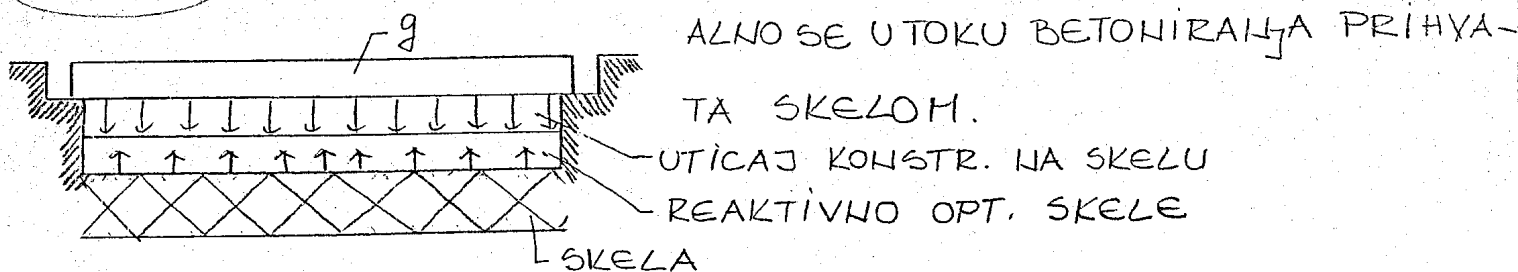
PRIMER REALIZACIJE HORIZONT. UDARNOG OPTEREĆENJA



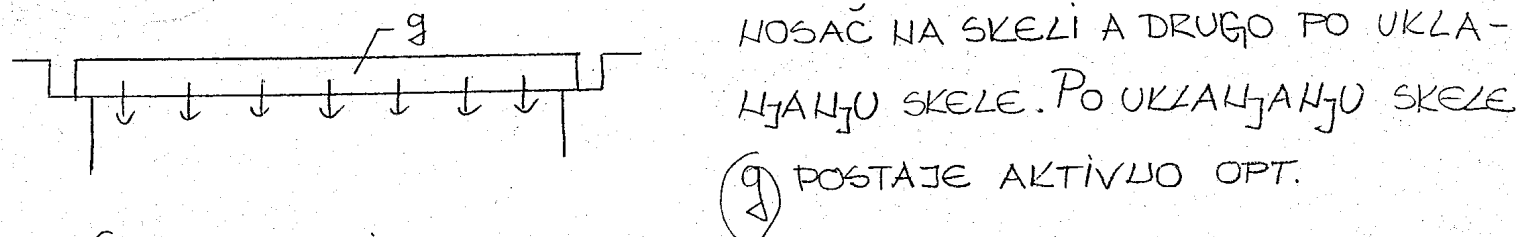
# 11. PRIKAZATI SA SKICAMA I OBJASNITI METODE ISPITIVANJA UTICAJA OD STALNOG OPT. NA KONSTRUKCIJE.

KONSTRUKCIJU PRATIMO OD SAMOG POČETKA I KROZ FAZE GRAĐENJA:

**I FAZA:** MONTAŽA NA SKELI - KONSTR. KOJA SE BETONIRA HORIZONT-

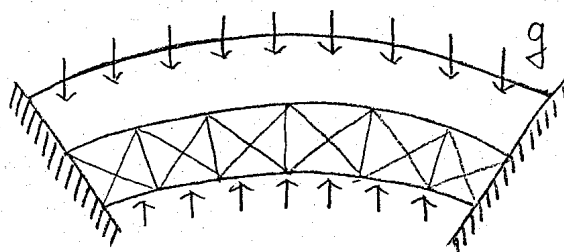


**II FAZA:** UKLANJANJE SKELE - NULTO MERENJE PRAVIMO DOK JE



SLIČNO JE I KOD LUKOVA:

**I FAZA:** NULTO MERENJE

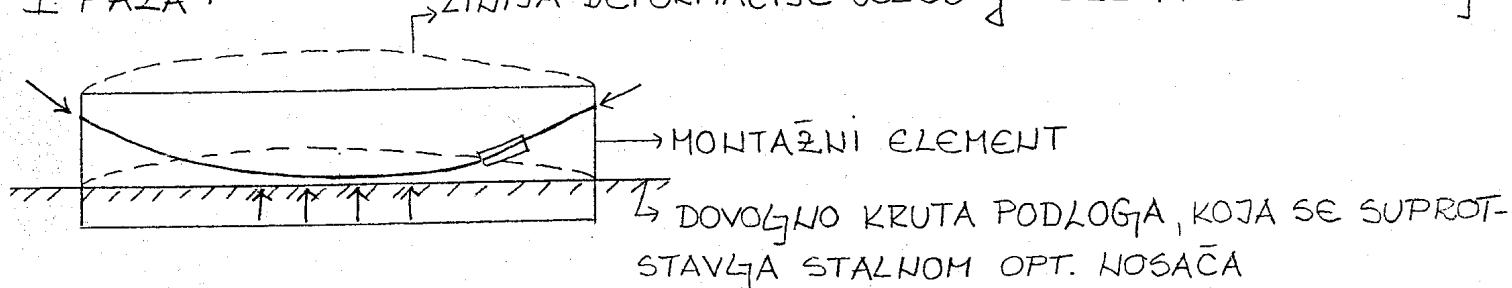


**II FAZA:** SPROVEDENO MERENJE NA ČISTOM LUKU, NAKON UKLANJANJA SKELE, DAJU NAM UTICAJ LUKA

AKO SE RADI O MOSTU MOGU SE ODREDITI I UTICAJI OD OSTALIH ELEMENATA MOSTA.

MOSTOVI OD MONTAŽNIH ELEMENATA:

**I FAZA:** LINIJA DEFORMACIJE USLED  $g$  I SILE PREDNAPREŽANJA



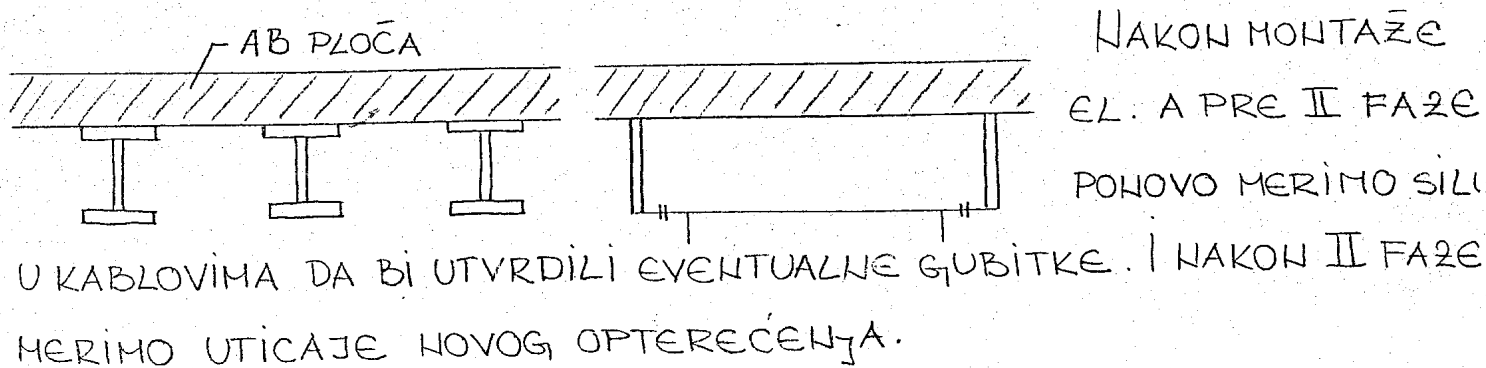
U OVOJ FAZI MOŽEMO MERITI I SILU U KABLU. OTVARAMO JEDAN DEO

OTVARAMO JEDAN DEO I NA NJEMU MERIMO EPCKVENCIJU OBLIKOVANJA

IZ KOJE DOBIJAMO  $\sigma$  I  $N$  U KABLU:  $\sigma_k = 3,2 \cdot 10^{-7} \cdot f^2 \cdot l_i$

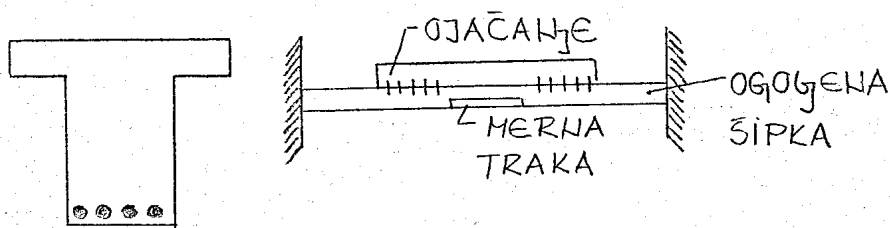
$$N = \sigma_k \cdot A_k$$

II FAZA: AB PLOČA PREKO PRETHODNO NAPREGNUTOG NOSAČA



VEĆE KOMPLIKACIJE NASTAJU AKO DOĐEMO NA KONSTR. NA KOJOJ NIJE IZVRŠENO NIŠTA OD NAVEDENIH MERENJA, A ZAHTEVA SE DEFINISANJE NAPONSKOG STANJA. TO SE REŠAVA OD SLUČAJA DO SLUČAJA.

