

Kehänurkan raudoitus

Kehät ovat rakenteita, jotka sisältävät yhdessä toimivia palkkeja ja pilareita. Palkin ja pilarin välisestä jäykästä (ei-nivelellisestä) liitoksesta aiheutuu kehänurkkaan momenttia. Momentista aiheutuvat veto- ja puristusresultantit on siirrettävä luotettavasti palkilta pilarille.

Kehän nurkassa voi olla kaksi kuormitustapausta:

- vedetty ulkonurkka;
Negatiivinen momentti aiheuttaa kehänurkan ulkoreunaan; palkin yläpintaan ja pilarin ulkoreunaan vetoa
vedetty ulkonurkka syntyy kuormitettaessa kehää sen ulkopuolelta
- vedetty sisänurkka
Positiivinen momentti aiheuttaa kehänurkan sisäreunaan; palkin alapintaan ja pilarin sisäreunaan vetoa
Vedetty sisänurkka syntyy kuormitettaessa kehää sen sisältä päin; esim. vesisäiliö

Vedetty ulkonurkka

Yksinkertaisin tapa on käyttää erillisiä taivutettuja tartuntoja niin palkissa kuin pilarissakin. Pilarin päätangot katkaistaan palkin alapintaan (mahdollinen työsauma) ja palkin päätangot viedään tuelle (pilarin päälle). Pilarin päätankojen viemistä palkin yläpintaan tulisi välttää.

Palkin yläpinnan raudoituksen vetovoima on luotettavasti siirrettävä pilarin ulkoreunan raudoitukselle tartuntojen välityksellä. Palkin yläpinnan raudoitus jatketaan tartunnalla yläpinnan vetoraudoituksen voimaa F_{td1} vastaavalla jatkospituudella ottaen huomioon, että kaikki yläpinnan teräkset jatketaan samassa kohtaa (jatkoskerroin $\alpha_6 = 1,5$, yläpinnan teräkset yleensä huonossa tartuntatilassa, kerroin $\eta_1 = 0,7$). Tartuntateräs voidaan limijatkoksen sijasta jatkaa muhviiliitoksella (esim. Lenton).

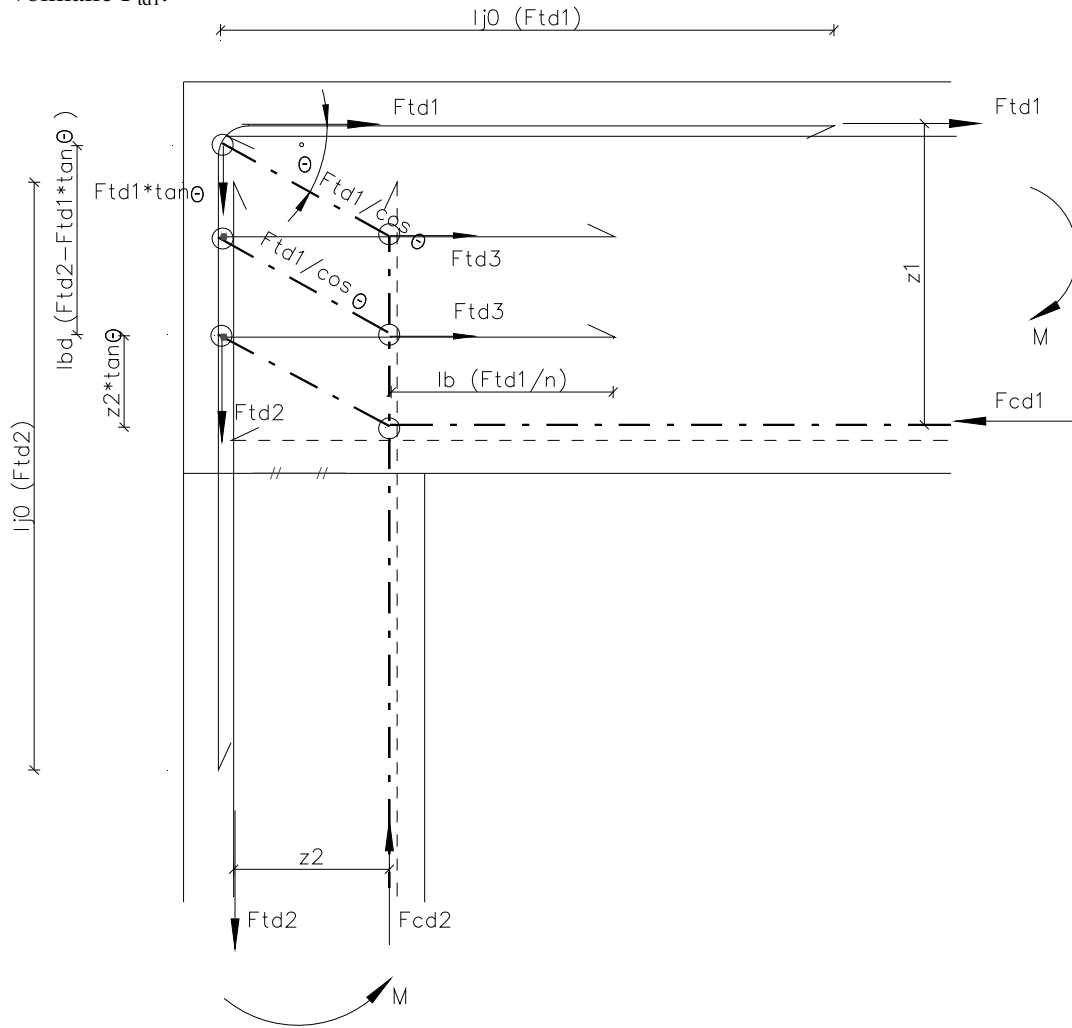
Pilarin pääteräs jatketaan tartuntateräksellä pilarin raudoituksen vetovoimaa F_{td2} vastaavasti ottaen huomioon, että kaikki yläpinnan teräkset jatketaan samassa kohtaa.

