

Puitkonstruktsioonide liited

ALAR JUST

Liidete koostamine on puittarindite juures üks tõsisem probleem. Sageli osutuvad just kohmakad liited sedavõrd ületamatuks takistuseks, et puidu kasutamisest konstruktsioonis üldse loobutakse.

Kunagised SNiP-normide nn ru-sikareeglid ja üsna üldine arvutus aitasid sellisele kohmakusele kaasa. Praegu Eesti standardina kasutatav Eurokoodeks 5 on liidete arvutustes palju mahukam ja täpsem ning võimaldab luua kompaktsed ja kokkuvõttes ka odavamad liited. Peagi ilmuva Eurokoodeksi 5 osa 1.1 uut versiooni on liidete osas veelgi edasi arendatud.

Puitkonstruktsioonide kandevõime ja deformatsioonid olenevad suuresti elementide ühendustest. Liited võivad töötamise iseloomu järgi olla kas jäigad või järeleandvad. Jäiga ühenduse puhul võib ühe detaili habras purunemine otsustada kogu liite saatuse. Paljude paralleelselt töötavate sidemetega deformeeruv liide (nt naelliide) on palju töökindlam: taolise liite deformeerudes hakkavad kinnitid enam-vähem võrdselt tööle.

Puitkonstruktsioonide elementide ühendused jaotatakse jõudude ülekandmise järgi järgmiselt:

- 1 puit-puiduga ühendused, kus jõud kantakse üle vahetult (nt tapid);
- 2 mehaanilised ühendused (nt tüüblid, naaglid, ogaplaadid);
- 3 liimühendused.

Levinumad puiduühendused

Tappliide on traditsiooniline puitelementide ühendamise viis. Surve kantakse ühelt elemendilt teisele vahetult, ilma lisasidemeta. Tapiga saab elemente ühendada nii piki- kui ristikiudu, samuti nurga all. Tappliidet tehes tuleb jälgida, et sisselõikega elementi ei satuks ohtlikku pragu. Kuna tappliide on väga töömahukas ja nõuab suurt käsitöötäpsust, siis tänapäeval seda enam kuigi palju ei kasutata.

Tüübelühendused kuuluvad suhteliselt jäikade ühenduste hulka, mis nõuavad väga täpset tööd. Liidetavate elementide vahele paigutatakse teatud vahemaa tagant tüüblid, mis valmistatakse tavaliselt konstruktsiooniga samast materjalist, harvem kõvast lehtpuidust. Kui liide kaotab kandevõime, võib tagajärjeks olla tüüblite järkjärguline habras purunemine nihkele.



Näide traditsioonilistest puidu liidetest: all tappliide, ülal tüübelliide.



Naagelliide sissefreesitud terasplaatidega. Kinnititeks koonilise otsaga naaglid, mis puidu pinnast välja ei ulatu.



Abitalad on kinnitatud toekingade abil peatalade vahele. Nii saab võita vahelae kõrguses. Posti ja peatala ühendus on poltliitega.



Hammasliide.

Liidet koos hoidvad poldid tuleb asetada võimalikult tüüblite lähedale, kuna puidu töötamine nihkele sõltub suurel määral poltide tekitatud survest.

Naagelühendused. Naaglik nimetatakse silindrilist varrast või plaati, mis läbib ühendatavate elementide kokkupuutepinna ning takistab nende omavahelist nihkumist, töötades seejuures peajasalikult paindele ja löikele.

Silindriliste naaglite hulka kuuluvad ümarterasest valmistatud naaglid ja poldid, naelad, tammenaaglid, kruvid, võtmega keeratavad puidukruvid. Plaatnaaglid valmistatakse kas tammepuidust, immutatud kasepuidust või terasest.

Naagelühendusega tehakse peamiselt laudade ja prusside tõmbejätatud, sõrestike sõlmede ühendused jne. Ühendus koosneb tavaliselt suurest arvust naaglitest.

Tänu piirrolukorras esinevatele suhteliselt suurtele deformatsioonidele, loetakse jõudude jaotus naaglite vahel ühtlaseks. Liite suure pinna ja ühendatavate elementide vähese nõrgestuse tõttu mõjutavad puidu looduslikud vead liite kandevõimet vähe.

Naagelühendused võivad olla ühe- või mitmelõikelised. Tähelepanu: Eurokoodeks 5-s on valemid antud ühe löike kohta.

Kuna puidu omadused on eri suundades erinevad, siis tuleb kindlasti arvestada jõu suunda puiduki suuna suhtes. Kui jõud mõjub ainult pikikiudu, on tegu ühe tugevusega, kui ainult ristikiudu, siis on

teine tugevus oluliselt väiksem. Tavaliselt toimib resultantjõud teatud vahepealse nurga all ja tugevus tuleb iga kord sellest tulenevalt leida.

Naelühendus. Puitkonstruktsioonide liidetes kasutatakse naaglitest kõige enam naelu. Need on kas siledad, kammnaelad või spiraalkeermega. Naelad töötavad ühenduses nagu silindrilised naaglid.

Enamasti lüüakse naelad puitu auku ette puurimata. Seetõttu on puitu lõhestavad pinged suuremad ja naelte piki- ning põikvahekaugused peavad olema suuremad kui naaglitel või poltidel.

Et kõik naelad korralikult töötaksid, tuleb järgida normides etteantud vahekaugusi (neid on uues eurokoodeksis vanaga võrreldes vähendatud). Tavalises konstruktsioonipuidus on nõutud vahed kuni 5 mm läbimõõduga naela puhul pikikiudu 10 d ja ristikiudu 5 d (d – naela läbimõõt).

