

Značajke konstruktivnih sustava



Projektiranje (DESIGN)

- *Projektiranje mostova* je proces *sinteze* građevine mosta za zadane podatke uporabom projektnih alata i projektnih kriterija uz pridržavanje propisanih uvjeta.
- *Sinteza* je proces sastavljanja, kreiranja ili generiranja mosta od osnovnih komponenata ili podataka.
- Rješenje problema kod sinteze ima uobičajeno više rješenja.
- *Analiza* je proces rastavljanja mosta u osnovne komponente.
- Rješenje problema kod analize ima uobičajeno jedno rješenje, koje može sadržavati više dijelova.
- Teorija je analitički okvir koji omogućuje sistematski opis sustava postojeće strukture.

Projektiranje (DESIGN)

Projektni alati su sredstva koja koristimo u procesu projektiranja

- prazna stranica
- zdravi razum
- iskustvo temeljeno na vlastitim i tuđim projektima
- teorija
- propisi i norme
- projektne smjernice, katalozi tvrtki, kompjuterski programi (CAD)

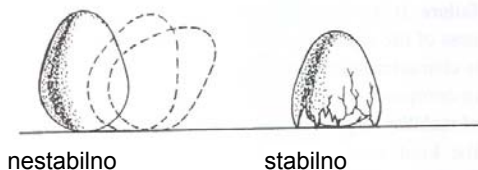
Razina projekta:

- konceptualni
- preliminarni
- definitivni (konačni)

(a) ***Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura***

Stabilnost

- sposobnost strukture da preuzme opterećenja uz ograničene deformacije i pomake
- Granična deformacija ili pomak određuje da li je struktura stabilna ili ne ovisi o tipu strukture
- Stabilnost je kvalitativni izraz, struktura je stabilna ili nestabilna - ne može biti "više stabilna" ili "manje stabilna"

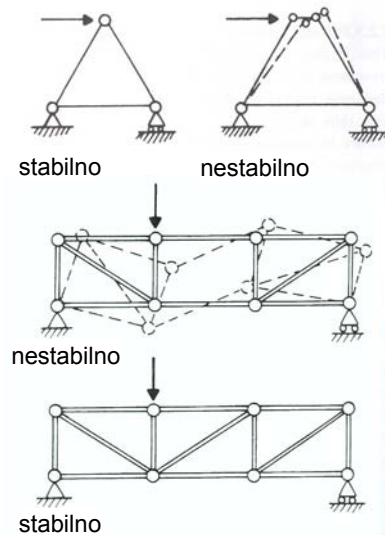


(a) **Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura**

Razlikuju se dva tipa stabilnosti:

1. geometrijska

- sposobnost strukture da uopće preuzme opterećenja
- svojstvo geometrije strukture
- nema veze s veličinom opterećenja ili s nosivosti pojedinih konstruktivnih elemenata

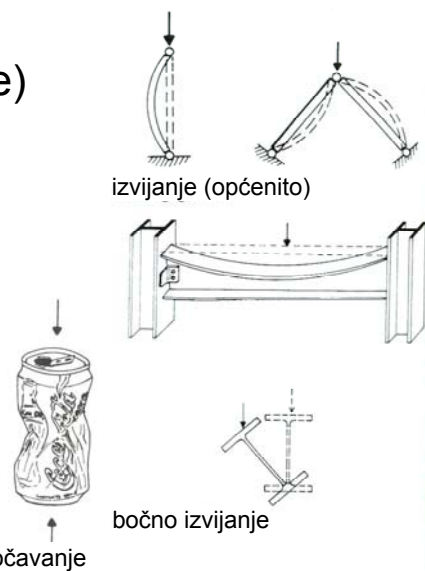


(a) **Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura**

Razlikuju se dvije vrste stabilnosti:

2. elastična (ili izvijanje)

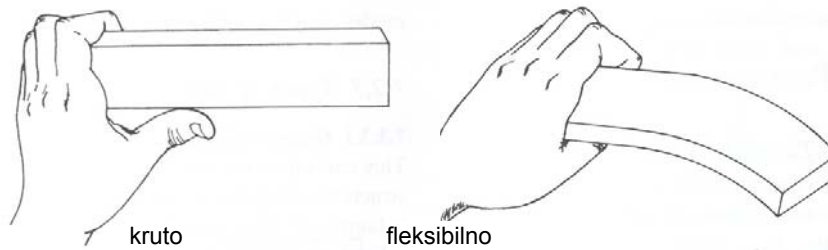
- način sloma strukture
- funkcija opterećenja i krutosti strukture i njenih dijelova
- Izvijanje je karakteristično za strukture ili konstruktivne elemente pod tlačnim opterećenjem
- Izvijanje je fenomen gubitka stabilnosti geometrijski stabilnih struktura, do kojeg dolazi kad opterećenje dosegne određenu "kritičnu" vrijednost – silu izvijanja.



