

ASUINKERROSTALON ESIMERKKILASKELMAT

BES 2010

1 Rakenteiden suunnitteluperusteet

1.1 Rakennejärjestelmän kuvaus

Asuinrakennus (koko $b*d*h = 43,9*18.4 *22m$) sijaitsee Helsingissä sisämaassa kaupunkialueella. Rakennuksessa 1+5 maanpäällistä kerrosta.

Rakennuksen runko on teräsbetoni- ja jännebetonielementeistä koottu kantavat seinät-ontelolaatta -runko. Rakennus on jaettu liikuntasaumalla kahteen erilliseen lohkoon.

Rakennus on jäykistetty seinillä ja porras-hissi -torneilla. Rakennus perustetaan maanvaraisille paikallavaletuille teräsbetonianturoille louhitun kallion päälle tehdyn sorakerroksen varaan. Kellarikerroksen lattia on maanvarainen teräsbetonilattia. Rakennuksen ulkoseinät ovat osittain kantavia sisäkuorielementtejä. Julkisivu on paikalla muurattu. Yläpohja on kevytsorakatto.

1.2 Käytettävät suunnitteluohjeet ja normit

Toimistorakennus suunnitellaan eurokoodien SFS-EN 1990, SFS-EN 1991, SFS-EN 1992 ja SFS-EN 1997 sekä niiden standardien Suomen kansallisten liitteiden mukaan.

1.3 Rakenteiden luokitus

Seuraamusluokka (SFS-EN 1990 NA): CC2

Seuraamusluokka onnettomuusrajatilassa (SFS-EN1991-1-7 NA): 2b

Toteutusluokka (SFS-EN 13670): 2

Toteutuksen toleranssiluokka (SFS-EN 13670): 1 (koskee työmaalla tehtäviä töitä)

Betonivalmisteiden valmistustoleranssit (SFS-EN 13369):

- Ontelolaatat SFS-EN 1168 ja pilarit ja palkit SFS-EN 13225 tiukennetut toleranssit. Tässä yhteydessä myös betonin lujuuden keskihajonnan osoitetaan olevan enintään 10 %. (Em. tuotestandardien tiukennetut valmistustoleranssit vastaavat SFS-EN 1992-1-1 liitteen A mukaisia pienennettyjä poikkeamia.)

- Sisä- ja julkisivuseinäelementit (SFS-EN 14992): Luokka B

Rakennesuunnittelutehtävän vaatimusluokka (RakMk A2): muuten A, mutta jännitetyt rakenteet AA

Hankkeen vaatimusluokka (RIL 241): V2

Suunniteltu käyttöikä: muuten 50 vuotta, mutta kantava runko ja perustukset 100 vuotta

Kantavien rakenneseosien palonkestävyysaika: R60, irtaimistovarastot R120

Betonirakenteiden ympäristön rasisuusluokka (SFS-EN 206-1): Ks. kohta 1.5.

1.4 Geotekniset lähtötiedot ja suunnitteluperusteet

Maapohjan kantokestävyyden ominaisarvo: 400 kN/m²

1.5 Käytettävät rakenteiden materiaalit ja niiden kestävyudet

		Betonin lujuusluokka	Rakenneluokka	(RakMK B4)	Rasitusluokka	
RK-	Ei-kantava sisäkuori	C30/37	RL2	K30-2	XC1	
SK-	Kantava sisäkuori	C30/37	RL2	K30-2	XC1	
SM-	Maanpaineseinäelementti	C35/45 C30/37	RL1 RL2	K35-1 K30-2	XC3, 4, XF1 XC1	ulkokuori sisäkuori
P-	Pilari	C40/50	RL1	K40-1	XC3, XF1	
CL-	Parvekelaatta	C45/55	RL1	K45-1	XC3, 4, XF1, 3	
S-	Sandwich	C35/45 C30/37	RL1 RL2	K35-1 K30-2	XC3, 4, XF1 XC1	ulkokuori sisäkuori
V-	Väliseinät	C30/37	RL2	K30-2	XC1	
AR-, AS-	Sokkelit	C30/37 C35/45	RL2 RL1	K35-1 K35-2	XC3, 4, XF1 XC2	ulkokuori sisäkuori
L-	Laattaelementti	C30/37	RL2	K30-2	XC1	
Perustukset		C35/45	RL1	K35-2	XC2	

1.6 Kuormien ominaisarvot

1.6.1 Omat painot

Vesikatto:

Ontelolaatat hl = 265

$$g_k = 3.8 \text{ kN/m}^2$$

Kevytsora + pintabetoni

$$g_k = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

Kerrokset:

Ontelolaatat hl = 370

$$g_k = 5.1 \text{ kN/m}^2$$

Parvekkeet: hl = 240-280

$$g_k = 0.26 \cdot 25 = 6.5 \text{ kN/m}^2$$

Porrastasolaatat: hl = 280

$$g_k = 0.26 \cdot 25 = 6.5 \text{ kN/m}^2$$

Muut pysyvät kuormat:

Tasoite:

$$g_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

Kevyet väliseinät:

$$g_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

Kylpyhuonesyvennykset:

$$g_k = 0.37 \cdot 25 - 5.1 = 4.15 \text{ kN/m}^2$$

Kantavat seinät h = 2.6 m:

b=125

$$g_k = 0.125 \cdot 2.6 \cdot 25 = 8.2 \text{ kN/m}$$

b=150

$$g_k = 0.15 \cdot 2.6 \cdot 25 = 9.8 \text{ kN/m}$$

b=180

$$g_k = 0.18 \cdot 2.6 \cdot 25 = 11.7 \text{ kN/m}$$

b=200

$$g_k = 0.20 \cdot 2.6 \cdot 25 = 13.0 \text{ kN/m}$$

1.6.2 Tuulikuormat

Maaston rosaisuus ja pinnanmuoto eivät vaikuta puuskanopeuspaineeseen, jolloin $q_{p0}(z) = q_p(z)$.

Tuulen puuskanopeuspaineen ominaisarvo korkeudella z : $q_{p0}(z) = q_p(z) = 0.79 \text{ kN/m}^2$ (tuulen nopeuden perusarvo 21 m/s^2), rakennuksen tuulelle altis korkeus $h = z = 22 \text{ m}$, maastoluokka 2.

1.6.3 Lumikuormat

Yläpohja:

- Lumikuorman ominaisarvo maanpinnalla: $s_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$

- Lumikuorman ominaisarvo katolla: $s = 2.0 \text{ kN/m}^2$ (tuulensuojaiskerroin $C_e = 1.0$, muotokerroin $\mu_i = 0.8$).

1.6.4 Hyötykuormat

Kerrosten 1..6 välipohjat:

- Hyötykuorman ominaisarvo: $q_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$, parvekkeilla 2.5 kN/m^2 (luokka A)

1.6.5 Onnettomuuskuormat Ks. kohta 5

1.7 Kuormien yhdistely

Hyötykuorman, tuulikuorman ja katon lumikuorman ψ -kertoimien arvot SFS-EN 1990 Suomen kansallisen liitteen mukaan. Rakennuksen tai rakennusosien seuraamusluokka ei edellytä korotuksia kuormien ominaisarvoihin.

