

具破裂點之簡支樑承受等速移動負荷之振動分析

顏肇賢、林海平

E-mail: 9419904@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究利用理論數值分析之方法，其目的在探討 Euler-Bernoulli 樑之理論應用於具破裂點之均勻樑受等速移動負荷作用下之動態特性。首先藉由 Euler-Bernoulli 樑理論推導出均勻樑系統之運動方程式，使用轉移矩陣法 (transfer matrix method) 建立具單一破壞點之簡支樑系統之矩陣形式，利用數值計算軟體求出具破壞之簡支樑的特徵解 (自然頻率及振型)。之後，針對具移動負荷之破壞樑進行分析，建立移動負荷之破壞樑系統的運動方程式，並使用重疊原理與模態函數之正交性關係，解出具有等速移動負荷之破壞樑系統側向位移響應，再利用數值計算軟體計算出系統的側向位移。收集國內外文獻中的實驗與理論之數據與本研究理論數值分析加以互相驗證。證實計算軟體之程式沒有錯誤後，分析在不同的移動負荷速度、不同的破壞點位置及不同的破裂點深度對整個均勻樑結構系統的影響。最後再探討兩個移動負荷在不同的負荷間之距離，其均勻樑結構系統之側向位移響應所產生之變化，並且比較兩個移動負荷與單一移動負荷的側向位移響應的差異。

