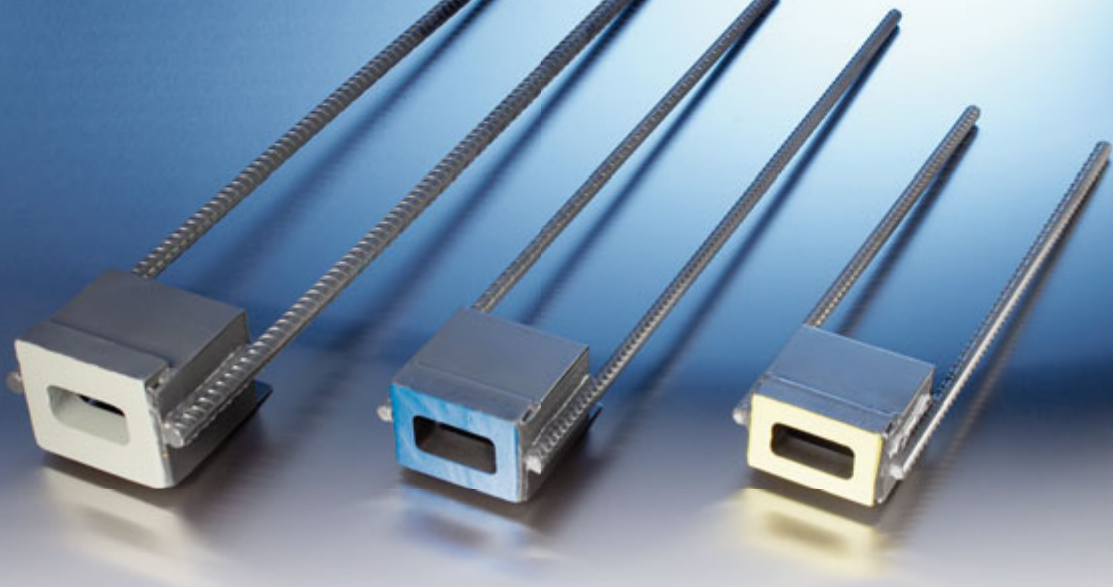


SEINÄKENKIEN KÄYTTÖ



Václav Vimmr
Zahra Sharif Khodaei

Kuva 1. Erikokoisia seinäkenkiä

JOHDANTO

Seinäkengät on kehitetty yhdistämään jäykistävät seinäelementit toisiinsa. Periaatteessa liitos on suunniteltu siirtämään vain vetovoimia. Tällainen tilanne esiintyy, kun jäykistäviin seiiniin kohdistuu taivutusmomentti ja pystysuora kuormitus on vähäinen. Toki seinäkengät ottavat vastaan myös seinien välistä leikkausvoimaa.

Elementtitehtaat arvostavat:

- Nopeaa ja helppoa seinäkenkien ja ankkuripulttien asennettavuutta elementin raudoituksen yhteydessä.
- Muuttia rikkomatonta järjestelmää.

Rakennusliikket hyötyvät:

- Nopeasta ja käytännöllisestä pulttiliitoksesta ilman työmaahitsausta.
- Helpposta ankkuripultin ja seinäkengän asennettavuudesta.
- Liitoksen kyvystä siirtää kuormia heti asennuksen jälkeen.

Suunnittelijat voivat käyttää hyväkseen:

- Vahvaa elementtiseinien välistä vetoliitosta (jäykistävät seinät).
- Asennustyön jälkeen piiloon jäävää liitosta (palonkesto ja korroosiosuojaus).

Kaikki kolme osapuolta – elementtitehtaat, rakennusliikkeet ja suunnittelijat voivat hyödyntää laajaa kapasiteettialuetta.

SEINÄKENKIEN TOIMINNAN KUVAUS

Seinäkenkä (ks. Kuva 1) koostuu jyrkevstä pohjalevyistä, sivulevyistä, takalevyistä ja kannesta. Seinäkengän ankkuroivat kaksi tai neljä harjaterästä on hitsattu sivulevyihin. Harjaterästen määrä riippuu seinäkengän koosta. Pohjalevyssä on reikä ankkuripulttia varten. Reiän muoto mahdollistaa tietyn toleranssin sekä seinäkengän asennuksessa elementtitehtaalla että elementtiseinän asennuksessa työmaalla. Paksu AL-aluslevy siirtää voimat ankkuripultin mutterilta pohjalevylle. Pohjalevyltä voimat siirretään sivulevyille ja sieltä ankkuroiville harjateräksille ja lopulta raudoitettulle seinäelementille. Elementin raudoitukselle on annettu ohjeet, jotta voimat saadaan siirrettyä teräkset limittämällä.

