

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA



DODATNO O
PREGLEDIMA KONSTRUKCIJE
I ISPITIVANJIMA MATERIJALA

Promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije

ODLAMANJE BETONA, ODVAJANJE OD ARMATURE

- slojevi betona se odvajaju na ili blizu vanjskog sloja armature

Otkrivanje:

- laganim udaranjem čekićem po površini betona ili povlačenje lanca
- za oštećenje karakterističan je tupi zvuk
- netočna metoda koja samo u grubo može odrediti položaj oštećenja
- jeftina i brza metoda

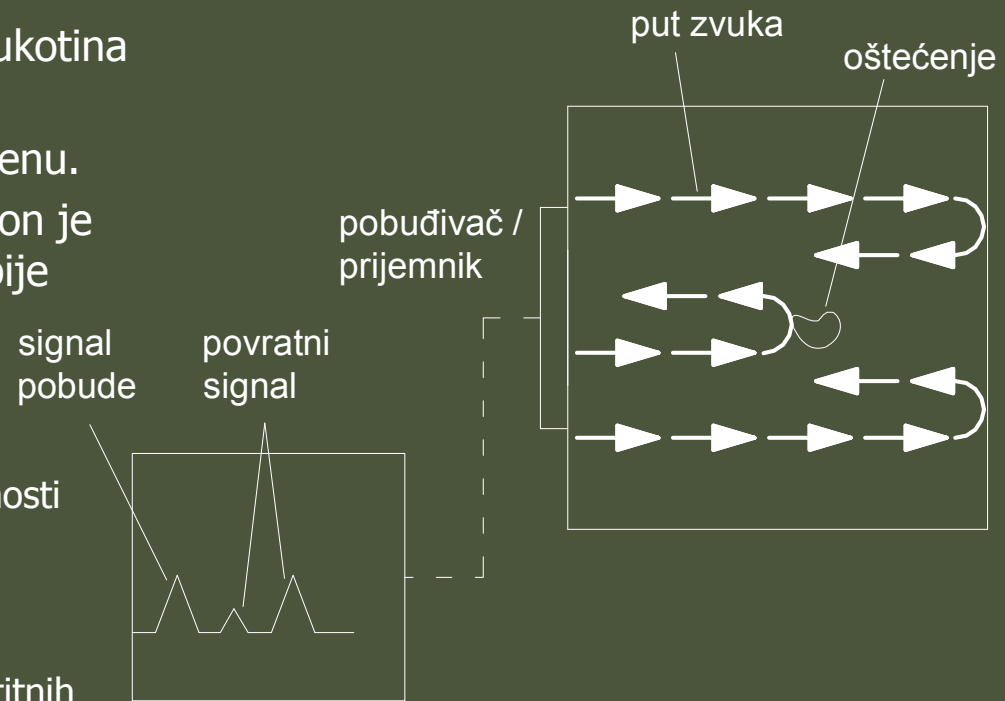


Promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije, cjelovitost konstrukcije

ULTRAZVUČNI ODZIV

- ❑ Odašiljač emitira ultrazvučni impuls određene frekvencije i vrste valova u materijal.
- ❑ Akustična impendancija, koja ovisi o brzini valova i gustoći materijala, mijenja se kad se valovi reflektiraju.
- ❑ Valovi se s vanjskih ploha, šupljina i pukotina gotovo potpuno reflektiraju.
- ❑ Reflektirani signal se promatra u vremenu.
- ❑ Velika brzina prolaska signala kroz beton je pokazatelj dobre kvalitete, a mala slabije kvalitete betona.

