



>> 專題報導

□ 車輛前方結構之行人碰撞防護介紹

車安中心 賴浩民

一、前言

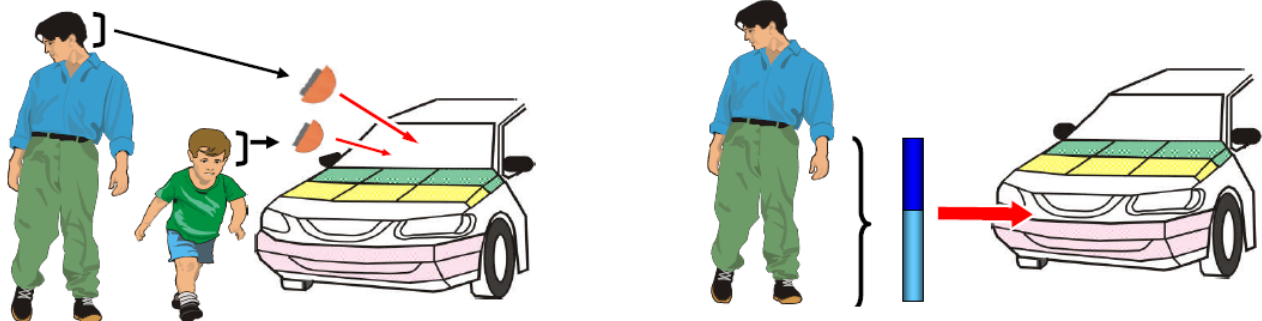
隨著車輛產業的發展，我國汽車數量逐年增加，車輛安全問題亦備受關注，相較於車內乘員之安全保護，行人與車輛的安全發展較為緩慢，使得車外行人傷亡比率逐年增加。一般而言，行人碰撞通常發生在車輛前方部位，因此各家車廠才著重於降低傷亡之車外安全設計，例如彈升式引擎蓋及引擎蓋下方的車外空氣囊，此類設計都是為了有效降低行人與車輛的衝擊傷害，惟此仍屬減緩衝擊傷害而無法完全避免碰撞發生。行人、騎乘機車及自行車者都是道路交通安全弱勢的族群，依據世界衛生組織統計，全世界每年約有 125 萬人於道路交通事故中死亡，其中將近一半是上述弱勢道路使用者，另據國外統計人車交通事故中，行人受傷害機率最高的兩個部位分別是頭部和下肢，其中腿部傷害往往導致行人殘疾，而頭部損傷則可能導致行人死亡，如表一所示。因此，為確保道路交通之行人安全，聯合國制定了行人保護的車輛安全法規，期望藉此降低行人與車輛碰撞之傷亡風險，以下內容將針對行人碰撞保護之各國實施概況及其法規內容加以說明概述。

表一、行人與車輛發生碰撞時受傷部位之統計

國家 身體部位	美國 (1994-1999)	德國 (1985-1998)	日本 (1987-1998)	澳洲 (1999-2000)
頭部	32.7%	29.9%	28.9%	39.3%
臉	3.7%	5.2%	2.2%	3.7%
頸部	0%	1.7%	4.7%	3.1%
胸腔	9.4%	11.7%	8.6%	10.4%
腹部	7.7%	3.4%	4.7%	4.9%
骨盆	5.3%	7.9%	4.4%	4.9%
手臂	7.9%	8.2%	9.2%	8%



國家 身體部位	美國 (1994-1999)	德國 (1985-1998)	日本 (1987-1998)	澳洲 (1999-2000)
下肢	33.3%	31.6%	37.2%	25.8%
未知	0%	0.4%	0%	0%



資料來源：UN/ECE GTR9 Pedestrian safety 簡報資料

二、行人碰撞保護各國實施概況

聯合國 UNECE 車輛安全法規於 2013 年 1 月發布 UN R127 Pedestrian Safety 行人碰撞保護法規，且截至目前為止共有 20 個國家採認，而國外許多國家已將行人保護納入強制性法規。舉例來說，歐盟於 2003 年發布「EEC 2003/102 行人碰撞保護」指令，規定自 2004 年 1 月 1 日起總重量小於 2.5 公噸之新形式 M1 類(小客車)及 N1 類(小貨車)車輛(自 M1 衍生而得)應符合法規要求，隨後依據多年的事故統計分析，再對行人碰撞保護法規進行檢討，並於 2009 年發布「EEC 78/2009 行人碰撞保護」指令，同時廢除原「EEC 2003/102 行人碰撞保護」指令。同樣位於亞洲國家的日本，早於 2004 年發布「步行者頭部保護基準」，規定自 2005 年 9 月 1 日起新形式之小客車及總重量小於 2.5 公噸之小貨車應符合法規要求，惟法規內容僅有兒童及成人頭部模型之衝擊測試，隨後日本亦調和 UN R127 行人碰撞保護法規，並於 2015 年發布「步行者腳部保護基準」。

