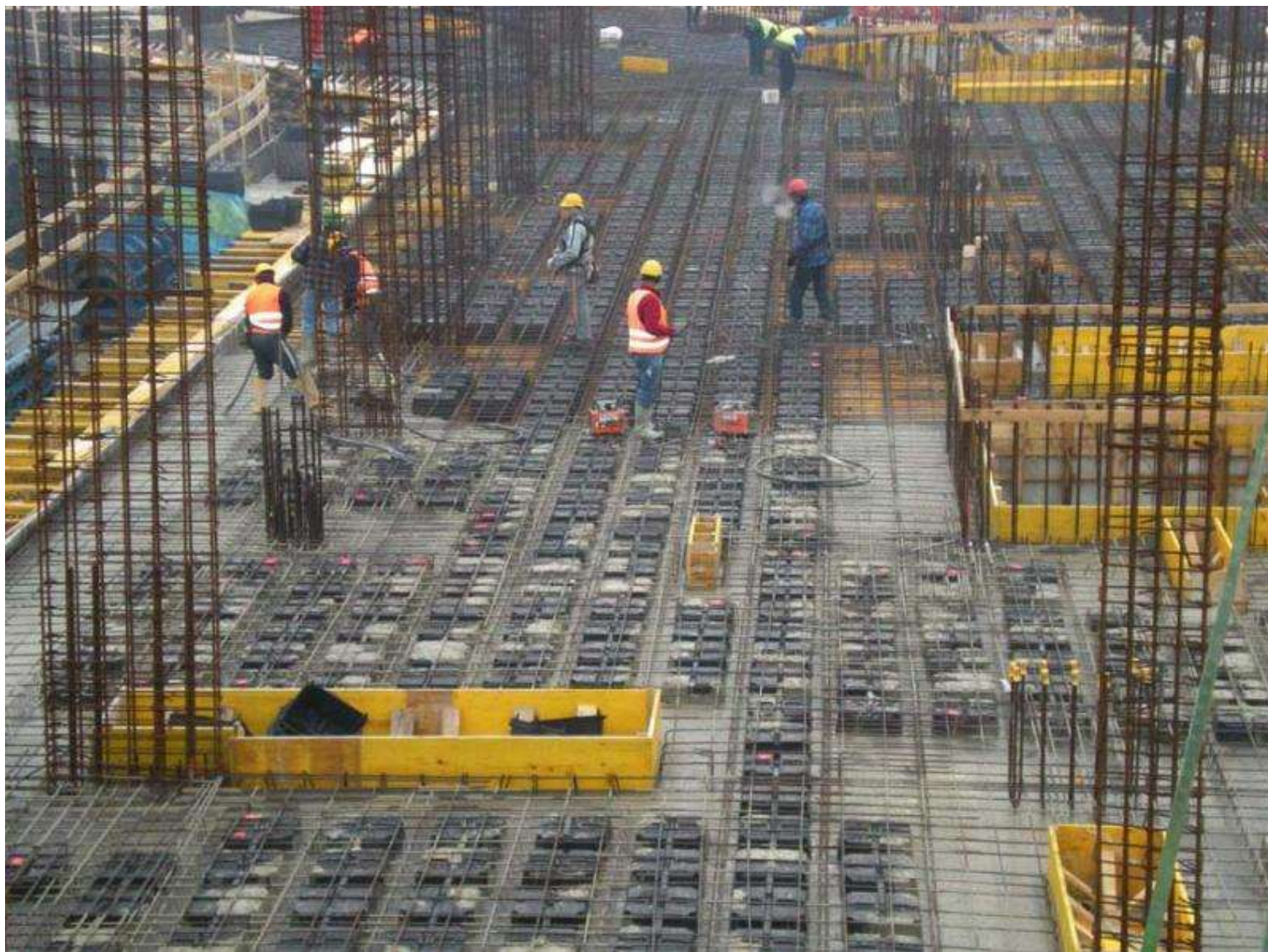






SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

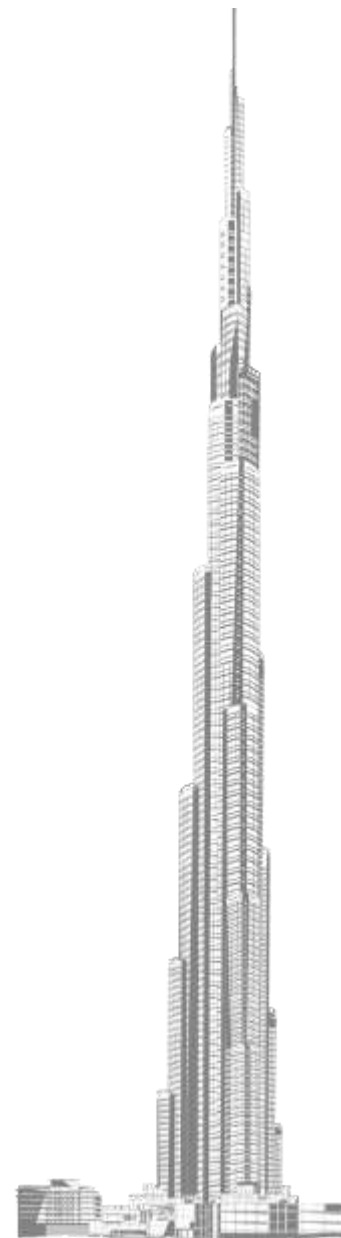
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Zavod za konstrukcije

Visoke građevine

Međukatne konstrukcije

doc.dr.sc. Goran Puž, dipl.ing.građ.

doc.dr.sc. Anđelko Vlašić, dipl.ing.građ.



Predavanje 11:

1. Uvod
2. Betonske međukatne konstrukcije
3. Čelični sustavi međukatnih konstrukcija
4. Spregnuti sustavi međukatnih konstrukcija
5. Prednapeti elementi u međukatnim konstrukcijama
6. Posebni zahtjevi
7. Ulazni parametri za projektiranje



Uvod

Međukatna (ili stropna) konstrukcija je horizontalna konstrukcija zgrade koja se po visini dijeli na etaže (katove).

Horizontalna i vertikalna konstrukcija zatvaraju određeni prostor neke namjene.

Primarni zahtjev koji mora zadovoljiti svaka međukatna konstrukcija je sigurnost. Ona preuzima stalna i pokretna opterećenja i prenosi ih na vertikalnu konstrukciju zgrade, horizontalno povezuje ostale konstruktivne dijelove i ukružuje zgradu u horizontalnoj ravnini.

Sekundarni su zahtjevi za međukatnu konstrukciju:

- izolacija od vlage, topline i zvuka;

- zaštita od požara

- estetski zahtjevi.

Ti su zahtjevi uvjetovani položajem međukatne konstrukcije u zgradi, namjenom objekta, klimatskim uvjetima i materijalima od kojih je zgrada izvedena.

Funkcionalno, međukatna konstrukcija ima tri dijela: nosivi, podni i podgled

Uvod

- međukatne konstrukcije
 - bitno određuju cijenu i brzinu gradnje
 - sekundarni nosivi element
- utjecaj na njihovo konstruiranje:

1. arhitektonski razlozi (namjena građevine)

stambene zgrade: manji rasponi stalni pregrada dopuštaju konstrukciju manjih raspona i izmjera

poslovne zgrade: veći rasponi zbog potrebe za prenamjenom prostora

2. odabrani glavni sustav za prijenos sila

da li međukatne konstrukcije sudjeluju u prijenosu glavnih sila?

3. brzina gradnje

ako je presudna, odabiru se sustavi koji se brže izvode, bez obzira na cijenu

- osnovna podjela: betonski i čelični sustavi
- važno: visina međukatne konstrukcije povećava visinu zgrade uz jednaku katnost



Uvod

Norma koja se bavi potresnim inženjerstvom – Eurocode 8 – propisuje jedan od uvjeta na stropne konstrukcije, nužan da bi se mogle koristiti pojednostavljene metode proračuna (tlocrtni kriteriji pravilnosti konstrukcije):

Krutost stropa u njegovoj ravnini mora biti dovoljno velika u usporedbi s bočnom krutošću elemenata.

To znači da s osobitom pažnjom moramo tretirati stropne ploče s velikim otvorima (npr. one oko atrija zgrade).

Kod modeliranja za proračun u normi nalazimo još jedno pravilo koje se odnosi na krutost stropnih konstrukcija:

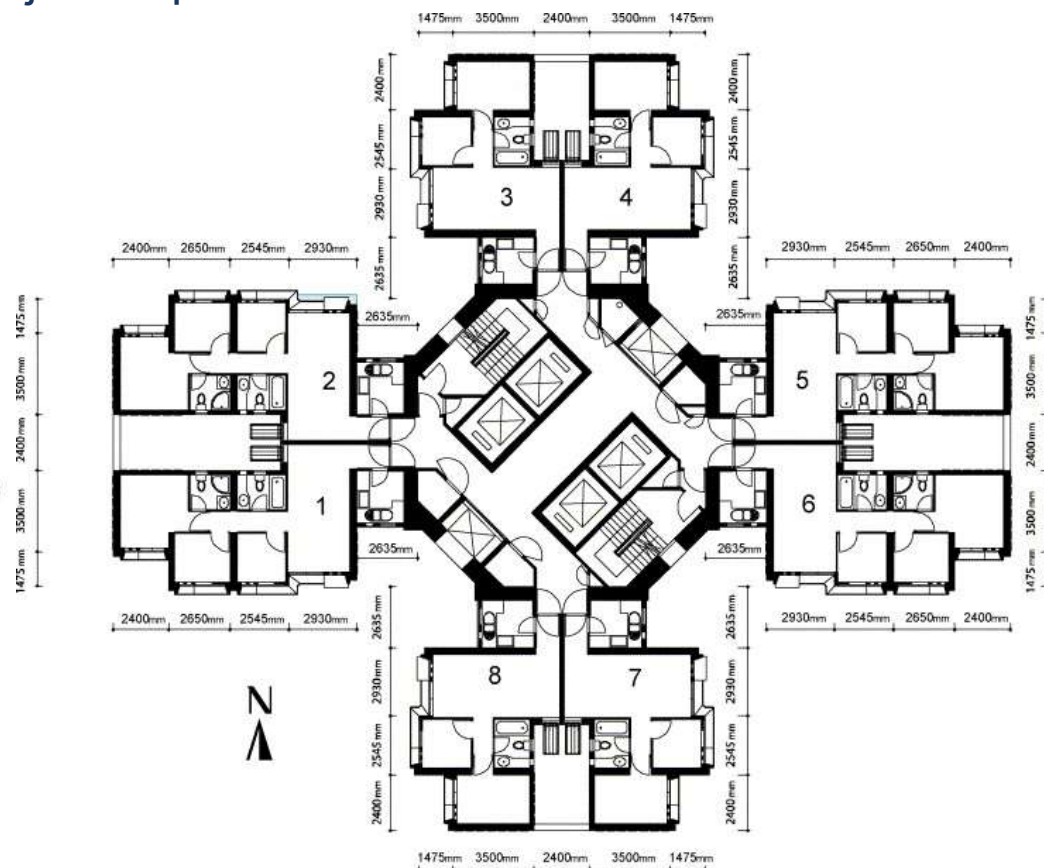
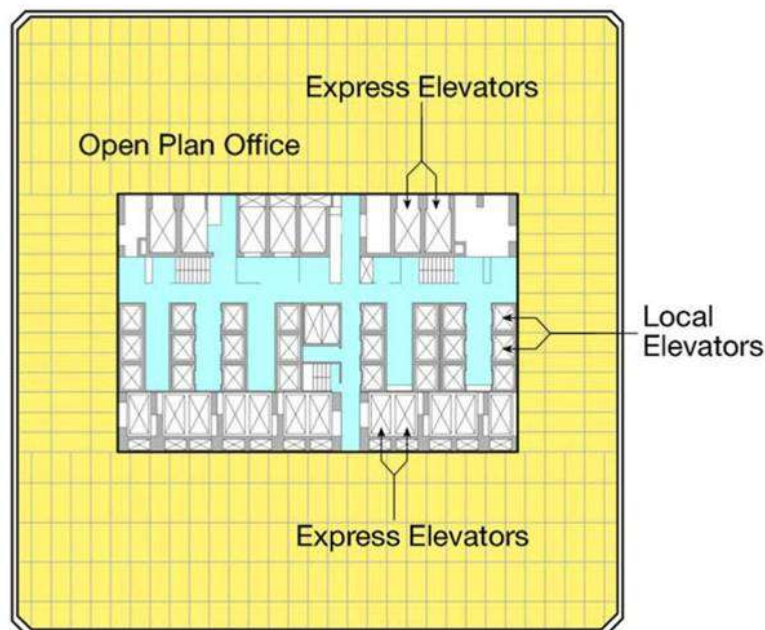
Ako se stropne dijafragme mogu smatrati krutim u vlastitim ravninama, mase i momenti tromosti svakog kata smiju se koncentrirati u težištu.