Poltliide on samuti paljusasti kasutatud naagelühendus. Poltide puuritakse alati augud ette. Augu läbimõõt ei tohi olla poldivarda läbimõõdust suurem rohkem kui 1 mm võrra.

Puitkonstruktsioonides kasutatavate seibide läbimõõt peab olema vähemalt 3 d ja paksus vähemalt 0,3 d (d – poldi läbimõõt).

Poldid ja kruvid peavad olema pingutatud nii, et elemendid kinnituksid tihedalt ja neid saaks puidu tasakaaluniiskuse saavutamisel konstruktsiooni kandevõime ning jäikuse tagamiseks järele pingutada.

Tavalises konstruktsioonipuidus on poltide nõutud vahekaugused pikikiudu 5 d ja ristikiudu 3 d (d – poldi nimiläbimõõt). Need kehtivad juhul, kui konstruktsioonile ei esitata tulepüsivuse nõuet. Tulepüsivas liites tuleb vahekaugusi vastavalt suurendada. Samuti freesitakse tulepüsivuse ning ka väljanägemise eesmärgil teraslapid puidu sisse või kasutatakse liites puidust kattelappe.

Poltide tugevusklassid antakse kahe numbriga kombinatsioonina.

Näide:

Tugevusklass 4.6

$$\text{voolupiir } f_y = 4 \times 6 \times 10 = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tõmbetugevus } f_u = 4 \times 100 = 400 \text{ N/mm}^2$$

Kruvisid projekteeritakse poltliite või naelliite reeglite järgi sõltuvalt läbimõõdust ja keermest.

Mõned soovituselised poltliite projekteerimiseks

* Kui liide poldi enda tugevusest ei sõltu, siis on ökonoomsem projekteerida madalama tugevusklassiga polte.

* Kui poltliites kasutada puitelementide vahel veel täiendavalt ralvasid, võib polti ühe löike kandevõime suurenda ligi kaks korda.

Ogaplaate kasutatakse puitsõrestike ja raamide sõlmede ühenduselementidena, mis võimaldab neid konstruktsioone valmistada ka mehhaniseeritult. Ogaplaat kujutab endast tsingitud terasplaati pakusega 1...2 mm, mille ühele küljele on stantsitud ogad.

Ogaplaadid paigaldatakse ühendusele kahelt poolt spetsiaalse pressi abil, kusjuures ogade read asetatakse paralleelselt selle elemendi kiudude suunaga, kus normaaljõud on suuremad.

Liimühendused. Liimliidet kasutatakse laudade (lamellide) omavaheliseks ühendamiseks nii pikkuses, laiuses kui kõrguses, samuti laudade ühendamiseks vineeriga. Liimliide on täiesti jäik.

Liim peab olema küllaldase koheesiooni, adhesiooni ja elastsusega ning moodustama kõvastumisel mahus minimaalselt kahaneva tugeva liimvuugi. Puit peab olema kuiv.

Laudade ja prusside pikisuunaliseks jätkamiseks kasutatakse hammasliidet. Korralikest lähteainetest ja eeskirjadekohaselt valmistatud liimvuuk, eriti sünteetiliste vaikliimide puhul, on tunduvalt tugevam kui puidu löiketugevus pikikiudu. Seega annab enne järele puit kui õigesti tehtud liimvuuk.

Liimpuitelemente arvutatakse kui täis-

ristlõikega puitelemente, võttes arvesse liimpuidu arvutustugevused. Hammastapiga jätkatud prusse võib arvutustes käsitleda kui terveid, jätkamata elemente.

Puitu sisseliimitud polte on viimasel ajal hakatud meilgi rohkem kasutama, näiteks jäikade raamisõlmede konstrueerimisel ning paindejäiga posti jala tegemisel. Polt sisestatakse puitu 20...25 läbimõõdu ulatuses. Liimidest on end kõige paremini näidanud epoksüvaikudebaasilised.

Taolise liite arvutuseeskirjad on praegu olemas Eesti standardis EVS 1995-2:2003 "Puitsillad". Uues redaktsioonis on see peatükk üle viidud üldisesse puidunormi EN 1995-1-1, mis eestikeelsena ilmub eeldatavalt alles suvel-sügisel 2005.

Kuhu edasi?

Eeltoodu puudutas põgusalt vaid traditsioonilisi puiduühendusi. Puitkonstruktsioonide liitmise võimalusi on tunduvalt rohkem ja see valdkond ka areneb kiiresti. Näiteks pingelamellplaatide puhul pingestatakse puit terasvarrastega kuni piisava lamellidevahelise hõõrde saavutamiseni. Euroopa koostööprogrammi COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) raames esitles Bieli ülikooli professor Milena Properzi hiljuti puidu keevitamise patenteeritud tehnoloogiat DuroWell. See võimaldab teha puiduliiteid spetsiaalses keevitusmasinas hõõrde ja surve kasuta-

mise teel. Kevitatud puitu kasutatakse esialgu parketi tootmisel.

Puidu liidete edasine uurimine ja arendamine puidust konstruktsioonide konkurentsivõime tõstmise eesmärgil on väga tähtis. On ju puit põhiehitusmaterjalidest üks suurema kandevõimereserviga.



Sisseliimitud poltidega posti jalg. Ühendus on paindejäik.



„Ameerika mäed” Oslo lähisel on veenev näide turvaliste liidetega puitkonstruktsioonist.