



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.

TEHNOLOGIJA STROPNIH PLOČA NA PRIMJERU GRAĐEVINE „Max Stoja“ U PULI

Krešimir Tarnik, dipl.ing.građ.

- Krešimir Tarnik, dipl.ing.građ., U.O.I.G. Krešimir Tarnik, Zagreb, Hrvatska,
- Predrag Presečki, dipl.ing.građ., BBR Adria d.o.o. Zagreb, Hrvatska,
- Valentino Obajdin, mag.ing.aedif., U.O.I.G. Krešimir Tarnik, Zagreb, Hrvatska

UVOD

- Veliki trgovački centar Max City građen je od srpnja 2017 g. do studenog 2018 g. unutar napuštenog kamenoloma (Stoja) u Puli. Proteže se na 74.000 m² brutto površine. Sastoji se od 6 nadzemnih etaža od kojih su gornje tri etaže tržni prostori s površinom od 30.000 m², a ostatak (donje etaže) parkirne površine. Tlocrtna dimenzija građevine u dužem smjeru je 200 m, a u kraćem varira između 40 i 80 m širine. Trajna dilatacija dijeli građevinu po dužoj dimenziji na dva dijela.
- U osnovnom projektu stropna konstrukcija bila je predviđena kao klasična monolitna. Na inicijativu izvođača i investitora, stropna konstrukcija je promijenjena u naknadno prednapetu ploču (u daljnjem tekstu PT ploča) koja se pokazala bržom u gradnji te jeftinijom i racionalnijom.





Slika prikazuje gradilište trgovačkog centra "Max Stoja " u Puli

- Pretežiti rasponi između stupova su $8 \times 8,7$ m i $8 \times 12,7$ m. PT ploče su konstantne debljine 24 cm na poljima $8 \times 8,7$ m, a debljine 30 cm u zoni polja $8 \times 12,7$ m. Sve PT ploče s pravilnim ritmom oslanjanja izvedene su bez greda i kapitela.

- Objekt je izveden po projektu kojeg je izradio Intergrated design by ATP architects & enigneers iz Beča
- Projekt etažnih ploča izradio Ured Ovlaštenog Inženjera Građevinarstva Krešimir Tarnik iz Zagreba s projektantima Krešimir Tarnik, d.i.g., Predrag Presečki, d.i.g. i Valentino Obajdin, Mag.Ing.Aedif .

Ključne riječi: naknadno prednapinjanje, stropne ploče velikih raspona, racionalna konstrukcija





Prva prednapeta ploča na gradilištu "Max Stoja"

