

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	Lujuusopillinen suunnittelu	18
1.5	Lujuusopin historiallista taustaa	19
2	LUJUUSOPIN PERUSKÄSITTEET	23
2.1	Suoran sauvan veto tai puristus	23
2.1.1	Normaalijännitys	23
2.1.2	Venymä	27
2.1.3	POISSONin luku	29
2.2	Jännityksen ja venymän välinen yhteys	33
2.2.1	Materiaaliyhtälö	33
2.2.2	HOOKEEn laki ja kimmomoduuli	39
2.2.3	Ideaaliplastinen ja myötölujittuva materiaali	42
2.2.4	Kuormituksen poisto ja pysyvä venymä	43
2.2.5	Viruminen ja relaksaatio	48
2.2.6	Betonin puristuskoe	49
2.3	Leikkaus	51
2.3.1	Leikkausjännitys	51
2.3.2	Vetosauvan vinon leikkauksen leikkausjännitys	53
2.3.3	Liukukulma ja liukuma	56
2.3.4	Leikkausjännityksen ja liukuman välinen yhteys	57
2.4	Sallitut jännitykset ja varmuusluku	59
2.5	Harjoitustehtäviä	65
3	JÄNNITYSTILA	75
3.1	Jännityksen ja jännitystilän käsite	75
3.1.1	Jatkuvan aineen malli	75
3.1.2	Kappaleen ulkoiset ja sisäiset voimat	76
3.1.3	Jännitysvektori	77
3.1.4	Jännitystilän käsite	79
3.1.5	Jännityselementti	80
3.1.6	Leikkausjännityskomponenttien parittainen yhtäsuuruus	83
3.1.7	Jännitysmatriisi	84
3.2	Pääjännitykset	85
3.2	Tasojännitystila	88
3.3	Harjoitustehtäviä	93

4	MUODONMUUTOSTILA	97
4.1	Kappaleen deformaatio	97
4.2	Pisteen viivaelementin venymä	100
4.3	Muodonmuutostilan käsite	103
4.4	Muodonmuutoskomponentit	103
4.5	Päävenymät	111
4.6	Harjoitustehtäviä	114
5	JÄNNITYS- JA MUODONMUUTOSTILOJEN YHTEYS	117
5.1	Yleistetty HOOKE'n laki	117
5.2	Kimmokertoimien välinen yhteys. Kimmomatriisi	121
5.3	Terminen kimmoteoria	123
5.4	Esimerkkejä	124
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	Normaalivoiman ja siirtymän välinen yhteys	135
6.4	Hyperstaattinen veto- tai puristustehtävä	141
6.5	Sauvan lämpöjännitykset	145
6.6	Harjoitustehtäviä	147
7	PUHDAS LEIKKAUS	153
7.1	Leikkausjännitystila	153
7.2	Ruuvi- ja niittiliitos	156
7.3	Hitsiliitos	161
7.4	Harjoitustehtäviä	162

8	SUORAN PALKIN TAIVUTUS	165
8.1	Poikkileikkauksen normaalijännityskenttä	165
8.1.1	Poikkileikkauksen rasitukset	165
8.1.2	Leikkausvoima ja taivutusmomentti	167
8.1.3	Puhdas suora taivutus	170
8.1.4*	Puhdas vino taivutus	182
8.1.5	Yhdistetty veto tai puristus ja taivutus	189
8.2	Poikkileikkauksen leikkausjännityskenttä	192
8.2.1	Massiivinen poikkileikkaus	192
8.2.2	Ohutseinäinen poikkileikkaus	202
8.3	Palkin kimmoviiva	207
8.3.1	Kimmoviivan differentiaaliyhtälö	207
8.3.2	Kimmoviivan määrittäminen integroimalla	209
8.3.3	Taivutuksen perustapauksia	213
8.3.4	Yhteenlaskuperiaatteen käyttö	215
8.4	Hyperstaattinen palkki	220
8.5	Jäykkyysmenetelmä	222
8.6	Harjoitustehtäviä	225
9	VÄÄNTÖ	239
9.1	Peruskäsitteitä	239
9.2	Ympyräsylinterin vääntö	240
9.3	Pyöreän putken vääntö	249
9.4	Akselin vääntökulma ja kiertymä	251
9.5	Hyperstaattinen vääntötehtävä	253
9.6	Mielivaltaisen sylinterin vääntö	255
9.6.1	Ohutseinäinen suljettu poikkileikkaus	255
9.6.2	Suorakulmiopoikkileikkaus	259
9.6.3	Ohutseinäinen, avoin poikkileikkaus	261
9.6.4	Paksuhko poikkileikkaus	263
9.7	Harjoitustehtäviä	264
10	NURJAHDUS	271
10.1	Stabiilisuusteorian peruskäsitteitä	271
10.2	Suoran sauvan nurjahdus	275
10.2.1	EULERin perusnurjahdustapaukset	275
10.2.2	EULERin käyrä	283
10.3	Puristustaivutus	285
10.4	Puristussauvan mitoitus	288
10.5	Harjoitustehtäviä	293

11*	JÄNNITYSTILAN YLEINEN KÄSITTELY	299
11.1	Jännitystilän matriisiesitys	299
11.2	Pääjännitykset	304
11.2.1	Ominaisarvo-ongelma	304
11.2.2	Leikkausjännityksen ääriarvot	312
11.2.3	Tasojännitystila	313
11.2.4	MOHRin jännitysympyrä	320
11.3	Harjoitustehtäviä	325
12	LUJUUSHYPOTEESIT	329
12.1	Vertailujännitys	329
12.2	Materiaalin myötöehto	331
12.2.1	Myötöehdon yleinen muoto	331
12.2.2	TRESCAn myötöehto	332
12.2.3	von MISESin myötöehto	335
12.2.4	TRESCAn ja von MISESin ehtojen vertailua	338
12.2.5	Maksimipääjännityshypoteesi	342
12.2.6	Maksimipäävenymähypoteesi	345
12.2.7	MOHR-COULOMBin myötöehto	347
12.2.8	DRUCKER-PRAGERin myötöehto	349
12.3	Harjoitustehtäviä	350
13	VÄSYMINEN	353
13.1	Johdanto	353
13.1.1	Yleistä	353
13.1.2	Historiallista taustaa	354
13.2	Väsymislaskennan menetelmiä	355
13.3	Väsytykset	356
13.4	Jännitysmenetelmä	359
13.4.1	WÖHLER-käyrä	359
13.4.2	Väsymislujuuspiirros	362
13.4.3	Väsymiskestävyyteen vaikuttavia tekijöitä	367
13.4.4	Jännityskeskittymien vaikutus väsymiseen	374
13.5	Venymämenetelmä	382
13.5.1	Materiaalin syklinen käyttäytyminen	382
13.5.2	Venymä-elinikä käyrä	386
13.6	Kumulatiivinen väsymisvaurio	395
13.6.1	Epäsäännöllinen kuormitushistoria	395
13.6.2	MINERin vaurioteoria	396
13.6.3	Rainflow-menetelmä	397
13.7	Harjoitustehtäviä	404

LIITE A	Poikkipinnan geometriset suureet	409
LIITE B	Neliömomenttitaulukot	421
LIITE C	Standardiprofiilien geometrisia suureita	425
LIITE 1	Materiaalien ominaisuuksia	429
LIITE 2	Lovenmuotolukuja	436
LIITE 3	Palkin kimmoviivoja	440
	Henkilöhakemisto	452
	Asiahakemisto	453
	Suomalais-englantilainen sanasto	458

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.