Uvod

- namjena građevine kao faktor odabira sustava međukatne konstrukcije

Kod stambene zgrade, manji rasponi stalnih pregrada dopuštaju izvedbu međukatne konstrukcije manjih raspona i izmjera. Kod poslovnih zgrada nužni su veći rasponi zbog potrebe za prenamjenom prostora.



Betonske međukatne konstrukcije

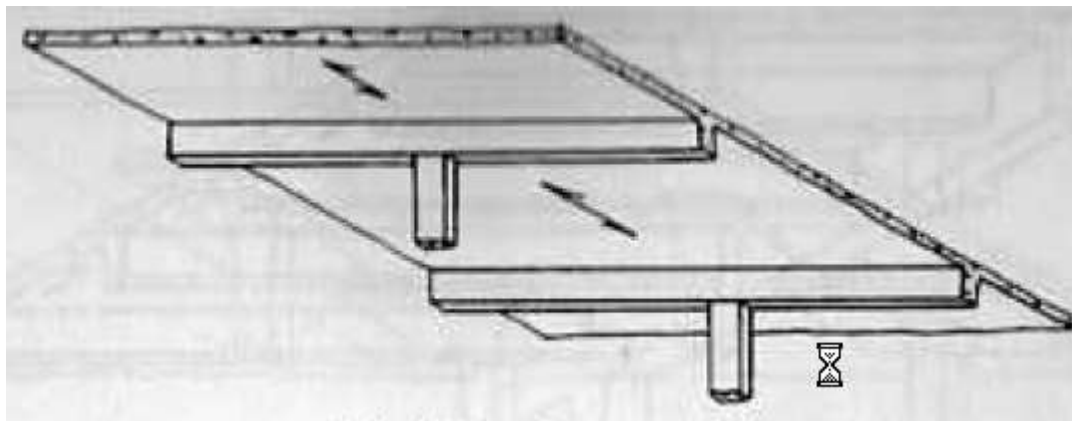
- Armirani beton, rijetko prednapete ploče
- Izmjere horizontalnih i vertikalnih konstruktivnih elemenata se optimiziraju
- Poželjan cilj – kriterij optimalizacije – primjer za sustav s betonskim pločama:
 - Postići da volumen betona za kompletnu građevinu, uključujući zidove i jezgre ostane unutar granice od 0.4 do 0.5 m³ po metru kvadratnom korisne površine
- Svaki sustav ima svoj kriterij za optimalizaciju prema utrošku gradiva
- Kriterij može biti i brzina izvedbe ili mogućnost prefabrikacije (u slučaju skučenog gradilišnog prostora)
- Kriterij zajednički svim konstruktivnim sustavima: cijena



Betonske međukatne konstrukcije

Ploče stalne debljine nosive u jednom smjeru

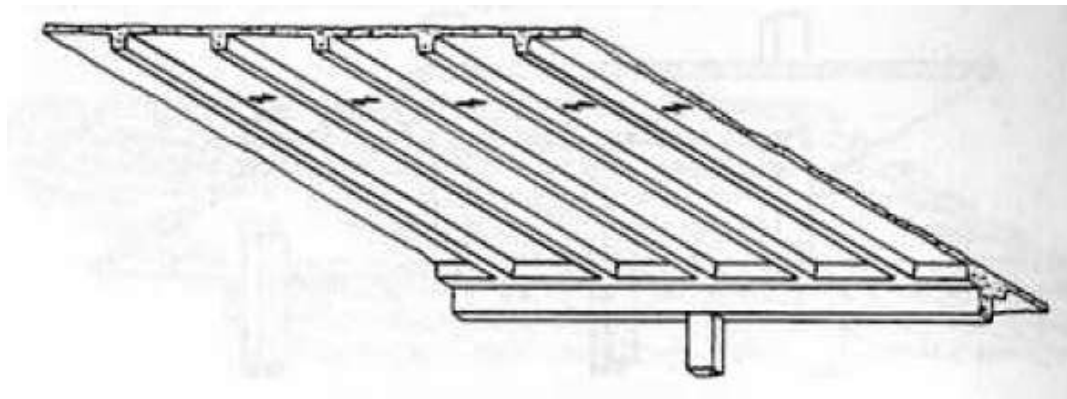
- Stalna debljina do 20 cm, oslonac na grede okvira ili zidove
- izvode se na rasponima od 3 m do 7,5 m
- Glavna prednost: jednostavna oplata i armiranje
- Nedostatak: velika masa i neučinkovito korištenje gradiva (betona i čelika)
- Koristi se u zgradama s većom gustoćom posmičnih zidova, najčešće stambene namjene, ili kod okvirnih konstrukcija
- Ukoliko ploča prelazi više raspona u kontinuitetu (bez otvora) navodi na sustav s prednapinjanjem



Betonske međukatne konstrukcije

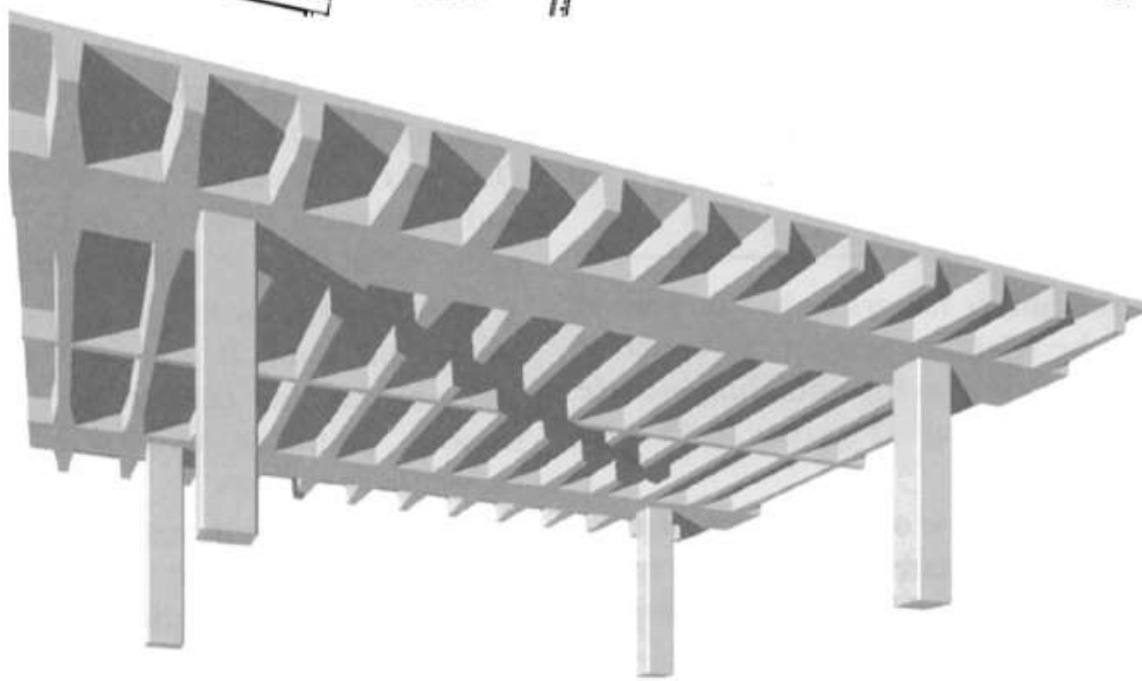
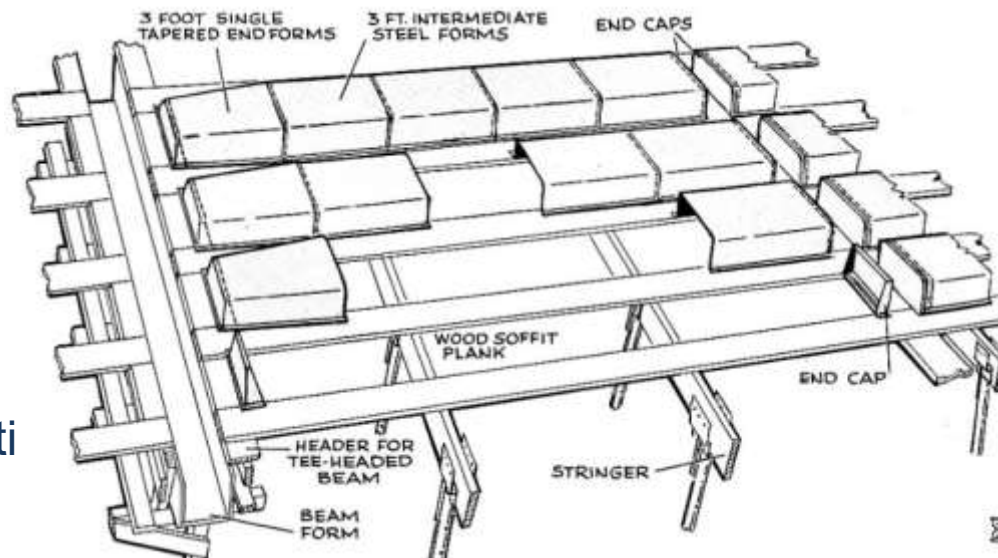
Sitnorebraste ploče nosive u jednom smjeru

