

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



ROBUSNOST

ROBUSNOST U NORMAMA

- Norma **EN 1990** zahtijeva robusnost samo implicitno i to na sljedeći način:
 - *Građevina treba biti projektirana i izvedena na takav način da neće biti oštećena uslijed događaja kao što su*

- požar,
- eksplozija,
- udarac i
- posljedice ljudske pogreške



u omjeru nerazmjernom izvornom uzroku.

ROBUSNOST U NORMAMA

- ❑ Potencijalna oštećenja trebala bi biti izbjegnuta ili ograničena prikladnim odabirom jedne ili više od sljedećih mjera:
 1. izbjegavanje, eliminiranje ili smanjenje opasnosti kojima građevina može biti izložena
 - ❑ Zaštitne ograde
 - ❑ Izbjegavanje plinskih cijevi u zgradama ili unutar šupljeg sanduka kad postoji opasnost od eksplozije
 - ❑ Kontrola kvalitete u izvedbi kojom se smanjuje mogućnost ljudske greške, revizije



ROBUSNOST U NORMAMA

- ❑ Potencijalna oštećenja trebala bi biti izbjegnuta ili ograničena prikladnim odabirom jedne ili više od sljedećih mjera:
 2. **odabir konstrukcijskog sustava koji ima nisku osjetljivost na razmatrane opasnosti**
 - ❑ kod zidanih zgrada tlocrtni raspored te uspostaviti vezu između zidova i drugih dijelova konstrukcije
 - ❑ horizontalna i vertikalna povezivanja konstrukcije

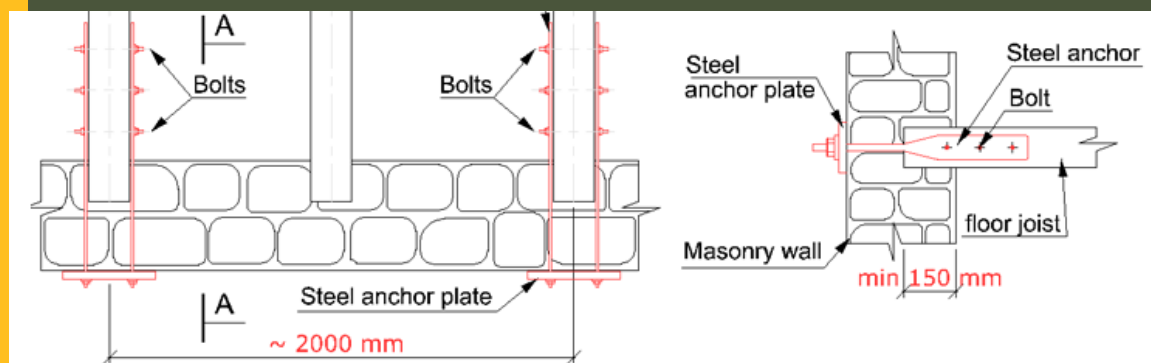


Figure 9- Detail for anchoring of timber joists to stone masonry wall

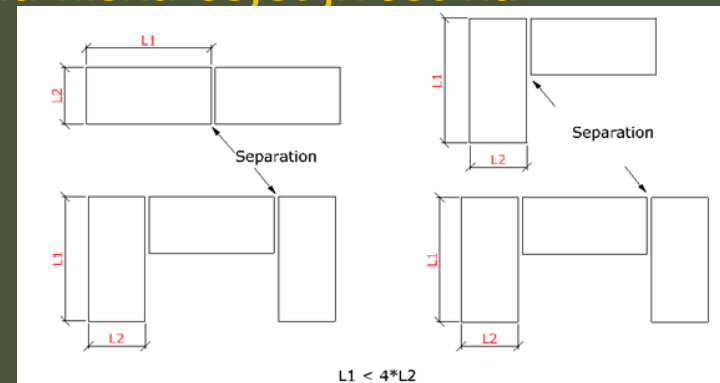


Figure 12- Irregular configurations in plan should be separated in regular portions

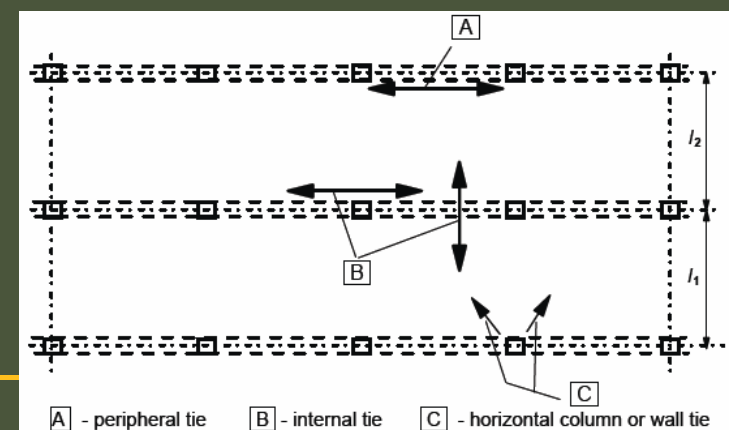
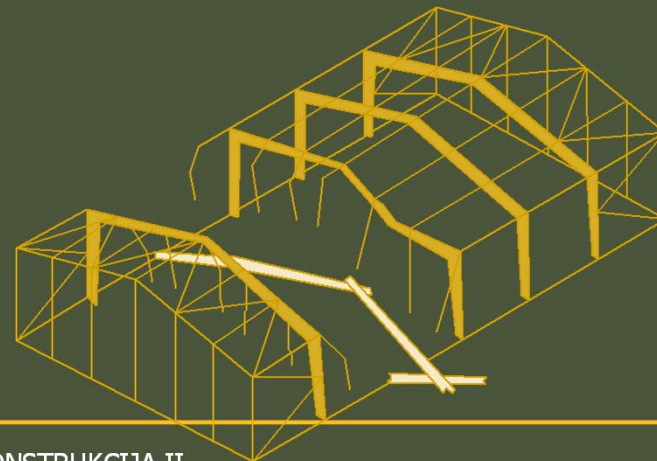


Figure 9.15: Ties for Accidental Actions

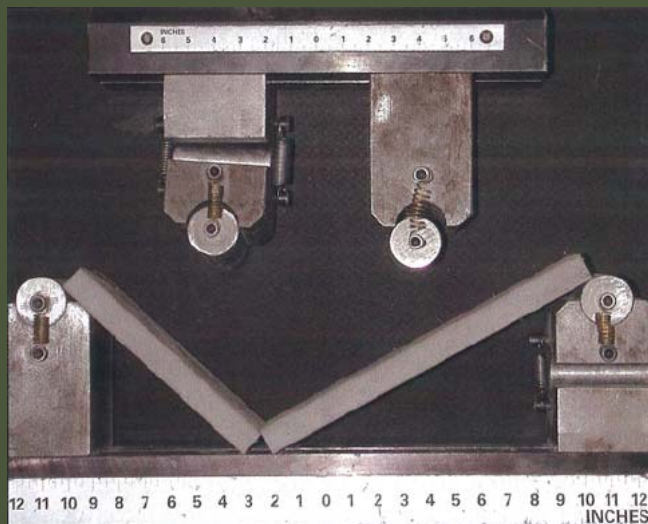
ROBUSNOST U NORMAMA

- Potencijalna oštećenja trebala bi biti izbjegnuta ili ograničena prikladnim odabirom jedne ili više od sljedećih mjera:
 - 3. odabir konstrukcijskog sustava i konstrukcije koja može prikladno podnijeti izvanredna uklanjanja pojedinačnog elementa ili ograničenog dijela građevine, ili pojavu prihvatljivih lokalnih oštećenja
- Primjeri ograničenja šteta **HALA S KROVOM RASPONA > 9M**
 - provjerava se stanje kada je bilo koji od elemenata uklonjen (srušen)
 - u tom se slučaju s njim smiju rušiti samo na njega neposredno priključeni dijelovi građevine, a ostatak mora ostati, eventualno uz veliko deformiranje

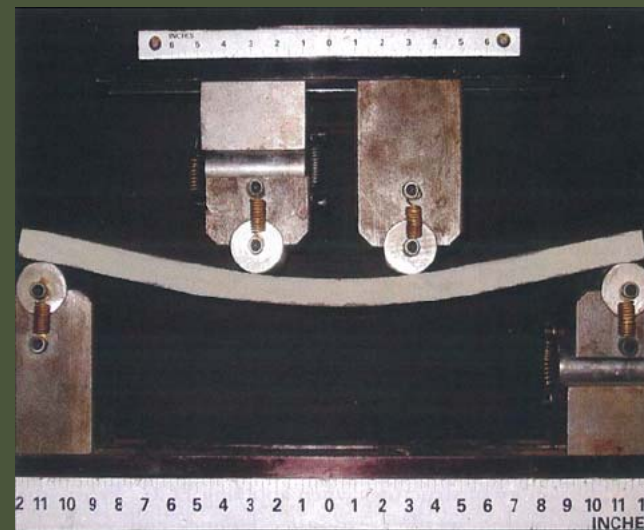


ROBUSNOST U NORMAMA

- ❑ Potencijalna oštećenja trebala bi biti izbjegnuta ili ograničena prikladnim odabirom jedne ili više od sljedećih mjera:
 - 4. što je više moguće izbjegavanje konstrukcija koje se mogu srušiti bez upozorenja
 - ❑ Statički neodređeni sustavi
 - ❑ Duktilni sustavi



Krti lom



Duktilno ponašanje

ROBUSNOST U NORMAMA

- Potencijalna oštećenja trebala bi biti izbjegnuta ili ograničena prikladnim odabirom jedne ili više od sljedećih mjera:

5. povezivanje konstruktivnih elemenata u cjelinu

- Vertikalna i horizontalna povezivanja
- Primjer u EN 1992-1-1 za betonske konstrukcije (9.10 Tying systems)

- Armatura za vanjsko povezivanje mora preuzeti vlačnu silu:
 l_i = duljina krajnjeg raspona, $q_1 = 10 \text{ kN/m}$ i $Q_2 = 70 \text{ kN}$.

$$F_{\text{vezna, vanjska}} = l_i \cdot q_1 \leq Q_2$$

- Armatura za unutarnje povezivanje mora u svakom smjeru preuzeti vrijednost vlačne sile:

$$f_{\text{vezna, unutarnja}} = 20 \text{ kN/m}$$

- Armatura za horizontalno povezivanje mora preuzeti vlačnu silu po metru dužnom fasade:

$$f_{\text{vezna, fasada}} = 20 \text{ kN/m}$$

odnosno vlačnu silu za stupove:

$$F_{\text{vezna, stup}} = 150 \text{ kN}$$

- Kod zgrada sastavljenih od panela sa 5 katova i više, valja predvidjeti armaturu za vertikalno povezivanje

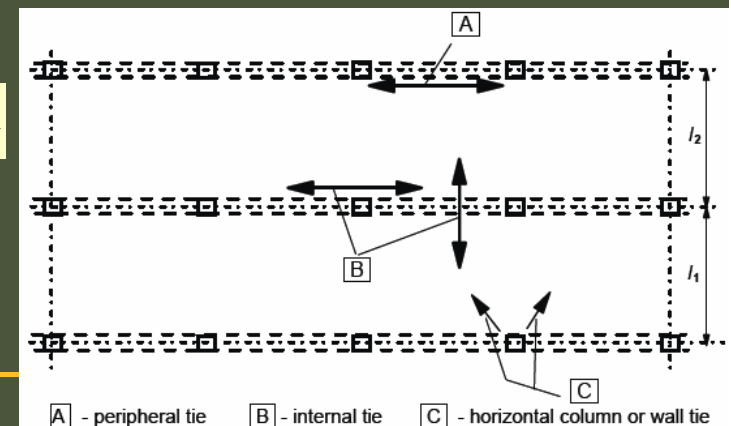


Figure 9.15: Ties for Accidental Actions

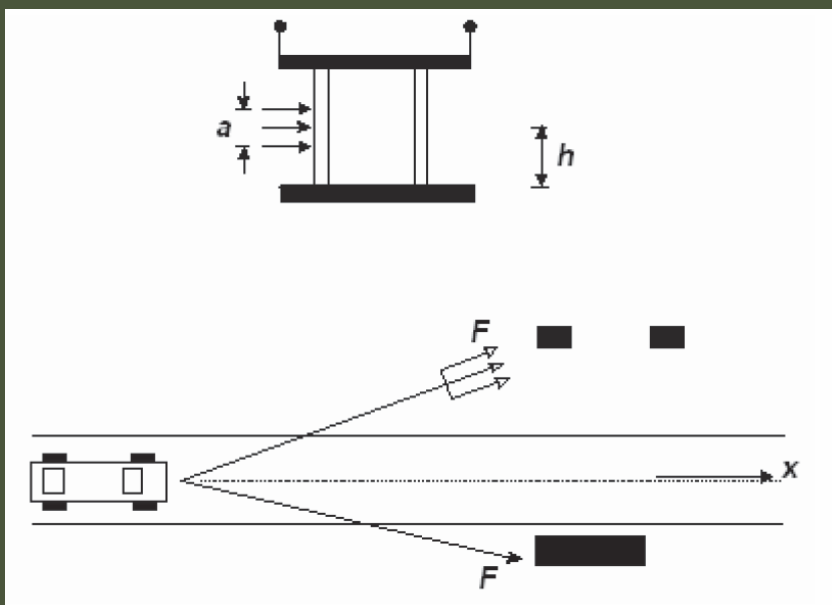
ROBUSNOST U NORMAMA

- ❑ Norma **EN 1991-1-7** pruža strategije projektiranja na izvanredna djelovanja.
 - Izvanredna djelovanja su djelovanja male vjerojatnosti pojave, koja imaju ozbiljne posljedice i obično su kratka trajanja.
 - Ne očekuje se da ijedna građevina može preuzeti sva djelovanja u ekstremnom slučaju, ali mora postojati realna vjerojatnost da ona neće biti oštećena nesrazmjerno uzroku.
 - Glavna pretpostavka je da je lokalno oštećenje prihvatljivo, ukoliko neće ugroziti cijelu konstrukciju i ukoliko će ona biti sposobna podnijeti sveukupno opterećenje određeno vrijeme koje je potrebno da se poduzmu potrebne mjere – evakuacija zgrade i okoliša.