Rakenneosat, joiden suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, ilmastosta johtuvien kuormien ominaisarvot kerrotaan luvulla 1,08.

1.8 Hyötykuormavähennysten käyttö

Pilari- ja seinärakenteille saa tehdä hyötykuormien kerrosvähennyksen (α_n), mutta palkki- tai lattarakenteille ei saa tehdä hyötykuorman pinta-alavähennystä (α_A).

2 Rakennuksen jäykistys

2.1 Vaakakuormien määrittely

EN 1991-1-4 antaa kaksi vaihtoehtoista tapaa laskea rakennukseen vaikuttava kokonaistuulikuorma. Tässä esitetään molemmat tavat.

2.1.1 Kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen c_f avulla.

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(h) A_{ref}$$

rakennekerroin $c_s c_d$

Valitaan $c_s c_d = 1.0$, varmalla puolella

Asuinrakennus (koko $b*d*h = 43.9*18.4*22m$)

Tehollinen hoikkuus:

$\lambda = 2.25$, kun $h/b = 22/18.4 = 1.196$ (interpoloitu)

$\lambda = 0.94$, kun $h/b = 22/43.9 = 0.501$ (interpoloitu)

Voimakertoimet c_f :

$c_f = 0,95$ rakennuksen kohtisuoraan pitkää sivua kohdistuvalle tuulelle (Y-suunta), $d/b = 43.9/18,4 = 2.39$

$$F_w = 1.0 * 0.95 * 0.79 * 43.9 * 22 = 724.8 \text{ kN}$$

$c_f = 1,4$ rakennuksen kohtisuoraan lyhyttä sivua kohdistuvalle tuulelle (X-suunta), $d/b = 18,4/43,9 = 0.42$

$$F_w = 1.0 * 1.4 * 0.79 * 18.4 * 22 = 447.7 \text{ kN}$$

2.1.2 Paine kertoimet ja kokonaistuulivoima

Ulkoiset paine- ja imukuormat kun $c_s c_d = 1$

Tuulenpaineen jakauma:

Rakennuksen pitkää sivua kohtisuoraan (Y-suunta)

$h < b$

$$q_p(z) = q_p(h) = 0.79 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 22/18.4 = 1.2$$

tuulenpuoli (Alue D), $c_{pe,10} = 0.8$

suojanpuoli (Alue E, imu), $c_{pe,10} = -0.5$

Rakennuksen lyhyttä sivua kohtisuoraan (X-suunta)

$h = 22$, $b = 18.4$

Korkeudelle $h=b$ $q_p(z) = q_p(b) = 0.76 \text{ kN/m}^2$

Korkeudella $h-b$ yläosassa $q_p(z) = q_p(h) = 0.79 \text{ kN/m}^2$

Ero on pieni, joten valitaan koko korkeudelle $q_p = 0.79 \text{ kN/m}^2$

$$h/d = 22/43.9 = 0.50$$

$$\text{tuulenpuoli (Alue D)} \quad C_{pe,10} = 0.75$$

$$\text{suojanpuoli (Alue E, imu)} \quad C_{pe,10} = -0.4$$

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima pintapaineiden avulla:

$$F_w = g_e F_{w,e} + F_{w,i} + F_{fr}, \text{ missä}$$

Kerroin g_e ratkaistaan suhteen h/d avulla:

(h =rakennuksen korkeus, d =rakennuksen pituusmitta tuulen suunnassa)

$$\text{y-suunta: } h/d = 22/18.4 = 1.2 \Rightarrow g_e = 0.89$$

$$\text{x-suunta: } h/d = 22/43.9 = 0.5 \Rightarrow g_e = 0.85$$

$$F_{w,e} = s_{w,e} \cdot A_{ref}$$

$F_{w,i}$ = sisäinen paine, ei huomioida, koska ei aukkoja

F_{fr} = kitkavoima, ei tarvitse huomioida, koska sekä y- ja x-suunnassa tuulen suuntaisten pintojen kokonaisala on pienempi kuin 4 kertaa kaikkien tuulta vasten kohtisuorien ulkopintojen kokonaisala.

y-suunta:

$$F_w = 0.89 \cdot 0.79 \cdot (0.8 + 0.5) \cdot 22 \cdot 43.9 = 882.8 \text{ kN}$$

x-suunta:

$$F_w = 0.85 \cdot 0.79 \cdot (0.75 + 0.4) \cdot 22 \cdot 18.4 = 312.6 \text{ kN}$$

Valitaan kokonaistuulikuorman laskemiseen kohdan 2.1.2 mukainen vaihtoehtoinen tapa.

2.1.3 Muut vaakakuormat

Toisen kertaluvun vaikutuksia ei tarvitse tässä huomioida. Perustelut ks. 1992-1-1, kohta 5.8.3.3 kaava 5.18.

Mittaepätarkkuuksista johtuvat vaikutukset otetaan huomioon murtorajatiliossa.

Väli- ja yläpohjan levykenttien vaakakuormaa laskettaessa L =kerroksen korkeus ja m = pystyrakenteiden määrä

Vinous lasketaan kaavalla

$$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m \quad \text{EN 1992-1-1 (5.1)}$$

$$\theta_0 = 1/200$$

Ehto:

$$\alpha_h = 2/\sqrt{L}; 2/3 \leq \alpha_h \leq 1,0, \text{ missä } L = \text{rakennuksen korkeus}$$

$$\alpha_h = 0,43, \text{ valitaan } 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{\left(0,5 + \left(1 + \frac{1}{m}\right)\right)}, \text{ tässä } m=10 \text{ (varmalla puolella)}$$

$$\alpha_m = 0,74$$

$$\theta_i = 1/405$$

Jaetaan mittaepätarkkuuksista aiheutuvat pysyvät ja muuttuvat kuormat kerroksille:

Käytetään seuraavia kokemusperäisiä arvoja (elementtirakenteiset asuinrakennukset):

Omat painot ja pysyvät (vaaka- ja pystyrakenteet) $g_k = 12 \text{ kN/m}^2/\text{kerros}$
(sisältää myös betonihormien painon)

Hyötykuormat

$$q_k = 2.2 \text{ kN/m}^2/\text{kerros}$$

Yhdelle kerrokselle tulevat vaakakuormat tarkasteltaessa lohkon 2 jäykistystä:

$$y\text{-ja } x\text{-suunta: } H_{g_k} = 14.385 * 20.955 * 1/405 * 12 = 8.93 \text{ kN/kerros}$$

$$H_{q_k} = 14.385 * 20.955 * 1/405 * 2.2 = 1.63 \text{ kN/kerros}$$

Kokonaisvaakavoimat:

$$H_{g_k} = 7 * 8.93 = 62.50 \text{ kN}$$

$$H_{q_k} = 7 * 1.63 = 11.46 \text{ kN}$$

2.2 Jäykistyksen laskennassa käytettävät kuormitustapaukset ja kuormayhdistelyt

2.2.1 Kuormitustapaukset

No.	Nimi
1	Omapaino (sis. seinät)
2	Pysyvät kuormat
3	Hyötykuorma
4	Lumi
5	Tuuli y+
6	Hg y+
7	Hq y+
8	Tuuli y-
9	Hg y-
10	Hq y-
11	Tuuli x+
12	Hg x+
13	Hqx+
14	Tuuli x-
15	Hg x-
16	Hq x-

