

Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat *saattavat poiketa* alkuperäisestä julkaisusta.

Julkaisun tekijä(t): Savolainen, Mira; Ukonmaanaho, Antti

Julkaisun nimi: Vertailemalla varmistetaan mitoitushjelmien luotettavuus

Julkaisuvuosi: 2022

Versio: Kustantajan versio

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Savolainen, M. & Ukonmaanaho, A. (2022). Vertailemalla varmistetaan mitoitushjelmien luotettavuus. Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan ja luonnonvara-alan lehti: Oamk_telulainen, 3(1), 46-47.

https://issuu.com/telu_oamk/docs/telulainen_vol3_nro1

Vertailemalla varmistetaan mitoitusohjelmien luotettavuus

Rakenneteknisessä suunnittelussa käytetään apuna ohjelmia, joilla voidaan täydentää laskentaa käsin laskennan lisäksi. Vaativien mitoitus tehtävien yhteydessä tietokoneohjelmien käyttäminen on välttämätöntä ja ohjelmien käyttöön oton yhteydessä on varmistettava, että käytettävää ohjelmaa osataan käyttää oikealla tavalla. Lähtöarvojen syöttäminen ohjelmaan ei vaadi suurta osaamista. Kyky arvioida saatujen tulosten oikeellisuutta on todellista osaamista.

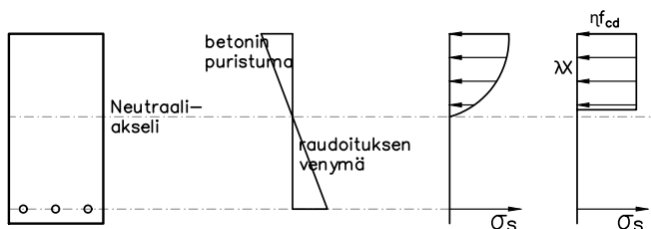
Artikkeli pohjautuu Insinööritoimisto Ponvia Oy:lle tehtyyn opinnäytetyöhön, jossa käsiteltiin teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitusta Structural Bridge design -ohjelmalla murto- ja käyttörajatiloissa. Opinnäytteessä vertailtiin lisäksi SBD:n mitoitusta KATA-ohjelman ja käsin laskennan avulla suoritettuun mitoitukseen. (1.)

Teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitus murtorajatilassa poikkileikkausta taivuttavan kuormituksen vaikuttaessa yhdestä suunnasta on suhteellisen yksinkertaista. Mitoituksesta tulee paljon haastavampaa vinon taivutuksen tapauksessa ja normaallivoiman vaikuttaessa yhtä aikaa.

Pelkkä taivutus

Pelkässä taivutuksessa poikkileikkausta kuormittaa yhdestä suunnasta taivutusmomentti. Murtorajatilamitoituksella varmistetaan rakenteen kestävyys tietyissä olosuhteissa ja tietyille käyttöille (2). Taivuttavan kuorman vaikuttaessa poikkileikkauksen yläpintaan syntyy puristusta ja alapintaan vetoa. Betonin puristuskestävyys on hyvä ja betoni ottaa vastaan puristuksen. Poikkileikkauksen teräkset valitaan mitoituksen avulla niin, että ne pysyvät ottamaan vastaan poikkileikkaukseen aiheutuvan vetorasituksen. (3.)

Mitoitusta tehtäessä tarkastellaan sallituissa jännitysrajoissa pysymistä betonin ja terästen jännitysten osalta. Jännitys-muodonmuutosriippuvuutta käytetään poikkileikkauksen jännitysten ja muodonmuutosten määrittämiseen (3). Muodonmuutokset eli betonin puristuma- ja raudoituksen venymä kuvio esitetään kuvassa 1.

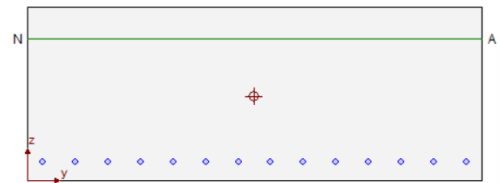


Kuva 1. Raudoitettujen poikkileikkauksen jännitys- ja venymäjakaumat (mukailten 2).