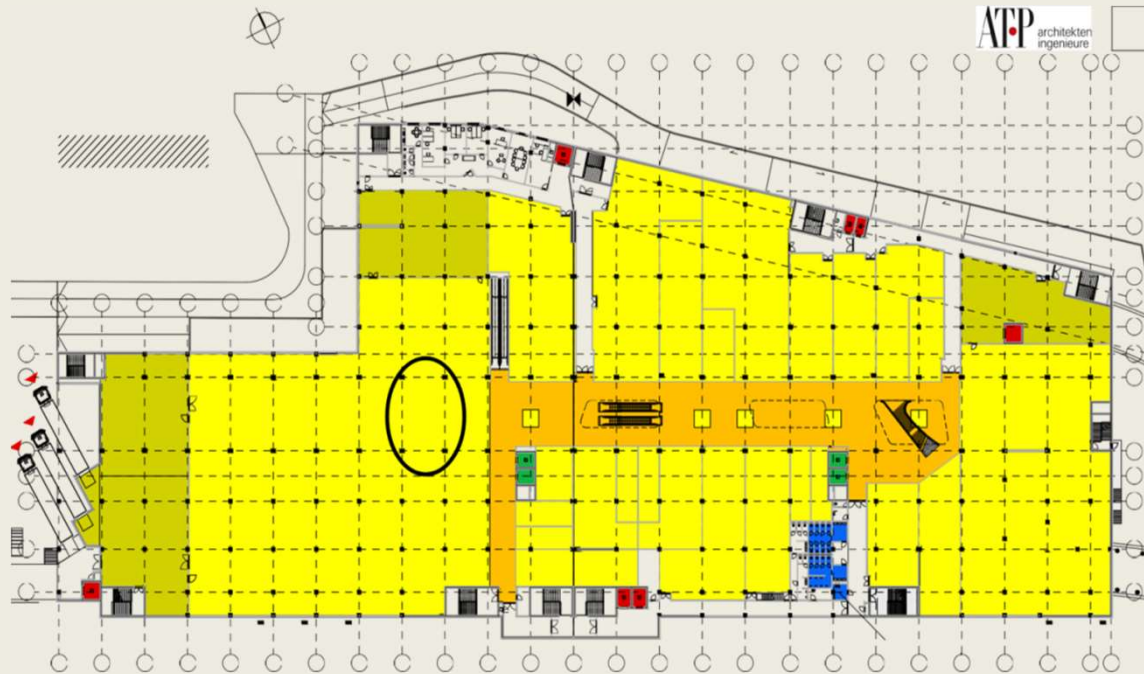


Slobodno vođenje kabela

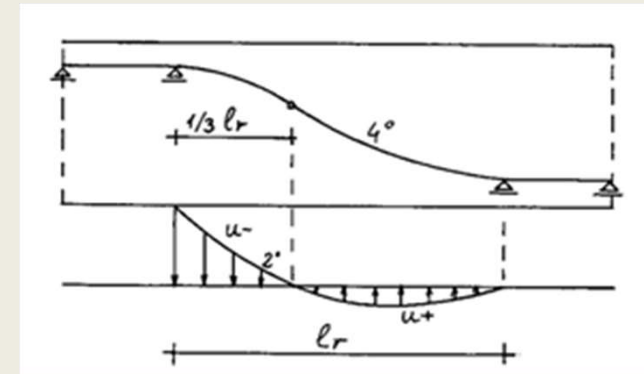
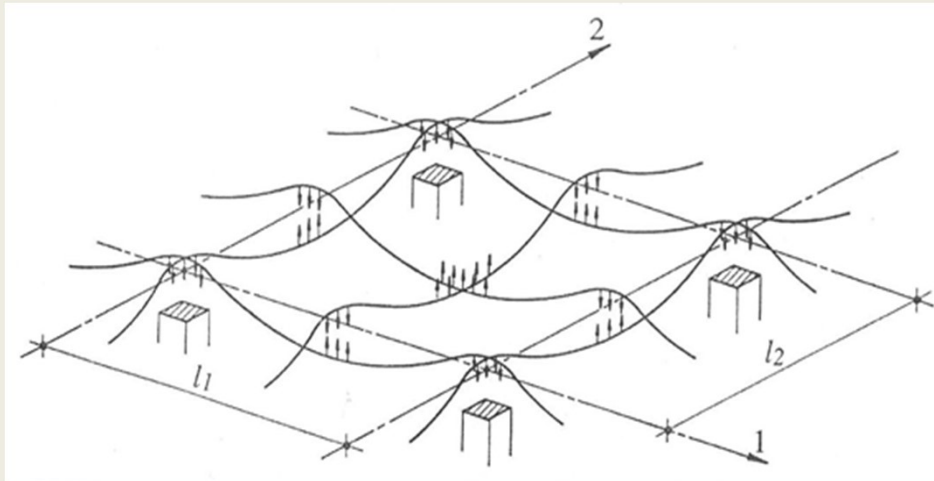
- Na kao glavno rješenje odabrali smo slobodno vođenje kablova koje je primjenjiva i dokazana tehnologija s unboneded kablovima (u masti) na mnogim projektima
- Kabel se prema svojoj krutosti iz gornje točke pridržanja do donje pod svojom težinom oblikuje po zakonu parabole četvrtog stupnja sa infleksijom na trećini zone zakrivljenja
- Svaka od ploča imala je još jednu široku radnu rešku koja je dodatno dijelila svaki dilatirani tlocrt na još dva radna segmenta. Rešku smo predvidjeli zbog smanjenja utjecaja skupljanja.



- Dokaz ekonomske koristi proveden je na segmentu ploče s naknadno prednapetom AB stropnom pločom raspona 12,7 metara te usporedba sa rješenjem u klasičnoj monolitnoj varijanti