- Ploče armirane mrežama na malom rasponu nose između rebara koja su gusto postavljena i prenose opterećenje na grede okvira
- Minimalna debljina ploče: oko 6 cm
- Visina rebara: 15 cm do 50 cm
- Razmak rebara: 50 cm do 75 cm
- Konstruktivno ponašanje nalik na niz greda T presjeka postavljenih jedna do druge



Sitnorebraste ploče nosive u jednom smjeru

Izrada u oplati koja se više puta koristi



Betonske međukatne konstrukcije

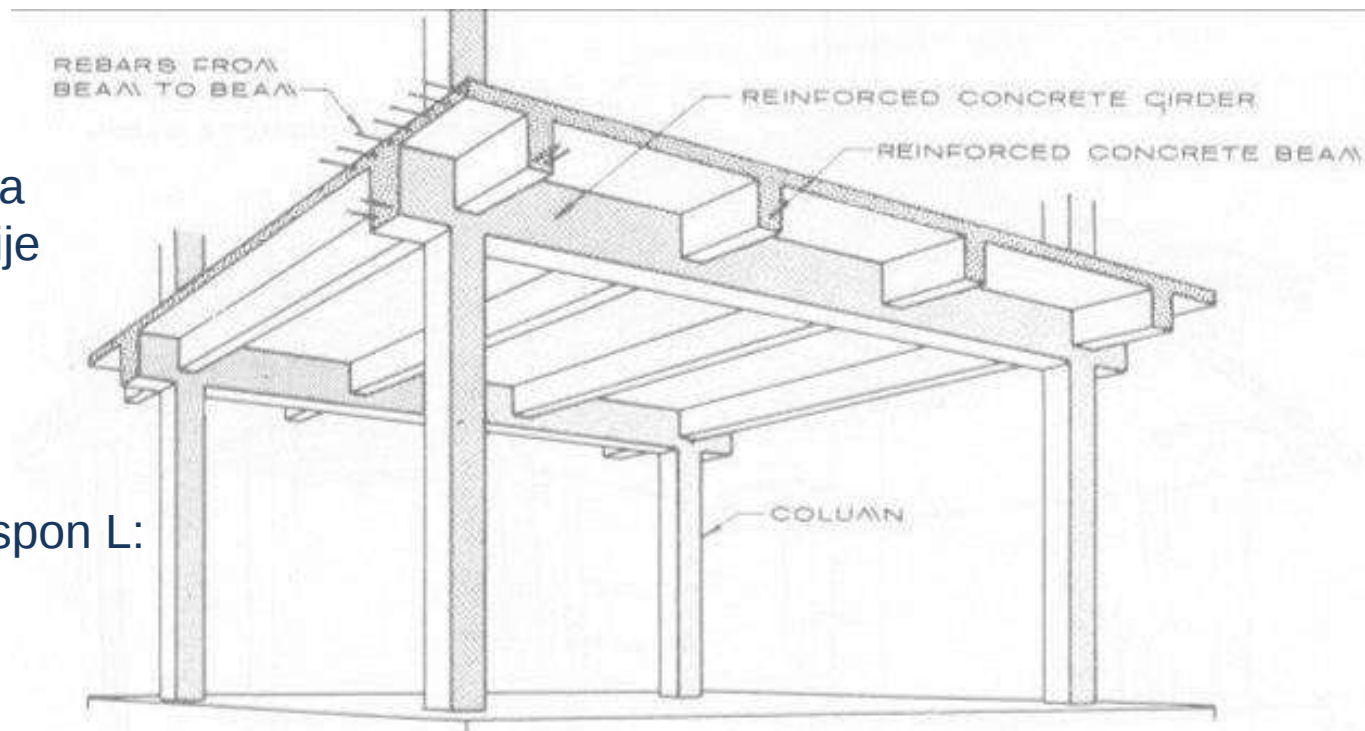
Ploče s rebrima i gredama nosive u jednom smjeru

- Ploča armirana u dva smjera stalne debljine
- Ploča može biti tanka – od 8 do 15 cm, dok sustav može premostiti raspon do 14 metara
- Najčešće u okvirnim građevinama

problemi:

Konstruktivna visina
Prodori za instalacije
Složena oplata

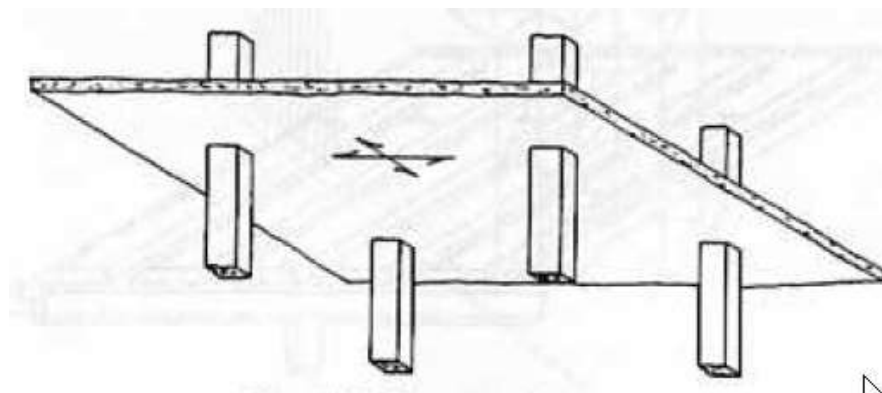
Konstruktivna visina
betonskih
greda u odnosu na raspon L :
 $L/20$ do $L/15$



Betonske međukatne konstrukcije

Ploče nosive u dva smjera

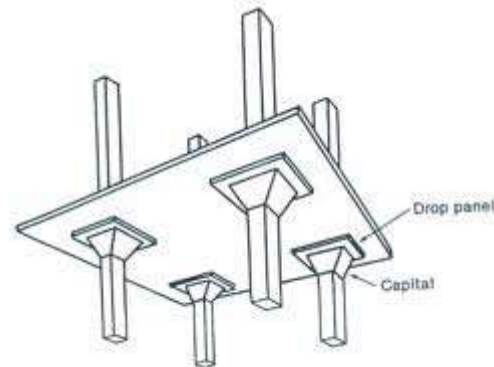
- Ploča stalne debljine armirana na nošenje u dva smjera oslanja se na pojedinačne stupove ili uske zidove
- Armirani beton: raspon do cca 7,5 metara, s prednapinjanjem do 11 m
- Glavna prednost: jednostavan oblik, povoljan za postavljanje oplata i armiranje
- Omogućuje slobodu u razmješčaju oslonaca
- Posljedica odsustva greda: manja visina kata, slobodan prolaz instalacija



Betonske međukatne konstrukcije

Ploče s kapitelima nosive u dva smjera

- Kapiteli stupova ili podebljanja ploče uz stupove (drop panels) reduciraju problem proboja ploče povećavajući posmičnu nosivost
- Podebljanja dodatno povećavaju visinu uz oslonce, povećavajući mogućnost prijenosa negativnih momenata
- Povoljno za veća opterećenja i/ili veće raspone u odnosu na ploču jednolike debljine
- Moguće uštede armature
- Najčešće se koristi kod kvadratnih ili približno kvadratnih rastera

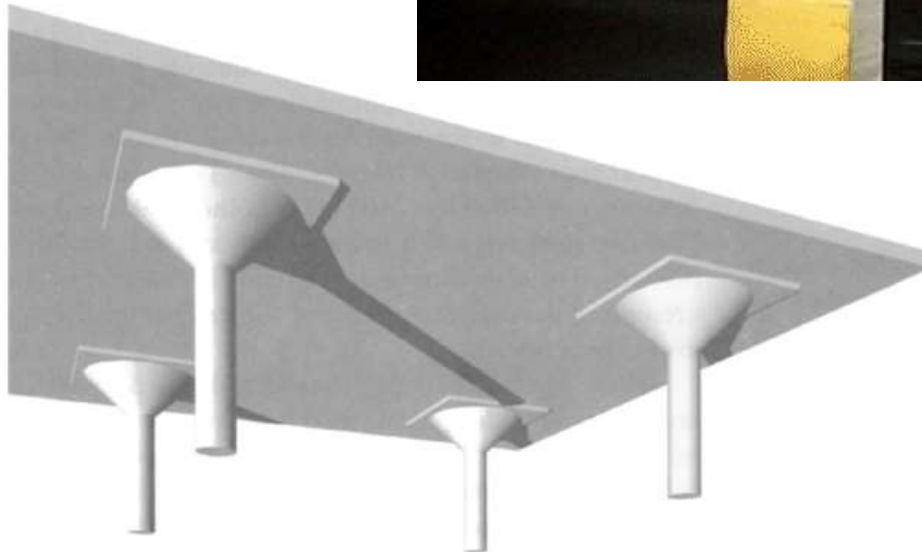


Ploče s kapitelima nosive u dva smjera

- podebljanja ploče
uz stupove (drop panels)