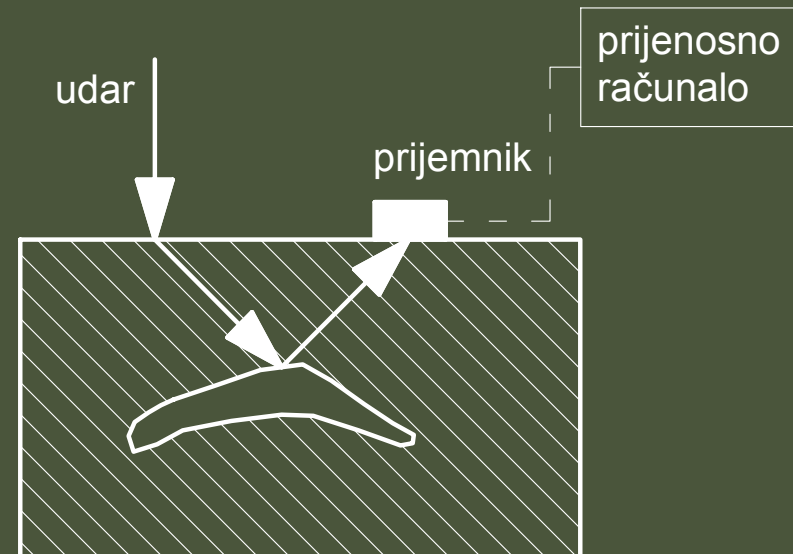
- ❑ Ovime se mjeri
 - debljina elemenata,
 - otkrivanje šupljina, pukotina, napravnosti zbijenosti betona
 - pozicioniranje čelika za armiranje i prednapinjanje
 - lokaliziranje grešaka u injektiranju zaštitnih cijevi kabela



Promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije, cjelovitost konstrukcije

IMPACT-ECHO TEST

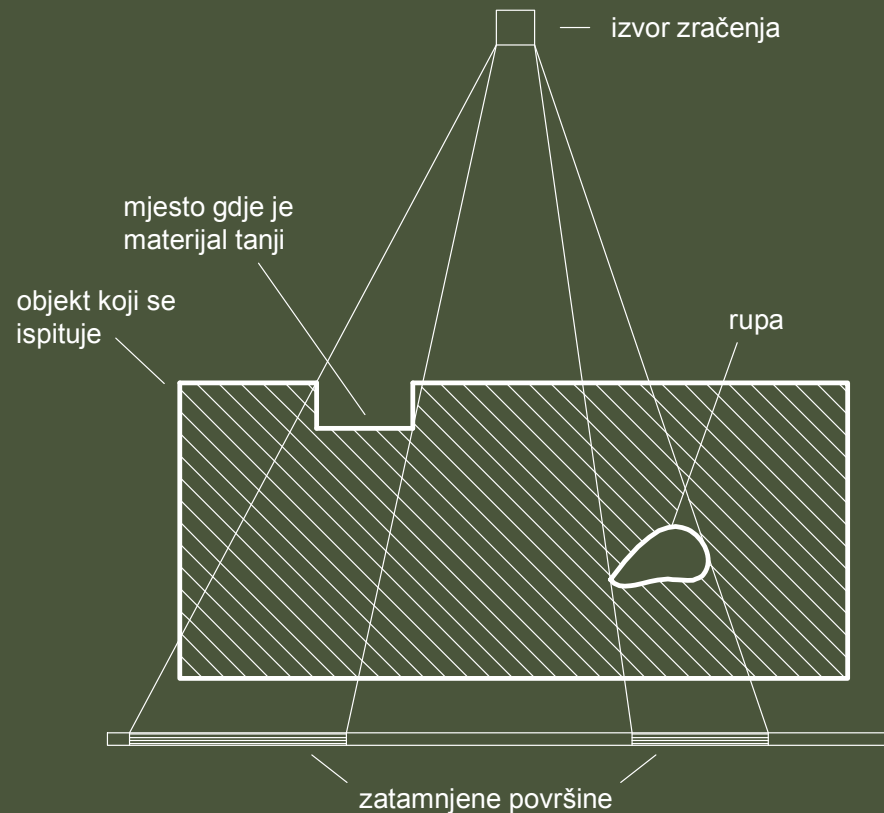
- Primjenjuje se udarni niskofrekvencijski val (proizveden elastičnim udarcem čelične kuglice) koji se širi kroz beton i odbija na plohamu unutarnjih oštećenja (i vanjskim plohamu konstrukcije)
- U neposrednoj blizini nanošenja udarca postavlja se prijemnik koji bilježi pomake na površini nastale odbijanjem valova.
- Dobiveni zapis pomaka u vremenskoj domeni prevodi se u frekventnu domenu, a rezultat je dijagram amplituda-frekvencija (spektar).
- Višestruka odbijanja valova između plohe na koju se nanosi udar, nasuprotne plohe i plohe oštećenja rezultira rezonancijama koje su uočavaju u spektru
- Utvrđuje se položaj i veličina oštećenja poput pukotina, šupljina, gnijezda)
- U prednapetom betonu moguće je utvrditi nedostatke injektiranja.



Promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije, cjelovitost konstrukcije

RADIOGRAFSKO ISPITIVANJE

- ❑ Rendgenske ili gama zrake prolaze kroz element koji se ispituje i stvara sliku na fotoosjetljivom filmu.
- ❑ Ukoliko postoji pukotina, element absorbira manje radijacije, a više radijacije prolaze na film – zatamnjenja na filmu.
- ❑ Upotrijbljivo za:
 - Položaj natega u prednapetim nosačima,
 - Otkrivanje pukotina u cijevima ispunjenim injekcijskom smjesom
 - Otkrivanje površinskih i unutrašnjih oštećenja



Promjene poprečnih presjeka i uzdužne geometrije, cjelovitost konstrukcije

TERMOGRAFIJA (INFRACRVENA)

- ❑ Konstrukcijski element koji se ispituje se izlaže toplinskom djelovanju nakon čega se infracrvenom kamerom snima ponašanje plohe pri hlađenju.
- ❑ Kada su u potpovršinskom dijelu elementa prisutne greške ta područja imaju različita toplinska svojstva
 - gustoća
 - specifični toplinski kapacitet,
 - toplinska provodljivost
- ❑ u usporedbi s ostalom promatranom plohom konstrukcijskog elementa.



Čvrstoća materijala

ODREĐIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA

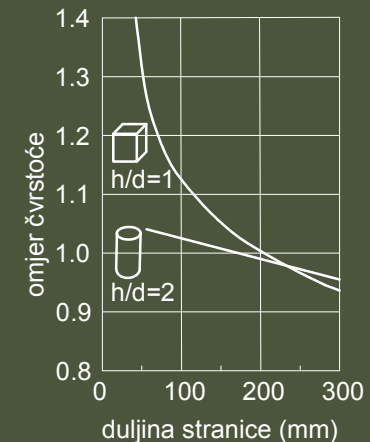
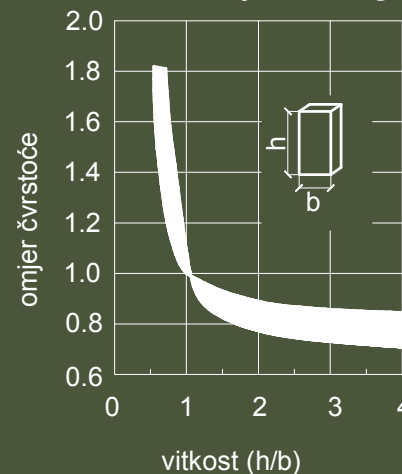
- Nerazorno: sklerometrom
- Ispituje se čvrstoća na površini betona.
- Temelji se na mjerenju kinetičke energije utega nakon odbijanja od betonske površine – veća kinetička energija znači tvrđu betonsku površinu.



Čvrstoća materijala

ODREĐIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA

- Razorno: ispitivanjem valjaka izvađenih iz građevine
- Formiranje dijagrama ovisnosti vitkosti i duljine stranice i čvrstoće betona. Uspoređuju se vrijednosti dobivene ispitivanjem na uzorcima različitih dimenzija.
- Čvrstoća ovisi o obliku i veličini uzorka.
- Preporuča se prosjek od najmanje tri neovisna ispitivanja.