Tartuntateräksen jatkospituutta pilarin pääteräksiin laskettaessa on otettava huomioon, että korkeudella $z_2 \tan \theta$ palkin alapinnan teräksistä pilarin vetoraudoituksella/tartuntateräksillä on pilarin vetoraudoitusta vastaava voima F_{td2} . Palkin yläpinnan terästen korkeudella tartuntateräksen voima on $F_{td1} \tan \theta$. Jos kulma $\theta = 45^\circ$, on tartuntaterästen voima F_{td1} . Tartuntateräs on ankkuroitava palkin yläpinnan terästen korkeudelta alaspäin voimalle on $F_{td1} \tan \theta$.

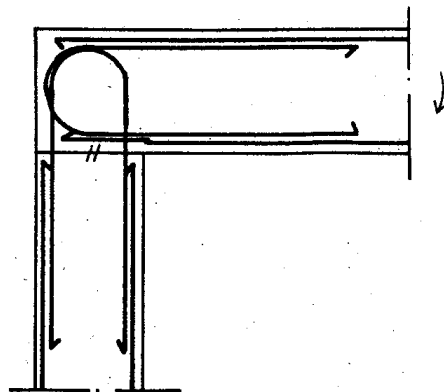
Kuvan ristikkomallista näkyy myös, että nurkassa tarvitaan vaakasuoraa lisäraudoitusta syntyville halkaisuvoimille (F_{t3}), jotka tuottavat huonosti raudoitettuun nurkkaan suuria pilarin ulkoreunasta alkavia kehänurkan sisäkulmaan suuntautuvia vinohalkeamia. Vaakaraudoitusta tarvitaan varmistamaan pilarin ja palkin erisuuruisten momenttivarsien z_c ja z_b aiheuttaman terästen vetovoimien erotuksen $\Delta F_t = F_{t2} - F_{t1}$ ankkuroitumisen pilarissa. Vaakavoimien summa $\Sigma F_{t3} = \Delta F_t \cdot \tan \theta$ /BY210/. (EC2:n mukaan jokainen yksittäinen voima $F_{t3} = F_{t1}$.)

Kehänurkan raudoitus voidaan muodostaa myös kahdesta nurkassa ristikkäin menevästä lenkistä. Pilarin pääteräkset päättyvät palkin alapinnan tasolle ja jatketaan työsaumasta pystysuuntaisella tartuntalenkillä. Pystylenkin ja pilarin pääteräksen välinen jatkospituus lasketaan pilarin vetoraudoituksen voimalle F_{td2} . Lenkin taivutus ja puristuspuolen leike antavat riittävän ankkurointikestävyuden lenkin suoran osan yläpäässä voimalle $F_{td1} \tan \theta$.

