

目 錄

Contents

第一段 廣義單自由度系統

Generalized SDOF System

第 一 章	複數與簡諧振動	3
	Complex Variable and Harmonic Vibration	
1.1	引言	3
1.2	數學模擬與物理意義	4
1.3	單自由度系統之運動方程式、自然頻率及振動反應	7
1.4	穩態簡諧反應之複數分析法	9
1.5	自由振動反應	15
1.6	簡諧反應通解	16
1.7	自由振動反應之影响	18
	微阻尼系統 ($\xi \ll 1.0$) 之共振反應 ($\beta = 1.0$)	18
	無阻尼系統 ($\xi = 0$) 之共振反應 ($\beta = 1.0$)	20
	無阻尼系統 ($\xi = 0$) 之近共振反應 ($\beta \doteq 1.0$)	
	(節拍現象)	22
	自由振動反應之相位共振	23
附錄 1.1	低阻尼 ($\xi < 1.0$) 簡諧反應通解	25
第 二 章	廣義單自由度系統	27
	Generalized SDOF System	
2.1	振態與振幅之物理意義	27
2.2	虛功法推導廣義座標 (振態) 運動方程式	28
2.3	廣義單自由度系統之自然頻率與臨界挫屈力	32
2.4	移動荷重、共振速度及動態影响線	34
附錄 2.1	廣義座標之定義	44

第三章	阻尼行為與自由振動反應	45
	Damping Behavior and Free-Vibration Response	
3.1	阻尼行為	45
3.2	低阻尼系統 ($0 < \xi < 1.0$) 之自由振動反應	46
3.3	無阻尼系統 ($\xi = 0$) 之自由振動反應	49
3.4	臨界阻尼系統 ($\xi = 1.0$) 之自由振動反應	49
3.5	超阻尼系統 ($\xi > 1.0$) 之自由振動反應	50
3.6	對數衰減值	52
	U 形管阻尼器 (例題 3.2)	56
第四章	穩態簡諧反應之特性與應用	61
	Characteristics and Applications of Steady-State Harmonic Response	
4.1	簡諧振動之重要應用	61
4.2	動力放大倍數與相位角	62
4.3	簡單系統識別	65
4.4	加速度規與位移計	67
	加速度規	67
	位移計	70
4.5	隔振原理	71
4.6	阻尼比之測試與預估	79
	穩態簡諧共振反應法	79
	半功率頻寬法	80
4.7	等消能法	82
	速度型阻尼	82
	速度平方型阻尼	85
	黏彈性型阻尼	87
	遲滯 (或結構) 型阻尼	89
4.8	複數勁度之觀念與應用	90

第五章	週期外力與動力反應	95
	Periodic Force and Dynamic Response	
5.1	週期力與週期振動	95
5.2	傅立葉三角級數	96
5.3	傅立葉複數級數	101
5.4	複數頻率反應函數	103
附錄 5.1	傅立葉三角 (或複數) 級數之正交性	107
第六章	衝擊外力與動力反應	109
	Impulsive Force and Dynamic Response	
6.1	衝擊力之特性與重要性	109
6.2	衝擊力反應最大值	110
	矩形衝擊力反應	110
	步階函數衝擊力反應	112
	半正弦波衝擊力反應	113
	下三角形衝擊力反應	116
	上三角形衝擊力反應	119
6.3	動力反應頻譜	121
6.4	瞬間衝擊力反應近似法	122
第七章	一般外力與動力反應	129
	General Force and Dynamic Response	
7.1	一般外力定義與反應分析概述	129
7.2	無阻尼瞬間衝擊力反應之杜哈默積分	130
	杜哈默積分之數值積分法	132
7.3	低阻尼瞬間衝擊力反應之杜哈默積分	134
7.4	一般外力反應之頻域分析法	135
7.5	時域及頻域轉換函數之關係	138
	狄拉克 δ 函數	139
7.6	離散傅立葉轉換 (DFT)	144
	DFT 矩陣	146
	離散動力反應	147
7.7	快速傅立葉轉換 (FFT)	148
	偶奇數分組之蝴蝶演算法	148
	FFT 結論	153

第八章	非線性系統與逐步積分法	157
	Nonlinear System and Step-by-Step Integration Method	
8.1	非線性系統特性與數值分析法	157
8.2	增量平衡方程式	158
8.3	逐步積分法之基本觀念與假設	160
8.4	平均加速度法	162
8.5	線性加速度法	165
8.6	紐馬克法	166
8.7	誤差之形成、修正及縮減	167
第九章	基本振態與瑞利法	169
	Fundamental Mode and Rayleigh's Method	
9.1	基本振態	169
9.2	能量守恆定律	170
9.3	瑞利近似法	172
9.4	瑞利振態迭代法	175
第二段	離散座標多自由度系統	
	MDOF System in Discrete Coordinate	
第十章	多自由度系統之運動方程式	185
	Equations of Motion of a MDOF System	
10.1	自由度之物理意義與應用	185
10.2	n 自由度系統之運動方程式	187
10.3	勁度、質量、阻尼及柔度矩陣之定義	188
	幾何勁度矩陣	189
	柔度矩陣	190
	k_{ij} 與 f_{ij} 之定義圖說	190
10.4	應變能	191
	貝蒂斯定理	192