2.2.1 Kuormitusyhdistelyt

No.	Nimi	Tyyppi	Kerroin	Kuormitustapaus
1	tuuli y+ max STR	Murtorajatila	1,15 1,15 1,5*0,7=1.05 1,05 1,50 1,15 1,05	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y+ Hg y+ Hq y+
2	Hyöty y+ max STR	Murtorajatila	1,15 1,15 1,50 1,05 0,90 1,15 1,50	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y+ Hg y+ Hq y+
3	EQU y+	Murtorajatila	0,90 0,90 1,50 0,90	Omapaino Pysyvät kuormat Tuuli y+ Hg y+
4	Tuuli y- max STR	Murtorajatila	1,15 1,15 1,05 1,05 1,50 1,15 1,50	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y- Hg y- Hq y-
5	Hyöty y- max STR	Murtorajatila	1,15 1,15 1,50 1,05 0,90 1,15 1,50	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y- Hg y- Hq y-
6	Pysyvät y+ STR 1,35	Murtorajatila	1,05 1,05 1,05	Omapaino Pysyvät kuormat Hg y+

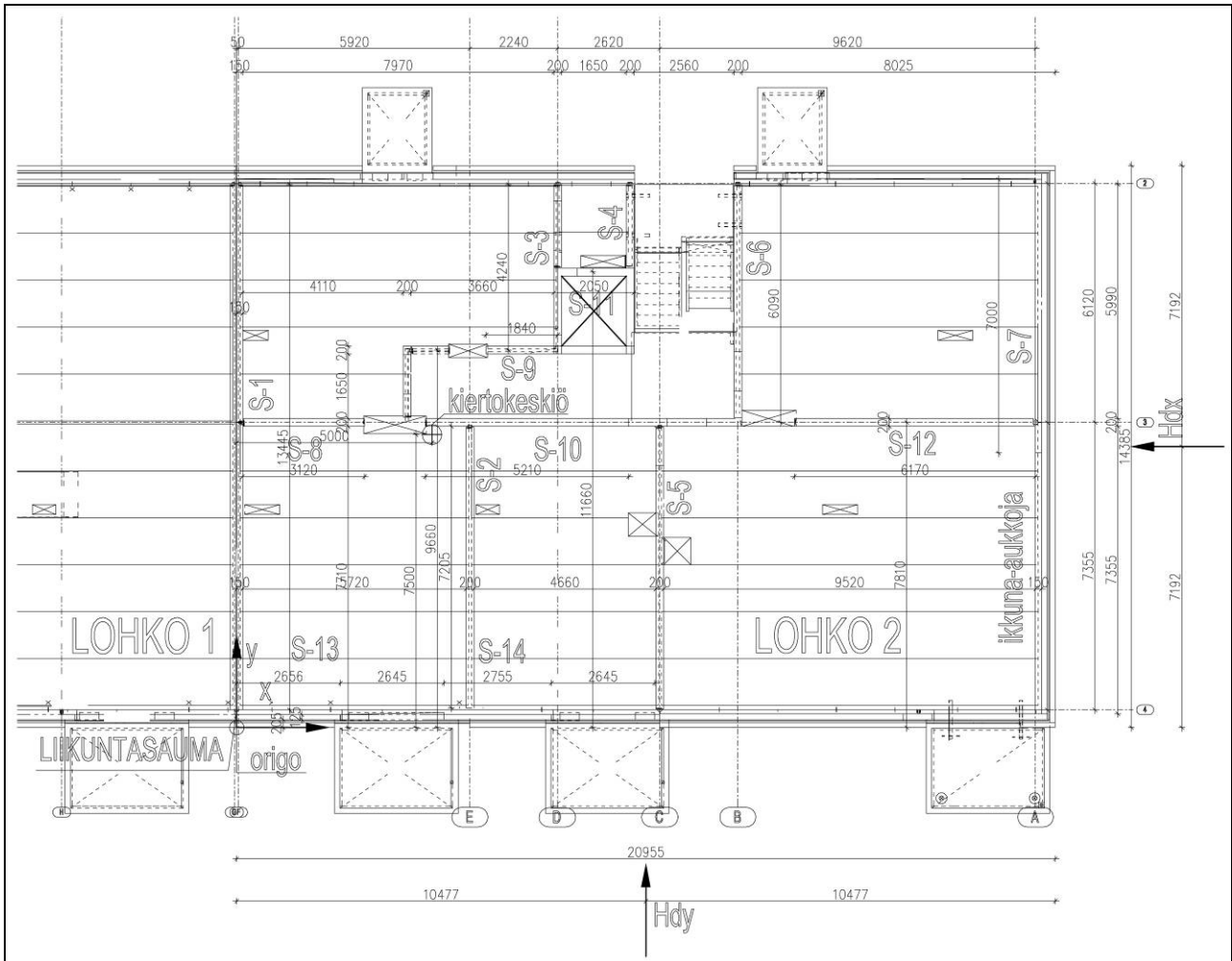
7	Pysyvät y- STR 1,35	Murtorajatila	1,05 1,05 1,05	Omapaino Pysyvät kuormat Hg y-
8	Tuuli y+ min STR	Murtorajatila	0,90 0,90 1,05 1,05 1,50 0,90 1,05	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y+ Hg y+ Hq y+
9	Tuuli y- min STR	Murtorajatila	0,90 0,90 1,05 1,05 1,50 0,90 1,05	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y- Hg y- Hq y-
10	Hyöty y+ min STR	Murtorajatila	0,90 0,90 1,50 1,05 0,90 0,90 1,50	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y+ Hg y+ Hq y+
11	Hyöty y- min STR	Murtorajatila	0,90 0,90 1,50 1,05 0,90 0,90 1,50	Omapaino Pysyvät kuormat Hyötykuorma Lumi Tuuli y- Hg y- Hq y-

X-suunta samoin

Kohdassa 3.0 esitetystä esimerkistä ei lasketa kaikkia kuormitustapauksia läpi, koska määrävä vaikutus saadaan huomattavasti suppeammalla tarkastelulla..

3.0 Seinien kuormitukset vaakavoimista (tuuli ja mittaepätarkkuudet)

Lasketaan seinien saamat vaakakuormitukset kuormitusyhdistelmällä 1 y- ja x-suunnassa. Tarkastellaan lohkoa 2, joka on erotettu liikuntasaumalla lohkosta 1. Lohkot asennetaan omia kokonaisuuksinaan ja niiden välillä ei ole jäykistykseen kannalta toiminnallista yhteyttä.



