

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



POPRAVKI I OJAČANJA

POPRAVCI I OJAČANJA

POPRAVCI I ZAŠTITA

- 1 Lokalni popravci
- 2 Sanacija pukotina
- 3 Površinska zaštita
- 4 Katodna zaštita
- 5 Ekstrakcija klorida
- 6 Realkalizacija

OJAČANJA

- 1 Lijepljenjem i omatanjem
- 2 Povećanjem presjeka
- 3 Prednapinjanjem i armiranjem
- 4 Dodavanjem novih elemenata
- 5 Ojačanja temelja i zidova
- 6 Zamjena ležajeva i sprečavanje pomaka

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

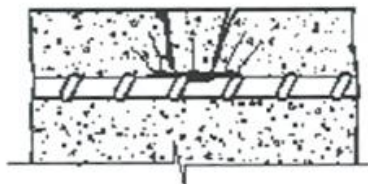
- Postupak „patching“ je tehnika popravka betonskih konstrukcija kojom se
 - oštećeni,
 - nezdravi ili
 - kontaminirani betonzamjenjuje novim materijalom koji može biti
 - novi beton,
 - sanacijski mort ili
 - neki drugi materijal.

- U slučaju da se radi o AB konstrukciji na kojoj je
 - uočena korozija armature
 - ili se zbog tankog, nepostojećeg ili kontaminiranog zaštitnog sloja sumnja da postoji,popravak zaštitnog sloja uključuje i
 - čišćenje korodirane armature,
 - te nanošenje zaštite od daljnjeg razvoja korozije prije nanošenja novog zaštitnog sloja.

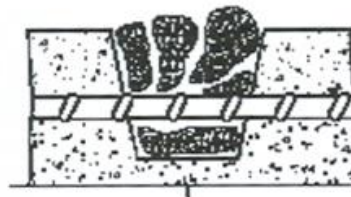
1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

■ Osnovne faze „patchinga“:

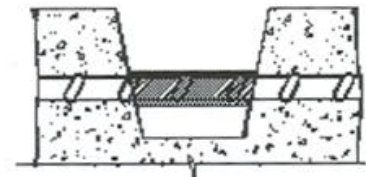
- Utvrđivanje oštećenog zaštitnog sloja i mjesta korozije
- Uklanjanje oštećenog zaštitnog sloja
- Priprema betonske površine i čišćenje armature
- Nanošenje novog zaštitnog sloja
- Nanošenje površinske zaštite



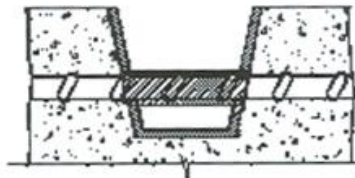
1. Utvrđivanje zaštitnog sloja i mjesta korozije armature



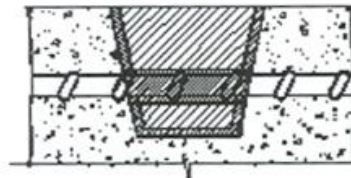
2. Uklanjanje oštećenog zaštitnog sloja betona



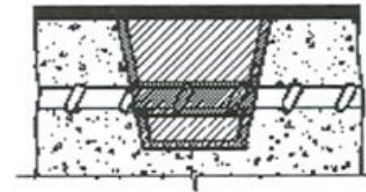
3. Čišćenje površine starog betona i armature, nanošenje zaštitnog premaza armature



4. Nanošenje veznog sloja na stari beton



5. Ugradnja sustava za popravak



6. Površinska zaštita

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

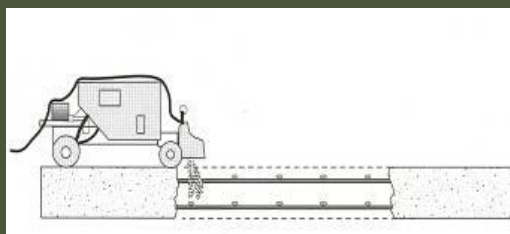
Uklanjanje betona

□ Postupci za uklanjanje betona su:

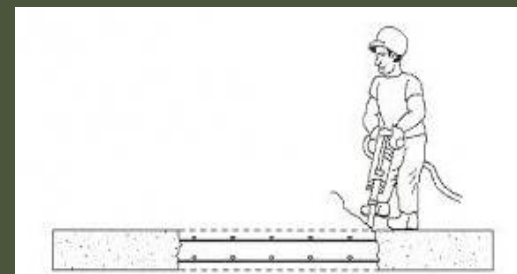
- drobljenje
- rezanje
- obrada glodalicom
- čekić s iglama
- pjeskaranje
- sačmarenje
- vodeno pjeskarenje
- hidrorazaranje
- uklanjanje plamenom
- udarni postupak
- otkidanje betona.



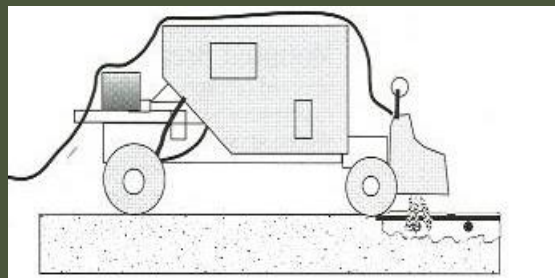
Uklanjanja oštećenog betona hidrorazaranjem



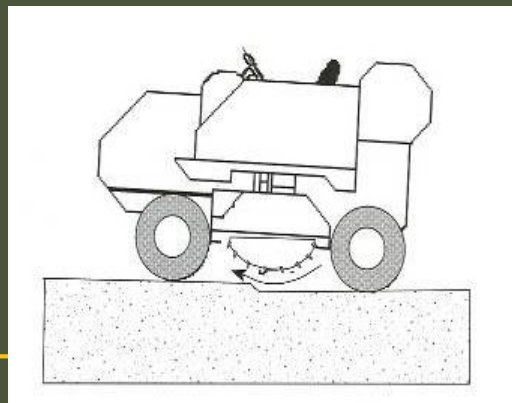
Hidrorazaranje u punoj debljini



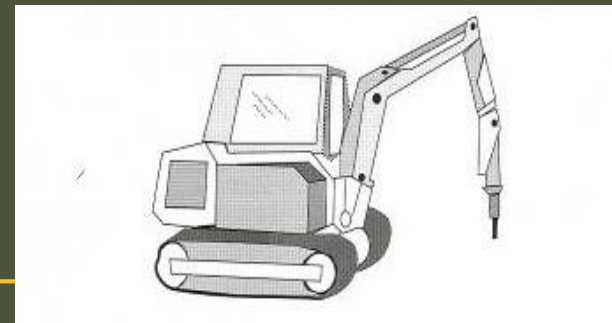
Ručno uklanjanje pneumatskim čekićem



Hidrorazaranje u djelomičnoj debljini



Obrada glodalicom



Strojno uklanjanje pneumatskim alatom

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Uklanjanje betona

- ❑ Uklanjanje se uglavnom odnosi na uklanjanje oštećenog i nezdravog betona,
- ❑ ali se u nekim slučajevima može ukloniti i zdravi beton radi izmjena na konstrukciji.
- ❑ Odabrani postupak mora biti
 - učinkovit,
 - siguran,
 - ekonomičan te
 - treba minimalizirati oštećenje betona koji ostaje.



Prikaz stupa kojem je uklonjen oštećen beton

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Priprema površina

- ❑ Priprema površine uključuje čišćenje i hrapavljenje površine betona
 - ⇒ u svrhu poboljšanja veze između starog betona i novog sanacijskog sustava.
- ❑ Prašina i sitne čestice materijala koje se nalaze na površini mogu sadržavati dovoljnu količinu nehidratiziranog cementa koji može vezati u prisutnosti vlage,
 - ⇒ te ga je potrebno ukloniti prije nego što vezivanje započne.
- ❑ Odabir postupka ovisi o prethodnom postupku uklanjanja betona i o vrsti sanacije koja slijedi.
- ❑ Uobičajeni postupci su:
 - pranje vodom
 - čišćenje parom ili plamenom
 - mlaz vode pod visokim tlakom
 - suho ili mokro pjeskarenje
 - mehaničko ili kemijsko čišćenje.



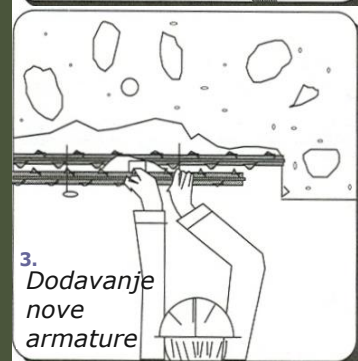
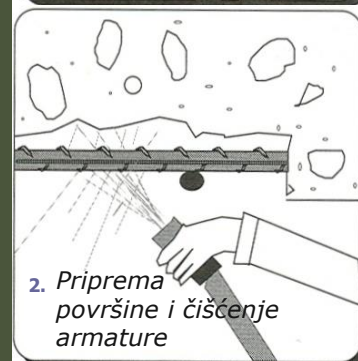
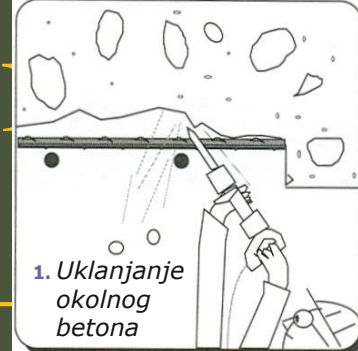
1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Čišćenje i priprema armature

- ❑ Nakon uklanjanja preostalog betona oko armature,
 - postojeća armatura se čisti i
 - detaljno vizualno pregledava da bi se odredio stupanj oštećenosti armature, tj. je li postojeća armatura i dalje sposobna prenositi zahtijevana opterećenja.
- ❑ Kod čišćenja je bitno da se uklone
 - svi korozijski produkti (hrđa),
 - ulje,
 - ostaci morta i betona,
 - te ostale nečistoće.
- ❑ Na mjestima na kojima je izložena armatura onečišćena kloridima ili drugim tvarima koje mogu prouzročiti koroziju,
 - cijeli opseg armature treba očistiti mlazom vode pod malim tlakom.
- ❑ Za zaštitu od daljnje korozije, nove i postojeće očišćene šipke armature premazuju se zaštitnim sredstvima,
 - Epoksi, lateks-cementna emulzija, premaz bogat cinkom



Armaturna šipka
nakon čišćenja



1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Nanošenje novih slojeva za popravak

- ❑ Slojevi za popravak mogu se ugrađivati na nekoliko načina ovisno o debljini uklonjenog sloja betona, dimenzijama i položaju površine koja se sanira.
- ❑ Metode koje se primjenjuju za restauraciju betona su:
 - ručna primjena morta
 - ponovna ugradnja betona
 - mlazni beton ili mort.
- ❑ Metode koje se primjenjuju u skladu s drugim načelima popravaka su:
 - dodavanje morta ili betona (načelo pojačanja konstrukcije)
 - povećanje zaštitnog sloja do armature dodatnim cementnim mortom ili betonom (načelo očuvanja ili restauracije pasivnosti)
 - zamjena zagađenog ili karbonatiziranog betona (načelo očuvanja ili restauracije pasivnosti)

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Ručna primjena morta

- Primjenjuje se za popravak plitkih i manjih područja
 - na vertikalnim površinama i
 - površinama iznad glave koja su često teško dostupna.

- Za ovu vrstu popravka mogu se rabiti
 - portlandski cementni mortovi,
 - cementni *prepack* materijali ili
 - polimerni modificirani mortovi

koji se nanose utiskivanjem metalnom gladilicom (gleterom).



Ručna primjena morta na vertikalnoj površini

- Nije pogodan u slučajevima kada je armatura izložena,
 - zbog nemogućnosti pravilne raspodjele materijala oko armature i popunjavanja svih šupljina.
- Prije nanošenja, površinu je bitno premazati veznim sredstvom.