ROBUSNOST U NORMAMA

▣ Izvanredna djelovanja



Pri udaru **kamiona** u vertikalne djelove donjeg ustroja mostova ili potporne konstrukcije zgrada sila djeluje između **$h=0,5$ i $1,5$ m** iznad razine vozne površine

(pri udaru **osobnog vozila** na visini **$h=0,5$ m**),

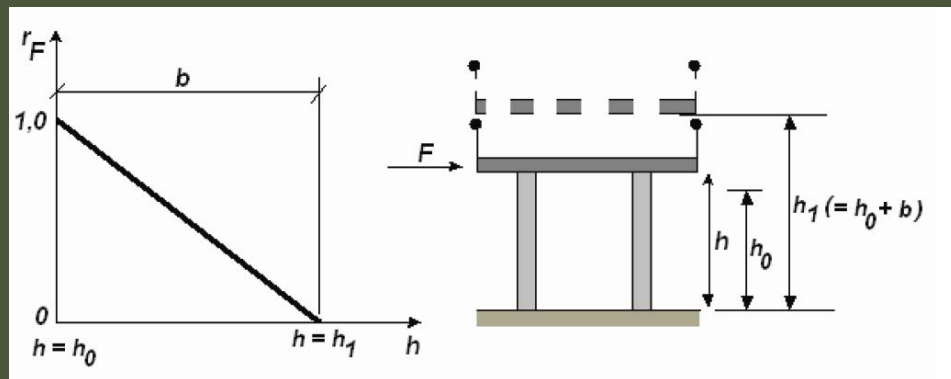
a ploština djelovanja je **$0,5$ m $\cdot$ $1,5$ m** (visina a $\cdot$ širina) ili širina elementa, ovisno o tome što je manje

(pri udaru osobnog vozila **$0,25$ m $\cdot$ $1,50$ m**)

Vrsta ceste	F_{dx} (kN)	F_{dy} (kN)
Autoceste, državne i glavne ceste	1000	500
Seoske ceste u poljoprivrednim krajevima	750	375
Ceste u gradskim područjima	500	250
Dvorišta i garaže - samo osobna vozila	50	25
- kamioni mase preko 3,5 t	150	75

ROBUSNOST U NORMAMA

▣ Izvanredna djelovanja



Pri udaru u vertikalne površine rasponskog sklopa proračunske sile udara jednake su onima u prethodnoj tablici. Kada je visina između površine po kojoj se vozi i donjeg ruba rasponske konstrukcije h :

$$h_0 \leq h \leq h_1$$

vrijednosti u tablici mogu se umanjiti koeficijentom r_F

Preporučene vrijednosti jesu:

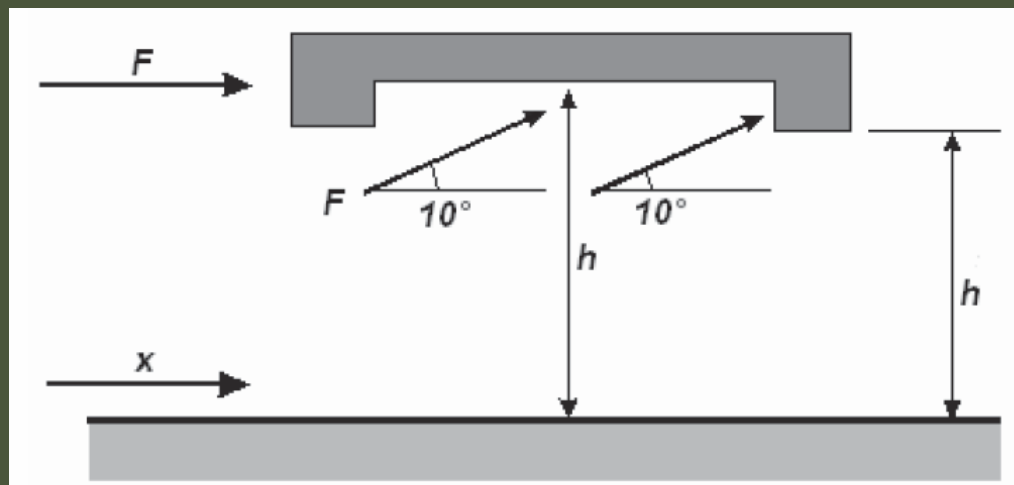
$$h_0 = 5,0 \text{ m}$$

$$h_1 = 6,0 \text{ m (+odstupanja usljed budućih slojeva kolnika, zakrivljenosti nivelete i progiba)}$$

$$b = h_1 - h_0$$

ROBUSNOST U NORMAMA

□ Izvanredna djelovanja



Pri udaru u donje površine rasponskog sklopa uzimaju se jednake proračunske sile s nagibom od 10° .

ROBUSNOST U NORMAMA

- Kod projektiranja za izvanredna djelovanja možemo prihvatiti neku od sljedećih strategija:
 - sprečavanje pojave djelovanja ili umanjeње vjerojatnosti pojave ili umanjeње veličine djelovanja
 - zaštita konstrukcije (npr. odbojnici)
 - proračun po kojem se ni cijela konstrukcije ni njezin veći dio neće urušiti prilikom lokalnog oštećenja
 - detaljan proračun ključnih elemenata
 - primjena najmanjih propisanih pravila proračuna odnosno oblikovanje detalja koji daju prihvatljivu robusnost konstrukcije (trodimenzionalne sponе ili najmanja razina duktilnosti za elemente izložene udaru).

ROBUSNOST U NORMAMA

- ▣ Vezano uz razine rizika i pouzdanost konstrukcija, proračunske situacije za građevine ugrožene izvanrednim djelovanjima mogu se svrstati u tri razreda:

Razred	Posljedice	Razmatranje izvanredne situacije	Primjer zgrade
1	ograničene	izvanredna se djelovanja ne razmatraju posebno	Obiteljske kuće do najviše 4 etaže, poljoprivredne zgrade, zgrade u koje ljudi rijetko zalaze uz uvjet da dio takve zgrade nije blizu druge zgrade ili površine gdje ljudi dolaze na udaljenosti do 1,5 puta visina zgrade
2a Niži rizik	umjerene	ovisno o posebnim okolnostima određene konstrukcije – pojednostavnjeni proračun s modelima istovrijednih statičkih djelovanja ili primjenom propisanih proračunskih pravila odnosno pravila oblikovanja pojedinosti	Obiteljske kuće s 5 etaža, hoteli, stambene zgrade i poslovne zgrade do najviše 4 etaže, industrijske zgrade do najviše 3 etaže, trgovine do najviše 3 etaže sa površinom svake etaže manjom od 1000 m ² , jednoetažne zgrade za obrazovanje, sve javne zgrade do najviše 2 etaže s površinom svake etaže od najviše 2000 m ²
2b Viši rizik			Hoteli, stambene i poslovne zgrade s više od 4 ali manje od 15 etaža, zgrade za obrazovanje s više od 1 ali manje od 15 etaža, trgovine s više od 3 ali manje od 15 etaža, bolnice s najviše 3 etaže, sve javne zgrade s površinom pojedine etaže većom od 2000 do najviše 5000 m ² , parkirališta do najviše 6 etaža
3	ozbiljne	preporučuju se opsežnije studije, primjena dinamičkog proračuna, nelinearni modeli i međudjelovanje opterećenje - konstrukcija	Sve zgrade definirane u razredu 2 koje prekoračuju granične površine i broj etaža, sve javne zgrade za velika okupljanja ljudi, stadioni za više od 5000 gledatelja, zgrade s opasnim tvarima i proizvodima

NEPREDVIĐENI DOGAĐAJI

- ❑ Da bi konstrukcija podnijela nepredviđene događaje ili okolnosti, a da se pritom ne naruši predviđena funkcija, mora posjedovati
 - dovoljnu preostalu sposobnost da se odupre zahtjevima za vrijeme i nakon događaja.
 - ❑ Preostala sposobnost konstrukcije (kapacitet) najčešće se odnosi na
 - otpornost konstrukcije (nosivost),
 - ❑ ali također može značiti i
 - deformabilnost,
 - duktilnost,
 - stabilnost,
 - težinu, masu i
 - krutost
- budući da bilo koje od ovih svojstava može u pojedinom slučaju biti kritično.

NEPREDVIĐENI DOGAĐAJI

- ❑ Konstrukcije koje moraju preživjeti događaj uz očuvanje osnovne funkcije ili sa sličnom funkcijom koja im je dodijeljena nakon događaja jesu:
 - vojne građevine, bolnice, škole ili slična mjesta namijenjena da služe kao sklonište ljudima koji su premješteni uslijed izvanrednog događaja
 - autoceste, mostovi ili aerodromi koji su potrebni zbog pristupa područjima nesreće, moraju sačuvati svoju osnovnu funkciju nakon događaja. Ukoliko ne zadrže, često su posljedice znatni gubici ljudskih života.
 - građevine koje sadrže opasne tvari, čije bi istjecanje ili zapaljenje bilo katastrofalno. Ovo se tiče nuklearnih postrojenja, rezervoara, spremnika zapaljivih ili otrovnih tekućina ili plinova, eksploziva ili brana čije bi rušenje uzrokovalo poplavu

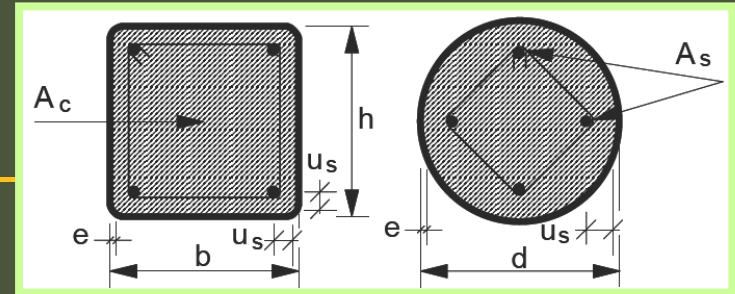
→ mnogo stroži projektni parametri



ELEMENTI ROBUSNOSTI

1. Čvrstoća

- Osiguranje čvrstoće iznad teorijski potrebnog minimuma najčešće je jedina primjenjiva i najekonomičnija strategija za poboljšanje robusnosti.
- Kad god se upotreba krutih materijala ili krtog ponašanja ne može izbjeći (primjer su vitki elementi u tlaku), takvi dijelovi konstrukcije moraju se zaštititi od preopterećenja, najčešće pomoću dodatne čvrstoće.
- U normama, koje su uglavnom namijenjene konstrukcijama uobičajenog tipa, ovo se postiže nižim vrijednostima parcijalnih koeficijenata za umanjenje otpornosti (ili svojstva materijala), koje valja upotrijebiti pri projektiranju.