Kuva 3.1. Lohkon 2 jäykistävien seinien (S-) sijainti. Kuvassa on esitetty myös laskettu kiertokeskiö.

Kuormitukset:

y-suunta:

$$Hd_y = 1.15 \cdot Hg_k + 1.05 \cdot Hg_k + 1.5 \cdot F_{wk} \\ = 1.15 \cdot 62.50 + 1.05 \cdot 11.46 + 1.5 \cdot 882.80 = 1408.1 \text{ kN}$$

x-suunta:

$$Hd_x = 1.15 \cdot 62.50 + 1.05 \cdot 11.46 + 1.5 \cdot 312.60 = 552.8 \text{ kN}$$

Staattinen tasapaino tarkastetaan kuormitusyhdistelmällä 3 (ei esitetty tässä).

Laskelma voidaan tehdä jäykistystarkasteluihin soveltuvilla ohjelmistoilla (esim. DOF) tai käsinlaskennalla ohjeen "www.elementtisuunnittelu.fi >>Rakennuksen jäykistys >> Jäykistysjärjestelmät >>..Laskentaperiaatteet" mukaan. Yksinkertainen tapa ratkaista vaakavoimien jakautuminen on esitetty myös norjalaisessa julkaisussa www.betongelementboken.no

Tässä esityksessä on vaakavoimien jakautuminen laskettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla käyttäen edellä mainittuja lähteitä.

JÄYKISTYSTARKASTELU																													
Gramofoni																													
y-suunta																													
Seinä	Fw	Korkeus	Pituus	Leveys	x	y	b	l	E	I _x	I _y	H	k _y	k _x	Fw	Hd	x*ky	y*kx	O	ε	Fs	Mk	(O-x) ²	(O-y) ²	φ	Fk	Fk+Fs		
	tuuli, kN/m ²	m	m	m	m	m	m	m	MN/m ²	m ⁴	m ⁴	m			tuuli	vinoudet			m	m	kN	kNm	*ky	*kx	kulma	kN	kN		
y-suuntaiset																													
S1	0.79	22	20.96	14.39	0.08	0.15	13.4	30000	30.38			22	684,8		1323,9	83,9	51,36			5,0	-5,5	800,3	-7730,3	16517,7		-0,1284	-431,8	368,5	
S2	0.79	22	20.96	14.39	5,97	0,2	7,2	30000	6,23			22	140,5		1323,9	83,9	838,82			5,0	-5,5	164,2	-7730,3	135,9		-0,1284	17,7	182,0	
S3	0.79	22	20.96	14.39	8,21	0,2	4,2	30000	1,27			22	28,6		1323,9	83,9	236,09			5,0	-5,5	33,5	-7730,3	297,6		-0,1284	11,9	45,3	
S4	0.79	22	20.96	14.39	10,1	0,2	4,2	30000	1,27			22	28,6		1323,9	83,9	288,06			5,0	-5,5	33,5	-7730,3	737,1		-0,1284	18,7	52,1	
S5	0.79	22	20.96	14.39	10,8	0,2	7,2	30000	6,23			22	140,5		1323,9	83,9	1521,68			5,0	-5,5	164,2	-7730,3	4797,9		-0,1284	105,4	269,6	
S6	0.79	22	20.96	14.39	12,8	0,2	6,1	30000	3,76			22	84,8		1323,9	83,9	1087,76			5,0	-5,5	99,2	-7730,3	5206,7		-0,1284	85,3	184,5	
S7	0.79	22	20.96	14.39	20,5	0,15	7,0	30000	4,29			22	96,6		1323,9	83,9	1983,49			5,0	-5,5	112,9	-7730,3	23333,0		-0,1284	192,8	305,8	
Σ										53,4	7,4																		
x-suuntaiset																													
S8	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	3,2	30000	0,55			22	12,3	0,0	0,0		96,14	7,5	0,3			-7730,3		893,3	-0,1284	-0,493	-0,493		
S9	0,00	22	20,96	14,39	9,96	0,2	1,8	30000	0,10			22	2,3	0,0	0,0		23,31	7,5	0,3			-7730,3		218,1	-0,1284	-0,740	-0,740		
S10	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	5,2	30000	2,36			22	53,1	0,0	0,0		414,91	7,5	0,3			-7730,3		2992,0	-0,1284	-2,129	-2,129		
S11	0,00	22	20,96	14,39	11,7	0,2	1,9	30000	0,11			22	2,4	0,0	0,0		27,73	7,5	0,3			-7730,3		306,7	-0,1284	-1,271	-1,271		
S12	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	6,2	30000	3,91			22	88,2	0,0	0,0		689,13	7,5	0,3			-7730,3		4969,3	-0,1284	-3,536	-3,536		
S13	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000	0,20			22	4,4	0,0	0,0		1,17	7,5	0,3			-7730,3		0,0	-0,1284	4,084	4,084		
S14	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000	0,20			22	4,4	0,0	0,0		1,17	7,5	0,3			-7730,3		0,0	-0,1284	4,084	4,084		
Σ																													

KIERTOKESKIÖ

VOIMAT
SIIRTYMISTÄ

VOIMAT
KIERTYMISTÄ

Kuva 3.2 Y-suuntaisen kuormituksen jakautuminen jäykistävillä seinillä

Laskelmasta voi nähdä, että lohkon 2 kiertokeskiö poikkeaa geometrisesta painopisteestä mm. siksi, että päätyseinän ikkuna-aukot pienentävät seinän S-7 toimivaa osaa oleellisesti. Mikäli aukkoja ei huomioitaisi olisi kiertokeskiö

etäisyydellä 7500 mm y-akselin tasosta. ks. kuva 3.3. Virhe olisi merkittävä voimien jakautumisen kannalta.

Lisäksi on huomattava, että hormit jakavat jäykistäviä seiniä osiin, jolloin osaseiniä jäykkyyksien summa on huomattavasti pienempi kuin yhtenäisen pitkän seinän jäykkyys. Betonirakenteinen hormi ei voi olla jäykistävän rakenteen toimiva osa.

Laskelmassa kaikkien seinien kimmokerroin on sama, jolloin sen lukuarvolla ei ole merkitystä voimien jakautumiseen.