第十一章	梁之形狀函數與應用	203
	Shape Functions of Beam and Applications	
11.1	梁勁度矩陣與形狀函數	203
11.2	梁形狀函數之定義與多項式表示法	204
11.3	斜率-撓度公式與共軛梁法	206
11.4	虛功法推導梁之勁度矩陣	210
11.5	同步與集中質量矩陣	212
	同步質量矩陣	212
	集中質量矩陣	213
11.6	黏彈性支承之勁度與阻尼矩陣	213
11.7	瑞利阻尼矩陣	214
11.8	同步與集中梁端外力向量	215
11.9	同步幾何勁度矩陣	216
11.10	線性幾何勁度矩陣與結構模擬	218
	線性幾何勁度矩陣	218
	線性幾何勁度之結構模擬	219
	梁附加拉力連桿之工程應用	219
11.11	總結	220
第十二章	自由振動與特徵值問題	223
	Free Vibration and Eigenproblem	
12.1	無阻尼多自由度系統之自由振動	223
12.2	幾何勁度之影响	224
12.3	多自由度系統之自然頻率與臨界挫屈力	225
12.4	振態之正交性	226
12.5	特徵值問題	228
第十三章	振態座標與振態疊加法	237
	Mode Coordinates and Mode-Superposition Method	
13.1	振態疊加法基本概念	237
13.2	振態座標與振態疊加法	238

13.3	振態座標 (或振態) 運動方程式	239
13.4	瑞利阻尼	241
13.5	振態座標之初始條件及自由振動反應	242
13.6	振態座標之時域與頻域反應	243
	振態座標之時域反應	243
	振態座標之頻域反應	244
13.7	振態疊加法結論	245
13.8	自由度之靜態濃縮法	246
13.9	瑞利-里茲法	249
第十四章	非線性多自由度系統與逐步積分法	257
	Nonlinear MODF System and Step-by-Step	
	Integration Method	
14.1	逐步積分法與振態疊加法	257
14.2	增量平衡方程式	258
14.3	線性加速度法	258
14.4	振態疊加法	260
14.5	建築物結構之非線性行為	261
14.6	建築物結構韌性設計之基本概念	261
第十五章	地震反應譜分析	263
	Seismic-Response-Spectral Analysis	
15.1	地震災害與地震反應譜	263
15.2	單自由度系統之地震反應譜分析	266
15.3	建築結構反應譜分析	269
15.4	反應最大值	272
15.5	SRSS 方法	274
15.6	CQC 方法	276
15.7	隔震之應用 (例題 15.2 ~ 3)	277

第三段 連續座標多自由度系統

MDOF System in Continuous Coordinate

第十六章	連續座標之運動方程式	293
	Equations of Motion in Continuous Coordinate	
16.1	離散座標與連續座標	293
16.2	提摩仙可梁之運動方程式	294
16.3	歐拉梁之運動方程式	298
16.4	提摩仙可梁之自由振動方程式	300
16.5	歐拉梁之自由振動方程式	301
16.6	結論	303
第十七章	無阻尼自由振動	305
	Undamped Free Vibrations	
17.1	自由振動之實用性	305
17.2	歐拉梁之自由振動	306
17.3	有軸力簡支歐拉梁之自由振動	314
17.4	簡支提摩仙可梁之自由振動	315
17.5	振態正交性	317
第十八章	振態疊加法	321
	Mode-Superposition Method	
18.1	振態疊加法之優點與條件	321
18.2	振態座標與振態疊加法	322
18.3	歐拉梁之振態運動方程式	323
18.4	瑞利阻尼歐拉梁之振態運動方程式	325