(a) *Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura*

Krutost

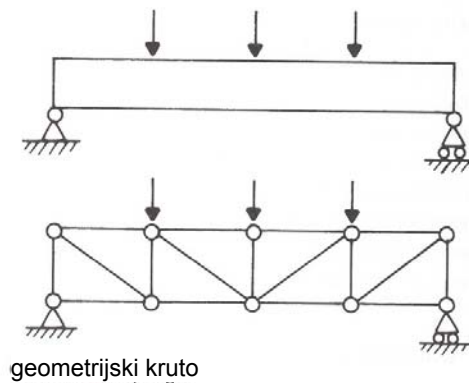
- funkcija geometrije strukture i ne ovisi o veličini izmjera strukture i njenih elemenata



(a) *Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura*

Geometrijska krutost

- kvalitativni parametar
- označava odsutnost gibanja uslijed infinitezimalno malih sila



(a) **Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura**

Elastična krutost

- funkcionalni odnos između sila i pomaka

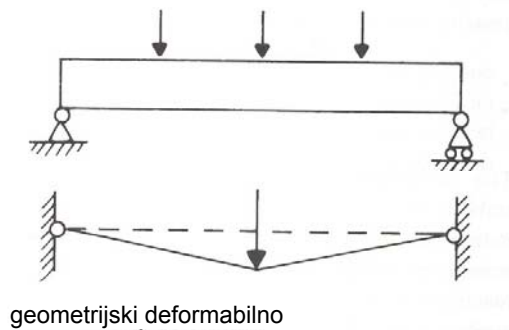
Elastičnost

- kvantitativni parametar
- vezan na veličinu gibanja uslijed povećanja opterećenja

(a) **Stabilnost, krutost i klasifikacija struktura**

Geometrijska deformabilnost

- značajka strukture koja pod opterećenjem mijenja oblik ma kako malo
- inverzni pojam u odnosu na geometrijsku krutost, kao što je “fleksibilnost” inverzni pojam u odnosu na “elastičnu krutost”



- Neka struktura općenito ima i fleksibilnost i elastičnu krutost, ali može biti ili kruta ili deformabilna.

Kruta i deformabilna struktura

- Kruta struktura (struktura) preuzima opterećenja bez većih promjena oblika (geometrije) - npr. greda i rešetka
- Deformabilna struktura ne može preuzeti opterećenje u svom osnovnom obliku (geometriji), nego se oblikom prilagođuje zadanom opterećenju
- Deformacije (pomaci) su ipak unutar određenih tolerancija, tako da se takva struktura može smatrati "stabilnom"
- Primjer takve strukture je viseći most.