JÄYKISTYSTARKASTELU																											
Gramofoni																											
y-suunta																											
Seinä	Fw	Korkeus	Pituus	Leveys	x	y	b	l	E	lx	ly	H	ky	kx	Fw	Hd	x*ky	y*kx	O	ε	Fs	Mk	(O-x) ²	(O-y) ²	φ	Fk	Fk+Fs
	tuuli, kN/m ²	m	m	m	m	m	m	m	MN/m ²	m ⁴	m ⁴	m			tuuli	vinoudet			m	m	kN	kNm	*ky	*kx	kulma	kN	kN
y-suuntaiset																											
S1	0,79	22	20,96	14,39	0,08		0,15	13,4	30000	30,38		22	684,8		1323,9	83,9	51,36		10,1	-0,4	537,8	-553,7	68601,8		-0,0036	-24,4	513,4
S2	0,79	22	20,96	14,39	5,97		0,2	7,2	30000	6,23		22	140,5		1323,9	83,9	838,82		10,1	-0,4	110,3	-553,7	2378,3		-0,0036	-2,1	108,3
S3	0,79	22	20,96	14,39	8,21		0,2	4,2	30000	1,27		22	28,6		1323,9	83,9	235,09		10,1	-0,4	22,5	-553,7	100,6		-0,0036	-0,2	22,3
S4	0,79	22	20,96	14,39	10,1		0,2	4,2	30000	1,27		22	28,6		1323,9	83,9	288,06		10,1	-0,4	22,5	-553,7	0,0		-0,0036	0,0	22,5
S5	0,79	22	20,96	14,39	10,8		0,2	7,2	30000	6,23		22	140,5		1323,9	83,9	1521,68		10,1	-0,4	110,3	-553,7	78,1		-0,0036	0,4	110,7
S6	0,79	22	20,96	14,39	12,8		0,2	6,1	30000	3,76		22	84,8		1323,9	83,9	1087,76		10,1	-0,4	66,6	-553,7	635,0		-0,0036	0,8	67,5
S7	0,79	22	20,96	14,39	20,5		0,15	13,4	30000	30,38		22	684,8		1323,9	83,9	14054,61		10,1	-0,4	537,8	-553,7	74645,2		-0,0036	25,4	563,2
x-suuntaiset																											
S8	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	3,2	30000		0,55	22	12,3	0,0	0,0			96,14	7,5	0,3		-553,7		693,3	-0,0036	-0,014	-0,014	
S9	0,00	22	20,96	14,39	9,96	0,2	1,8	30000		0,10	22	2,3	0,0	0,0			23,31	7,5	0,3		-553,7		218,1	-0,0036	-0,020	-0,020	
S10	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	5,2	30000		2,36	22	53,1	0,0	0,0			414,91	7,5	0,3		-553,7		2992,0	-0,0036	-0,059	-0,059	
S11	0,00	22	20,96	14,39	11,7	0,2	1,9	30000		0,11	22	2,4	0,0	0,0			27,73	7,5	0,3		-553,7		306,7	-0,0036	-0,035	-0,035	
S12	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	6,2	30000		3,91	22	88,2	0,0	0,0			689,13	7,5	0,3		-553,7		4969,3	-0,0036	-0,098	-0,098	
S13	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000		0,20	22	4,4	0,0	0,0			1,17	7,5	0,3		-553,7		0,0	-0,0036	0,113	0,113	
S14	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000		0,20	22	4,4	0,0	0,0			1,17	7,5	0,3		-553,7		0,0	-0,0036	0,113	0,113	
Σ										79,5	7,4		1792,6	167,2			18077,4	1253,6					146439,1	9179,4			1407,8

HUOMI! KIERTOKESKIÖN SIJAINTI EDULLINNEN

SIIRTYMISTÄ

KIERTYMISTÄ

Kuva 3.3 Y-suuntaisen kuormituksen jakautuminen jäykistäville seinille, jos seinän S-7 aukkoja ei huomioida.

JÄYKISTYSTARKASTELU
Gramofoni
x-suunta

Seinä	Fw	Korkeus	Pituus	Leveys	x	y	b	l	E	Ix	Iy	H	ky	kx	Fw	Hd	x*ky	y*kx	O	ε	Fs	Mk	(O-x)/2	(O-y)/2	φ	Fk	Fk+Fs
	tuuli, kN/m ²	m	m	m	m	m	m	m	MN/m ²	m ⁴	m ⁴	m			kN	kN			m	m	kN	kNm	*ky	*kx	kulma	kN	kN
y-suuntaiset																											
S1	0,79	22	20,96	14,39	0,08	0,15	13,4	30000	30,38			22	684,8	0,0	51,36			5,0	-5,5	0,0	161,1	16517,7			0,0027	9,0	9,0
S2	0,79	22	20,96	14,39	5,97	0,2	7,2	30000	6,23			22	140,5	0,0	838,82			5,0	-5,5	0,0	161,1	135,9			0,0027	-0,4	-0,4
S3	0,79	22	20,96	14,39	8,21	0,2	4,2	30000	1,27			22	28,6	0,0	235,09			5,0	-5,5	0,0	161,1	297,6			0,0027	-0,2	-0,2
S4	0,79	22	20,96	14,39	10,1	0,2	4,2	30000	1,27			22	28,6	0,0	288,06			5,0	-5,5	0,0	161,1	737,1			0,0027	-0,4	-0,4
S5	0,79	22	20,96	14,39	10,8	0,2	7,2	30000	6,23			22	140,5	0,0	1521,68			5,0	-5,5	0,0	161,1	4797,9			0,0027	-2,2	-2,2
S6	0,79	22	20,96	14,39	12,8	0,2	6,1	30000	3,76			22	84,8	0,0	1087,76			5,0	-5,5	0,0	161,1	5206,7			0,0027	-1,8	-1,8
S7	0,79	22	20,96	14,39	20,5	0,15	7,0	30000	4,29			22	96,6	0,0	1983,49			5,0	-5,5	0,0	161,1	23333,0			0,0027	-4,0	-4,0
x-suuntaiset																											
S8	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	3,2	30000	0,55			22	12,3	468,9	83,9		98,14	7,5	0,3	40,701	161,1			695,9	0,0027	0,011	40,712
S9	0,00	22	20,96	14,39	9,96	0,2	1,8	30000	0,10			22	2,3	468,9	83,9		23,31	7,5	0,3	7,738	161,1			218,8	0,0027	0,015	7,753
S10	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	5,2	30000	2,36			22	53,1	468,9	83,9		414,91	7,5	0,3	175,658	161,1			3003,2	0,0027	0,046	175,704
S11	0,00	22	20,96	14,39	11,7	0,2	1,9	30000	0,11			22	2,4	468,9	83,9		27,73	7,5	0,3	7,864	161,1			307,4	0,0027	0,027	7,891
S12	0,00	22	20,96	14,39	7,81	0,2	6,2	30000	3,91			22	88,2	468,9	83,9		689,13	7,5	0,3	291,749	161,1			4988,0	0,0027	0,077	291,826
S13	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000	0,20			22	4,4	468,9	83,9		1,17	7,5	0,3	14,545	161,1			0,0	0,0027	-0,085	14,460
S14	0,00	22	20,96	14,39	0,27	0,125	2,7	30000	0,20			22	4,4	468,9	83,9		1,17	7,5	0,3	14,545	161,1			0,0	0,0027	-0,085	14,460
Σ									53,4	7,4			1204,5	167,2		6006,3	1251,2						51025,9	9213,2			552,806

KIERTOKESKIÖ

VOIMAT
SIIRTYMISTÄ

VOIMAT
KIERTYMISTÄ

Kuva 3.4 x-suuntaisen kuormituksen jakautuminen jäykistäville seinille. Kiertokeskiön paikka on lähellä rakennuksen geometristä painopisteakselia. Kiertymästä aiheutuvat voimat jäävät pieniksi.

