



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TEEDEINSTITUUT

PUIDUST JA RAUDBETOONIST
KOMPOSIITKONSTRUKTSIOONI NIHKETÜÜBLITE
TÄIUSTAMINE JA EKSPERIMENTAALNE UURING

THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ENHANCED CONNECTIONS
FOR TIMBER AND REINFORCED CONCRETE COMPOSITE
CONSTRUCTION

ETS60LT

Üliõpilane: Rauno Troost

Üliõpilane: Kaspar Vitsur

Juhendaja: Dots. Juhan Idnurm

Tallinn, 2015

KOKKUVÕTE

Käesoleva tööga uuriti katsetuslikult kahte erinevat tüüpi puidust ja raudbetoonist komposiitkala nihketüübleid. Esimese nihketüübli puhul lõigati puittalasse trapetsikujuline süvend, kuhu paigaldati puidupolt ja seejärel süvend betoneeriti koos tekiplaadiga – tekkis trapetsikujuline betoontapp nihketüübel. Teine nihketüübel koosnes kahest jäigalt ühendatud nurgikust, mis kinnitati kaheksa kruviga puitala külge.

Nihketüüblite katsetamiseks ehitati kaks katsekeha mõõtmetega 3200 x 900 x 195 mm, millest ühel kasutati trapetsikujulisi betoontapp nihketüübleid ning teisel nurgikutega nihketüübleid. Katsekeha koosnes kahest puitalast mõõtmetega 3200 x 45 x 145 mm, mida ühendasid nihketüüblid betoonplaadiga mõõtmetega 3200 x 900 x 50 mm. Katsekehade ehitamiseks kasutatud materjalide tegelikud omadused määrati katsetega. Ehitamisel kasutati tugevussorteeritud puitu C24, mille katsetuslik elastsusmoodul oli 10822,85 MPa ja paindetugevus oli 36,88 MPa, betooni tugevusklassiga C20/25, mille katsetuslik elastsusmoodul oli 30456 MPa ja survetugevus katsetamise hetkel oli 22,28 MPa.

Mõlema katsekehaga tehti kahte tüüpi katseid: esiteks koormati ava keskelt ja teiseks teostati läbisurumiskatsed. Ava keskelt koormamiseks valiti sildeavaks 3000 mm ja lihtala tööskeem. Koormamise ajal mõõdeti katsekehale rakendatavat jõudu, läbipaindeid, horisontaalseid siirdeid ja pingeid katsekeha erinevates asukohtades. Katsekehasid koormati ava keskelt kaks korda: esimesel koormamisel rakendadi koormust 10 kN ühe tala kohta ja teine koormamine oli purustav. Trapetsikujulise betoontapp nihketüüblitega katsekeha kaotas kandevõime, kui purunesid nihketüübli betoontapid koormuse 27,5 kN ühe tala kohta rakendamisel. Nurgik nihketüüblitega katsekehale teostati ka kolmas koormamine, sest teisel koormamisel katsekeha ei purunenud. Kolmandal koormamisel purunes katsekeha üks puittaladest koormuse 45,75 kN ühe tala kohta rakendamisel.

Töös uuriti katsete jooksul mõõdetud konstruktsiooni läbipainete ja pingete kokkulangevust jäiga nihkeühenduse teooriaga, Eurokoodeks 5 gamma meetodiga ja lõplike elementide meetodiga. Lisaks uuriti erinevate tüübliosade kandevõimet. Ühtlasi uuriti katsetulemuste kokkulangevust Tsarents ja Kuke ning Sinikas ja Peetrise katsetulemustega.

Läbipaindeid võrreldi katsekeha ava keskel piirväärtustega L/300 ja L/400. Trapets nihketüüblitega mudeli puhul ületati läbipainde piirväärtus L/300 koormuse tõstmisel üle 7 kN ja läbipainde piirväärtus L/400 ületati koormuse tõstmisel üle 5 kN. Nurgik

nihketüüblitega mudeli puhul ületati L/300 läbipainde piirväärtus ava keskel koormusel 10 kN ja piirväärtus L/400 ületati koormusel 8 kN.

Trapetsikujulise betoontapp nihketüüblitega katsekehal kasutatud jäiga nihkeühenduse teooria pingete leidmiseks puittala alumises servas andis erinevuse tegelikkusest 20 - 72% sõltuvalt koormuse suurusest. Teistel ristlõikekõrgustel erinesid tegelikud pinged teoreetilistest mitmekordselt või olid vastasmärgiga. Seega sobib antud arvutusmudel ainult puidu alumise kiu pingete määramiseks suuremate koormuste puhul. Tüübliosade kandevõime arvutused langesid tegelike tulemustega väga hästi kokku. Arvutuste kohaselt oli nõrgim tüüblielement betoontapp, mille tegelik kandevõime erines arvutuslikust ligi 3% võrra. Seega sobib antud arvutusmudel tüübliosade kandevõime määramiseks.

Nurgik nihketüüblite katsekehal kasutatud Eurokoodeks 5 gamma pingete leidmiseks puittala alumises servas andis erinevuse tegelikkusest 41 - 83% sõltuvalt koormuse suurusest. Teistel ristlõikekõrgustel erinesid tegelikud pinged teoreetilistest mitme kordselt. Kuna katsekehas purunes puittala ja hilisemal nihketüüblite visuaalsel vaatlusel märgati ainult ühe nihketüübli osalist nihkumist võib järeldada, et antud arvutusmudel on sobiv tüübliosade kandevõime määramiseks.

