



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
www.grf.bg.ac.rs

Studijski program: **GRAĐEVINARSTVO**

Modul: **KONSTRUKCIJE**

Godina/Semestar: **3 godina / 5 semestar**

Naziv predmeta (šifra): **TEORIJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1
(B2K3B1)**

Nastavnik: **Prof.dr Snežana Marinković**

Naslov predavanja: **ANALIZA**

Datum : **11.10.2021.**

Beograd, 2021.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2021/2022 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.

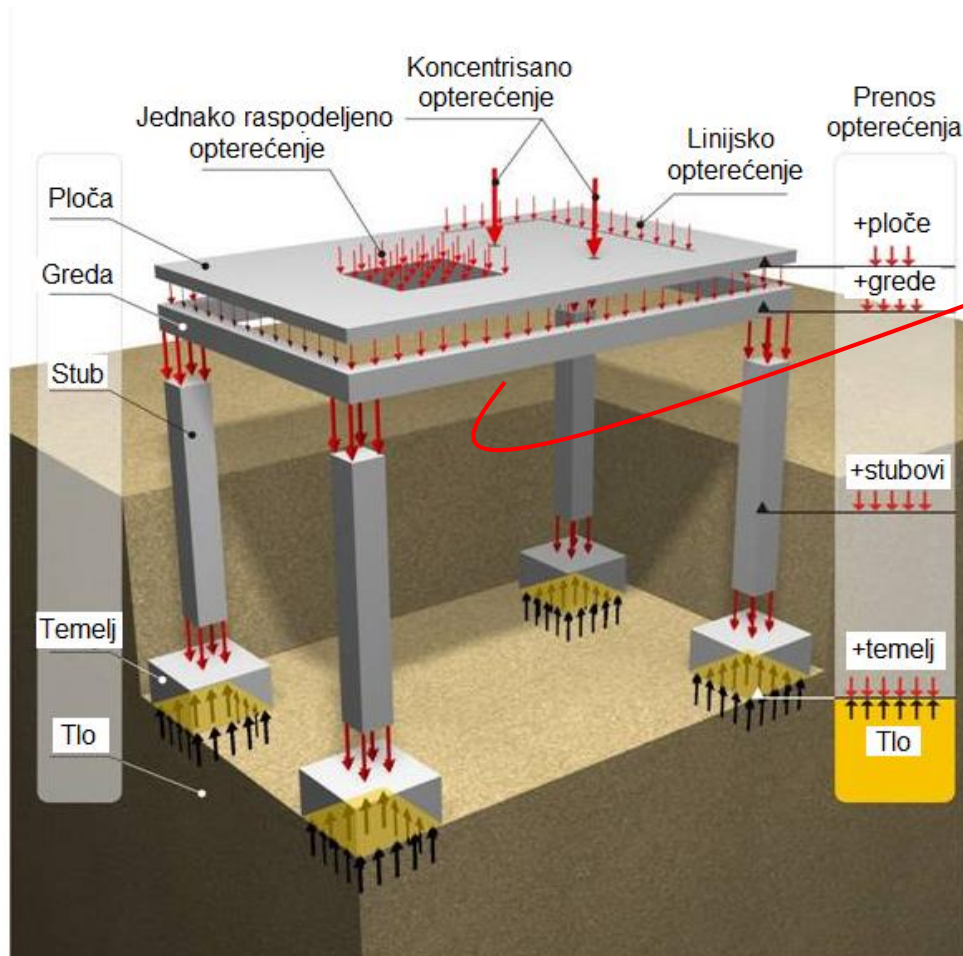
Analiza AB konstrukcija

Pod dejstvom spoljašnjeg opterećenja i prinudnih deformacija, u AB konstrukcijama se javljaju naponi i deformacije, odnosno sile u preseku (M, V, N, T).

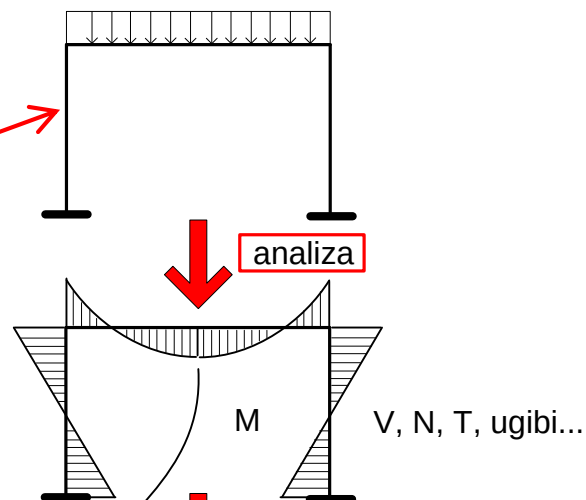
Da bi se sračunale presečne sile u AB elementima/konstrukcijama, potrebno je poznavati:

- opterećenje koje deluje na element (ovaj deo proračuna se najčešće naziva *analiza opterećenja*) - modeliranje opterećenja;
- konturne uslove (ili određivanje *statičkih sistema elemenata*, u zavisnosti od njihovih veza sa susednim elementima) – modeliranje konstrukcijskog sistema;
- *vezu između napona i deformacija* koja opisuje ponašanje betona i čelika armature - modeliranje realnog ponašanja armiranog betona kao spregnute konstrukcije.