TUOTEVALIKOIMA

Vakiotuotteet on esitetty taulukossa 1.

VETO- JA LEIKKAUSKAPASITEETIT

Seinäkengät on suunniteltu siirtämään vain vetovoimia. Ankkuripultin kapasiteetti on määräävä elementtiseinän seinäkenkäliitoksessa. Laskelmat on tehty Eurokoodien (EN 1990, EN 1992-1-1, EN 1993-1-1, EN 1993-1-8), muiden eurooppalaisten standardien ja teknisten eritelmien mukaan. Laskelmissa on käytetty betoniluokkaa C30/37. Laskelmissa on huomioitu materiaaliominaisuudet, seinäkengän geometria ja hitsit. Seinäkenkäliitoksen kapasiteetit on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1: Seinäkenkien mitat [mm], paino [kg] ja värimerkinnät

PSK	seinäkenkä								AL aluslevy			paino	väri
	H	B	L	t	h	Ø	a	b	A	e	s		
PSK 16	580	80	141	30	82	16	76	36	65	5	12	4,4	keltainen
PSK 20	850	90	146	35	90	16	80	40	70	5	15	6,1	sininen
PSK 24	960	120	166	35	100	20	84	44	80	10	20	10,1	harmaa
PSK 30	1170	120	185	45	120	25	90	50	95	10	20	16,8	vihreä
PSK 36	1755	150	212	60	130	32	96	56	110	10	30	36,2	punainen
PSK 45	1940	180	252	80	160	32	105	65	130	10	35	75,8	violetti
PSK 52	2520	200	288	80	185	32	112	72	160	10	40	102,3	valkoinen

Taulukko 2. Kapasiteetit ETA ankkuripulttien hyväksynnän mukaan

PSK Seinäkenkä	Liittyvä pultti ja aluslevy	Pultin ETA kapasiteetti N_{Rd} [kN]
PSK 16	HPM 16 + AL 16	61,7
PSK 20	HPM 20 + AL 20	96,3
PSK 24	HPM 24 + AL 24	138,7
PSK 30	HPM 30 + AL 30	220,4
PSK 36	PPM 36 + AL 36	435,7
PSK 45	PPM 45 + AL 45	696,5
PSK 52	PPM 52 + AL 52	937,6

Seinäkenkiä voidaan käyttää elementtiliitosten leikkausraudoituksena. Seinäkenkien (ja ankkuripulttien) vaikutus liitoksen leikkauskapasiteettiin voidaan johtaa Eurokoodi 2:n kaavasta 6.25 (EN 1992-1-1) 6.2.5 Leikkaus eri aikaan valettujen betonien rajapinnassa.

Rajapinnan leikkauskestävyyden mitoitusarvo V_{Rdi} lasketaan kaavasta

$$V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 u f_{ctd} \quad (1)$$

missä:

c ja μ ovat kertoimia, jotka riippuvat rajapinnan karheudesta

f_{ctd} on betonin vetolujuuden mitoitusarvo $f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c$, missä $f_{ctk,0,05}$ saadaan taulukosta 3.1 [2].

σ_n on rajapintaan kohdistuva, sen leikkausvoiman kanssa samanaikaisesta ulkoisesta normaaliavoimasta aiheutuva pienin mahdollinen normaaliännitys, puristus positiivisena ja $\sigma_n < 0,6 f_{cd}$ sekä veto negatiivisena. Kun σ_n on vetoa, tulolle $c f_{ctd}$ käytetään arvoa 0

$$\rho = A_s / A_i$$

A_s on rajapinnan läpi kulkevan raudoituksen (ankkurointipulttien) poikkileikkausala, johon kuuluu mahdollinen tavallinen leikkausraudoitus (jos sitä on), joka on ankkuroitu riittävästi rajapinnan kummallekin puolelle

A_i on liitoksen pinta-ala.