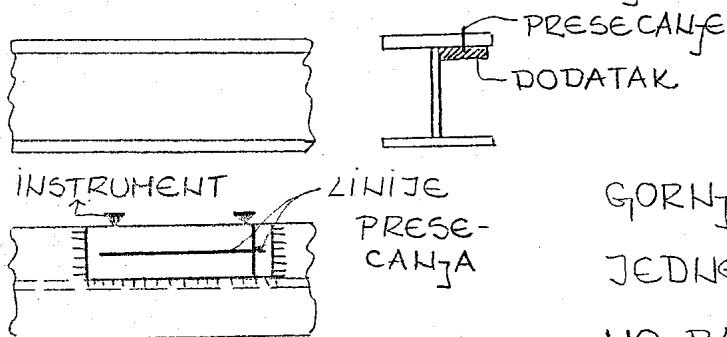
POSMATRAMO AB NOSAČ NA KOME TREBA IZVRŠITI MERENJA:



OGROBJAVAMO NAJPRISTUPAČNIJU ŠIPKU. NA NJOJ MERIMO  $f$  IZ KOG DEFINIŠEMO

$\sigma_a$  U ŠIPKI. OVO JE TEŠKO IZVODGLIVO KOD DEBELIH ŠIPKI, JER ONE NE OSCILUJU KAO NIT, VEĆ SE U OBZIR MORA UZETI I NJIHOVA KRUTOST. TAD NA ŠIPKU ZAVARUJEMO DODATAK ISTE NOSIVOSTI I NAKON TOGA PRESECAMO. TJ. RASTERECUJEMO ŠIPKU I DOBIJAMO  $\sigma_a$  I  $N$ . IZ  $\sigma_a$  DOBIJAMO  $\sigma_b$ .

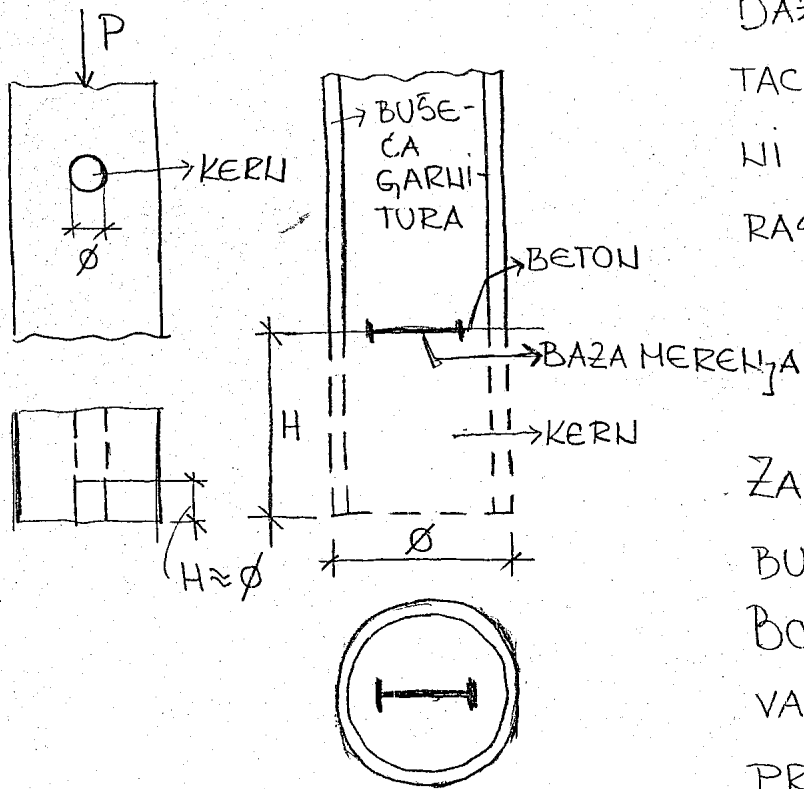
SLIČAN POSTUPAK PRIMENJUJE SE I ZA ČELIČNE NOSAČE:



KORISTIMO METODU LOKALNE DESTRUKCIJE - VRŠIMO PRESECANJE

GORNJE NOŽICE. STAVLJAJU SE OJAČANJA S JEDNE ILI OBE STRANE FLANŠE. DOBIJAMO RAZLIKU DILATACIJA, A IZ NJIH I NAPON U ŠTAPU.

SLIČNO SE POSTUPA I SA BETONSKIM PRESECIMA.



BAZA MERENJA DAJE NAM DILATACIJU KOJA ODGOVARA PROMENI STANJA OD NAPREZANJA DO RASTEREĆENJA ISECANJEM

ZA PREČNIK KERN  $\phi$ , DUBINA BUŠENJA TREBA DA BUDE  $H \approx \phi$   
BOJE REZULTATE DOBIJAMO VAĐENJEM KERN IZ CELOG PRESEKA ŠTO OMOGUĆAVA MERENJE SA DVE STRANE I DONOŠENJE ZAKLJUČAKA O CENTRIČNOSTI OPT. STUBA.

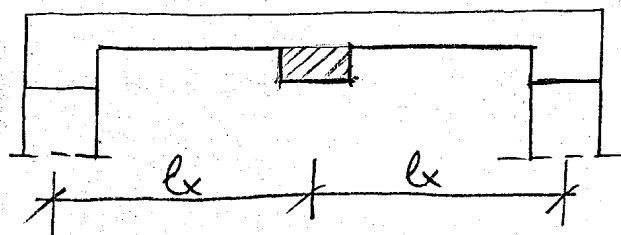
# 12. ОБЈАСНИТИ И ПРИКАЗАТИ ИЗБОР ШЕМЕ ОПТЕРЕЋЕЊА КОЈА ИСПИТУВАЊА ПЛОЧА РАЗЛИЧИТИХ СТАТИЧКИХ СИСТЕМА СА ОДГОВАРАЈУЋИМ ДИЈАГРАМИМА И СКИЦАМА

ЦИЉ НАМ ЈЕ ДА :

- а/ ШТО ЕФЕКТИВНИЈЕ ПОСТИГНЕМО ЕКСТРЕМНЕ ПРОЈЕКТОВАЊЕ УТИЦАЈЕ

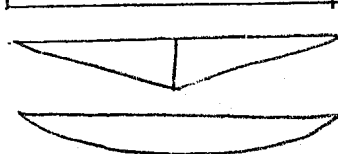
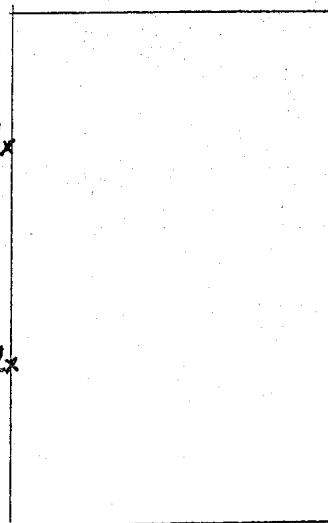
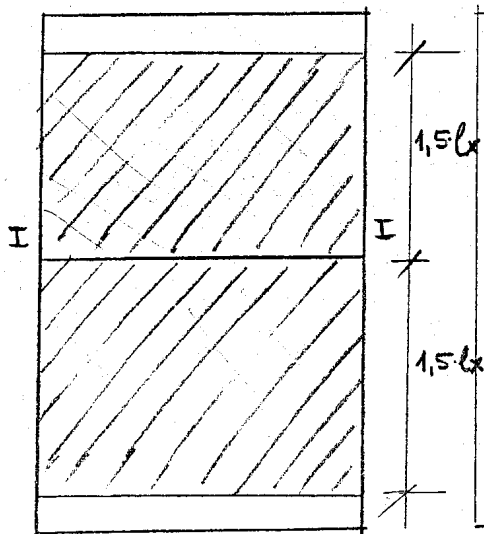
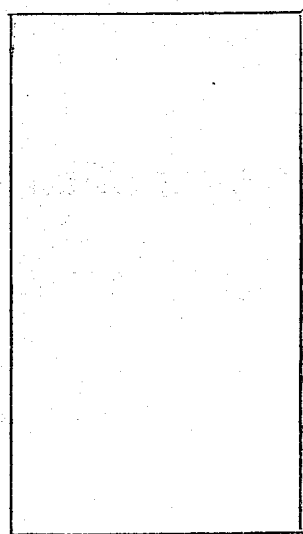
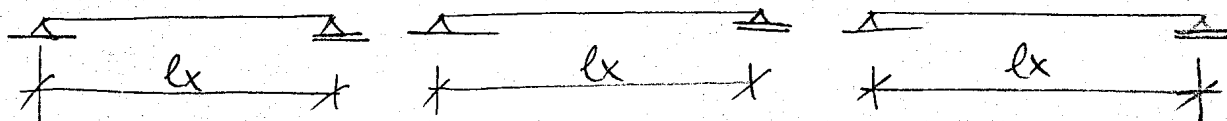
б/ ОСТВАРИМО ШТО БОЉИ УЧИНАК ОПТЕРЕЋЕЊА, ДА НАМ ПРАВИЛАН ПОЛОЖАЈ 2 ДАЈЕ ВЕЋЕ УТИЦАЈЕ