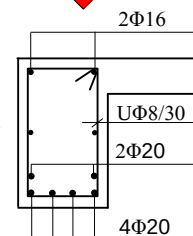
Analiza AB konstrukcija



analiza opterećenja + statički sistem



dimenzionisanje

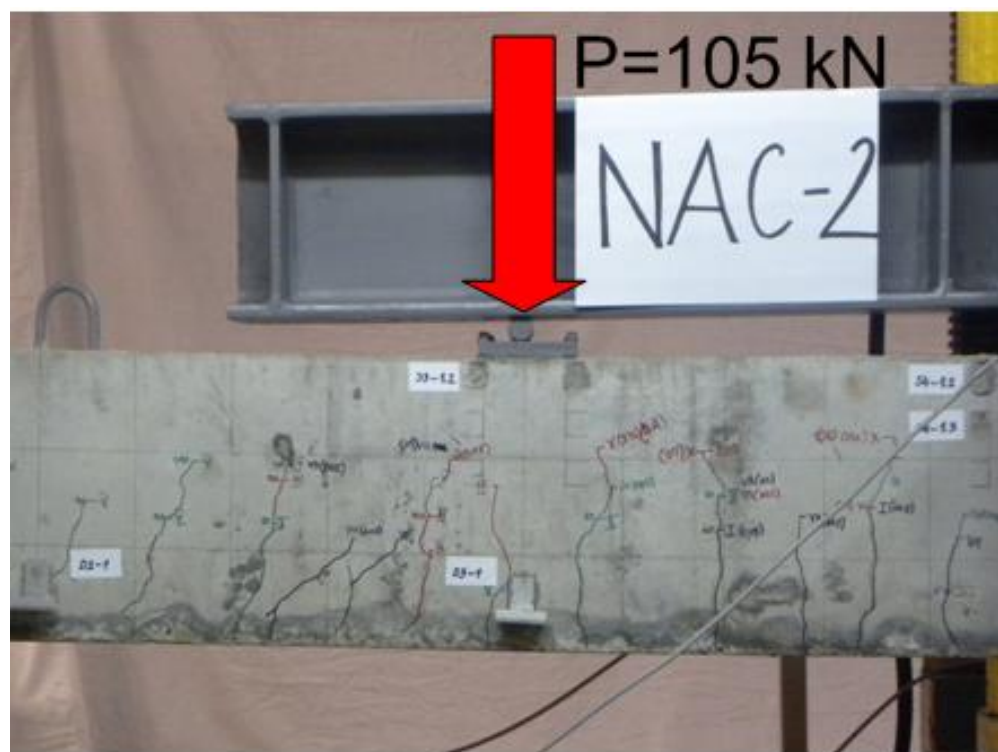
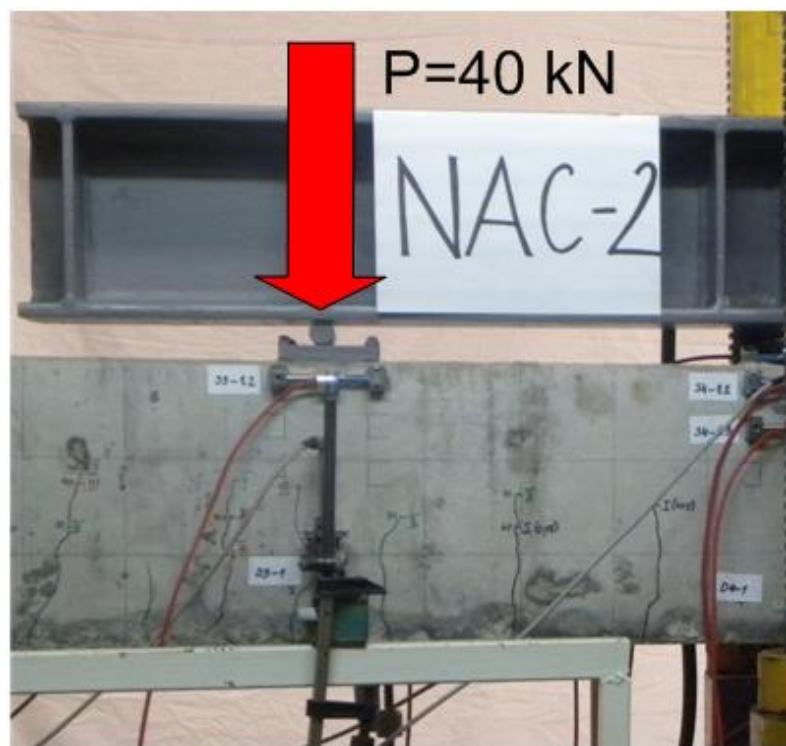
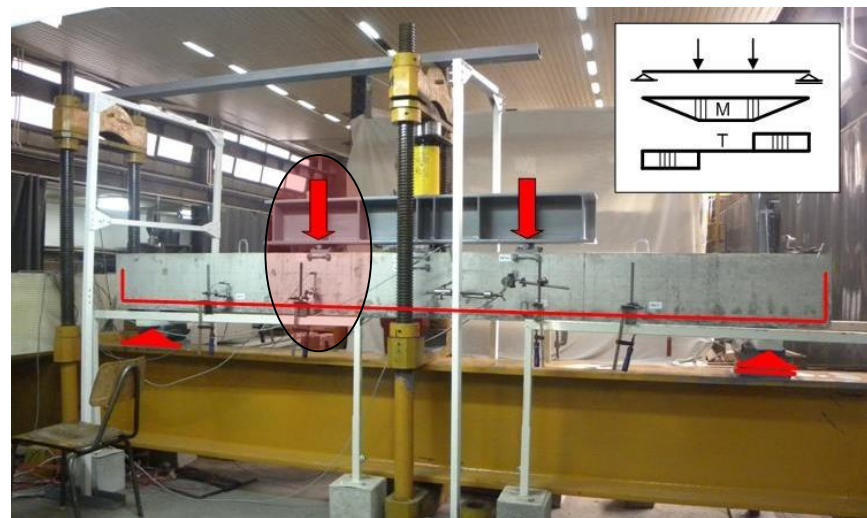