α määritellään kuvassa 2 ja se rajoitetaan välille $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ voimme olettaa meidän tapauksessa $\alpha = 90^\circ$.

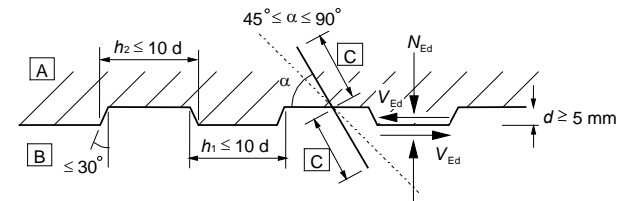
u on leikkausvoiman vaikutuksesta halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin. Kussakin maassa käytettävä kertoimen u arvo voidaan esittää kansallisessa liitteestä. Suositusarvo saadaan kaavasta:

$$u = 0,6 [1 - f_{ck} / 250] \quad f_{ck} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tarkemman tiedon puuttuessa pinnat voidaan luokitella hyvin sileisiin, sileisiin, karheisiin tai vaarnattuihin, joista seuraavassa esimerkkejä:

- Hyvin sileä: pinta, joka on valettu teräs-, muovi- tai erikoiskäsiteltyä puumuottia vasten
 $c = 0,10$ ja $\mu = 0,5$
- Sileä: liukuvalettu pinta tai ekstruuderipinta tai tärytyksen jälkeen jälkikäsittelemättä jätetty vapaa
 $c = 0,20$ ja $\mu = 0,6$
- Karhea: pinta, jossa on vähintään 3 mm karheus noin 40 mm välein; se saavutetaan urakaapimalla, ruiskuttamalla pinta pesubetoniksi tai muilla menetelmillä, joilla saavutetaan vastaava ominaisuus:
 $c = 0,40$ ja $\mu = 0,7$
- Vaarnattu: pinta, jossa kuvan 2 mukainen hammastus:
 $c = 0,50$ ja $\mu = 0,9$

Kuva 2: Vaarnattu työsauma



V on lujuuden pienennyskerroin

A - uusi betoni, B - vanha betoni, C - ankkurointi

Ankkuripulttien/-tankojen ja seinäkenkien avulla vahvistetun liitoksen leikkauskapasiteetti voidaan laskea

$$V_{Rdi} = A_j (c f_{ctd} + \mu \sigma_n) + \mu A_s f_{yd} \quad (2)$$

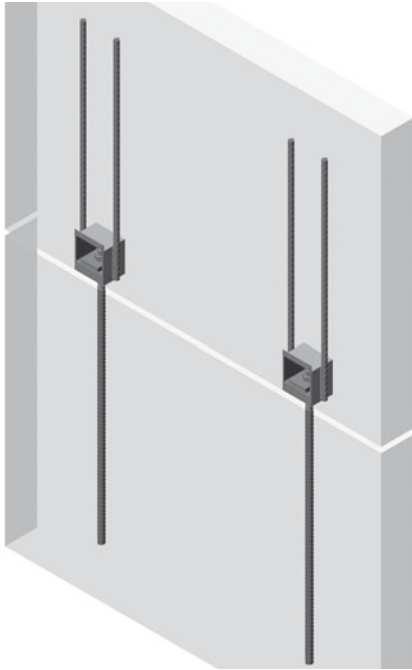
Kaavasta (2) voidaan nähdä, että pinnan karheudesta riippuen jokainen ankkuripultti vahtistaa liitoksen leikkauskapasiteettia 50-90 %:lla ankkuripultin vetokapasiteetista. Liitosraudoitteiden maksimimäärää rajoittaa kaavan (1) oikea puoli.

SEINÄKENKIEN KÄYTTÖ

PERUSKÄYTTÖKOHDDE

Tyypillisimmässä käyttökohteessa PSK-seinäkengät toimivat vetoraidotteena jäykistävän elementtiseinän vaakasaumassa (ks. kuva 3). Oletuksena on, että seinäkengät siirtävät vain vetovoimia. Puristusvoimat siirretään vaakasauman jälkivalulla. Suojabetonipaksuuden tulee olla palonkestävyysvaatimukset, rakenteen elinkaari ja ympäristörasitukset huomioiden riittävä.

