



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Ehituse ja arhitektuuri instituut

MONOLIITSEST JA MONTEERITAVAST BETOONIST HOONE KANDEKONSTRUKTSIOONIDE ARVUTUS

ANALYSIS OF CAST IN SITU AND PREFABRICATED CONCRETE STRUCTURES
OF A BUILDING

EA 60 LT (inseneriõpe)

Üliõpilane: **Alar Härmik**

.....

Juhendaja: **lektor Johannes Pello**

.....

Tallinn, 2017. a.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli teostada 6-korruselise korterelamu betoonist kandekonstruktsioonide arvutus ning teha joonised.

Lõugtala

1. korruse laes paiknevad monoliitsed, jätkuvtaladena töötavad lõugtalad, mis võtavad vastu koormusi nende kohal olevalt viielt korruselt ja katuslaelt. Hoone keskel toetub lõugtalade konsoolsetele otstele (teljel E) lõugtaladega risti jooksev tala, mis toetab teljel E olevaid välisseinapaneele. Vaatluse alla oli võetud kaks enim koormatud tala (telgedel 2 ja 5), mille põhjal koostas kokkuvõtva paindemomendi epüüri. Arvutustes on käsitletud lõugtala keskmist osa (ilma lõugadeta) ning arvutused on teostatud tala erinevate lõigete (piirkondade) juures (A kuni G), millest olulisemad on antud töös välja toodud. Arvutustes käsitlesin paindekandevõimet, põikjõukandevõimet, lõugtala lõua kandevõimet, armatuuri ankurdust otsmise toe juures ja andsin hinnangu läbipaindele.

Projekteeritud lõugtala keskosa laius $b=700\text{mm}$, kõrgus $h=900\text{mm}$. Lõua kõrgus $h_f=625\text{mm}$ ja laius $b_f=150\text{mm}$. Talade betooni tugevusklass on C30/37. Talad armeeritakse alumises pinnas pikiarmatuuriga $6\text{Ø}25$ ja ülemises pinnas pikiarmatuuriga $2\text{Ø}25$ kuni $4\text{Ø}25+4\text{Ø}28$. Tala on armeeritud neljalõikeliste rangidega $\text{Ø}12$ valdava sammuga 300mm , millele lisanduvad lõugadesse ulatuvad horisontaalrangid $\text{Ø}10$ sammuga 300mm . Lõugtala konsoolises otsas on neljalõikelised rangid $\text{Ø}12$ sammuga 65 ja 95mm , kandmaks lisatala koormuse lõugtala ülemisse pinda. Lisaks on armeerimisel kasutatud konstruktiivset pikiarmatuuri.

Post

Postid paiknevad esimesel korrusel ja keldrikorrusel. Nad kannavad ülemistelt korrustelt tuleva koormuse vundamendiplaadile. Arvutustes käsitlesin enim koormatud keldriposti kahes suunas. Arvutustes leidsin pikijõu ekstsentrilisuse ja kontrollisin kandevõimet. Nagu oodatud, oli kandevõime väiksem suunas, kus ristlõike kõrgus oli madalam.

Projekteeritud posti ristlõike kõrgus $h=600\text{mm}$, laius $b=400\text{mm}$. Posti betooni tugevusklass on C35/45. Post armeeriti sümmeetrilise pikiarmatuuriga, kokku $12\text{Ø}25$, ning rangidega $\text{Ø}8$, sammuga 350mm . Rangide sammu on tihendatud pikivarraste ülekattejätkude ning külgnevate konstruktsioonide (vahelagi, talad) lähedal teguriga $0,5$. Vaadeldud posti pikiarmatuur ulatub maksimaalse ankurduspikkuse võrra sirgelt vundamendiplaadi paksendusse.

Posti vundament

Vaatlesin enim koormatud posti vundamenti (teljel C) ilma vundamendiplaadita, eeldades olukorda, kus pinnasevee tase hoitakse drenaažiga allpool keldri põrandat. Arvutustes leidsin ruudukujulise taldmiku küljepikkuse, kandevõime, taldmiku paksuse läbisurumisarvutusega, paindetõmbearmatuuri ning hindasin vajumit summeerimismeetodiga.

Projekteeritud ruudukujulise taldmiku küljepikkuse valisin lõpuks (vajumi vähendamise eesmärgil) 3,2m. Taldmiku paksus $H=1100\text{mm}$. Taldmik on armeeritud alumises pinnas kahes suunas paindetõmbearmatuuriga $(17+17)\text{Ø}20$, sammuga 180mm. Varraste ankurduspikkuseks on 720mm, mida hakatakse lugema posti servast talla kasuskõrguse kauguselt. Varraste otsa tuleb painutada põlved. Posti vundamenti eeldatavaks vajumiks hindasin summeerimismeetodiga 44mm.

