

Structural dynamics and matlab for civil engineers

Contents

1	Introduction	1
1.1	Problem statement	1
1.2	Modeling	1
1.2.1	Example 1	2
1.2.2	Example 2	4
1.2.3	Conclusion	4
1.2.4	Generalized coordinates	5
2	Modeling	7
2.1	The second law of Newton	7
2.2	Virtual work and d'Alembert's principle	8
2.3	Principle of Hamilton	10
2.4	Lagrange's equations	14
3	Linear models	16
4	Single degree of freedom models	20
4.1	Free vibration	21
4.2	Energy method	24
4.3	The forced vibration	27
4.4	Shock loads	28
4.5	The harmonic load	32

Matlab zal in hoofdstuk 4 geïntroduceerd worden als simulatietool. Matlab bevat een aantal ingebouwde commando's om eenvoudig een impulsantwoord of een Bodediagram te bekomen. Er wordt aangeleerd hoe een overdrachtsfunctie wordt ingegeven en het model met één vrijheidsgraad wordt gesimuleerd. Uiteraard wordt de basiskennis om te werken met figuren en m-files (matlabscripts) meegegeven alsook de grafische interface simulink. Dit houdt in dat een matlab-appendix wordt voorzien met de commando's en hun gebruik.

5	Dynamic loads	37
5.1	Vortex shedding	37
5.2	Earthquake excitation	40
5.2.1	Introduction	40
5.2.2	Stochastic process	41
5.2.3	Response spectra	42

Het vijfde hoofdstuk rond dynamische belastingen wordt uitgebreid met golfbelasting en windbelasting.

Dit is het ideale hoofdstuk om signaalanalyse in te brengen en een relatie te leggen met collega's Peter Troch (golfbelasting) en Robby Caspeele (windbelasting). Het transiënt, periodiek en stochastisch signaal worden besproken. Fourier-analyse en vermogendichtheidsspectra zullen centraal staan. Het gebruik van matlab zal doorheen het hoofdstuk verwerkt worden.

Het gedeelte van collega De Cooman 'stochastic processes' sluit aan bij hoofdstuk 4 rond modellen met één vrijheidsgraad en kan ook gebruik maken van de basis rond signaalverwerking binnen hoofdstuk 5.

De commando's worden eveneens opgenomen in de matlab-appendix zodat studenten dit later afzonderlijk kunnen raadplegen, bijvoorbeeld in hun eindwerk.

6 Multi-degree-of-freedom models : modal analysis	46
6.1 Free vibration of an undamped system	46
6.2 Orthogonality	52
6.3 Forced vibration of an undamped system	55
6.4 Damped multi-degree-of-freedom-systems	56
6.4.1 Proportional damping	56
6.4.2 Non-proportional damping	58
6.5 Earthquake response of a multi-degree-of-freedom system	64

Dit hoofdstuk sluit af met een voorbeeld van een gebouw met meerdere verdiepingen als toepassingsvoorbeeld voor de modale analyse. Berecon II, gedeelte verplaatsingsmethode bevat eveneens de ont koppeling en het begrip eigentrilling. Er kan binnen structural dynamics gewerkt worden met een numeriek voorbeeld uit Berecon II zodat de relatie met de verplaatsingsmethode na invoegen van traagheidskrachten duidelijk wordt. De matlabcommando's voor het kwadratisch eigenwaardenprobleem worden aangeleerd zowel voor Rayleigh-demping als voor meer algemene dempingmodellen die een andere ont koppelingstechniek nodig hebben.

7 Multi-degree-of-freedom models: harmonic loads	69
7.1 Frequency response: modal expansion	69
7.2 Experimental modal analysis: peak-picking	72

In het gedeelte 'experimentele modale analyse' wordt gewerkt met metingen. Begrippen zoals bemonsterperiode en filteren zullen hier besproken worden waarbij matlab opnieuw als tool wordt ingebracht.

8 Passive vibration control	81
8.1 Vibration isolation	81
8.1.1 Force transmitted to the foundation	81
8.2 Base isolation	85
8.3 Vibration absorber	86
8.3.1 Undamped vibration absorber	87
8.4 Damped vibration absorber	92
8.4.1 Optimization procedure	94
8.4.2 Special cases	98
8.4.3 History	100
9 Energy methods and model reduction	101
9.1 The quotient of Rayleigh	101
9.2 Rayleigh's quotient for continuous systems	105
9.3 The method of Rayleigh-Ritz	110
9.4 Model reduction	113
9.4.1 Discrete systems	113
9.4.2 Continuous systems	114

In hoofdstuk 9 kan o.a. het verband met de cursus 'offshore structures' gelegd worden waar eveneens met vooropgestelde verplaatsingsvormen wordt gewerkt voor het bepalen van equivalente stijfheden voor constructies.

De cursus structural dynamics sluit af met een practicum waar alle aspecten terugkomen. Raamwerken met één verdieping en met twee verdiepingen worden geëxciteerd met een impacthamer, met periodieke signalen en met gesimuleerde aardschokken. Het theoretisch model wordt vergeleken met het experimenteel model.

Dit practicum is ideaal om de competenties te testen ivm modellering, signaalverwerking, uitvoeren en interpreteren van metingen, gebruik van filters, enz. Een aantal voorbeelden:

Een ander kopje van de hamer veroorzaakt een impact met een ander spectrum wat via Fourier-analyse mooi in kaart kan gebracht worden. De metingen van de aardschokken bevatten ruis zodat een laagdoorlaatfilter is aangewezen vooraleer tot analyse wordt overgegaan.

De metingen worden gebruikt om een experimenteel model te bouwen.

Tot hertoe werden vele functies volledig voorgeprogrammeerd wegens gebrek aan matlab kennis van de studenten. Nu kan een deel van die taken tot de opdracht behoren om zo na te gaan in welke mate de studenten de materie beheersen.

De vrijgekomen ruimte in het lesrooster zal hoofdzakelijk door computerlessen worden ingevuld.