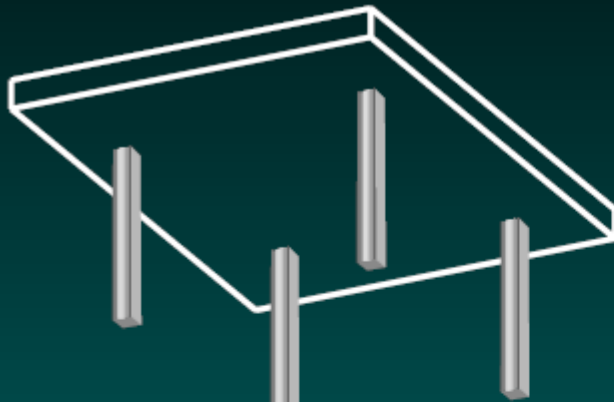


- kapiteli

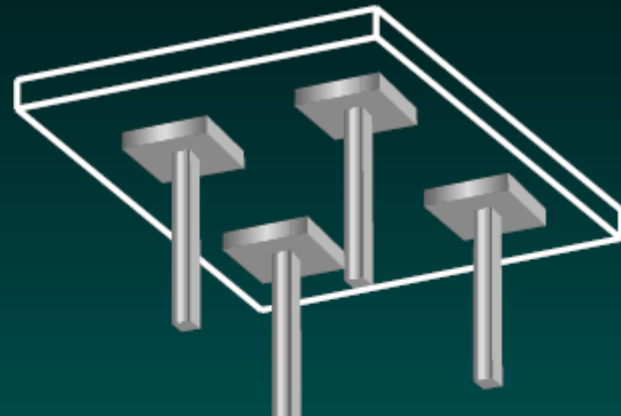


Ploče nosive u dva smjera

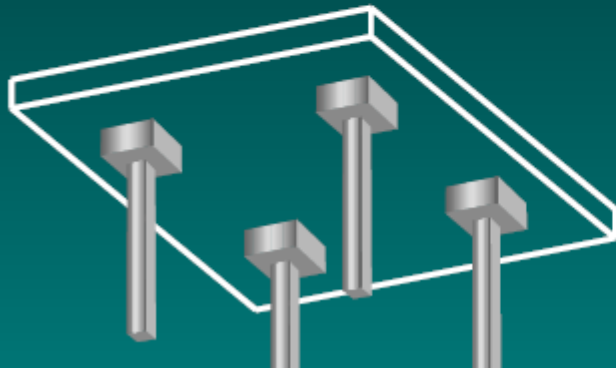
- podjela ploča prati odabir zasnovan na rasponima i opterećenju



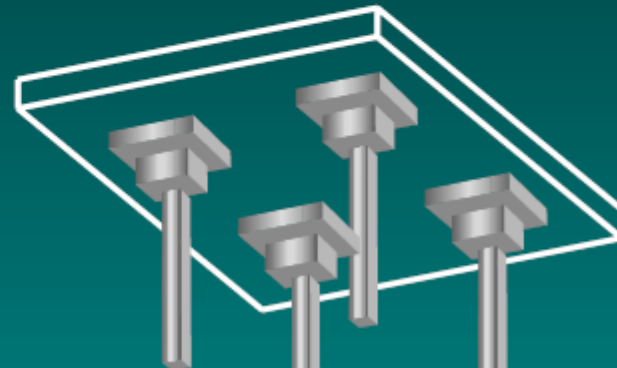
Ploča



Ploča s panelima (drop panels)



Ploča s kapitelima



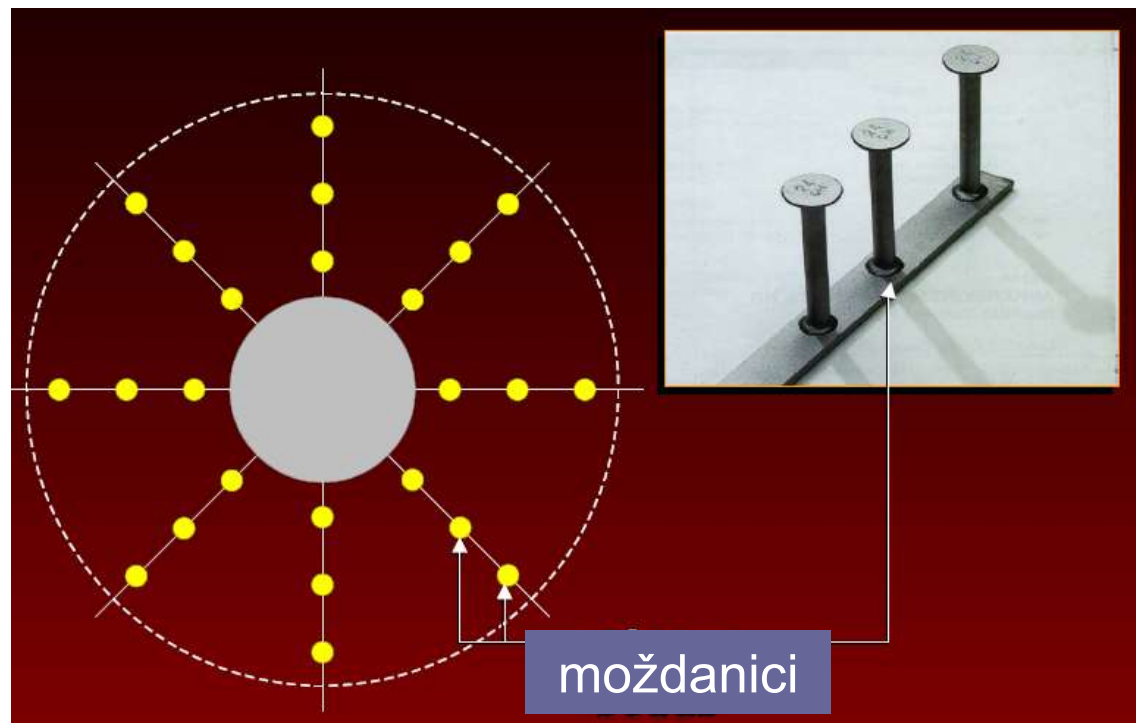
Ploča s panelima i kapitelima

Ploče nosive u dva smjera

- Mjerodavna razmatranja kod odabira tipa ploče:
 - Progibi i pukotine
 - proboj
- Osiguranje ploče na proboj nad stupovima ili zidovima bez podebljanja:

Dodatna posmična armatura

Moždanici



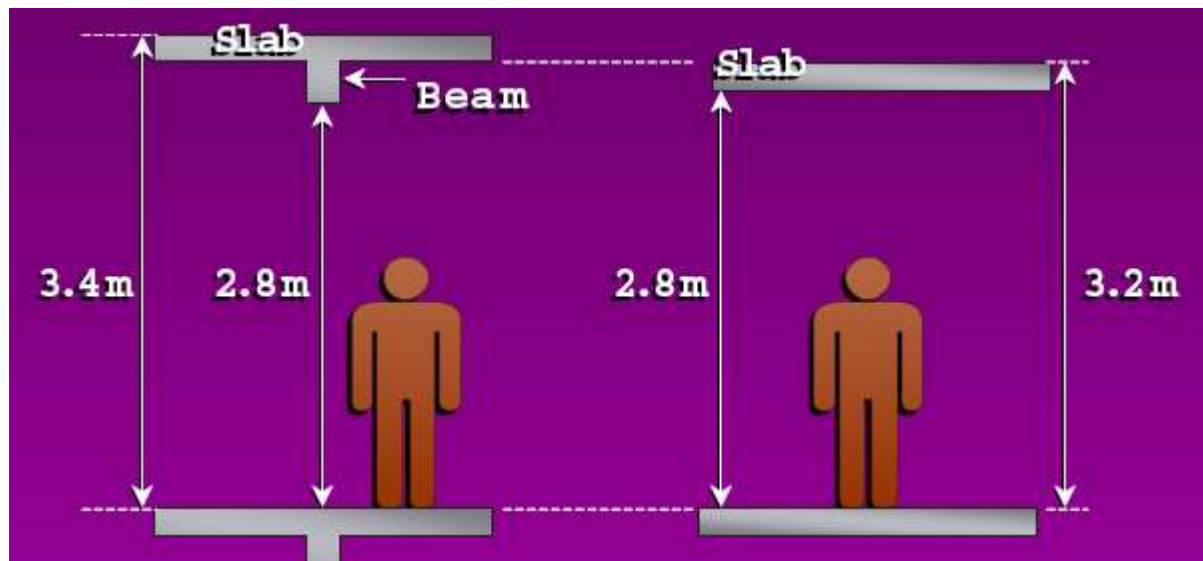
Ploče nosive u dva smjera – prednosti s arhitektonskog motrišta

- Fleksibilnost u pregrađivanju unutarnjeg prostora
- Ušteda na konstrukcijskoj visini
- Brža gradnja – jednostavnija oplata u odnosu na sustav s gredama
- Lakše provođenje instalacija
- Armiranje zavarenim mrežama
- Moguće izbjeći spuštene strop



Ploče nosive u dva smjera

Prednosti: ušteda na konstrukcijskoj visini



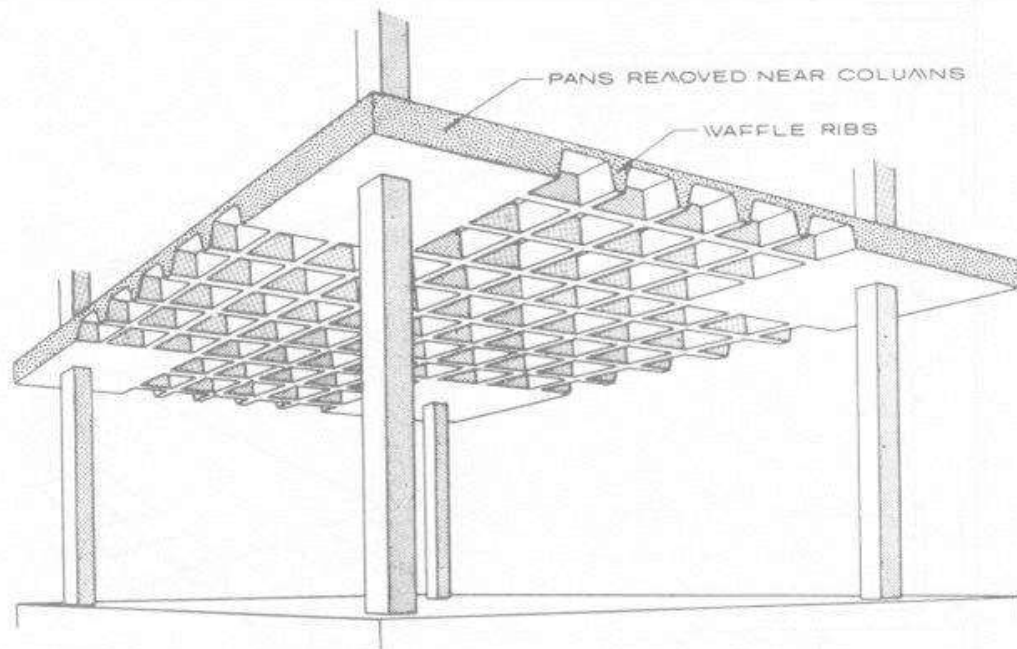
Ravne ploče omogućuju korištenje
oplate velikih ploha – veća produktivnost