Käesolevas lõputöös selgus, et trapets nihketüüblite rajamine võtab märkimisväärselt rohkem aega kui nurgik nihketüüblite rajamine. Samuti on raketise ehitus nurgik katsekeha puhul lihtsam ning nihketüübleid on võimalik paigaldada ka peale raketise ehitust. Nurgik katsekeha läbipainde piirväärtused L/300 ja L/400 saavutati vastavalt 10 kN ja 8 kN koormuste puhul, mis on 3 kN suuremad koormused kui trapets katsekeha puhul. Nurgik katsekeha purustavaks koormuseks oli 91,5 kN, mis on 66% suurem kui trapets katsekeha purustav koormus. Eelnevale tuginedes võib järeldada, et nurgik nihketüübel on efektiivsem kui trapets nihketüübel

Soovitused edasiseks uurimiseks:

1. Kasutada suurema kandevõimega betoontappi, et purunemine toimuks puittapis.
2. Muuta nurgik nihketüübel jäigemaks, kasutades tala pikkust trossi, mis on viidud läbi nurgikute aukude ja trossilukkudega otstest kinnitatud.
3. Uurida alternatiivseid nihketüübleid, et saavutada nihkekindlam ühendus puittala ja betoonplaadi vahel. Eelkõige uurida puittala piki sisselõigatud praosse liimitud teraslehte.

SUMMARY

Rauno Troost

Kaspar Vitsur

THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ENHANCED CONNECTIONS FOR TIMBER AND REINFORCED CONCRETE COMPOSITE CONSTRUCTION

In this study two types of composite beams with different shear connectors were investigated. The first type of shear connector was a trapezoid shaped concrete plug in wood with timber screw. The second type of shear connector was a T-shaped angle bracket connected to timber with eight screws. The T-shaped angle bracket was composed by connecting two regular angle brackets with each other.

Two timber and reinforced concrete composite structures with size 3200 x 900 x 195 mm were built to test shear connectors. Trapezoid shaped concrete plug connectors were used in the first structure and T-shaped angle bracket connectors were used in the second structure. One structure consisted two timber beams with size 3200 x 45 x 145 mm, which was connected to concrete slab with size 3200 x 900 x 50 mm with shear connectors. In order to obtain accurate results of the methods in comparison, the properties of the used materials were tested. The strength graded timber with class C24 and concrete with strength class C20/25 were tested. The strength graded timber bending strength was 36,88 MPa and the global modulus of elasticity was 10822,85 MPa. The cylinder concrete strength was 22,28 MPa and the modulus of elasticity was 30456 MPa.

Both structures were tested in two methods: firstly the structure was loaded from the center of 3000 mm span and secondly for punching shear failure. During loading the load, strain, vertical and horizontal deformations of the structure were measured. Loading was carried out in two series: the first series ended with load 10 kN per beam and the second lasted until failure of the structure. The first structure with trapezoid shaped concrete plug connectors failed on load 27,5 kN per beam after the concrete plugs broke. The second structure with T-shaped angle bracket connectors was tested three times, because it did not break during second loading. The structure failed during third loading on load 45,75 kN per beam after one timber beam broke.

The study investigate how accurately the full composite theory, γ -method and finite element method describe the measured deformation and strain in the structure. The bearing capacity

for different parts of connector were compared to results. In addition, Tsarents and Kukk results and Sinikas and Peetris results were compared to current results.

At Serviceability Limit State (SLS) deformations were compared at L/300 and L/400. The structure with trapezoid concrete plug connectors reached L/300 at 7 kN per beam and L/400 at 5 kN per beam. The structure with T-shaped angle bracket connectors reached L/300 at 10 kN per beam and L/400 at 8 kN per beam.

The full composite action theory for evaluating strain at the bottom timber fiber gave differences from experimental results from 20 to 72 % depending on a load. At other positions on cross section strain values differed a number of times or had an opposite sign. Therefore it was suitable for evaluating stresses for only at the bottom timber fiber. The designed bearing capacity of the trapezoid concrete plug varied 3 % from experimental results. Thus, the bearing capacity for different parts of connector coincided with results.

The γ -method for evaluating strain at the bottom timber fiber gave differences from experimental results from 41 to 83 % depending on a load. At other positions on cross section strain values differed a number of times or had an opposite sign. Since the timber beam broke during loading and significant deformations in connectors were not noticed afterwards, the design model for connector is suitable for evaluating bearing capacity.

During the construction process was noticed that T-shaped angle bracket connectors are installed faster than trapezoid concrete plug connectors. Furthermore, the T-shaped connectors can be installed after the mould is built. The construction with T-shaped connectors reached deformations L/300 and L/400 at load 10 kN and 8 kN per beam, which is 3 kN per beam more than other construction. The construction with T-shaped connectors carried 91,5 kN in total, which is 66 % more than the construction with trapezoid concrete plug connectors. Therefore the T-shaped angle bracket connector can be considered as more effective than trapezoid shaped concrete plug connector.

Suggestions for further research:

1. Test constructions with concrete plug which have higher bearing capacity
2. Change T-shaped angle bracket connectors more rigid by placing steel wire through angle bracket holes and fix it to the last angle brackets.
3. Use more rigid shear connectors in order to achieve a better composite action. For example, use of steel sheet which is clued to a cut in a timber beam over beam length.