Poikkileikkauksessa on vallittava tasapaino jännitysten ja voimien suhteen. Vetoraidoitettujen poikkileikkauksen voimatasapaino muodostuu terästen ja betonin yhtä suurista vastakkaisista resultanttivoimista, jolloin tasapainotila voidaan esittää seuraavasti:

$$N_{RC} = N_{RS} \quad (3)$$

Vetoraidoitettujen poikkileikkauksen neutraaliakseli eli linja, jolla jännitys on nolla, kulkee poikkileikkauksen pintakeskiön kautta pelkän taivutuksen vaikuttaessa yhdestä suunnasta. Kuvassa 2 nähdään neutraaliakselin paikka (NA). Rasitetuimmat pisteet mitoituksen kannalta sijaitsevat kaukana neutraaliakselista.



Kuva 2. Vetoraidoitettu poikkileikkaus, jossa neutraaliakseli näkyy vihreänä viivana. (kuvakaappaus SBD).

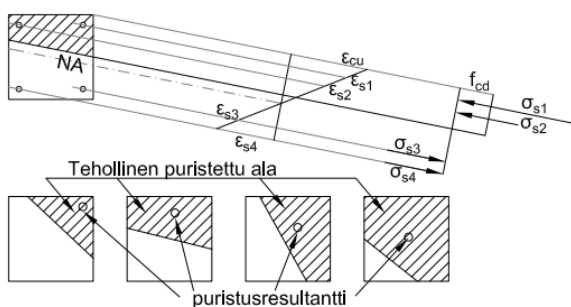
Käsin laskennassa murtorajatilamitoitus eroaa SBD-ohjelman ja yleensäkin ohjelmien mitoituksista. Murtorajatilassa poikkileikkauksen mitoitus perustuu käsin laskennassa betonin suorakaiteen muotoisen yksinkertaistetun jännitysjaakauman käyttöön (kuva 1). Puristus pinnan korkeus ja venymät eivät ole suoraan verrattavissa ohjelmista saataviin arvoihin. Yksinkertaistettua jännitysjaakamaa käytettäessä betonin murtopuristuman arvo on suoraan betonin venymän arvo. Asetettaessa SBD-ohjelman murtorajatilakuorma aivan poikkileikkauksen kestävyuden ääriarvoille, ohjelman arvot lähestyvät puristusvyöhykkeen korkeuden ja venymien osalta käsin laskennan arvoja.

Vino taivutus ja normaalivoima

Poikkileikkauksen mitoitus muuttuu haastavammaksi, kun rakennetta kuormitetaan useasta suunnasta. Edelleen kuitenkin pätee se, että kappaleeseen muodostuu puristettu ja vedetty alue ja poikkileikkauksessa tulee vallita voimien tasapaino.

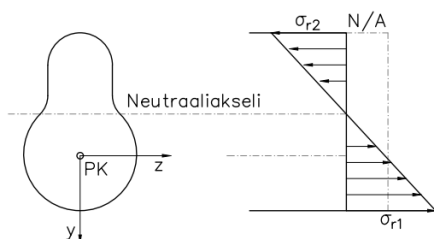
Useasta suunnasta kuormitetun poikkileikkauksen kohdalla on tiedostettava, että jo poikkileikkauksen muoto vaikuttaa siihen, että homogeenistakin materiaalia olevan poikkileikkauksen taivutuskestävyys voi olla erisuuruinen rakenteen eri suunnissa.

Taivutusmomentin kuormittaessa rakennetta kahdessa sen pääsuunnassa on kyseessä vino taivutus. Vinossa taivutuksessa poikkileikkauksen niin sanottu nollajännitys akseli eli neutraali akseli asetuu usein vinoon johtuen kuormittavien momenttien suuruuksien suhteesta. Samalla myös poikkileikkauksen puristettu ala saa eri muotoja, joita esitetään kuvassa 3. (1.)



