

14. MOSTOVI U IZVANREDNIM OKOLNOSTIMA

14.1. POSEBNI PROMETNI ZAHTJEVI

14.2. KATASTROFALNE ILI OSOBITO NEPOGODNE POJAVE

14.3. PRIMJERI KATASTROFA I RUŠENJA MOSTOVA

14.4. PROVIZORIJI I SPECIJALNI MOSTOVI

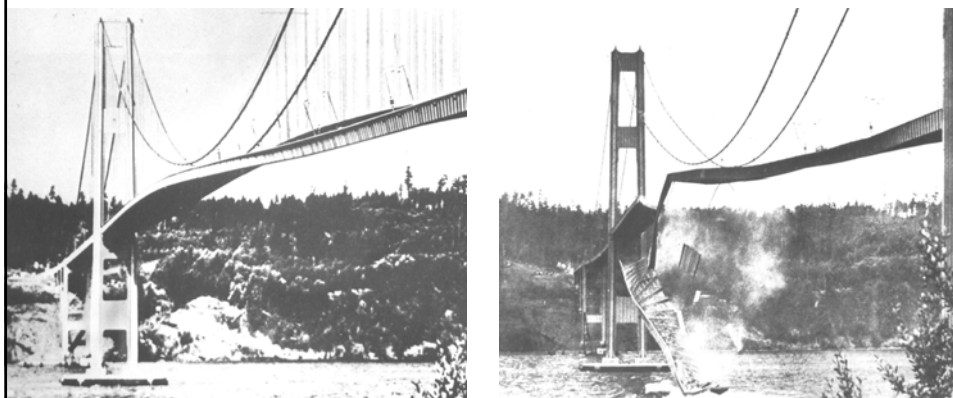
KONSTRUKCIJSKO POLAZIŠTE:

- izvanredna djelovanja su propisana kao opterećenja na konstrukciju

PROMETNO POLAZIŠTE:

- izvanredne okolnosti koje se odražavaju na građevinu i na sudionike u prometu:
 - prirodne pojave
 - namjerne osobitosti
 - nesreće u prometu ili s mostom
 - ove pojave nisu opasne kao opterećenja ali mogu prouzročiti nesreće, kao npr.:
 - lagan potres koji izaziva paniku u prometu
 - poledica na mostu
 - dinamičko djelovanje navijača kad je most tribina
- ove pojave potrebno je pri projektiranju uzeti u proračun ili konstrukciju koncipirati tako da njihove posljedice budu što manje nepovoljne za most i promet

prikaz jedne nesreće na mostu – rušenje Tacoma mosta



14.1. POSEBNI PROMETNI ZAHTJEVI

- obilježja vozila u prometu su određena prometnim propisima pojedinih zemalja

DEFINIRANO JE:

- maksimalne dimenzije
- ukupna masa
- osovinski pritisci

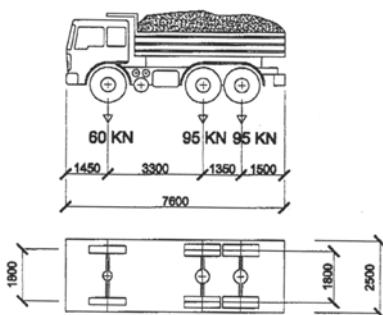
ODREĐUJE:

- slobodne profile
- opterećenja na nosive sklopove

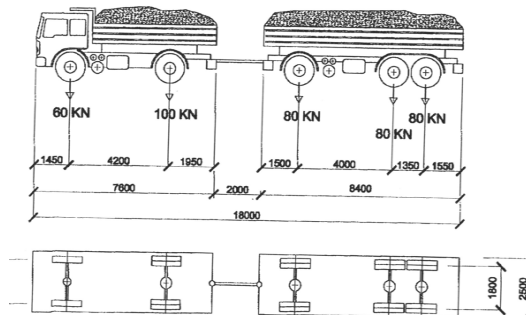
- često se prevoze tereti koji svojim obilježjima odudaraju od standardnih – zahtijevaju posebna odobrenja

osovinski pritisci su definirani za pojedine grupe vozila:

kamion ukupne mase 25 t



kamion dvoosovinac sa troosovinskom prikolicom ukupne mase 40 t



14.1.1. Specijalni tereti

OVDJE SE MOGU UBROJITI:

- uređaji, sklopovi, oprema za tvornice, elektrane, brodogradilišta
- dijelovi mostova i drugih građevina itd.