Stup je ojačan čeličnim trakama povezanim kabelima kako bi se spriječilo napredovanje oštećenja

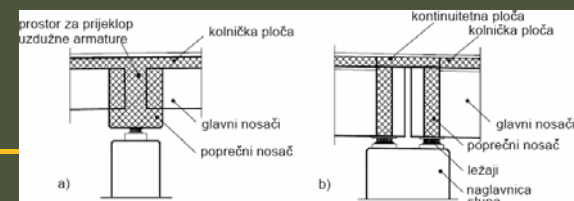
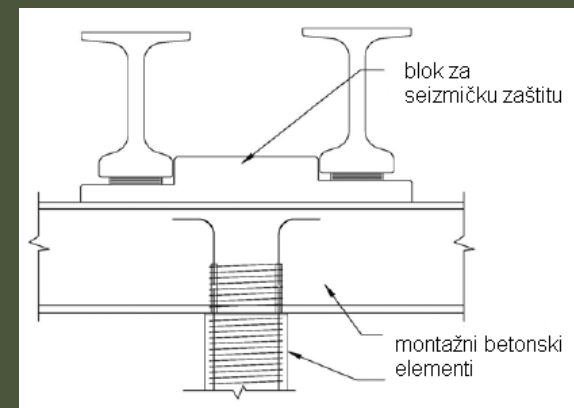
Table 2.1N: Partial factors for materials for ultimate limit states

Design situations	γ_c for concrete	γ_s for reinforcing steel	γ_s for prestressing steel
Persistent & Transient	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,2	1,0	1,0

ELEMENTI ROBUSNOSTI

2. Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova

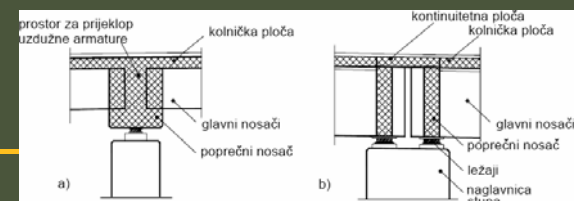
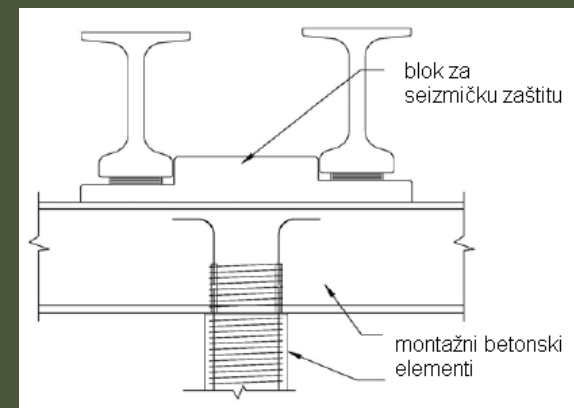
- ❑ Mnoge konstrukcije, posebno starije, konstruirane su jednostavno postavljajući elemente jedan na drugi tako da se vertikalna opterećenja prenose preko kontaktne površine.
- ❑ Pretpostavlja se da su horizontalne sile dovoljno male da ne prevladaju prijanjanje od trenja na kontaktnim površinama.
- ❑ Upravo je navedeno utvrđeno kao veliki izvor rizika, posljedice kojeg su dramatična urušavanja uzrokovana time što su elementi gubili oslonac zbog potresa, ili dugotrajnih pomaka.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

2. Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova

- ❑ Upravo je nedostatak cjelovitosti konstrukcije, a time i robusnosti uzrok ovakvih otkazivanja.
- ❑ Naime, ukoliko dijelovi konstrukcije nisu međusobno povezani, postoji rizik da se konstrukcija raspadne zbog pomaka između pojedinih dijelova.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

3. Druga linija obrane

- ❑ Neke se konstrukcije na različite načine mogu oduprijeti djelovanjima. Primjer je zaštitna ograda uzduž ceste.
- ❑ Kod slabijih udara vozila, ograda će se oduprijeti savijanju, a da se ne deformira puno.
- ❑ Kod jačih udaraca, ako je granična otpornost savijanja elementa ograde dosegnuta, ona će se deformirati kao mehanizam uključujući određeni broj plastičnih zglobova. U slučaju duktilnih elemenata dopuštene su velike deformacije kroz popuštanje materijala, kojima se mijenja geometrija elemenata.
- ❑ Sad se ograda može ponašati po principu vreće za ljuljanje (lančanice) pri vlačnom naprezanju; pronašla je drugi put prijenosa opterećenja – drugu liniju obrane, koja pruža mnogo veći otpor vozilima koja u nju udare da ne ispadnu s ceste.
- ❑ Naravno, ovo nije ugodan prizor i ljudi odgovorni za održavanje zamijenit će je na vrijeme. Ipak, ograda je robusnim ponašanjem ispunila svoju glavnu funkciju.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

4. Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije

- ❑ Ovaj element robusnosti sličan je drugoj liniji obrane, jedina razlika je da se već od početka aktivira nekoliko različitih načina prijenosa opterećenja.
- ❑ Ukoliko propadne jedan od njih, ostali moraju biti u stanju pružati otpor opterećenju.
- ❑ Dijelovi koji su postali preopterećeni moraju biti u stanju deformirati se tako da omoguće aktiviranje ostalih načina prijenosa opterećenja
- ❑ Ostali načini prijenosa opterećenja moraju obuhvaćati pomoćne elemente koji prenose opterećenje od elemenata koji su otkazali do preostalih elemenata.

ELEMENTI ROBUSNOSTI

4. Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije

- ❑ Primjer 1 za konstrukciju sa zalihama: **drveni gredni pod.**
- ❑ Naime, dvije grede koje se nalaze slomljenoj gredi sa svake strane, mogu preuzeti njen dio opterećenja.
- ❑ Situacija postaje ozbiljnija kada više od jedne susjedne grede izgubi svoju otpornost – drvo je u osnovi krt materijal, njegova otpornost nestaje nepovratno kod preopterećenja.
- ❑ Međutim, prije nego se to dogodi grede će proći kroz velike, nelinearne deformacije.
- ❑ Podne daske koje se pružaju okomito na grede, prenijet će opterećenje od slomljene grede do susjednih.
- ❑ Uz to, da bi se spriječilo bočno izvijanje greda, obično su povezane malim daščanim komadima ili vezovima. Oni će funkcionirati i nakon pucanja grede



ELEMENTI ROBUSNOSTI

4. Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije

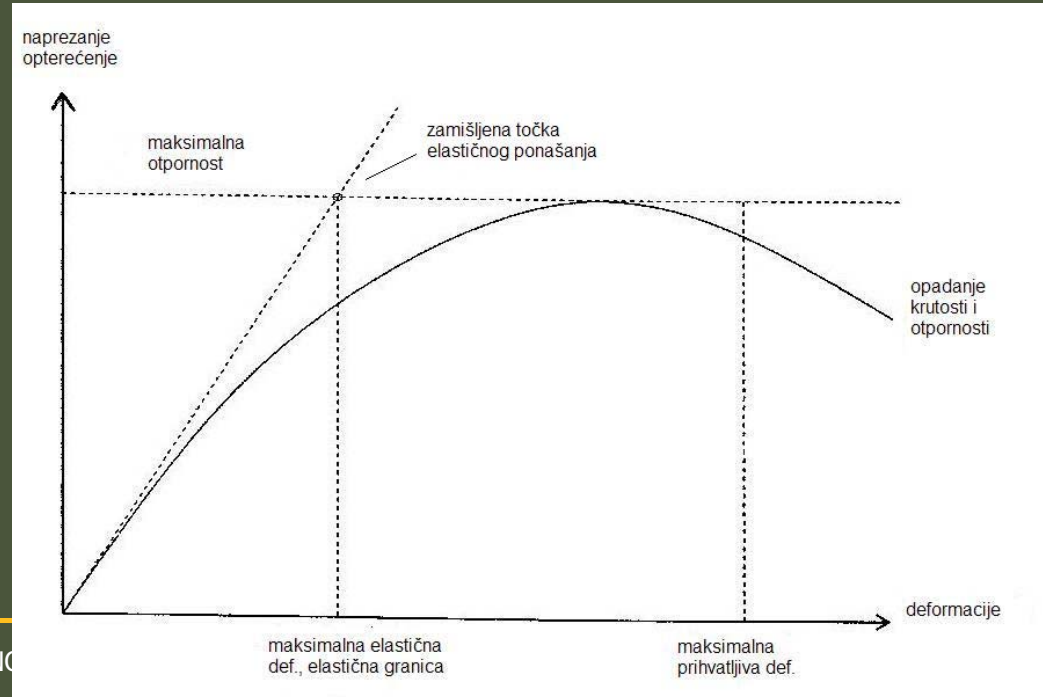
- ❑ Primjer 2 za konstrukciju sa zalihama: **prostorna rešetka**.
- ❑ Obično je poduprta na većem broju mjesta s nekoliko dijagonala koje prenose opterećenje direktno do nosivog stupa.
- ❑ Prisutna je zaliha u konstrukciji jer ovako visoko statički neodređena konstrukcija pruža toliko različitih puteva prijenosa opterećenja koliko postoji dijagonala spojenih na oslonac.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krtoq loma

- Duktilnost je ključno svojstvo za povoljan učinak zaliha konstrukcije, druge linije obrane i sličnih elemenata robusnosti.
- Možemo je definirati kao omjer maksimalne prihvatljive i maksimalne elastične deformacije.
- Maksimalnu prihvatljivu deformaciju možemo definirati kao onu koju konstrukcija može tolerirati zadržavajući djelotvornu otpornost.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krto­g loma

- Krto, odnosno neduktilno ponašanje može biti posljedica
 - svojstava materijala,

Građevni materijal	Duktilnost
Meki čelik, nisko legirani aluminij	Više od 10
Čelik visoke čvrstoće, metali	5-20
Armirani beton	1-10
Drvo	1-3
Kamen, cigla, terakota	1-2
Nearmirani beton niske čvrstoće	1-2
Nearmirani bet. visoke čvrstoće	1-1.5
Staklo, keramika, većina tkanina	Okolo 1

ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krto­g loma

- Krto, odnosno neduktilno ponašanje može biti posljedica
 - svojstava materijala,
 - lokalnih oslabljenja,
(u čeličnim spojevima s vijcima ili zakovicama, iako su svi materijali duktilni, sustav može popustiti zbog otkazivanja po omotaču rupe)

$$\frac{\text{presjek s rupama}}{\text{cijeli presjek}} > \frac{\text{granica popuštanja}}{\text{vlačla čvrstoća}}$$

ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krto­g loma

- Krto, odnosno neduktilno ponašanje može biti posljedica
 - svojstava materijala,
 - lokalnih oslabljenja,
 - slabih spojeva

(spojevi drvenih elemenata s čavlima ponašaju se duktilno iako je drvo relativno krt materijal)



ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krto­g loma

- ❑ Krto, odnosno neduktilno ponašanje može biti posljedica
 - svojstava materijala,
 - lokalnih oslabljenja,
 - slabih spojeva,
 - zamora
 - *(javlja se uslijed ponavljanja ciklusa opterećenja koji uključuju vlačno naprezanje – smanjuje duktilnost)*

Neki istraživači zaključuju da je raspucavanje uslijed zamora 2,5 puta manje kod kolničke ploče mosta armirane vlakancima od stakla (GFRP) nego armirane klasičnim čelikom zbog sličnih modula elastičnosti betona i GFRP-a. Čelik ima puno veći E. Ovakve ploče traju 20 puta dulje.