Kuva 3. Raudoitettu betonipoikkileikkaus vinossa taivutuksessa (mukaillen 1).

Normaalivoiman kuormittaessa rakennetta yhtä aikaa taivutusmomentin kanssa lisää se poikkileikkauksen puristus- tai vetoalaa riippuen siitä, minkä suuntainen normaalivoima on. Normaalivoima aiheuttaa jännitystä poikkileikkaukselle. Poikkileikkauksen jännityskuvio muuttuu normaalivoiman vaikuttaessa eikä neutraali akseli enää kulje pinta-keskiön (PK) kautta, mikä havainnollistetaan kuvassa 4 (4).



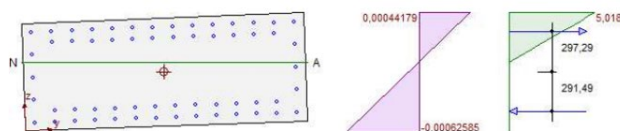
Kuva 4. Neutraali akseli ja jännitys jakauma poikkileikkauksessa, johon yhteisvaikuttavat normaalivoima ja taivutus (mukaillen 4).

Useasta suunnasta rasitetun ja kaikilta sivuiltaan raudoitettujen poikkileikkauksen mitoitus käsin on haastavaa. Mitoituksessa on otettava huomioon, että teräkset ovat eri jännitystiloiissa eri puolilla poikkileikkausta ja neutraali akselin paikantaminen käsin on työläästä. (2.)

Ohjelma apuna mitoituksessa

SBD-ohjelmalla haasteellistenkin poikkileikkauksien mitoittaminen on mahdollista. Ohjelmaa

käytettäessä tulee asettaa oikeat arvot ohjelmaan mitoituksen standardien mukaisuuden varmistamiseksi. On tarkistettava, että kaikki tarpeellinen on oikein huomioituna laskelmien suorittamista varten, muun muassa kertoimet, kuormat ja poikkileikkauksen rauditus. Ohjelmasta saadaan murtorajatilamitoituksessa tarkat betonin ja terästen jännitykset sekä niitä vastaavat venymät. Kuvassa 5 esitetään kaikilta sivuiltaan raudoitettu haastava mitoitus tapaus, jonka mitoitus ohjelman avulla onnistuu hyvin.



Kuva 5. Poikkileikkaus murtorajatilalaskennan jälkeen SBD-ohjelmassa (kuvakaappaus SBD).

Ohjelmilla voi olla rajoituksia ominaisuuksiin liittyen esimerkiksi maakohtaisesti, niin SBD:lläkin. Ohjelmaan ei pysty muokkaamaan laskennassa käytettävää betonipeitettä todellisesta betonipeitteestä poikkeavaksi.

”Ohjelma on hyvä renki, mutta huono isäntä”

Mitoituksen luotettavuutta lisää käytettävien ohjelmien hyvä tuntemus ja menetelmien sekä mitoitus tulosten vertailu muiden menetelmien mitoitus tuloksiin. Ohjelman käyttäjän täytyy pystyä kriittisesti arvioimaan saatuja tuloksia ja tietää, mitä laskeaan. Esimerkiksi SBD-ohjelman halkeamalaskennan tuloksissa on merkityksellisiä eroja ohjelmassa tehdyistä valinnoista riippuen. Mitoitusohjelmat ovat tarpeellisia työkaluja, kun käyttäjä tietää, mitä tekee ja huomioi ohjelmien rajoitteet.

Lähteet

1. Savolainen, Mira 2022. Teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitus Structural Bridge Design -ohjelmalla ja vertailu KATA-ohjelmaan sekä käsin laskentaan. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/747120>.
2. Leskelä, Matti 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus by 210. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Megson, T.H.G 2014. Structural and Stress Analysis Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
4. Suomen Betoniyhdistys ry 2015. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja, osa 1 2013 by 211. Tampere: Tammerprint.
5. Salmi, Tapio & Pajunen, Sami 2010. Lujusoppi. Tampere: Pressus Oy.