關鍵詞：Euler-Bernoulli、轉移矩陣、特徵值、模態函數、重疊原理、正交性

目錄

目錄封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	v	英文摘要	vi	誌謝	vii	目錄	viii	圖目錄	x	表目錄	xii	符號說明	xiii	第一章 緒論	1	1.1 前言	1	1.2 文獻回顧	2	1.2.1 有關含破壞點之 Euler-Bernoulli 樑理論的文獻	3	1.2.2 有關含破壞點與移動負荷之 Euler 樑理論的文獻	5	1.3 研究目標	7	1.4 本文架構	9	第二章 研究方法	10	2.1 分析研究步驟	11	2.2 Euler-Bernoulli 樑之運動方程式[1][2]	12	2.3 含有破壞點之 Euler-Bernoulli 樑[11-13]	16	2.4 樑之各種邊界條件之介紹[1][2][3][17]	18	2.5 破裂處情形之介紹[7]	20	2.6 計算單破壞點之簡支樑系統之特徵值[11][12]	22	2.6.1 變數變換處理	22	2.6.2 變數分離處理	23	2.6.3 計算特徵值	25	2.7 其他不同形式之邊界矩陣與特徵值[17]	29	2.8 樑側向振動之強制振動分析[1][2]	35	第三章 移動負荷分析	38	3.1 分析具單一等速移動負荷之損傷樑	38	3.2 分析具兩個等速移動負荷之破壞樑	42	3.3 側向位移響應的收斂性情形與 r 值的關係	47	第四章 數值分析結果與討論	49	4.1 理論數值分析與文獻互相驗證	49	4.2 單一移動負荷與兩個移動負荷之理論數值分析	52	4.2.1 單一移動負荷之理論數值分析	53	4.2.2 兩個移動負荷之理論數值分析	65	第五章 結論與建議	69	5.1 結論	69	5.2 建議	71	參考文獻	72	圖目錄		圖 2.1 研究進行步驟流程圖	11	圖 2.2 Euler-Bernoulli 樑上截面積變化之示意圖[1]	12	圖 2.3 樑元素之自由體圖平衡狀態[1]	13	圖 2.4 具破壞點之 Euler-Bernoulli 樑之示意圖[13]	16	圖 2.5 一般常見之邊界情形[17]	18	圖 2.6 各種邊界情形所考量的因素[17]	19	圖 2.7 破裂點在樑之單側[7]	21	圖 2.8 破裂點在樑之兩側[7]	21	圖 2.9 具固定負荷與破壞點之 Euler-Bernoulli 樑之示意圖[1]	35	圖 3.1 具單一移動負荷與破壞點之 Euler 樑之示意圖	38	圖 3.2 兩軸車輛橫過單一破壞點之 Euler 樑之示意圖	43	圖 3.3 具兩個移動負荷與破壞點之 Euler 樑之示意圖	43	圖 3.4 系統側向位移響應的收斂性情形	48	圖 4.1 速度影響之下均勻樑中間點的時間位移響應；moving load ($\alpha = 0$)，moving load ($\alpha = 0.5$) [22]	50	圖 4.2 不同速度之下，均勻樑中間點的時間位移響應，實線代表 $\alpha / 0.5 a H =$ ，虛線代表 $\alpha / 0.5 a H = 52$	52	圖 4.3 不同速度下，破裂深度改變，均勻樑中間點時間位移響應，破裂位置位於 $1.0.3 L = m$	57	圖 4.4 不同速度下，破裂深度改變對，均勻樑中間點的時間位移響應，破裂位置位於 $1.0.5 L = m$	58	圖 4.5 不同破裂深度下，改變移動負荷的速度，均勻樑中間點的時間位移響應，破裂位置位於 $1.0.3 L = m$	62	圖 4.6 不同破裂深度下，改變移動負荷的速度，均勻樑中間點的時間位移響應，破裂位置位於 $1.0.5 L = m$	63	圖 4.7 不同的破裂深度和移動負荷速度之下，改變其破裂點的位置，其均勻樑中間點的時間位移響應，實線代表 $1.0.3 L = m$ ，虛線代表 $1.0.5 L = m$	64	圖 4.8 破裂點的位置位於 $1.0.5 L =$ 公尺，破裂深度比值是 $\alpha / 0.5 a H =$ 時，改變負荷間的距離，其均勻樑中間點的時間位移響應，實線代表 $1/8 D L =$ ，虛線代表 $1/4 D L = 66$	66	圖 4.9 破裂點的位置位於 $1.0.5 L =$ 公尺，破裂深度比值是 $\alpha / 0.5 a H =$ 時，改變負荷間的距離，其均勻樑中間點的時間位移響應，實線代表 $1/16 D L =$ ，虛線代表 $1/8 D L = 66$	66	圖 4.10 破裂點的位置位於 $1.0.5 L =$ 公尺，破裂深度比值是 $\alpha / 0.5 a H =$ 和移動負荷速度分別在 0.2、0.4 的臨界速度時，兩個移動負荷 ($1/8 D L =$) 與單一移動負荷的側向位移響應，實線代表單一移動負荷，虛線代表兩個移動負荷	67	圖 4.11 破裂點的位置位於 $1.0.5 L =$ 公尺，破裂深度比值是 $\alpha / 0.5 a H =$ 和移動負荷速度分別在 0.6、0.8 的臨界速度時，兩個移動負荷 ($1/8 D L =$) 與單一移動負荷的側向位移響應，實線代表單一移動負荷，虛線代表兩個移動負荷	68	表目錄		表 2.1 利用 Euler 樑理論時，不同邊界情形所考量的因素[1][2]	20	表 4.1 數值分析之材料幾何特性與材料特性(一)[22]	50	表 4.2 數值分析之材料幾何特性與材料特性(二)[11][12][17]	53
--------	-----	-----	-----	------	---	------	----	----	-----	----	------	-----	---	-----	-----	------	------	--------	---	--------	---	----------	---	--------------------------------------	---	---------------------------------	---	----------	---	----------	---	----------	----	------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------------------	----	------------------------------	----	-----------------	----	------------------------------	----	--------------	----	--------------	----	-------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	------------	----	---------------------	----	---------------------	----	----------------------------	----	---------------	----	-------------------	----	--------------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	-----------	----	--------	----	--------	----	------	----	-----	--	-----------------	----	--------------------------------------	----	-----------------------	----	---------------------------------------	----	---------------------	----	------------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	---	----	--------------------------------	----	--------------------------------	----	--------------------------------	----	----------------------	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	-----	--	--	----	-------------------------------	----	---------------------------------------	----