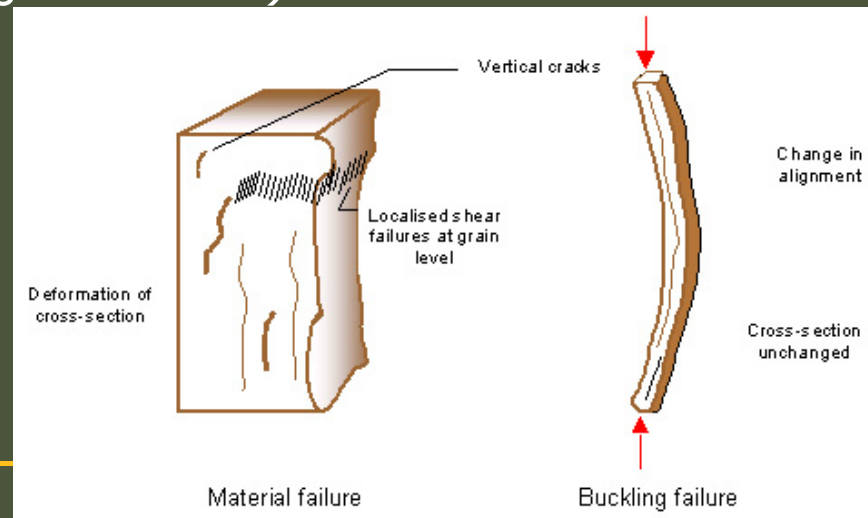


ELEMENTI ROBUSNOSTI

5. Duktilnost nasuprot krtoq loma

- Krto, odnosno neduktilno ponašanje može biti posljedica
 - svojstava materijala,
 - lokalnih oslabljenja,
 - slabih spojeva,
 - zamora,
 - nestabilnosti

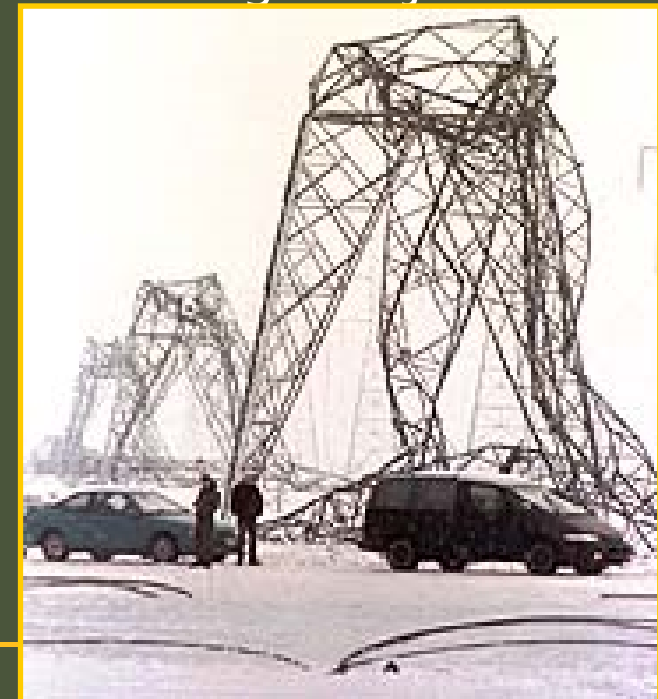
(vitki elementi pod tlakom popuštaju na krtoq način, ovisno o stupnju vitkosti)



ELEMENTI ROBUSNOSTI

6. Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

- ❑ Neke su konstrukcije sklone određenom tipu progresivnog popuštanja koji nazivamo *efekt domino*.
- ❑ Primjer 1: *rušenje stotine rešetkastih tornjeva dalekovoda* u Kanadi, potaknuto rušenjem prvog tornja uslijed težine leda koji se nakupio na žicama, a nastavljeno rušenjem sljedećeg tornja uslijed horizontalnog rušenja prethodnog tornja.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

6. Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

- ❑ Neke su konstrukcije sklone određenom tipu progresivnog popuštanja koji nazivamo *efekt domino*.
- ❑ Zaustavljanje efekta domino: postiže se *periodičnim osiguranjem snažnih i čvrstih točaka* koje će presresti i zaustaviti progresivno popuštanje – u ovom primjeru to su masivnije, robusnije i snažnije konstrukcije svakog petog ili svakog desetog tornja dalekovoda.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

6. Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

- ❑ Neke su konstrukcije sklone određenom tipu progresivnog popuštanja koji nazivamo *efekt domino*.
- ❑ Primjer 2: *popuštanje krovova, npr. stadiona Montreal Olympic* - mnogi materijali koji se upotrebljavaju za krovove su krtoeg ponašanja (staklo, aramidna vlakna) – krov stadiona popustio je jednom zbog vjetrova, jednom zbog nakupljenog snijega.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

6. Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

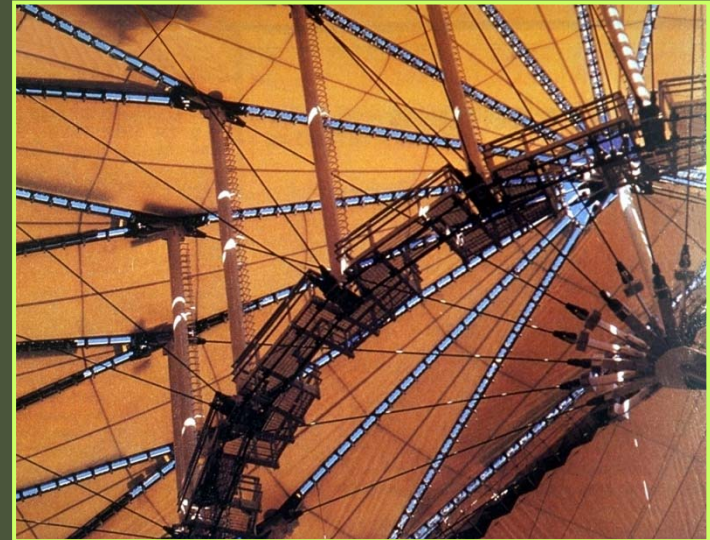
- ❑ Neke su konstrukcije sklone određenom tipu progresivnog popuštanja koji nazivamo *efekt domino*.
- ❑ Zaustavljanje efekta domino: *uporabom konstrukcije krova s elementima u dvije razine* – mreža u kojoj se križaju jaki elementi – lanci ili kabeli za učvršćenje + lagana ispuna mreže pri čemu je spajanje izvedeno šivanjem lijepljenjem ili varenjem – primjer krova - kupole stadiona Atlanta Georgia



ELEMENTI ROBUSNOSTI

6. Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

- ❑ kupola stadiona Atlanta Georgia
 - Tri vlačna koncentrična obruča
 - Obruči povezani vertikalnim čeličnim podupiračima
 - Na vrhovima podupirača šest kabela koji su osigurani čeličnim zakovicama i zavarenim spojevima
 - Mreža kabela spojena je pomoću umetnutih čeličnih ploča s ab betonskim prstenastom gredom oko opsega kupole.
 - Preko osnovne konstrukcije razvučeno je i pričvršćeno 114 panela tkanine na bazi teflona.
 - Spojevi su napravljeni aluminijskim sklopovima te dodatno ojačani varenjem.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

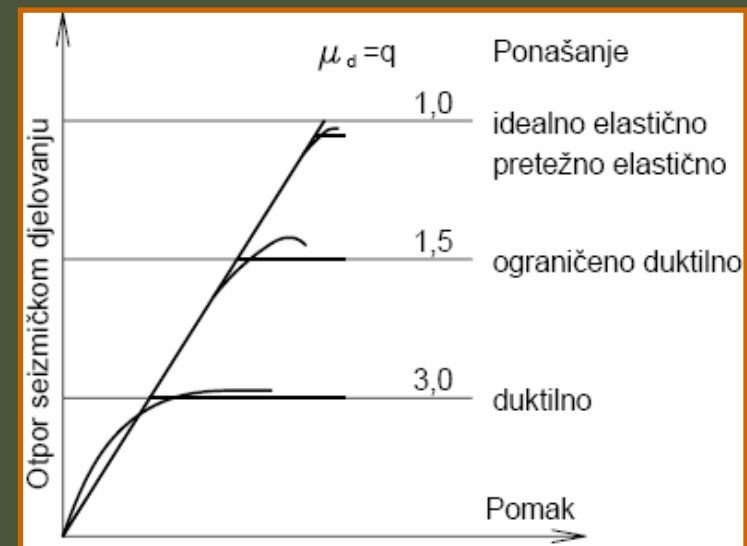
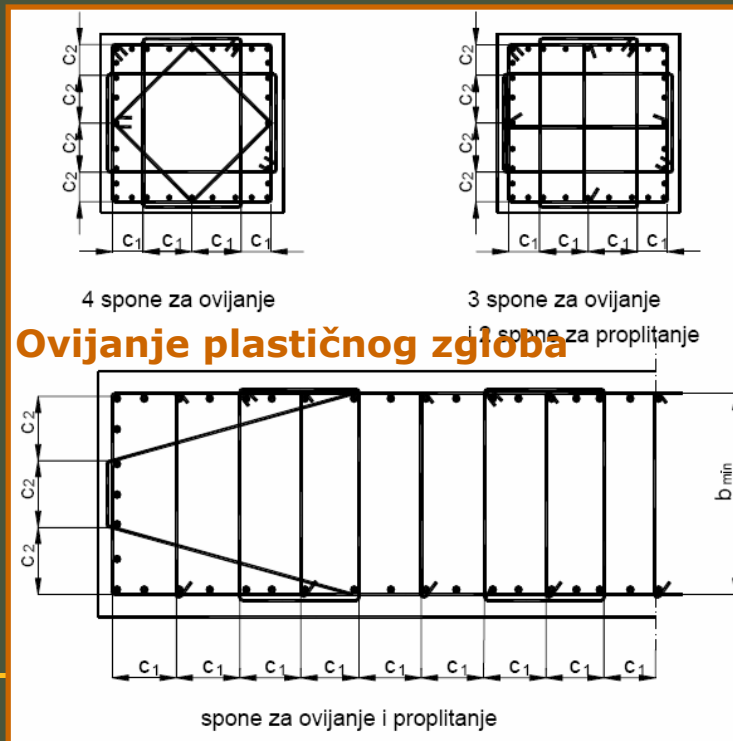
7. Osigurač konstrukcije

- Osigurač konstrukcije je element koji
 - omogućava prijenos opterećenja na određenoj razini (obično pomoću duktilnosti)
 - i pri tome ograničava sile koje se prenose tim putem opterećenja na kojem je osigurač.
- Ovo je jako korisno u svim situacijama koje se kontroliraju deformacijama kao što su nametnuti pomaci
 - (npr. kroz pomake temelja ili učinke jakog potresa).

ELEMENTI ROBUSNOSTI

7. Osigurač konstrukcije

- ❑ Kod konstrukcija kontroliranih tzv. osiguračem, sile će biti pozitivno ograničene, ali ne i deformacije.
- ❑ Analiza takvog ponašanja mora uključiti preostali dio konstrukcije kada je deformirana izvan elastične granice (ili maksimalne otpornosti) osigurača.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

8. Žrtvujući i zaštitni uređaji

- ❑ U nekim slučajevima može biti neekonomično ili nemoguće osigurati dovoljnu robusnost konstrukcijskih elemenata, ili da određena strategija na njih nije primjenljiva.
- ❑ Tada je korisno uzeti u obzir uređaje koji će spriječiti opasan događaj kao kod slučaja kad su stupovi neke građevine izloženi potencijalnom udaru vozila ili plovila.
- ❑ Mnogo je jeftinije i djelotvornije sagrađiti dovoljno masivnu zasebnu konstrukciju između izvora udarca i konstrukcije kako bi je se zaštitilo nego projektirati stupove građevine dovoljno otporne na udarac.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

8. Žrtvujući i zaštitni uređaji

- ❑ Oštećenje ili uništenje zaštitnog uređaja može biti prihvatljivo, ali ne smije se dopustiti da vozilo prijeđe preko njega.
- ❑ Kod projektiranja takvog uređaja valja se prilagoditi ili
 - zakonu očuvanja energije ili impulsa,
 - ovisno o tipu informacije koju posjedujemo, npr.
 - o trajanju udarca ili
 - duljini udarne zone (ili plovila ili same žrtvene konstrukcije).

$$\text{Sila} = \frac{\text{Impuls}}{\text{Trajanje udarca}} = \frac{\text{Kinetička energija}}{\text{Duljina udarne zone}}$$

$$F = \frac{mv}{t} = \frac{mv^2}{2l}$$



$$t = \frac{2l}{v}$$

- ❑ Ovo podrazumijeva ravnomjieran stupanj usporavanja.
- ❑ Vrijedi samo za dovoljno deformabilne konstrukcije kod kojih je otpornost proporcionalna djelujućoj sili i primjena srednjih vrijednosti vodi razumno sigurnom projektiranju.