## 1 ПЛОЧЕ СИСТЕМА ПРОСТЕ ГРЕДЕ



$$l_y/l_x > 2$$

— ПЛОЧЕ КОЈЕ ПОСРЕ У ЈЕДНОМ ПРАВЦУ



(M)  
(U) } УТИЦАЈНЕ ЛИНИЈЕ

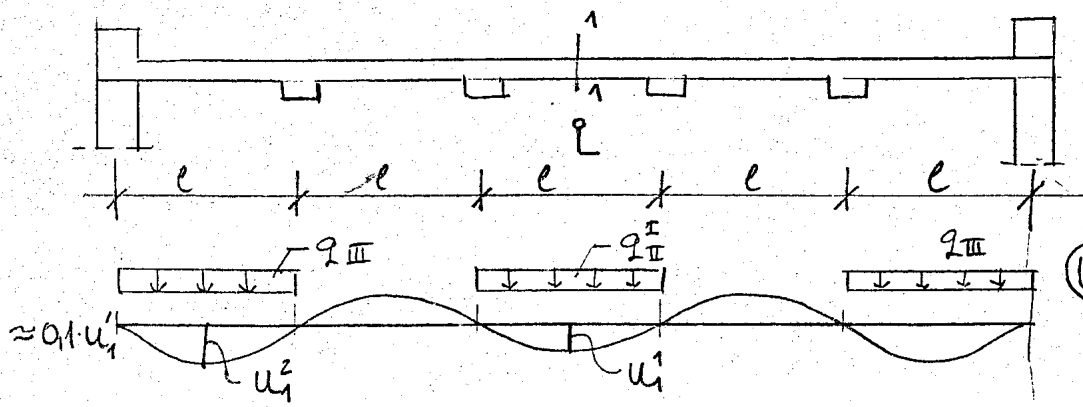
— ОВАКВУ ПЛОЧУ ДОВОЉНО ЈЕ ОПТЕРЕТИТИ НА ДУЖИНИ  $1.5 \cdot l_x$  СА ОБЕ СТРАНЕ ПОСМАТРАНОГ ПРЕСЕКА (I-I). ОПТЕРЕЋЕЊЕ СЕ НАПОСМТРАЈУ ФАЗАМА И ТО :

I  $q = 0.5 \text{ kN/m}^2$  ; II  $q = 1.0 \text{ kN/m}^2$  ; III  $q = 1.5 \text{ kN/m}^2$  (ПУН ИЗНОС ОПТ.) ;

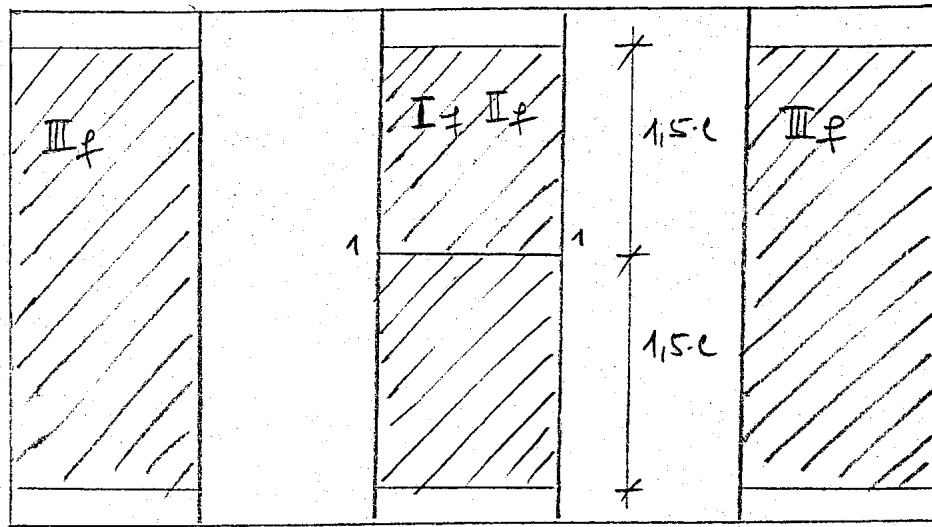
II'  $q = 1.0 \text{ kN/m}^2$  ; I'  $q = 0.5 \text{ kN/m}^2$  ; 0'  $q = 0 \text{ kN/m}^2$



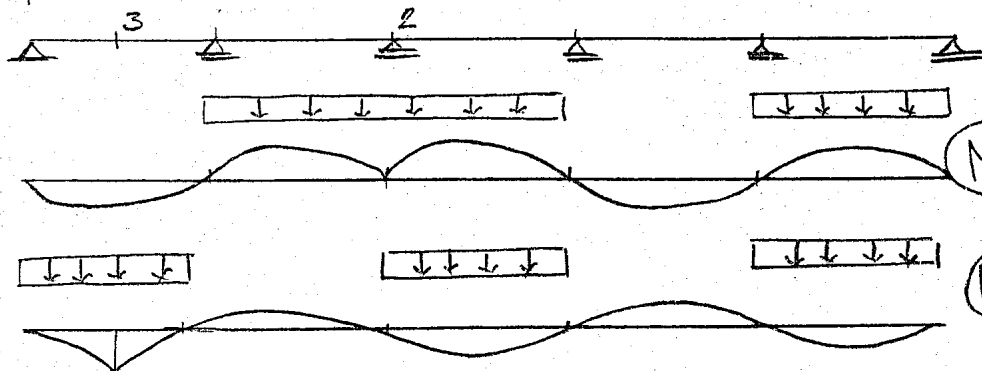
② Континуалне плоче - носе у једном правцу. Плоче су опоре и привлаке или зглобе



( $u_{1-1}$ ) - Утицајна линија за угibe у пресеку 1-1



- Оптерећење се прво наноси на дужици плоче  $1,5 \cdot l$  лево и десно посматраног пресека, а у наредним фазама и на остале делове плоча којих ће се повећавати трајени утицаји (таког у дужици  $3 \cdot l$ )