Betonske međukatne konstrukcije

Kasetirana ploča

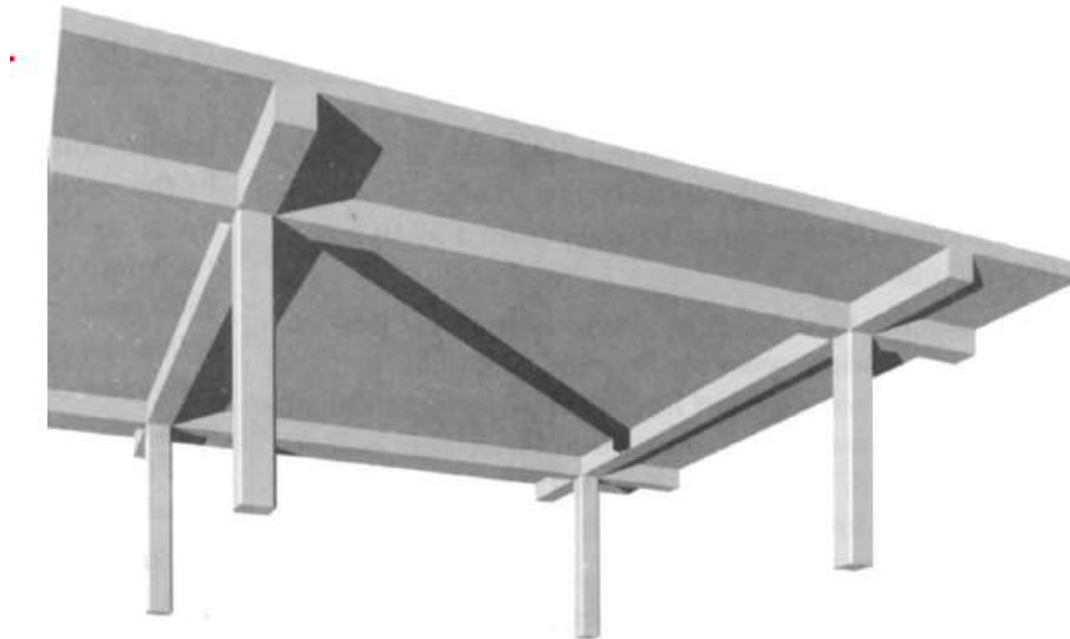
- Tanka ploča poduprta je kvadratnom mrežom gredica
- Pri izvedbi ploča i grede formiraju se zajedno, na oplati s kasetama
- Uz stupove kasete se izostavljaju, zbog proboja
- Maksimalne izmjere kasete: do 75 cm duljine/širine, do 50 cm dubine
- Zanimljiv izgled stropa koji se koristi bez podkonstrukcije



Betonske međukatne konstrukcije

Ploče s gredama nosive u dva smjera

- Ortogonalno postavljene grede prenose opterećenje na stupove ili zidove
- Ekonomičan sustav po pitanju utroška betona i armature
- Može se neposredno uklopiti u glavni nosivi sustav
- Ponavljanje: najveći omjer širine prema duljini ploče da bi bila nosiva u dva smjera je 1:2



Betonske međukatne konstrukcije

Opterećenja u izvedbi – skela i oplata

- Kritično za brzinu izvedbe:

Rane čvrstoće betona

Postavljanje skele i oplata

- Beton: moguće postići 70% nominalne tlačne čvrstoće nakon 1 ili 2 dana od betoniranja
- Alternativa:
korištenje 2 seta oplata



Betonske međukatne konstrukcije – Burj Dubai



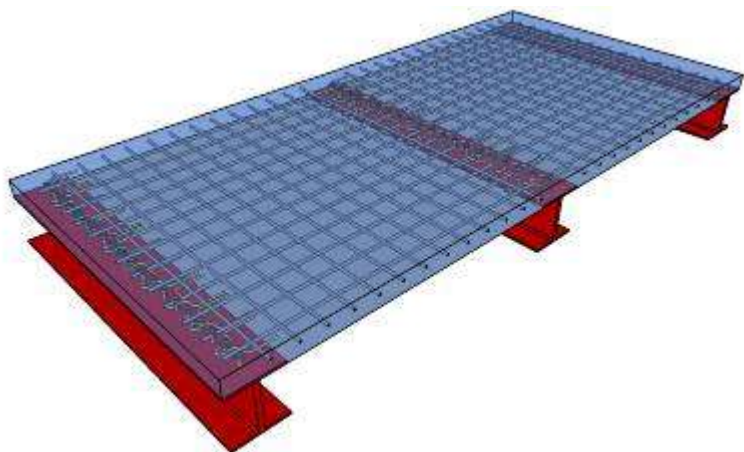
Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

- Sastoje se od čeličnih nosača koji podupiru betonsku ploču a sami se oslanjaju na vertikalnu konstrukciju zgrade
- Konstruktivna visina čeličnih greda u odnosu na raspon L : $L/30$ do $L/15$
- Nespregnuti sustav: ploča nosi sama za sebe, bez krute veze s čeličnim nosačima
- 2 osnovne inačice ploče: na metalnoj podlozi (čelični lim) ili bez nje



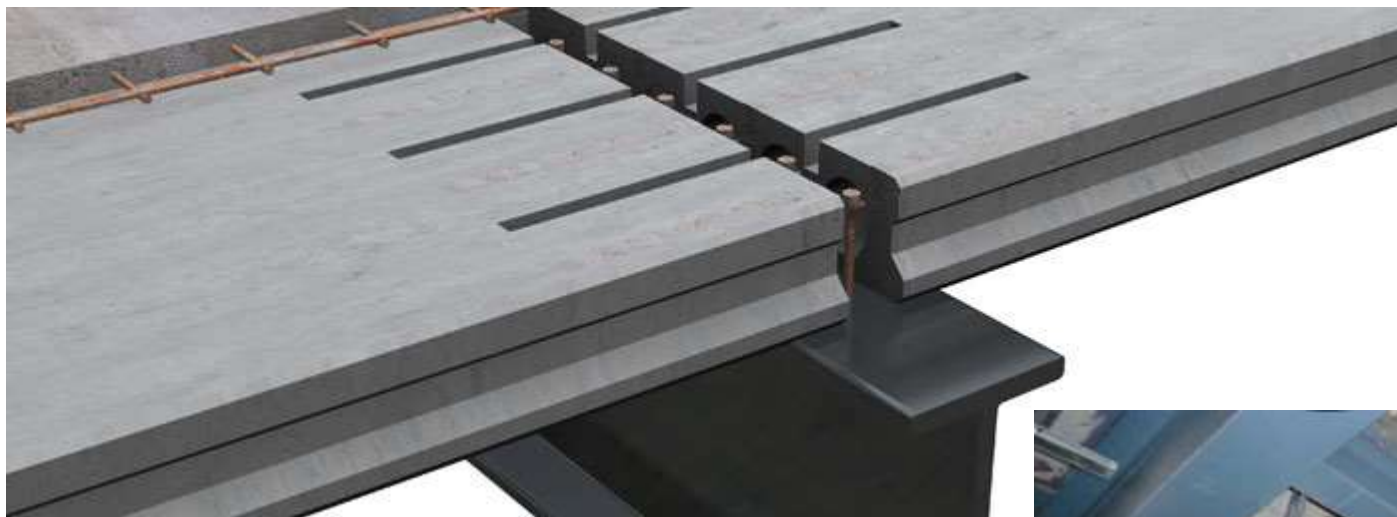
Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

- Betonska ploča bez podloge: obično nosiva u jednom smjeru, debljine 10 do 18 cm
- Betonska ploča na limenoj podlozi: minimalno 5 do 6 cm
- Glavna odrednica dimenzioniranja čeličnog nosivog sustava: težina betonske stropne ploče
- Nastoje se postići manji rasponi s tankom pločom povrh nosača
- Pri optimalizaciji varira se razmak nosača, njihov raspon i debljina ploče



Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

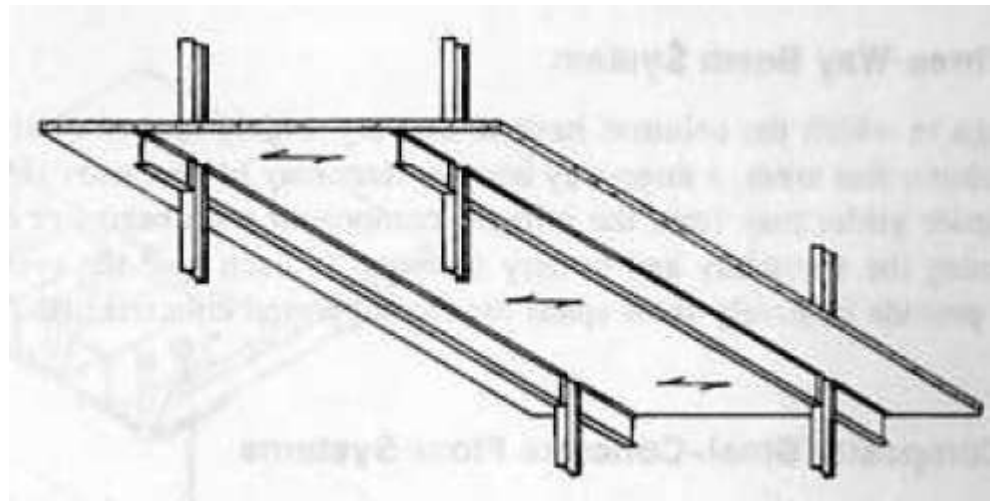
- Varijanta: betonski predgotovljeni elementi na čeličnim nosačima monolitizirani tankim veznim slojem betona povrh



Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

Sustav nosiv u jednom smjeru

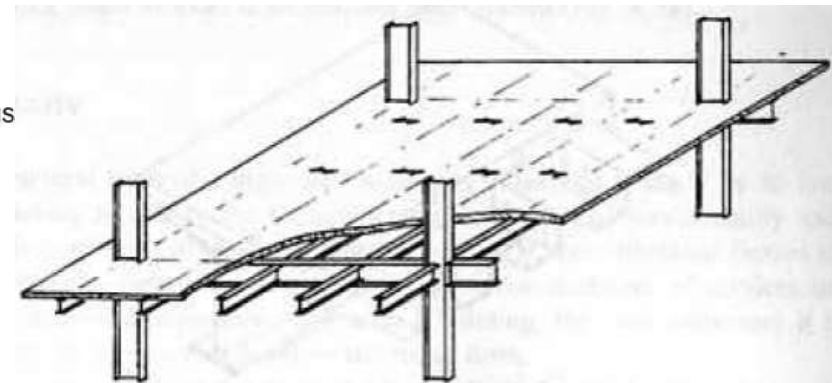
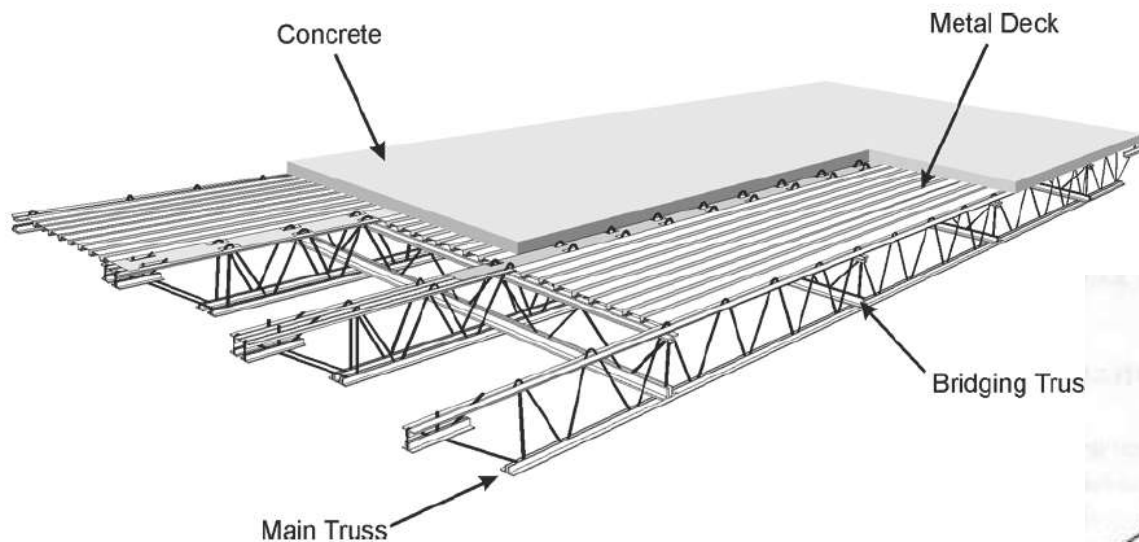
- Pravokutna mreža stupova podupire skupine paralelnih greda na relativno malom razmaku
- Betonska ploča nosi na rasponu jednakom razmaku greda
- Kod okvirnih konstrukcija grede neposredno oslonjene na stupove mogu biti ojačane za sudjelovanje u prijenosu primarnih opterećenja



Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

Sustav nosiv u dva smjera

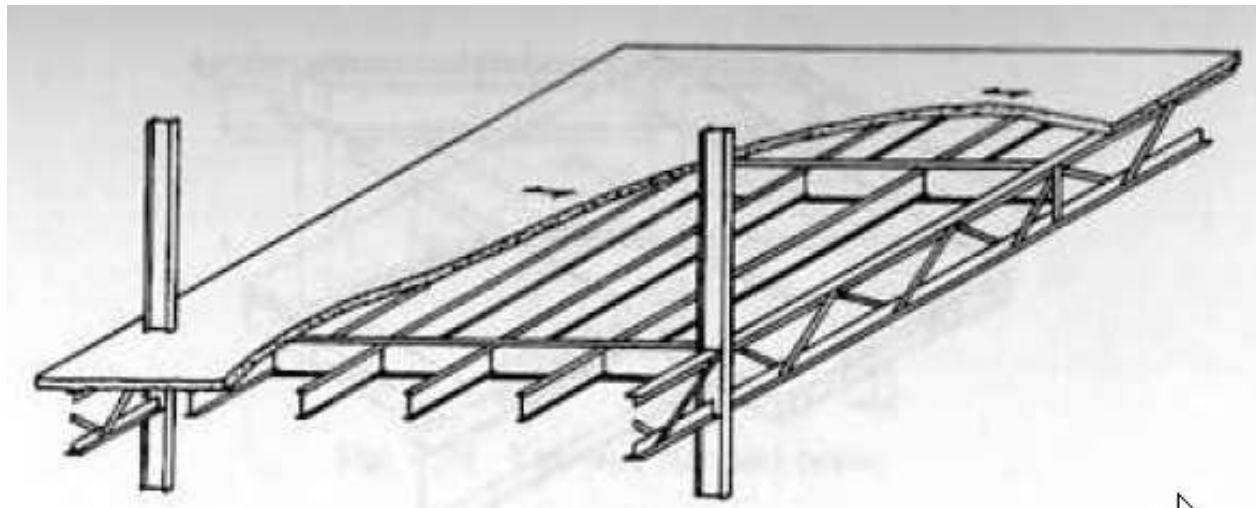
- Ako su nosivi stupovi udaljeniji u oba smjera, formira se horizontalni okvirni sklop od grednih nosača s pločom povrh, koja nosi na razmacima nosača
- Da bi se visina okvira smanjila, više opterećeni nosači postavljaju se u kraćem rasponu, a manje opterećeni na duljim rasponima



Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

Sustav s tri glavna smjera

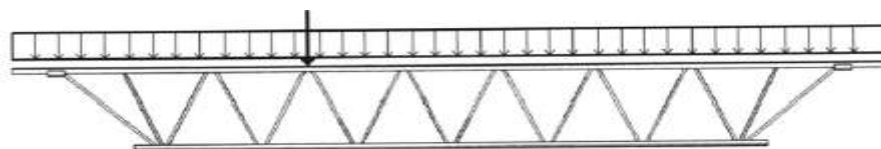
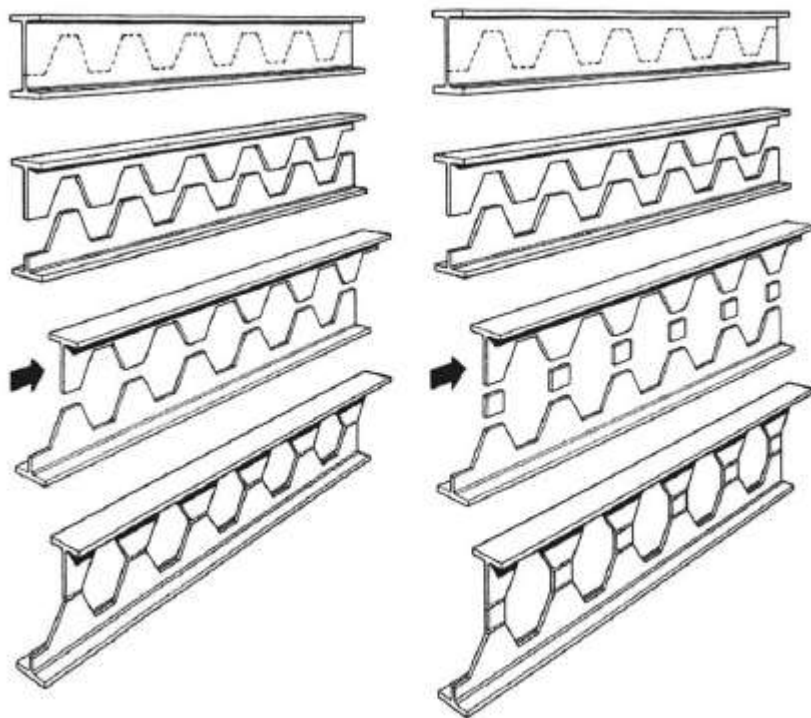
- Sustav se koristi u zgradama u kojima se zahtijeva vrlo velik razmak stupova
- Formiraju se tri glavne nosive linije nosača
- Primarni nosači mogu biti rešetkasti, dok su sekundarni i tercijarni nosači I presjeka
- Nastoji se ostvariti mali raspon na kojem nosi ploča



Čelični sustavi međukatnih konstrukcija

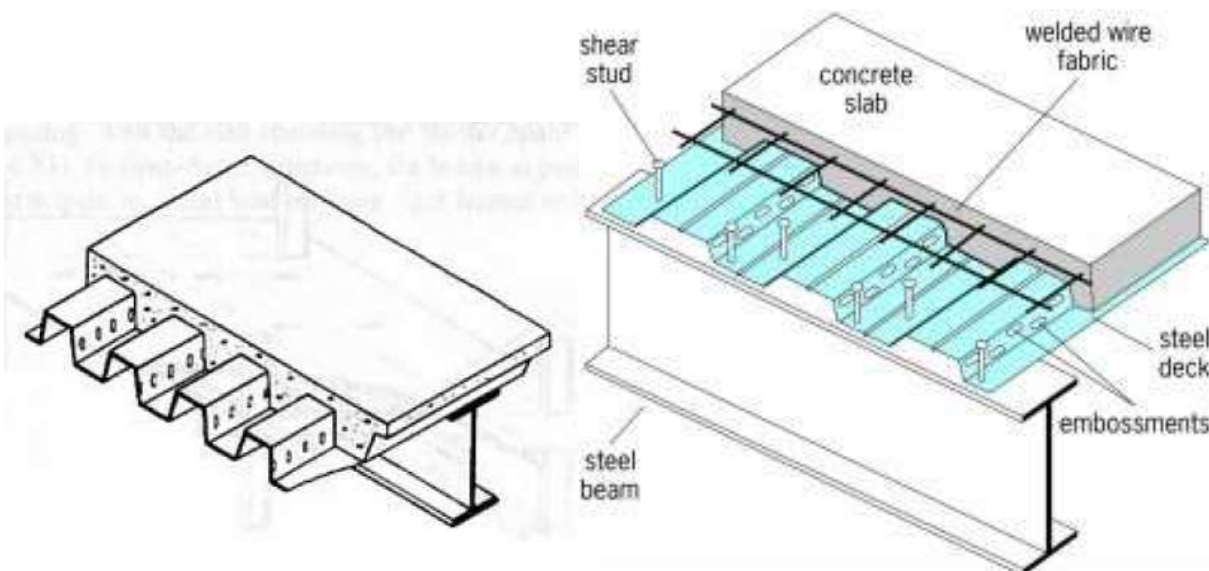
Servisne etaže

- U načelu kod visokih zgrada preferiramo ujednačen nosivi sustav po visini
- Servisne etaže imaju drugačije funkcionalne zahtjeve od iskoristivih etaža
- Teška oprema velikih dimenzija, ponekad u kombinaciji s većom visinom etaže



Spregnuti sustavi međukatnih konstrukcija

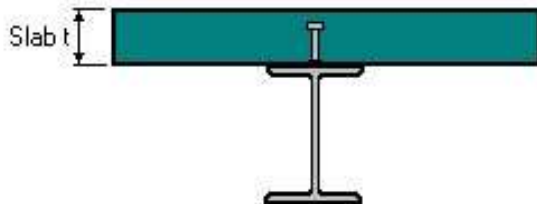
- sprezanje čeličnog i betonskog elementa: povezivanje moždanicima koji prenose posmik, tako da ploča djeluje kao gornja pojasnica čeličnog nosača
- varijanta: čelični pokrov (lim) nad nosačima služi kao izgubljena oplata pri izvedbi, a istake na limu osiguravaju posmičnu vezu s očvrslim betonom
- Prednost: veća horizontalna krutost (bolji učinak dijafragme)