Analiza AB konstrukcija

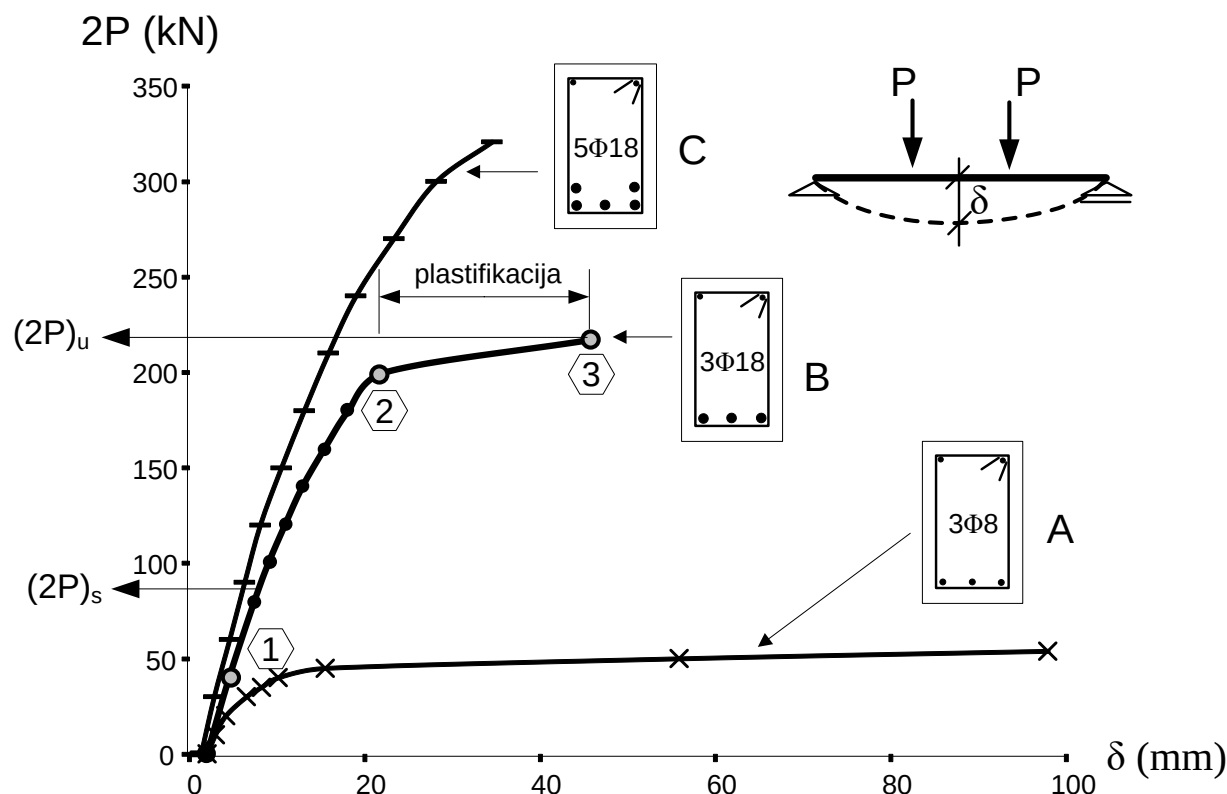
Cilj analize konstrukcija je da se sračunaju uticaji od dejstava (sile u presecima, naponi i deformacije) u konstrukciji. U tu svrhu, ponašanje – odgovor realnih konstrukcija se opisuje idealizovanim mehaničkim modelima različite složenosti.

Ponašanje AB konstrukcija je složeno, jer je beton *viskoelastoplastičan materijal sa izraženom osobinom starenja* u oblasti napona pritisaka, dok je u zatezanju praktično linearno elastičan. AB konstrukcijski elementi su *spregnute konstrukcije* od dva različita materijala, i *normalno nisu homogeni*, zbog pojave *prslina*. Ovo dodatno komplikuje modeliranje u smislu da je potrebno na adekvatan način opisati sve posledice realnog odgovora – različito ponašanje preseka koji imaju prslinu od ponašanja neisprskalih preseka, *neujednačenu krutost elementa zbog isprskalosti, karakteristike prijanjanja* između čelika i betona, *sadejstvo zategnutog betona između prslina* itd.