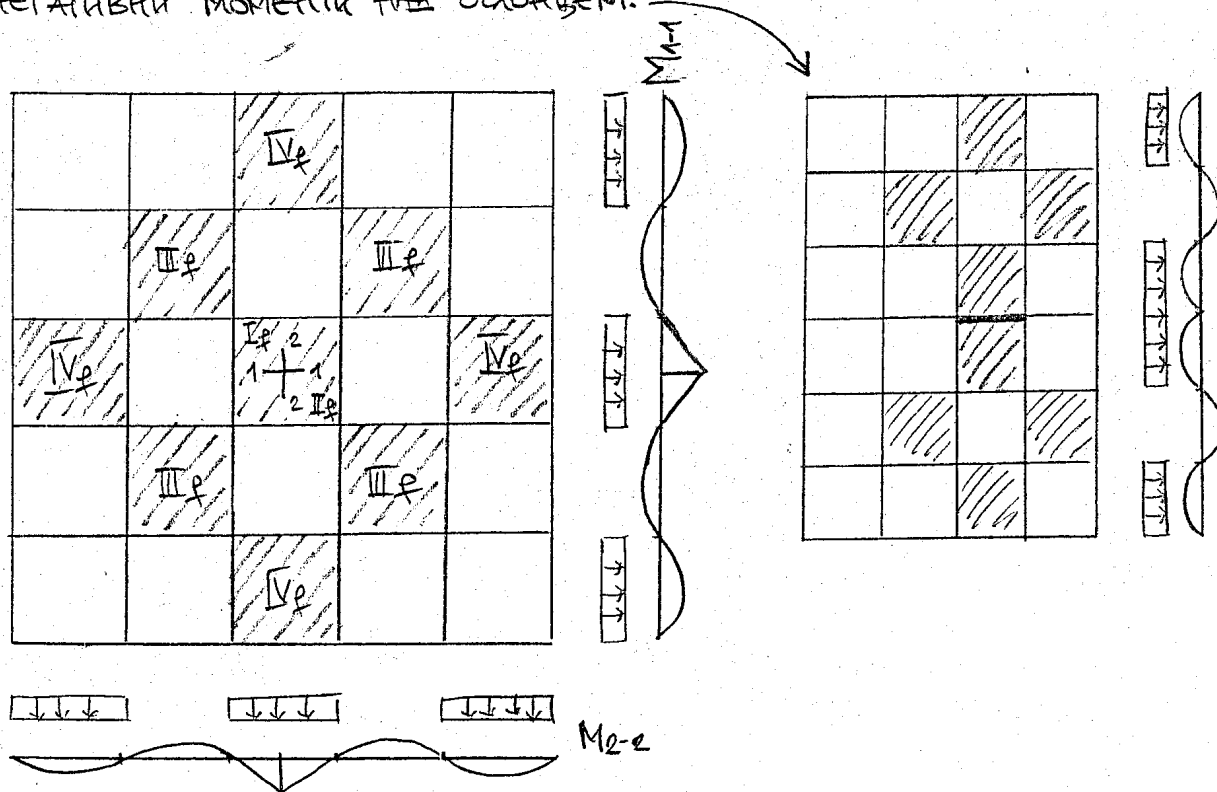


( $M_2$ )  
( $M_3$ ) } Утицајне линије

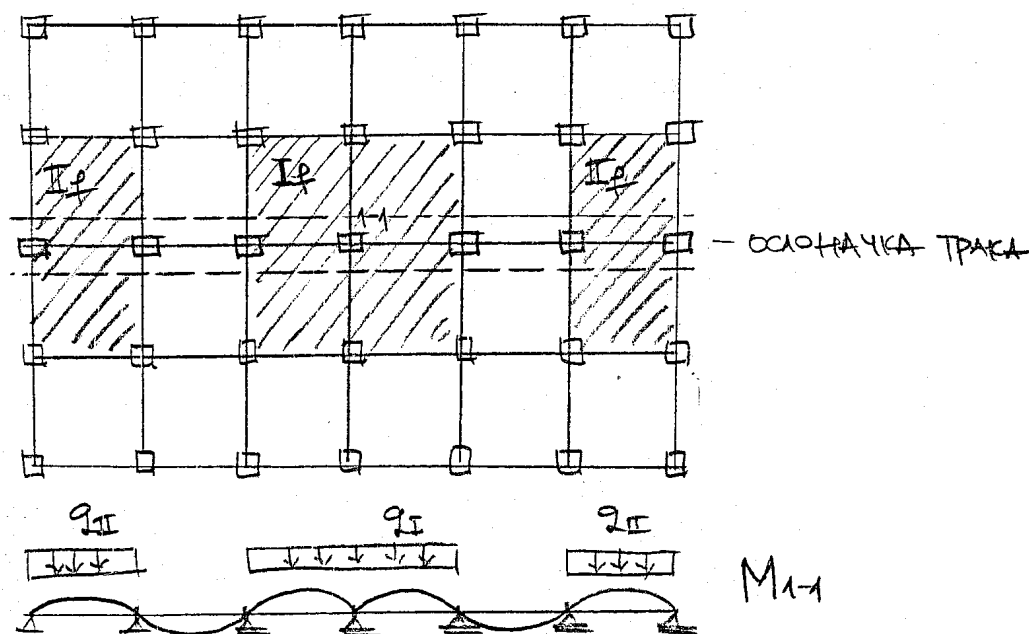
### ③ КРОСТАТО АРМИРАНЕ ПЛОЧЕ — ПРЕПОСЕ ОПТ. У ДВА ПРАВИЦА

— ОПТЕРЕЖЕЊЕ ПОДА СЕ ВРШИ ПО ФАЗАМА, А ОПТЕРЕЖУЈУ СЕ ПОД ПО ПРИНЦИПУ ШАХОВСКЕ ТАБЛЕ

— НЕГАТИВНИ МОМЕНТИ НАД ОСЛОЊЕМ.



### ④ ПЕЧУРКАСТЕ ПЛОЧЕ — РАЧУНАНО ИХ ПРЕКО ЗАМЕЊУЈУЋИХ РАМОВА



14. ОБЈАСНИТИ ОСНОВНЕ ПРИНЦИПЕ КОД ИСПИТИВАЊА ПОНАШАЊА ГРЕДА СИСТЕМА ПРОСТЕ И ОБОСТРАНО УКЉЕШТЕНЕ

(12) ГРЕДЕ ОПТЕРЕЋЕНЕ ЈЕДНАКОПОДЕЉЕНИМ ОПТ. ДЕТАЉНО ПРИКАЗАТИ ДИСПОЗИЦИЈЕ ИНСТРУМЕНТА И АНАЛИЗУ ИЗМЕРЕЊИХ РЕЗУЛТАТА.

- ГРЕДНИ НОСАЧИ (ПРОСТА, ОБОСТРАНО УКЉЕШТЕНА...) СУ ВЕОМА ЧЕСТИ КОНСТРУКТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ, ПА ЈЕ НЕОПХОДНО ПОЗНАВАТИ ЊИХОВО ПОНАШАЊЕ ПОД ОПТЕРЕЋЕЊЕМ КАО И НАЧИНЕ И ПРИНЦИПЕ ИСПИТИВАЊА ЊИХОВОГ ПОНАШАЊА.

- ЗА ГРЕДЕ СЕ МЕРЕЊИМА ЛАКО МОГУ ОДРЕДИТИ ОПШТЕ, ЕЛАСТИЧНЕ, КРАЈЊЕ И ЗАОСТАЛЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ. ГРЕДА СЕ ПРИ ТОМЕ ИСПИТУЈЕ У 3 СТАЊА:

1/ ПРЕ НАНОШЕЊА ОПТЕРЕЋЕЊА ✓

2/ НАКОН ОПТЕРЕЋЕЊА ✓

3/ НАКОН РАСТЕРЕЋЕЊА ✓

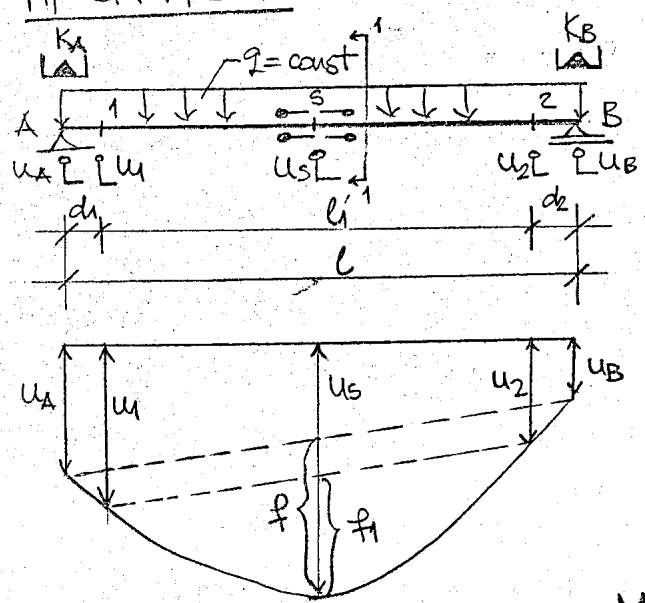
- ЕЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ СЕ ДОБИЈУ РАЗЛИКОМ ЧИТАЊА 3/ И 2/; ЗАОСТАЛЕ 3/ И 1/ И КРАЈЊЕ 2/ И 1/

✱ ПОСТАВЉАЊЕ ИНСТРУМЕНТА

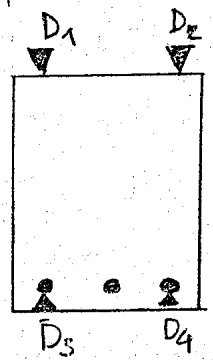
- ИНСТРУМЕНТИ ЗА МЕРЕЊЕ ОПШТИХ ДЕФОРМАЦИЈА СЕ ПОСТАВЉАЈУ НА МЕСТИМА ГДЕ СЕ ОЧЕКУЈУ НАЈВЕЋИ УГИБИ (НАД ОСЛОЊЦЕМ И У СРЕДИНИ ГРЕДЕ) И НАЈВЕЋЕ ПРОМЕНЕ НАГИБА ЕЛАСТИЧНЕ ЛИНИЈЕ (ОСЛОЊЦИ). ВЕОМА ЧЕСТО СЕ УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ УГИБА НЕ МОГУ ПОСТАВИТИ ДИРЕКТНО НАД ОСЛОЊЦИМА, ПА СЕ ОНИ ПОСТАВЉАЈУ НА ОДОЈАЊУ  $d_1$  И  $d_2$  ОД ОСЛОЊАЦА КА СРЕДИНИ ГРЕДЕ.

- ИНСТРУМЕНТИ ЗА МЕРЕЊЕ ЛОКАЛНИХ ДЕФОРМАЦИЈА СЕ ПОСТАВЉАЈУ НА МЕСТИМА ГДЕ СЕ ОЧЕКУЈУ НАЈВЕЋЕ ДЕВИЈАЦИЈЕ (СРЕДИНА ГРЕДЕ ЗА  $q = \text{const}$ ). НАЈБОЉИ ПРИНЦИП КОД МЕРЕЊА ЛОКАЛНИХ ДЕФОРМАЦИЈА ЈЕ ПРИНЦИП ОПАСАВАЊА ПРЕСЕКА, КОЈИ ПОДРАЗУМЕВА ПРАВИЛАН РАСПОРЕД ИНСТРУМЕНАТА ПО ОБИМУ ПРЕСЕКА. ДЕФОРМЕТАР СТАВЉАМО НА ОГОЂЕНУ АРМАТУРУ, ДА НЕ БИ МЕРНИ ГИПОТИ УСЛЕД ОТВАРАЊА ПРСКЛИНА (НАПР. ДА БЕТОН НОСИ ЗАТЕЗАЊЕ  $12 \text{ MPa}$ ).

# 1) ПРОСТА ГРЕДА



## ПРЕСЕК 1-1



$$f = u_S^{MER} - \frac{u_A + u_B}{2} ; f = u_S^{STV}$$

- АКО НЕ ЗНАМО  $u_A$  И  $u_B$ ,  
 НЕТО САМО  $u_1$  И  $u_2$ , ОНАКА  
 ЌЕ ДА ЈЕ ОБРАТНЕ ПРЕСЕКА 1  
 И 2 ИСТО КАО И А И В.