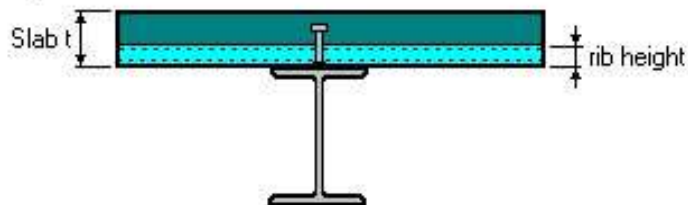
Spregnuti sustavi međukatnih konstrukcija

- uobičajeno povezivanje ploče i grede moždanicima: sama betonska ploča nosi u smjeru okomito na gredu, a u uzdužnom smjeru čeličnog nosača beton i čelik povezuju se u spregnuti presjek
- varijanta: betonska ploča na limenoj podlozi s klasičnim moždanicima

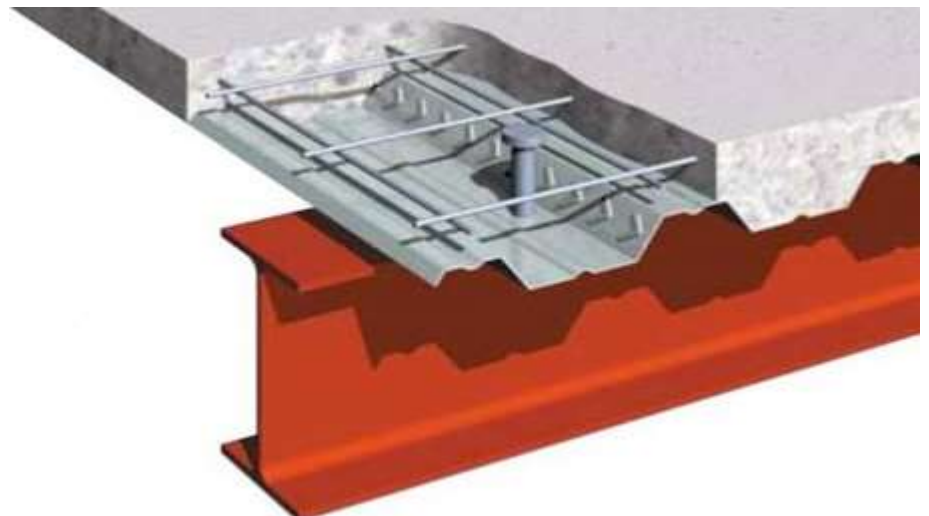
No Metal Deck:



Perpendicular Deck:

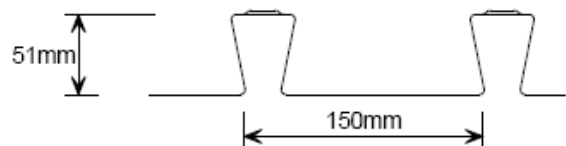


Parallel Deck:

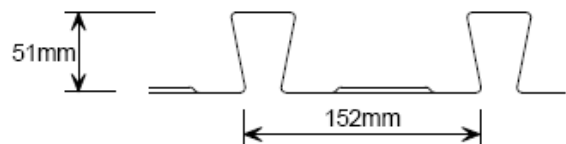


Spregnuti sustavi međukatnih konstrukcija

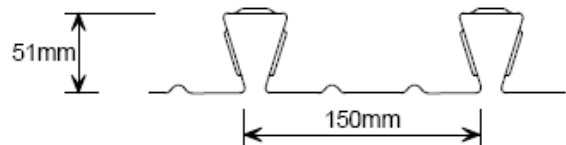
- Oblikovanje limenih podloga (trapeznih profila)



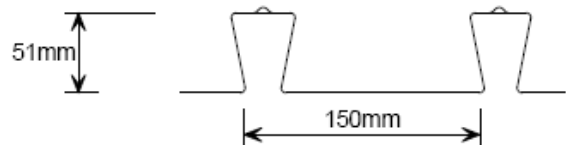
Holorib 1



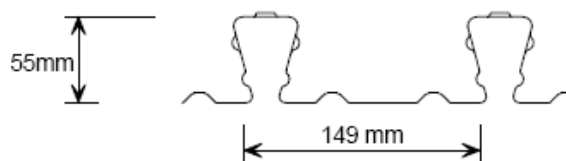
ComFlor 2



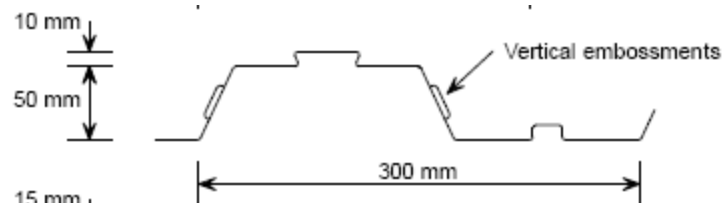
Multideck 50 3



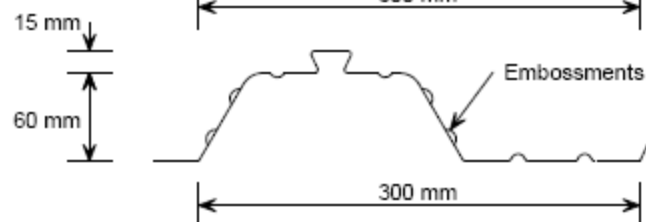
R51 4



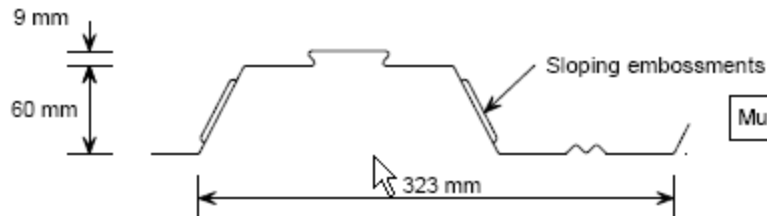
MetFloor 55 5



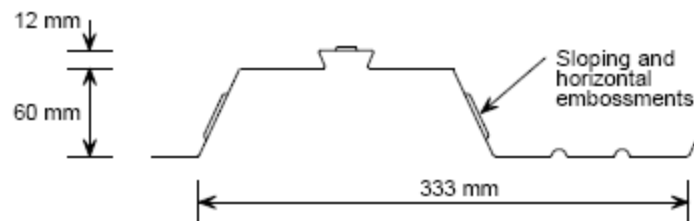
Ribdeck AL 1



ComFlor 60 2



Multideck 60 3



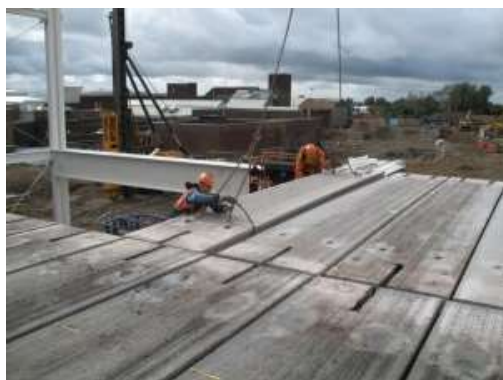
TR60 4



MetFloor 60 5

Prednapeti sustavi međukatnih konstrukcija

- Varijante: montažni elementi s posmičnim spojem (shear key)
- Montažni elementi monolitizirani dobetoniranom pločom povrh
- Montažni (predgotovljeni) elementi najčešće prednapeti na stazi
- Izvedba na mjestu – kabelsko prednapinjanje
- Često u kombinaciji sa čelikom – spregnuta izvedba



Prednapeti sustavi međukatnih konstrukcija

- Primjer: izmjere i rasponi montažnih elemenata jednog proizvođača

Slab Profiles

150mm Floor

UngROUTed Weight 240Kg/m²

Grouted Weight 250Kg/m²



150mm Dense Floor

UngROUTed Weight 295Kg/m²

Grouted Weight 305Kg/m²



200mm Floor

UngROUTed Weight 290Kg/m²

Grouted Weight 305Kg/m²



250mm Floor

UngROUTed Weight 340Kg/m²

Grouted Weight 355Kg/m²



Clear Span Meters	Standard 150mm	Dense 150mm	Standard 200mm	Standard 250mm
3.0	33.0	30.8	37.5	39.1
3.5	23.9	22.1	31.5	32.8
4.0	18.0	16.4	26.4	28.9
4.5	13.9	12.5	21.9	24.5
5.0	10.9	9.6	17.4	22.4
5.5	8.7	7.5	14.0	19.0
6.0	7.1	5.9	11.5	17.5
6.5	5.8	4.7	9.5	15.3
7.0	4.7	3.6	7.9	12.8
7.5	3.9	2.8	6.6	10.9
8.0	3.2	2	5.5	9.2
8.5			4.6	7.9
9.0			3.9	6.8
9.5				5.8
10.0				5.0
10.5				4.3
11.0				3.7

Posebni zahtjevi na međukatne konstrukcije

- otpornost na požar
 - akustična svojstva – prijenos zvuka
 - prigušenje vibracija
 - termalna svojstva
-
- načelno: masivni betonski stropovi pokazuju određene prednosti u pogledu zahtjeva uporabe



Otpornost na požar (fire resistance)

Jedna od temeljnih značajki građevine je otpornost na požar, što znači da se

- u slučaju požara mora očuvati nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena,
- ograničiti nastanak vatre i dima unutar građevine,
- ograničiti širenje vatre na susjedne građevine i
- omogućiti da osobe mogu neozlijeđene napustiti građevinu.

Međukatna konstrukcija sprečava širenje požara između etaža, što znači da mora zadovoljiti određenu klasu otpornosti na požar.

Klasu zapravo definira vrijeme tijekom kojeg pasivni sustav zaštite odolijeva ispitivanju na požar (zadovoljava određene kriterije funkcionalnosti pod požarnim opterećenjem).

Razmatranja požarne otpornosti izlaze iz okvira ovog priručnika, međutim ih treba spomenuti jer će u određenoj fazi projektiranja postaviti pred konstruktora dodatne zadatke.