ELEMENTI ROBUSNOSTI

9. Scenarij isključivanja

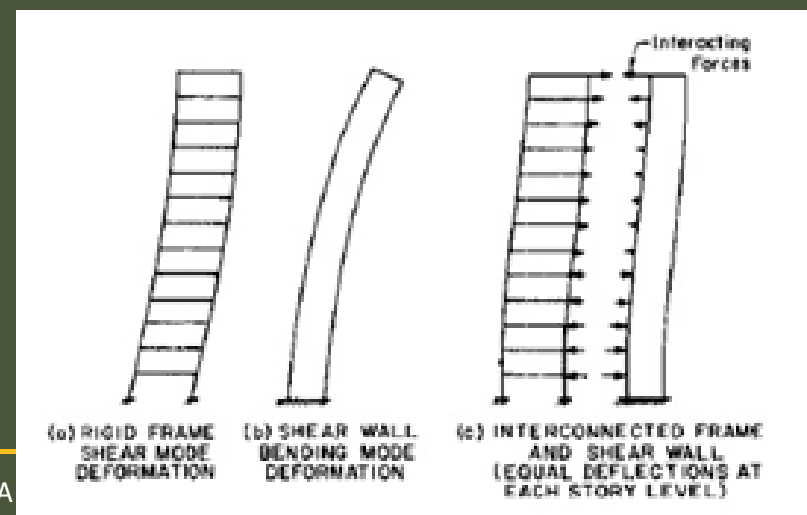
- ❑ U nekim je slučajevima nepraktično ili nemoguće osigurati dovoljnu čvrstoću ili duktilnost.
- ❑ Valja uzeti u obzir mogućnost da konstrukcijski element bude uklonjen - projektiran da se pravodobno isključi, a da to ne uzrokuje ozbiljne posljedice.
- ❑ Primjer za primjenu ovog elementa robusnosti je u slučaju eksplozije.
 - ❑ Kada se u skladištu čuvaju zapaljive tvari, namjerno se u zidovima ili krovu predviđaju paneli koji se pri izvanrednom događaju isključuju.
 - ❑ Oni se mogu smatrati i tzv. osiguračima koji slabeći pritisak od udara čuvaju ostatak konstrukcije.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

10. Uvažavanje krutosti

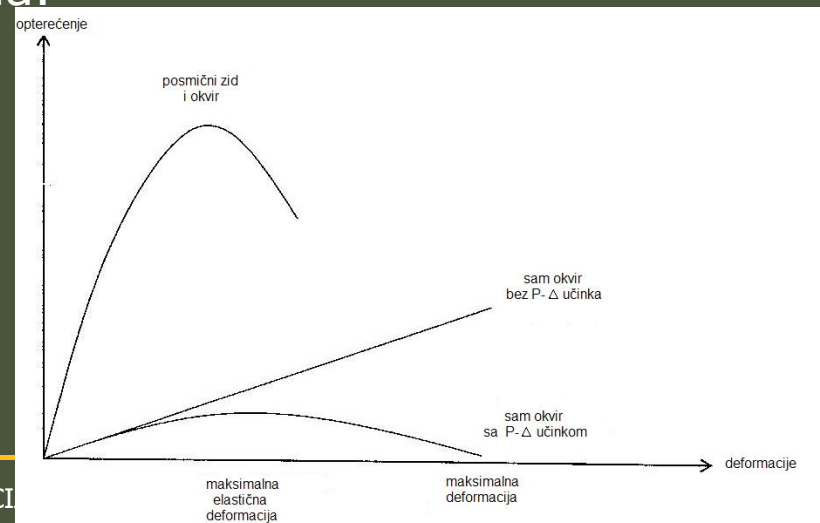
- Deformacije su obrnuto proporcionalne krutosti pa valja voditi računa o tome da poboljšanje duktilnosti u konstrukciji ne vodi ugrožavanju krutosti.
- Primjer 1: konstrukcije visokih građevina u *kombinaciji posmičnih zidova i okvira*. Ideja je bila da se primjenjuju dvije linije obrane,
 - prva u obliku krutih posmičnih zidova ograničene duktilnosti,
 - druga u obliku okvira otpornog na momente s povećanom duktilnosti, ali manjom sveukupnom posmičnom krutosti.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

10. Uvažavanje krutosti

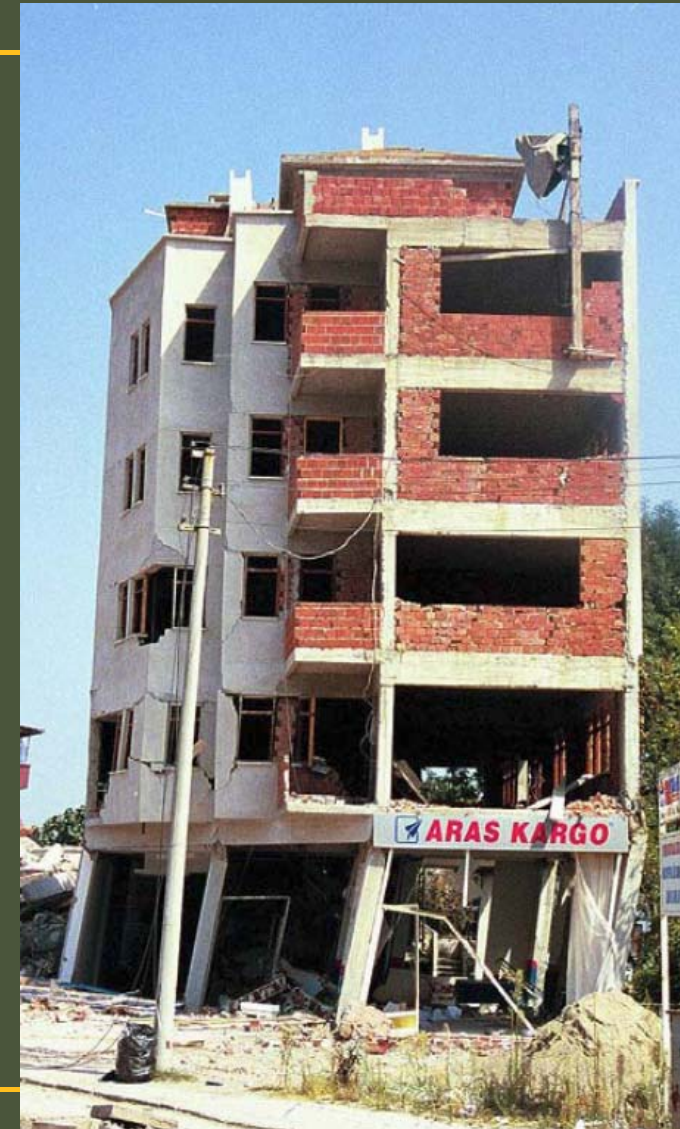
- ❑ Naknadno je utvrđeno da će se pri velikom opterećenju često razviti nepovoljan slijed događaja.
- ❑ Naime posmični zid pruža otpor većini opterećenja dok nije dosegnut njegov kapacitet i tada se njegova otpornost naglo gubi.
- ❑ Okvir ostaje prepušten samom sebi. Iako obično mora biti projektiran na 25% izračunatog osnovnog posmika, često će čvrstoća biti manja, odnosno okvir će biti previše fleksibilan da bi se djelotvorno odupro ovom opterećenju.
- ❑ Konstrukcija će se pretjerano deformirati i nastupit će opasnost otkazivanja uslijed učinaka drugog reda.
- ❑ Mogu se, naravno, projektirati okviri koji pružaju dovoljno krutosti (u usporedbi s krutošću zida), ali tada su potrebne dimenzije greda i stupova previše masivne da bi bile u skladu s arhitektonskim i ekonomskim razmatranjima.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

10. Uvažavanje krutosti

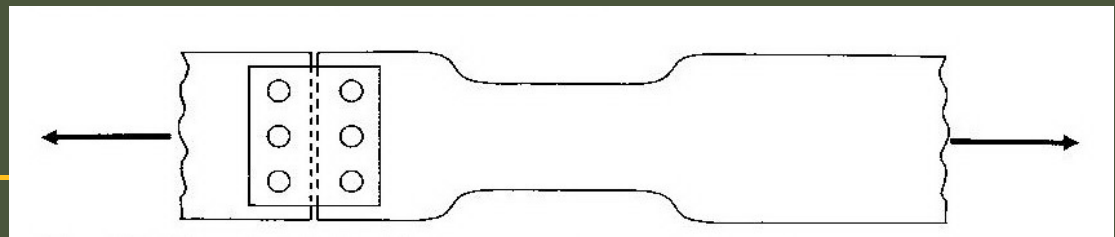
- ❑ Primjer 2: Kod mnogih nedavnih potresa utvrđeno je da se *zgrade s promjenljivom krutosti po visini* loše ponašaju.
- ❑ Uzrok tomu je što će se u situacijama s kontroliranim pomacima većina deformacija koncentrirati u najfleksibilnije dijelove konstrukcije.
- ❑ One će vjerojatno uzrokovati lokalno popuštanje na tim dijelovima.
- ❑ To se može vidjeti na primjerima brojnih zgrada koje su izgubile uporište u prizemlju jer je bilo *meko* pa nije moglo preuzeti velike deformacije.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

10. Uvažavanje krutosti

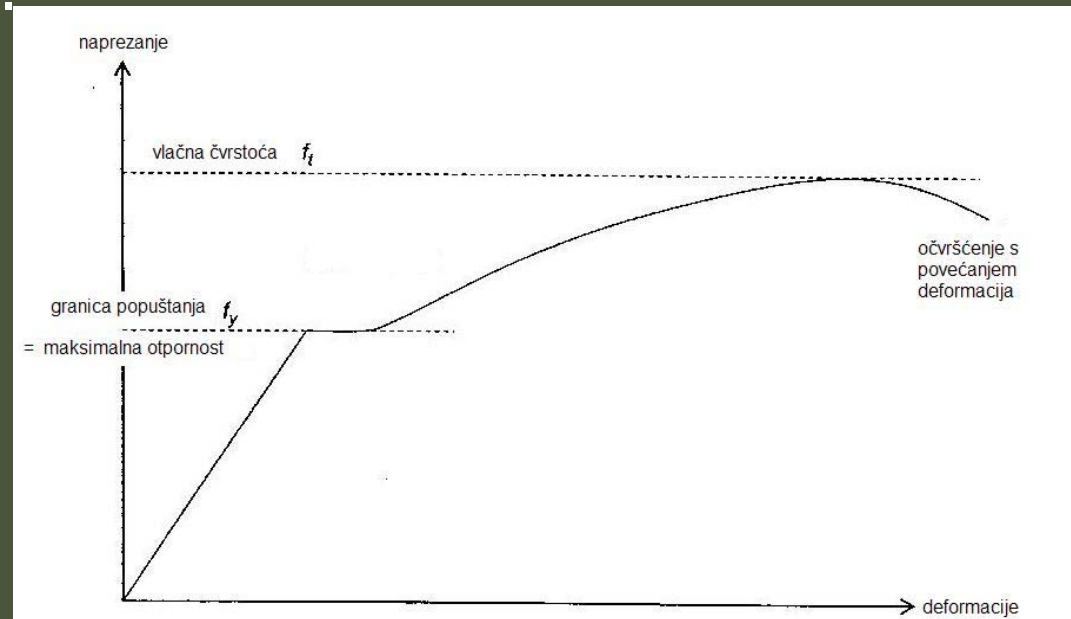
- ❑ Primjer 3: *vijčani spojevi čeličnih elemenata* - Lokalna oslabljenja na mjestu rupa – pod vlačnim naprezanjem ovih elemenata iznad granice popuštanja – plastična deformacija će se dogoditi na oslabljenim djelovima sa ograničenom duljinom materijala, dok će ostali dijelovi ostati u elastičnom stanju.
- ❑ Uklanjanje problema:
 - Podebljanje zone ploče na mjestu rupa – problem varenja tanjih i debljih ploča)
 - Umjetno sužavanje u blizini na istom putu prijenosa opterećenja ali na dovoljnoj udaljenosti od rupa za vijke – područje plastifikacije se pomiče na mjesto gdje dovoljna duljina materijala može sudjelovati u popuštanju.
 - Pomicanje kritične zone izvan područja maksimalnog naprezanja.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

1.1. Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom

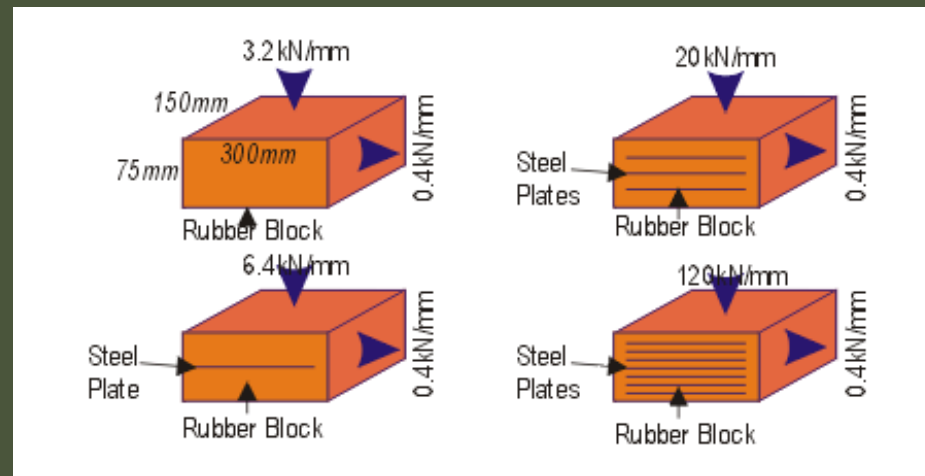
- Postoje materijali i elementi kojima se čvrstoća povećava s povećanjem deformacije.
- Primjer 1: U slučaju čelika to se naziva *očvršćenje plastičnom deformacijom*. Najviše je izraženo kod takozvanih *mekih čelika*, tj. čelika s niskom ili umjerenom granicom popuštanja.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

1.1. Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom

- Postoje materijali i elementi kojima se čvrstoća povećava s povećanjem deformacije.
- Primjer 2: Otpornost *elastomernih ležajeva* također se povećava s opterećenjem, a granica je vezana s vlačnom čvrstoćom čeličnih ploča.