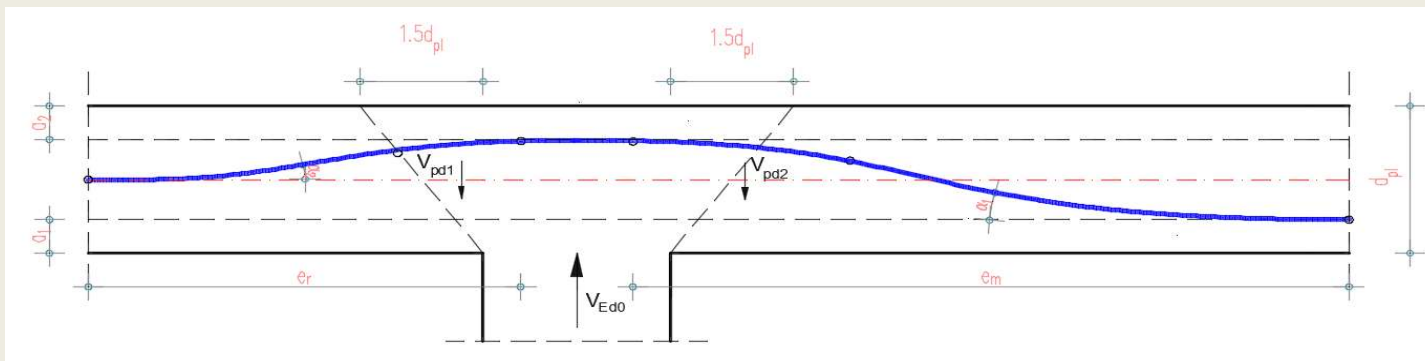


*Tlocrt druge etaže,
zaokruženi promatrani
segment (max. raspon 12,7
m)*

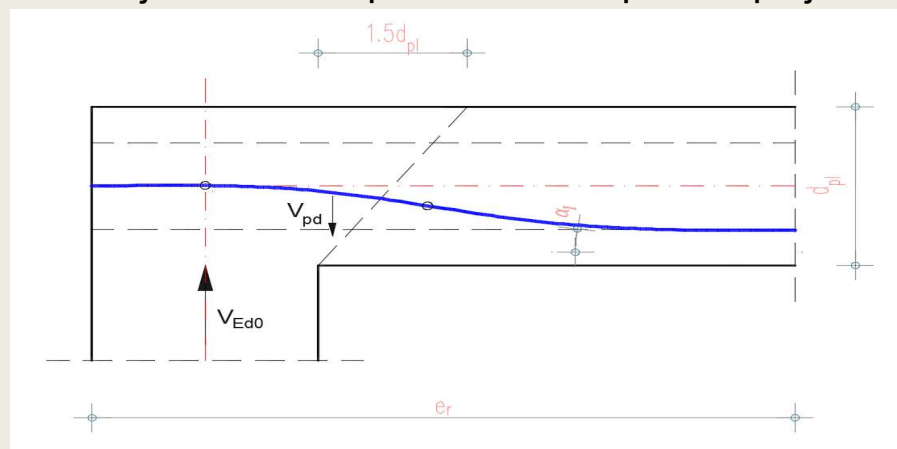


Smjerovi skretnih sila tipičnog vođenja kabela u srednjim poljima ploče oslonjene samo na stupove (bez greda) te skica koncepta slobodnog vođenja kabela i skretnih sila koje kablo izaziva

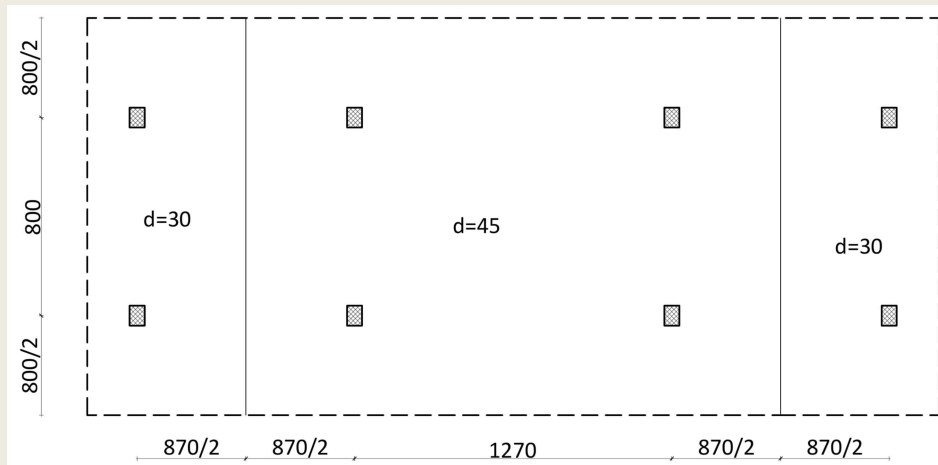




Karakteristično vođenje kablova u ploči iznad stupova u polju...