Vundamendiplaat

Vaatlesin vundamendiplaati koos paksendustega postide all (postivundamendid). Paksendused eenduvad plaadist allapoole. Koostasid vundamendiplaadist ja sellele otseselt toetuvatest keldrikonstruktsioonidest (keldriseinad ja postid) arvutusmodeli programmiga *Autodesk Robot Structural Analysis*. Mudelile lisasin koormused ning sain kaardi vundamendiplaadis mõjuvatest paindemomentidest ning tekkivatest vajumitest. Leidsin plaadi ning paksenduste vajalikud paksused läbisurumisarvutusega, võttes arvesse ka paindearmatuuri. Arvutasin paksenduste ja plaadi eri piirkondade vajaliku paindearmatuuri arvutusmodelist saadud paindemomentide põhjal. Hindasin vundamendiplaadi vajumit.

Projekteeritud vundamendiplaadi paksuseks sain 500mm ning suurima paksenduse paksuseks 1100mm. Plaadi põhivõrk alumises pinnas on $\text{Ø}25$ sammuga 100 mm ja ülemises pinnas $\text{Ø}20$ sammuga 200mm. Teljevahemikes 1-2 ja 8-9 suurendasin plaadi ülemise pinna põhivõrgu x-telje suunaliste varraste diameetrit $\text{Ø}25$ -le. Vajalikesse piirkondadesse, kus paindemoment oli mudeli põhjal suurem, kui põhivõrk suutis vastu võtta, lisasin armatuurvardaid. Suurima paksenduse paindearmatuuriks kahes suunas sain $(28+28)\text{Ø}28$ sammuga 110mm, mille otsad viisin plaati (umbes $2/3$ plaadi kõrguses ehk 350mm), et tekitada tervik plaadist ja paksendusest.

Sain lõputööd tehes juurde väärtuslikke kogemusi betoonist konstruktsioonide projekteerimisel, mida hindan kõrgelt. Sealjuures sain olulisi teadmisi arvutusprogrammiga *Autodesk Robot Structural Analysis* töötamisel, millega kokkupuude oli mul seni olnud minimaalne, kuid mida läheb kindlasti tulevikus tarvis.

SUMMARY

MONOLIITSEST JA MONTEERITAVAST BETOONIST HOONE
KANDEKONSTRUKTSIOONIDE ARVUTUS

ANALYSIS OF CAST IN SITU AND PREFABRICATED CONCRETE STRUCTURES OF A BUILDING

Alar Härmik

The aim of this thesis was to perform an analysis of the concrete structures of a 6 story block of flats and to make according drawings.

Flanged beam

The Beams (continuous flanged beams) are situated in the ceiling of the ground floor. They receive loads from upper stories. In the middle part of the building an additional beam rests on the main beams on axis E and transfers loads from outer walls to the main beams. Two beams (on axis 2 and axis 5) were taken under closer examination, regarding of which I put together a conclusive bending moment diagram. Calculations (for example analysis of bending moment, shear forces, deflections, flanges and rebar anchoring) are carried out at different sections of the beam (from A to G).

The designed width of the middle part of the beam is $b=700\text{mm}$ and the height $h=900\text{mm}$. The designed height of the flange is $h_f=625\text{mm}$ and width $b_f=150\text{mm}$. The compressive strength class of the concrete used in the beam is C30/37. Near the upper surface of the beam 2Ø25 to 4Ø25+4Ø28 rebar is used. Near the lower surface of the beam 6Ø25 rebar is used. Throughout the beam Ø12 rebar stirrups are used with spacing of 300mm. In addition Ø10 horizontal rebar stirrups are used, which reach into the flanges.

Column

Columns are located on the ground floor and in the basement. They transfer loads from the upper floors to the foundation slab. The basement column with the greatest load was taken under closer examination in two directions. Analysis of the load bearing capabilities of the column were carried out.

The designed columns sections width is $b=400\text{mm}$ and height $h=600\text{mm}$. The compressive strength class of the concrete used in the column is C35/45. 12Ø25 rebar was used in the

column with Ø8 rebar stirrups. The spacing of the stirrups is 350mm and it was reduced with the factor 0,5 at the overlappings of the rebar.

Column footing

The footing of the basement column with the greatest load (on axis C) was taken under closer examination without the foundation slab. The level of the groundwater is expected not to exceed the level of the basement floor. Analysis of punching shear, load bearing, rebar and soil subsidence was carried out.

A square 3,2x3,2 meter footing was designed with a thickness of 1100mm. Near the lower surface of the footing (17+17)Ø20 rebar is placed in two directions with a spacing of 180mm. The rebar rods have to be bent in order to fulfill the anchoring requirements. The estimated soil subsidence is 44mm.

Foundation slab

The foundation slab with thicker parts under the columns (column footings) was examined. A calculation model of the foundation slab with columns and walls was created in *Autodesk Robot Structural Analysis*. After applying the necessary loads to the model, maps of bending moments and soil subsidence could be obtained. The analysis of bending moments and punching shear was carried out.

The designed thickness of the slab is 500mm and the thickness of the thickest column footing is 1100mm. The main rebar near the lower surface of the slab is Ø25 with a spacing of 100mm in both directions. The main rebar near the upper surface of the slab is Ø20 with a spacing of 200mm in both directions. Additional rods were added in the zones where the bending moment was exceeding the capabilities of the main rebar. In the biggest column footing of the foundation slab (28+28)Ø28 rebar was used with a spacing of 110mm. The end of the footing rods were taken into the slab in order to create a wholeness between the slab and its thicker parts (column footings).