Kuva 3. Tyypillinen seinäkengien ja ankkuripulttien käyttösovellus



Vetokapasiteetit taulukossa 2 ovat voimassa vain staattiselle kuormitukselle. Kun kyseessä on dynaaminen tai väsyttävä kuormitus, on kapasiteetteja alennettava. Kun käyttölämpötila alittaa -20°C , voi iskusitkeydeltään lujempien materiaalien käyttö tulla kysymykseen.

Elementtien raudoittamisessa tulee huolehtia siitä, että voimat välittyvät seinän raudoitukselta seinäkengien harjatangoille.

MUUT KÄYTTÖKOHTEET

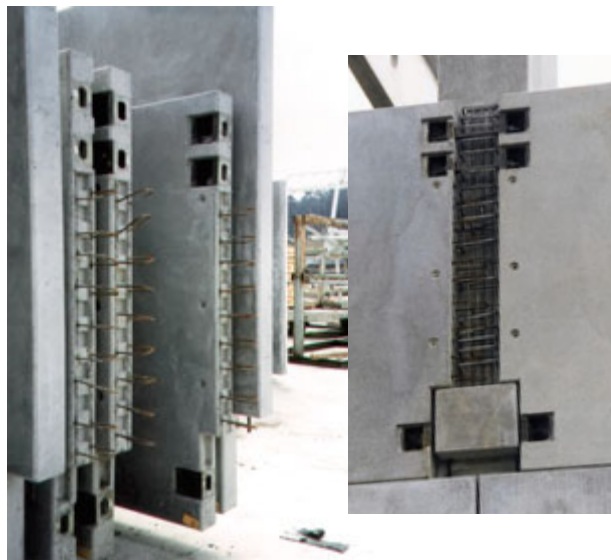
a) Pystysaumot seinäelementtien välillä

Elementtiseinärakenteissa voi olla tarpeen siirtää voimia pystysuuntaisen sauman yli vierekkäisten seinäelementtien välillä. Tämä seinäkengien erikoissovellus on raskaan teollisuuden rakenteesta Haindlin paperitehdasprojekti PM3:sta Saksassa, jossa vaakasuuntaiset elementit toimivat jäykistävänä seinänä (ks. kuvat 4, 5 ja 6).

Kuva 4. Jäykistävän seinän pystysauma

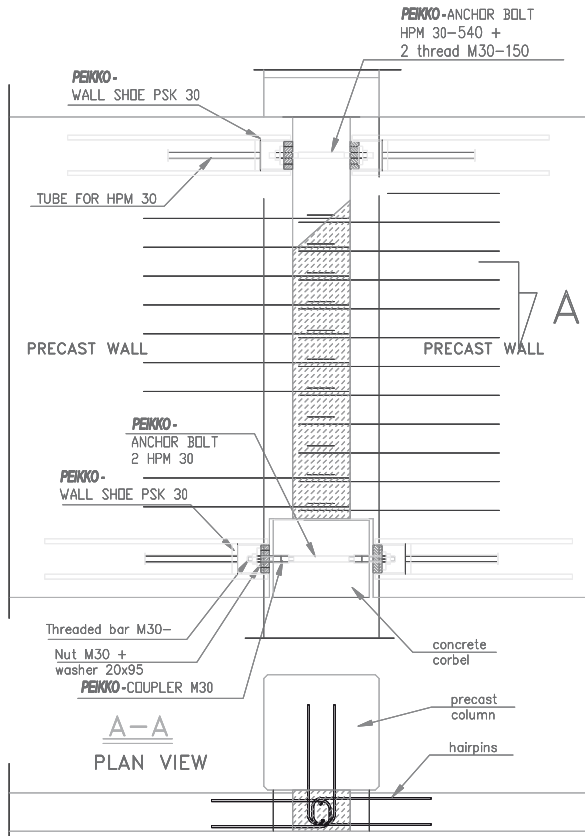


Kuva 5. Jäykistävät seinäelementit



Tässä tapauksessa jäykistävät seinät toimivat jatkuvina palkkeina. Seinäkengät siirtävät vetovoimat elementtien välillä. Kuva 6 esittää detaljitasolla liitosta. Liitos sisältää asennusputket ankkuripulteille, joita tarvitaan asennuksen yhteydessä.