4.0 Seinien pystykuormat

Lasketaan kuormat modulilla C kuormitusyhdistelyllä KT1.

PYSTYKUORMIEN ALASTUONTI:

Projekti: Gramofoni
MOD. C

				KT 1		
				kN/m	kN/m	kN/m
Taso +	7. krs katto	Huom!				
g2	3 kN/m ²	yp.rak				
g1	3,8 kN/m ²	ontelot				
q	2	lumik				
KL	7,5 m	kuormitusalue				
Lisäkuorma	Pg 51 kN/m	VS h=3m + hormit				
	Pg 25,5 kN/m					
	ΣPg 76,5 kN/m					
Lisäkuorma	Pq 15 kN/m		ΣPg	76,5	ΣPq	15,0
	Pq 0 kN/m					ΣPd
	ΣPq 15 kN/m					103,7
Taso +	6. krs katto	Huom!				
g2	1 kN/m ²	tasoite + kevyet vs:t				
g1	5,1 kN/m ²	ontelot				
q	2	hyötykuorma				
KL	7,5 m	kuormitusalue				
Lisäkuorma	Pg 45,75 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv				
	Pg 26,5 kN/m					
	ΣPg 72,25 kN/m					
Lisäkuorma	Pq 15 kN/m		ΣPg	148,8	ΣPq	30,0
	Pq 0 kN/m					ΣPd
	ΣPq 15 kN/m					202,6
Taso +	5. krs katto	Huom!				
g2	1 kN/m ²	tasoite + kevyet vs:t				
g1	5,1 kN/m ²	ontelot				
q	2	hyötykuorma				
KL	7,5 m	kuormitusalue				
Lisäkuorma	Pg 45,75 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv				
	Pg 26,5 kN/m					
	ΣPg 72,25 kN/m					
Lisäkuorma	Pq 15 kN/m		ΣPg	221,0	ΣPq	45,0
	Pq 0 kN/m					ΣPd
	ΣPq 15 kN/m					301,4
Taso +	4. krs katto	Huom!				
g2	1 kN/m ²	tasoite + kevyet vs:t				
g1	5,1 kN/m ²	ontelot				
q	2	hyötykuorma				
KL	7,5 m	kuormitusalue				
Lisäkuorma	Pg 45,75 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv				
	Pg 26,5 kN/m					
	ΣPg 72,25 kN/m					
Lisäkuorma	Pq 15 kN/m		ΣPg	293,3	ΣPq	60,0
	Pq 0 kN/m					ΣPd
	ΣPq 15 kN/m					400,2
Taso +	3. krs katto	Huom!				
g2	1 kN/m ²	tasoite + kevyet vs:t				
g1	5,1 kN/m ²	ontelot				
q	2	hyötykuorma				
KL	7,5 m	kuormitusalue				
Lisäkuorma	Pg 45,75 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv				
	Pg 26,5 kN/m					
	ΣPg 72,25 kN/m					
Lisäkuorma	Pq 15 kN/m		ΣPg	365,5	ΣPq	75,0
	Pq 0 kN/m					ΣPd
	ΣPq 15 kN/m					499,1
Taso +	2. krs katto	Huom!				
g2	1 kN/m ²	tasoite + kevyet vs:t				
g1	5,1 kN/m ²	ontelot				
q	2	hyötykuorma				
KL	7,5 m	kuormitusalue				

Lisäkuorma	Pg	45,75 kN/m				
	Pg	26,5 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv			
	ΣPg	72,25 kN/m				
Lisäkuorma	Pq	15 kN/m				
	Pq	0 kN/m		ΣPg	437,8	
	ΣPq	15 kN/m			ΣPq	90,0
						ΣPd
						597,9
Taso +	1. krs katto		Huom!			
g2	1 kN/m ²		tasoite + kevyet vs:t			
g1	5,1 kN/m ²		ontelot			
q	2		hyötykuorma			
KL	7,5 m		kuormitusalue			
Lisäkuorma	Pg	45,75 kN/m				
	Pg	26,5 kN/m	VS h=3m + hormit + kylp.pv			
	ΣPg	72,25 kN/m				
Lisäkuorma	Pq	15 kN/m				
	Pq	0 kN/m		ΣPg	510,0	
	ΣPq	15 kN/m			ΣPq	105,0
						ΣPd
						696,8

Kuva 3.5 Kuormien alastuonti.

4 Rakennesien mitoitus

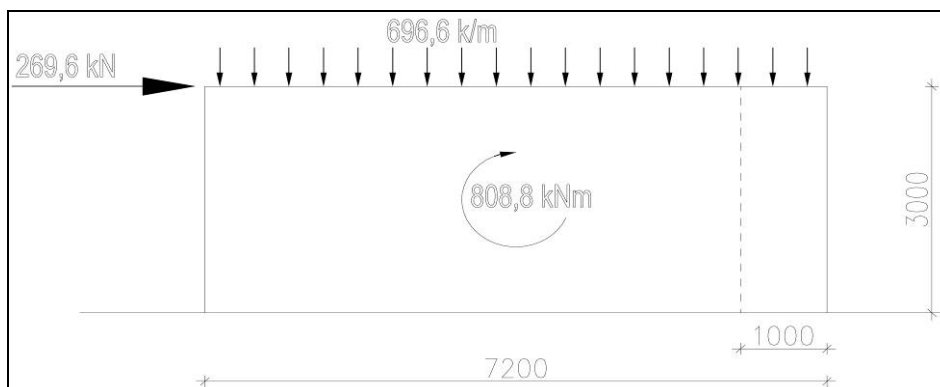
4.1 Jäykistävä seinä

Tarkastetaan modulin C seinän kestävyys raudoittamattomana kantokykytaulukoiden avulla.

Kuormat: $P_d = 696.8 \text{ kN/m}$, $M_d = 269.6 \cdot 3 = 808.8 \text{ kNm}$, $V_d = 269.6 \text{ kN}$

Tarkastellaan seinän pään 1m levyistä kaistaa, jolle otetaan momentista aiheutuva lisävoima $808.8/6.7 = 120.7 \text{ kN}$.

$N_d = 696.9 + 120.7 = 817.6 \text{ kN}$.



Kuva 3.6 Seinän S-5 kuormitukset.