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

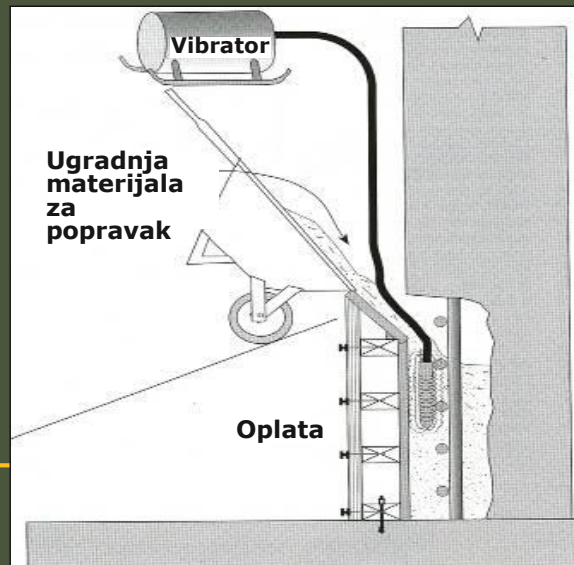
Ponovna ugradnja betona

- ❑ Tehnika je vrlo jednostavna i jedna od najčešće upotrebljavanih i često je najekonomičniji izbor.
- ❑ Može se izvesti na više načina ovisno o položaju površine koja se sanira i o debljini sloja. To su
 - betoniranje u oplati,
 - zamjena nadsloja i horizontalnih slojeva
 - te popravci u punoj debljini.

1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Ponovna ugradnja betona

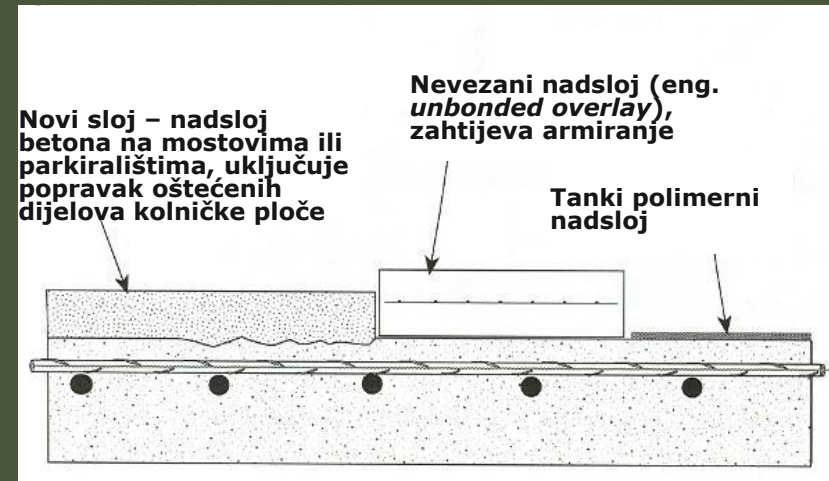
- **Betoniranje u oplati** se rabi za
 - sanaciju vertikalnih površina kod kojih je uklonjen deblji sloj betona (iza armature) ili
 - u slučajevima kada se mijenja geometrija elementa zbog zahtijevanog ojačanja (ugradnje dodatne armature).
- Sanacijski beton mora imati dobru konzistenciju.
- Nakon ugradnje koristi se vibriranje betona da izađe zrak.



1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Ponovna ugradnja betona

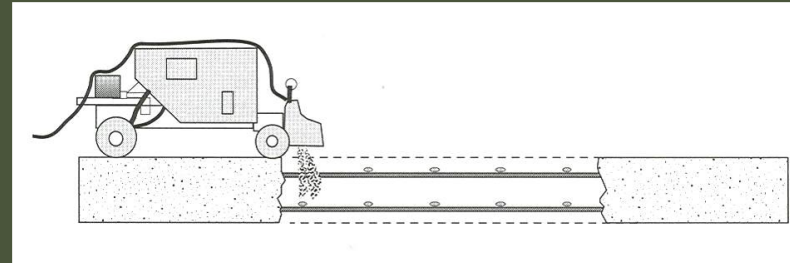
- Zamjena horizontalnih slojeva može se primijeniti za sanaciju
 - kolničkih ploča,
 - mostova ili parkirališta,
 - te betonskih kolnika
 - poboljšanje odvodnje,
 - voznosti površine,
 - povećanje nosivosti i slično.
- Upotrebljava se
 - portlandski cementni beton s malim v/c omjerom,
 - PC beton s dodatkom lateksa ili silikatne prašine.



1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Ponovna ugradnja betona

- **Popravci u punoj debljini** primijenit će se npr.
 - kad je betonska ploča jako oštećena po dubini pa je ekonomičnije ukloniti beton u punoj dubini i zamijeniti ga novim.
- Može se čuvati postojeća armatura, koja se popravljiva i nadopunjuje,
- ali može se i potpuno ukloniti postojeća armatura i zamijeniti novom.



1. LOKALNI POPRAVCI BETONA

Mlazni beton ili mort

- ❑ Ova metoda se koristi bez oplate za popravak
 - vertikalnih površina i
 - površina iznad glave te
 - na dalekim i teško pristupačnim mjestima.
- ❑ Mlazni beton ili mort nanose se na površinu pomoću mlaznice pod velikim tlakom ⇒ materijal pod velikim tlakom udara o površinu i na taj način postiže dovoljnu vezu s površinom.
- ❑ Dvije su osnovne tehnike nanošenja:
 - **Suhi postupak**
 - ❑ kod kojeg se agregat i cement prethodno izmiješaju, a voda se dodaje naknadno netom prije izlaska betona iz cijevi pod velikim tlakom.
 - **Mokri postupak**
 - ❑ kod kojeg se izmiješani agregat, cement, dodaci i voda izbacuju pod velikim tlakom s tim da se pri izlasku iz cijevi dodaje stlačeni zrak.



2. SANACIJA PUKOTINA

- ❑ Prije poduzimanja sanacijskih postupaka potrebno je utvrditi je li popravak uopće potreban.
- ❑ Neke se pukotine tijekom vremena same zatvore tako da ih nije potrebno injektirati.
- ❑ U nekim slučajevima, injektiranje ili brtvljenje pukotina nije prikladno, kao npr. kod pukotina uzrokovanih korozijom armature ili alkalno-silikatnom reakcijom.
- ❑ U tim je slučajevima potrebno primijeniti neki drugi postupak kao npr. uklanjanje oštećenog betona i ugradnja novog.

1. **Površinska zaštita polimerima**
2. **Nadsvođenje pukotina**
3. **Utiskivanje suhog materijala**
4. **Zarezivanje i brtvljenje**
5. **Bušenje i utiskivanje brtve**
6. **Nadsloj morta ili betona**
7. **Gravitacijsko injektiranje**
8. **Injektiranje smolama**
9. **Injektiranje cementnim mortom**
10. **Povezivanje**

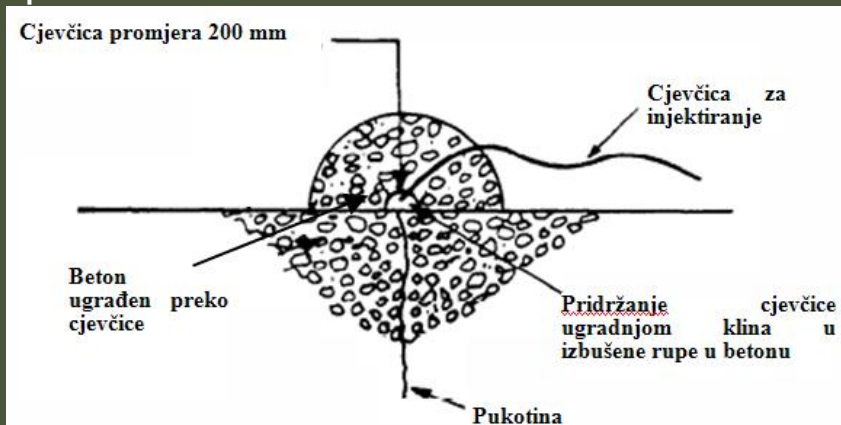
2. SANACIJA PUKOTINA

1. Površinska zaštita polimerima

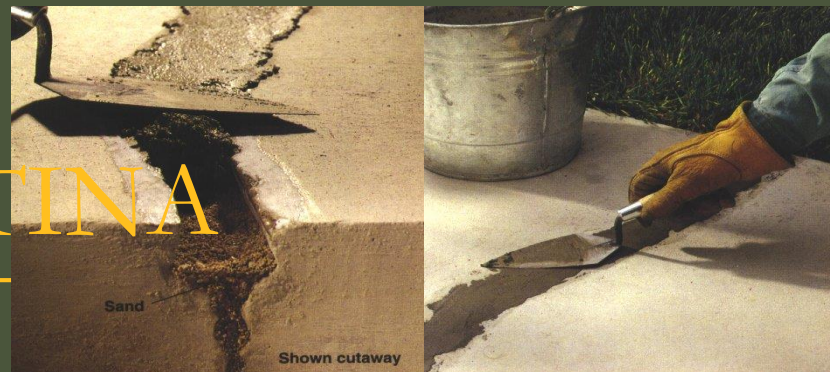
- Upotrebljava se tekućina koja sadrži monomere, koji kasnije polimeriziraju i pretvaraju se u krutu tvar.
- Ako je površina suha i impregnirana, pukotine će biti sanirane.
- Međutim, ako su pukotine vlažne, monomer se neće upiti i popravak neće biti zadovoljavajuć.

2. Nadsvođenje pukotina

- Uglavnom se radi za sanaciju pukotina nastalih u masivnim betonskim elementima uslijed površinskog sušenja i ostalih uzroka, koje se mogu proširiti na novi beton tijekom daljnje gradnje.
- Takve se pukotine mogu zaustaviti postupkom nadsvođenja pukotina, proširivanjem vlačnog naprezanja na veću površinu.
- Preko pukotine se postavi komadić odvajajuće membrane za sprečavanje vezivanja ili čelična mrežica ili cjevčica polukružnog presjeka, prije nastavka betoniranja.
- Beton se ugrađuje ručno koncentrično preko cjevčice.



2. SANACIJA PUKOTINA

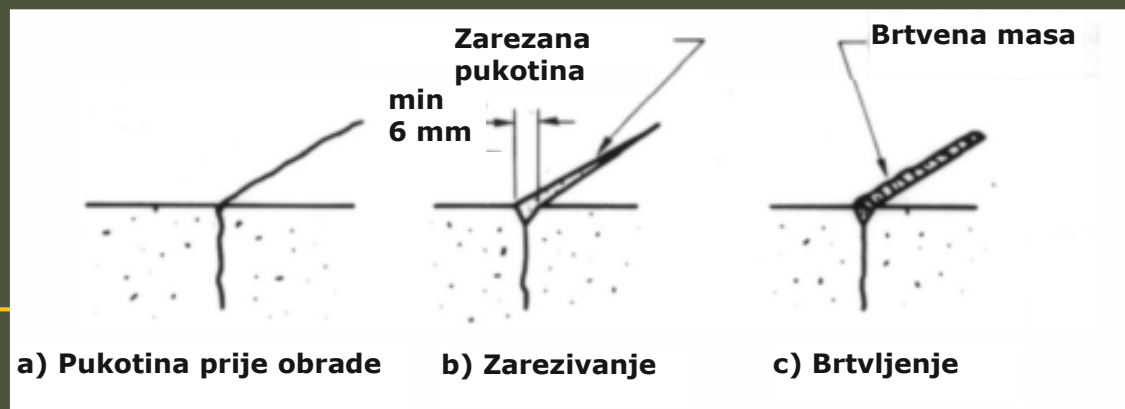


3. Utiskivanje suhog materijala

- Izvodi se ručno ugradnjom morta s malim udjelom vode.
- Nakon toga se ugrađeni materijal (u slojevima) nabija batom ili čekićem, te se na taj način postiže dobra veza ugrađenog morta s postojećim betonom.
- Za pukotine koje više nisu aktivne

4. Zarezivanje i brtvljenje

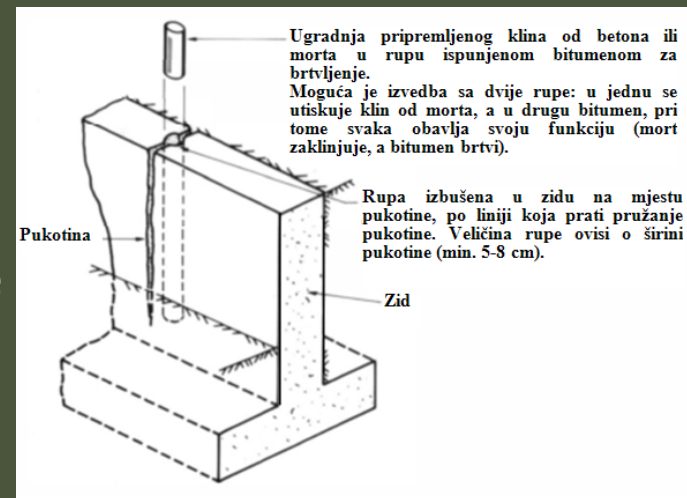
- Uključuje proširenje pukotine na površini pilom, ručnom ili pneumatskom pilom
- i popunjavanje prikladnim sredstvom za brtvljenje (epoksidnom smolom, uretanom, silikonom, polisulfidom, asfaltnim materijalom ili polimernim mortom).
- Ova tehnika je uobičajena kod sanacije pukotine i relativno je jednostavna.
- Rabi se za sanaciju sitnih mrežastih pukotina i većih izoliranih pukotina.