PRIJEVOZI SE OBAVLJAJU:

- plovnom putem – rijetko moguće
- željeznicom – ograničenja željezničkim profilom
- cestom - najčešće
 - korištenje specijalnih vozila i prenosila
 - potrebna posebna dozvola za takva vozila

OSNOVNA OBILJEŽJA SPECIJALNIH TERETA:

- ukupna težina (vozilo + teret)
- osovinski pritisci, broj i raspored osovina
- opterećenja grupiranih osovina
- opterećenje po pneumatiku
- kontaktni pritisak
- širina, visina, dužina pojedinih vozila u sustavu, a posebno prenosila posebnog tereta

KLASIFIKACIJA SPECIJALNIH TERETA DAJE SE S OBZIROM NA:

- ukupno opterećenje
- osovinsko opterećenje
- tipove i dimenzije prometa
- mogućnosti nepovoljnog utjecaja na prometne objekte itd.

SMJEROVI KRETANJA SPECIJALNIH TERETA – PROPISANO JE:

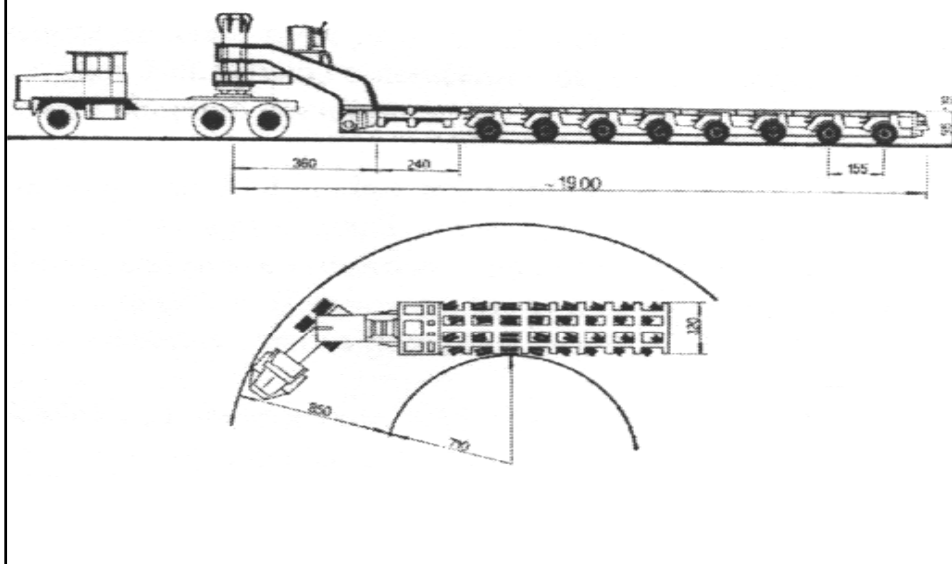
- određena mreža cesta za posebne terete (infrastruktura, opremljenost itd.)
- ceste u toj mreži određene za neki tip specijalnih tereta
- kriteriji za kategorizaciju cesta namijenjenih specijalnim teretima (frekvencija posebnih tereta, zahtjevi gospodarstva, industrije itd.)

OGRANIČENJA KOD MOSTOVA:

- ograničenje brzine
- posebna obilježja vozila u odnosu na most
- prelazak po točno određenoj liniji
- položaj vučnih vozila u odnosu na teret
- prijelaz u određenom dijelu dana
- određeni vremenski uvjeti za prelaženje
- priprema prometnih ploha za prelaženje itd.

primjer cestovnog vozila za prijevoz specijalnih tereta*primjer željezničkog vozila za prijevoz specijalnih tereta*

vozilo za prijevoz specijalnih tereta s dimenzijama i ograničenjima najmanjeg radijusa zakrivljenosti prometnice



MOGUĆE JE:

- prilagoditi most zahtjevima specijalnih tereta, ili
 - izabrati prijevozno sredstvo prilagođeno mostu
- prije prelaska potreban je proračun dokaza da konstrukcija može bez oštećenja izdržati opterećenje

PREDVIĐA SE REŽIM PRELAŽENJA KOJI SADRŽI:

- uvjet da na mostu ne bude drugog prometa
- točan raspored prenosila specijalnog tereta s obilježjima i udaljenostima vučnih i ostalih vozila sustava
- osovinska opterećenja
- brzinu kretanja – obično jako mala
- liniju kretanja preko mosta
- okolnosti za prelaženje – doba dana, temperatura, vjetar itd.
- pripremu mosta za prijelaz – uređenje prometne plohe, privremena ojačanja
- program monitoringa i potrebnih mjera prije, za vrijeme i nakon prelaženja
- pregled i analizu građevine nakon prelaza – određivanje posljedica



- ako se pri projektiranju nekog mosta predviđaju česti prelasci specijalnih tereta onda će se on raditi sa većim rezervama nosivosti

MOGUĆE SU I OVE DVIJE KRAJNOSTI U RAZINI POZORNOSTI PRI SPECIJALNOM PRELAŽENJU:

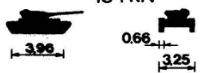
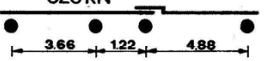
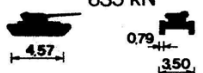
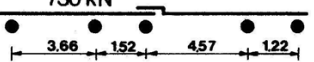
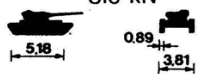
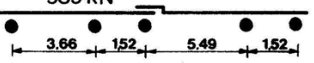
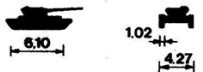
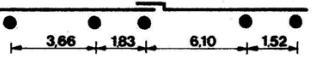
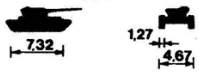
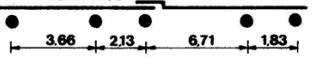
- obavlja se pokusni prelazak sa zamjenskim teretom iste veličine i težine - obavezan je za iznimno opasne ili vrijedne terete
- specijalna prelaženja bez kontrole i režima – u okolnostima poput rata – mogu izazvati znatna oštećenja i ugroziti daljnji vijek mosta

- specijalni tereti su i oni manje ukupne težine ali velikih koncentriranih (osovinskih) pritisaka

ISKUSTVA POKAZUJU SLIJEDEĆE:

- mostovi imaju dostatne rezerve nosivosti za specijalne prelaze ali uz dobro osmišljen i realiziran režim prelaženja
- jednostavnije je provesti specijalni teret starom cestom nego novom jer ima manje mostova, stariji su i s većom rezervom

sheme za neka vojna vozila

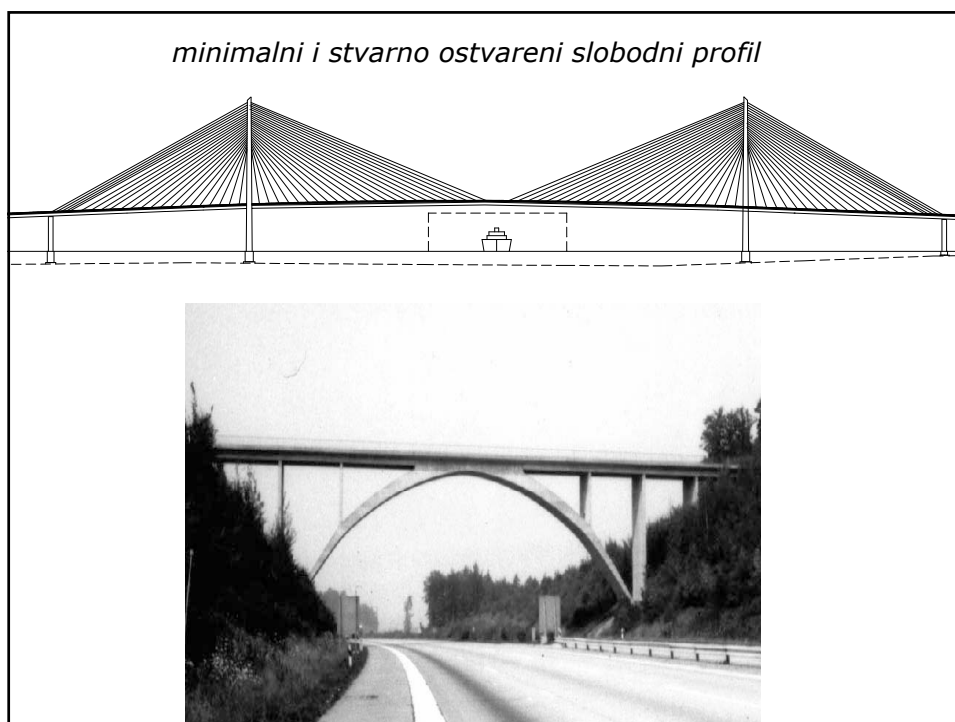
OZNAKA	DIMENZIJE VOZILA	POSEBNO PRENOSILO	Maksimalni osovinski pritisak
50			
70			
90			
120			
150			

14.1.2. Posebni zahtjevi glede slobodnih profila

- izvanredni tereti predstavljaju problem i zbog svojih velikih dimenzija – dodatni zahtjev glede slobodnih profila

PROBLEMI SU OSOBITO IZRAŽENI KOD:

- mostova u krivinama
 - teret može zadirati u ograde
- mostova nadvožnjaka ako teret ide donjom prometnicom
 - najveći problem predstavljaju gredni mostovi ravnog intradosa – jednako ostvaren slobodni profil po cijeloj širini prometnice
 - zato su povoljniji sustavi gdje je na sredini prometnice slobodni profil veći od minimalnog – npr. lukovi
- na dugim mostovima potrebno je razmotriti slobodne profile s obzirom na kretanje službenih ili unesrećenih osoba u okolnostima neke nesreće



14.1.3. Dodatni zahtjevi različitih vodova

PRELAZAK RAZLIČITIH VODOVA:

- vodovod
- elektro ili telekomunikacijski kabeli
- plinovod
- naftovod itd.