參考文獻

- [1] Singirecu S. Rao, " Mechanical vibrations, " Pearson Prentice Hall, 2004.
- [2] 王柏村, 振動學, 全華科技圖書股份有限公司, 2002.
- [3] M.L. James, G.M. Smith, J.C. Wolford and P.W. Whaley, " Vibration of mechanical and structural systems, " Harper Collins, 1994.
- [4] Y. Narkis, " Identification of crack location in vibrating simply-supported beams, " Journal of sound and vibration, 172(4), pp.549-558, 1994.
- [5] Y. Narkis and E. Elmalah, " Crack identification in a cantilever beam under uncertain end condition, " Journal of mechanics and sciences, 38(5), pp.499-507, 1996.
- [6] S.H. Farghaly, " Comment and future results on analysis of the effect of cracks on the natural frequency of a cantilever beam, " Journal of sound and vibration, 169(5), pp.704-708, 1994.
- [7] A.D. Dimarogons, " Vibration of cracked structures: A state of the art review, " Engineering fracture mechanics, 55(5), pp.831-857, 1996.
- [8] S. Masoud, M.A. Jarrah and M.A.I. Maamory, " Effect of crack depth on the natural frequency of a prestressed Fixed-Fixed Beam, " Journal of sound and vibration, 214(2), pp.201-212, 1998.
- [9] M. Boltezar, B. Strancar and A. Kuhelj, " Identification of transverse crack location in flexural vibration of free-free beam, " Journal of sound and vibration, 211(5), pp.729-734, 1998.
- [10] A.P. Bovsunovsky and V.V. Matveev, " Analytical approach to the determination of dynamic characteristics of A beam with a closing crack, " Journal of sound and vibration, 235(3), pp.415-434, 2000.
- [11] H.P. Lin and C.K. Chen, " Analysis of cracked beam by transfer matrix method, " The 25th national conference on theoretical and applied mechanics, 2001.
- [12] H.P. Lin, S.C. Chang and J.D. Wu, " Beam vibration with an arbitrary number of cracks, " Journal of sound and vibration, 258(5), pp.987-999, 2002.
- [13] H.P. Lin, " Direct and inverse methods on free vibration analysis of simply supported beams with a crack, " Engineering structures, 26, pp.427-436, 2004.
- [14] Y. Bamnios, E. Douka and A. Trochidis, " Crack identification in beam structures using FEM, " Journal of sound and vibration, 256(2), pp.287-297, 2002.
- [15] J.K. Sinha, M.I. Friswell and S. Edwards, " Simplified models for the location of cracks in beam structures using measured, " Journal of sound and vibration, 251(1), pp. 13-38, 2002.
- [16] M.H.F. Dado and O. Abuzeid, " Coupled transverse and axial vibratory behavior of cracked beam with end mass and rotary inertia, " Journal of sound and vibration, 261, pp.675-696, 2003.
- [17] 劉錦源, " 用轉移矩陣法做破壞樑結構之振動分析與研究, " 大葉大學車輛工程學系碩士班碩士論文, 2003.
- [18] C. Bilello and L.A. Bergman, " Vibration of damaged beams under a moving mass: Theory and experimental validation, " Journal of sound and vibration, 274, PP.567-582, 2004.
- [19] A.N. Yanmeni Wayou, R. Tchoukuegno and P. Wofo, " Non-linear dynamics of elastic beam under moving loads, " Journal of sound and vibration, 273, PP.1101-1108, 2004.
- [20] Y.-B. Yang, C.W. Lin and J.D. Yau, " Extracting bridge frequencies from the dynamic response of a passing vehicle, " Journal of sound and vibration, 272, PP.471-493, 2004.
- [21] M. Ichikawa, Y. Miyakawa, and A. Matsuda, " Vibration analysis of the continuous beam subjected to a moving mass, " Journal of sound and vibration, 230(3), PP.493-506, 2000.
- [22] M.A. Mahmoud and M.A. AbouZaid, " Dynamic response of a beam with a crack subject to a moving mass, " Journal of sound and vibration, 256(4), PP.591-603, 2002.
- [23] S.S. Law and X.Q. Zhu, " Study on different beam models in moving force identification, " Journal of sound and vibration, 234(4), PP.661-679, 2000.
- [24] G.T. Michaltsos, " Dynamic behaviour of a single-span beam subjected to loads moving with variable speeds, " Journal of sound and vibration, 258(2), PP.359-372, 2002.
- [25] M.A. Foda and Z. Abduljabbar, " A dynamic Green function formulation for the response of a beam structure to a moving mass, " Journal of sound and vibration, 210(3), PP.295-306, 1998.
- [26] 李宜達等人, " MATLAB 在工程上的應用, " 全華科技圖書股份有限公司, 2000.
- [27] 黃俊銘, " 數值方法-使用MATLAB 程式語言, " 全華科技圖書股份有限公司, 2001.