2. SANACIJA PUKOTINA

5. Bušenje i utiskivanje brtve

- Uključuje bušenje do dna pukotine i zapunjavanje rupe mortom tvoreći klin.
- Može se primjenjivati samo kada se pukotine pružaju u relativno ravnim linijama i pristupačne su s jedne strane.
- Najčešće za vertikalne pukotine u potpornim zidovima.



6. Nadsloj morta ili betona

- Metoda nije prikladna za progresivne pukotine primjerice izazvane alkalnosilikatnom reakcijom.
- Neaktivne pukotine se popravljaju nadslojem od polimerom modificiranog portlandskog cementa ili morta, ili betonom s dodatkom silikatne prašine.



2. SANACIJA PUKOTINA

7. Gravitacijsko injektiranje

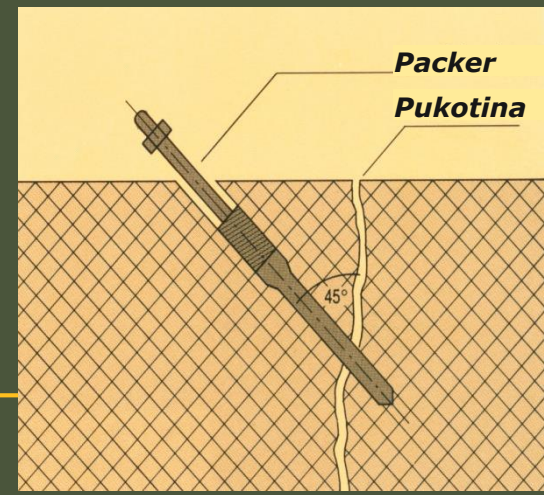
- Sredstvo za injektiranje (niskoviskozni monomeri ili smole) nanese se na površinu
- i zatim raspoređuje metlicom ili valjkom osiguravajući maksimalno ispunjenje pukotine dopuštajući sredstvu za injektiranje da lagano upada u pukotinu.



Oprema za injektiranje

8. Injektiranje smolama

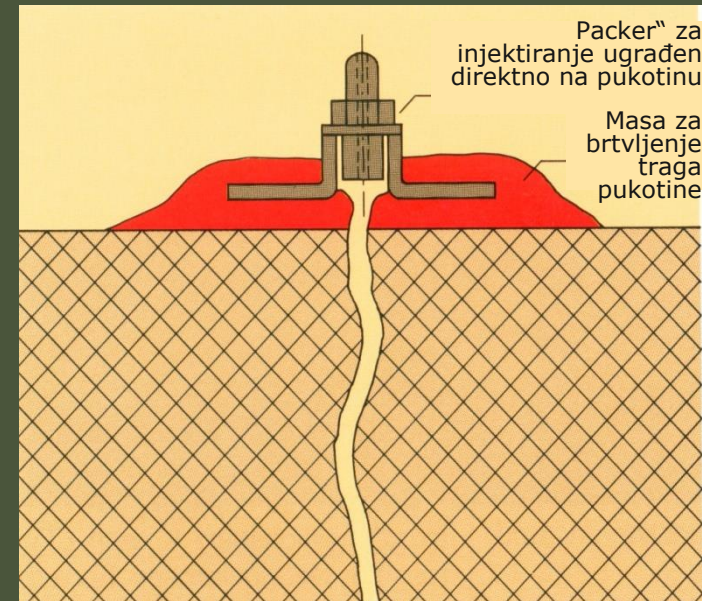
- Tehnika se sastoji od
 - postavljanja *packera* uzduž pukotina (pod kutom 45°, naizmjenice lijevo-desno),
 - brtvljenja pukotine na vidljivim mjestima i
 - injektiranja smole pod tlakom.
- Nije prikladna za pukotine koje se ne mogu osušiti.



2. SANACIJA PUKOTINA

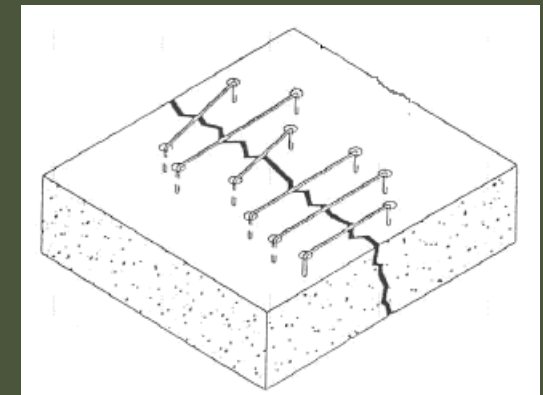
9. Injektiranje cementnim mortom

- Tehnika se sastoji od čišćenja pukotine,
- ugradnje cjevčica za cementni mort na jednakim razmacima,
- brtvljenja pukotine između ugrađenih packera cementnim mlijekom ili injekcijskom smjesom,
- ispiranja pukotine radi uklanjanja nečistoća i provjere čvrstoće brtve,
- te na kraju ispunjavanja masom cijele šupljine pukotine.



10. Povezivanje

- Uključuje bušenje rupa s obje strane pukotine i ugradnju spona u obliku slova „U” okomito na pukotinu da bi se obnovila vlačna čvrstoća preko pukotine te ispunjavanje mortom ili epoksidnom smolom.
- Spone su različitih duljina i orijentacije, tako da se naprezanja rasporede oko pukotine a ne da budu koncentrirana u jednoj ravnini.



3. POVRŠINSKA ZAŠTITA

- Primjenjuje se kod oštećenih konstrukcija zbog:
 - sprečavanja daljnjeg propadanja betona uslijed djelovanja agresivnih tvari i vremenskih utjecaja,
 - poboljšanja izgleda površine, (*boja ili struktura površine*)
 - estetike, prikrivanje vidljivih oštećenja, (*npr. pukotine, izluživanje i mrlje*)
 - održavanje izgleda površine, (*npr. otpornost na grafite i boje*)
 - poboljšanje sigurnosti (*npr. protiv klizavosti na cesti*)
- Sprečavanjem ulaska štetnih tvari
→ produljuje se period inicijacije koji prethodi pojavi oštećenja.



Stup malog luka Krčkog mosta, kao završna zaštita u donjem dijelu hidrofobna impregnacija, a u gornjem premaz

3. POVRŠINSKA ZAŠTITA

- Najbolje je djelovanje ako se primjeni pri izgradnji konstrukcije,
- a kod već započetih procesa propadanja može usporiti daljnji napredak propadanja i produljiti životni vijek konstrukcije.

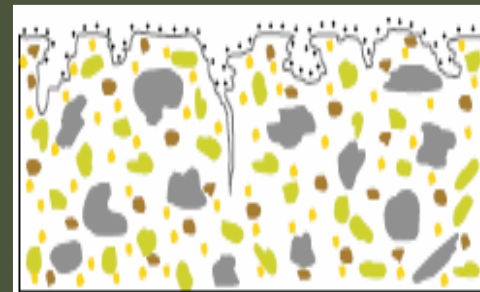
- Prije nanošenja je potrebno dobro očistiti površinu
 - pranjem vodom,
 - parom,
 - pjeskarenjem,
 - plamenom,
 - mehaničkim ili
 - kemijskim čišćenjem.

- Neki premazi zahtijevaju nanošenje prednamaza, posebno na slabijim dijelovima konstrukcije kako bi se osigurala dobra prionljivost.

3. POVRŠINSKA ZAŠTITA

■ Hidrofobna impregnacija

- zaštita betona koja stvara površinu odbojnom za vodu.
- Na površini betona ne postoji film i vidljiva je vrlo mala ili gotovo nikakva promjena izgleda površine.
- Može se nanositi valjkom ili prskanjem.



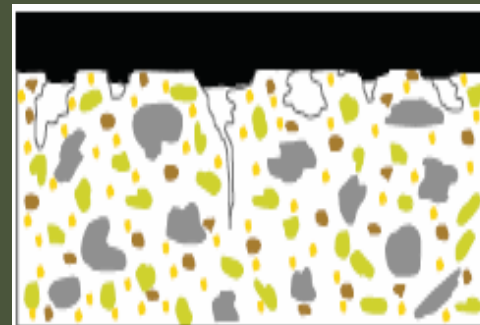
■ Impregnacija

- površinska zaštita kojom se stvara diskontinuirani tanki film 10-100 μm koji djelomično ispunjava kapilare
- Smanjuje poroznost površine i očvršćava tj. povećava tvrdoću površine.
- Rijetko se primjenjuje sama, a u većini se upotrebljava prije nanošenja premaza.
- Rabe se polimeri kao što su akrili ili epoksidne smole.



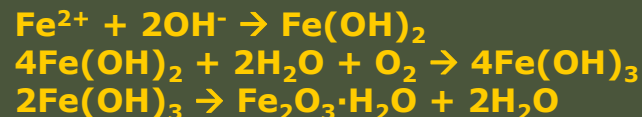
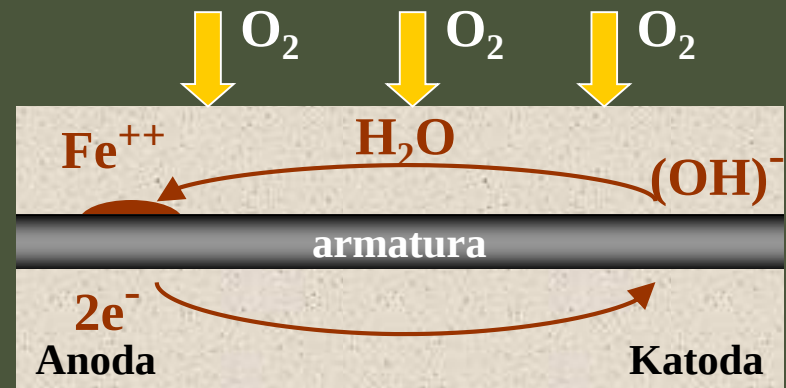
■ Premazi

- Nanošenjem se stvara kontinuirani sloj debljine 0,1-5,0 mm koji u potpunosti štiti površinu betona.
- Materijali za izradu premaza su organski polimeri, organski polimeri sa cementom kao punilom ili hidraulički cement modificiran polimernom otopinom.
- Nanose se četkom, valjkom, krpom ili prskanjem.



4. KATODNA ZAŠTITA

- Princip rada temelji se na usporavanju korozije katodnom polarizacijom metala tj. pomakom elektrokemijskog potencijala metala (armaturni čelik) u negativnom smjeru.
- Mehanizam katodne zaštite metala temelji se na elektrokemijskim reakcijama korozije:
 - anodnom otapanju metala i
 - katodnim reakcijama redukcije kisika.
- Na površini metala koji se katodno (negativno) polarizira nastaje višak elektrona koji
 - ubrzavaju katodnu reakciju,
 - a usporava anodnu reakciju otapanja metala.



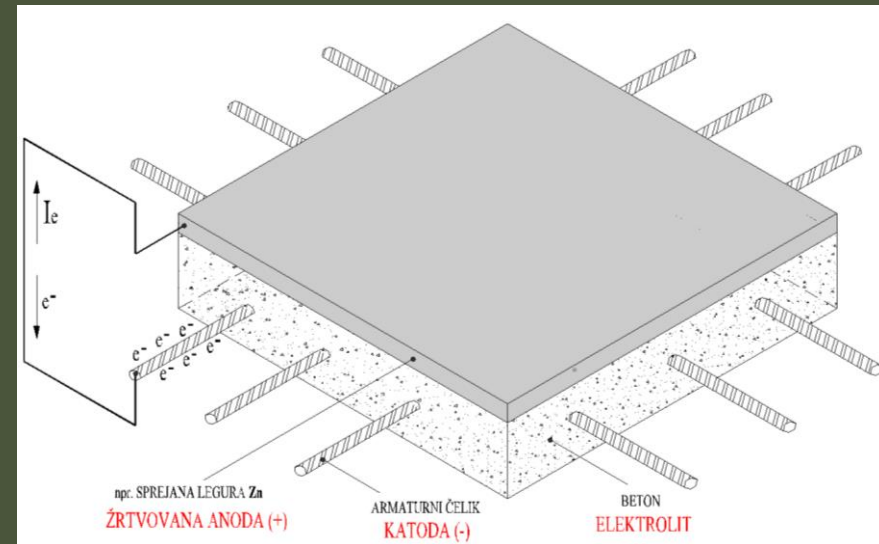
4. KATODNA ZAŠTITA

- ❑ Katodnu zaštitu čelične armature u betonu moguće je provesti
 - samo kad sva armatura koja se namjerava katodno štititi čini metalno vodljivu cjelinu.
- ❑ To se u pravilu postiže
 - međusobnim ispreplitanjem armature i dodatnim učvršćivanjem čeličnom žicom manjeg promjera.
- ❑ Kod armiranobetonskih konstrukcija ulogu elektrolita preuzima beton
 - što ujedno pričinjava i najveću poteškoću jer je beton relativno loš vodič.
- ❑ U praksi se upotrebljavaju dva načina katodne zaštite:
 - Galvanska katodna zaštita žrtvujućom anodom
 - Katodna zaštita s vanjskim izvorom struje

4. KATODNA ZAŠTITA

Galvanska katodna zaštita žrtvujućom anodom

- Postupak galvanske katodne zaštite temelji se na
 - ➔ direktnom električnom kontaktu različitih metala u istom korozivnom mediju koji čine galvanski članak.
- Metal s pozitivnijim potencijalom (štićeni metal armaturene šipke) polarizira se katodno,
- a negativniji (neplemenitiji metal manje otporan na koroziju) anodno.
- Struja koja teče između anode (negativnije) i katode (pozitivnije)
 - ➔ ubrzava otapanje (koroziju) anode tako da je metal koji je izabran za anodu žrtvovan.