- smještaju se u posebne žljebove ili šupljine
- u Krčkom mostu naftovod ide kroz luk

POTREBNO JE:

- razdvojiti vodove koji su opasni jedan za drugoga
- posvetiti osobitu pozornost i sigurnost pri prevođenju strateških vodova
 - oni vodovi koji ako se prekinu uzrokuju nestašicu vode ili nekog drugog resursa u određenom području

smještaj različitih vodova u podgledu mosta – most Slobode u Zagrebu – opskrbljuje Novi Zagreb vodom prevodeći vodovodne cijevi



na Krčkom mostu kroz armiranobetonski luk prolazi naftovod



14.2. KATASTROFALNE ILI OSOBITO NEPOVOLJNE POJAVE

14.2.1. Prirodne nepogode

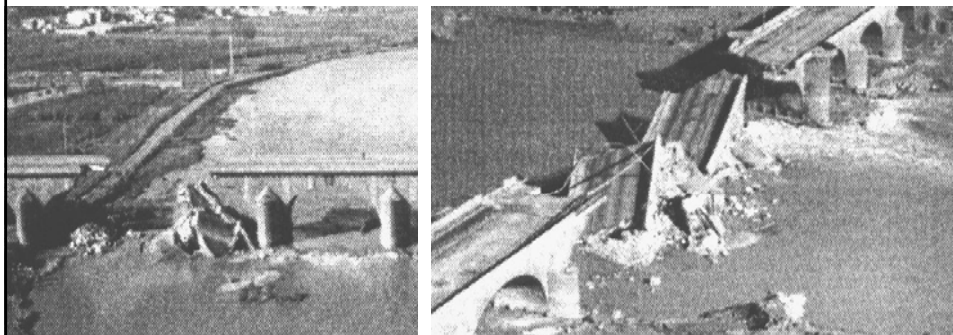
prirodne nepogode katastrofalnih razmjera, iznad onih koji su obuhvaćeni propisima

djelovanja koja se inače svrstavaju u osnovna, dodatna ili izvanredna ali sada u puno nepovoljnijem obliku

oštećenje ili rušenje mosta

OPASNA DJELOVANJA:

- djelovanja orkana, tajfuna, ciklona – pritisak ili udari vjetra i do nekoliko kN/m^2
- udari leda
- ekstremne promjene temperature
- poplave – pritisak na konstrukciju i podlokavanje
- potresi



rušenje mosta zbog podlokavanja uslijed poplave

14.2.2. Prometne nesreće te udari vozila i plovilaOSOBITOST MOSTOVA U PROMETU:

- učestalije nesreće
- nesreće s težim posljedicama

RAZLIČITOST U MJESTU NESREĆE:

- na mostu
- ispod mosta

RAZLIČITOST U VRSTI NESREĆE:

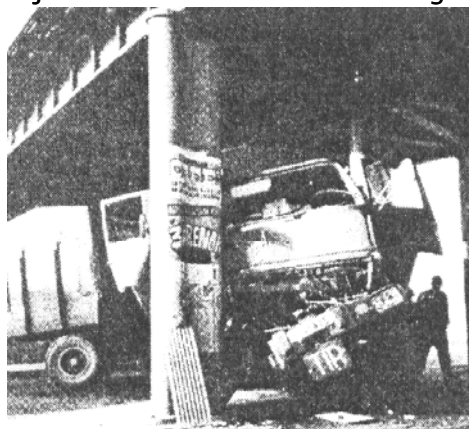
- stradavaju sudionici u prometu
- stradava i most – dodatne nesreće

- nesreće na mostovima koje uključuju željeznička vozila su daleko opasnije:
- puno veće mase i brzine vozila
 - obično uzrokuju razaranje mosta jer je nemoguće dimenzionirati na takav udar
 - potrebno svesti mogućnost takvih nesreća na minimum

- konstruktivna rješenja mostova moraju biti takva da prometne nesreće ne izazivaju veća oštećenja mosta i izlijetanje vozila sa mosta
- slučajevi udara vozila o dijelove nadvožnjaka ispod kojeg prolaze:
 - dimenzioniranje mosta da takve nesreće ne izazivaju posljedice za konstrukciju
 - konstruktivna rješenja da se takve nesreće ne mogu dogoditi



*udar vozila u stup nadvožnjaka
uslijed kojeg se most srušio i...*

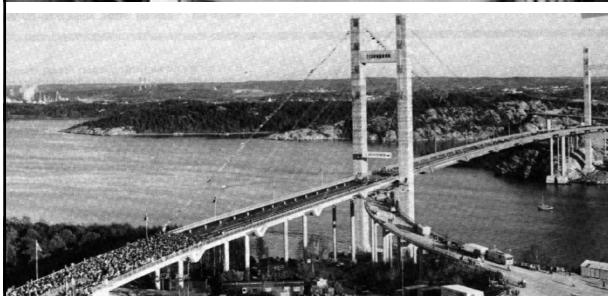


...primjer gdje je most ostao neoštećen

- udar plovila u dijelove mosta:
 - trenutno rušenje konstrukcije
 - potrebna su rješenja da takvi udari ne budu mogući ili se dijelovi mosta izloženi udaru moraju prikladno zaštititi