第十九章	歐拉梁之動態勁度矩陣	333
	Dynamic-Stiffness Matrix of Euler Beam	
19.1	靜態與動態勁度矩陣	333
19.2	梁自由振動或梁端強制穩態簡諧振動	334
19.3	歐拉梁之動態形狀函數	336
19.4	歐拉梁之動態勁度矩陣	337
	靜態勁度矩陣	338
19.5	自由振動	339
19.6	頻率之奇異點	343
19.7	結論	349
第二十章	提摩仙可梁之動態勁度矩陣	353
	Dynamic-Stiffness Matrix of Timoshenko Beam	
20.1	緣起	353
20.2	自由振動方程式	355
20.3	複數係數與複數波數	356
20.4	動態形狀函數	357
20.5	提摩仙可梁之動態勁度矩陣通式	358
20.6	應用與討論	359
20.7	算例及討論 (例題 20.1~3)	364
附錄 20.1	$[Q] = [P]^{-1}$	378
附錄 20.2	提摩仙可梁動態勁度矩陣 $[K]$ 之通式	379
附錄 20.3	提摩仙可梁一或二個撓曲波之對應勁度矩陣	380
第二十一章	超高速軌道之動力特性	383
	Dynamic Characteristic of Superhigh-Speed Rail	
21.1	楔子	383
21.2	提摩仙可梁之自由振動方程式	384
21.3	複數係數與複數波數	386
21.4	動態勁度矩陣	387
21.5	動態形狀函數與位移波	390

21.6	臨界速度及動力放大倍數	391
21.7	歐拉梁之自由振動方程式	393
21.8	算例及討論 (例題 21.1~4)	395
附錄 21.1	歐規 UIC60 及日規 JIS60 鋼軌	409
第二十二章	提摩仙可梁之實例應用	411
	Practical Applications of Timoshenko Beam	
22.1	實例之選擇	411
22.2	實例一 船體自由振動	413
22.3	實例二 船舶結構噪音	415
	速度位準	415
	臨界頻率	417
22.4	實例三 無限長與有限長軌道之動力特性	420
	無限長軌道	420
	有限長軌道	420
	提摩仙可梁軌道之振態方程式與共振曲線	420
	歐拉梁軌道之共振曲線	423
22.5	實例四 高鐵高架橋	427
22.6	實例五 TMD 對高鐵高架橋反應之影响	430
	諧調質量阻尼器 (TMD) 之設計	430
	列車輪距與相位共振	431
第四段	專 題	
	Special Topics	
第二十三章	質量阻尼器與台北 101 大樓	437
	Tuned-Mass Damper and Taipei 101 Building	
23.1	阻尼器簡介	437
23.2	二自由度系統	438
	自由振動	440

	穩態簡諧反應	441
23.3	TMD 設計準則與設計參數 ($\xi_1 = 0$)	443
23.4	固定點、諧調頻率及最佳阻尼比	445
	固定點	445
	諧調頻率	447
	最佳阻尼比	448
23.5	TMD 質量上限及設計曲線	452
	TMD 質量上限	452
	TMD 設計曲線	453
23.6	微阻尼主系統 ($\mu = 1\%$ 及 $\xi_1 = 0.04$ 為例) 之數值解	454
23.7	承受地表加速度之 TMD 設計公式	456
23.8	台北 101 結構簡介與結構分析模擬	457
	台北 101 結構簡介	457
	台北 101 結構分析模擬	458
23.9	TMD 前後台北 101 結構之動力特性	460
	風力資料及減震效果留待第二十四章與 TLD 一併討論	
附錄 23.1	TMD 最佳阻尼比 ξ_0 公式推導	462
附錄 23.2	台北 101 大樓質量分布	463
附錄 23.3	台北 101 大樓第一振態之實測資料	464
第二十四章	諧調液体阻尼器與諧調液柱阻尼器	467
	Tuned-Liquid Damper and Tuned-Liquid-Column Damper	
24.1	諧調液体阻尼器 (TLD)	467
	TLD 與結構之互制作用	468
24.2	非線性 TLD	469
24.3	線性 TLD 與設計參數	473
24.4	台北 101 TLD 設計與結構動力特性	475
24.5	風力資料及減震效果	476
24.6	諧調液柱阻尼器 (TLCD)	479
	開口式 TLCD	480
	閉口式 TLCD	482
24.7	TLCD 分析模擬與設計參數	483
24.8	結論	484

第二十五章	台灣設計地震反應譜與應用	487
	Taiwan Design-Seismic-Response Spectra and Its Applications	
25.1	前言	487
25.2	芮氏地震規模與最新地震震度分級	488
	芮氏地震規模	488
	最新地震震度分級	489
25.3	最新建築物耐震設計規範與韌性設計	491
	韌性設計之基本理念與原則	491
	韌性設計之基本力學行為	493
25.4	設計地震反應譜 (475 年回歸期)	495
	設計地震反應譜之基本條件與參數	495
	設計地震反應譜之分區與特徵	496
25.5	設計地震反應譜之影响因素	497
	鄰近斷層 (放大) 效應	497
	地盤 (放大) 效應	497
	台北盆地共振效應	500
25.6	最大 (考量) 與中小度地震反應譜	502
	最大 (考量) 地震反應譜 (2500 年回歸期)	502
	中小度地震反應譜 (30 年回歸期)	502
25.7	設計地震反應譜結論	502
25.8	設計地震反應譜之應用	503
	中英名詞 (Chinese-English Nouns)	507
	常用的單位與換算 (Units and Conversion)	529