4. KATODNA ZAŠTITA

Galvanska katodna zaštita žrtvujućom anodom

- S obzirom na jednostavnost instalacije, kvalitetu zaštite i cijenu razlikujemo različite anodne sustave:
 - **metalne prevlake** koje se raspršuju po površini betona (rastopljeni cink, legura aluminij cink, legura aluminij-cink-indij ili titan)
 - **cink hidrogel-sustav** koji se sastoji od cinkove folije koja se nanosi na sloj specijalno formuliranog vodljivog gela
 - **cinkova mreža** sadržana u kućistima koji se postavljaju na beton
 - **lokalne žrtvovane anode**-primjenjuju se kod sanacijskih postupaka lokalnih popravljjanja.
- Anode se ugrađuju spajanjem na armaturu prije nanošenja sanacijskog materijala.

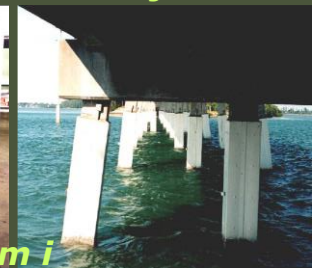
**Nanošenje
prevlake
raspr-
šivanjem**



**Nanošenje cinkovog hidrogela
na stupove nadvožnjaka**



**Kućiste
s cinkovom mrežom i
primjer sanacije**



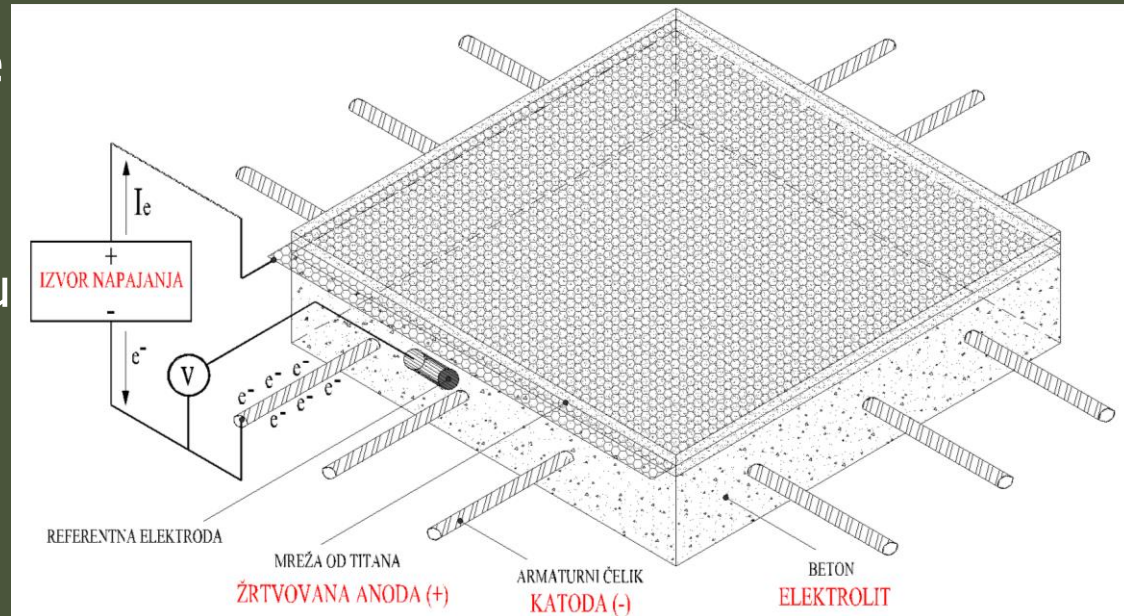
**Lokalna
galvanska
anoda**



4. KATODNA ZAŠTITA

Katodna zaštita s vanjskim izvorom struje

- Zaštitna struja dobiva se iz vanjskog izvora.
- Kao izvor struje služi ispravljač koji izmjeničnu struju pretvara u istosmjernu.



- Dovođenjem zaštitne struje zapravo se pomiče vrijednost elektropotencijala armaturnog čelika prema zaštitnim vrijednostima.
- Anoda je od inertnog materijala, ona se ne otapa nego se na njoj odvija druga elektrokemijska reakcija.

4. KATODNA ZAŠTITA

Katodna zaštita s vanjskim izvorom struje

- Primjenjuju se različiti anodni sustavi:
 - pojedinačne anode u obliku vodiča se ugrađuju u kanaliće s mortom od vodljivog polimera
 - vodljive organske prevlake, vodljivi mortovi ili metalne prevlake
 - titanova mreža presvučena miješanim metalnim oksidima.



pojedinačne anode



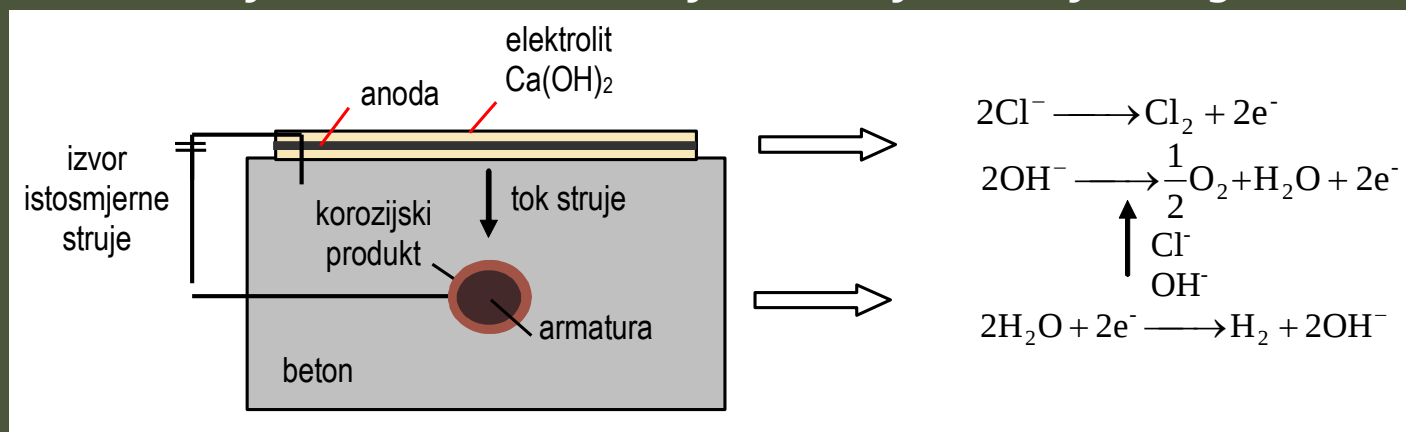
vodljive prevlake



titanske mreže

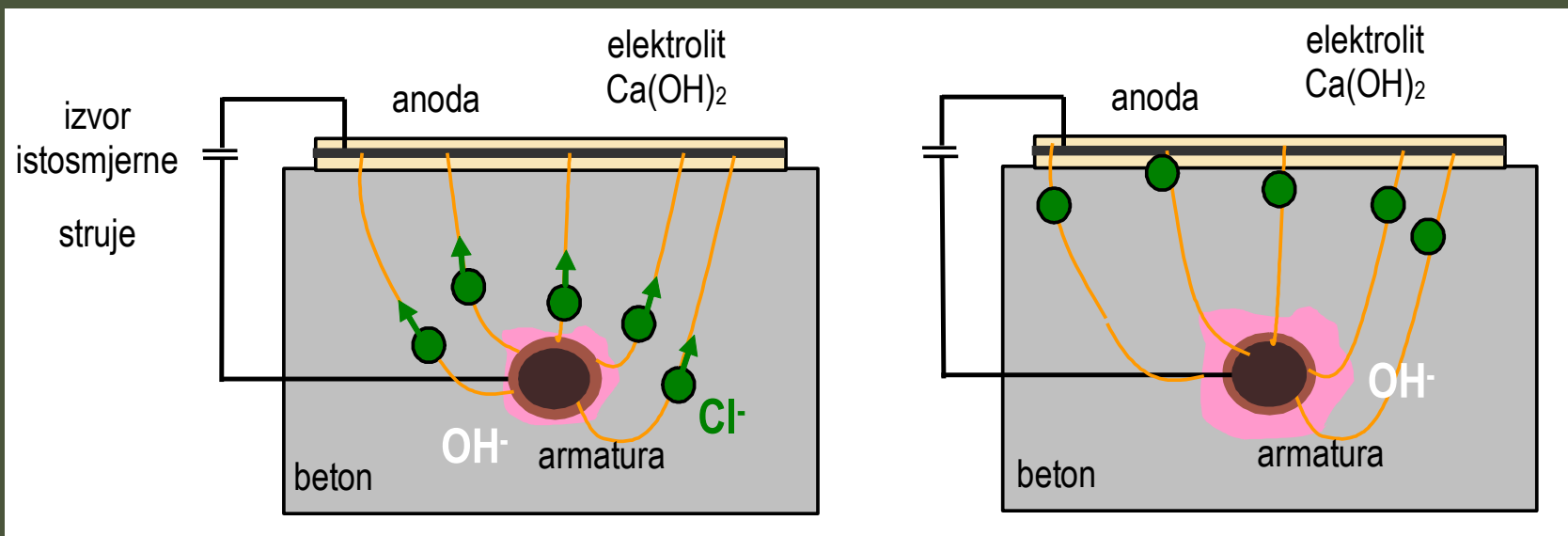
5. EKSTRAKCIJA KLORIDA

- Cilj elektrokemijskog uklanjanja klorida je zaustavljanje procesa korozije uzrokovane kloridima tako da se količina klorida u blizini armature smanji ispod kritične vrijednosti (0.05% na masu betona).
- Sustav za provođenje ekstrakcije klorida sastoji se od
 - privremene anode,
 - elektrolita i
 - izvora istosmjerne struje.
- Privremena se anoda postavlja na površinu betona koji se tretira te se spaja s armaturom i vanjskim izvorom istosmjerne struje u strujni krug.



5. EKSTRAKCIJA KLORIDA

- U postupku se uz pomoć izvora struje polarizira armatura, koja postaje negativno polarizirana, tj. katoda, čime se u betonu koji je zasićen kloridima, mijenja tok migracije klorida.
- Kloridi (negativno nabijeni kloridni ioni) migriraju od negativno polarizirane armature prema površini betona umjesto od površine betona prema armaturi.

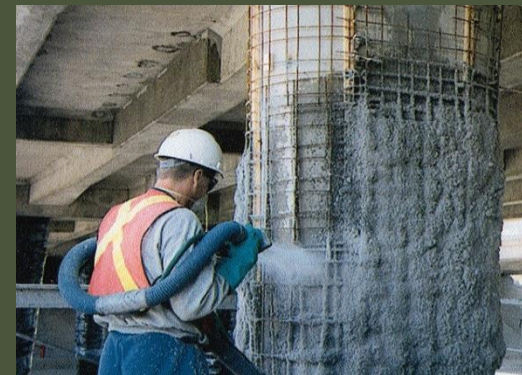


5. EKSTRAKCIJA KLORIDA

- ❑ Za anode se uglavnom rabe titanske ili čelične mreže.
- ❑ Da bi se ostvario protok struje od anode do katode, anoda je smještena u vodljivi medij, tj. elektrolit:
 - voda,
 - zasićena otopina kalcijevog hidroksida ili
 - zasićena otopina litijevog borata.
- ❑ što se izvodi u obliku:
 - površinskog bazena (za horizontalne površine)
 - u obliku rezervoara za vertikalne ili stropne konstrukcije
 - kao pasta koja se može nanositi preko bilo koje vrste površine.
- ❑ Nakon uranjanja anode u elektrolit, na tretirani element nanosi se završni sloj koji služi da zaustavi, spriječi ili zadržava elektrolitne otopine na površini betona. Za tu svrhu najčešće se rabe slijedeći materijali:
 - vlakna celuloze-za vertikalnu upotrebu
 - sintetični filc-za horizontalnu upotrebu
 - površinski pripremljeni spremnici.