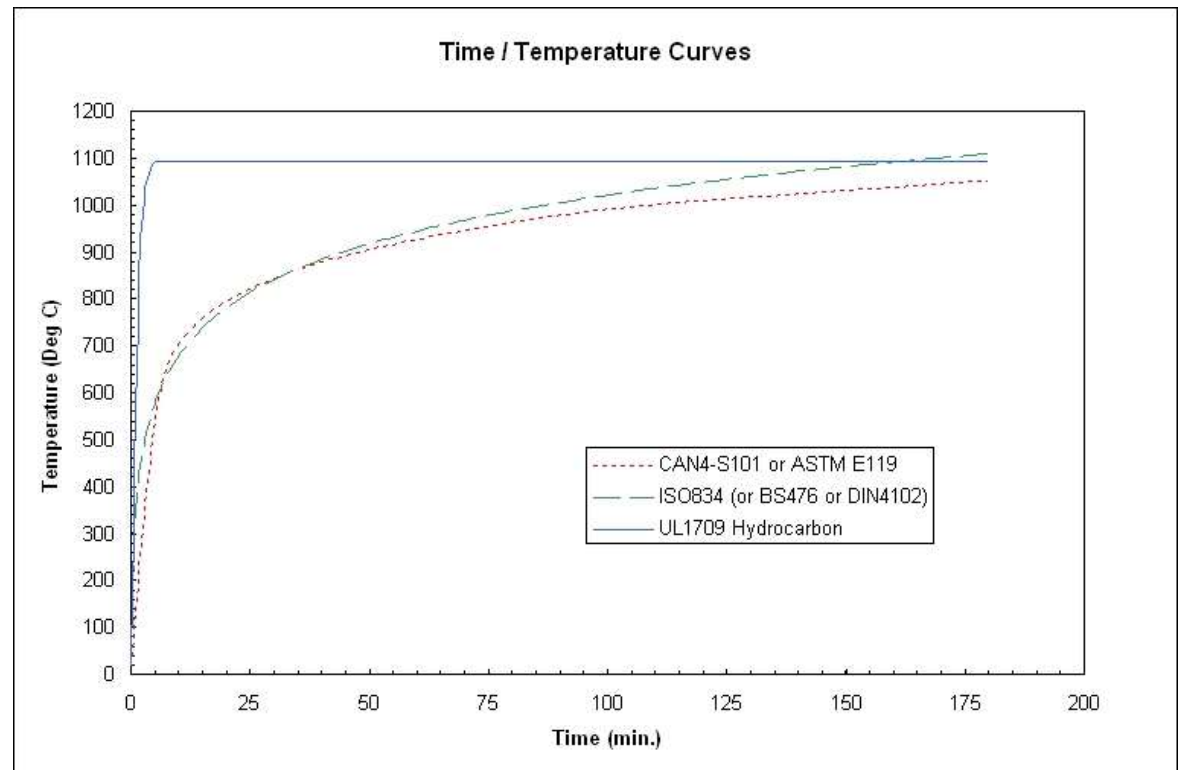
Otpornost na požar (fire resistance)

- jedna od bitnih značajki građevine (prva je mehanička otpornost i stabilnost)
- Međukatna konstrukcija sprečava širenje požara između etaža
- Zahtjevi na otpornost ovise o namjeni i visini (katnosti) zgrade
- Tipično: 60 do 120 minuta
- Tipična zaštita: vatrootporna obloga čeličnih elemenata
- Alternativno: ojačavanje čelični elemenata



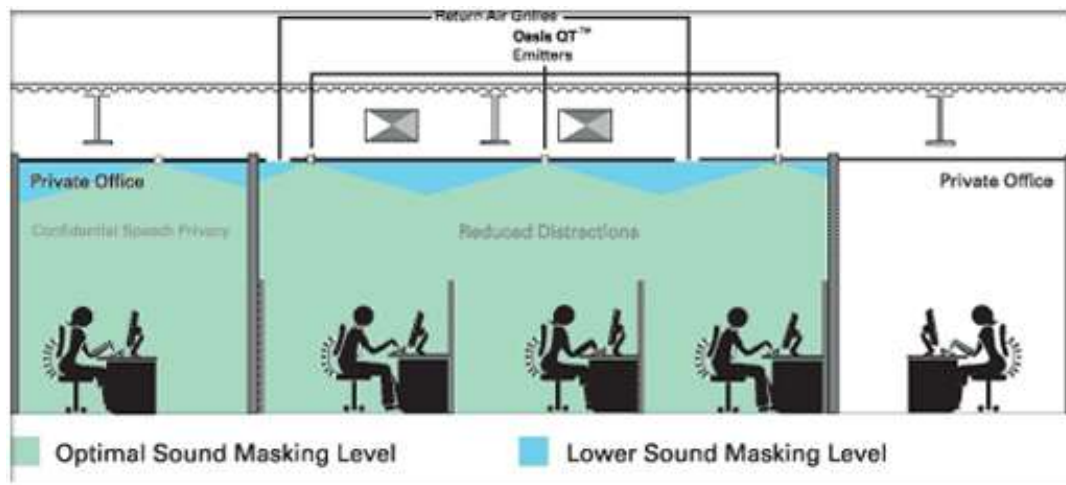
Otpornost na požar (fire resistance)

- Sustav međukatne konstrukcije mora biti projektiran i izveden na način da jamči dostatnu otpornost na požar
- Krivulje vrijeme/temperatura koriste se kod ispitivanja otpornosti na požar pasivnih sustava zaštite



Akustika zgrade

- Spregnute međukatne konstrukcije doživjele su procvat u gradnji uredskih zgrada potkraj prošlog stoljeća, ali je njihovo korištenje za stambene zgrade problematično radi problema prijenosa zvuka
- Za prijenos zvuka zrakom izolacija se lakše postiže kod masivnih međukatnih konstrukcija
- Kod izoliranja udarnog zvuka korisno je izbjeći krute spojeve međukatne konstrukcije
- Potrebno je pažljivo konstruirati detalje – spojeve kako bi se izbjegla pojava obilaznog širenja zvuka kroz konstrukciju

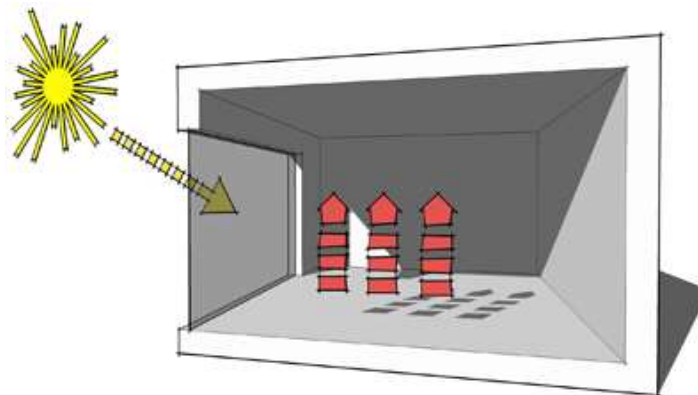
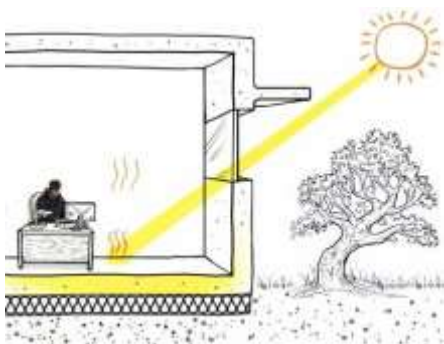


Akustika zgrade

- Prijenos zvuka zrakom: izvor buke u jednoj sobi šalje valove zračnog pritiska koji uzrokuju vibracije na drugoj strani međukatne konstrukcije
- Konstruktivna izolacija postaje važan faktor pri projektiranju tipa konstrukcije
- Najučinkovitiji način izolacije: dodavanje mase u konstrukciju
- Prijenos udarnog zvuka: izvor je udarac na jednoj strani međukatne konstrukcije, koja prenosi zvuk na dugu stranu (npr. koraci u sobi iznad čuju se u nižoj sobi).
- Obilazni prijenos zvuka: kompleksan način prijenosa, javlja se u npr. čeličnim okvirima, gdje zvuk prolazi elementima glavne konstrukcije, premda međukatni sklop pruža dobru izolaciju

Energetska (termalna) učinkovitost

- Termalna učinkovitost (ušteda energije) može se postići izvedbom masivnih međukatnih konstrukcija
- Masivni element apsorbira toplinu tijekom dana te je otpušta tijekom noći, najbolje uz pomoć prirodne ventilacije
- Stropne ploče mogu biti konstruirane s kanalima za vodu za hlađenje kako bi se pospješilo rješavanje viška topline
- Toplinska svojstva poboljšavaju se ako je masivna konstrukcija izložena – spuštteni stropovi poništavaju pozitivan učinak
- Masivna struktura može apsorbirati mnogo topline, ali postaje problem kod zagrijavanja jer apsorbira mnogo topline pa ju je teško zagrijati – traži se ravnoteža suprotstavljenih zahtjeva kako bi se optimalno udovoljilo uporabnim zahtjevima



Krutost međukatne konstrukcije

- Krutost je preduvjet kako bi se međukatna konstrukcija ponašala korektno u dinamičkom smislu (ovaj put radi se o udobnosti korisnika a ne o seizmičkim svojstvima zgrade)
- Složen problem: kako pod odgovara na pobudu u smislu akceleracije (dominantni parametri su masa i krutost)
- Zahtjevi na ponašanje poda – međukatne konstrukcije ovise o namjeni građevine ili prostorije (neke namjene toleriraju pomake poda)

Zbrinjavanje – rušenje nakon uporabe

- Posljednjih godina zbrinjavanje – rušenje građevine nakon kraja njezinog vijeka uporabe postaje pitanje o kojem se sve više raspravlja
- Mogućnost zbrinjavanja dijelova građevine na način da se ponovo iskoriste i ugrade u novu zgradu vrlo je atraktivna s motrišta održivog razvoja
- pitanje za budućnost?



Projektiranje međukatne konstrukcije – ulazni parametri

1. Utvrdi raspored stupova i greda glavnog sklopa
2. Utvrdi poziciju vanjskih rubova međukatne konstrukcije
3. Odredi uporabna opterećenja, uključujući privremena i dinamička
4. Odredi stalna opterećenja – pregradne zidove i sl.
5. Odredi razdoblje otpornosti na požar
6. Odredi ograničenje visine konstrukcije
7. Odredi ograničenje na masu sklopa radi akustike
8. Odredi lokacije prodora
9. Utvrdi zahtjeve na izgled podgleda sklopa
10. Utvrdi zahtjeve na nosače instalacija
11. Utvrdi zahtjeve na nosače fasade
12. Odredi tolerancije izvedbe
13. Odredi granice dopuštenih progiba
14. Doznaj posebne zahtjeve – ograničenja vezane uz gradilište



Zaključno

- Međukatna konstrukcija čini oko 20% ukupne mase konstrukcije visoke građevine
- Osim utroška gradiva i konstruktivnih prednosti, odabir sustava ovisi o brzini izgradnje
- Optimalizira se:
 - Omjer visine i raspona konstruktivnih elemenata
 - Razmak greda
 - Debljina ploče
 - Tip sklopa