Čvrstoća materijala

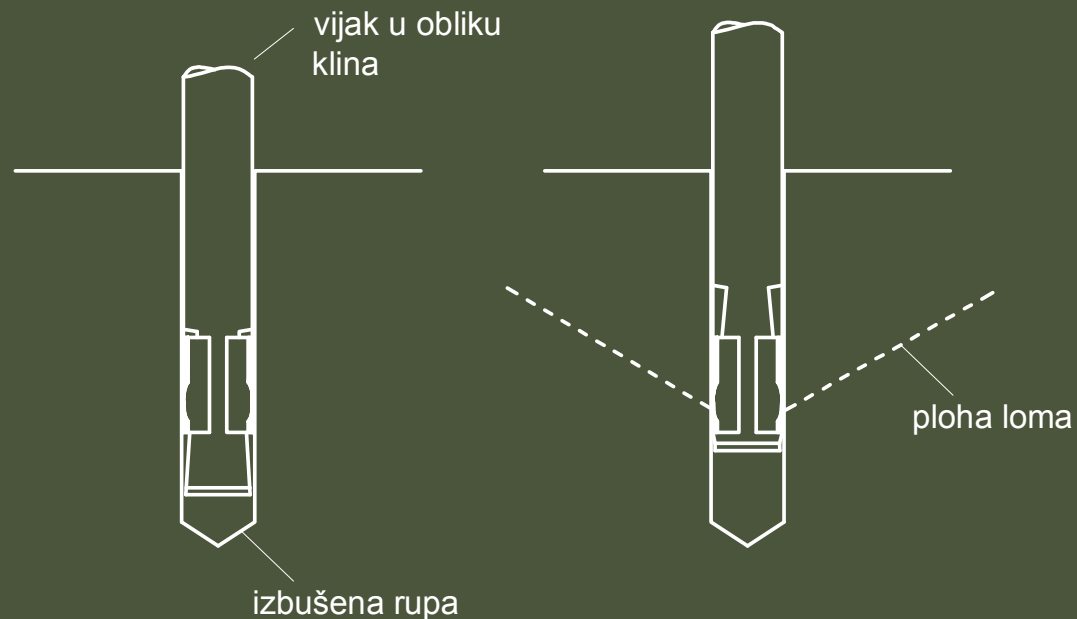
ODREĐIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE BETONA

- Razorno: ispitivanjem valjaka izvađenih iz građevine
- Nerazorno: sklerometrom
- Kod postojećih konstrukcija obično se kombiniraju dvije metode: uzma se manji broj uzoraka za ispitivanje u laboratoriju, a na licu mjesta se provodi ispitivanje sklerometrom na više mjesta, što daje uvid i u homogenost betona.

Čvrstoća materijala

PULL-OUT TEST (čupanje ili izvlačenje)

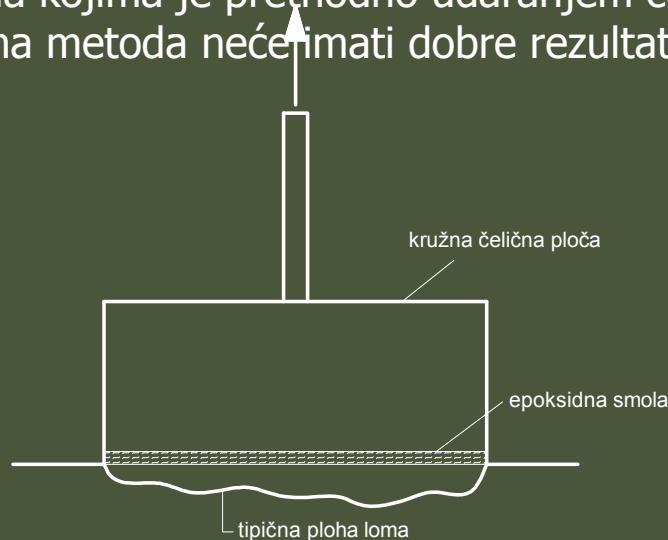
- ▣ Osnovno načelo: postoji odnos između sile potrebne za čupanje vijka (klina) iz betona i tlačne čvrstoće betona
- ▣ prednost u odnosu na sklerometar: veća dubina zahvaćenog područja



Čvrstoća materijala

PULL-OFF TEST (kidanje ili cijepanje)

- mjerenje vlačne čvrstoće betona na licu mjesta
- Kružna čelična ploča zalijepi se na površinu koja se opterećuje izravnom vlačnom silom pomoću preše oslonjene na betonsku površinu preko čelične ploče
- bitno je provođenje ispitivanja na kvalitetnom betonu radi dobivanja stvarne slike stanja
- Na mjestima na kojima je prethodno udaranjem čekićem određeno da je moguća pojava ljuštenja betona metoda neće imati dobre rezultate.