Postavljanje anodne mreže



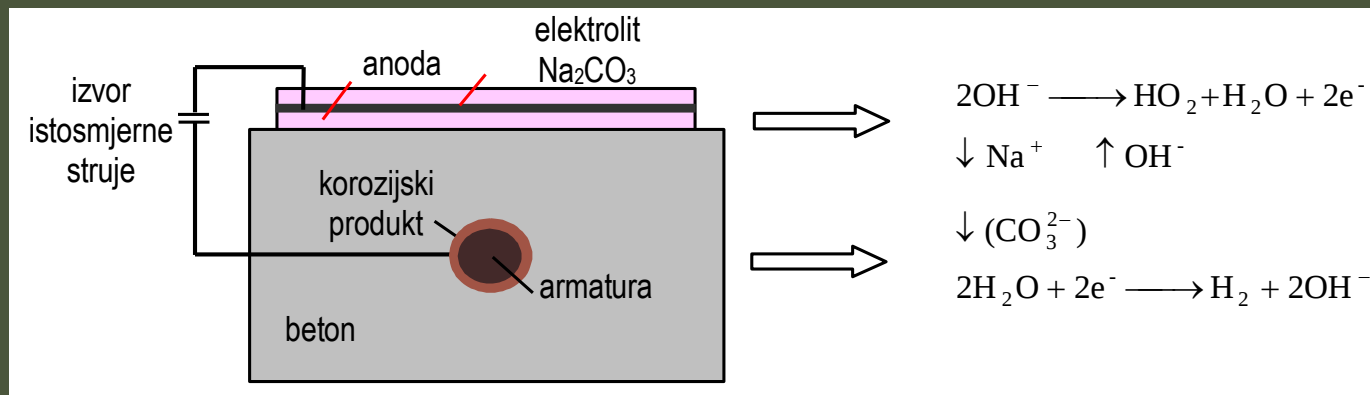
Završni sloj-vlakna celuloze



Završni sloj-sintetični filc

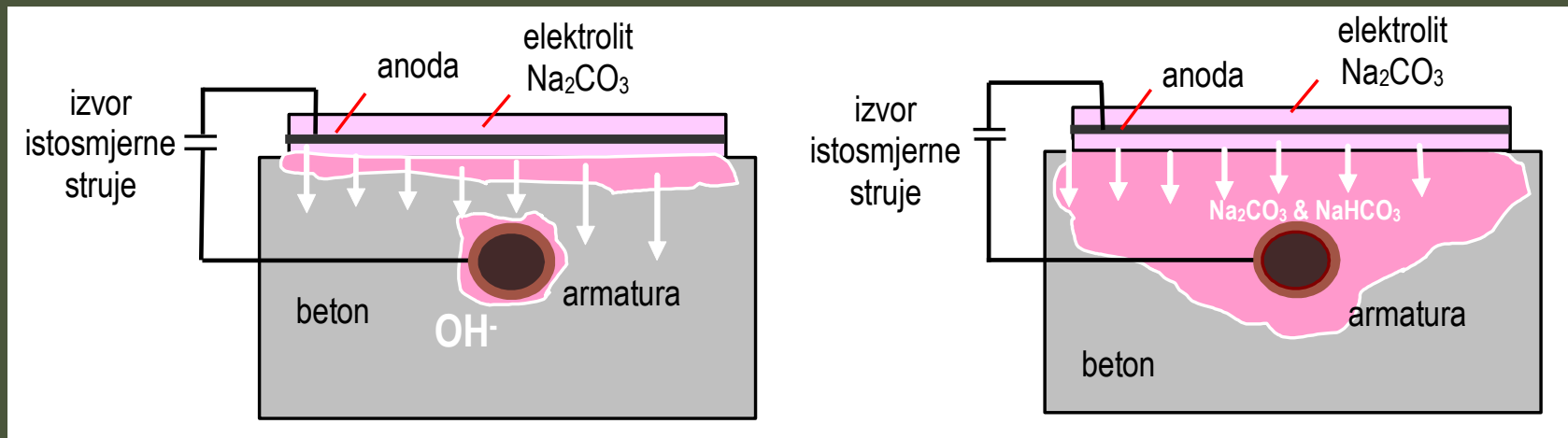
6. REALKALIZACIJA

- ❑ Elektrokemijska realkalizacija je postupak koji se upotrebljava da bi se spriječila korozija armature uzrokovana karbonatizacijom.
- ❑ U postupku se rabi izvor struje pomoću kojeg se betonu povećava pH te se obnavljaju pasivizirajuća svojstva betona u blizini armature.
- ❑ Sustav za realkalizaciju sastoji se od
 - privremene anode pričvršćene na površinu betona,
 - katode (armatura) i
 - vanjskog izvora istosmjerne struje.



6. REALKALIZACIJA

- Anoda je uronjena u elektrolit, koji tijekom postupka prodire u beton preko jednog od mogućih načina transporta (elektroosmoza, difuzija, kapilarna apsorpcija).
- Kao anode uglavnom se rabe titanske ili čelične mreže slično kao i za ekstrakciju klorida.
- Kao elektrolit obično se rabi natrijev karbonat – provodi struju i osigurava dovoljnu količinu pozitivnih iona koji će prodirati prema armaturi i vezati hidroksidne ione proizvedene tijekom realkalizacije



POPRAVCI I OJAČANJA

POPRAVCI I ZAŠTITA

- 1 Lokalni popravci
- 2 Sanacija pukotina
- 3 Površinska zaštita
- 4 Katodna zaštita
- 5 Ekstrakcija klorida
- 6 Realkalizacija

OJAČANJA

- 1 Lijepljenjem i omatanjem
- 2 Povećanjem presjeka
- 3 Prednapinjanjem i armiranjem
- 4 Dodavanjem novih elemenata
- 5 Ojačanja temelja i zidova
- 6 Zamjena ležajeva i sprečavanje pomaka

1. OJAČANJE ELEMENATA LIJEPLJENJEM I OMATANJEM

- Kako bi se obnovila ili poboljšala nosivost konstrukcije, na postojeći betonski element postojeće konstrukcije
 - lijepe se FRP lamele
 - ili se čitav element omata FRP tkaninom (ovom drugom metodom smanjuju se i deformacijska svojstva).

Metoda omatanja vrpce se sastoji od nanošenja vrpce u jednom smjeru na stup ojačan vlaknima u uzdužnom smjeru. Sve skupa se oblaže nekim materijalom otpornim na požar kao što je cementni mort, kalcijev silikat ili neki slični polimer otporan na visoke temperature.

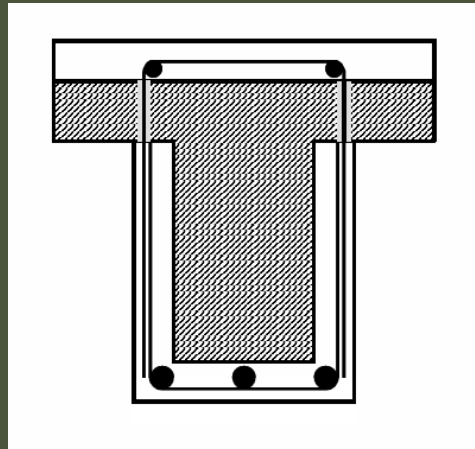
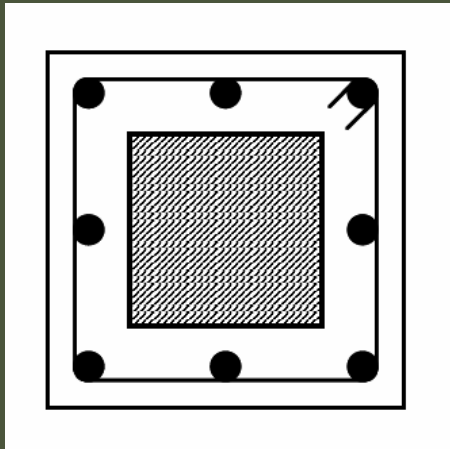


Ojačanje nosača garaže



2. OJAČANJE ELEMENATA POVEĆANJEM PRESJEKA

- Kako bi se ojačali betonski elementi, primjenjuje se
 - metoda prednapinjanja žicama
 - ili dodavanje nove nenapete armature
 - uz omatanje (dodavanje novih slojeva) betonom ili mortom.

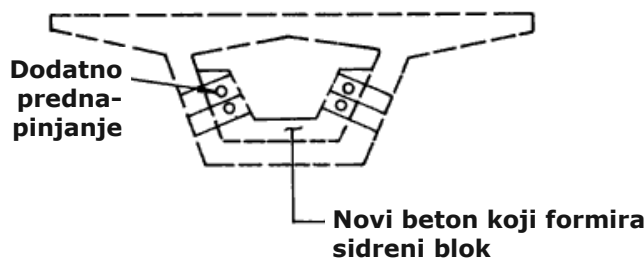


3. OJAČANJE ELEMENATA PREDNAPINJANJEM I ARMIRANJEM

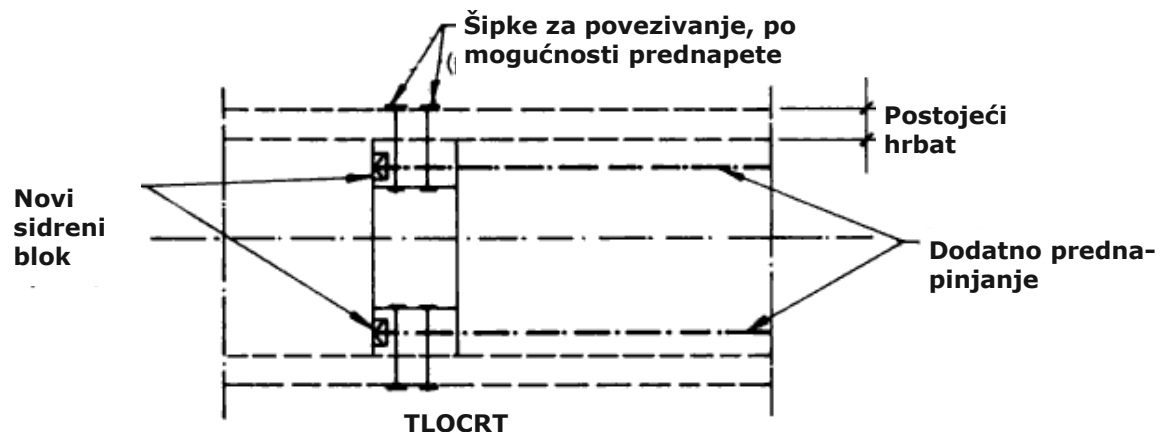
- Ojačanje je moguće i
 - prednapinjanjem natega unutar betonskog elementa ali i
 - naknadnim prednapinjanjem vanjskih natega koje prolaze van betonskog presjeka



Ojačanja rasponskog sklopa prednapinjanjem vanjskih natega



PRESJEK



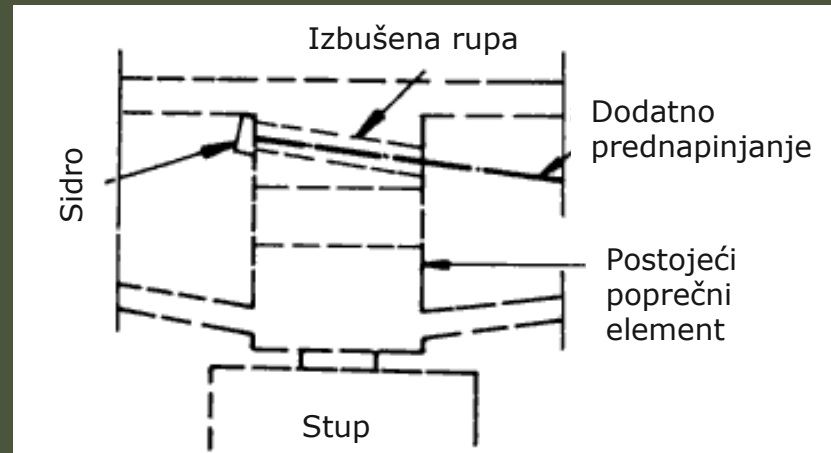
TLOCRT

Sidrenje dodatnih kabela na novom formiranom lokalnom sidrenom bloku

3. OJAČANJE ELEMENATA PREDNAPINJANJEM I ARMIRANJEM

■ Još neke mogućnosti sidrenja vanjskih natega

■ Na postojećim dijafragmama:



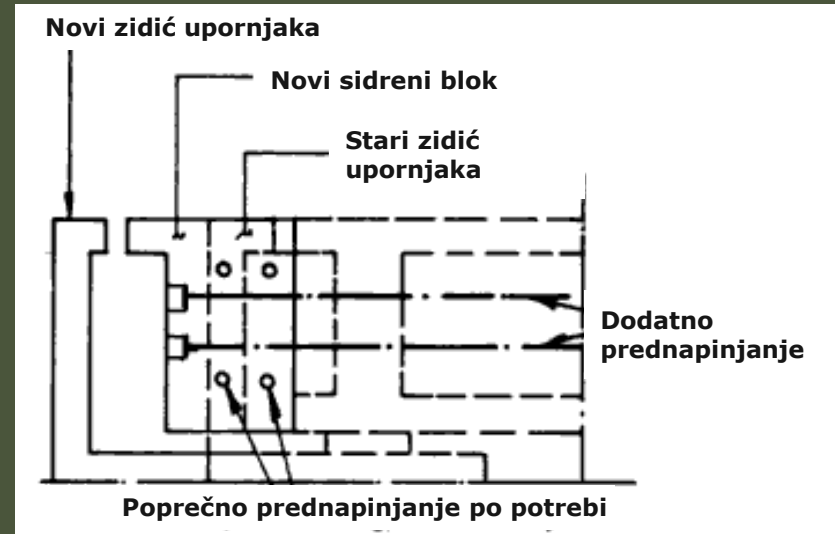
■ Pomoću pomoćnog čeličnog okvira:



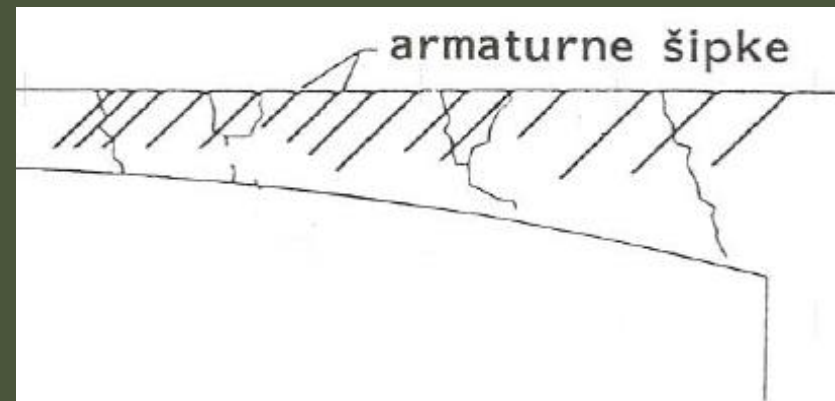
3. OJAČANJE ELEMENATA PREDNAPINJANJEM I ARMIRANJEM

- Ojačanje je moguće i
 - **poprečnim prednapinjanjem**

- Da bi se poboljšala i obnovila nosivost elementa moguća je
 - **i ugradnja armaturnih šipki okomito na smjer pružanja pukotina**



Sidrenje dodatnih kabela na rubu nosača

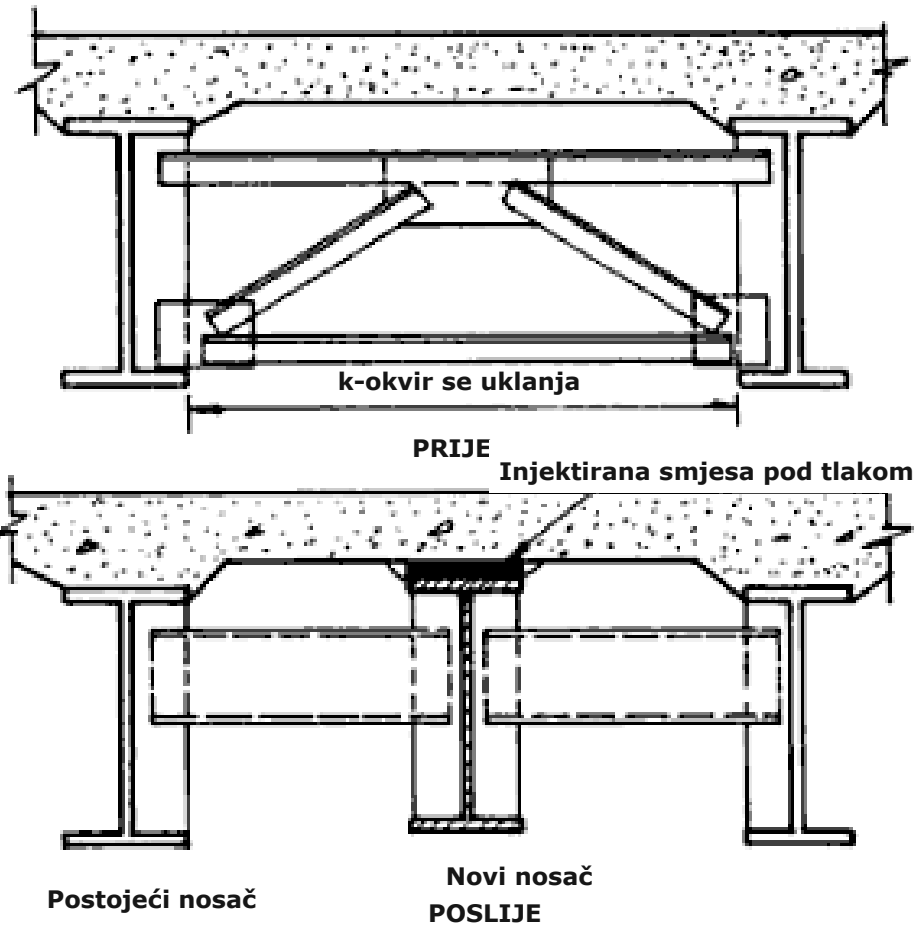
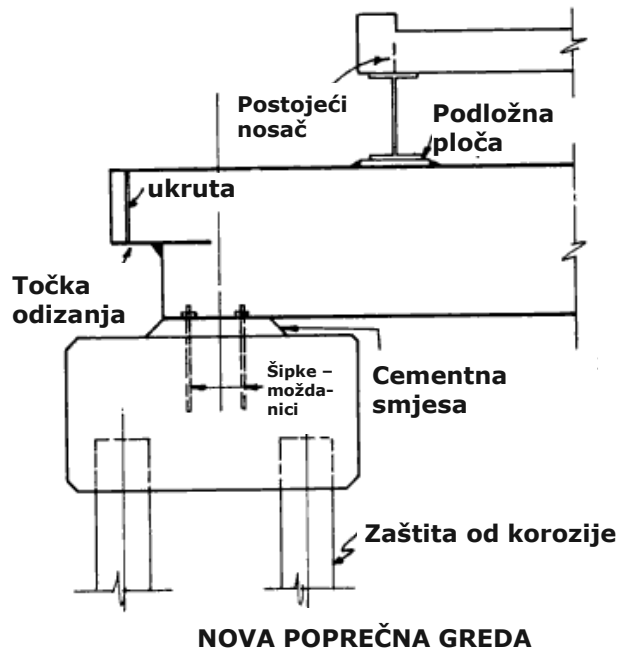
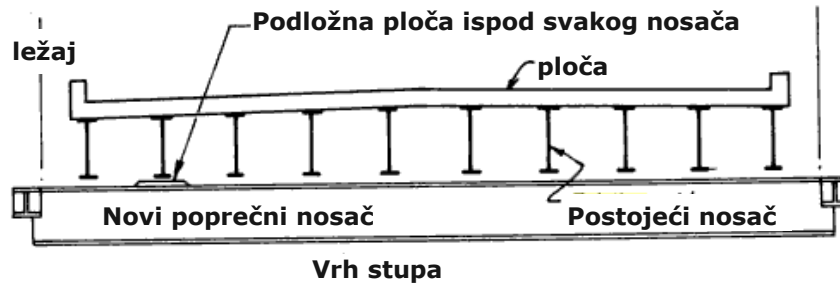


Ojačanje pojedinog betonskog elementa ugradnjom armaturnih šipki

4. OJAČANJE KONSTRUKCIJE DODAVANJEM NOVIH ELEMENATA

- Kako bi se smanjili progibi ploče te povećala njena nosivost,
 - moguće je dodavanje novih greda.
- Da bi se smanjili progibi te povećala nosivost obavlja se i
 - podupiranje središnjih dijelova greda i drugih betonskih elemenata.

4. OJAČANJE KONSTRUKCIJE DODAVANJEM NOVIH ELEMENATA



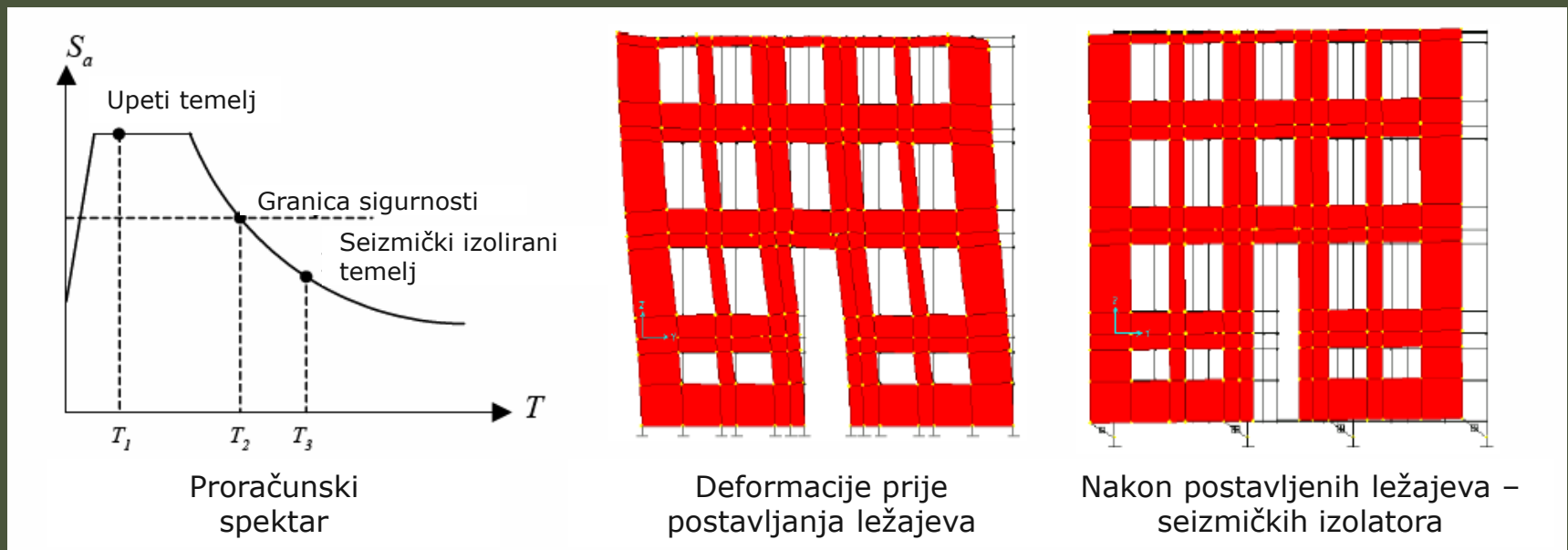
4. OJAČANJE KONSTRUKCIJE DODAVANJEM NOVIH ELEMENATA

- Ojačanja su moguća i
 - Izvođenjem novih posmičnih zidova
 - Izvođenjem novih temelja koji će podupirati nove posmične zidove oko stupa
 - Dodavanjem stupa da se postigne pravilnost po vertikali