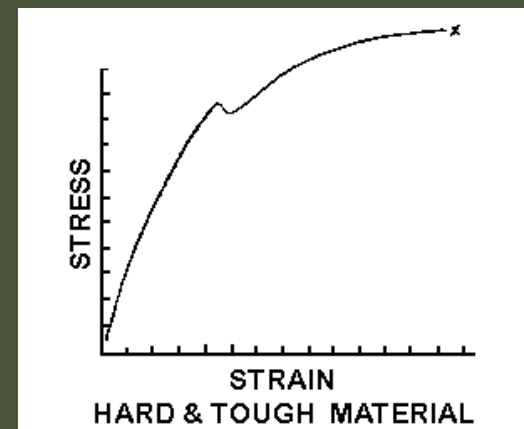
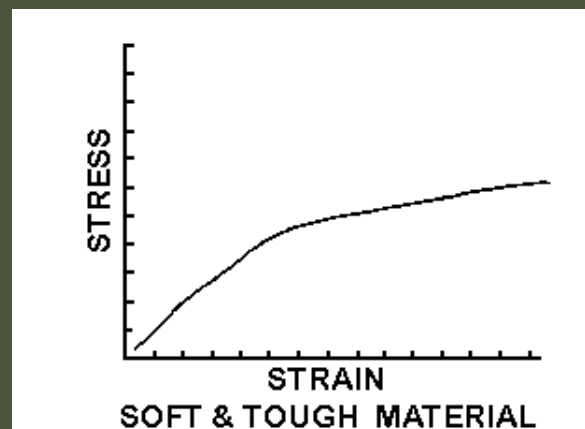
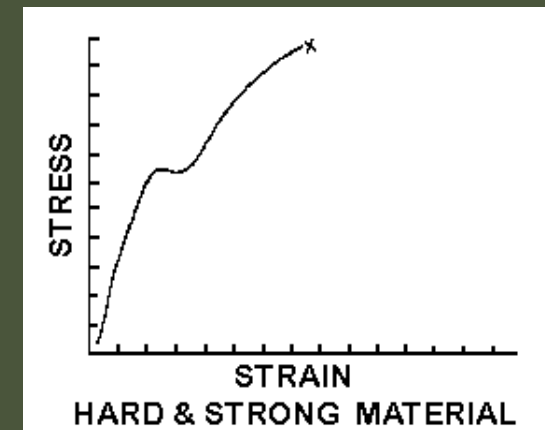
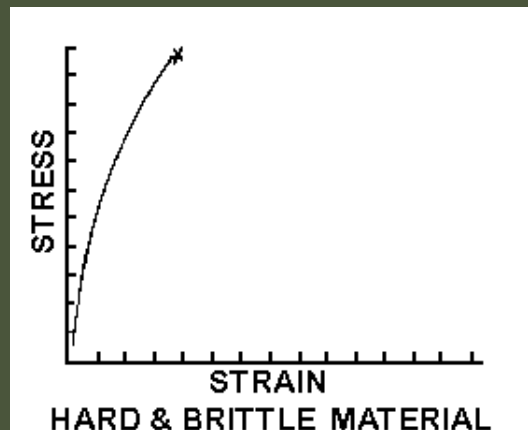
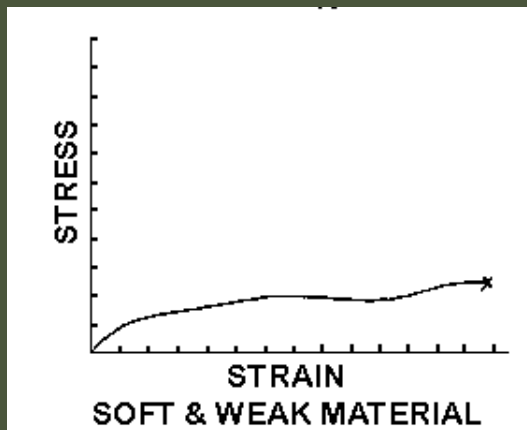


- Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom je stvaranje rezerve čvrstoće koja može biti iskorištena prije nego deformacije postanu pretjerane ili se pojavi pukotina.

ELEMENTI ROBUSNOSTI

1.1. Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom

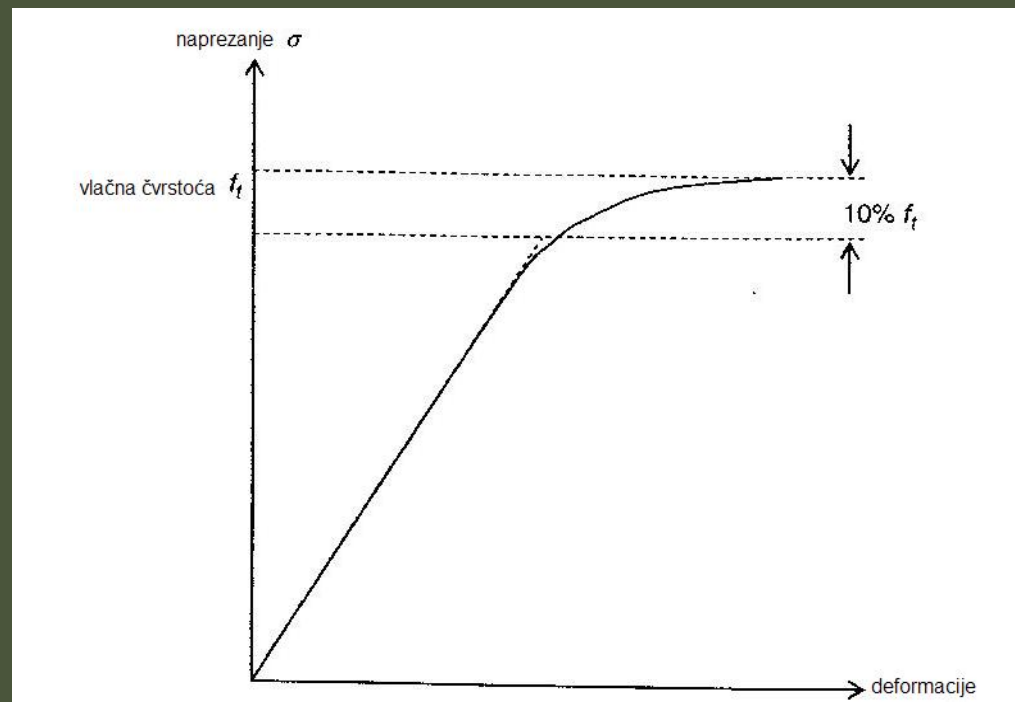
- Radni dijagram (vlak) za različite vrste materijala.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

1.1. Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom

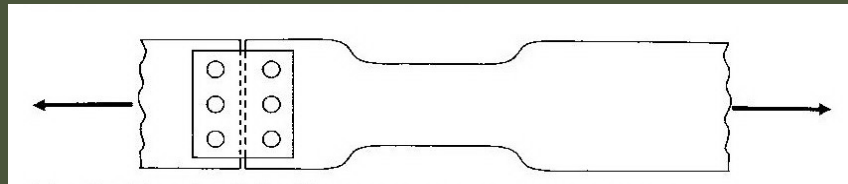
- Danas se koriste suvremeni čelici veće čvrstoće sa sličnim svojstvima.
- Ali pri njihovoj primjeni valja biti oprezan - vlačna čvrstoća je 10% do najviše 15% veća od granice popuštanja.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

1.1. Prednost očvršćavanja plastičnom deformacijom

- Primjer 3: *element s presjekom oslabljenim s rupama za vijke.*



- Popuštanje će se dogoditi negdje drugdje u konstrukciji prije nego pucanje na oslabljenoj zoni uz uvjet:

$$f_y \times A_{\text{cijeli}} < f_t \times A_{\text{oslabljeni}}$$



- Obično rupe za vijke smanjuju presjek za 20%, pa uvjet:

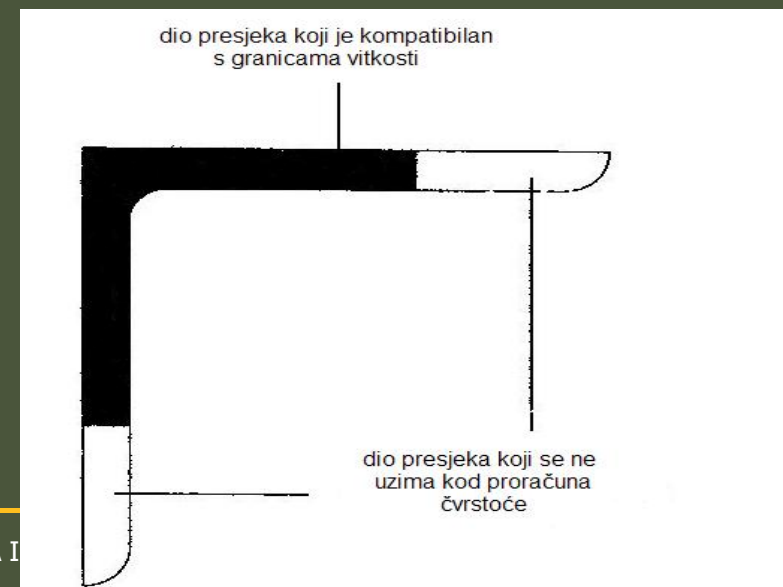
$$\frac{f_t}{f_y} > 1,2 \quad \times$$

- najčešće nije zadovoljen

ELEMENTI ROBUSNOSTI

12. Otpornost nakon izvijanja

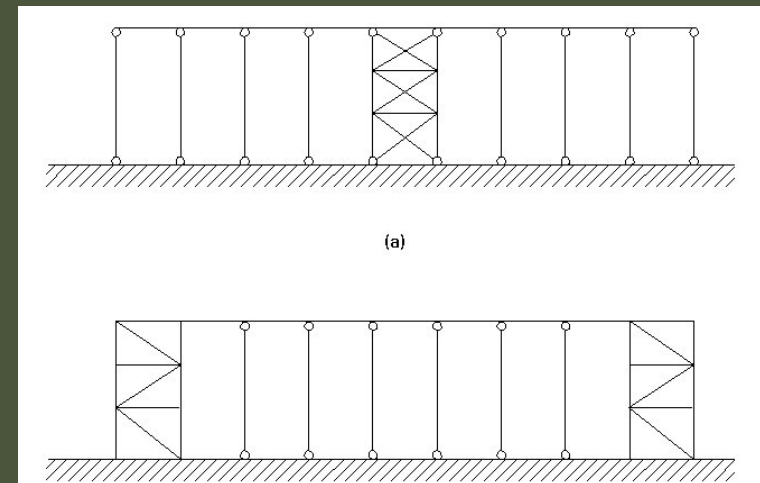
- Primjer 1: *Tankostjene metalne elemente* ponekad je prikladno primijeniti
 - na mjestima gdje će biti izloženi tlačnim silama koje uzrokuju lokalno izvijanje na razinama opterećenja ispod graničnog stanja
 - uz uvjet da je preostala otpornost nakon izvijanja dovoljna da se odupre djelovanju opterećenja na razini graničnog stanja.
- Pri dimenzioniranju takvih tankostjenih elemenata dio presjeka kod kojeg je dopušteno izvijanje isključuje se pri proračunu otpornosti konstrukcije.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