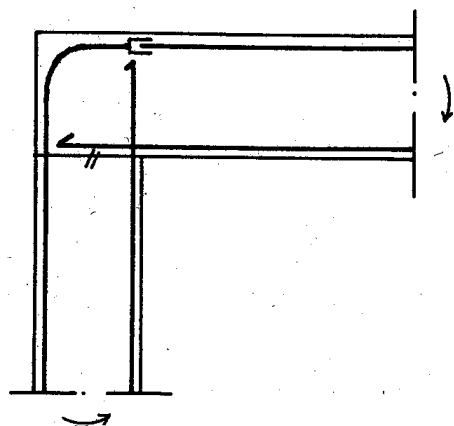
Vaakalennillä jatketaan palkin yläpinnan raudoitus, limityspituus lasketaan voimalle F_{td1} .
 Lenkin taivutus ja puristuspuolen leike antavat riittävän ankkurointikestävyyden lenkin päässä voimalle F_{td1} .

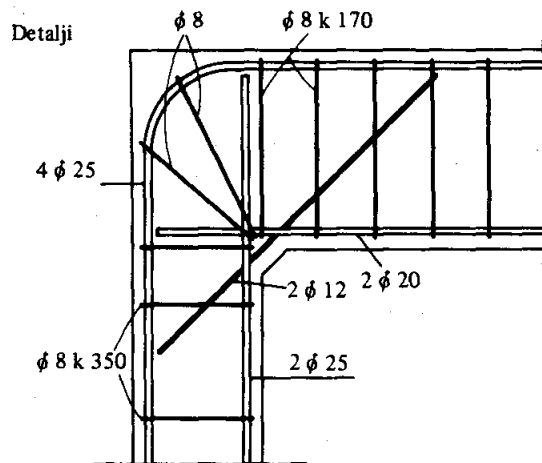
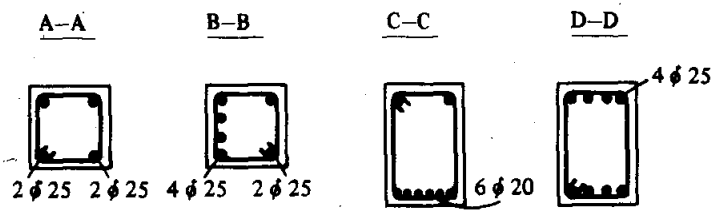
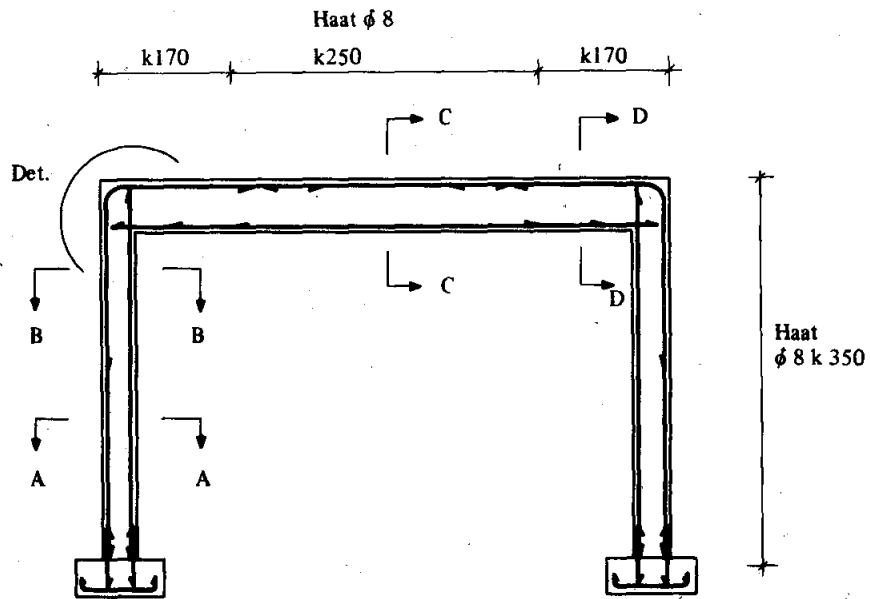


Lenkit



Muhvijatkos





Vedetty sisänurkka

Vedetyssä sisänurkassa syntyy sisäisten voimien N_c ja N_s suunnan muutoksen seurauksena kulman puolittajalla vaikuttava vetovoima F_t , joka pyrkii halkaisemaan betonia, jolloin puristettu ulkonurkka murtuu.