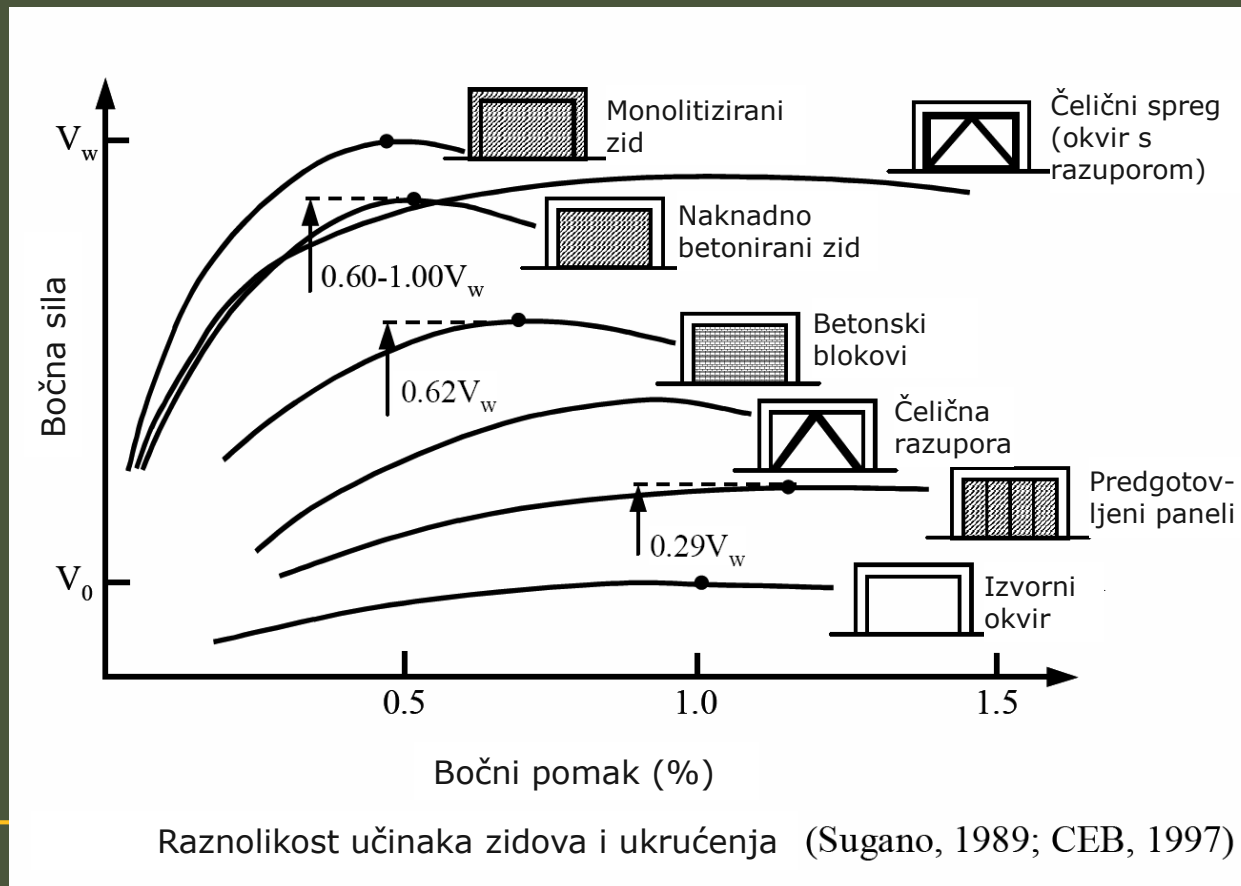
4. OJAČANJE KONSTRUKCIJE DODAVANJEM NOVIH ELEMENATA

- ▣ Ponašanje građevine tijekom potresa poboljšava se
 - metodom seizmičke izolacije pomoću ležaja-seizmičkih izolatora.



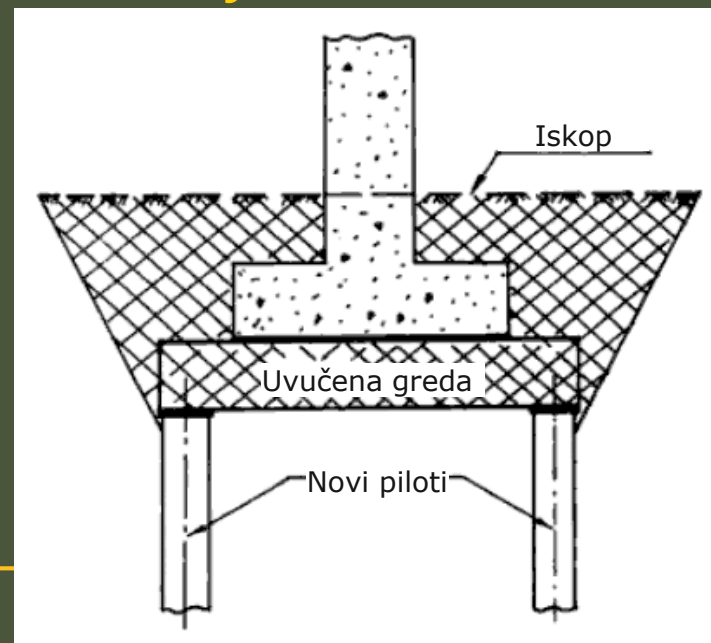
4. OJAČANJE KONSTRUKCIJE DODAVANJEM NOVIH ELEMENATA

- Ojačanja okvira za posmična djelovanja
 - dodavanjem posmičnih zidova ili ukrućenja



5. OJAČANJE TEMELJA

- Kako bi se raspodijelilo naprezanje i osigurala stabilnost cijelog sustava
 - provodi se metoda dodavanja podzemnog zida (grede) i povezivanje temelja dijafragmom (zidom) i gredama
- Kada su temelji pilota oštećeni ili postoje prekomjerni pomaci,
 - dodaju se piloti da bi se povećala nosivost temelja.
- Kako bi se popravila nosivost i horizontalna otpornost
 - ugrađuju se novi čelični piloti po vanjskom obodu temeljne stope te vežu uz postojeće stope.

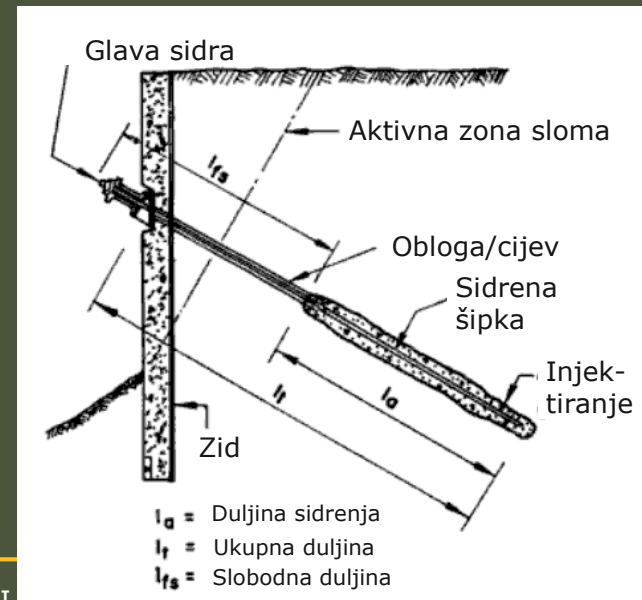


5. OJAČANJE TEMELJA I POTPORNIH ZIDOVA

- Povećanje nosivosti i horizontalna otpornost temelja postiže se
 - poboljšanjem zemlje do temelja, materijalom poboljšanim cementom.
 - Ovime se također sprečava vlaženje temelja i povećani tlak porne vode.
- Temelj se povećava i povećava se njegova nosivost
 - dodavanjem betona u okolno tlo temelja.
- Uslijed potresa može doći do pomaka ili nakošenja upornjaka ili zidova
 - što se stabilizira ugradnjom geotehničkog sidra.



Prikaz postavljene armature za ojačanje temelja



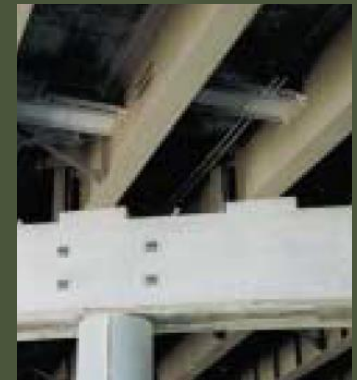
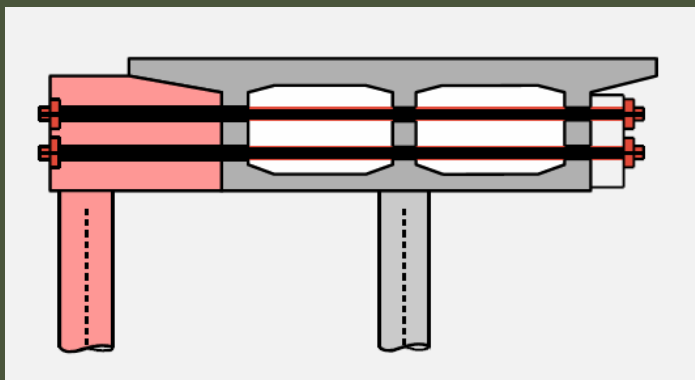
6. ZAMJENA LEŽAJEVA I SPREČAVANJE POMAKA

- ❑ Zamjenom postojećih ležaja novima,
 - vraća se ili poboljšava funkcija te sprečava otkazivanje mosta.
- ❑ Postojeći ležajevi mosta se ojačavaju kako bi se
 - vratila ili poboljšala funkcija ležaja te spriječilo otkazivanje mosta.
- ❑ Pojačanje ili proširenje krajeva postojećih ležaja vrši se kako bi se
 - zadržala ili obnovila nosivost i spriječilo otkazivanje rasponskog sklopa.



6. ZAMJENA LEŽAJEVA I SPREČAVANJE POMAKA

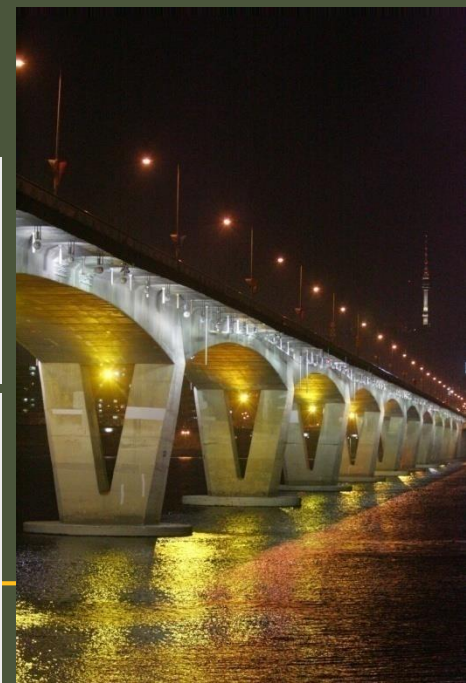
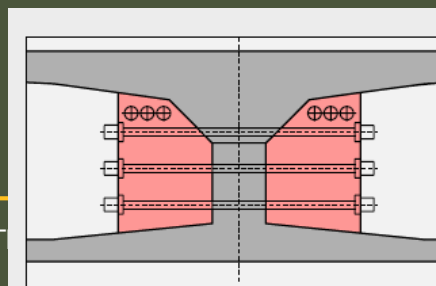
- ❑ Ugradnja opreme za ograničenje pomaka na postojeće elemente provodi se
 - kako bi se spriječili prekomjerni pomaci ležaja i glavnih greda.
- ❑ Spajanje susjednih naglavnih greda u uzdužnom smjeru mosta se vrši
 - kako bi se spriječili prekomjerni pomaci i otkazivanje mosta.
- ❑ Vanjski kablovi za povezivanje dijelova konstrukcije mosta te unošenje sile prednapinjanja koriste se
 - da bi se ograničili pomaci i spriječilo otkazivanje mosta.