Određivanje položaja i promjera armature

- Preporuka slijeda ispitivanja:
 - Na licu mjesta započinje se provođenjem ispitivanjem **elektromagnetskim metodama**.
 - **Uklanjanje zaštitnog sloja betona** (razorna metoda) preporučljivo je radi potvrđivanja i kompletiranja podatak dobivenih nerazornim metodama
- Kada gornja kombinacija ne osigurava potrebnu informaciju primjenjuju se skuplje metode:
 - **Radiografija** – za jako armirane konstrukcije i velike debljine betona
 - **Radar** – za otkrivanje prednapetih natega s velikim zaštitnim slojem betona
- Primjenjuju se i druge tehnike
 - **Ultrazvučna metoda**
 - **Infracrvena termografija**



Određivanje položaja i promjera armature

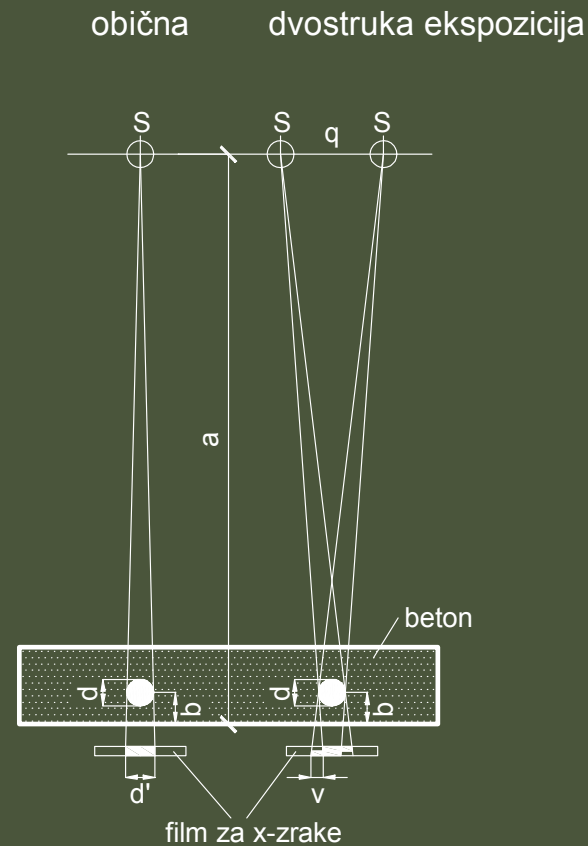
ELEKTROMAGNETSKE METODE

Fizikalni učinak	Što se određuje?	Objašnjenje
Stalni magnetizam	Položaj armature, debljina zaštitnog sloja	Mjeri se privlačna sila između armature i stalnog magneta na površini betona
Elektromagnetska indukcija	Položaj armature, debljina zaštitnog sloja, promjer armature	Magnet utječe na magnetski tok u elektomagnetskom polju
Raspršivanje magnetskog polja	Položaj armature, debljina zaštitnog sloja, promjer armature	Prvo se čelična armatura magnetizira stalnim magnetom. Tada se magnetsko polje mjeri uporabom emisijske sonde. Čelična armatura izazivaju rasipanje polja.

Određivanje položaja i promjera armature

RADIOGRAFSKE METODE

- ❑ Kada gama ili x-zrake prodiru kroz čvrsti uzorak, dio radijacije prolazi kroz uzorak, dio će biti upijen, a dio će se raspršiti u drugim smjerovima. Upijeni dio ovisi o debljini i gustoći uzorka.
- ❑ S jedne strane postavi se izvor radijacije, s druge fotografski film- položaj armature prikazat će se na filmu.
- ❑ Dvostrukim izlaganjem radijaciji može se osim promjera armature odrediti i debljina zaštitnog sloja.



$$d = (a - b) \cdot d' / a$$

$$b = (a \cdot v) / (q + v)$$

S - izvor

d - promjer armature

b - zaštitni sloj betona

d' - promjer na filmu

v - pomak na filmu

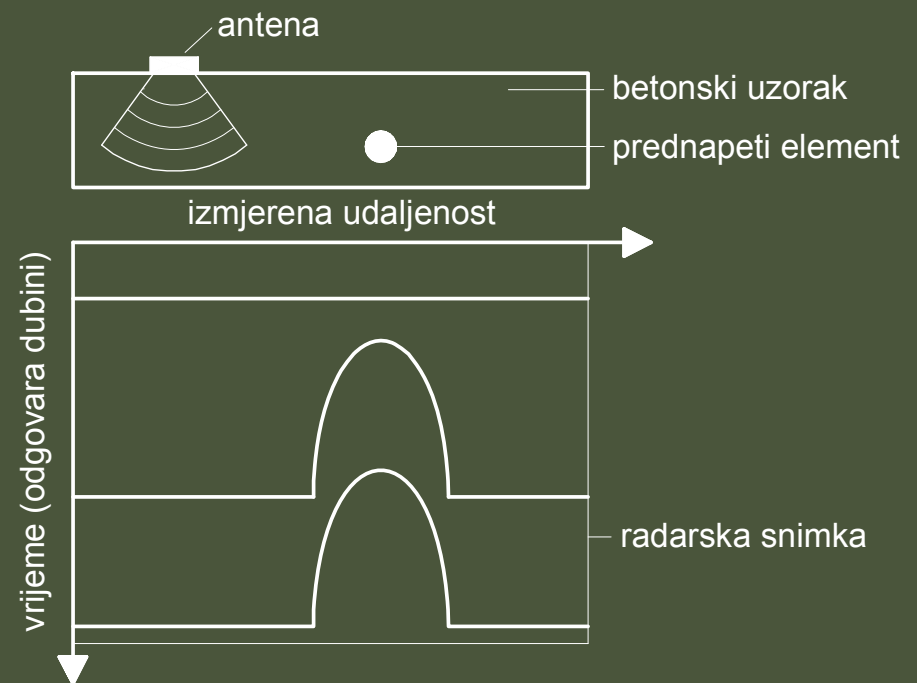
a - udaljenost od izvora do filma

q - pomak izvora

Određivanje položaja i promjera armature

RADARSKE METODE

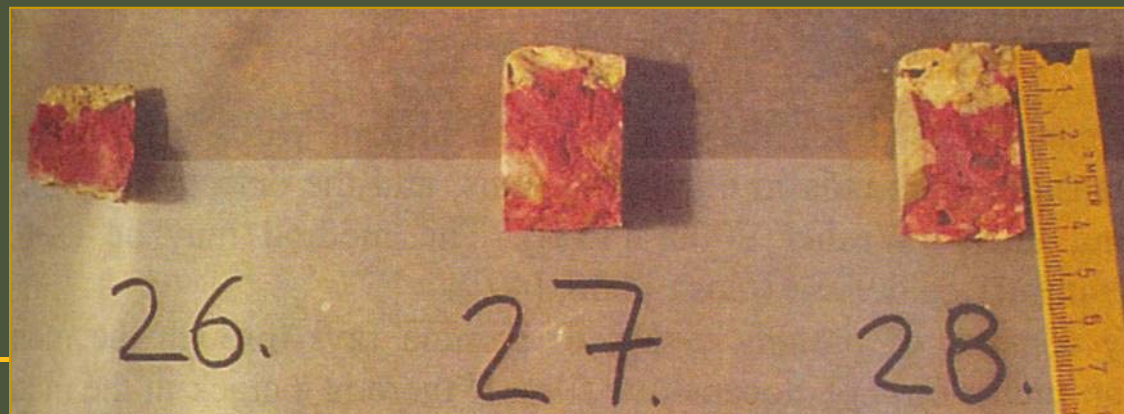
- ❑ Elektromagnetski valovi se odbijaju na spojevima materijala s različitim električnim karakteristikama.
- ❑ Prednost kod velikih promjera armature i zaštitnih slojeva, natega duboko unutar betonskih nosača: prodiranje do 50 cm u beton (kod elektromagnetskih metoda do 10 cm)
- ❑ Neprikladno za armaturu blizu površine.



Svojstva vezana uz položaj konstrukcije i vijek trajanja

ODREĐIVANJE DUBINE KARBONATIZACIJE

- Mjeri se dubina na kojoj je karbonatizacija smanjila pH-vrijednost ispod kritične razine.
- Odlomljena površina poprska se tekućim indikatorom koji u bazičnom području mijenja boju. Linija između dvije boje – granica dubine karbonatizacije
- Tijekom vađenja uzoraka prikuplja se praškasti materijal, pri različitim dubinama bušenja i dalje obrađuje u laboratoriju (materijal se miješa s vodom i određuje se pH vrijednost otopine).