- ПОСНАТРАЖНО НОБУ ГРЕДУ РАСПОСТА  $l_1$ :

$$l_1 = l - (d_1 + d_2)$$

$$M_1 = \frac{ql}{2} \cdot d_1 - \frac{qd_1^2}{2} = \frac{qd_1}{2} \cdot (l - d_1)$$

$$M_2 = \frac{ql}{2} \cdot d_2 - q \cdot \frac{d_2^2}{2} = \frac{qd_2}{2} \cdot (l - d_2)$$

$$f_1 = f_1(z) + f_1(u_1) + f_1(M_2)$$

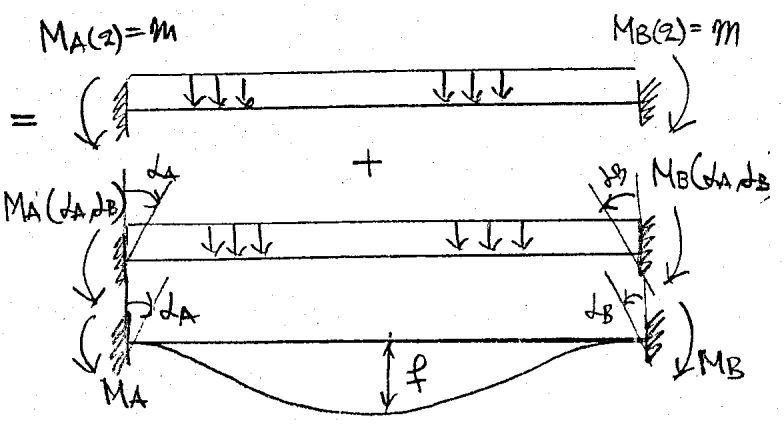
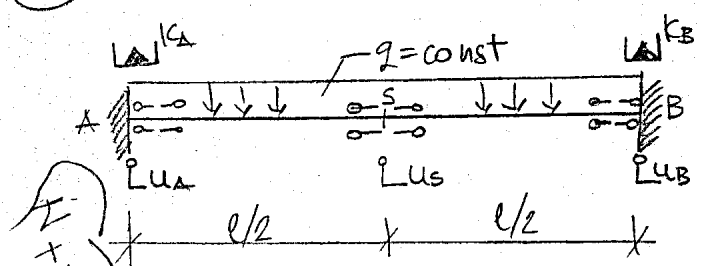
$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} + \frac{M_1 \cdot l_1^2}{16EI} + \frac{M_2 \cdot l_2^2}{16EI} = \frac{1}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} [5l^2 + 12d_1 \cdot (l - d_1) + 12d_2 \cdot (l - d_2)]$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI}$$

$$Q_2 = \frac{f}{f_1} = \frac{5l^4}{5l^4 + 12d_1 l^2 \cdot (l - d_1) + 12d_2 l^2 \cdot (l - d_2)} \Rightarrow f = Q_2 \cdot f_1$$

- АКО ЈЕ  $d = d_1 = d_2 \Rightarrow Q_2 = \frac{5l^4}{5l^4 + 24l^2 \cdot d \cdot (l - d)}$

# 2) ОБОСТРАНО У КЛЕШТЕНА ГРЕДА



$$M_A = M_A(z) + M_A(\delta_A, \delta_B)$$

$$M_B = M_B(z) + M_B(\delta_A, \delta_B)$$

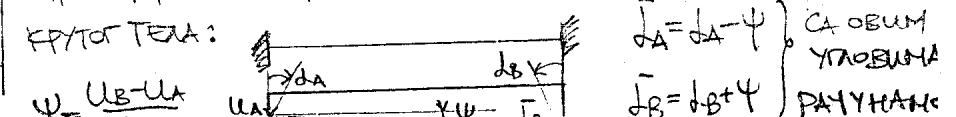
$$M_A(z) = M_B(z) = m = \frac{ql^2}{12}$$

$$M_A(\delta_A, \delta_B) = \frac{2EI}{l} \cdot (\text{tg } \delta_B + 2\text{tg } \delta_A) ; M_B(\delta_A, \delta_B) = \frac{2EI}{l} \cdot (\text{tg } \delta_A - 2\text{tg } \delta_B)$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} - \frac{2m}{16EI} \cdot l^2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} - \frac{l^2}{16EI} \cdot [M_A(\delta_A, \delta_B) + M_B(\delta_A, \delta_B)]$$

$$EI = \frac{ql^4}{48 \cdot [3f - l \cdot (\text{tg } \delta_A + \text{tg } \delta_B)]}$$

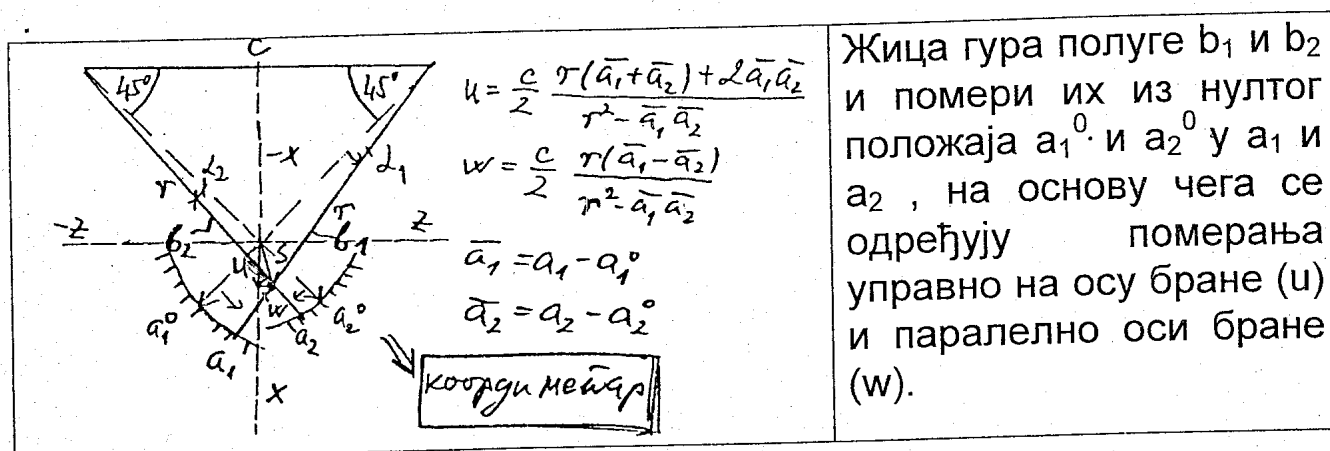
- ПРИ ПРОРАЧУНУ ГРЕДА ОБИЧНО ДЕФОРМАЦИЈЕ ГРЕДЕ КАО



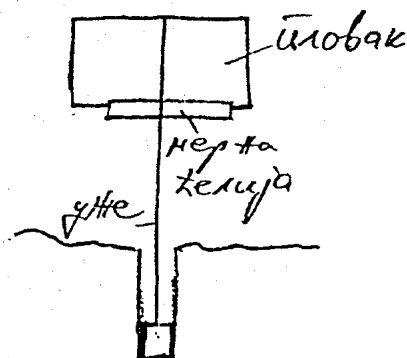
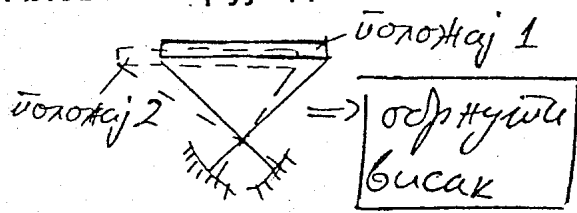
## Инструменти и методе за испитивање општег стања брана

- Геодетске методе – тахиметријско снимање, нивелман; висак са координетром; обрнути висак; клинометар штап; сонда за слегање.

\*) Висак са координетром: За одређивање хоризонталних померања и деформисане конфигурације бетонске бране. Обавезно код деформабилних брана (лучне, олакшане гравитационе). Саставни делови: жица (од инвара  $d=2.5\text{mm}$ ;  $\sigma_v=650\text{MPa}$ ); уређај за хватање; тег ( $G=2-2.5\text{kN}$  за  $L\approx 60\text{m}$ ); координетар ( $p_k=0.1\text{mm}$ , опсег  $50-75\text{mm}$ )



\*) Обрнути висак: Као висак са координетром, али се мерна ћелија не налази на дну (много влаге). Жица у темељу анкерована у стену, а у шахту при круни бране је везана за пловак и стоји вертикално. Пловак мирује док се помера кућиште.

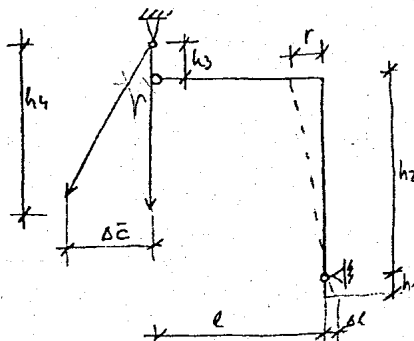
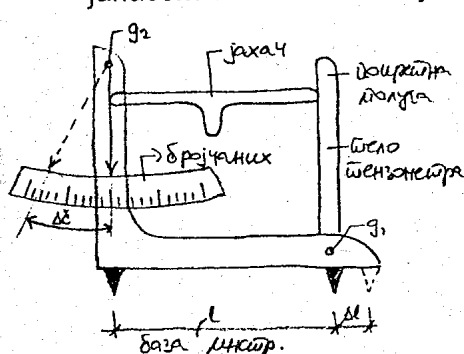


\*) Клинометар штап: тачност  $\approx 1''$ ; мерење обртања зона тачака ( $L=70-100\text{cm}$ ); у контролним галеријама су репери који су база инструмента; делови: цилиндрични штап, клинометар, дршке и ослонци; репери су од бронзе са заштитним капама (због влаге).

