

KESKUSTELUPALSTA

TERÄSBETONIPILARIN LASKENNOLLINEN JA KOKEELLINEN STABIILISUUSTARKASTELU

Vol. 5 No. 2 1972

Kirjoituksen kohdan Yhteenvedo, ensimmäisen kappaleen mukaan ei siinä käsitelläkään teräsbetonipilaria yleensä, vaan kirjoituksessa käsitellään "hoikan teräsbetonipilarin toimintaa ..."

Toisessa kappaleessa kirjoittaja on otsikon kanssa melkein yhtä mieltä "että betonipilarin murtolujuus saattaa..." Johdannon ja sivulla 80 olevan taulukon mukaan voidaan kuitenkin todeta, että pilarit ovat hoikkia.

Kun kyseessä on teräsbetonipilari, jonka hoikkuus on yli 100, olisi aiheellista kansainvälisen yhdenmukaisuuden vuoksi käyttää siitä nimitystä säuva = esim. saksaksi Stab. Nimityksen valinnasta johtuen lieneekin kirjoittajalta jäänyt kirjallisuustutkimuksessa huomioon ottamatta ainakin kolme teräsbetonisauvoja koskevaa otsikko-kirjoituksen kanssa samaa asiaa käsittelevää tutkimusta.

Wen F. Chang, Phil M. Ferguson, Long Hinged Reinforced Concrete Columns. 1963

Kurt Gaede, Knicken von Stahlbetonstäben unter Kurz- und Langzeitbelastung. 1958

Albrecht Blaser, Knicken von Stahlbetonstäben mit Rechteckquerschnitt unter Kurzzeitbelastung. 1966

sekä lisäksi kaksi väitöskirjaa. Olisi ollut kiintoisaa verrata ainakin Gaeden tuloksiin tehtyjä havaintoja.

Edellä mainitut tutkijat lähtevät siitä oletuksesta, että teräsbetonisauva tai hoikka pilari nurjahtaa. Tämän olisi suonut olevan otsikkokirjoituksen esittämän tarkastelun eräs peruste.

Näin on sitäkin suuremmalla syyllä, kun betonin myötörajaksi oletettu jännitys, jonka suuruus on $0,80 K_n$, kun varsin hyvin tiedäm-

me, että ilmoitettu arvo ylittää betonin prismalujuuden, joka on mitattu kappaleilla, joiden korkeus on kolme kertaa niiden sivumitta. Lisäksi arvo $0,80 K_n$ on jopa 40 % suurempi kuin sellaisten betonipilariden murtolujuus, joiden sivumitta on korkeuden viidennes.

Olisikin ollut kiintoisaa verrata keskenään tutkimustuloksia ja laskelmia silloin, kun betonin ns. pilarilujuus on $0,55 - 0,70 \times K_n$ ja kun betonin ns. myötöraja on tätäkin alhaisempi tai kun sitä ei ole ollenkaan olemassa tai kun myötöraja yhtyy murtorajaan tai se olisi mitattu.

Kirjoituksessa otaksutut betonin murtopuristuma ja toisaalta myötöpuristuma ovat numeroarvoiltaan varsin suuria. Mm. Mehdon kokeissa murtopuristumien keskiarvot olivat prismoilla $h = 3 \times b$

$$K200 = 2,46 \text{ o/oo}$$

$$K300 = 2,67 \text{ o/oo}$$

$$K400 = 2,83 \text{ o/oo}$$

Tämän kirjoittajan suorittamissa kokeissa mitattu suurin murtopuristuma oli 1,8 o/oo tosin kappaleilla, joilla oli tietty kuormitushistoria ennen murtoon johtaneisiin kuormituksiin liittyviä mittauksia. On lisäksi otettava huomioon se, että koekappaleiden lujuuden suhde kuutiolujuuteen riippuu jossain määrin suunnittelulujuudesta. Suunnittelulujuuden kasvaessa tämä suhde ainakin kahden kotimaisen tutkimuksen mukaan pienenee.