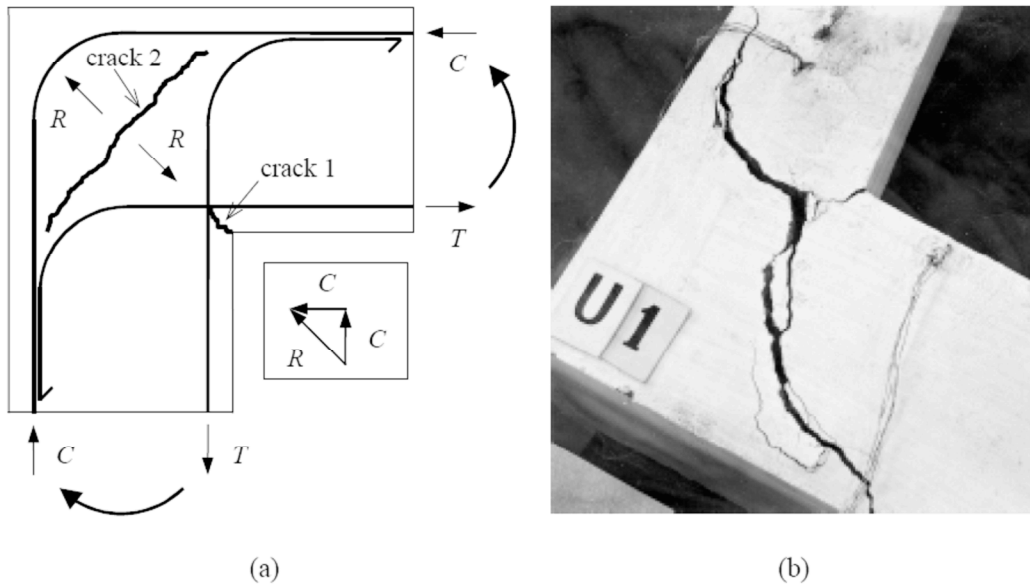
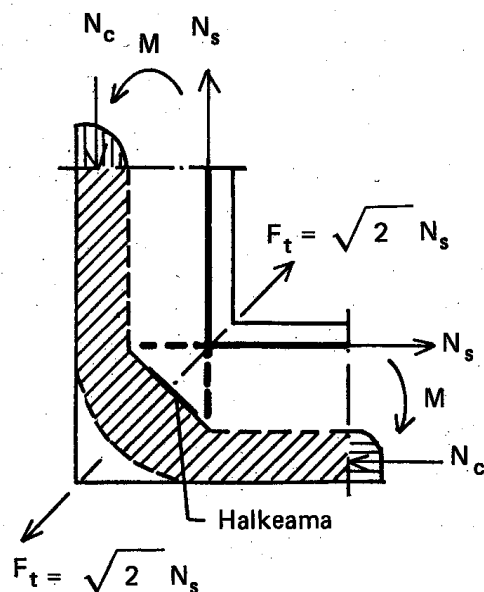


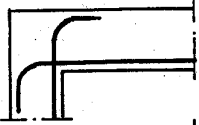
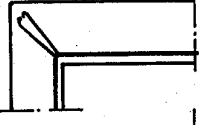
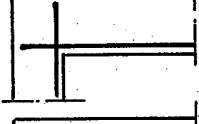

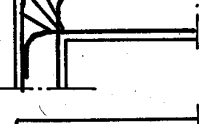
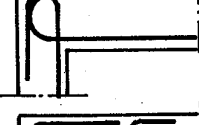
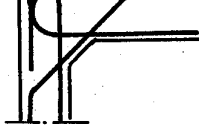
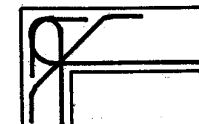

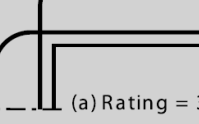
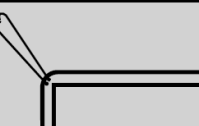
Figure 2.5 (a) Reinforcement detailing in earlier practice (*Type 1*) which is not very successful; (b) typical crack pattern at failure when such a detailing is used (no compressive reinforcement included here, though). From Nilsson (1973).