(b) *Ravninske štapne strukture*

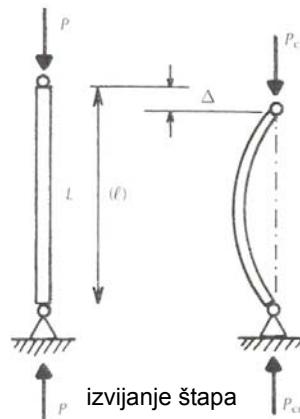
Izvijanje tlačnih štapova

- Euler-ova kritična sila izvijanja

$$P_{cr} = \pi^2 EI / L^2$$

L = duljina izvijanja = udaljenost između točaka infleksije

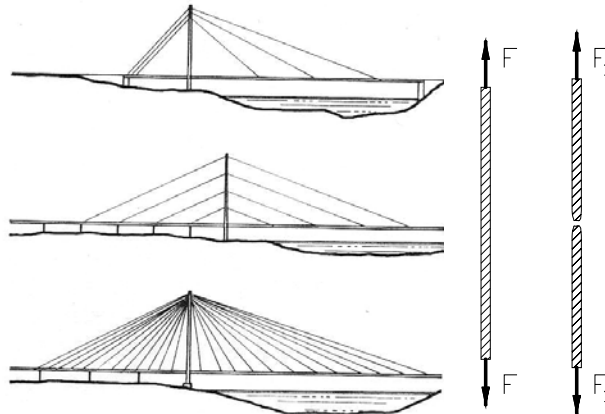
EI = krutost na savijanje



(b) *Ravninske štapne strukture*

Vlačni štap - zatega

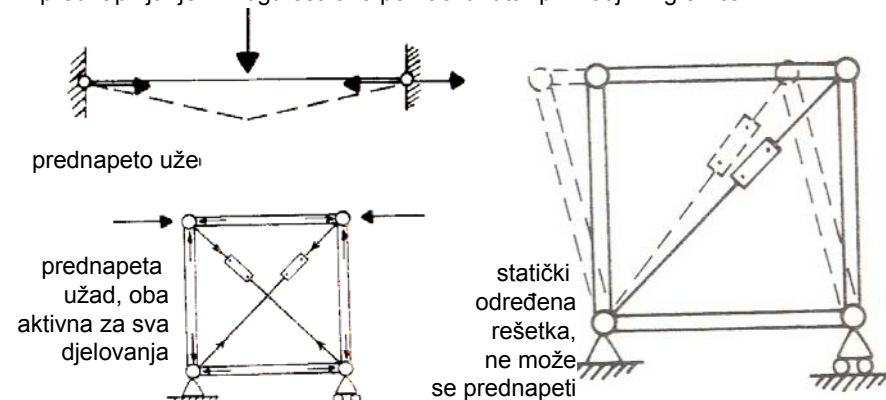
- Zatega može biti i uže (kabel) zanemarive krutosti na savijanje
- Oznaka "kabel" obuhvaća i zakrivljene elemente funikularnog oblika



(b) *Ravninske štapne strukture*

Prednapinjanje

- stanje kod kojeg u strukturi postoje unutarnje sile bez vanjskog opterećenja
- rešetkaste zglobojno sastavljene strukture mogu se prednapeti samo ako su statički neodređene
- geometrijski deformabilne strukture se mogu prednapeti, a najčešće se jedino prednapinjanjem mogu ostvariti pomaci unutar prihvatljivih granica



(b) **Ravninske štapne strukture**

Tipovi ravninskih štapnih struktura

- Rešetke
- Grede

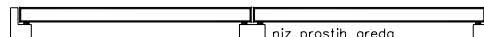


- slobodno oslonjene
- upete
- kontinuirane

dispozicije:



prosta greda



niz prostih greda



kontinuirani nosac

- Ploče

- nose u jednom smjeru
- nose u dva smjera
- ploče s rebrima

- Vierendeel nosači



- Ravninski okviri

- preko jednog polja
- preko više polja



(c) **Kablovi i lukovi**

Funikularni oblici

- Funikularni oblik sile na rasponu je oblik koji poprima element bez fleksijske krutosti (uže ili lanac) pod zadanim opterećenjem, obješen preko raspona između fiksnih oslonaca
- Funikularni oblik je isključivo funkcija opterećenja



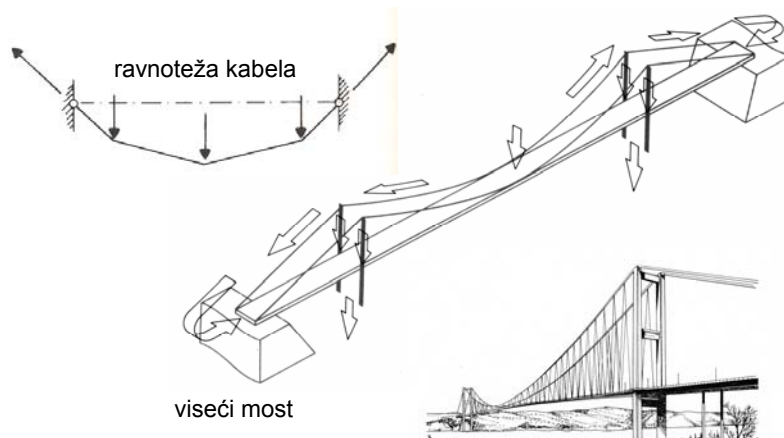
funikularni oblici



(c) **Kablovi i lukovi**

Kabel (uže, lanac)

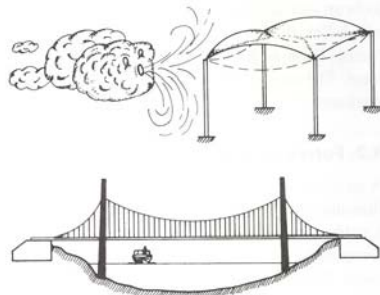
- u čistom vlaku
- nema fleksijske krutosti pa se automatski prilagođuje zadanom opterećenju, uvijek zauzimajući funikularni oblik



(c) **Kablovi i lukovi**

Kabel (uže, lanac)