12. Otpornost nakon izvijanja

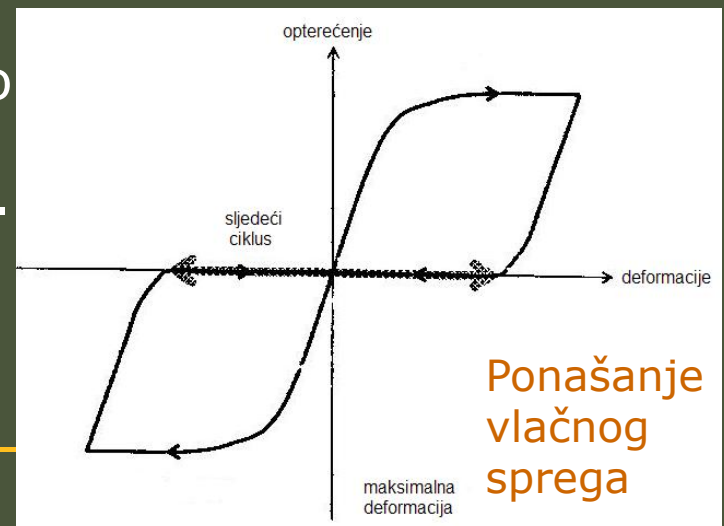
- Primjer 2: Vlačni spreg
- Vitki elementi postavljeni tako da barem jedan preuzima vlak, dok se ostali mogu izvijati pod tlakom
- Zbog velike vitkosti obično se upotrebljavaju
 - tanke ploče,
 - mali kutnici,
 - štapovi
 - ili čak i kabeliopterećenje izvijanja je prilično nisko i u proračunima se obično ne uzima u obzir tlačna otpornost.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

12. Otpornost nakon izvijanja

- Primjer 2: Vlačni spreg
- Unatoč duktilnoj prirodi vlačnog sprega robusnost je upitna
- Kada se konstrukcija deformira iznad granice elastičnosti u bilo kojem smjeru naglo opada krutost konstrukcije.
- Pojavljuju se pomaci pri kojima spreg nije aktivan, budući da je otpornost na izvijanje zanemarivo mala zbog vitkosti.
- Vlačna otpornost će se aktivirati tek nakon što se prethodno nastala plastična deformacija ponovno ujednači.
- Ovo je nepovoljno jer dozvoljava konstrukciji da se giba nekontrolirano između dvije granične razine opterećenja, pri kojim doživljava šok.
- Vlačni spregovi trebali bi biti projektirani tako da ne dosegnu granicu elastičnosti.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

13. Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi

- ❑ Znakovi upozorenja
 - pukotine,
 - odlamanja,
 - korozija,
 - prekomjerne vibracije,
 - deformacije,
 - izvijanja,
 - curenje vode,
 - gubitak dijela presjeka,
 - uvrtnje kabela ...

prethode početku ili prate početak otkazivanja konstrukcije.

- ❑ Neki od njih bit će vidljivi, neke se može uočiti samo pomoću određenih mjernih uređaja,
- ❑ neke može uočiti bilo tko, a neke samo stručnjaci.



**Redovito održavanje,
monitoring,
praćenje ponašanja
konstrukcije !!!**

ELEMENTI ROBUSNOSTI

13. Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi

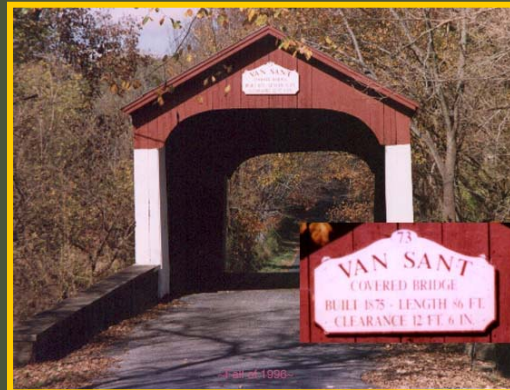
- ❑ Ljudskim intervencijama i pomoćnim elementima može se utjecati na izloženost konstrukcije uočenim djelovanjima iz okoliša.
- ❑ Primjer 1:
 - uklanjanje nagomilanog snijega na konstrukciji,
 - aktivno otapanje snijega grijanjem potkrovlja
 - ili ojačavanje konstrukcije dodavanjem potpore.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

13. Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi

- Ljudskim intervencijama i pomoćnim elementima može se utjecati na izloženost konstrukcije uočenim djelovanjima iz okoliša.
- Primjer 2:
 - označavanje graničnih opterećenja na prometnim znakovima
 - i postavljanje prepreka kojima se ograničava težina i veličina vozila.



- Robusnost postaje pitanje propisivanja ovih aktivnosti i načina provedbe.

ELEMENTI ROBUSNOSTI

14. Ispitivanje

- ❑ Kako bi smo se modelom što više približili stvarnoj konstrukciji, primjenjuju se ispitivanja na uzorcima u određenom mjerilu ili ispitivanja na postojećoj konstrukciji.
- ❑ Kako bi se naučilo nešto korisno o ponašanju konstrukcije u izvanrednim okolnostima, valjalo bi ih simulirati u ispitivanju, tj. napraviti razarajuće ispitivanje.
- ❑ Za mnoge konstrukcije prototip za svrhu ispitivanja predstavlja veliku investiciju pa uništenje prototipa, djelomično ili potpuno, ne dolazi u obzir.
- ❑ Stoga je ispitivanje konstrukcija na robusnost ograničeno na uzorke elemenata koji se ponavljaju (predgotovljeni elementi) umjesto na cijelu konstrukciju, ili na razorne metode.



Ispitivanje zgrade u laboratoriju, potres se simulira guranjem i povlačenjem zgrade pomoću hidraulike



Ispitivanje predgotovljenih nosača

ELEMENTI ROBUSNOSTI

15. Monitoring, kontrola kvalitete, popravci i prevencija

- ❑ Elementi robusnosti vezani uz izvedbu i održavanje konstrukcija
- ❑ **Otkrivanje nepravilnosti** je početak procesa ispravljanja – provodi se uglavnom prije nego li je konstrukcija puštena u uporabu.



Probno opterećenje pilota



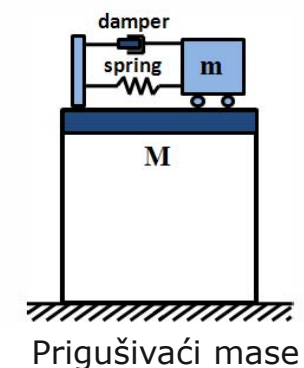
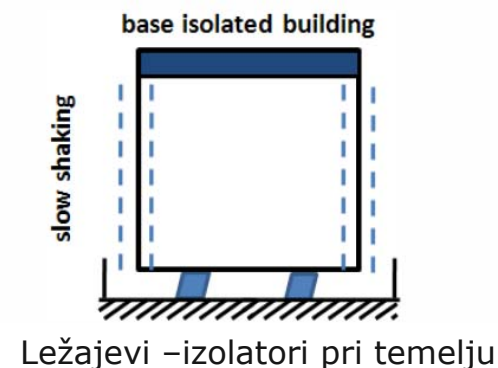
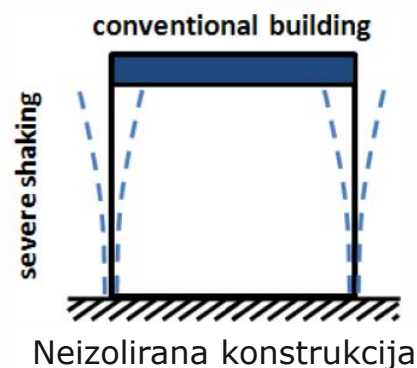
Dinamičko opterećenje kрана

- ❑ Nakon toga slijedi → **interpretacija** → **potvrda** → **ispravno djelovanje**.
- ❑ Što se kasnije počne s ispravljanjem pogreški to će cijena popravka biti veća.
- ❑ **Važno!!!:** predvidjeti ove elemente robusnosti već u vrijeme projektiranja.

ELEMENTI ROBUSNOSTI

16. Mehanički uređaji

- Mogu se podijeliti u
 - **PASIVNE UREĐAJE** koji ne zahtijevaju posebne izvore energije; apsorbiraju dio energije npr. potresa ili vjetera i pretvaraju je u toplinu; mogu biti
 - **izolatori pri temelju**: (*base isolators*) dovoljno kruti da podnesu opterećenja uslijed velikih vibracija
 - **prigušivači mase na vrhu konstrukcije** (*tuned mass dampers, TMD*) viskozni uređaji ugođeni na jednu prirodnu frekvenciju vibrirajućeg sustava kako bi ostvarili prigušenje u rezonanci
- Jednom namješteni ne mogu se prilagoditi različitim opterećenjima



ELEMENTI ROBUSNOSTI

16. Mehanički uređaji

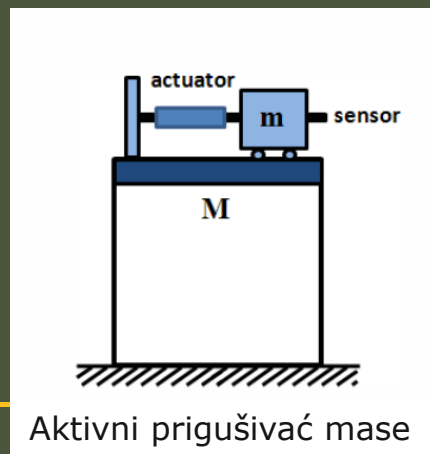
- Mogu se podijeliti u

- AKTIVNE UREĐAJE čija funkcija ovisi o električnom napajanju.

Moguće je odrediti sile koje stabiliziraju konstrukciju i tako je prilagoditi promjenljivim uvjetima opterećenja. Primjer je

- **aktivni prigušivač mase** (*active mass damper, AMD*), koji se sastoji od mase, obično manje od 1% ukupne mase konstrukcije, koja se postavlja na vrhu konstrukcije i s njom je povezana s uređajem za pokretanje.

Odgovor konstrukcije prati računalo koje šalje odgovarajuće signale uređaju da pokrene masu i ublaži vibracije.



ELEMENTI ROBUSNOSTI

16. Mehanički uređaji

- ❑ Mehanički uređaji postali su jako popularni za kontrolu pomaka ili sila ili za prigušenje energije, u određenim situacijama.
- ❑ PASIVNI se smatraju pouzdanijima jer pitanje je da li će AKTIVNI uređaj o kojem ovisi opstanak konstrukcije funkcionirati, npr. za vrijeme ekstremne oluje ili jakog potresa, kad je moguće otkazivanje napajanja.



Taipei 101, Taipei, Taiwan;
zgrada s 101 katom, visine 509,2 m;
pasivni prigušivač mase



Kyobashi Seiwa, Tokyo, Japan;
zgrada s 11 katova, visine 33,1 m;
aktivni prigušivač mase



ELEMENTI ROBUSNOSTI

- ✓ Čvrstoća
- ✓ Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova
- ✓ Druga linija obrane
- ✓ Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije
- ✓ Duktilnost nasuprot krtog loma
- ✓ Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju
- ✓ Osigurač konstrukcije
- ✓ Žrtvujući i zaštitni uređaji
- ✓ Scenarij isključivanja
- ✓ Uvažavanje krutosti
- ✓ Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom
- ✓ Otpornost nakon izvijanja
- ✓ Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi
- ✓ Ispitivanje
- ✓ Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija
- ✓ Mehanički uređaji

- ❑ Pojedini elementi robusnosti ne moraju se uvijek međusobno isključivati,
- ❑ neki su primjenjivi u jednim, a neki u drugim okolnostima,
- ❑ a moguće je i njihovo kombiniranje u cilju postizanja robusnosti.

POSTIZANJE ROBUSNOSTI

- Postoji više strategija odnosno načina postizanja robusnosti konstrukcije, a pri njihovom razlikovanju može pomoći razmatranje metoda smanjenja opasnosti otkazivanja konstrukcije.