# 16. PRIKAZATI MEHANIČKE INSTRUMENTE ZA MERENJE LOKALNIH DEFORMACIJA : PRINCIP RADA, SPECIFIČNOSTI POSTAVLJANJA I OSLANJANJA ...

- Ekstenzometri su zajednički naziv za instrumente kojima se mere lokalne deformacije. Mogu biti: mehanički, električni, induktivni i akustični.
- Mehanički ekstenzometri su: tenzometar (Hugenberger i Galileo) i deformetar (Labiskon, Hugenberger, Pfender)

1) **TENZOMETAR** – sastoji se od poluga kojima se meri razmicanje njegovih baza. Oštrim nožicama, čije je rastojanje baza instrumenta, uređaj se zabija u konstrukciju. Merimo promenu dužine baze. Telo tenzometra je u obliku slova L. Brojčanik se nalazi na telu tenzometra. Pokretna poluga je jahačem vezana za kazaljku.



$$\frac{r}{h_2} = \frac{\Delta l}{h_1} ; \frac{r}{h_3} = \frac{\Delta \check{c}}{h_4} \Rightarrow \Delta \check{c} = r \cdot \frac{h_4}{h_3} = \frac{h_4}{h_3} \cdot \frac{h_2}{h_1} \cdot \Delta l \Rightarrow$$

$$\Delta l = \frac{\Delta \check{c}}{\frac{h_4}{h_3} \cdot \frac{h_2}{h_1}}$$

$u_T$

$$u_T = \frac{h_4}{h_3} \cdot \frac{h_2}{h_1} - \text{uvećanje tenzometra}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta \check{c}}{u_T \cdot l} - \text{dilatacija}$$

$u_T = 1000$  – osnovno uvećanje ;  $l = 20$  mm – osnovna baza

- za osnovno uvećanje i bazu, a za širinu jedne podele na brojčanicu od 1 mm imamo:

$$\Delta l_{(1)} = \frac{1}{1000} = 0,001 \text{ mm} - \text{podatak instrumenat.}$$

- na čeliku (vrlo homogen materijal) uzima se baza od 20 mm. Što je materijal homogeniji i baza je manja. Za beton se ide sa  $l_{\min} = 100$  mm zbog zrna agregata koja mogu biti do 64 mm,  $l_{\max} = 250$  mm.

$$l = 100 \text{ mm} ; u_T = 1000 \Rightarrow \epsilon_{(1)} = \frac{\Delta l_{(1)}}{l} = \frac{0,001}{100} = 10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm}} - \text{podatak izražen preko dilatacije}$$

$$\sigma_{(1)} = \epsilon_{(1)} \cdot E = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^4 \Rightarrow \sigma_{(1)} = 0,21 \text{ kN/cm}^2 - \text{podatak izražen preko napona za čelik}$$

- Za kamen baza može ići i do 1,0 m. Povećanje baze se ostvaruje posebnim dodacima.

- **Postavljanje instrumenta:** koristi se dvostruka i jednostruka stega, elastična igla... Ako se radi o čeličnoj konstrukciji, tenzometar se na nju postavlja direktno, udara se čekićem da bi se nožice urezale u čelik. Ako se radi o drvetu ili betonu, prvo se na njih postavljaju čelične pločice na koje se postavlja instrument. Jedan tenzometar opslužuje jedno mesto. Primena je ograničena na laboratorijske uslove, jer je instrument osetljiv na atmosferske uticaje, mehaničke uticaje ...

- **HUGENBERGER tenzometar** – osnovna baza mu je uvek 20 mm.

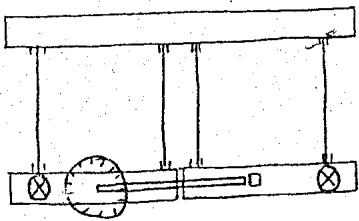
- **GALILEO tenzometar** – nema osnovnu bazu na telu, ali ima dodatak za sve baze. Ima dugme za postavljanje kazaljke u željeni položaj i dugme kojim se bira uvećanje instrumenat (200-1000). Broj podela je 40. Čitanje :  $\check{c} = ab, c$  ,  $ab$  – čitamo sa brojčanika  
 $c$  – slobodno procenjujemo

- pozitivna razlika je zatezanje

## 2) DEFORMETAR

- **Labiskon** – osnovni delovi su: jedna nepokretna poluga koja je cela i jedna nepokretna poluga koja je prekinuta, nožice, drška i ugibomer sat. Na jednoj polovini prekinute poluge je ugibomer sat čiji se pipak oslanja na odbojnik koji je na drugoj polovini.

- Za širinu jedne podele na brojčaniku od 1 mm, za  $l=250$  mm i  $u=1000$  imamo:



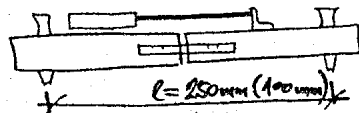
$$\Delta l_{(l)} = \frac{\Delta \check{c}}{u} = \frac{1}{1000} = 0,001 \text{ mm} \quad \varepsilon_{(l)} = \frac{\Delta l_{(l)}}{l} = \frac{0,001}{250} = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

$$\sigma_{(l)}^{\check{c}} = \varepsilon_{(l)} \cdot E_c = 2,1 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,084 \text{ kN/cm}^2$$

- Postoji mogućnost promene baze, pa za  $l=100$  mm,  $u=1000$  imamo:

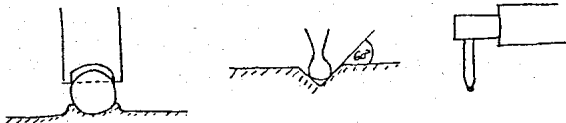
$$\Delta l_{(l)} = \frac{\Delta \check{c}}{u} = \frac{1}{1000} = 0,001 \text{ mm} \quad \varepsilon_{(l)} = \frac{\Delta l_{(l)}}{l} = \frac{0,001}{100} = 10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

$$\sigma_{(l)}^{\check{c}} = \varepsilon_{(l)} \cdot E_c = 2,1 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,21 \text{ kN/cm}^2$$



- Svi instrumenti koji mere deformacije imaju osobinu  $\Delta \check{c} = \check{c}_p - \check{c}_0 > 0$  – zatezanje, osim labiskona sa  $l=250$  mm.

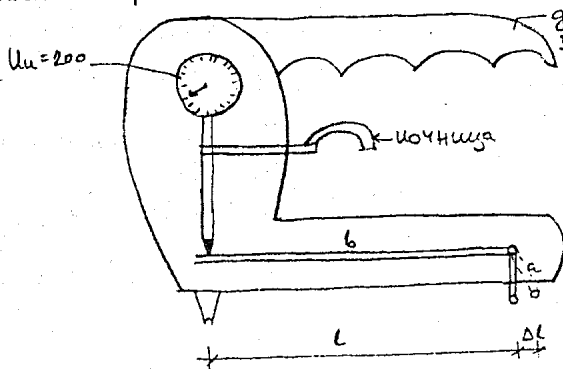
- **Hugenberger** – poluge se nalaze u cevi zbog bolje zaštite od atmosferskih uticaja. Oslanjanje deformetra može biti: a) preko kalotastog oslonca koji naleže na kuglicu utisnutu u konstrukciju  
b) preko kuglice koja naleže u konusnu rupu.



- Pribor za pripremu baze:

- 1) obeleživač – udarcem čekićem obeležavamo mesto
- 2) oblikon – njime se dobija oblik kuglice na mestu na koje se ona postavlja
- 3) fiksir – fiksira kuglicu

- **Pfender** – sastoji se iz : tela sa jednom nepokretnom nožicom, ugibomer sata, raznokrake poluge čiji je kraći krak pokretna nožica, a duži se oslanja na pipak ugibomer sata.



- Promena dužine koja se prenosi preko pokretne nožice, uvećava se za odnos krakova poluge  $b/a=5$  i takva se prenosi na pipak ugibomera.

$U_P=5$ ,  $u_U=200 \Rightarrow u_{PF}=5 \cdot 200=1000$  – uvećanje Pfendera

$l_{\max}=100$  mm, uz mogućnost smanjenja na 10,20,50,80 mm

- Nožice imaju kalotaste krajeve, pa oni očekuju kuglice na koje se postavljaju

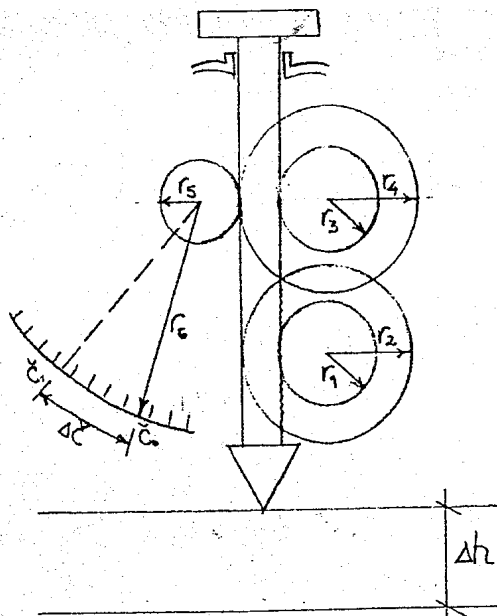
- Ni jedan deformetar se ne postavlja na konstrukciju, postavljaju se samo baze. Zato jedan deformetar može da opsluži celu konstrukciju, tj. više mernih mesta.