Kokeissa on havaittu, että rauditusjärjestelyillä, joissa ulkonurkkaa ei ole vahvistettu, nurkan kapasiteetti on olennaisesti pienempi verrattuna pilarin ja palkin poikkileikkausten kestävyysiin. Vedetyn sisänurkan tapauksessa ilman lisäraudoitusta ei yleensä päästä palkki- ja pilaripoikkileikkausten kestävyysiin. Usein suositellaan rauditus mitoitettavaksi käyttäen alennettua laskentalujuutta, esim $0.6 f_{yd}$.



Vedetyn sisänurkan rasitukset.

Taulukko 3.8 Eri raudoitteilla tehtyjen koekappaleiden ominaisuuksia vedetyssä sisänurkassa.

Koekappaleen numero	Viisteen koko	Betonin lujuus	$\frac{M_{ut}}{M_{uc}} = \text{(kokeen murtomom.)}$ $\frac{M_{uc}}{M_{uc}} = \text{(laskettu murtomom.)}$	Sisäkulman halkeamaleveys
	H cm	σ_c MPa	%	$M_{uc}/1,8$ mm
 U 21		33,9	32	Murtui
 U 27		27,7	61	0,60
 U 15		28,9	68	0,70
 U 12		33,5	77	0,27
 U 28		27,2	79	0,26
 U 24		39,8	87	0,34
 UV 3	10	31,8		0,08
 UV 4	5	27,7		0,06
 UV 5		33,5	114	0,11
 UV 6		29,2	115	0,13
 UV 7		33,9	123	0,13

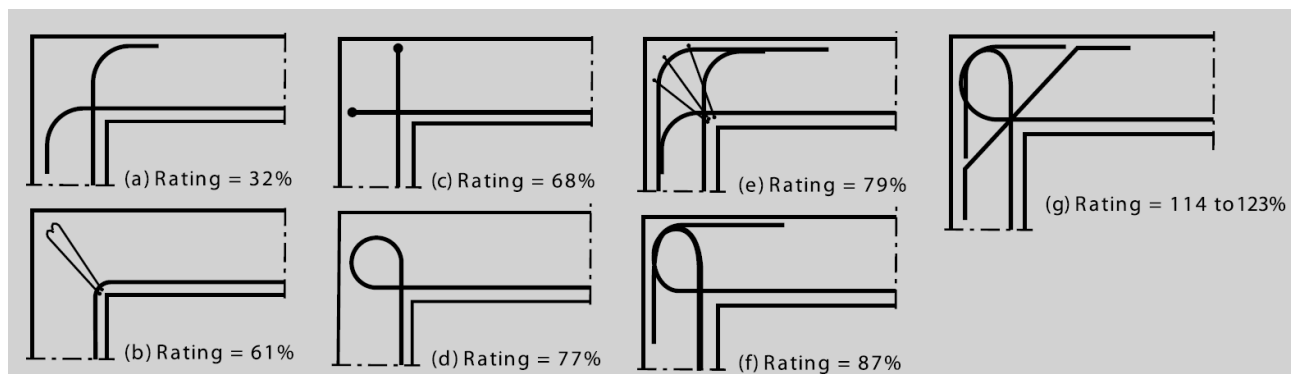
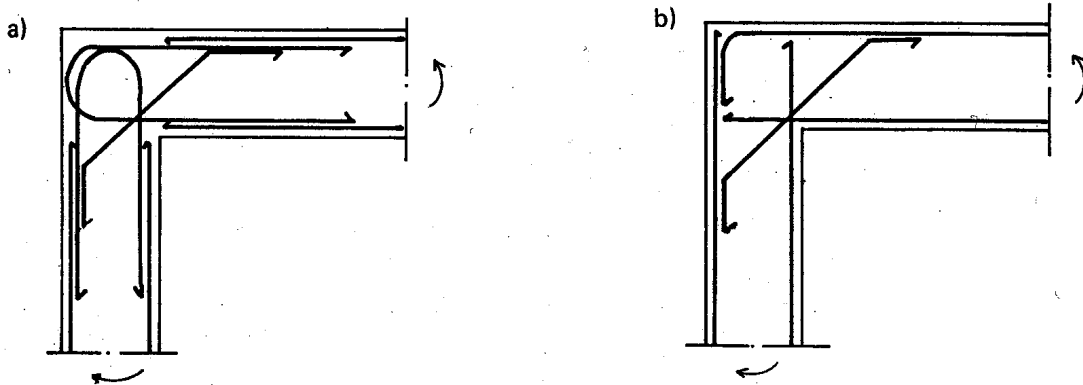