*most u Švedskoj koji se
srušio uslijed udara
broda u luk i...*



*...novi most sagrađen
na tom mjestu koji
svojom koncepcijom
onemogućuje takav
udar*

14.3. PRIMJERI KATASTROFA I RUŠENJA MOSTOVA

RUŠENJE MOSTA MOŽE BITI:

- namjerno
 - zbog dotrajalosti se treba ukloniti
 - u ratu kada se žele presjeći prometnice
 - dobro sagrađen most teško je srušiti – mora postojati plan
- nenamjerno
 - od strane čovjeka ili prirode izazvane nesreće
 - pogreške u projektu, građenju ili održavanju
 - potiču istraživanja uzroka rušenja, upozoravaju na propuste i usmjeravaju na nova rješenja i zaokrete u koncipiranju

14.3.1. Rušenja mostova tijekom gradnje

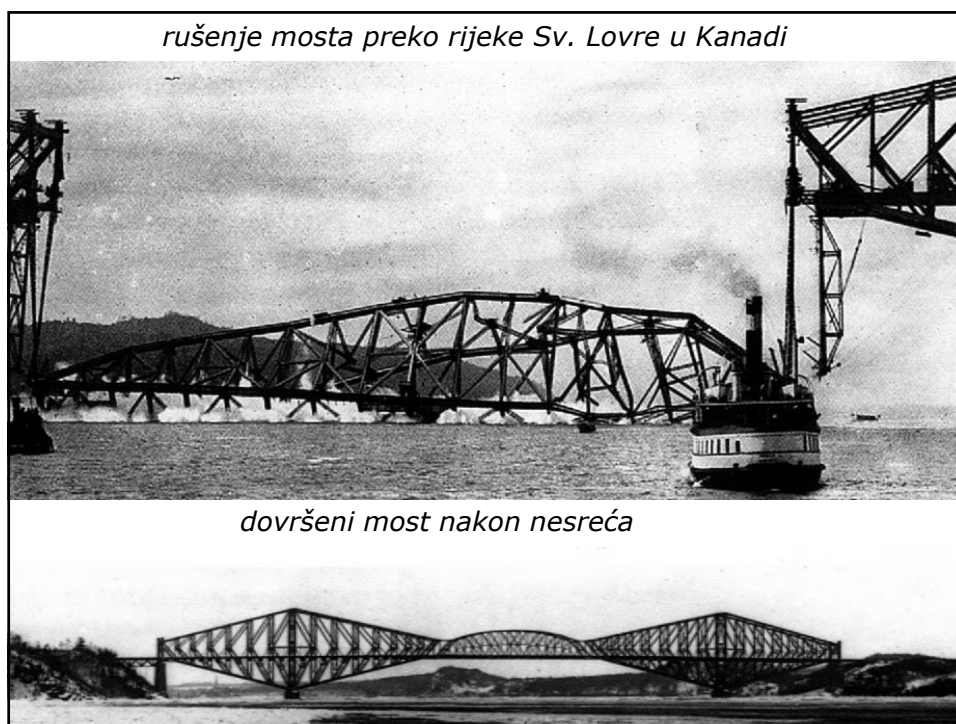
➤ najčešće zastupljene nesreće

OSOBITOSTI TAKVIH NESREĆA:

- veći dio završava samo s manjom materijalnom štetom i odgodom završetka gradnje
- u slučaju veće nesreće često dolazi do ozljeđivanja i smrti sudionika

PRIMJERI:

- MOST PREKO RIJEKE SV. LOVRE KOD QUEBECA U KANADI
 - rešetkasta čelična konstrukcija grednog sustava rekordnog raspona 549 m
 - dvije teške nesreće
 - prva za vrijeme montaže čelične konstrukcije 1907.g. kad se srušio 171 m dugi konzolni dio zbog nedovoljnog poznavanja stabilnosti sastavljenih štapova – poginulo 74 ljudi, uništeno 14000t čelika
 - druga nesreća 1916.g. pri postavljanju srednjeg 195 m dugog ovješnog dijela zbog iskliznuća naprave za podizanje – poginulo 13 ljudi
 - most dovršen iduće godine

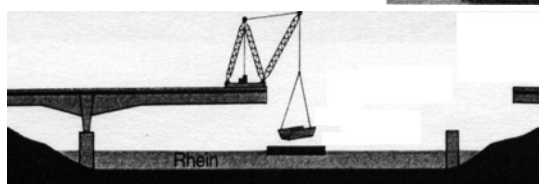
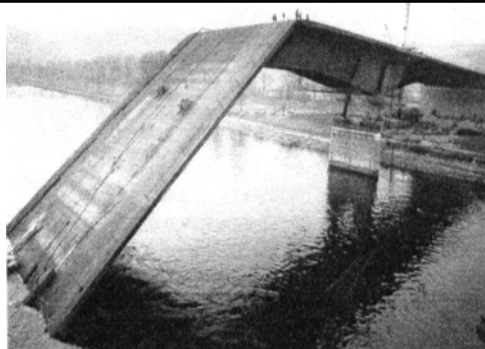