Prosta greda opterećena sa dve koncentrisane sile u trećinama raspona (Ignjatović, 2013)

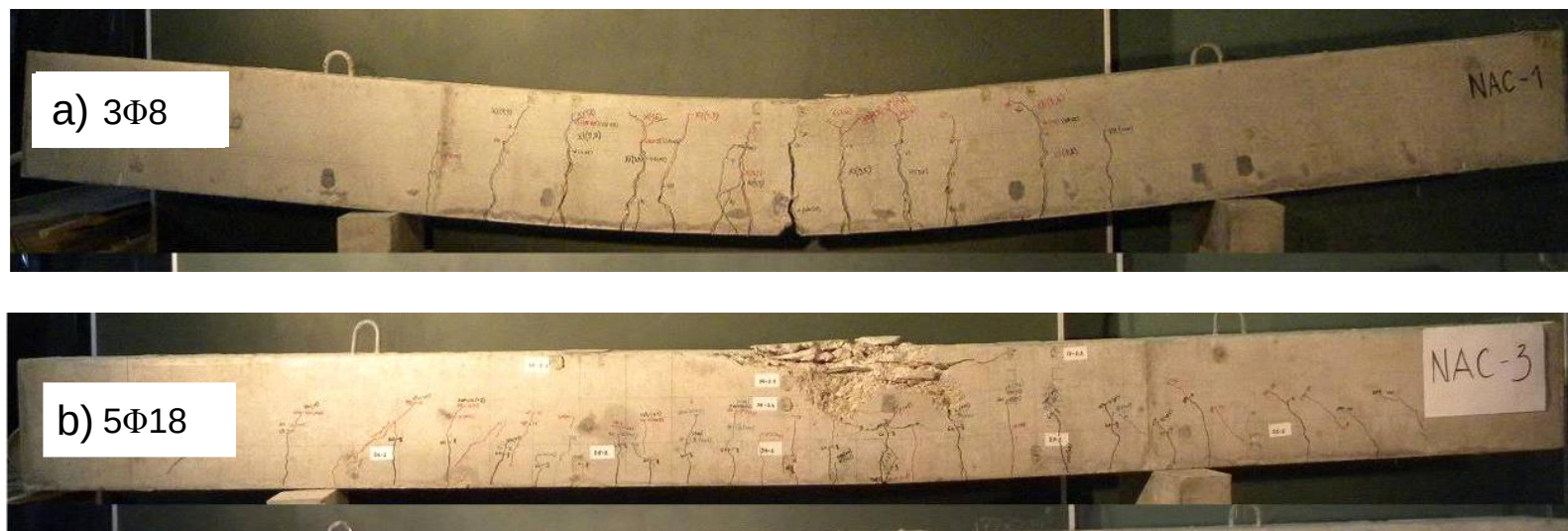


Analiza AB konstrukcija



Zavisnost između opterećenja i ugiba od nule do loma, za različito armirane savijane grede (Ignjatović, 2013)

Analiza AB konstrukcija



Izgled greda nakon loma: a) slabo armirana tipa A i b) jako armirana greda tipa C
(Ignjatović, 2013)

Analiza AB konstrukcija

Teorijski pristupi koji se danas koriste u analizi AB konstrukcija, počevši od najstarijeg i najjednostavnijeg, ka složenijim:

- Linearna elastična analiza
- Linearna elastična analiza sa ograničenom preraspodelom
- Plastična analiza
 - klasična teorija plastičnosti
 - strut&tie modeliranje
- Nelinearna analiza

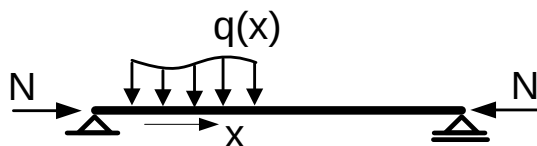
Što je idealizacija realnog ponašanja tačnija, to je modeliranje komplikovanije, pa se za praktične proračune uvek traži kompromis između zadovoljavajuće tačnosti i složenosti modela.

Linearna elastična analiza

Zasniva se na jednostavnoj linearnoj vezi između napona i deformacija (Hukov zakon), E - modul elastičnosti:

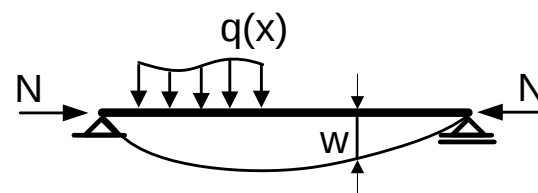
$$\sigma = E\varepsilon$$

Primenom linearne teorije elastičnosti se, na primer, za gredu opterećenu poprečnim $q(x)$ i konstantnim aksijalnim opterećenjem N , dolazi do poznatih diferencijalnih jednačina:



$$EIw'' = -M_q(x)$$

ukoliko se uslovi ravnoteže ispisuju za nedeformisanu osu štapa
(teorija prvog reda)



$$EIw'' + Nw = -M_q(x)$$

ukoliko se uslovi ravnoteže ispisuju za deformisanu osu štapa ($N/EI = \text{const}$)
(teorija drugog reda)

Linearna elastična analiza

U slučajevima kada se član Nw u diferencijalnoj jednačini ne može zanemariti (velika pomeranja, izvijanje vitkih elemenata), rešenja se moraju tražiti korišćenjem teorije drugog reda – **nelinearna analiza**.