6. SPREČAVANJE POMAKA

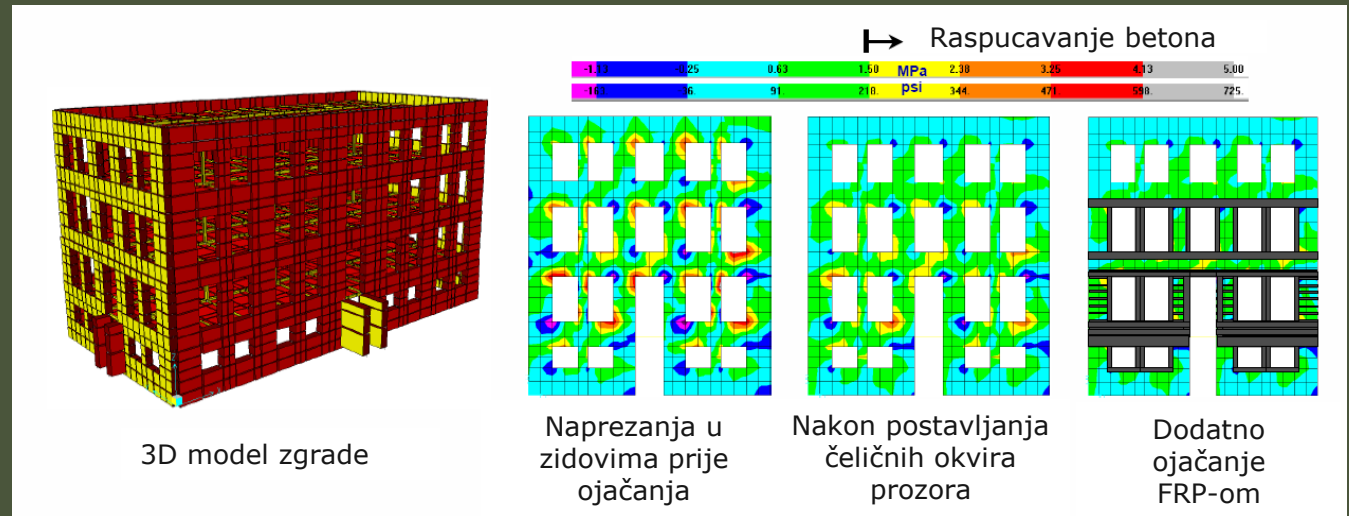
■ Primjer: Won Hyo Bridge, Seoul, South Korea

- Most ukupne duljine 1120 m izgrađen je 1981.
- Zbog netočnog proračuna gubitaka prednapinjanja i progiba od puzanja i skupljanja, pojavili su se progibi 5 do 20 cm veći od projektiranih.
- Projekt ojačanja sastojao se u prednapinjanju vanjskim nategama koje je s jedne strane smanjilo progibe, a s druge učvrstilo konstrukciju.
- Ukupno 12 kabela 19 x 0.6" primijenjeno je u svakoj konzoli i usidreni u nove betonske blokove izvedene unutar sandučastog presjeka
- Novi betonski blokovi su povezani s postojećim hrptovima sandučastog presjeka preko trenja proizvedenog kratkim $\varnothing$ 36mm glatkim šipkama.



OJAČANJE KONSTRUKCIJE KOMBINIRANJEM METODA

□ Primjer:

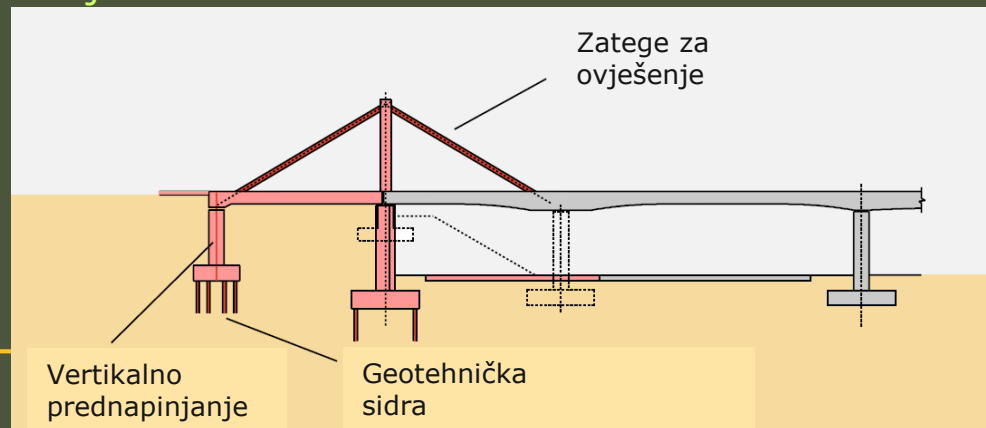


- Zgrada je prvenstveno ojačana postavljanjem čeličnih okvira prozora – ovime su se smanjile koncentracije naprezanja u uglovima, ali nisu se u potpunosti umanjila naprezanja na prihvatljivu razinu.
- Stoga je dodatno ojačanje projektirano primjenom vanjskog obavijanja FRP kompozitnim trakama oko otvora u zidovima kako bi se spriječio ili odgodio razvoj pukotina.
- Kombinacijom uobičajenih i suvremenih materijala postignut je učinkovit i ekonomičan projekt ojačanja koji ne zadire više nego je potrebno u povijesni i arhitektonski značaj zgrade.

OJAČANJE KONSTRUKCIJE KOMBINIRANJEM METODA

□ **Primjer: 16th Street Bridge preko I-465, Indianapolis, USA**

- Ukazala se potreba za dodavanjem dviju novih rubnih trakova autoceste ispod mosta.
- Kako je most bio samo 10 godina star i u izvrsnom stanju odlučeno je da će se konstrukcija modificirati tako da se zadnji stup ukloni i da se gredni sustav zamijeni ovješnim.
- Primjenjeni su različiti sustavi ojačanja.
 - Nova transfer greda 2 m širine prednapeta je sa zategama $\varnothing 32\text{mm}$.
 - Vertikalno je prednapet rubni novi stup kao protuuteg sa zategama $\varnothing 32\text{mm}$.
 - Kako bi se spriječilo odizanje krajnjeg stupa usljed djelovanja zatega temelj je sidren u zemlju ($\varnothing 36\text{mm}$)
 - Zatege za ovješnje se sastoje od 8 $\varnothing 36\text{mm}$ šipki unutar pojedinačnih čeličnih cijevi i nakon prednapinjanja su injektirane.



IZBOR METODE OJAČANJA

- Odgovarajuću metodu popravka odnosno ojačanja odabiru
 - vlasnik/investitor ili
 - konzultant-specijalist kojeg izabire investitor.

- Upravo iz tog razloga je bitno da je
 - informacija o stanju konstrukcije i
 - mogućim popravcimapredstavljena vlasniku što preciznije te da sadrži:
 - *ocjenu stanja konstrukcije*
 - *analizu osnovnih zahtjeva konstrukcije*
 - *rangiranje prioriteta*
 - *detaljnu analizu odgovarajućih mogućnosti popravaka*
 - *listu metoda popravaka koje zadovoljavaju najvažnije kriterije*
 - *konačan odabir metode popravaka.*

IZBOR METODE OJAČANJA

- Glavna namjena popravka odnosno ojačanja je
 - postizanje najbolje ravnoteže između kvalitete i troškova cijelog životnog vijeka betonske konstrukcije
 - kako bi se udovoljilo zahtjevima investitora i korisnicima.

- U praksi to predstavlja
 - najviši stupanj kvalitete i učinkovitosti koji može biti postignut,
 - u pogledu uporabljivosti popravljene betonske konstrukcije
 - s najmanjim razumnim sredstvima (troškovima).

IZBOR METODE OJAČANJA

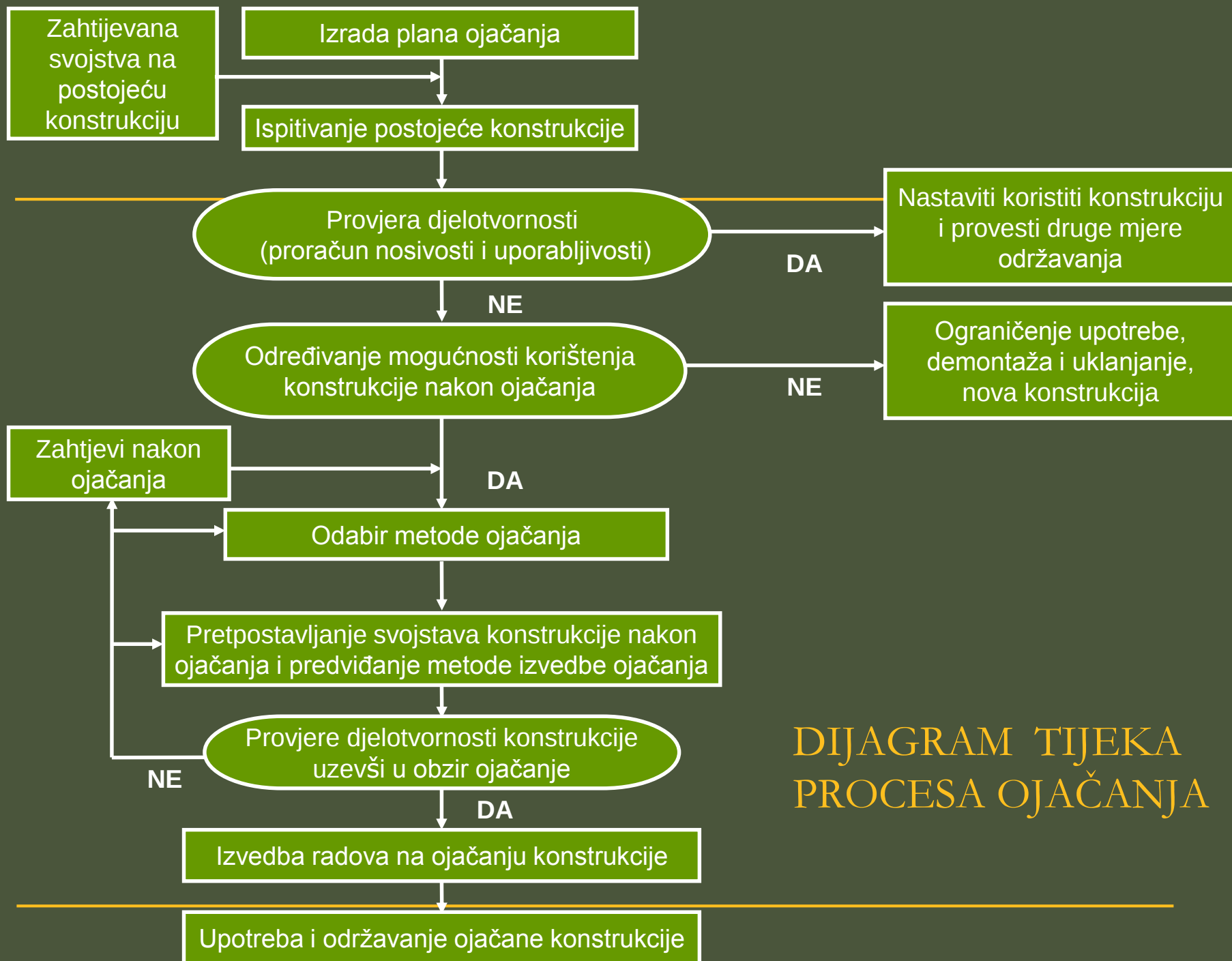
- Metoda ojačanja se odabire s obzirom na:
 - tip konstrukcije koja se ojačava
 - uvjete upotrebe
 - tip i stupanj svojstva koji se treba poboljšati itd.
- U fazi odabira metode ojačanja trebamo znati:
 - stanje i svojstva postojeće konstrukcije
 - svojstva koja ojačana konstrukcija mora imati
 - uvjete izvedbe.
- Znači, faktori koji utječu na odabir metode ojačanja su:
 - učinak određene metode na zahtijevano svojstvo koje treba poboljšati
 - održivost izvedbe
 - utjecaj na okoliš
 - jednostavnost održavanja nakon ojačanja
 - ekonomičnost i drugo.

IZBOR METODE I TIJEK OJAČANJA

- Popravak ili ojačavanje konstrukcija se provodi kroz sljedeće korake:
 - 1) Utvrđuju se svojstva postojeće konstrukcije koja će se ojačati i sastavlja ukupan plan
 - od ispitivanja postojeće konstrukcije
 - preko odabira metode ojačanja,
 - projektiranja ojačane konstrukcije pa
 - do provedbe samih radova na ojačanju.
 - 2) Pregledava se konstrukcija koju treba ojačati.
 - 3) Na temelju pregleda ocjenjuju se svojstva konstrukcije i provjerava je li ispunjava sva zahtijevana svojstva.

IZBOR METODE I TIJEK OJAČANJA

- Popravak ili ojačavanje konstrukcija se provodi kroz sljedeće korake:
 - 4) Ako konstrukcija ne ispunjava sve zahtjeve, nastavlja se sa razmatranjem metoda ojačanja.
 - 5) Odabire se odgovarajuća metoda ojačanja i utvrđuju materijali koji će se koristiti te metoda izvedbe.
 - 6) Ocjenjuju se svojstva konstrukcije nakon ojačanja i provjerava je li ispunjava sva zahtijevana svojstva.
 - 7) Ako se utvrdi da će ojačana konstrukcija ispunjavati sva zahtijevana svojstva odabranom metodom ojačanja i izvedbe, provodi se ojačanje.



TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



- + -

OJAČANJA FRP-om