PRIMJERI:

- **MOST PREKO RAJNE KOD FRANKENTHALA**
 - gradnja dva rasponska sklopa čelične konstrukcije od 147 i 161m slobodnim konzolnim postupkom
 - veći rasponski sklop se srušio u rijeku 1941.g.
 - poginulo više od 30 ljudi
- **MOST SÜDBRÜCKE PREKO RAJNE U KOBLENZU**
 - sandučasti rasponski sklop se prelomila i srušila 1971.g.
 - slom se dogodio za vrijeme montaže dok je konzola bila duga 54 m i teška 600 t
 - poginulo 13 ljudi

PRIMJERI:

srušeni most Südbrücke



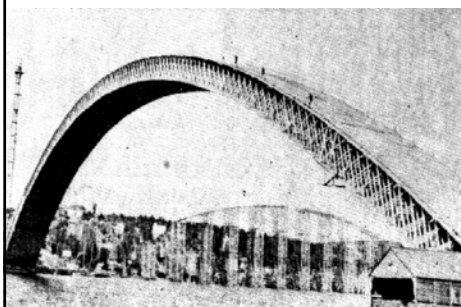
shema rušenja mosta

PRIMJERI:

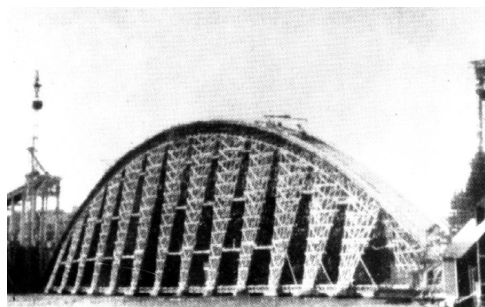
- **MOST PREKO RIJEKE YARRA U MELBOURNEU**
 - nesreća 1970.g. prilikom betoniranja kolnika
 - rasponski sklop srušio se u rijeku
 - poginulo 35 ljudi
- **MOST PREKO RIJEKE YONNE**
 - betonski most ukupne dužine 1460m sa 156 svođenih otvora, najveći raspona 40m
 - kod spuštanja skele ispod najvećeg raspona javile su se pukotine i beton se počeo drobiti – luk se morao srušiti i ponovno graditi
 - u idućem pokušaju se kod spuštanja skele svod prognuo 10 cm a susjedni izdigao 8 cm – svod se mora ponovno prihvatiti skelom i tjeme zamijeniti klesancima kamena
 - srećom nije bilo ljudskih žrtava

PRIMJERI:

- **MOST SANDÖ PREKO RIJEKE ANGERMANN U ŠVEDSKOJ**
 - armiranobetonski luk raspona 254 m
 - u rujnu 1939.g. srušila se skela nakon dovršetka betoniranja donje ploče luka – skela je bila rešetkasti luk debljine 4m
 - poginulo 70 ljudi
 - u drugom pokušaju izvedena je klasična lepezasta skela i luk je uspješno dovršen



stara skela koja se srušila



nova skela na kojoj je dovršen luk

UZROČNICI NESREĆA U TOKU GRAĐENJA SU U:

- nedovoljno dobrom poznavanju konstrukcije, gradiva, djelovanja na sustave itd.
 - pretjeranoj štednji i iznad razine razumnoga optimuma
 - nesretnom spletu okolnosti
- bez obzira na uzroke ovih nesreća najčešće se optužuje autor i projektant građevine; tako je uvijek bilo i biti će

14.3.2. Rušenje tijekom uporabe

UZROCI:

- nedostatna nosivost, sigurnost, stabilnost
- katastrofalno djelovanje prirodnih sila
- različiti prometni incidenti

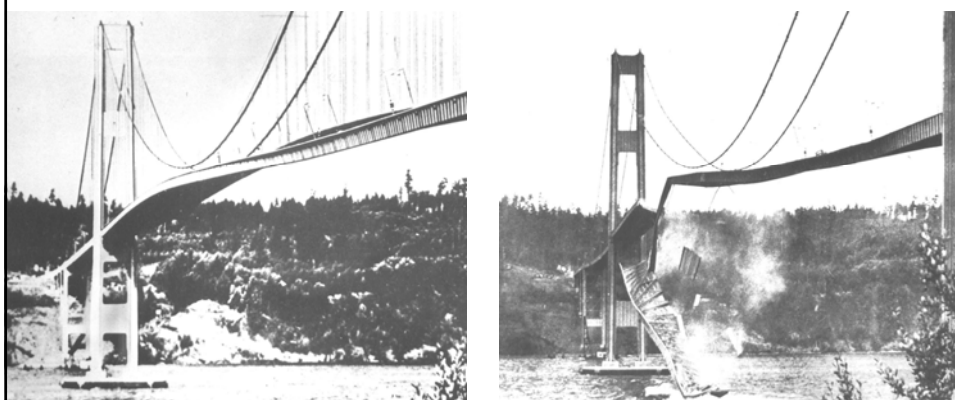
PRIMJERI:

- MOST FIRTH OF TAY KOD DUNDEEA U ŠKOTSKOJ
 - jednokolosječni željeznički most dužine 3155m s 85 otvora
 - metalna, gredna, rešetkasta neujednačena konstrukcija
 - nezgode već tijekom gradnje – poginulo 20 radnika
 - uslijed oluje 28.12.1879.g. srušilo se 13 rasponskih konstrukcija i vlak je završio u vodi – poginulo je 75 ljudi
 - analizom je zaključeno da su uzroci nesreće: premala sila vjetra, pretanki stupovi, nedovoljna usidrenja, preslabi horizontalni nosači, loši spojevi, loša kvaliteta metala



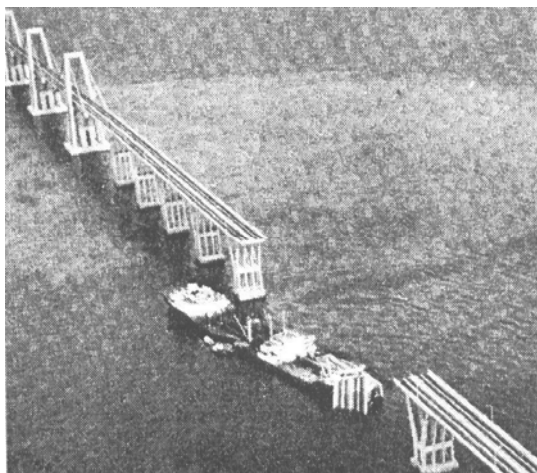
PRIMJERI:

- MOST TACOMA U DRŽAVI WASHINGTON (SAD)
 - viseći rasponski sklop širine 7,9m dužine 855m
 - 1940.g. se srušio uslijed laganog djelovanja vjetra brzine 19 m/s koji je izazvao rezonanciju u strukturi, sve jače i jače poprečno nagibanje dok nije došlo do pucanja i rušenja
 - analizom je zaključeno da su odnosi širina/raspon (1/72) i debljina/raspon (1/350) bili nedopustivo mali



PRIMJERI:

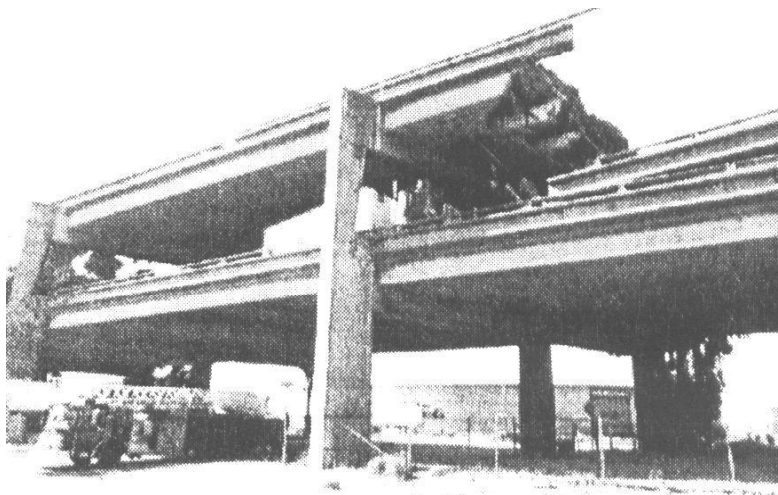
- **MOST NA ZALJEVU MARACAIBO U VENEZUELI**
 - most dužine 8.678m doživio je udar tankera 1964.g. koji je promašio plovni put širine 160m i udario u stup otvora 85m te srušio tri rasponske konstrukcije
 - nikad se nije saznalo koliko je vozila završio u vodi

PRIMJERI:

- **MOST PONTS DE CÉ U FRANCUSKOJ**
 - 1907.g. je putnički vlak pao u rijeku Loire jer je pukla konstrukcija pomosta – poginulo je 27 ljudi
- **MOST REICHSBRÜCKE PREKO DUNAVA U BEČU**
 - 1.8.1976.g. se preko noći srušio u Dunav
 - razlog rušenja je bio neodržavanje i dotrajalost stupa mosta
 - most je u vrijeme rušenja bio star 100 godina
 - nije nitko poginuo jer u vrijeme rušenja nije bilo prometa
 - nastale su štete zbog prekida plovidbe Dunavom