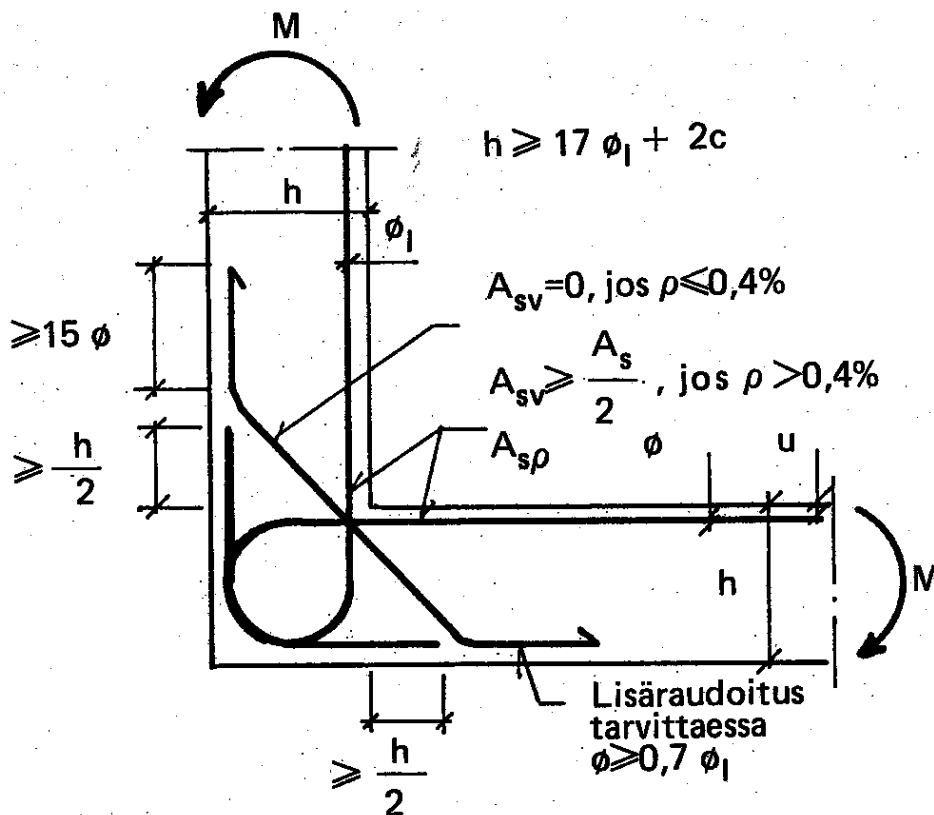
Fig. 10-1.1: Efficiency ratings (quotient of measured capacity and calculated capacity) for different reinforcement details (based on Reference 1)

Kuvassa on esitetty suositeltava vedetyn nurkan raudoitus riippuen nurkan rasitusten suuruudesta. Kun rasitukset ovat suuria ja tarvitaan poikkileikkausten maksimikestävyyksiä (teräsmäärä suuri), on tankojen ankkuroinnissa käytettävä lenkkejä. Lisäksi on käytettävä vinoa terästä. Katso Leonhardt: Vorlesungen über Massivbau, Drittel Teil.



Vedetyn sisänurkan raudoitusvaihtoehtoja.

- a) maksimikapasiteetille
- b) kun ankkurointikapasiteetti riittävä.