Nämä suhdeluvut olivat Mehdon mukaan lujuusluokissa

$$K200 = 0,73 - 0,79$$

$$K300 = 0,72 - 0,76$$

$$K400 = 0,68 - 0,77$$

Toisen kotimaisen tutkimuksen ja Leonhardtin mukaan koekappaleilla, joilla $h'' = 5b$, tämä suhde on 0,73 tai sitä pienempi, eli siis edellä

Keskustelupalsta

mainittu myötöraja on suurempi kuin pilarien murtoraja.

Ehkä tämäkin seikka olisi vielä lisännyt laskelmien tarkkuutta, jos se olisi otettu huomioon.

Kirjoituksessa olisi ollut kiintoisaa mainita myös se, että betonin lieriölujuus jää jo 5-30 minuuttia tavanomaista murtokuormitusta kauemmin suoritetuissa kokeissa noin 10-20 % alhaisemmaksi. Kun 100 minuuttia kestäneen kuormituksen aikana havaitun myötöjännityksen on sanottu olevan $0,80 K_n$, jossa K_n on kuutiolujuus, käsitellään siis arvoja, joita ei käytännössä ole todettu olevan. Tarkoituksenmukaisempaa olisikin ollut, että vertailukappaleiksi valittaisiin pilarit, joiden korkeus on 4-5 kertaa niiden sivumitta, kuten lukuisissa ulkolaisissa kokeissa on menetelty ja vertailulujuutena olisi ollut muunnettu pilarilujuus ja myötöraja olisi jätetty kokonaan nimeämättä, koska sitä ei itse asiassa ole olemassakaan sen tavanomaisessa merkityksessä.

Merkintöjä verrattaessa kiintyy huomio monen muun ohessa siihen, että taulukossa 2 on sekoitettu kaksi käsitettä, kuormitusikä ja kuormitusaika. Kuormitus alkoi, kun kuormitusikä oli t_0 ja loppui, kun kuormitusikä oli t_m .

Indeksiä t on käytetty ilmaisemaan sekä aikaa, t e r ä s t ä, että k o k o n a i s u u t t a. Tämä voidaan lyhentää sanaksi k o k o n a i s t e r ä s a i k a. Indeksillä m tarkoitetaan samalla tavoin ilmaistuna m y ö t ö m u r t o a.

Merkintöjen selitys ei monen muun mainitsemattoman merkinnän ohella selitä merkintöjä N_{lask} , N_{tod} , W_{28} , W_{tm} , $W(n)$, $W(\infty)$. Tekstin mukaan W voi merkitä sekä taipumaa että kuutiolujuutta tietyssä hetkenä. Lisäksi huolellinen lukija ei aina ole voinut tietää,

onko kyseessä delta vaiko sigma vai onko ehkä kyseessä epsilon.

Eino Niemelä

EDELLISEN JOHDOSTA

1. Artikkelissa käsitellään teräsbetonipilaria yleensä, mutta koepilarit olivat hoikkia. Eräissä käyrästöissä on myös betonipilarille laskettuja käyriä, mutta kokeellisessa osassa ei ole tarkasteltu betonipilaria.

2. Viime vuosina julkaistuissa hoikkien pilareiden tutkimuksissa käytetään yleensä nimitystä pilari (esim. Säule, Stütze, column), joskus myös nimitystä sauva (esim. Stab).

3. Vastineessa mainituissa tutkimuksissa on käsitelty samaa asiaa, mutta laskemenetelmät ja perusoletukset poikkeavat huomattavasti artikkelissa esitetyistä. Gaeden tutkimuksen koetulokset ovat ainakin lyhytaikaiskokeiden osalta vertailukelpoisia artikkelissa esitetyn laskemenetelmän tulosten kanssa, joskin koepilareiden terästangot poikkeavat lujuusominaisuuksiltaan meillä yleisimmin käytetyistä harjaterästangoista A 40 H. Artikkelin kirjallisuusluettelo on suppea, koska siinä on yleisen käytännön mukaisesti esitetty vain ne julkaisut, joihin tekstissä on viitattu eikä niitä julkaisuja, joihin on vain tutustuttu.