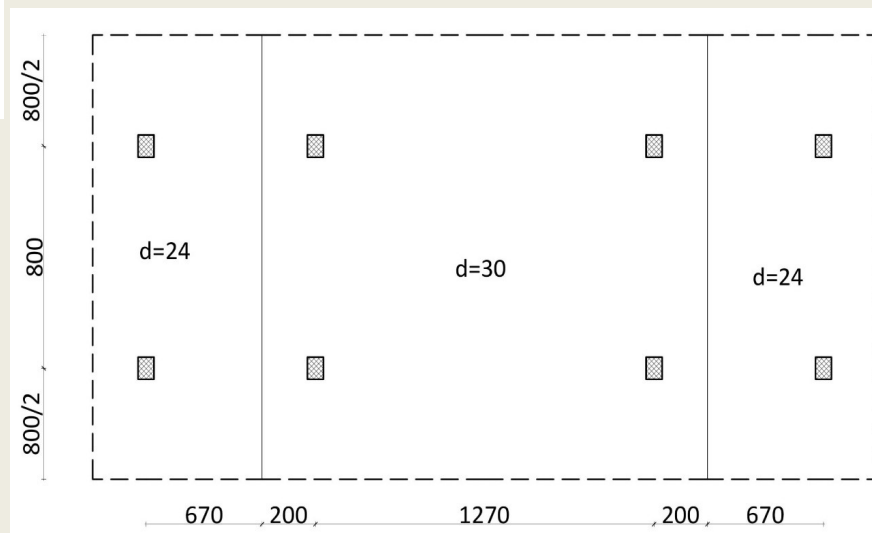


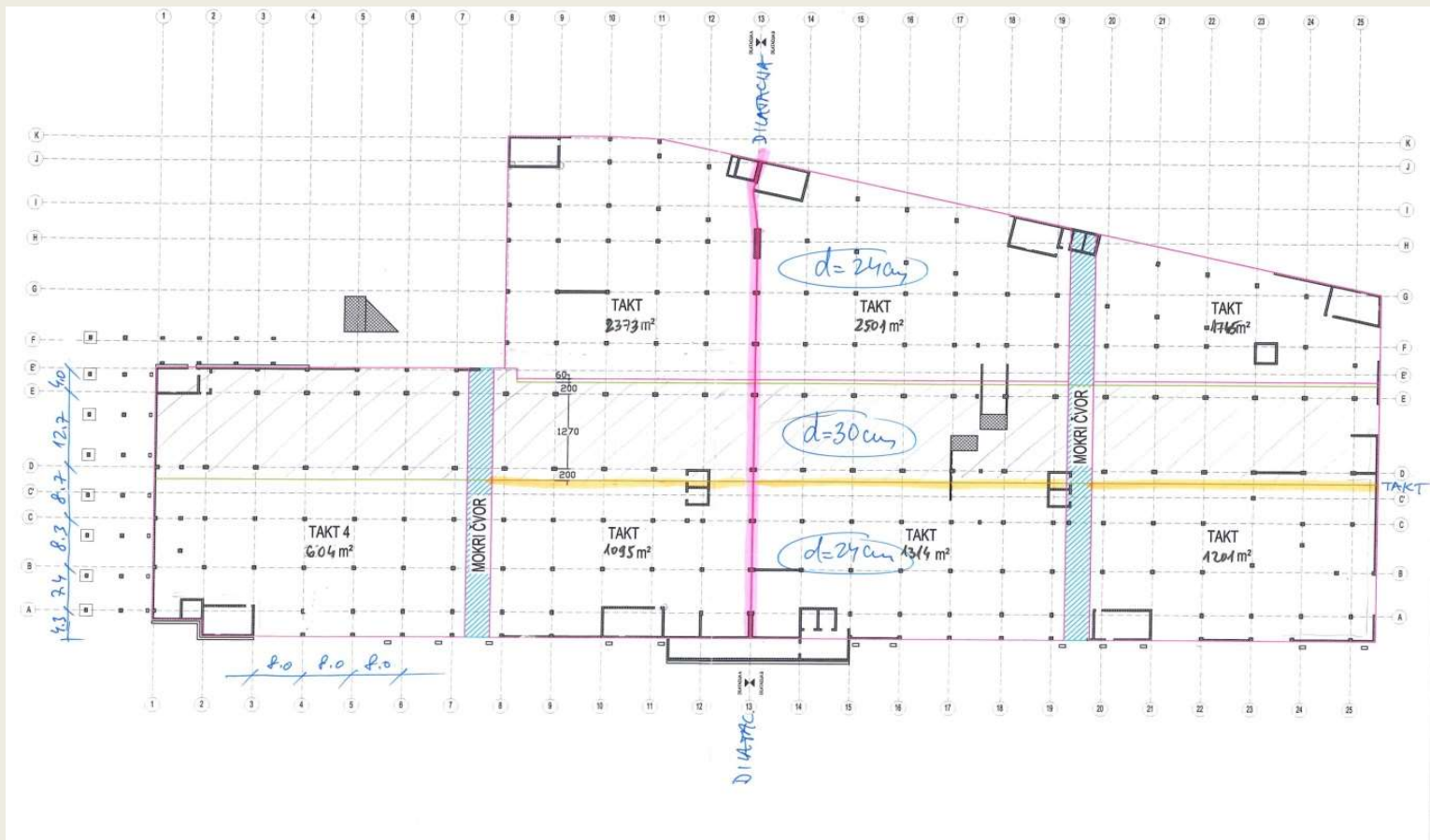
...i na rubu ploče i utjecaj skretnih sila na smanjenje proboja u ploči