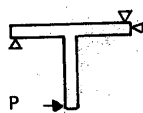

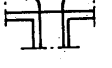
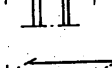
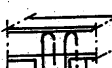
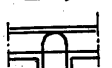

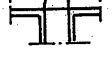
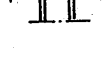
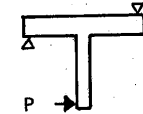
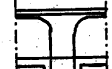
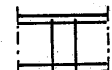

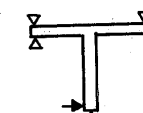


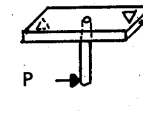




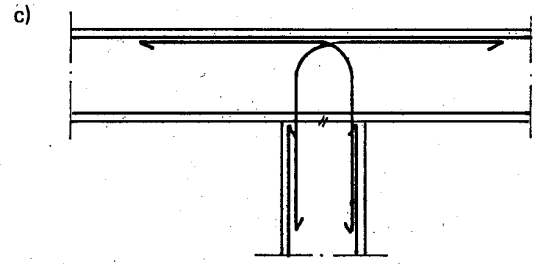
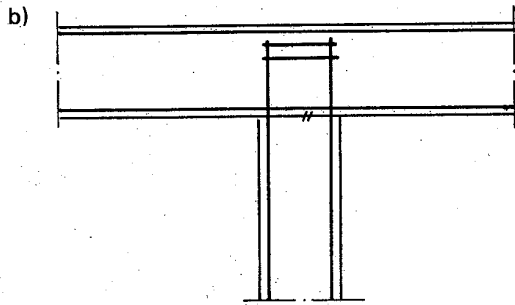
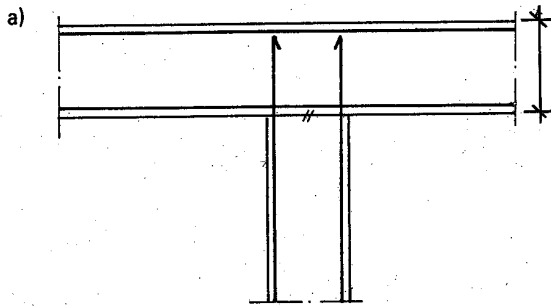
Vedetyn sisänurkan suositeltavat tankomäärät.

T-tyyppisessä nurkassa on kiinnitettävä huomiota pilaritankojen ankkurointiin. Suoria teräksiä käytettäessä on ankkurointipituus tarkistettava. Palkin korkeus ei välttämättä riitä tarvittavalle ankkurointipituudelle, jolloin on käytettävä taivutettuja teräksiä. Pilarin pääteräkset ovat puristettuja, joten pilaritangon pään yläpuolella tulee olla riittävä betonipeite, vähintään 5ϕ .

Kokeiden mukaan käytettäessä ulospäin taivutettuja tartuntoja, kapasiteetit eivät ole riittäviä. Taivutusten tulee olla kuvan c) mukaisesti sisäänpäin. Kuvassa b hitsatut poikittaistangot estävät tehokkaasti poikittaisen laajamisen, jolloin $\alpha_4=0,7$. Hitsaus vaatii erikoistoimenpiteitä, joten ei ole suositeltava. Suositeltavampi vaihtoehto on c).

T-liitoksen koetulokset eri raudoituksilla.

Kuormitustapa	Koekappaleen numero	"Jalan" rauditusprosentti μ %	Betonin lujuus σ_c MPa	M_{ut} = (kokeen murtomomentti) M_{uc} = (laskettu murtomomentti) %		
	 T 1  T 15  T 11  T 14  T 13  T 2  T 12b  T 16	1,80 0,65 1,30 0,65 1,30 1,80 1,30 0,65	30,8 37,8 37,0 31,9 38,6 23,8 31,0 38,1	39 40 24 58 79 110 82 104		
		 T 25  T 26  T 27	1,81 1,81 1,81	28,0 34,0 35,7	40 80 86	
			 T 21  T 22	1,30 1,30	34,3 30,6	30 94
				 T 31  T 32	Hauras- murtuma!	38,8 38,8