PRIMJERI:

- **NADVOŽNJAK NA AUTOCESTI KOD LOS ANGELESA**
 - srušen uslijed potresa 1971.g. koji je srušio ukupno 12 mostova u Kaliforniji

PRIMJERI:

- **DRVENI MOST KAPELLBRÜCKE U LUZERNU U ŠVICARSKOJ**
 - most je stradao u požaru
- **MAILLARTOV MOST PREKO RAJNE KOD TAVANASA**
 - srušio se 1927.g. jer se na njega survalo kamenje s brda!
- **MOST KOROR-BABELHUAP U PALAU (TIHI OCEAN)**
 - sagrađen 1978.g., a srušio se 1996.g.
 - gredni sklop s jednim otvorom raspona 241m



14.3.3. Ratna razaranja

- samo u Domovinskom ratu u Hrvatskoj je srušeno ili ozbiljnije oštećeno više od stotinu većih mostova

PRIMJERI:

- **MASLENIČKI MOST**
 - čelični luk raspona 155m sagrađen 1958.g. srušen je miniranjem 21.11.1991.g.



most prije rušenja...



...i nakon rušenja

PRIMJERI:

- **PAŠKI MOST**
 - 1991.g. je bio raketiran iz zrakoplova
 - teško oštećen nadlučni sklop i probijen luk
 - unatoč oštećenjima promet se i dalje odvijao preko njega



PRIMJERI:

- MOST PREKO DRAVE U OSIJEKU
 - gredni spregnuti nosivi sklop s tri otvora
 - razoren u jesen 1991.g. miniranjem
- MOST PREKO SAVE I UNE U JASENOVCU
 - potpuno uništen

PRIMJERI:

- NEKI OD OSTALIH MOSTOVA SRUŠENIH U DOMOVINSKOM RATU
 - most u Gradiški
 - most u Šlavonskom Brodu
 - most u Šamcu
 - most u Nijemcima →
- većina tih mostova je ili popravljena ili su radovi u tijeku



14.3.4. Planirana rušenja

RAZLOZI PLANIRANIH RUŠENJA:

- dotrajalost
- ozbiljna oštećenja
- potreba prenamjene

DOBRO PLANIRANJE JE POTREBNO:

- da se ne ugroze susjedne građevine
- da se ne ugrozi dio mosta koji se ne planira srušiti
- da se zadovolje uvjeti ekologije (npr. recikliranje materijala)



*planirano rušenje
Paškog mosta zbog
zamjene nadlučnog
sklopa*

14.4. PROVIZORIJI I SPECIJALNI MOSTOVI

- ostvarenje prelaska zapreke u najkraćem mogućem roku
- udobnost i trajnost stavljeni u drugi plan

MOGUĆI RAZLOZI ZA GRADNJU OVAKVIH MOSTOVA:

- brzi prijelaz za vojne potrebe kada je srušen dosadašnji most
- kao pomoć pri gradnji drugog mosta
- alternativni prijelaz kada je budući most u izgradnji

- moguće su razne vrste ovakvi mostova, a to su...

PROVIZORIJI:

- predviđen za kratkotrajnu upotrebu
- mora brzo osigurati prijelaz
- sagrađen od raspoloživih i priručnih sredstava – drvene ili čelične skele...
- planiraju se zamijeniti trajnima ili potpuno ukloniti – kratkotrajna potreba za njima

POLUSTALNI MOSTOVI:

- upotreba za kraće približno definirano vrijeme
- nakon toga se uklanjaju
- za širu javnu namjenu

SPECIJALNI MOSTOVI:

- za privremenu kratkotrajnu namjenu
- grade se od unaprijed pripremljenih dijelova obično u posjedu vojske
- pontoni, Bailey konstrukcije, Mabey-Johnson konstrukcije

BAILEY KONSTRUKCIJE:

- čelična struktura od rešetkastih komada dugih 3m
- komadi se spajaju jednostavno pomoću dva trna
- lančasti most proizvoljne duljine
- u poprečnom smjeru dva, četiri ili više nosača prema potrebi
- ujednačeni, tipizirani dijelovi manjih masa i dimenzija – sastavljanje ne zahtijeva dodatne uređaje
- osmišljeni 1939.g. od strane Sir Donalda Baileya, a masovno se primjenjuju u II. svjetskom ratu

Bailey specijalni most

PONTONSKI MASLENIČKI MOST:

- privremeni most sagrađen raspoloživim sredstvima
- sagrađen u srpnju 1993.g. nakon uništenja starog, a prije gradnje novog mosta zbog spajanja Dalmacije s ostatkom Hrvatske
- upotrijebljeno je 5 teglenica koje su međusobno i s obalom povezane s 6 posebnih čeličnih mostića –plutajući most dužine 279m
- sastavljen za nekoliko dana pod neprestanom neprijateljskom vatrom