**Redukcija uticaja od temperature:** uz svaku deformetarsku bazu formiramo i bazu na kontrolnom štapu. Kontrolni štap je od istog materijala, kao i konstrukcija, ali je nezavisan od opterećenja koje deluje na konstrukciju. Razlika čitanja na konstrukciji i kontrolnom štapu daje nam uticaje bez temperature.

# 17. OBJASNITI I PRIKAZATI NA SKICAMA KONSTRUKCIJU I KARAKTERISTIKE OSNOVNIH INSTRUMENATA ZA MERENJE OPŠTIH DEFORMACIJA

**1) UGIBOMERI** – instrumenti koji služe za merenje pomeranja (ugiba).

- Osnovni delovi su: kućište, brojčanik, zaštitno vlakno, vreteno, pipak ugibomer sata i sistem zupčanika (oni translatorno pomeranje vretena pretvaraju u rotaciono pomeranje kazaljke sata).



$\Delta h$  – detektovano čitanje

$$\Delta h = l_1 = r_1 \cdot \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\Delta h}{r_1}$$

$$l_2 = r_2 \cdot \varphi_2 ; \varphi_2 = \varphi_1 \Rightarrow l_2 = \frac{r_2}{r_1} \cdot \Delta h$$

$$l_3 = l_2 = r_3 \cdot \varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 = \frac{r_2}{r_1 \cdot r_3} \cdot \Delta h$$

$$l_4 = r_4 \cdot \varphi_4 ; \varphi_4 = \varphi_3 \Rightarrow l_4 = \frac{r_2 \cdot r_4}{r_1 \cdot r_3} \cdot \Delta h$$

$$l_5 = l_4 = r_5 \cdot \varphi_5 \Rightarrow \varphi_5 = \frac{r_2 \cdot r_4}{r_1 \cdot r_3 \cdot r_5} \cdot \Delta h$$

$$l_6 = \Delta \check{C} = r_6 \cdot \varphi_6 ; \varphi_6 = \varphi_5 \Rightarrow l_6 = \frac{r_2 \cdot r_4 \cdot r_6}{r_1 \cdot r_3 \cdot r_5} \cdot \Delta h = \Delta \check{C}$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{\Delta \check{C}}{\frac{r_2 \cdot r_4 \cdot r_6}{r_1 \cdot r_3 \cdot r_5}}$$

$\Delta \check{C}$  – razlika čitanja na ugibomeru

$$r_2, r_4, r_6 > r_1, r_3, r_5 \Rightarrow \frac{r_2 \cdot r_4 \cdot r_6}{r_1 \cdot r_3 \cdot r_5} > 1 \Rightarrow \Delta h < \Delta \check{C}$$

**1. karakteristika** ugibomer sata je uvećanje  $u_U$ . Uvećanje zavisi od konstrukcije ugibomera. To je stalan, poznat broj: 10, 100, 1000. na brojčaniku ugibomera se navodi ili  $u_U$  ili  $1/u_U$ .

$$u_U = \frac{r_2 \cdot r_4 \cdot r_6}{r_1 \cdot r_3 \cdot r_5} \quad \Delta h = \frac{\Delta \check{C}}{u_U}$$

**2. karakteristika** ugibomer sata je podatak ugibomera  $p_U$ :

$$\Delta \check{C} = 1,0 \text{ mm} \Rightarrow p_U = \Delta h_{(1)} = \frac{1}{u_U} \text{ - to je tačnost ugibomer sata : 0,1 mm, 0,01 mm, 0,001 mm}$$

**3. karakteristika** ugibomera je opseg merenja. To je max ugib koji možemo da izmerimo (10-50 mm), odnosno max pomeranje vretena. Najčešći proizvođači „Borleti“ i „Hugenberger“

- Čitanje: postoje dve kazaljke – velika i mala. Mala kazaljka je merač višeg reda i pomeri se za 1 podeok kada velika kazaljka pređe ceo krug. Na velikom brojčaniku je obično broj podela 100. registrovano čitanje se zapisuje u sledećem obliku:

$\check{C} = ab \text{ cd}$

ab – mala kazaljka

cd – velika kazaljka

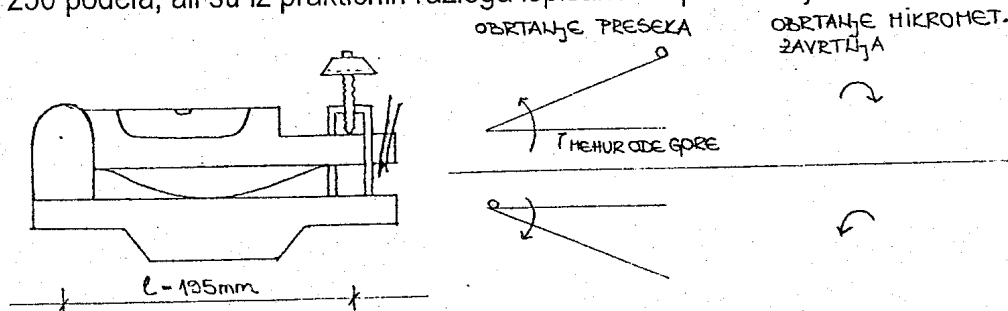
podela: 1) kontakti ugibomer sat

2) ugibomer sa žicom : a) sa kalemom (bez vretena) ; b) Hugenberger sa vretenom na kome su 2 stegne kroz koje se provuče žica, stegne se i žica vuče vreteno gore-dole. Stege mogu biti: mehaničke, magnetne i zmijaste

**2) KLINOMETRI** – instrumenti za merenje nagiba konstrukcije ili elemenata konstrukcije.



- uz merenje ugiba, nagibi konstrukcija nam daju potpunu sliku njenog ponašanja. Pomoću merenja nagiba proveravamo da li su pretpostavke o vrsti oslonca koji se koristi tačne, odnosno da li je oslonac dobro izveden (npr. ako nema nagiba, ostvareno je uklještenje).
- osnovni delovi: kruta poluga, na donjoj strani je univerzalna stega ; na gornjoj strani je libela koja je na jednom kraju zglobovno vezana za polugu, a drugi kraj je slobodan ; mikrometarski zavrtanj sa brojem (broj 40 znači da se zavrtanj može okrenuti 40 puta) ; elastična opruga koja libelu drži u ravnoteži.
- mikrometarski zavrtanj pomera slobodni kraj libele po vertikali. Kod Hugenberger klinometra zavrtanj ima 250 podela, ali su iz praktičnih razloga ispisane 10 puta manje vrednosti.



- Klinometar se namesti na konstrukciju u pravcu u kojem se meri obrtanje tako da je zavrtanj uvek sa desne strane. Sam zavrtanj je u zaštitnoj kutiji na kojoj postoje prozorčići. Merenja u okviru jednog ispitivanja se uvek očitavaju na istom proizvođaču. Kada se klinometar postavi na konstrukciju i dovede u ravnotežu (horizontalni položaj), očita se podatak na zavrtanju. Zatim se konstrukcija optereti, pri čemu se pojavljuje „otklon“ od horizontale. Zavrtanjem vratimo libelu u horizontalu i pročitamo novi podatak na zavrtanju. Razlika čitanja množi se sa podatkom zavrtanja i time se dobija nagib.

$h$  – razlika čitanja ;  $n$  – broj podela ;  $p_k$  – podatak

$$\hat{\alpha}_{(n)} = \frac{h}{n \cdot l} [\text{rad}] ; \alpha = \Delta \check{C} \cdot p_k ; n = 250$$

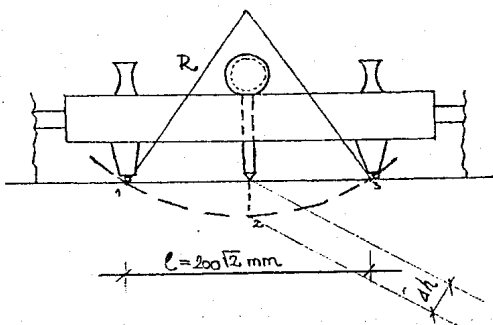
$$\frac{\hat{\alpha}}{\pi} = \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \Rightarrow \hat{\alpha}_{(1)} = \alpha'' \cdot \frac{\pi}{3600 \cdot 180} \Rightarrow \alpha'' = \frac{h \cdot 180 \cdot 3600}{n \cdot l \cdot \pi} ["]$$

Čitanje:  $\check{c} = n + abc$

$n$  – broj punih krugova (pun krug je kad 2 puta prođe kroz nulu) ;  $abc$  – očitavanje na limbu (3→30; 25→250; 10→100)

$\check{c}_0 = 0 + abc$  – početno čitanje ;  $\check{C} = \bar{0} + abc$  -  $\bar{0}$  - znači da smo prošli kroz nulu ali nismo napravili pun krug

**3) KRIVINOMERI** – instrumenti za merenje krivine elemenata konstrukcije.  $\kappa = M/EI$ .



- ne koristi se danas jer se bazira na pretpostavci, pa ne dobijamo stvarne rezultate.