Tlocrt segmenta u PT varijanti

Tlocrt segmenta u klasičnoj varijanti





Tlocrt parkirne P3 etaže dilatacije, taktovi, zone različite debljina ploče



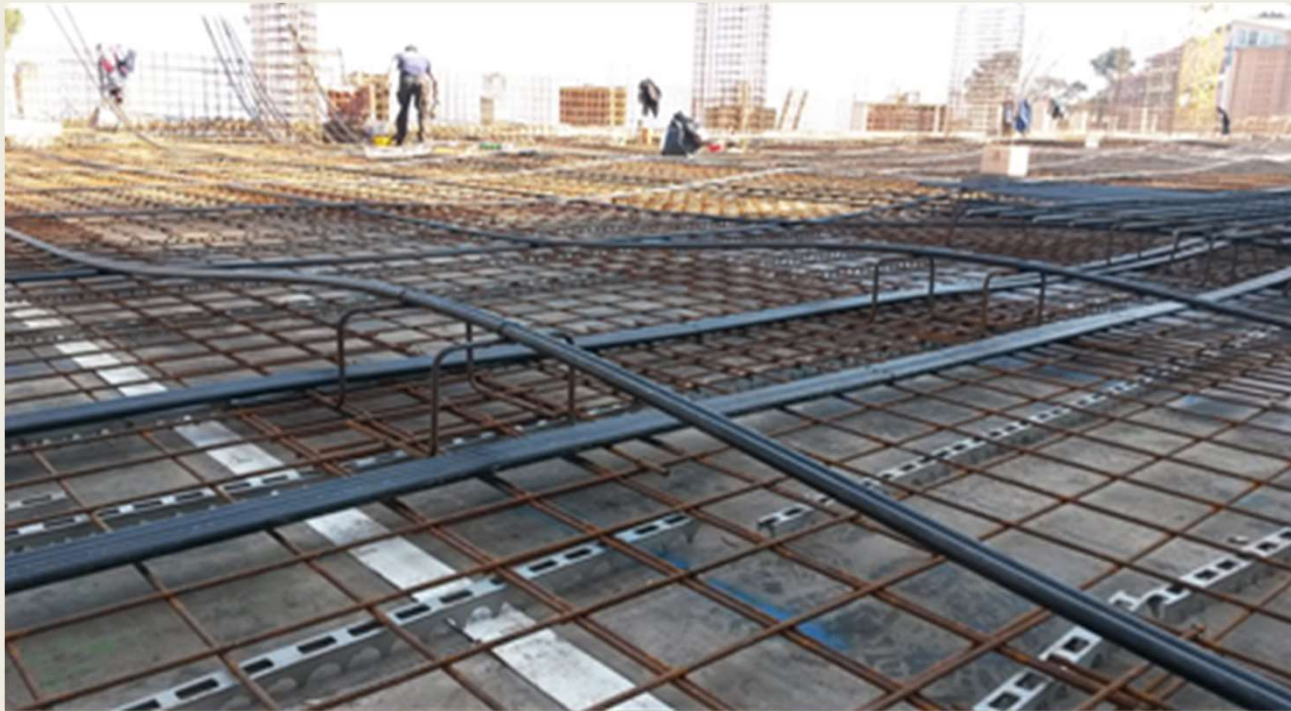
Kabeli sa usidrenjima - anker pločama (gradilište „Max Stoja“)



Pogled dijela ploče nakon skidanja oplata, faza postavljanja instalacija

- Po principu slobodnog vođenja proveli smo proračun i to na dva računalna programa
- Programom „GRAFEM“ koji je proračunavao diskretne elemente tzv „Traka“ odnosno odsječaka ploča od fasade do fasade te pomoću programa TOWER 7.0 kojim se je modeliralo vođenje grupe kablova po krivulji n-1 stupnja
- Korak za raspodjelu konačnih elemenata u programu Tower uzet je iskustvenom metodom, a pomoću Excel programa izrađena je jednostavna rutina za izračun položaja kabla od osi ploče u odnosu na korak





Tzv. „slobodno vođenje kabela“ bez međupridržanja između gornjeg i donjeg položaja