POSTIZANJE ROBUSNOSTI

- Opasnost odnosno rizik otkazivanja konstrukcije R :

$$R = \sum_{i=1}^{N_H} p(H_i) \sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=1}^{N_S} p(D_j/H_i) p(S_k/D_j) C(S_k)$$

broj opasnosti (rizika) H_i

broj neposrednih (lokalnih) oštećenja D_j

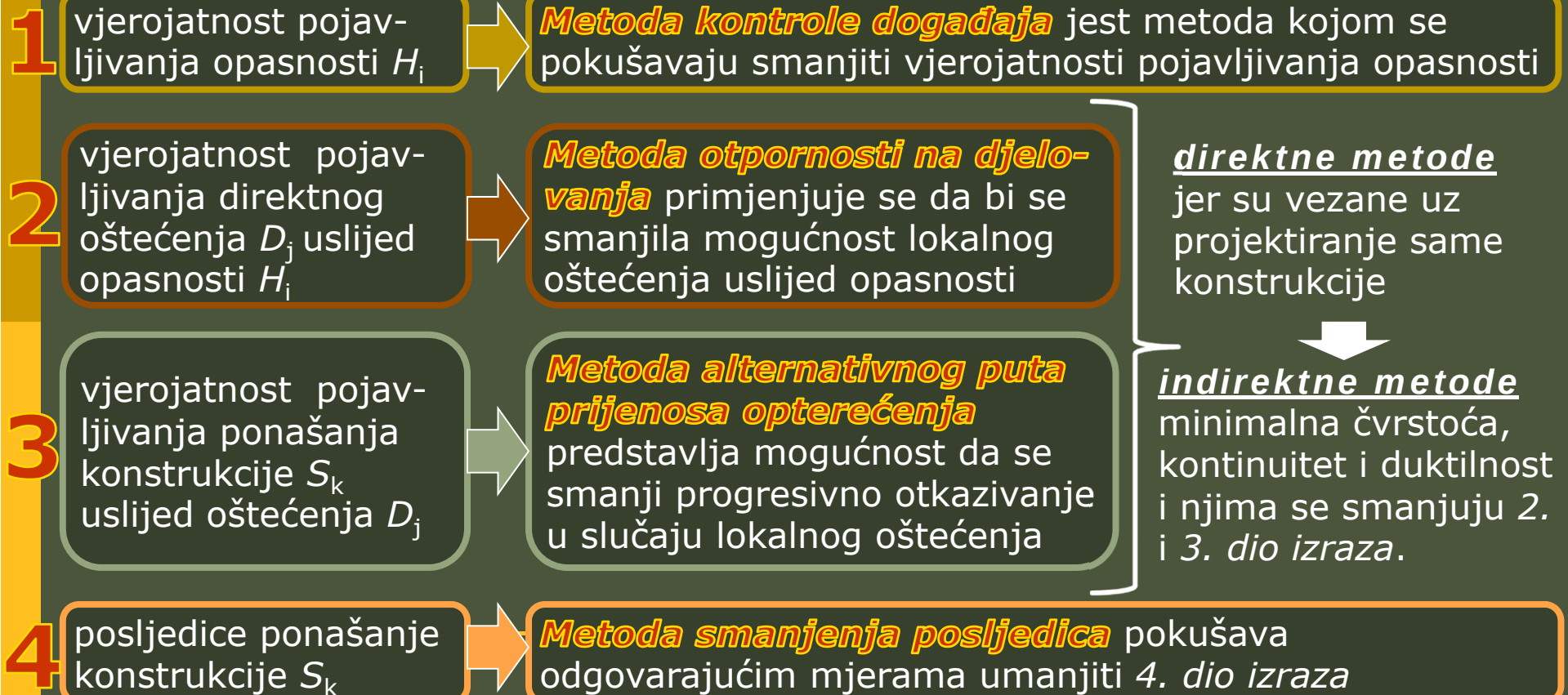
broj mogućih načina ponašanja konstrukcije S_k

- Postoji više strategija odnosno načina postizanja robusnosti konstrukcije, a pri njihovom razlikovanju može pomoći razmatranje metoda smanjenja opasnosti otkazivanja konstrukcije.

POSTIZANJE ROBUSNOSTI

- Pojedini dijelovi povezuju se sa sljedećim metodama smanjenja rizika:

$$R = \sum_{i=1}^{N_H} p(H_i) \sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=1}^{N_S} p(D_j / H_i) p(S_k / D_j) C(S_k)$$



Elementi robusnosti

Čvrstoća

Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova

Druga linija obrane

Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije

Duktilnost nasuprot krtog loma

Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju

Osigurač konstrukcije

Žrtvujući i zaštitni uređaji

Scenarij isključivanja

Uvažavanje krutosti

Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom

Otpornost nakon izvijanja

Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi

Ispitivanje

Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija

Mehanički uređaji

Elementi robusnosti	Metoda kontrole događaja
Čvrstoća	
Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova	
Druga linija obrane	
Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije	
Duktilnost nasuprot krstog loma	
Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju	
Osigurač konstrukcije	
Žrtvujući i zaštitni uređaji	
Scenarij isključivanja	
Uvažavanje krutosti	
Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom	
Otpornost nakon izvijanja	
Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi	×
Ispitivanje	
Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija	×
Mehanički uređaji	×

Elementi robusnosti	Metoda kontrole događaja	Metoda otpornosti na djelovanja
Čvrstoća		×
Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova		
Druga linija obrane		
Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije		
Duktilnost nasuprot krtog loma		
Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju		
Osigurač konstrukcije		
Žrtvujući i zaštitni uređaji		
Scenarij isključivanja		
Uvažavanje krutosti		
Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom		×
Otpornost nakon izvijanja		
Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi	×	
Ispitivanje		×
Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija	×	
Mehanički uređaji	×	

Elementi robusnosti	Metoda kontrole događaja	Metoda otpornosti na djelovanja	Metoda alternativnog puta
Čvrstoća		×	
Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova			×
Druga linija obrane			×
Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije			×
Duktilnost nasuprot krtog loma			
Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju			
Osigurač konstrukcije			
Žrtvujući i zaštitni uređaji			
Scenarij isključivanja			
Uvažavanje krutosti			×
Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom		×	×
Otpornost nakon izvijanja			×
Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi	×		
Ispitivanje		×	×
Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija	×		
Mehanički uređaji	×		

Elementi robusnosti	Metoda kontrole događaja	Metoda otpornosti na djelovanja	Metoda alternativnog puta	Posredne metode
Čvrstoća		×		×
Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova			×	×
Druga linija obrane			×	×
Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije			×	
Duktilnost nasuprot krtog loma				×
Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju				
Osigurač konstrukcije				
Žrtvujući i zaštitni uređaji				
Scenarij isključivanja				
Uvažavanje krutosti			×	×
Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom		×	×	
Otpornost nakon izvijanja			×	×
Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi	×			
Ispitivanje		×	×	
Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija	×			
Mehanički uređaji	×			

Elementi robusnosti	Metoda kontrole događaja	Metoda otpornosti na djelovanja	Metoda alternativnog puta	Posredne metode	Metoda smanjenja posljedica
Čvrstoća		×		×	
Cjelovitost konstrukcije i povezanost dijelova			×	×	
Druga linija obrane			×	×	×
Različiti načini prijenosa opterećenja ili zalihe konstrukcije			×		
Duktilnost nasuprot krstog loma				×	
Zaustavljanje efekta domino nasuprot progresivnom popuštanju					×
Osigurač konstrukcije					×
Žrtvujući i zaštitni uređaji					×
Scenarij isključivanja					×
Uvažavanje krutosti			×	×	
Prednosti očvršćivanja plastičnom deformacijom		×	×		
Otpornost nakon izvijanja			×	×	
Upozorenje, aktivna intervencija i pomoćni sustavi	×				×
Ispitivanje		×	×		
Nadziranje, kontrola kvalitete, popravci i prevencija	×				×
Mehanički uređaji	×				

ODRŽAVANJE ROBUSNOSTI

■ Starije konstrukcije često su tijekom trajanja podvrgnute

- promjenama,
- preinakama,
- prilagodbama,
- pregradnji,
- preuređivanju itd.,

što ih dovodi u stanje koje može biti dosta drukčije od izvornog i moguće je da se više ne slaže sa

- pretpostavkama,
- specifikacijama i
- planovima

na kojima se temeljio projekt i izgradnja.



ODRŽAVANJE ROBUSNOSTI

- Obično su ove promjene

- rupe,
- zasjeci,
- prorezi,
- premještanja elemenata, itd.

manjeg značaja kada ih promatramo pojedinačno, uzimajući u obzir da su nastajali u različitim periodima, uslijed različitih uzroka i djelovanja.

- Međutim, njihovo zajedničko djelovanje (kumulativno) može biti jako značajno i obično negativne prirode, tj. smanjuje poželjna svojstva konstrukcije kao što su

- čvrstoća,
- otpornost,
- krutost i
- robusnost.

ODRŽAVANJE ROBUSNOSTI

- ❑ Ukoliko se želimo osloniti na određeni element konstrukcije i njegovu otpornost, potrebno je provjeriti da li se zaista na njih može računati i da li su zalihe sigurnosti uzete u obzir u proračunu smanjene ili čak i iscrpljene i to na mjestima gdje nema vidljivih znakova opasnosti.
- ❑ Ne smije se pretpostaviti da robusnost postoji sama po sebi već mora biti ocijenjena i po potrebi ponovno uspostavljena ukoliko želimo na nju računati.

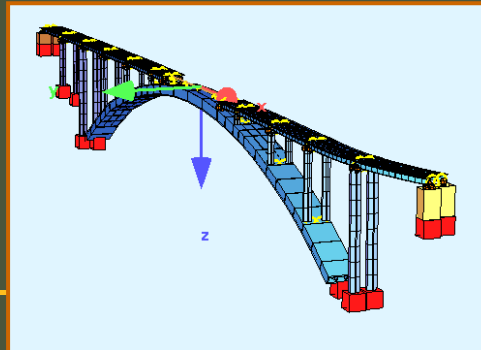
Pregledi



Ocjena

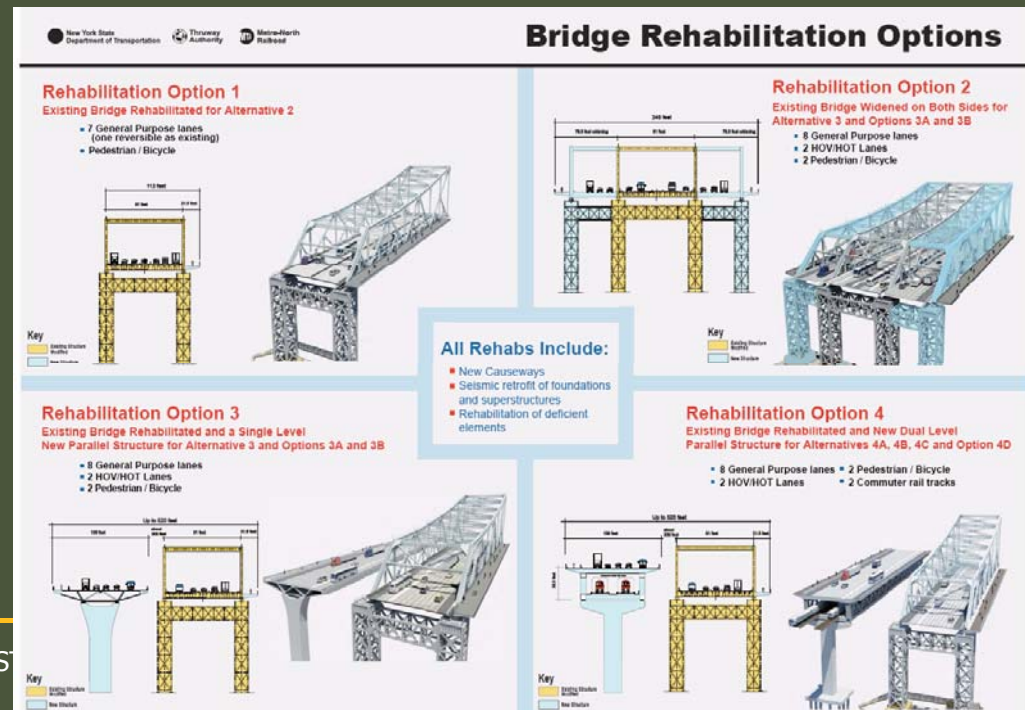


Uspostavljanje
potrebnih svojstava



ODRŽAVANJE ROBUSNOSTI

- Postoji mnogo strategija za rješavanje problema robusnosti pa u mnogim okolnostima postoji više različitih mogućnosti.
- Ovo naravno izaziva klasični problem optimalizacije: gdje treba uložiti novac da bi se proizveo maksimalno povoljan učinak.
- Budući da su, numeričke ocjene ovih učinaka, u smislu probabilističke i determinističke kvantifikacije, često izvan dosega zbog visoke stope nesigurnosti prisutne u scenariju postizanja robusnosti, i ocjenjivanje će ostati kvalitativno i subjektivno.



TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

– idući tjedan –

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH
KONSTRUKCIJA