Svojstva vezana uz položaj konstrukcije i vijek trajanja

ODREĐIVANJE KLORIDA U BETONU

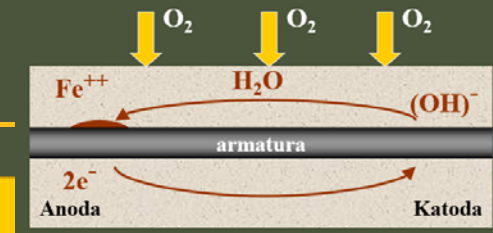
- praškasti uzorak stavlja se u kiselu otopinu te se provodi kvantitativna analiza; kisela otopina je neophodna za otapanje klorida iz soli netopljivih u vodi.
- dozvoljene vrijednosti sadržaja klorida je između 0.2% i 0.4% (AB) cementne mase; 0,1% (prethodno PB); 0,2% (naknadno PB)



Svojstva vezana uz položaj konstrukcije i vijek trajanja

KARTIRANJE POTENCIJALA

- Uređaj se spaja na oslobođenu šipku armature i na referentnu elektrodu, koja se preko mokre spužve spaja na gornju plohu betona.
- Referentna elektroda se pomiče po gornjoj plohi
- Mjeri se potencijal armature ugrađene u beton (U u mV) u odnosu na referentnu elektrodu – polućelijasti potencijal.
- Na mjestima gdje je probijen pasivni zaštitni sloj čelika, čime je počeo anodni dio procesa korozije, vrijednosti su manje (-) nego u područjima gdje je još u tijeku katodni dio procesa korozije.
- Za velike površine – sustavi mjerenja s velikim brojem elektroda u obliku kotača koji se voze po elementu.



Mjerenje potencijala korozije armature

$U > -200$: vjerojatnost da nema korozije $>90\%$
 $-200 \leq U \leq -350$: vjerojatnost korozije 50%
 $U < -350$: vjerojatnost korozije $>50\%$

Ispitivanje svojstava uporabljivosti

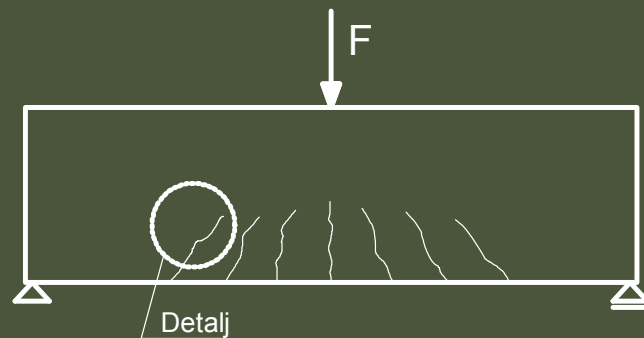
OTKRIVANJE I MJERENJE ŠIRINA PUKOTINA

- Vlasaste pukotine – ne mogu se mjeriti jednostavnim priborom, ne znače puno u smanjenju nosivosti mosta, ali ih valja dokumentirati.
- Srednje i široke pukotine – značajne su za nosivost konstrukcije mosta i treba ih zabilježiti i pratiti njihovo daljnje ponašanje u izvještajima o budućim pregledima.
- Konstrukcijske pukotine – izazvane djelovanjem stalnog i uporabnog opterećenja, imaju utjecaj na nosivost
- Nekonstrukcijske pukotine – izazvane toplinskim djelovanjem, širenjem i skupljanjem betona, nisu presudne za nosivost mosta, ali mogu dovesti do značajnih problema pri održavanju. Npr. pukotine izazvane toplinskim djelovanjem na površini kolničke ploče mogu dopustiti ulazak vode u beton i dovesti do korozije armaturnog čelika.

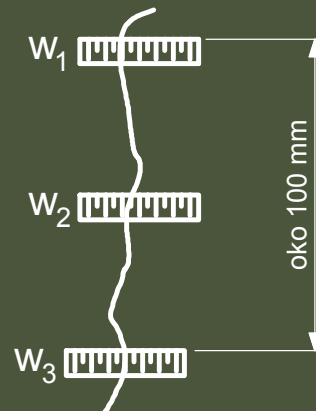
Ispitivanje svojstava uporabljivosti

OTKRIVANJE I MJERENJE ŠIRINA PUKOTINA

- Duljinu, smjer i širinu pukotina treba izmjeriti i dokumentirati.
- kontinuirano praćenje tijekom 24 h (pojedinačno mjerenje bez korekcija zbog djelovanje temp. može voditi pogrešnim zaključcima)
- Primjenjuju se mikroskopi pod kojim se povećane širine pukotina izravno uspoređuju sa stupnjevanom skalom
- Na prostoru duljine 10 cm preporučljivo je mjeriti širinu pukotine tri puta te odrediti srednju vrijednost za svaku od promatranih pukotina.