相較於歐盟及日本訂有行人碰撞保護之強制性法規，美國聯邦機動車輛安全標準(FMVSS)目前則尚未納入本項法規，惟據了解近期正在討論調和導入 Global Technical Regulation (GTR) 9 Pedestrian safety 的規定。中國則是參考 GTR 9 於 2009 年 10 月 30 日發布 GB/T 24550-2009 汽車對行人的碰撞保



護，其適用對象為總重量大於 500 公斤 M1 車輛，以及總重量為 500 公斤至 4500 公斤 M2 及 N 類車輛，然而 GB/T 屬參考標準並非強制性法規。

我國為提升車輛與用路人之安全，並使車輛安全法規與新進國家同步，本中心依照交通部指示，審視國際上因應科技發展與車輛安全防護加強之相關車輛安全法規項目加以研析並導入，案經評估後已將「車輛前方結構之行人碰撞防護性能」納入辦理調和導入聯合國車輛安全法規。對此本中心於 103 年 10 月 17 日及 11 月 26 日邀集汽車公會、車廠及檢測機構等相關單位召開「車輛前方結構之行人碰撞防護性能」之基準草案討論會議，且已於 103 年 12 月 26 日將本項法規併於「國際車輛安全法規調和推動規劃案」呈報交通部，惟因國內檢測機構未具備檢測能量，故後續仍有待交通部與相關單位持續推動，以利國內導入實施本項法規。彙整各國最新行人碰撞保護法規適用對象及其實施時間，如表二所示。

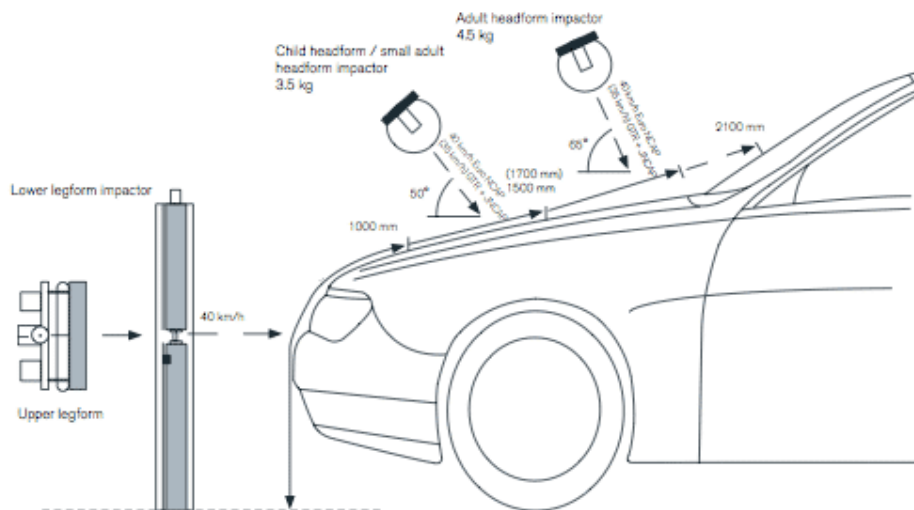
表二、各國最新行人碰撞保護法規一覽

國家/地區	法規編號	適用對象	實施時間
UN/ECE	R127 02 版	M1 類 N1 類	新型式 2017/12/31
歐盟	EEC 78/2009	M1 類 ≤ 2.5 公噸 N1 類(自 M1 衍生而得) < 2.5 公噸	新型式 2013/2/24 各型式 2018/2/24
		M1 類 > 2.5 公噸 N1 類	新型式 2015/2/24 各型式 2019/8/24
日本	保安基準第 18 條 (調和 UN/ECE R127)	M1 類 N1 類	新型式 2017/9/1
中國	GB/T 24550-2009 (參考 GTR 9)	M1 類 > 500 公斤 M2 及 N 類車輛(500 至 4,500 公斤) ※非強制性法規	2010/7/1



三、車輛前方結構之行人碰撞防護性能法規介紹

依據行人碰撞安全保護的研究統計，行人較易受傷部位包括膝蓋、上腿部及頭部等，爰此車輛前方結構之行人碰撞防護性能法規之測試項目主要分為三個部分：撓性下腿部模型與保險桿之衝擊測試、上腿部模型與保險桿之衝擊測試以及兒童/成人頭部模型與引擎蓋之衝擊測試，如圖一所示。