Za **eksploataciona kratkotrajna opterećenja**, može se smatrati da ova analiza daje rezultate zadovoljavajuće tačnosti za praktične proračune AB konstrukcija. Ukoliko je uticaj vremenskih deformacija betona od značaja za odgovor konstrukcije (na primer, kod prethodno napregnutih elemenata), umesto Hukovog zakona treba koristiti konstitutivne jednačine betona za dugotrajna opterećenja.

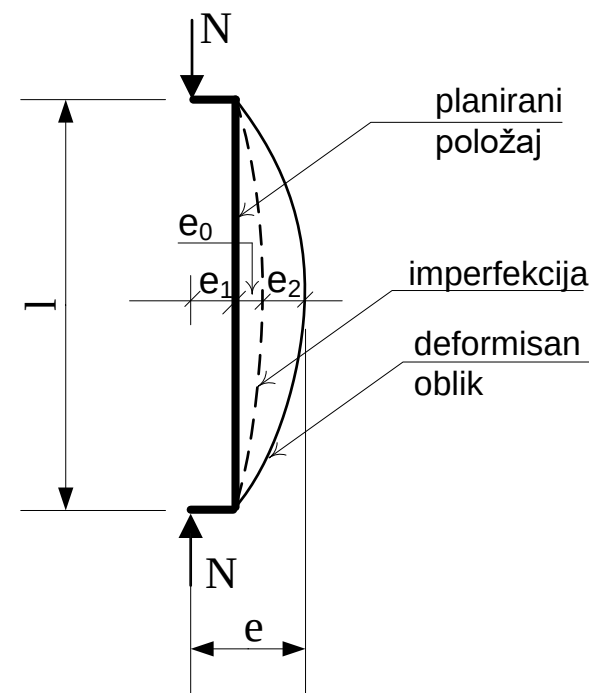
Teorija drugog reda

Vertikalni noseći AB elementi, kao što su stubovi i zidovi, su pretežno opterećeni na pritisak. Mogu biti geometrijski **vitki**, odnosno dugački, „tanki“ i fleksibilni.

Početni ekscentricitet aksijalne sile pritiska duž AB elementa uvek postoji (od geometrijskih imperfekcija i momenata savijanja prvog reda) i povećava se usled njegovih pomeranja, pa se javljaju uticaji drugog reda – dodatni momenti savijanja. Pod **vitkim AB elementima** se podrazumevaju elementi kod kojih dodatni momenti savijanja nisu zanemarljivi i kod kojih lom može nastupiti: ili usled progresivnog i neproporcionalnog povećanja deformacija i gubitka stabilnosti, ili iscrpljenjem nosivosti određene čvrstoćama materijala (šta je kritičnije).

Teorija drugog reda

Problem nije samo **geometrijski nelinearan** (normalne sile utiču na stanje momenata savijanja), već je i **materijalno nelinearan**: stanje unutrašnjih sila zavisi od veličine pomeranja a ona su, u AB elementima za više nivoae napona, nelinearna funkcija opterećenja. Pored svega toga, potrebno je uvesti i uticaj vremenskih deformacija betona.



$$e = e_0 + e_1 + e_2$$

e_0 ekscentricitet usled imperfekcija

$e_1 = \frac{M_1}{N}$ ekscentricitet prvog reda, posledica momenta savijanja prvog reda M_1

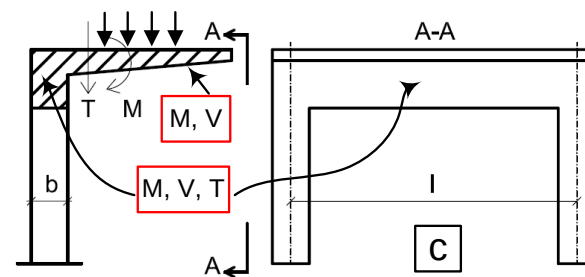
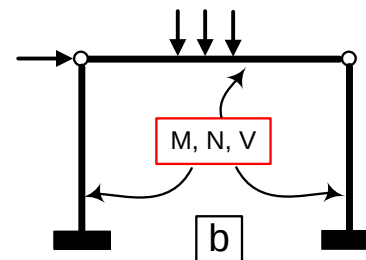
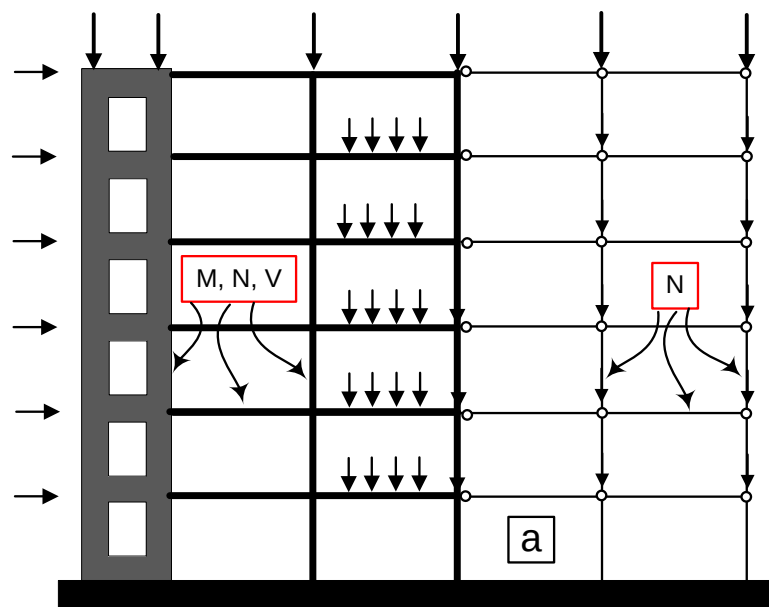
e_2 ekscentricitet drugog reda, posledica deformacije pritisnutog elementa