- osnovni delovi: kruta poluga ; držač za ruke ; specijalno oblikovane nožice sa kuglicama ; ugibomer sat u sredini ; fiksiri sa strane.

Pretpostavka je da tačke 1,2,3 imaju uvek isti poluprečnik krivine  $R$  (aproksimira se kružnicom). U stvarnosti je to parabola trećeg reda.

$\Delta h$  – meri se ugibomer satom

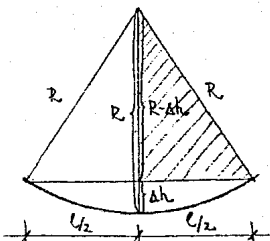
$$R^2 = (R - \Delta h)^2 + (l/2)^2 \quad R^2 = R^2 - 2R \cdot \Delta h + \Delta h^2 + 2 \cdot 10^4$$

$$2R \cdot \Delta h = 2 \cdot 10^4$$

$$R = \frac{10^4}{\Delta h} ; R_{(1)} = \frac{10^4}{10^{-2}} = 10^6 \Rightarrow R_{(1)} = 1,0 \text{ km} - \text{podatak krivinomera}$$

Svrha merenja je jednostavno i relativno tačno nalaženje ostvarenih presečnih

$$\text{sila u konstrukciji: } \frac{1}{R} = \frac{M}{EI} = \kappa$$



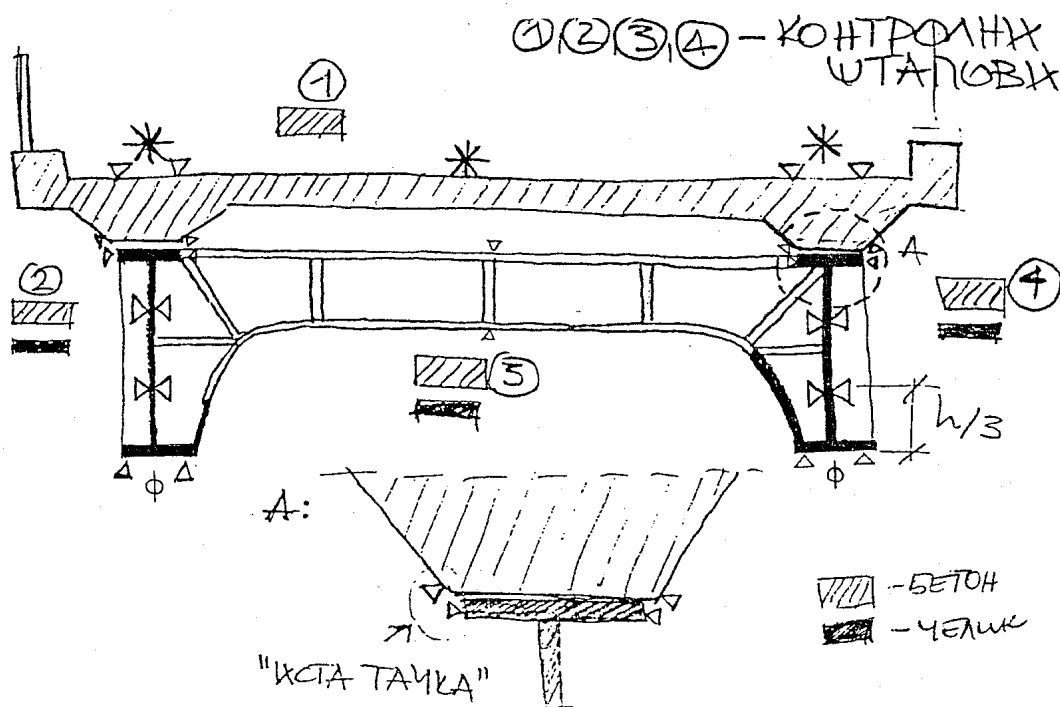
## 19 Principi ispitivanja spregnutih konstrukcija.

Kao kod ispitivanja bilo kakvih konstrukcija treba postaviti instrumente u kritične preseke, takodje je potrebno izmeriti opšte deformacije konstrukcije.

Svaki kritičan presek treba "opasati", postaviti instrumente tako da imamo potpunu sliku deformacija. Postavljamo instrumente u čoškove preseka i na trećinama ukoliko je presek većih dimenzija. Kod spregnutih konstrukcija presek posmatramo u celini, ali i parcijalno, svaki materijal posebno. Merimo dilatacije čelika posebno, a posebno dilatacije u betonu. Postavljamo rozete na kritičnim mestima betonskog dela konstrukcije. (npr. mere se lokalne deformacije ploče u tri pravca i na osnovu njih nalazimo glavne napone na tim mestima, pa potom i presečne sile).

Jako je bitno ispitati ponašanje konstrukcije na spoju materijala. Potrebno je izmeriti lokalne deformacije na spoju u "istoj tački". Treba postaviti instrumente za merenje u što bližim presecima na različitim materijalima.

Treba otkloniti uticaj temperature postavljanjem kontrolnih štapova sa odgovarajućim materijalom na sva tipična mesta. Primer postavljanja instrumenata je dat na skici.



## 20 Начини аплицирања оптерећења код статичких испитивања пробним оптерећењима

По карактеру и величини одговарају оптерећењима у експлоатацији. Стубови далековода: меродавно оптерећење је ветар и сила затезања кабла, а пробно оптерећење је концентрисана сила у врху.

Резервоар: раде се хидропробе (функционалност и водонепропусност).

Решеткасти носачи: концентрисане силе у чворовима.

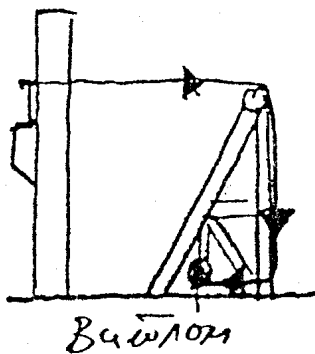
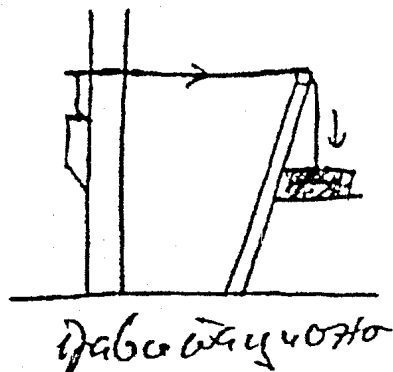
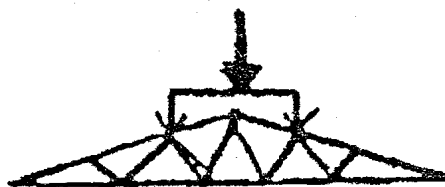
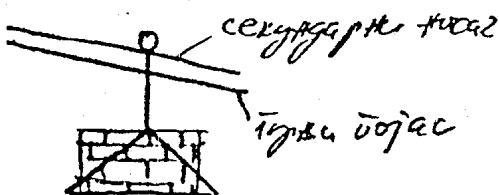
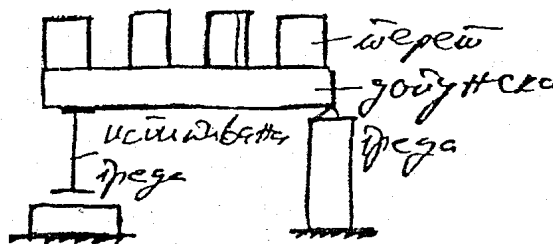
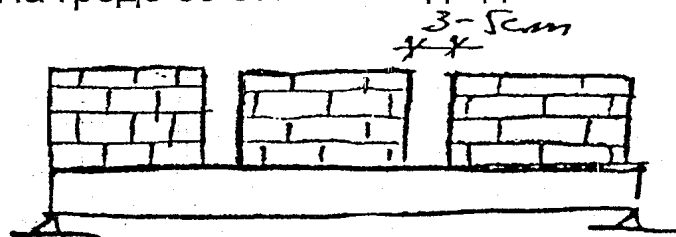
Међуспратне и кровне плоче: једнакоподељена оптерећења.

За погонска постројења пробно статичко оптерећење веће је од дозвољене носивости.

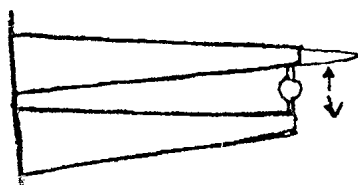
Реализација пробних оптерећења: реални (мостови, кранови); гравитациони принципи (џакови, цигле, ивичњаци); применом механичких средстава (пресе, витла, котураче, полуге) – динамометрима меримо аплициране силе.

Хидрауличке пресе: Пумпа која ствара притисак који се преноси на клип. Морамо знати зависност притиска на манометру и силе на преси. До 100kN, ход размака 100-315mm.

На греде се ставља зид од опеке или џакови.



за аплицирање  
horizontalnog  
opterećenja



За монтажне носаче- испитивање у пару.  
Размичање врхова два стуба.