4. Pilarin nurjahduksesta keskeisellä puristuksella on artikkelissa lyhyt maininta ja nurjahduskäyriä on esitetty kuvassa 13. Keskeinen kuormitustapaus on käytännölle vieras, koska käytännössä ei esiinny täysin keskeisesti kuormitettuja pilareita.

Vastineessa mainituista tutkijoista Wen F. Chang ja Phil M. Ferguson käsittelevät nurjahdusta kuormituksen vaikuttaessa keskeisesti pilarin päissä, mutta olettavat pilarille tietyn alkukäyristymän. Sen sijaan Albrecht Blaser ja Kurt Gaede käyttävät kokeissa epäkeskeistä kuormitusta.

5. Betonin myötörajalle saadaan erilaisia arvoja, kun käytetään erilaisia koekappaleita. Siksi ei rakenneosien laskelmien perustana voida käyttää jonkin betonikoekappaleen koetuloksia, vaan on pyrittävä selvittämään, mikä on sopiva betonin myötöraja, jota voidaan käyttää rakenneosien mitoituksessa. Tätä on selvitellyt mm. E. Grasser, jonka väitöskirja on mainittu artikkelin kirjallisuusviitteessä [1]. Grasser käyttää tutkimuksessaan laajoja koetuloksia (mm. Rüschin kokeet), jotka on saatu kuormittamalla erilaisia betonikoekappaleita sekä betoni- ja teräsbetonirakenteita. Artikkelissa käytetyt betonin myötörajojen arvot on valittu pääasiassa Grasserin tutkimusten perusteella. Näiden lisäksi on otettu huomioon eräitä muita tutkimustuloksia. Laskelmien tulosten ja koetulosten välinen vertailu ei missään tapauksessa viittaa siihen, että laskelmissa olisi käytetty liian korkeaa betonin myötörajan arvoa, tai että myötörajan ja kuutiolujuuden suhdetta olisi pitänyt pienentää lujuusluokan kasvaessa.

6. Artikkelissa käytetyt betonin myötöpuristuman ja murtopuristuman arvot ovat samoja tai likimäärin samoja kuin edellä mainitussa Grasserin tutkimuksessa ja mm. CEB:n julkaisuissa Information Bulletin n:o 36 (1962) ja Information Bulletin n:o 72 (1970) sekä lukuisissa tutkimuksissa esitetyt arvot. Betonin murtopuristuman arvo on kylläkin epämääräinen ja sille ovat eri tutkijat saaneet arvoja, jotka vaihtelevat yleensä välillä 1,8 ... 10 o/oo. Artikkelissa käytetty betonin jännitys-muodonmuutoskäyrä ja pilarialkion myötökritee-

ri ovat siinä suhteessa edullisia, että betonin murtopuristumalla ei ole oleellista vaikutusta pilarialkion kapasiteettiin, kunhan murtopuristuma on vähintään 1,8 o/oo, jolloin pilarialkion kapasiteetin virhe on alle 5 %. Silloin, kun käytetään jatkuvasti nousevaa tai myötörajan jälkeen vakiona pysyvää jännitys-muodonmuutoskäyrää, betonin murtopuristumalla on merkittävä vaikutus kapasiteettiin, edellisessä tapauksessa vaikutus on jopa ratkaiseva.

7. Artikkelissa on pyritty käyttämään maassamme yleisesti käytössä olevia merkintätapoja. Merkinnot ovat osittain epäjohdonmukaisia. Väärinkäsitysten välttämiseksi on useat merkinnot määriteltä erikseen niissä kohdissa, missä ne on esitetty. Näin on tehty mm. taulukoissa. Allekirjoittanut on havainnut artikkelissa kolme valitettavaa painovirhettä, joihin esitetään korjaus Rakenteiden Mekaniikan tässä numerossa.

Asko Sarja