Kuva 6: Käyttöesimerkki PSK-seinäkenkien käytöstä pystysaumassa



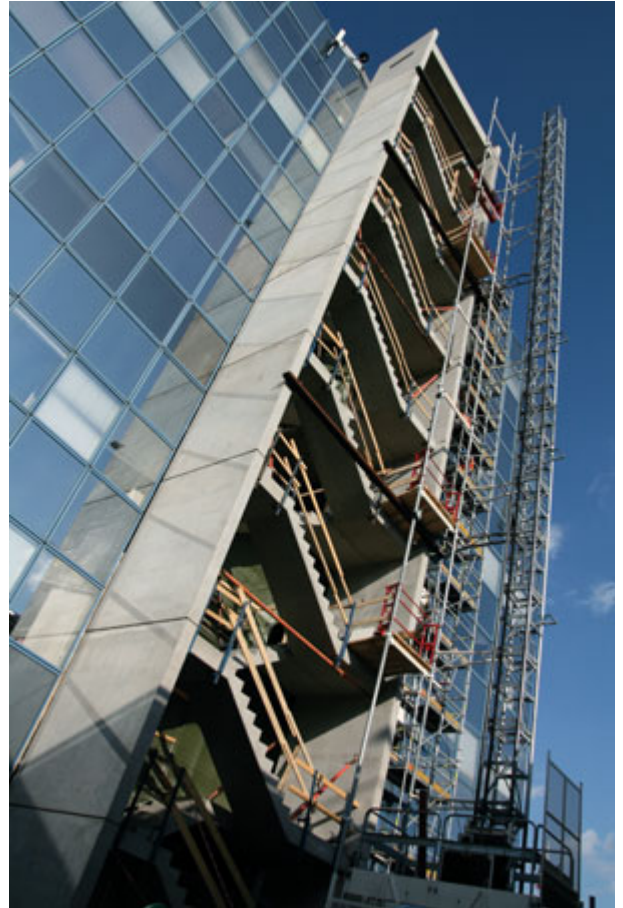
b) Vaakaliitos portaikon lepotasoilla tai lattialaatoissa

Yksi viimeisimmistä seinäkenkiin liittyvistä erikoisprojekteista oli rakennuksen ulkopuolinen porrastorni lennonjohtotornista hätäpoistumista varten Prahassa lentokentälle. Tehtävä edellytti portaiden ja lepotasojen tekemisen yhtenä elementtinä. Porrastornissa ei ollut jäykistyksiä pituus-suunnassa porrastornin ulkosivulla. Tämä tila oli varattu lasijulkisivua varten. Huolimatta suhteellisen suurista leikkausvoimista vierekkäisten osien välillä, lepotasojen tuli olla siirrettäviä. Kaksi seinäkenkää sijoitettiin lepotasoihin. Lepotaso-osien välinen liitos oli suunniteltu kaavan (2) mukaisesti tarvittavan leikkauskapasiteetin saavuttamiseksi (Kuvat 7 ja 8).

Kuva 7: Lepotasot sisältävän porraselementin asennus



Kuva 8: Näkymä porrastorniin



JOHTOPÄÄTÖS

Seinäkenkät eivät ole hyödyllisiä pelkästään pystysuuntaisina liitososina elementtien välillä, vaan myös erittäin käytännöllisiä tuotteita elementtien välille, kun tarve on siirtää missä tahansa suunnassa vetoa ja/tai leikkausvoimaa vierekkäisten elementtien välillä. Ratkaisu on erityisen hyödyllinen silloin, kun kysymyksessä ovat suuret voimat, koska seinäkenkät tarjoavat raudoitustangoille täydellisen jatkuvuuden liitoksessa.

LÄHTEET

- [1] PSK Seinäkenkä. Peikko 11/2006
- [2] 1992-1-1 :2007 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

Kirjoittajat

Dr. Václav Vimr on Prahassa Tšekissä olevan insinööri-toimisto STÚ-K, A. S:n omistaja ja johtaja

Dr. Zahra Sharif Khodaei on materiaalitekniikan tohtori Prahassa Teknisestä korkeakoulusta (2008). Hän työskentelee insinööri-toimisto STU-K:ssa ja post doc -ohjelmassa Lontoon Imperial Collegessa.