

Comparative Study of Full-Scale Side Impact Test Regulation

莊建隆、鄧作樑

E-mail: 9510936@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The number of cars is increasing, leading to more traffic accidents. Traffic accidents have become one of the leading causes of death in modern times. Car safety has become the most important issue in automobile development. To confirm vehicle occupant safety, most countries issue safety standards and regulations to which vehicles must conform. For the side impact test regulation, the regulations produced by each country have a lot of difference in test methods, causing confusing data after tests. In order to reduce the difference between side impact regulations, International Harmonized Research Activities positively harmonized contents of side impact regulations to make it globalized. This study investigates the development and validation dummy, MDB and side-impact crash test FEM model for studying interaction. Based on the FMVSS 214 and ECE R95 regulation, the numerical crash test model was developed to simulate a side impact accident. The crash simulations were conducted using the LS-DYNA finite element code. The dynamic response of the human body to crashes is discussed herein. Additionally, the injuries of occupants were measured. The simulated models obtained could help evaluate vehicle crash safety and guide the future development of safety technologies. According to the injury of occupant, the assessment of the severity levels of side impact regulations was performed, except for using the difference of these two side impact regulations to realize the way to legislate the standard. Through all these analytical results, the references will be provided and harmonized side impact regulation will be understood clearly. At last, the result of this thesis also gives some suggestions to legislate our side impact regulation.

Keywords : Side impact test , Harmonization of the regulation , Finite element , FMVSS 214 , ECE R95

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v	誌謝.....	vi	目錄.....	viii	圖目錄.....	xii	表目錄.....	xviii																						
第一章 前言 1.1 研究動機.....	1	1.2 文獻回顧.....	3	1.3 論文目的.....	6	1.4 論文架構.....	8	第二章 全車側面碰撞測試法規 2.1 美國FMVSS 214 側撞測試法規.....	10	2.2 歐洲ECE R95 側撞測試法規.....	14	第三章 側撞測試人偶 3.1 美規側撞人偶.....	31	3.2 美規側撞人偶調校程序.....	33	3.3 歐規側撞人偶.....	34	3.4 歐規側撞人偶調校程序.....	36	第四章 全車側撞測試有限元素模型 4.1 美規SID 有限元素模型.....	49	4.2 SID 有限元素模型之驗證.....	54	4.3 美規MDB 台車有限元素模型.....	57	4.4 美規MDB 台車模型之驗證.....	57	4.5 歐規EUROSID-1 有限元素模型.....	58	4.6 EUROSID-1 有限元素模型之驗證.....	62	4.7 歐規MDB 台車有限元素模型.....	70	4.8 歐規MDB 台車模型之驗證.....	71
圖目錄 圖2.1 FMVSS 214實車側撞試驗示意圖 19 圖2.2 FMVSS 214撞擊點位置圖 19 圖2.3 美規MDB台車蜂巢鋁衝擊面結構示意圖 20 圖2.4 美規MDB台車車架 20 圖2.5 美規MDB台車蜂巢鋁結構衝擊面 21 圖2.6 ECE R95實車側撞試驗示意圖 21 圖2.7 座椅參考點位置 22 圖2.8 人偶H-point調整儀器 22 圖2.9 歐規MDB台車車架 23 圖2.10 歐規MDB台車蜂巢鋁結構衝擊面 23 圖3.1 SID側撞測試人偶 40 圖3.2 Hybrid 50%正面碰撞人偶 40 圖3.3 SID人偶胸部擺錘校正試驗示意圖 41 圖3.4 SID人偶加速規位置示意圖 41 圖3.5 SID人偶骨盆擺錘校正試驗示意圖 42 圖3.6 EUROSID-1側撞測試人偶 42 圖3.7 EUROSID-1頭部落下校正示意圖 43 圖3.8 EUROSID-1頸部擺錘校正示意圖 43 圖3.9 EUROSID-1肩部擺錘校正示意圖 44 圖3.10 EUROSID-1肋骨擺錘校正示意圖 44 圖3.11 EUROSID-1腰椎擺錘校正示意圖 45 圖3.12 EUROSID-1腹部擺錘校正示意圖 45 圖3.13 EUROSID-1骨盆擺錘校正示意圖 46 圖4.1 SID模型 73 圖4.2 SID頭部模型 73 圖4.3 SID頸部與肩部模型 73 圖4.4 SID胸部模型 74 圖4.5 SID脊柱模型 74 圖4.6 SID腹部模型 74 圖4.7 SID骨盆模型 75 圖4.8 SID下肢模型 75 圖4.9 LS-DYNA剛性體接頭型式 76 圖4.10 SID胸部擺錘驗證模型 76 圖4.11 SID模型上肋骨加速度歷時圖 77 圖4.12 SID模型下肋骨加速度歷時圖 77 圖4.13 SID模型下脊椎加速度歷時圖 78 圖4.14 SID骨盆擺錘驗證模型 78 圖4.15 SID模型骨盆加速度歷時圖 79 圖4.16 美規MDB台車模型 79 圖4.17 美規MDB台車驗證模型 80 圖4.18 美規MDB台車重心速度歷時圖 80 圖4.19 EUROSID-1模型 81 圖4.20 EUROSID-1頭部模型 81 圖4.21 EUROSID-1頸部模型 81 圖4.22 EUROSID-1肩部與手臂模型 82 圖4.23 EUROSID-1胸部模型 82 圖4.24 EUROSID-1腰椎模型 83 圖4.25 EUROSID-1腹部 83 圖4.26 EUROSID-1骨盆模型 83 圖4.27 EUROSID-1下肢模型 83 圖4.28 EUROSID-1頭部落下驗證模型 84 圖4.29 EUROSID-1模型頭部加速度歷時圖 84 圖4.30 EUROSID-1頸部擺錘驗證模型 85 圖4.31 EUROSID-1模型頸部彎曲角度歷時圖 85 圖4.32 EUROSID-1肩部擺錘驗證模型 86 圖4.33 EUROSID-1模型肩部加速度歷時圖 86 圖4.34 EUROSID-1肋骨擺錘驗證模型 87 圖4.35 EUROSID-1模																																			

型上肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 87 圖4.36 EUROSID-1模型上肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 88 圖4.37 EUROSID-1模型上肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 88 圖4.38 EUROSID-1模型中肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 89 圖4.39 EUROSID-1模型中肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 89 圖4.40 EUROSID-1模型中肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 90 圖4.41 EUROSID-1模型下肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 90 圖4.42 EUROSID-1模型下肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 91 圖4.43 EUROSID-1模型下肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 91 圖4.44 EUROSID-1腹部擺錘驗證模型 92 圖4.45 EUROSID-1模型腹部擺錘受力歷時圖 92 圖4.46 EUROSID-1模型腹部受力歷時圖 93 圖4.47 EUROSID-1腰椎擺錘驗證模型 93 圖4.48 EUROSID-1模型腰椎彎曲角度歷時圖 94 圖4.49 EUROSID-1骨盆擺錘驗證模型 94 圖4.50 EUROSID-1模型骨盆擺錘受力歷時圖 95 圖4.51 EUROSID-1模型骨盆受力歷時圖 95 圖4.52 歐規MDB台車模型 96 圖4.53 歐規MDB台車驗證模型 96 圖4.54 歐規MDB台車蜂巢鋁衝擊面消耗能量-變形歷時圖 97 圖4.55 歐規MDB台車蜂巢鋁衝擊面力-變形歷時圖 97 圖5.1 Ford Taurus側撞實車有限元素模型 114 圖5.2 FMVSS 214全車側撞測試數值模型 114 圖5.3 FMVSS 214側撞模擬之前座人偶動態反應 115 圖5.4 FMVSS 214側撞模擬前座人偶上肋骨加速度歷時圖 116 圖5.5 FMVSS 214側撞模擬前座人偶下肋骨加速度歷時圖 116 圖5.6 FMVSS 214側撞模擬前座人偶下脊椎加速度歷時圖 117 圖5.7 FMVSS 214側撞模擬前座人偶骨盆加速度歷時圖 117 圖5.8 FMVSS 214側撞模擬之後座人偶動態反應 118 圖5.9 FMVSS 214側撞模擬後座人偶上肋骨加速度歷時圖 119 圖5.10 FMVSS 214側撞模擬後座人偶下肋骨加速度歷時圖 119 圖5.11 FMVSS 214側撞模擬後座人偶下脊椎加速度歷時圖 120 圖5.12 FMVSS 214側撞模擬後座人偶骨盆加速度歷時圖 120 圖5.13 ECE R95全車側撞測試數值模型 121 圖5.14 ECE R95側撞模擬之人偶動態反應 122 圖5.15 ECE R95側撞模擬之人偶動態反應(續) 123 圖5.16 ECE R95側撞模擬人偶頭部加速度歷時圖 124 圖5.17 ECE R95側撞模擬人偶上肋骨加速度歷時圖 124 圖5.18 ECE R95側撞模擬人偶下肋骨加速度歷時圖 125 圖5.19 ECE R95側撞模擬人偶上肋骨位移歷時圖 125 圖5.20 ECE R95側撞模擬人偶中肋骨位移歷時圖 126 圖5.21 ECE R95側撞模擬人偶下肋骨位移歷時圖 126 圖5.22 ECE R95側撞模擬人偶下脊椎加速度歷時圖 127 圖5.23 ECE R95側撞模擬人偶腹部受力歷時圖 127 圖5.24 ECE R95側撞模擬人偶骨盆加速度歷時圖 128 圖5.25 ECE R95側撞模擬人偶恥骨受力歷時圖 128 圖6.1 FMVSS 214試驗示意圖 144 圖6.2 ECE R95試驗示意圖 144 圖6.3 美規MDB台車示意圖 145 圖6.4 歐規MDB台車示意圖 145 圖6.5 側撞人偶坐姿比較示意圖 146 圖6.6 SID與SID/H 人偶頭部模型示意圖 146 圖6.7 全車側撞測試模擬前座人偶上肋骨加速度歷時圖 147 圖6.8 全車側撞測試模擬前座人偶下肋骨加速度歷時圖 147 圖6.9 全車側撞測試模擬前座人偶下脊椎加速度歷時圖 148 圖6.10 全車側撞測試模擬前座人偶骨盆加速度歷時圖 148 圖6.11 全車側撞測試模擬後座人偶上肋骨加速度歷時圖 149 圖6.12 全車側撞測試模擬後座人偶下肋骨加速度歷時圖 149 圖6.13 全車側撞測試模擬後座人偶下脊椎加速度歷時圖 150 圖6.14 全車側撞測試模擬後座人偶骨盆加速度歷時圖 150 圖6.15 WorldSID側面撞擊人偶 151 圖6.16 側面撞擊法規調和之程序概念圖 151 表目錄 表2.1 FMVSS主動安全性法規 24 表2.2 FMVSS被動安全性法規 25 表2.3 美規FMVSS 214側撞台車規格 26 表2.4 ECE主動安全性法規 27 表2.5 ECE主動安全性法規(續) 28 表2.6 ECE被動安全性法規 29 表2.7 歐規ECE R95側撞台車規格 30 表3.1 SID人偶各部位重量 47 表3.2 EUROSID-1人偶各部位重量 47 表3.3 EUROSID-1肋骨擺錘校正規範值 48 表4.1 SID有限元素模型重量 98 表4.2 EUROSID-1有限元素模型重量 99 表5.1 FMVSS 214側撞模擬SID損傷值 129 表5.2 ECE R95側撞模擬EUROSID-1損傷值 129 表6.1 美國與歐洲側面撞擊測試法規比較 152 表6.2 側撞人偶模型之組件、元素與節點數量 153 表6.3 全車側面撞擊測試前座人偶模型損傷值之比較 153 表6.4 全車側面撞擊測試後座人偶模型損傷值之比較 154 第五章 全車側撞測試數值模擬 5.1 測試車輛有限元素模型.....100 5.2 FMVSS 214 全車側撞測試數值模擬.....101 5.3 ECE R95 全車側撞測試數值模擬.....108 第六章 全車側撞測試法規之比較與分析 6.1 全車側撞測試法規.....130 6.2 側撞人偶模型.....133 6.3 全車側撞測試模擬結果之比較.....136 6.4 全車側撞測試後座人偶損傷分析.....137 6.5 全車側撞測試法規之調和.....139 6.6 我國制定側撞法規之建議.....142 第七章 結論.....155 參考文獻.....158 圖目錄 圖2.1 FMVSS 214實車側撞試驗示意圖 19 圖2.2 FMVSS 214撞擊點位置圖 19 圖2.3 美規MDB台車蜂巢鋁衝擊面結構示意圖 20 圖2.4 美規MDB台車車架 20 圖2.5 美規MDB台車蜂巢鋁結構衝擊面 21 圖2.6 ECE R95實車側撞試驗示意圖 21 圖2.7 座椅參考點位置 22 圖2.8 人偶H-point調整儀器 22 圖2.9 歐規MDB台車車架 23 圖2.10 歐規MDB台車蜂巢鋁結構衝擊面 23 圖3.1 SID側撞測試人偶 40 圖3.2 Hybrid 50%正面碰撞人偶 40 圖3.3 SID人偶胸部擺錘校正試驗示意圖 41 圖3.4 SID人偶加速規位置示意圖 41 圖3.5 SID人偶骨盆擺錘校正試驗示意圖 42 圖3.6 EUROSID-1側撞測試人偶 42 圖3.7 EUROSID-1頭部落下校正示意圖 43 圖3.8 EUROSID-1頸部擺錘校正示意圖 43 圖3.9 EUROSID-1肩部擺錘校正示意圖 44 圖3.10 EUROSID-1肋骨擺錘校正示意圖 44 圖3.11 EUROSID-1腰椎擺錘校正示意圖 45 圖3.12 EUROSID-1腹部擺錘校正示意圖 45 圖3.13 EUROSID-1骨盆擺錘校正示意圖 46 圖4.1 SID模型 73 圖4.2 SID頭部模型 73 圖4.3 SID頸部與肩部模型 73 圖4.4 SID胸部模型 74 圖4.5 SID脊柱模型 74 圖4.6 SID腹部模型 74 圖4.7 SID骨盆模型 75 圖4.8 SID下肢模型 75 圖4.9 LS-DYNA剛性體接頭型式 76 圖4.10 SID胸部擺錘驗證模型 76 圖4.11 SID模型上肋骨加速度歷時圖 77 圖4.12 SID模型下肋骨加速度歷時圖 77 圖4.13 SID模型下脊椎加速度歷時圖 78 圖4.14 SID骨盆擺錘驗證模型 78 圖4.15 SID模型骨盆加速度歷時圖 79 圖4.16 美規MDB台車模型 79 圖4.17 美規MDB台車驗證模型 80 圖4.18 美規MDB台車重心速度歷時圖 80 圖4.19 EUROSID-1模型 81 圖4.20 EUROSID-1頭部模型 81 圖4.21 EUROSID-1頸部模型 81 圖4.22 EUROSID-1肩部與手臂模型 82 圖4.23 EUROSID-1胸部模型 82 圖4.24 EUROSID-1腰椎模型 83 圖4.25 EUROSID-1腹部 83 圖4.26 EUROSID-1骨盆模型 83 圖4.27 EUROSID-1下肢模型 83 圖4.28 EUROSID-1頭部落下驗證模型 84 圖4.29 EUROSID-1模型頭部加速度歷時圖 84 圖4.30 EUROSID-1頸部擺錘驗證模型 85 圖4.31 EUROSID-1模型頸部彎曲角度歷時圖 85 圖4.32 EUROSID-1肩部擺錘驗證模型 86 圖4.33 EUROSID-1模型肩

部加速度歷時圖 86 圖4.34 EUROSID-1肋骨擺錘驗證模型 87 圖4.35 EUROSID-1模型上肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 87 圖4.36 EUROSID-1模型上肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 88 圖4.37 EUROSID-1模型上肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 88 圖4.38 EUROSID-1模型中肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 89 圖4.39 EUROSID-1模型中肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 89 圖4.40 EUROSID-1模型中肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 90 圖4.41 EUROSID-1模型下肋骨受速度2 m/s撞擊位移歷時圖 90 圖4.42 EUROSID-1模型下肋骨受速度3 m/s撞擊位移歷時圖 91 圖4.43 EUROSID-1模型下肋骨受速度4 m/s撞擊位移歷時圖 91 圖4.44 EUROSID-1腹部擺錘驗證模型 92 圖4.45 EUROSID-1模型腹部擺錘受力歷時圖 92 圖4.46 EUROSID-1模型腹部受力歷時圖 93 圖4.47 EUROSID-1腰椎擺錘驗證模型 93 圖4.48 EUROSID-1模型腰椎彎曲角度歷時圖 94 圖4.49 EUROSID-1骨盆擺錘驗證模型 94 圖4.50 EUROSID-1模型骨盆擺錘受力歷時圖 95 圖4.51 EUROSID-1模型骨盆受力歷時圖 95 圖4.52 歐規MDB台車模型 96 圖4.53 歐規MDB台車驗證模型 96 圖4.54 歐規MDB台車蜂巢鉛衝擊面消耗能量-變形歷時圖 97 圖4.55 歐規MDB台車蜂巢鉛衝擊面力-變形歷時圖 97 圖5.1 Ford Taurus側撞實車有限元素模型 114 圖5.2 FMVSS 214全車側撞測試數值模型 114 圖5.3 FMVSS 214側撞模擬之前座人偶動態反應 115 圖5.4 FMVSS 214側撞模擬前座人偶上肋骨加速度歷時圖 116 圖5.5 FMVSS 214側撞模擬前座人偶下肋骨加速度歷時圖 116 圖5.6 FMVSS 214側撞模擬前座人偶下脊椎加速度歷時圖 117 圖5.7 FMVSS 214側撞模擬前座人偶骨盆加速度歷時圖 117 圖5.8 FMVSS 214側撞模擬之後座人偶動態反應 118 圖5.9 FMVSS 214側撞模擬後座人偶上肋骨加速度歷時圖 119 圖5.10 FMVSS 214側撞模擬後座人偶下肋骨加速度歷時圖 119 圖5.11 FMVSS 214側撞模擬後座人偶下脊椎加速度歷時圖 120 圖5.12 FMVSS 214側撞模擬後座人偶骨盆加速度歷時圖 120 圖5.13 ECE R95全車側撞測試數值模型 121 圖5.14 ECE R95側撞模擬之人偶動態反應 122 圖5.15 ECE R95側撞模擬之人偶動態反應(續) 123 圖5.16 ECE R95側撞模擬人偶頭部加速度歷時圖 124 圖5.17 ECE R95側撞模擬人偶上肋骨加速度歷時圖 124 圖5.18 ECE R95側撞模擬人偶下肋骨加速度歷時圖 125 圖5.19 ECE R95側撞模擬人偶上肋骨位移歷時圖 125 圖5.20 ECE R95側撞模擬人偶中肋骨位移歷時圖 126 圖5.21 ECE R95側撞模擬人偶下肋骨位移歷時圖 126 圖5.22 ECE R95側撞模擬人偶下脊椎加速度歷時圖 127 圖5.23 ECE R95側撞模擬人偶腹部受力歷時圖 127 圖5.24 ECE R95側撞模擬人偶骨盆加速度歷時圖 128 圖5.25 ECE R95側撞模擬人偶恥骨受力歷時圖 128 圖6.1 FMVSS 214試驗示意圖 144 圖6.2 ECE R95試驗示意圖 144 圖6.3 美規MDB台車示意圖 145 圖6.4 歐規MDB台車示意圖 145 圖6.5 側撞人偶坐姿比較示意圖 146 圖6.6 SID與SID/H 人偶頭部模型示意圖 146 圖6.7 全車側撞測試模擬前座人偶上肋骨加速度歷時圖 147 圖6.8 全車側撞測試模擬前座人偶下肋骨加速度歷時圖 147 圖6.9 全車側撞測試模擬前座人偶下脊椎加速度歷時圖 148 圖6.10 全車側撞測試模擬前座人偶骨盆加速度歷時圖 148 圖6.11 全車側撞測試模擬後座人偶上肋骨加速度歷時圖 149 圖6.12 全車側撞測試模擬後座人偶下肋骨加速度歷時圖 149 圖6.13 全車側撞測試模擬後座人偶下脊椎加速度歷時圖 150 圖6.14 全車側撞測試模擬後座人偶骨盆加速度歷時圖 150 圖6.15 WorldSID側面撞擊人偶 151 圖6.16 側面撞擊法規調和之程序概念圖 151 表目錄表2.1 FMVSS主動安全性法規 24 表2.2 FMVSS被動安全性法規 25 表2.3 美規FMVSS 214側撞台車規格 26 表2.4 ECE主動安全性法規 27 表2.5 ECE主動安全性法規(續) 28 表2.6 ECE被動安全性法規 29 表2.7 歐規ECE R95側撞台車規格 30 表3.1 SID人偶各部位重量 47 表3.2 EUROSID-1人偶各部位重量 47 表3.3 EUROSID-1肋骨擺錘校正規範值 48 表4.1 SID有限元素模型重量 98 表4.2 EUROSID-1有限元素模型重量 99 表5.1 FMVSS 214側撞模擬SID損傷值 129 表5.2 ECE R95側撞模擬EUROSID-1損傷值 129 表6.1 美國與歐洲側面撞擊測試法規比較 152 表6.2 側撞人偶模型之組件、元素與節點數量 153 表6.3 全車側面撞擊測試前座人偶模型損傷值之比較 153 表6.4 全車側面撞擊測試後座人偶模型損傷值之比較 154

REFERENCES

- [1] 李懷彬, 國內外汽車碰撞標準面面觀, 汽車工業研究, 2006。
- [2] Low, T. C., Prasad, P., " Dynamic Response and Mathematical Model of the Side Impact Dummy ", SAE Paper No.902321, (1990) [3] Midoun, D. E., Abramoski, E., Rao, M. k., Kalidindi R., " Development of a Finite Element Based Model of the Side Impact Dummy ", SAE Paper No. 930444, (1993) [4] Kirkpatrick, S.W., Holmes, B. S., Hollowell, W T., Gabler, H. C., Trella, T. J., " Finite Element Modeling of the Side Impact Dummy (SID) ", SAE Paper No. 930104, (1993) [5] Shkolnikov, M.B., Dholakia, R., Surtani, M. S., " Numerical Simulation of a Vehicle Side Impact Test : Development, Application and Design Iterations ", SAE Paper No. 960101, (1996) [6] Shkolnikov, M. B., Bhalsod, D., " LS-DYNA3D Finite Element Model of Side Impact Dummy SID ", SAE Paper No. 971525, (1997) [7] Pal, C., Ichikawa, H., Sagawa, K., " Development and Improvement of FE Side Impact Dummy(EUROSID) Model Based on Experimental Verifications ", SAE Paper No. 971041, (1997) [8] Dong, S. K., Chang, H. L., Myung, S. L., " Vehicle Design Parameter Study for Side Impacts Using Full Vehicle Simulation ", 16th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper 98-S8-W-16, (1998) [9] Chang, N.A., Han, I.B., " Development of Finite Element US-SID and Euro-SID Model ", SAE Paper No. 2000-01-0160, (2000) [10] Sugimoto, T., Yamazaki, S., " Study on Car-to-Car Side Impact ", 17th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper Number 236, (2001) [11] Franz, U., Schuster, P., Schmid, W., Graf, O., " FAT Side Impact Dummy Models Remarks on Usage and Potential Pitfalls ", 4th European LS-DYNA Users Conference, (2003) [12] Xiaodong, C., Haiyan, L., Ruhai, G., Guozhong, L., Yan, L., Guangkui, S., Xichan, Z., " The Simulation of CHERY full-scale Side Impact Test ", SAE Paper No. 2004-01-0348, (2004) [13] 程勇、陳曉東、朱西產、史廣奎、葛如海, 汽車側面碰撞安全性的評價與改善, 汽車與公路設備技術論文, 2005。
- [14] Dalmotas, D., German, A., Gorski, Z.M., Green, R.N., Nowak, E.S., " Prospects for Improving Side Impact Protection Based on Canadian

Field Accident Data and Crash Testing ” , SAE Paper No. 910321, (1991) [15] Prasa, P., Midoun, D., Calso, S., Saha, N., “ Critical Comparisons of U.S. and European Dynamic Side Impacts ” , SAE Paper No. 970128, (1997) [16] Edwards, M.J., Wykes, N.J., Hobbs, A.C., “ Compatibility Requirements for Cars in Frontal and Side Impact ” , 16th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper 98-S3-0-04, (1998) [17] Terrell, M., Seyer, K., Filders, B., Dyte, D., Digges, K., “ Development and Benefits of A Harmonised Dynamic Side Impact Standard ” , 16th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper 98-S8-0-04, (1998) [18] Gabler, C., Fildes, B.N., “ Car Crash Compatibility: the Prospects for International Harmonization ” , SAE Paper No. 1999-01-0069, (1999) [19] Hideki, Y., Janusz, K., Koji, H., “ Japanese Research Activity On Future Side Impact Test Procedures ” , 17th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper Number 155, (2001) [20] Seyer, K., “ International Harmonised Research Activities Side Impact Working Group Status Report ” , 17th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper Number 151, (2001) [21] Mcneil, A., Haberal, J., Holzner, M., Schoeneburg, R., Strutz, T., Tautenhahn, U., “ Current Worldwide Side Impact Activities-Divergence Versus Harmonisation and the Possible Effect on Future Car Design ” , 19th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper Number 05-0077, (2005) [22] Newland, C., “ International Harmonised Research Activities Side Impact Working Group Status Report ” , 19th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper Number 05-0460, (2005) [23] 美國LS-DYNA 公司 <http://www.ls-dyna.com/> [24] “ Testing for FMVSS 214 Side Impact Protection ” , 2002 Mitsubishi Lancer 4-door, MGA Proving Grounds, Birlington, May 28, (2002) [25] Laboratory Test Procedure for FMVSS No.214 “ Static Side Impact Protection ” , NHTSA, January, (2003) [26] 韓國Shinwoo Engineering 公司 <http://www.shinwoo-dng.com/> [27] 美國Plascore 公司 <http://www.plascore.com/> [28] “ Testing for EU 96/27/EC European Side Impact ” , 1996 Geo Metro 3-door, MGA Proving Grounds, Birlington, August 11, (2000) [29] 國際汽車製造商組織 <http://www.oica.net/> [30] 英國H-point Manikin 公司 <http://www.h-point-manikin.com/> [31] 撞擊人偶製造商 <http://www.dentonatd.com/> [32] Irwin, A.L., “ Evaluation of ES-2 by the Occupant Safety Research Partnership of USCAR ” , (2002) [33] Pattel, T., “ Development and Validation of the FAT Finite Element Model for the Side Impact Dummy-EUROSID-1 ” , ESI Gmbh [34] “ Subpart U,ES-2re Side Crash Test Dummy, 50th Percentile Adult Male ” , Department of Transportation, NHTSA 49CFR Part 572, (2004) [35] Gades, H., Ruckert, J., “ FAT EuroSID-2 Model Development and Practical Usage ” , (2003) [36] ECE Regulation No.95-Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicle with Regard to the Protection of the Occupants in the Event of a Lateral Collision [37] “ Testing for Side Impact Protection-Passenger Cars ” , 1991 Ford Taurus, MGA Proving Grounds, Birlington, March 31, (1997) [38] Zaouk, A.K., Marzougui, D., “ Development and Validation of a US Side Impact Moveable Deformable Barrier FE Model ” , FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center, the George Washington University, Ashburn, (2002) [39] “ Testing for EU 96/27/EC European Side Impact ” , 1996 Ford Taurus, MGA Proving Grounds, Birlington, August 11, (2000) [40] LS-DYNA Theory Manual [41] Hultman, R.W., Laske, T.G., Chou, C.C., Lim, G.G., Chrobak, E.I., Vecchio, M.T., “ NHTSA Passenger Car Side Impact Dynamic Test Procedure-Test-To-Test Variability Estimates ” , SAE Paper No. 910603, (1991) [42] Samaha, R.R., Molino, L.N., Maltese, M.R., “ Comparative Performance Testing for Passenger Cars Relative to FMVSS 214 and the EU 96/27/EC Side Impact Regulations:Phase I ” , 16th International Conference on the Experimental Safety Vehicles, Paper 98-S8-0-08, (1998) [43] 美國WorldSID 公司 <http://www.worldsid.org/> [44] 美國道路交通安全管理局 <http://www.nhtsa.dot.gov/> [45] 顏燕、張龍、朱西產, 汽車側面碰撞法規的研究與分析, 上海汽車, 2005。

[46] Schuster, P., Stahlschmidt, S., Franz, U., “ Status and Remarks on USSID and SID III Model EUROSID-1 ES-2 and ES-2re Model ” , DYNAmore GmbH, (2005) [47] Daniel, R., “ Biomechanical Design Considerations for Side Impact ” , SAE Paper No. 890386, (1989)