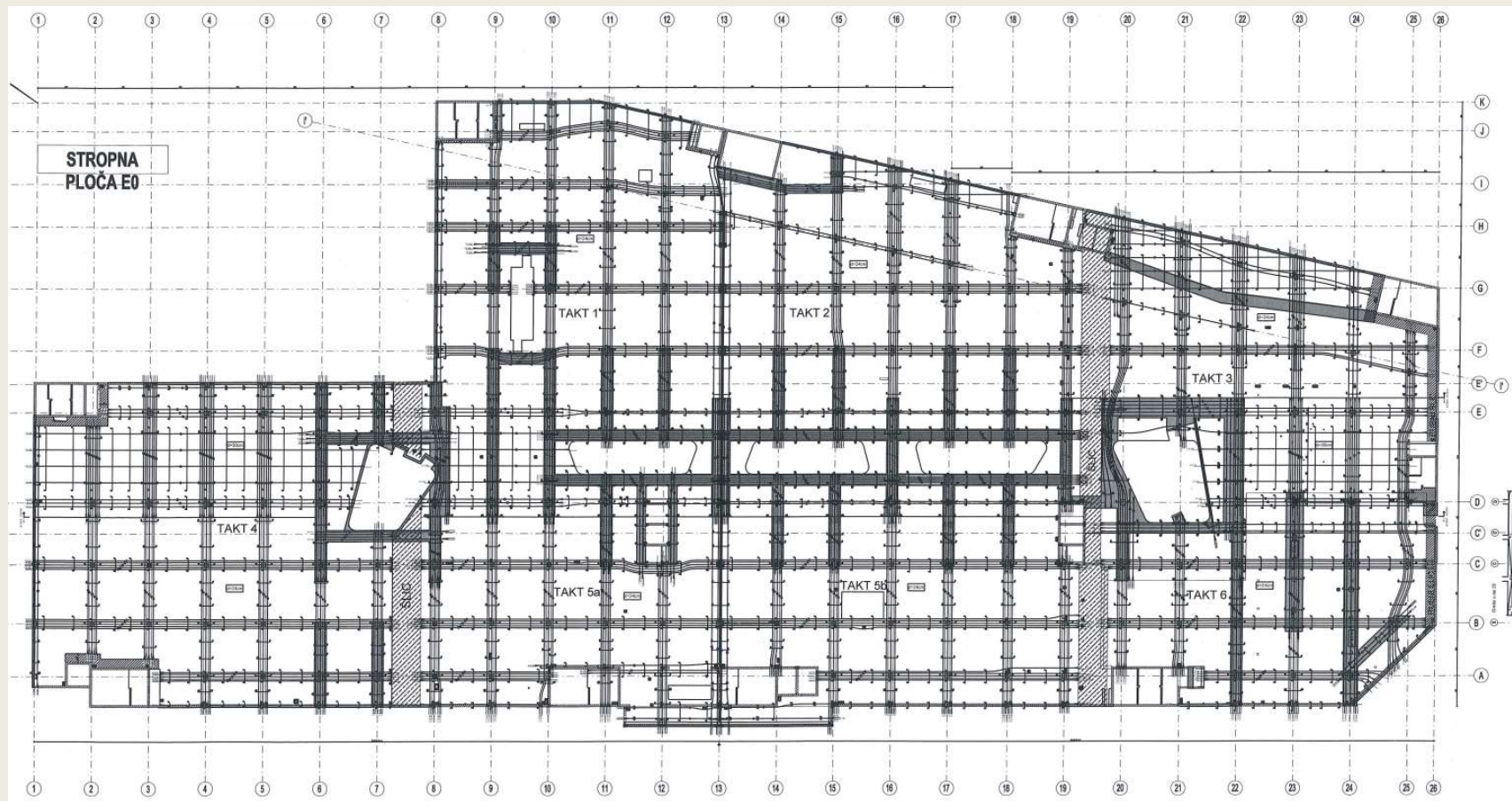
Tehničko-ekonomski aspekt

- Promatrani segment na kojem se dokazala ekonomska isplativost bio je u garažnoj etaži i raspona 12,7 m
- Kod raspona većih od 8 metara tehničke i ekonomske prednosti idu u korist naknadno prednapetoj varijanti u odnosu na klasiku
- S ukupnom površinom od 74 600. m² (6 etaža), ukupna korist prelaskom na PT tehnologiju iznosila je oko 1 000 000 Eura grubom računicom
- 65 % uštede se dobije sa smanjenjem debljine sa 30 cm na 24 cm, a smanjivanjem debljine ploče sa 45 cm na 30 cm uštedi se 35%.





Galerije i otvori unutar "Max Stoje"



Tržna etaža s otvorima u pločama i eskalatorima (oko otvora su plitke i široke grede)