Väliseinät

5.10.2010

*Oletukset ja rajoitukset***Raudoittamaton seinä**

- Viivakuorma $q_{Ed} = 0,5 \text{ kN/m}$ 1,2 m korkeudella
- Betoni C25/30, $\gamma_c = 1.5$ (2.4.2.4)

-1. kertaluvun epäkeskisyy

$$e_0 = \max(M_{02}/N_{ed}; M_{0Ed}/N_{ed}; hw/30; 20\text{mm}) \quad (12.12; 6.1.4)$$

- poikkileikkauksen jännitys: $f_{cd,pl} \leq \sigma_c \leq f_{ctd,pl}$
- Kerroin $\beta = 1.0$ (Table 12.1)
- **Hoikkuus $\lambda \leq 86$ (12.6.5.1.5)**

Seinän paksuus	Seinän korkeus	Raudoittamaton epäkeskisyy	
		$e_{1,end} = 0;$ $e_{2,end} = 0$	$e_{1,end} = 0;$ $e_{2,end} = 20$
120	2700	422	247
	3000	-	-
	3300	-	-
	3600	-	-
	4200	-	-
150	2700	809	635
	3000	741	547
	3300	673	460
	3600	605	373
	3900	-	-
	4200	-	-
180	2700	1197	1022
	3000	1129	935
	3300	1061	848
	3600	993	760
	3900	925	673
	4200	857	585
200	2700	1455	1281
	3000	1387	1193
	3300	1319	1106
	3600	1251	1019
	3900	1183	931
	4200	1115	844

Kuva 3.6 Seinän kantokykytaulukko. www.elementtisuunnittelu.fi

Seinän kantokyky on 1193 kN > Nd.

5. Onnettomuustarkastelu

5.1. NOUDATETTAVAT SUUNNITTELUSÄÄNNÖT

- SFS-EN 1991-1-7 ja kansallinen liite
- SFS-EN 1992-1-1 ja kansallinen liite

5.2. RAKENNUKSEN LUOKITUS

Rakennus on 6- ja osittain 7.kerroksinen. SFS-EN 1991-1-7 kansallisen liitteen taulukon 1 mukaan rakennuksen seuraamusluokka on 2b.

Seuraamusluokka	Rakennuksen tyyppin ja käyttötarkoituksen mukainen luokitus
1	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot
2a Melko pienen riskin ryhmä	Rakennukset, joissa on korkeintaan neljä maanpäällistä kerrosta ¹⁾ tai joiden korkeus maanpinnasta on enintään 16 m
2b Melko suuren riskin ryhmä	Kaikki muut rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu seuraamusluokkiin 1, 2a tai 3
3a	9-15 kerroksiset ²⁾ asuin-, konttori- ja liikerakennukset ja muut 9-15 kerroksiset käyttötarkoitukseltaan ja rungoltaan samantyyppiset rakennukset
3b	Muut yli 8-kerroksiset ²⁾ rakennukset Konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot (yli 1000 henkeä) Raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset Erikoisrakenteet tapauskohtaisen harkinnan mukaan

¹⁾ Asuinrakennukset, joissa on korkeintaan kaksi maanpäällistä kerrosta, voidaan suunnitella kuitenkin onnettomuusrajatilassa seuraamusluokan 1 mukaisesti.

²⁾ Kellarikerrokset mukaan luettuina.

Taulukko 5.1. Rakennuksen luokitus onnettomuusrajatilassa

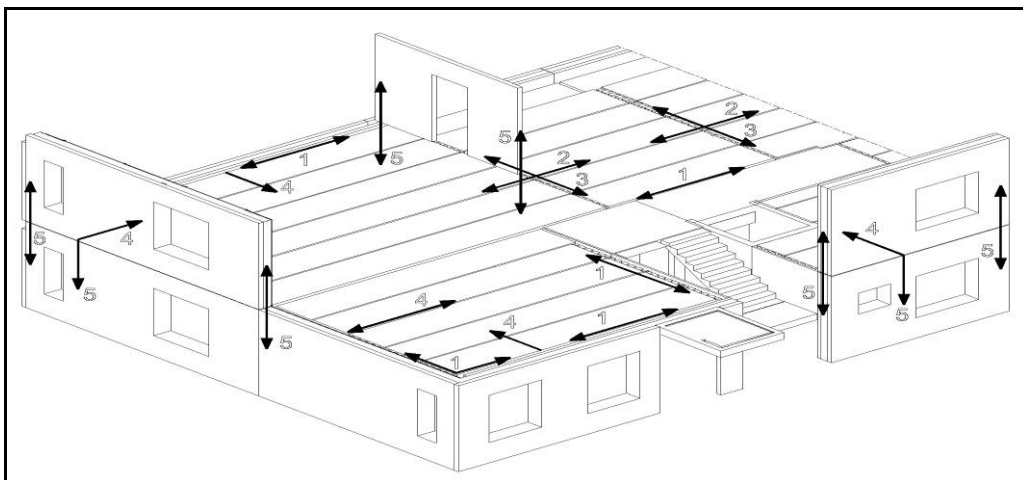
5.3 TOIMINTAPERIAATTEET

- Tilaaja ei voi ilman viranomaisen suostumusta sopia onnettomuuskuormille hankekohtaisesti pienempiä arvoja kuin standardissa SFS-EN 1991-1-7.
- SFS-EN 1991-1-7 luvun 3 mukaan on hyväksyttävää suunnitella rakenne siten, että onnettomuustilanteessa voi syntyä paikallisia vaurioita. Paikallinen vaurio ei saa kuitenkaan aiheuttaa koko rakennuksen tai sen merkittävän osan sortumista. Tällöin saavutetaan riittävä vaurionsietokyky, jotta rakennus ei sorru erityyppisten määrittelemättömien onnettomuuskuormien vaikutuksesta.
- Vähimmäiskesto, jonka rakennuksen tarvitsee olla toimintakykyinen, on se aika, joka tarvitaan ihmisten poistumiseen ja pelastamiseen rakennuksesta ja sen välittömästä läheisyydestä
- Määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurioitumisen laajuus on yhdessä kerroksessa enintään 15% kyseisen kerroksen lattiapinta-alasta ja enintään 100 m². Vaurio saa tapahtua monikerroksisessa rakennuksessa kahdessa päällekkäisessä kerroksessa.
- **Rakennuksen kantaviin rakenteisiin ei kohdistu tässä tapauksessa törmäyskuormia**

4.4 JATKUVAN SORTUMAN ESTÄMINEN

- EN 1991-1-7 (+ kansallinen liite) ja EN 1992-1-1 mukaan rakennuksissa, joita ei ole monoliittisesti suunniteltu kestäämään onnettomuuskuormia, tulee
 - a) olla jatkuvan sortumisen estämiseen soveltuva sidejärjestelmä, joka mahdollistaa kuormien siirtymisen toista kautta paikallisen vaurion jälkeen. Tällöin rakennus varustetaan seuraavilla siteillä:

- 1 laatastion ympäri kiertävät siteet (rengasraudoitus)
- 2-3 laatastion sisäiset, toisiaan vastaan kohtisuorat siteet (saumaraudoitus)
- 4 vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet
- 5 pystysiteet yli 4-kerroksisissa rakennuksissa



Kuva 5.1. Rakennuksen sidejärjestelmä.

