

SISÄLLYSLUETTELO

	Kirjallisuusluettelo	12
1	JOHDANTO	13
1.1	Lujuusopin sisältö ja tavoitteet	13
1.2	Lujuusopin jako	15
1.3	Mekaniikan mallin muodostaminen	16
1.4	Lujuusopillisen suunnitteluprosessin kulku	19
1.5	Lujuusopin historiallista taustaa	21
2	LUJUUSOPIN PERUSKÄSITTEET	25
2.1	Suoran sauvan veto tai puristus	25
2.1.1	Normaalijännitys	25
2.1.2	Venymä	29
2.1.3	POISSONin luku	31
2.2	Jännityksen ja venymän välinen yhteys	34
2.2.1	Vetokoe	34
2.2.2	HOOKEEn laki ja kimmomoduuli	38
2.2.3*	Tangentti- ja sekanttikimmomoduuli	40
2.2.4	Ideaalisesti plastinen ja myötölujittuva materiaali	43
2.2.5	Kuormituksen poisto ja pysyvä venymä	45
2.2.6	Viruminen ja relaksaatio	48
2.2.7	Betonin puristuskoe	49
2.3	Leikkausjännitys ja liukuma	51
2.3.1	Leikkausjännitys	51
2.3.2	Liukuma	55
2.3.3	Leikkausjännityksen ja liukuman välinen yhteys	56
2.4	Sallitut jännitykset ja varmuusluku	57
2.5	Harjoitustehtäviä	63
3	JÄNNITYSTILA	73
3.1	Jännityksen ja jännitystilan käsite	73
3.1.1	Jatkuvan aineen malli	73
3.1.2	Jännitysvektori	74
3.1.3	Jännitystilan käsite	76
3.1.4	Jännityselementti	78
3.1.5	Leikkausjännityskomponenttien parittainen yhtäsuuruus	81
3.1.6*	Erilaisia jännityselementtejä	83
3.2	Tasojännitystila	87
3.3	Harjoitustehtäviä	91

4	MUODONMUUTOSTILA	99
4.1	Kappaleen deformaatio	99
4.2	Muodonmuutostilan käsite	104
4.3	Muodonmuutoskomponentit	104
4.4	Päävenymät	112
4.5	Harjoitustehtäviä	116
5	JÄNNITYS- JA MUODONMUUTOSTILOJEN VÄLINEN YHTEYS	119
5.1	Yleistetty HOOKE'n laki	119
5.2	Kimmokertoimien välinen yhteys. Kimmomatriisi	123
5.3	Terminen kimmoteoria	124
5.4	Esimerkkejä	125
5.5	Harjoitustehtäviä	129
6	SUORAN SAUVAN VETO JA PURISTUS	131
6.1	Poikkileikkauksen jännityskenttä	131
6.2	Saint VENANT'n periaate	133
6.3	Poikkileikkauksen normaalivoiman ja siirtymän välinen yhteys	135
6.4	Hyperstaattinen veto- tai puristustehtävä	141
6.5	Sauvan lämpöjännitykset	147
6.6	Harjoitustehtäviä	150
7	PUHDAS LEIKKAUS	155
7.1	Jännitystarkasteluja	155
7.2	Leikkaavat työkalut	156
7.3	Ruuvi- ja niittiliitos	158
7.4	Hitsiliitos	165
7.5	Harjoitustehtäviä	166
8	SUORAN PALKIN TAIVUTUS	171
8.1	Poikkileikkauksen normaalijännityskenttä	171