KLASIKA

Debljina ploče, d=30 cm

Armatura 31.5 kg/m²

Debljina ploče, d=45 cm

Armatura 58.5 kg/m²

PT

Debljina ploče, d=24 cm

Armatura 13.5 kg/m²

Kabeli 4.8 kg/m²

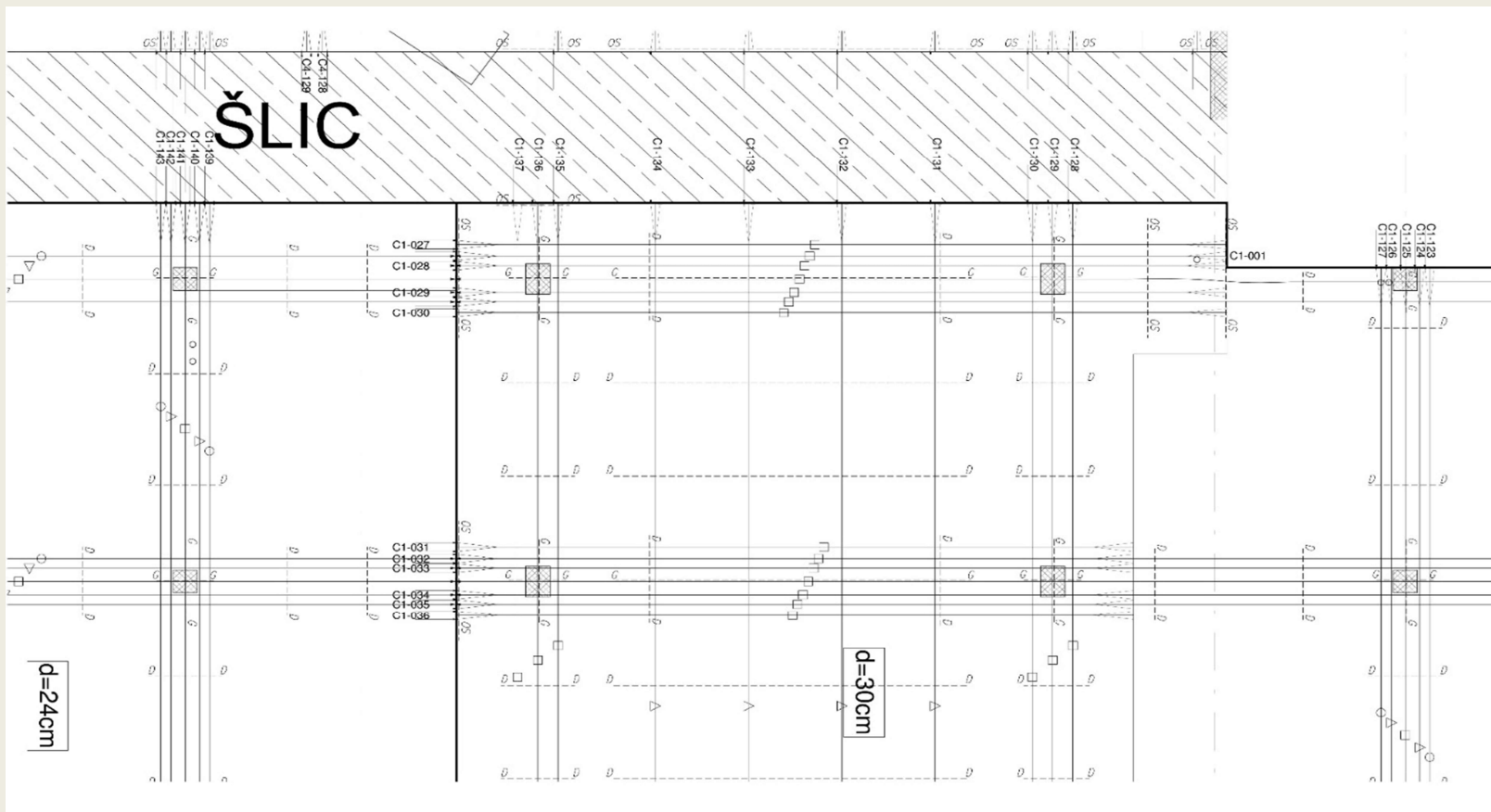
Debljina ploče, d=30 cm

Armatura 17.0 kg/m²

Kabeli 6.4 kg/m²

Prikaz potrošne armature u klasičnoj monolitnoj i naknadno prednapetoj varijanti

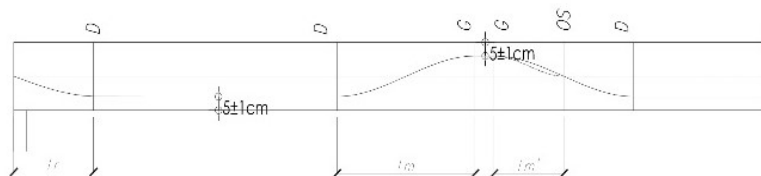




Nacrt vođenja kabela na promatranom segmentu

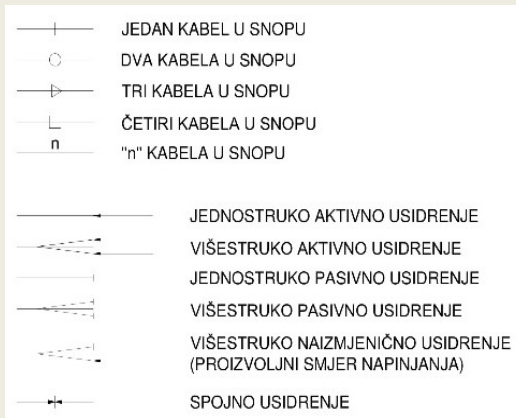


SHEMA - SLOBODNO VOĐENJE KABELA



Debljine ploča: $d=24\text{cm}$ - $L_r=161\text{cm}$, $L_m=252\text{cm}$, ($L_m'=212\text{cm}$)
 $d=30\text{cm}$ - $L_r=176\text{cm}$, $L_m=276\text{cm}$, ($L_m'=232\text{cm}$)
 $d=40\text{cm}$ - $L_r=195\text{cm}$, $L_m=305\text{cm}$, ($L_m'=256\text{cm}$)

Na rubovima ploča kabel ulazi uvijek u osi ploče!



SPECIFIKACIJE MATERIJALA:

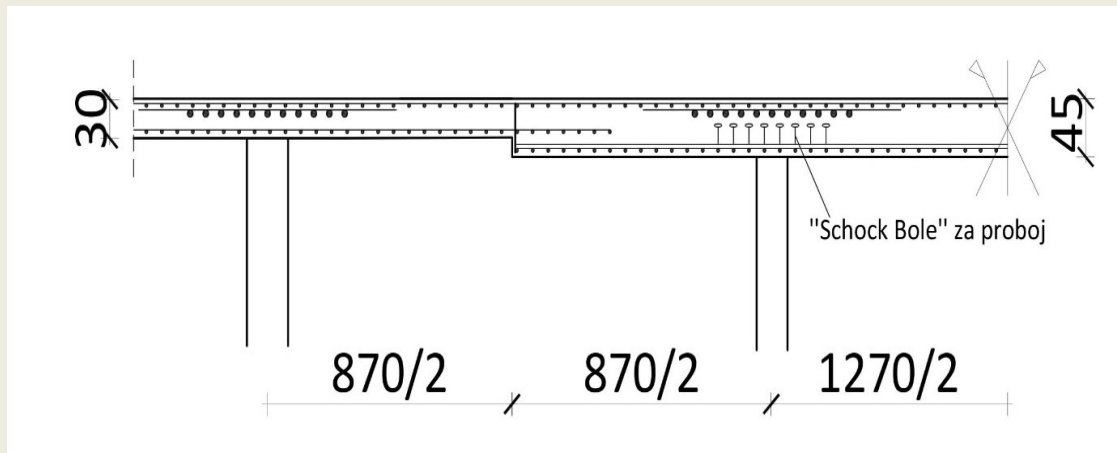
- Min. čvrstoća betona za naprezanje 24MPa (kocka).
- Nenapeta armatura B500 (500MPa).
- Beton C 30/37
- Max. vodocementni faktor=0.45

