

# Obsah

<b>1</b>	<b>Výchozí pojmy, rovnice a principy</b>	<b>6</b>
1.1	Základní rovnice teorie pružnosti	6
1.2	Lineárně pružný materiál	7
1.3	Transformace fyzikálních vztahů pro anizotropní prostředí	10
1.4	Princip virtuálních prací a variační principy	11
1.4.1	Princip virtuálních prací (PVP)	11
1.4.2	Variační principy	13
1.4.3	Modifikované variační principy	16
1.4.4	Ritzova metoda	18
1.5	Podmínky konvergence	22
1.5.1	Patch test	23
<b>2</b>	<b>Prutové prvky</b>	<b>24</b>
2.1	Základní vztahy pro prut	24
2.1.1	Transformace základních rovnic pružnosti k průřezu	24
2.1.2	Prut na pružném podkladu	28
2.2	Prvky pro řešení rámových konstrukcí	34
2.2.1	Silová varianta řešení	34
2.2.2	Deformační (posunová) varianta řešení	39
2.3	Zakřivený prutový prvek	45
2.4	Prvek pro řešení roštových konstrukcí	48
2.4.1	Analogie mezi taženým-tlačeným prvkem a krouceným prvkem	48
2.4.2	Roštový prvek na pružném Winkler-Pasternakově podkladě	48
2.5	Statická kondenzace	51
2.6	Transformace souřadnic	55
2.7	Výstižnost Mindlinových předpokladů	57
<b>3</b>	<b>Řešení konstrukcí</b>	<b>61</b>
3.1	Izoparametrické prvky	61
3.1.1	Podstata izoparametrických prvků	61
3.2	Plošné souřadnice na rovinných trojúhelníkových prvcích	66
3.2.1	Aproximační funkce na trojúhelníku	68
3.3	Tyčový prvek	68
3.4	Prvek vyjmutý z tenkostěnného prutu	69
3.5	Prvky pro rovinnou úlohu	72
3.5.1	Rovinná deformace	72
3.5.2	Rovinná napjatost	72
3.6	Trojúhelníkový prvek pro rovinnou úlohu	73
3.7	Izoparametrický bilineární čtyřúhelníkový prvek	75
3.8	Modifikovaný čtyřúhelníkový prvek	78
3.9	Trojúhelníkové deskové prvky s 9 stupni volnosti	80
3.9.1	Prvek DKT (Diskrete Kirchoff Theory)	81

3.9.2	Mindlinova teorie tlustých desek . . . . .	81
3.9.3	Matice tuhosti prvku DKT . . . . .	84
3.9.4	Deskový prvek CCT (Constant Curvature Triangle) . . . . .	87
3.10	Čtyřúhelníkový izoparametrický deskový prvek . . . . .	91
3.11	Matice tuhostí. Vektor transformovaného zatížení . . . . .	96
<b>4</b>	<b>Řešení dynamických a stabilitních úloh MKP</b>	<b>99</b>
4.1	Matice hmotnosti . . . . .	99
4.2	Matice počátečních napětí . . . . .	100
4.3	Dynamická podmínka rovnováhy . . . . .	101
4.4	Lineární stabilita . . . . .	101
4.5	Vlastní kmitání lineárních soustav . . . . .	102
4.6	Ortogonalita vlastních tvarů . . . . .	103
4.7	Rayleighův kvocient . . . . .	104
4.8	Metody řešení vlastního kmitání . . . . .	104
4.8.1	Přehled metod . . . . .	104
4.8.2	Statická kondenzace . . . . .	104
4.8.3	Rayleighova-Ritzova metoda . . . . .	105
4.8.4	Inverzní iterace . . . . .	107
4.8.5	Jacobiho metoda rotací . . . . .	108
4.8.6	Metoda iterace podprostoru . . . . .	112
4.9	Vynucené kmitání lineárních soustav . . . . .	114
4.9.1	Řešení odezvy konstrukce na neperiodické zatížení rozvojem do vlastních tvarů kmitání . . . . .	114
4.9.2	Řešení odezvy konstrukce na neperiodické zatížení přímou integrací . . . . .	119
4.10	Odezva na harmonické buzení . . . . .	124
4.10.1	Přímé řešení v komplexních číslech . . . . .	125
4.10.2	Metoda rozvoje do vlastních tvarů kmitání . . . . .	126
<b>5</b>	<b>Vybrané úlohy z MKP</b>	<b>130</b>
5.1	Kroucení masivních průřezů . . . . .	131
5.1.1	Deformační varianta řešení . . . . .	132
5.1.2	Silová varianta řešení . . . . .	134
5.1.3	Poznámky k výpočtu kroucení . . . . .	136
5.2	Řešení difusní rovnice MKP . . . . .	136
5.3	Přetváření zemin a jiných poréznych látek . . . . .	138
5.3.1	Základní pojmy a vztahy. Koncepce efektivních napětí . . . . .	138
5.3.2	Přetvoření skeletu zeminy . . . . .	139
5.3.3	Rovnice kontinuity a rovnice rovnováhy . . . . .	140
5.3.4	Variační formulace problému a řešení MKP . . . . .	141
<b>6</b>	<b>Metoda hraničních prvků</b>	<b>144</b>
6.1	Somiglianovy formule . . . . .	144
6.2	Výpočet neznámých hraničních posunů a sil . . . . .	149
6.2.1	Somiglianova formule pro hraniční bod . . . . .	149
6.2.2	Diskretizace úlohy MHP . . . . .	151
6.2.3	Metodika výpočtu matic H a G . . . . .	153
6.3	Symetrická forma MHP, souvislost s MKP . . . . .	156

<b>7</b>	<b>Základní operace s maticemi</b>	<b>159</b>
7.1	Matice a jejich speciální tvary . . . . .	159
7.1.1	Základní operace s maticemi . . . . .	162
7.2	Inverzní matice . . . . .	166
7.3	Matice s proměnnými prvky . . . . .	168
7.4	Numerická integrace . . . . .	170