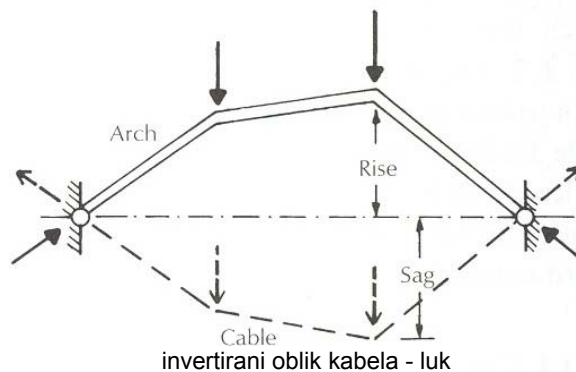
- nestabilna struktura
- ako se opterećenje drastično promijeni, primjerice promijeni smjer, mogu nastati nedozvoljeno veliki pomaci
- ako je pak područje moguće varijacije opterećenja malo, kabel je unutar tog područja stabilna deformabilna struktura
- primjer takve strukture je viseći most - stalna težina visećeg mosta je neusporedivo veća od promjenjivih djelovanja i struktura je općenito stabilna



(c) **Kablovi i lukovi**

Luk

- ako se oblik kabla za zadano opterećenje “invertira” (zaokrene za 180°) provjes kabla postaje strelica luka
- novo dobiveni oblik je u čistom tlaku
- struktura koja je izvedena prema funikularnom obliku u tlaku je luk



(c) **Kablovi i lukovi**

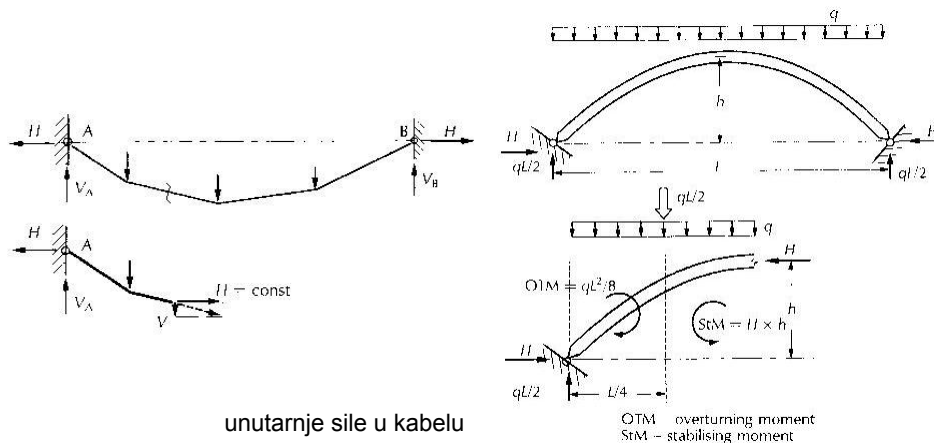
Luk

- luk mora imati fleksijsku krutost zbog izvijanja
- zato je kruta struktura nepromjenjivog oblika, koji se ne može prilagoditi promjeni opterećenja
- sukladno gornjem luk je u čistom tlaku samo za onu kombinaciju opterećenje za koje je funikularnog oblika
- za bilo koju drugu različitu kombinaciju opterećenja u luku nastaje kombinacija aksijalnog tlaka i savijanja
- definicija luka je strukturalna, a ne geometrijska
- konstruktivna visina kabla je provjes, a luka strelica

(c) **Kablovi i lukovi**

Luk

- horizontalna komponenta unutarnjih sila na cijeloj duljini kabela i luka je za vertikalna djelovanja konstantna
- to slijedi iz uvjeta ravnoteže horizontalnih sila $\sum H = 0$:



unutarnje sile u kabelu

(c) **Kablovi i lukovi**

Luk

- funikularni oblik i oblik momentnog dijagrama grede su funkcije opterećenja
- slijede slijedeći izrazi:

Kontinuirano opterećenje:

greda

$$M = qL^2/8$$

funikularni oblik

$$M = qL^2/8h$$

Koncentrirana sila:

greda

$$M = PL/4$$

funikularni oblik

$$M = PL/4h$$

- napadni moment savijanja jednak je u oba slučaja
- stabilizirajući moment u slučaju grede je moment savijanja M , a za funikularni oblik $H \times h$.

(c) **Kablovi i lukovi**

Luk

- Vrijedi izraz: $y(x) = M(x)/H$
gdje je
 $y(x)$ ordinata funikularnog oblika u udaljenosti x
- slijedi da je funikularni oblik za zadani raspon i za proizvoljno opterećenje oblik momentnog dijagrama slobodno oslonjene grede za jednaki raspon i opterećenje:

