

提升水下結構抗震能力之探討

周鵬偉、梁卓中

E-mail: 9419585@mail.dyu.edu.tw

摘要

水下載具之結構安全與其壓力殼之抗爆震能力息息相關，以往之研究，著重於探討水下爆震環境下壓力殼之結構損壞情形，由於水下載具之實船爆震測試不僅要花費大量時間，其成本亦極昂貴，因此近年來高性能之數值模擬分析工具，具備有高解算能力及大儲存記憶體之優勢，已可有效模擬水下爆炸之問題而減少大量時間與成本，故本論文採用數值分析方法來探討如何增強水下結構之抗震能力。主要研究即探討橡膠包覆於平板殼與圓筒殼抗震能力增加之效果，包括橡膠材料、橡膠硬度(Durometer)、橡膠厚度之影響等。本論文首先以Kwon(1993)之水下圓筒殼水下爆震實驗為研究對象，以有限單元軟體ABAQUS/USA進行水下爆震反應之分析能力。其次並探討1 m × 1 m × 0.01 m之6061-T6鋁平板及Kwon圓筒殼進行空氣與水介質下承受不同震波之反應情形；最後探討利用橡膠材料包覆於平板殼與圓筒殼外層殼之抗震能力分析，因橡膠材料性質不易獲得，故本論文僅以Harris(1988)之抗震橡膠作為探討之對象，由分析之結果中發現，包覆橡膠後其von-Mises應力最多可降低約78%，但在同一橡膠材料下不同硬度(Durometer)之橡膠其抗震效果影響並不大，但橡膠厚度變化對抗震能力的影響有不同的效果，本論文針對不同厚度比例之橡膠(結構物厚度之10%、30%、50%、100%等)進行抗震效果分析，發現橡膠為結構物之30%、50%、100%之橡膠厚度上其抗震效果並無太大之差異，但均比10%結構厚度之橡膠效果要好。本論文之研究成果希望能提供未來船艦結構抗震設計之參考使用。

關鍵詞：水下載具，ABAQUS/USA，包覆

目錄

第一章 緒論.....	1	第二章 水下爆炸效應之半理論半經驗公式.....	10
2.1 水下爆震研究之場景.....	10	2.2 爆震波半理論半經驗公式.....	12
2.2.1 靜水壓力、爆震波峰值壓力與時間衰減常數.....	12	2.2.2 壓力時間歷程.....	13
2.2.3 不同炸藥之水下爆炸常數.....	13	第三章 考慮流固耦合效應數值分析理論基礎.....	17
3.1 ABAQUS/USA之發展史.....	17	3.2 ABAQUS/USA之基本理論.....	18
3.2.1 流體方程式.....	19	3.2.2 流固耦合方程式.....	21
3.3 ABAQUS/USA之應用技巧.....	22	3.3.1 前處理(Pre-processor).....	22
3.3.2 ABAQUS/USA主程式處理器(Solver).....	22	3.3.2.1 網格分割.....	23
3.3.2.2 有限元素之種類.....	23	3.3.3 邊界條件設定.....	24
3.3.4 ABAQUS/USA收斂準則.....	25	3.3.5 後處理(Post-processor).....	26
第四章 實例驗證與分析.....	33	4.1 複合平板殼承受均佈負荷之實例驗證.....	33
4.1.1 問題描述.....	33	4.1.2 有限元素模型.....	34
4.1.3 結果比較與分析.....	34	4.1.4 考慮流固耦合效應分析.....	34
4.2 圓筒壓力殼承受水下爆震波之實例驗證.....	35	4.2.1 問題描述.....	35
4.2.2 有限元素模型.....	36	4.2.3 結果比較與分析.....	36
4.3 應用固體元素驗證圓筒殼水下爆震問題.....	36	4.3.1 問題描述.....	37
4.3.2 有限元素模型.....	37	4.3.3 結果比較與分析.....	37
第五章 包覆結構抗震實例分析與設計.....	53	5.1 橡膠材料參數運算法則.....	53
5.2 包覆結構抗震實例分析與設計.....	54	5.2.1 包覆橡膠平板殼實例分析.....	55
5.2.1.1 問題描述.....	55	5.2.1.2 有限單元模型.....	55
5.2.1.3 計算結果與分析.....	56	5.2.2 包覆橡膠圓筒殼實例分析.....	58
5.2.2.1 問題描述.....	58	5.2.2.2 有限元素模型.....	59
5.2.2.3 分析結果與比較.....	59	第六章 結論與未來展望.....	84
參考文獻.....	86		

參考文獻

[1] 黃春景、黃忠信，“橡膠層墊受壓時之應力分析”，成功大學土木工程研究所碩士論文。

[2] Harris, C. H., John J. H., Charles J. L., “Application of Isolators”, Shock and Vibration Handbook, 4th edition, McGraw-Hill, p35-18