Kertymäleveydet s_i :

$$s_1 = 7,290 \text{ m}$$

$$s_2 = 4.850 \text{ m}$$

$$s_3 = 3.635 \text{ m}$$

$$s_4 = 3.637 \text{ m}$$

Sidevoimat T_i :

$$T_1 = 7.290 \times 20 = 145.8 \text{ kN}$$

$$T_2 = (4.850 + 0.415) \times 20 = 105.3 \text{ kN}$$

$$T_3 = 3.635 \times 20 = 72.7 \text{ kN}$$

$$T_4 = (3.637 + 0.540) \times 20 = 83.5 \text{ kN}$$

Teräkset:

A500 HW, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$$A_{s1} = 145.8 \times 1000 \text{ N} / 500 \text{ N/mm}^2 = 291.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } 3T12 = 339 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 105.3 \times 1000 \text{ N} / 500 \text{ N/mm}^2 = 210.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } 2T12 = 226 \text{ mm}^2$$

$$A_{s3} = 72.7 \times 1000 \text{ N} / 500 \text{ N/mm}^2 = 145.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } 2T12 = 226 \text{ mm}^2$$

$$A_{s4} = 83.5 \times 1000 \text{ N} / 500 \text{ N/mm}^2 = 167.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } 2T12 = 226$$

Ontelolaattojen suuntaiset saumateräkset

Eurokoodeista ei löydy selvää ohjetta ontelolaattojen tuelle sijoitettavien saumaterästen laskemiseen. Noudatetaan toistaiseksi Betoninormikortin 23 ohjetta.

Keskituki:

Teräkset k/k 1200

Tarvittava teräsmäärä on suurempi seuraavista

$$A_{s5} = (V_{k1} + V_{k2}) / f_{yk} \times L_1 / (L_1 + L_2) \text{ tai } 20 \text{ kN/m} / f_{yk}$$

$$V_{ki} = G_k + \psi_1 \times Q_k$$

$$V_{k1} = 4.85 \times (5.1 + 0.5 + 0.5 + 0.5 \times 2.0) = 34.4 \text{ kN/m}$$

$$V_{k2} = 2.44 \times (5.1 + 0.5 + 0.5 + 0.5 \times 2.0) = 17.3 \text{ kN/m}$$

$$A_{s5} = 1.2 \times (34.4 + 17.3) \times 1000 / 500 \times 9.70 / (9.70 + 4.88) = 82.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } T12 \text{ k } 1200 = 113 \text{ mm}^2$$

Reunatuki:

Teräkset k/k 1200

$$V_{k1} = 4.85 \times (5.1 + 0.5 + 0.5 + 0.5 \times 2.0) = 34.4 \text{ kN/m}$$

$$A_{s6} = 1.2 \times 34.4 \times 1000 / 500 = 82.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valitaan } T12 \text{ k } 1200 = 113 \text{ mm}^2$$

2. Seinien sidonta välipohjaan

Sidevoiman ominaisarvo

$$F_{tie} = 20 \text{ kN/m} \leq 150 \text{ kN}$$

Sijoitetaan yläpuolisen elementin koloihin juotettavat tapit seinien yläosaan saumaterästen viereen. Mitoitetaan tappi voimalle $F_{tie} = 20 \text{ kN/m}$. Mitoitus tehdään EN-1992-1-1 kohdan 6.25 mukaan onnettomuustilanteen materiaalivarmuuksin.

BES 2010				Tehnyt G. JOH	Sivu 1
Projekti Gramofoni	Nro. XXX	Tark. NNN	Pvm. 15.10.2010		
<u>Kahden betonisauman leikkausliitoksen kestävyys EN-1992-1-1 (6.25)</u>					
<u>Lähtötiedot:</u>					
Betoni:	C	30/37		<u>Onnettomuusmitoitustilanne</u>	
	f_{ck} :	30	MPa		
	f_{ctd} :	1,67	MPa	$\gamma_c = 1.2$	
	f_{cd} :	25	MPa	$\gamma_c = 1.2$	
Teräs:	A500 HW				
	f_{sd} :	500	MPa	$\gamma_s = 1.0$	
Vaarnojen halk.	d	20	mm		
Vaarnojen k-jako	s	1200	mm		
Vaarnojen kulma	α	90			
As		314	mm ²		
<u>Liittymäpinnat:</u>					
	c	0	Jos ei puristusta myös C = 0		
	μ	0,6			
	σ_n	0	MPa		
	b	200	mm		
Ohje:					
	Hyvin sileä	Sileä	Karhea	Vaarnattu	Monoliittinen
c:	0,025	0,35	0,45	0,5	0,625
μ :	0,5	0,6	0,7	0,9	1
<u>Laskenta:</u>					
$V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{sd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$				\leq	$0,5 \nu f_{cd}$
				missä	
				$\nu = 0,6(1 - f_{ck}/250) =$	0,53
<u>Tulos:</u>					
$V_{Rdi} =$	0,39	MPa	<	$0,5 \nu f_{cd} =$	6,60 MPa OK
$=$	78,5	kN/m			

Kuva 5.3. Kahden betonisauman leikkauskestävyys onnettomuustilanteessa.

Laskelmassa on otaksuttu, että saumassa ei ole puristusjännityksiä, jolloin liitoksen kestävyys perustuu pelkästään teräsvaarnan kestävyYTEEN. Laskelma osoittaa, että sauman leikkauskestävyys on riittävä.

Pystysuuntaiset siteet

Kantavien seinien tulee SFS-EN 1991-1-7 kansallisen liitteen mukaan kestää onnettomuusmitoitustilanteessa esiintyvä vetovoima, jonka mitoitusarvo on suurin pystysuuntaisen pysyvän ja muuttuvien kuormien mitoitusarvon reaktio, joka kertyy seinälle yhdestä kerroksesta. Vetovoima ankkuroidaan yläpuoliseen kerrokseen.

Kantavan seinän pystysiteet ryhmitetään enintään 6 m keskiöväleihin pitkin seinää ja ne ovat enintään 3 m etäisyydellä seinän vapaasta päästä.

Tarkastetaan linjan C väliseinän pystysiteet. Kerroskorkeus on 3.0 m. Muuttuvan kuorman yhdistelykerroin $\Psi_1=0.5$ (SFS-EN 1990 kohta 6.4.3.3 ja kansallisen liitteen taulukko A1.1 (FI)).

Ripustettava kuorma seinän paino mukaan luettuna:

$$F = 7.29 \times (5.1 + 0.5 + 0.5 + 0.5 \times 2.0) + 2.6 \times 0.2 \times 25 = 64.8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Väliseinäelementille tuleva kokonaiskuorma } F_{\text{tot}} = 7.215 \times 64.8 = 467.5 \text{ kN.}$$

$$\text{Sijoitetaan seinän pystysaumoihin } 2 \text{ T16, } F_R = 2 \times 201 \times 500 = 201 \text{ kN}$$

$$\text{Lisätään seinän kolmannespisteisiin seinäkengät } 2 \text{ PSK 20 ja jatkospultit } 2 \text{ HPM/P, } F_R = 2 \times 314 \times 500 = 314 \text{ kN.}$$

$$\text{Siteiden kokonaiskapasiteetti } F_{R_{\text{tot}}} = 201 + 314 = 515 \text{ kN} > 467.5 \text{ kN. OK.}$$

Siteet sijoitetaan väliseinäelementteihin perustuksista yläpohjaan.

Terästen ankkurointi tarkastetaan SFS-EN 1992-1-1 kohdan 8 ja kansallisen liitteen mukaan.