8.1.1	Leikkausvoima ja taivutusmomentti	171
8.1.2	Puhdas suora taivutus	174
8.1.3*	Puhdas vino taivutus	187
8.1.4	Yhdistetty veto tai puristus ja taivutus	193
8.2	Poikkileikkauksen leikkausjännityskenttä	196
8.3	Palkin kimmoviiva	204
8.3.1	Kimmoviivan differentiaaliyhtälö	204
8.3.2	Kimmoviivan määrittäminen integroimalla	206
8.3.3	Yhteenlaskuperiaatteen käyttö	208
8.4	Hyperstaattinen palkki	220
8.5	Harjoitustehtäviä	225
9	VÄÄNTÖ	239
9.1	Peruskäsitteitä	239
9.2	Ympyräsylinterin vääntö	240
9.3	Pyöreän putken vääntö	247
9.4	Vääntökulman määrittäminen	249
9.5	Hyperstaattinen vääntötehtävä	251
9.6	Mielivaltaisen sylinterin vääntö	253
9.6.1	Vääntöjännityskentän yleisiä ominaisuuksia	253
9.6.2	Ohutseinäisen sylinterin vääntö	255
9.6.3	Suorakulmiopoikkileikkauksisen sauvan vääntö	261
9.6.4	Kalvoanalogia	264
9.6.5	Ohutseinäinen, avoin poikkileikkaus	266
9.6.6	Paksuhko poikkileikkaus	269
9.7	Harjoitustehtäviä	272
10	NURJAHDUS	279
10.1	Stabiilisuusteorian peruskäsitteitä	279
10.2	Puristustaivutus	282
10.3	Keskeisesti puristetun sauvan nurjahdus	285
10.3.1	EULERin perusnurjahdustapaukset	285
10.3.2	Kimmainen ja kimmoton nurjahdus	291
10.4	Puristussauvan mitoitus	293
10.4.1	Mitoitus standardin SFS 3200 mukaan	293
10.4.2	Mitoitus Rakentamismääräyskokoelman B7 mukaan	296
10.5	Harjoitustehtäviä	301
11*	JÄNNITYSTILAN YLEINEN KÄSITTELY	305
11.1	Jännitystilän matriisiesitys	305

11.2	Pääjännitykset	310
11.2.1	Yleinen jännitystila	310
11.2.2	Kaksiulotteinen pääjännitysongelma	318
11.2.3	MOHRin jännitysympyrä	326
11.3	Harjoitustehtäviä	335
12	LUJUUSHYPOTEESIT	339
12.1	Johdanto	339
12.2	Maksimipääjännityshypoteesi MPJH	344
12.3	Maksimileikkausjännityshypoteesi MLJH	347
12.4	Vakiovääristymisenergiahypoteesi VVEH	349
12.5	Sisäisen kitkan hypoteesi SKH	352
12.6	Lujuushypoteesien vertailua	355
12.7	Harjoitustehtäviä	365
13	VÄSYMINEN	367
13.1	Väsymistapahtuman taustaa	367
13.2	Väsymismurtuman syntyvaiheet	369
13.3	Väsytykokeet	370
13.4	Väsymislujuuspiirrokset	375
13.4.1	SMITHin väsymislujuuspiirros	375
13.4.2	HAIGHin väsymislujuuspiirros	378
13.5	Kappaleen koon ja pinnan laadun vaikutus	380
13.6	Paikallisten jännityshuippujen vaikutus	382
13.7	Varmuusluvun määrittäminen	386
13.7.1	Puhdas veto, taivutus tai leikkaus	386
13.7.2	Moniakselinen dynaaminen jännitystila	390
13.8	Ääreellinen elinikä väsyttävässä kuormituksessa	393
13.8.1	Kuormitus, jonka taajuus ja amplitudi pysyvät vakiona	393
13.8.2	MINERin kumulatiivinen vaurioteoria	395
13.8.3	Satunnaisesti vaihteleva jännitys. Rainflow-menetelmä	400
13.9	Harjoitustehtäviä	405
LIITE A	Poikkipinnan geometriset suureet	409
LIITE B	Neliömomenttitaulukot	419

LIITE C	Standardiprofiilien geometrisia suureita	423
LIITE 1	Materiaalien ominaisuuksia	427
LIITE 2	Väsymislujuuspiirroksia ja lovenmuotolukuja	437
LIITE 3	Palkin kimmoviivoja	443
	Henkilöhakemisto	455
	Asiahakemisto	456
	Suomalais-englantilainen sanasto	461

Standardeja:

RIL 90-1981 (SFS 3200). Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
RIL 90-1996. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.
RIL 87-1998. Alumiinirakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.
RIL 205-2003. Puurakenteiden suunnittelu. Euronormi. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.
RKM B7. Teräsrakenteet. Ohjeet 1996.

Käsikirjoja:

Hitsatut profiilit. Käsikirja. Teräsrakenneyhdistys ry. Otava Oy, Keuruu 2000.
Rautaruukin putkikäsikirja. Rautaruukki Oyj, Metform, Hämeenlinna. Otava Oy, Keuruu, 2000.
RIL 167-3. Teräsrakenteet III. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki, 1990.