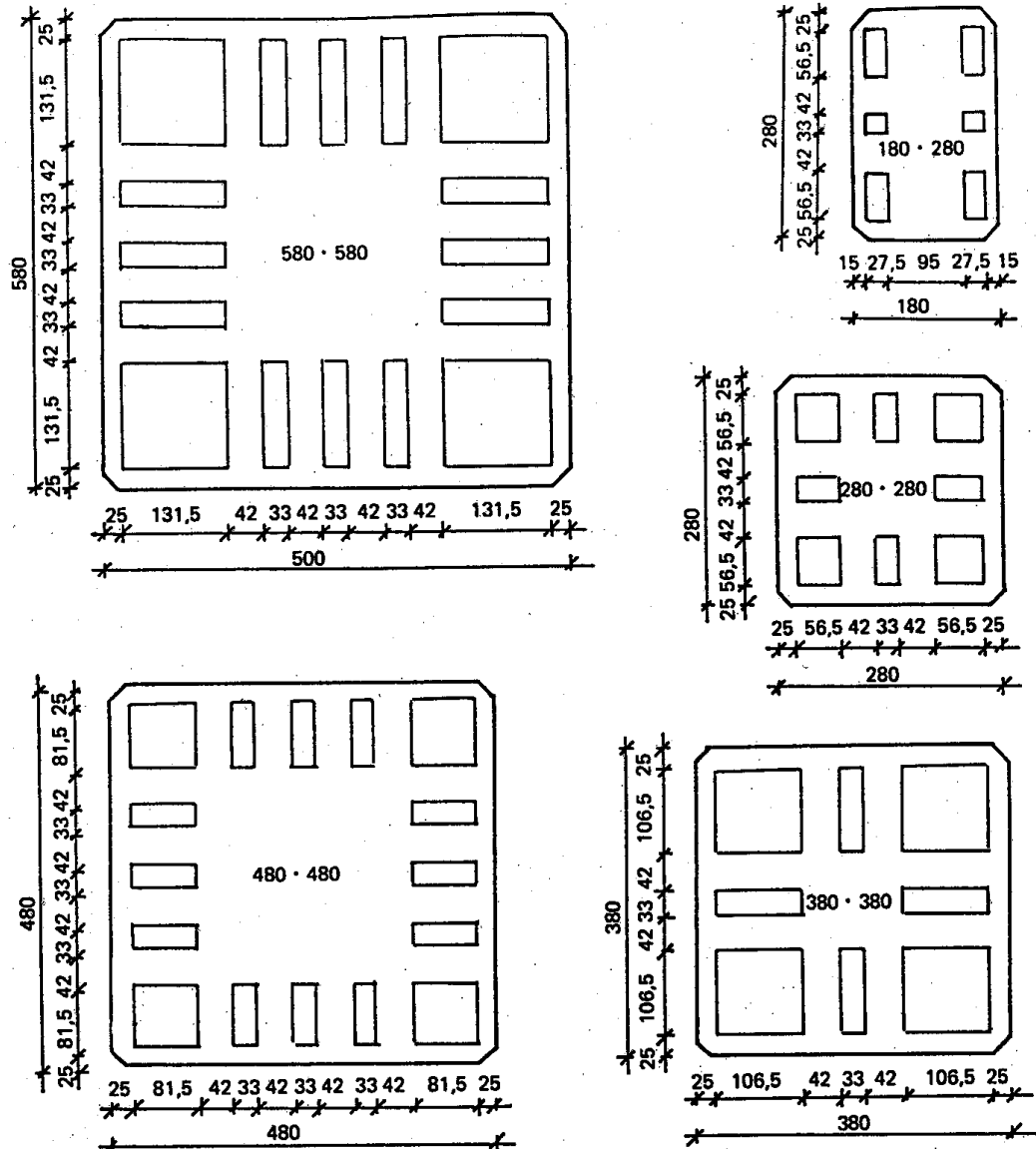
T-muotoisen kehänurkan raudoitus, ankkurointi.

- a) suoralla tangolla
- b) hitsatulla poikittaistangolla
- c) taivutetulla koukulla.

Pilariraidoitteiden sallitut vyöhykkeet

Pilaritangoille on määritelty suositeltavat vyöhykkeet pilarin ja palkin liittämökohdassa. Näiden vyöhykkeiden ulkopuolelle ei saa palkin kohdalle asentaa raitoituksia.

Kun päätankoja sijoitetaan sivun keskialueelle (nurkkaneliön ulkopuolelle, esim. 33 mm leveän suorakaiteen alueelle) on ne sidottava ns. välihailla.



Pilariraidoitteiden sallitut vyöhykkeet.