Detalj:



Ispitivanje svojstava uporabljivosti

OTKRIVANJE I MJERENJE ŠIRINA PUKOTINA

- Primjenjuju se i:
- mjerači pomaka i ekstenzometri (u posebnim slučajevima tenzometri)
- indikatori pomaka pukotine – daju izravno očitavanje pomaka i rotacije pukotine, pričvršćuju se na površinu betona

Dijagnostika konstrukcija

STATIČKO PROBNO OPTEREĆENJE

- provodi se nakon pregleda i lokalnih ispitivanja materijala ukoliko proračuni konstrukcije ne zadovoljavaju propisanu sigurnost
- osim davanja uvida u nosivost i prijenos opterećenja daju uvid u stvarno ponašanje konstrukcije
- može imati značajan utjecaj na prilagodbu analitičkog modela



Dijagnostika konstrukcija

STATIČKO PROBNO OPTEREĆENJE

□ Podjela grupa probnog opterećenja:

- 1. Probno opterećenje kao dokaz nosivosti.** Jednostavno osigurava dokaz da konstrukcija može podnijeti projektirano opterećenje. Nije nužno raspoređivati instrumente na mostu. Osigurava malo podataka o stvarnom ponašanju konstrukcije.
- 2. Ispitivanje radi potvrđivanja.** Cilj je ustanoviti ponašanje konstrukcije pod opterećenjima za posebne situacije koje se mogu dogoditi. Ovime se pokazuje da se konstrukcija ponaša prema propisima.
- 3. Ispitivanje s ciljem istraživanja ponašanja.** Cilj je otkriti više o stvarnom ponašanju i mogućnostima konstrukcije. Opterećenja se nanose, a mjerenja koja se provode mogu biti proizvoljna ili se prilagođavaju zavisno o odzivu konstrukcije. Ovo ispitivanje značajno je skuplje, zahtijeva planiranje i razradu ispitivanja.

Dijagnostika konstrukcija

MJERENJE DINAMIČKOG ODZIVA KONSTRUKCIJE

- ❑ Dinamički odziv konstrukcije ili nekog njenog dijela, može se koristiti za ocjenu kakvoće nosača i ocjene stanja oslonaca usporedbom eksperimentalnih rezultata i analitičkih modela.
- ❑ Pobuda koja se nanosi na konstrukciju može biti prisiljena, izazvana vibratorima, udarnim čekićima
 - *Kod mostova:* prelaskom kamiona preko prepreke, najčešće daske položene na kolnik ili se mogu pratiti tzv. ambijentalne vibracije izazvane prolascima kamiona i drugih teških vozila preko mosta (nekontrolirani promet)



Dijagnostika konstrukcija

MJERENJE DINAMIČKOG ODZIVA KONSTRUKCIJE

- ❑ Oprema za mjerenje dinamičkog odziva konstrukcije mosta
 - prilično je skupa
 - za njeno rukovanje i interpretaciju rezultata potrebno je iskusno osoblje
 - Osjetljivost tehnike ograničena je na građevine s većim stupnjem rezerve usljed statičke neodređenosti.
 - Nije posebno osjetljiva na neka lokalna oštećenja.



Dijagnostika konstrukcija

MJERENJE DINAMIČKOG ODZIVA KONSTRUKCIJE

- ❑ Dinamički parametri najpogodniji za dugotrajno praćenje su:
 - vlastite frekvencije
 - prigušenje
- ❑ Indikacije oštećenja:
 - moment tromosti raspucalog betona se smanjuje te se time umanjuje i vlastita frekvencija
 - gubitak sile prednapinjanja u prednapetim nosačima povećava vjerojatnost pojave vlačnih pukotina, pukotine umanjuju krutost nosača a time se ponovo umanjuje i vlastita frekvencija cijele konstrukcije
 - promijenjeni uvjeti oslanjanja mogu dovesti do promjene vlastite frekvencije
 - pukotine u betonu povećavaju prigušenje konstrukcije
 - promjene uvjeta na ležajevima mijenjaju prigušenje

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA



sljedeće predavanje: Primjeri