- (1988).
- [3] Geer, T.L., " Residual Potential and Approximate Methods for Three-Dimensional Fluid-Structure Interaction Problems, " J.Acoust.Soc.Am., 49(5),1505-1510(1971).
- [4] Geer, T.L., " Residual Potential and Approximate Methods for Three-Dimensional Fluid-Structure Interaction Problems, " J.Acoust.Soc.Am., 49(5),1505-1510(1971).
- [5] Geer, T.L., " Doubly Asymptotic Approximations for Transient Motion of Submerged Structures, " J.Acoust.Soc.Am., 64(5), 1500 -1508 (1978).
- [6] Geer, T.L. and The-Hua Ju, " A Computer Program for a Canonical Problem in Underwater Shock, " Shock and Vibration, Vol.1, No.4 ,pp.331-337(1974).
- [7] Huang, H., " Transient Interaction of Plane Acoustic Waves with a Spherical Elastic Shell, " J. Acoust.Soc.Am.,45(3),661-670(1968).
- [8] Herbert Nilsson , " Submarine Shock Testing, " The shock and vibration information center N.R.L., Washington, DC. (1973).
- [9] 李雅榮、俞君俠, " 夾心板結構挫曲強度之探討 ", 中國機械工程學刊, 第七卷第一期, pp.41-51(1986)。
- [10] Ross, C.T.F., " A Novel Submarine Pressure Hull Design, " J.Ship.Res.,Vol.31,pp.186-188(1987).
- [11] Jame, J.G. and L.L. Lisa, " Submersible Pressure Hull Design Parametrics, " SNAME Trans., Vol.99,pp.119-146 (1991).
- [12] Fox,P.K.,Kwon,Y.W.,and Shin,Y.S.,1992, " Nonlinear Response of Cylindrical Shells to Underwater Explosion :Testings and Numerical Prediction Using USA/DYNA3D, " Report NPS-ME- 92-002, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, March.
- [13] Kwon,Y.W. and Fox,P.K., " Underwater Shock Response of A Cylinder Subject to A Side-on Explosion " ,Computer & Structure Vol.48, No.4,pp.637-646 (1993).
- [14] Kwon ,Y.W., Bergersen,J.K. and Shin,Y.S. " Effect of Surface Coatings on Cylinders Exposed to Underwater Shock " Shock and Vibration, Vol.1, No.3,pp.253-265(1994).
- [15] 賴文豪, " 考慮流固藕合效應之潛艦壓力殼強度評估之研究 ", 中正理工學院國防科學研究所博士學位論文(1998)。
- [16] Liang, C.C., Lai,W.H., and Hsu, C.Y., " Study of nonlinear response of submersible pressure hull, " International Journal of Pressure Vessel and Piping. Pp.131-149(1998).
- [17] Cichocki,K. " Effects of underwater blast loading on structures with protective elements. " International Journal of Impact Engineering 22(1999) 609-617.
- [18] 戴毓修, " 載具結構及裝備抗震強度之研究 ", 中正理工學院 國防科學研究所博士學位論文(2000)。
- [19] Rajendran,R.and Narasimhan,K. " Linear elastic shock response of plane plate subjected to underwater explosion. " International Journal of Impact Engineering 25 Pp.493-506 (2001).
- [20] 梁卓中、夏曉文、任展勇、陳弘文, " 深潛多球加勁型壓力殼結構最佳化設計之探討 ", 中國造船暨輪機工程學刊, 第二十二卷 , pp.159-172(2003)。
- [21] 梁卓中、夏曉文、任展勇、陳弘文, " 傳統圓筒加進型壓力殼與多球型加勁壓力殼結構強度比較之研究 " 中國造船暨輪機工程學刊 , 第二十三卷第三期, pp.125-141(2004)。
- [22] 李雅榮、許家豪, " 潛艦結構強度分析 " 台灣大學造船及海洋工程研究所(2004)。
- [23] Ling,C.C., Hsu, C.Y., Shiah,S.W. and Jen,C.Y., " A study of stress concentration effect around penetration on curved shell and failure modes for deep-diving submersible vehicle " , Ocean Engineering 32 pp.1098-1121 (2005).
- [24] John A.D.Jr., " Augmentation of DAA staggered solution equations in underwater shock problems for singular structure mass matrices, " Shock and Vibration 12 Pp.25-35 (2005).
- [25] Hung,C.F., Hsu,P.Y. J.Heang-Fuu, " Elastic shock response of an air-backed plate to underwater explosion " , International Journal of Impact Engineering.31(2005)151-168.
- [26] Cole, R.H., Underwater Explosions, Princeton University Press, Princeton (1948).
- [27] <http://www.mae.usu.edu/faculty/wenbin/vapas/vibration.html>