ZAMAŠČENI & OBLOŽENI KABELI

- BBR VT CONA CMM 0106 jednožilni kabel
(150mm², 1860MPa, Fc=279kN).
- Koeficijent trenja=0.05 1/rad
- Koeficijent neravnosti kabela =0.00475 1/m
- Sila napinjanja (prije zaklinjavanja)=0.8xFc
- Proklizavanje klina = 6mm

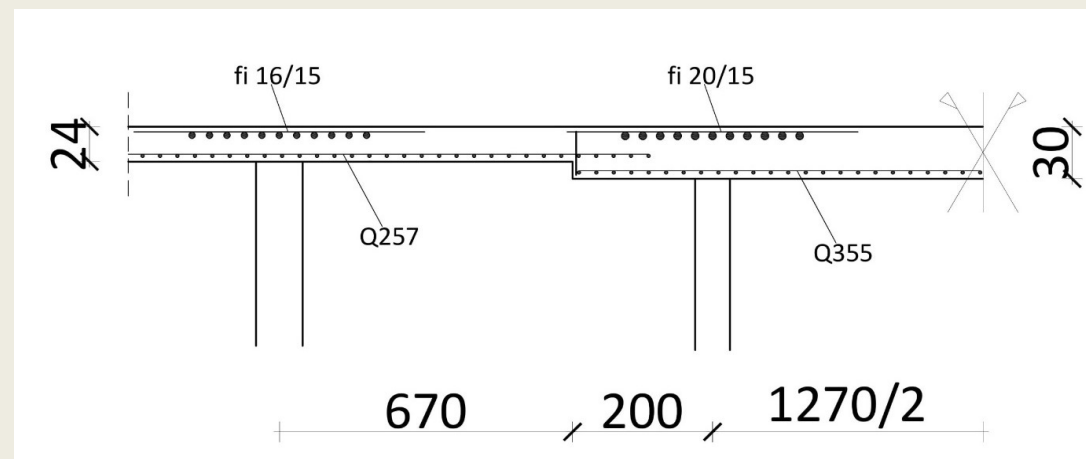
Parametri za proračun i tipični opis na nacrtu slobodnog vođenja kablova

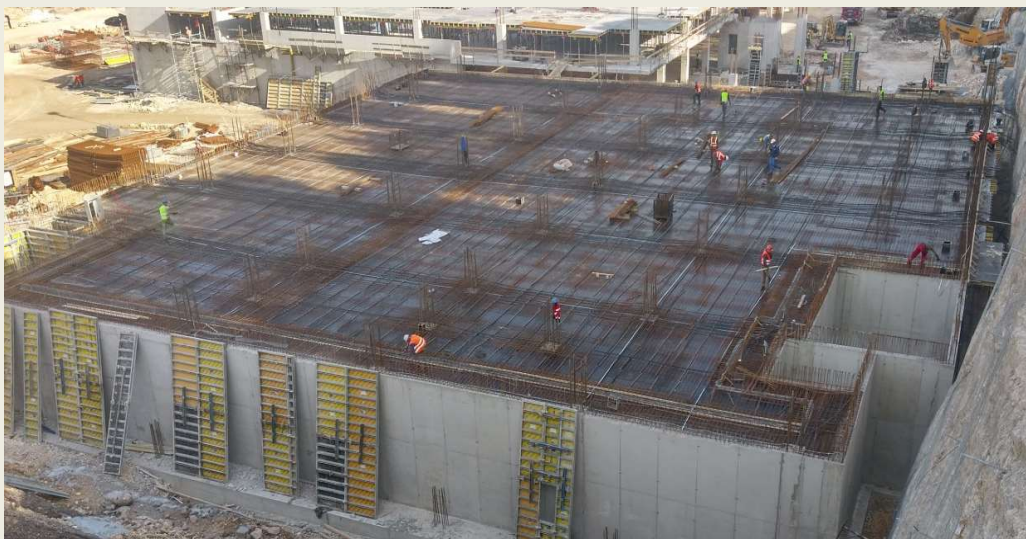




Shema armiranja za klasičnu monolitnu varijantu

Shema racionalizacije armature u PT varijanti





*Ploča uoči betonaže,
postavljena armatura i kabeli*



*Početak betoniranja segmentne ploče. U prvom
planu položaj kabela u zoni stupa.*



Panoramski prikaz betoniranja segmenta PT ploče

- Korištenjem naknadno prednapete tehnologije skratili smo i vrijeme gradnje zbog mogućnosti ranijeg skidanja oplata (cca 20 dana po etaži). Za ukupno 6 etaža vremenska ušteda iznosi 120 dana.
- U klasičnoj izvedbi dodatni trošak su bili i „SCHOCK BOLE“ elementi za prihvatanje probojnih sila stupa i ploče (cijena cca 300 Eura po stupu, za ukupno 850 zona iznos je 250 000 Eura). Taj podatak nismo prezentirali investitoru.



HVALA NA PAŽNJI!