EC2

Prema EC2 za analizu elemenata konstrukcija i konstrukcija može se koristiti:

- linearna elastična analiza,
- linearna elastična analiza sa ograničenom preraspodelom,
- plastična analiza (uključujući metodu pritisnutih štapova i zatega),
- nelinearna analiza.

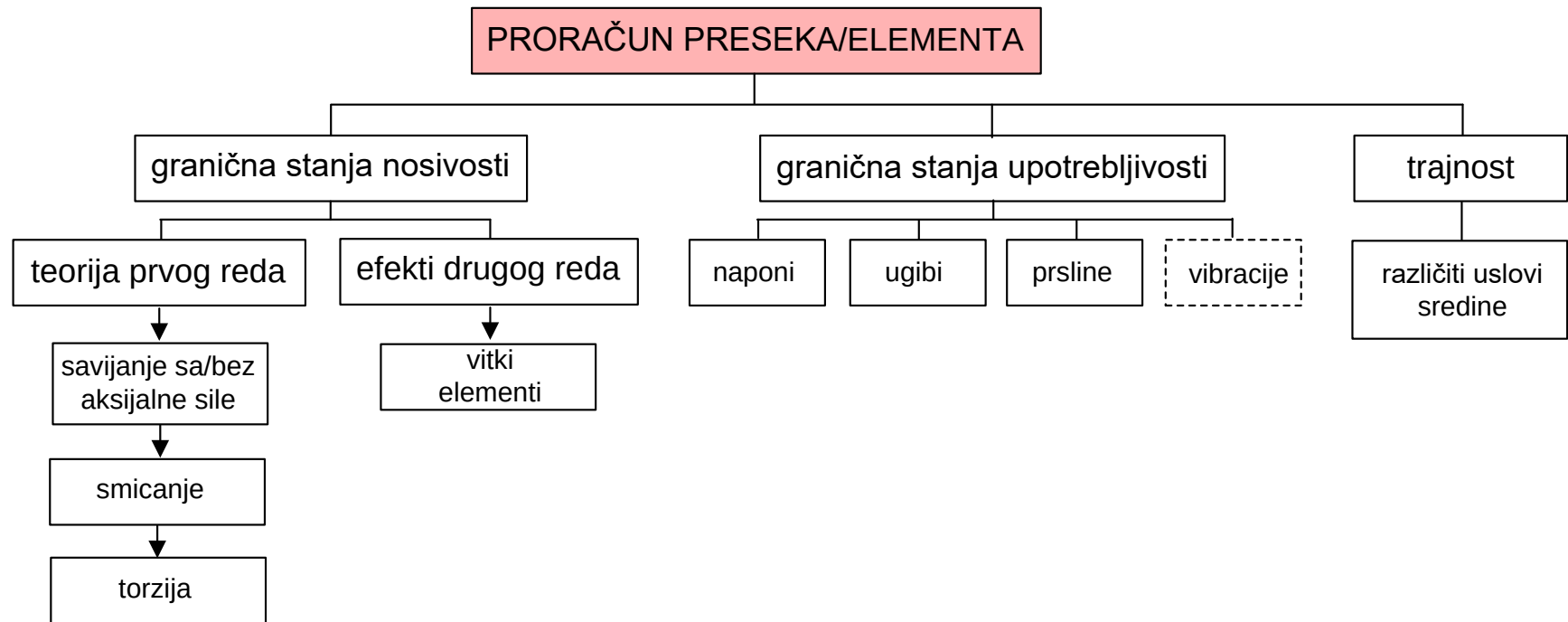
Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija



Mešoviti konstrukcijski sistem zgrade (a), konstrukcijski sistem hale u poprečnom pravcu (b) i konstrukcijski sistem nadstrešnice (c)

Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija prema EC2

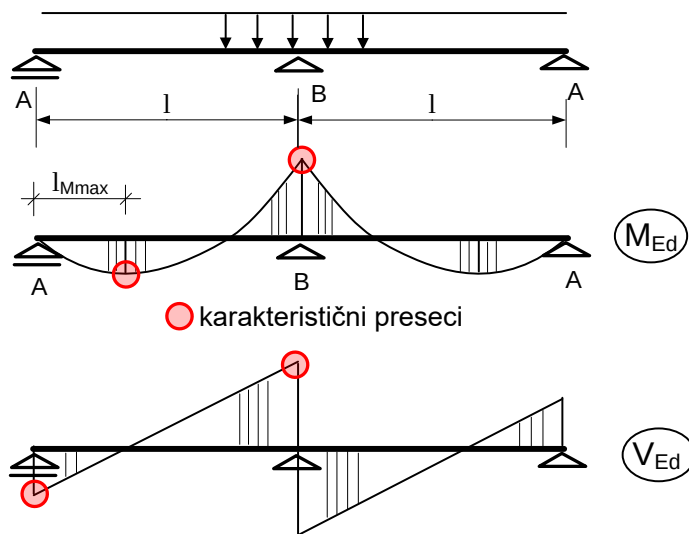
ŠTA JE POTREBNO DOKAZATI ?



Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija

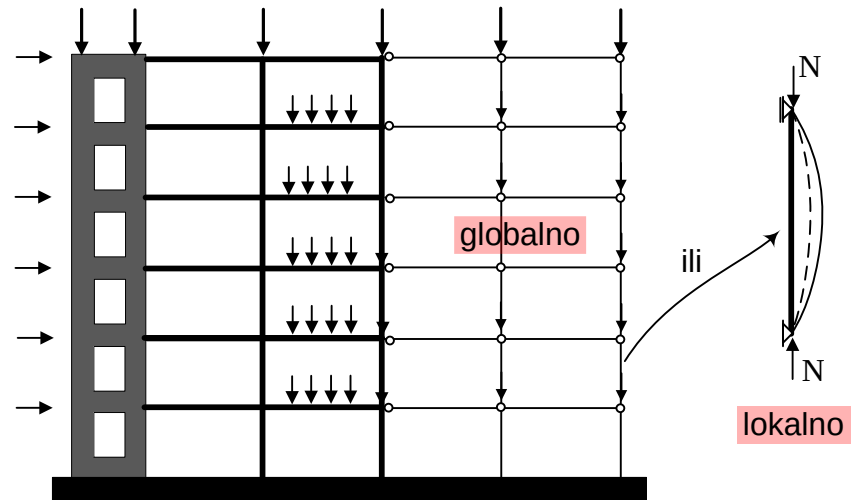
NOSIVOST

teorija prvog reda



nosivost preseka $\leftrightarrow$ nosivost
elementa/konstrukcije?

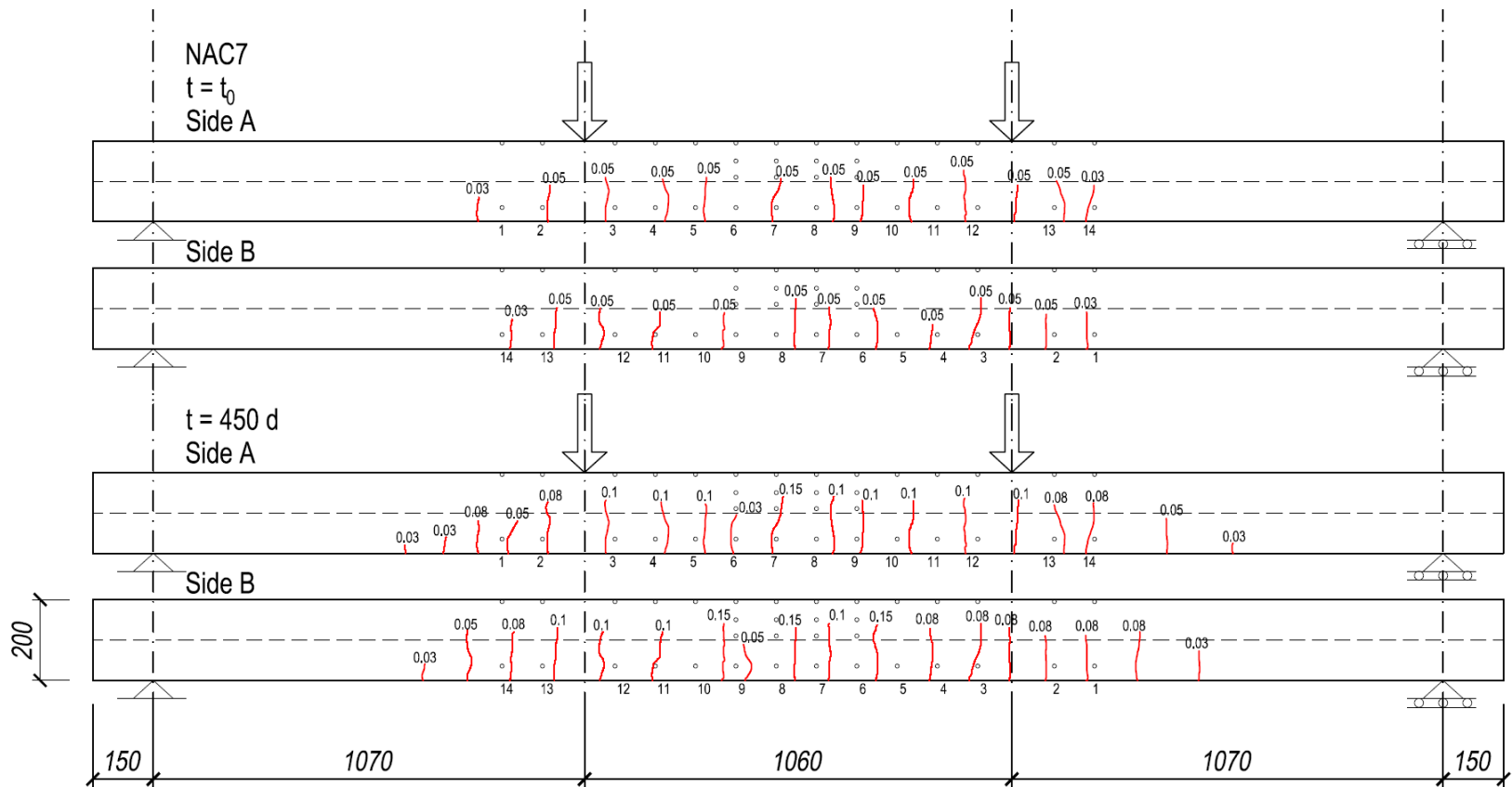
efekti drugog reda



nosivost konstrukcije na globalnom nivou
ili na lokalnom nivou izdvojenog elementa

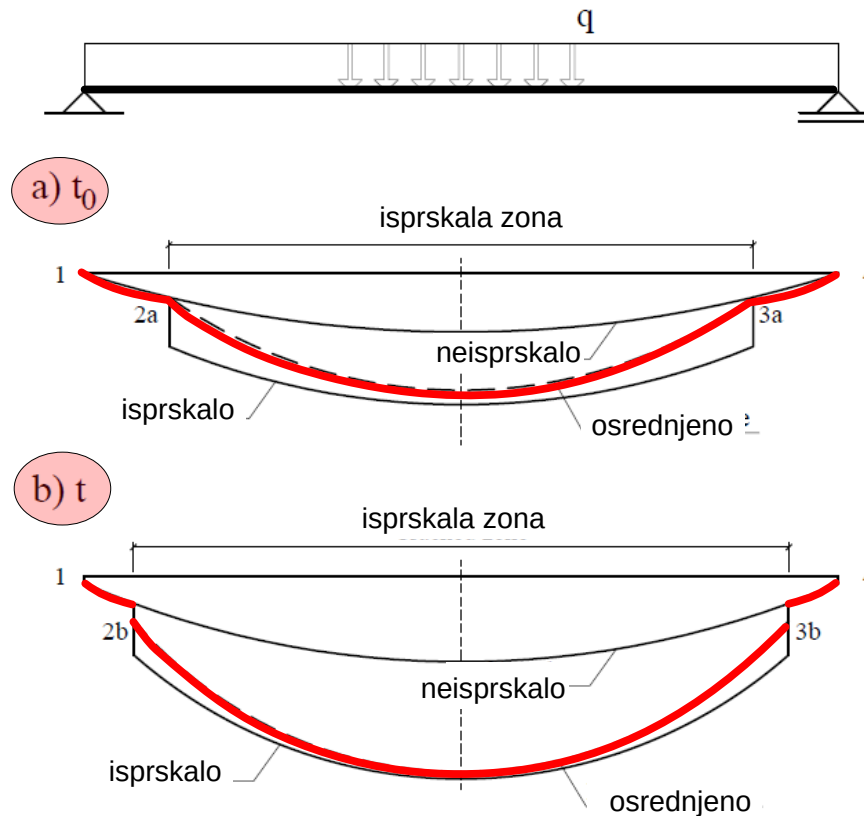
Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija

PRSLINE – nivo AB elementa

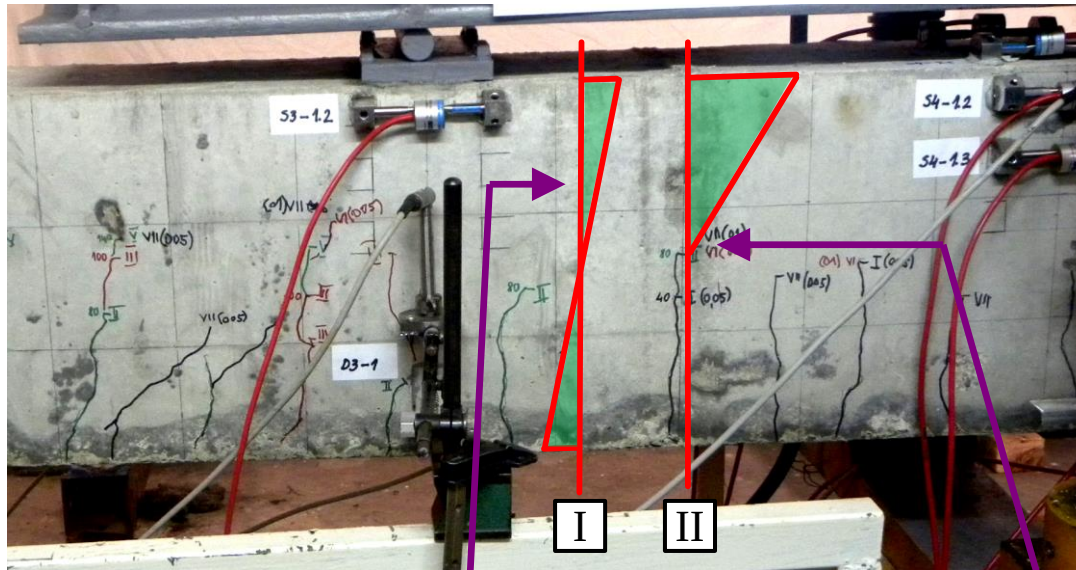


Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija

UGIBI – nivo AB elementa



Principi dokaza graničnih stanja AB konstrukcija



NAPONI–
nivo preseka