圖一、車輛前方結構之行人碰撞防護性能法規測試示意圖

(圖片來源：Shape Corp. Pedestrian Protection 官方網站)

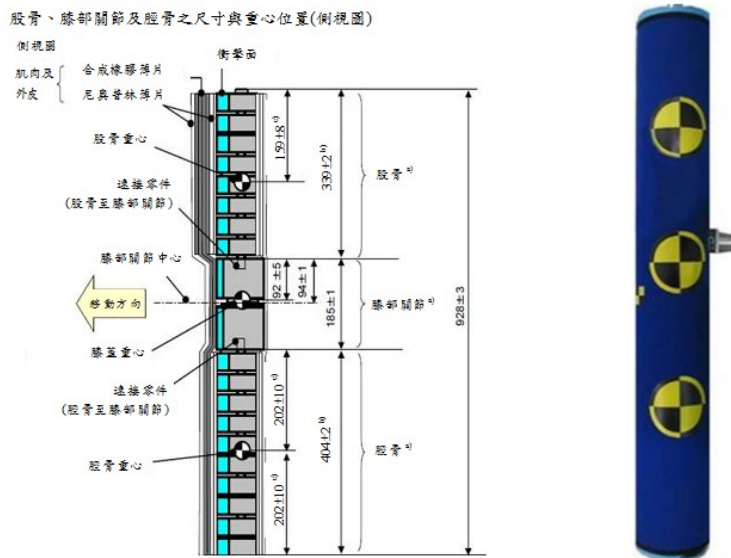
(一)撓性下腿部模型與保險桿之衝擊測試

本項測試主要係模擬當人體與車輛碰撞接觸時，最早發生接觸的下肢與保險桿的碰撞傷害，驗證其能否符合法規要求。撓性下腿部模型衝擊器是由肌肉、外皮、撓性長骨部件及膝部關節所組成，且重量達 13.2 公斤，其中脛骨內裝有四個傳感器來量測內部的彎曲力矩、股骨內裝有三個傳感器來量測施加在股骨上的彎曲力矩，膝部關節內則裝有三個傳感器來量測內側副韌帶(MCL)、前十字韌帶(ACL)及後十字韌帶(PCL)之伸長率，如圖二所示。

執行測試前，撓性下腿部模型衝擊器應存放在攝氏 20 度之區域內，且從存放區取出後僅能暴露於相對溼度 40%且穩定溫度 20°C 之環境下，以確保衝擊器內部傳感器於測試時的量測準確度。接著，選定車輛保險桿之試驗



區域後，衝擊器以 11.1 公尺/秒的速度分別針對保險桿中間及兩側各三分之一區域中最易引發受傷位置進行衝擊試驗。試驗後依照法規規定，膝部最大動態內側副韌帶伸長率之絕對值不應超過 22 公釐，且最大動態前十字韌帶及後十字韌帶伸長率不應超過 13 公釐，脛骨動態彎曲力矩之絕對值不應超過 340 牛頓米。



圖二、撓性下腿部模型衝擊器

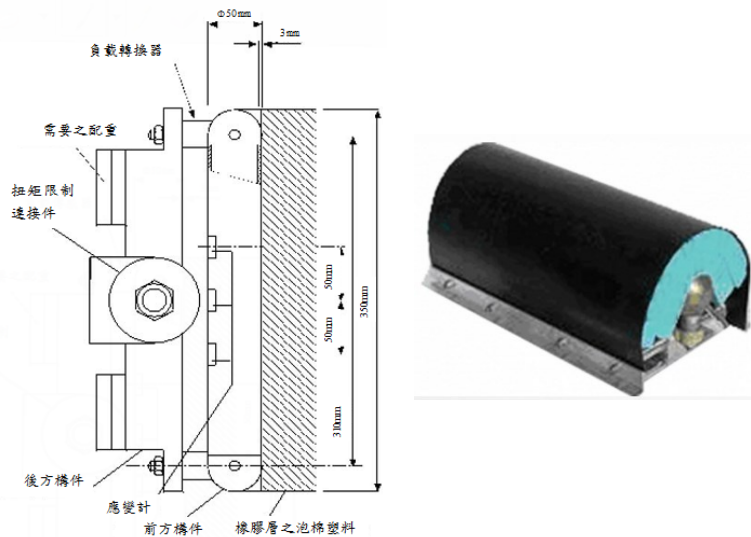
(二)上腿部模型與保險桿之衝擊測試

當人體與車輛碰撞接觸時，上腿部骨折亦是常見的傷害現象，藉由本項測試評估此類傷害程度能否符合法規要求。上腿部模型衝擊器本體為剛性，在衝擊側用泡棉塑料覆蓋來模擬大腿肌肉。衝擊器之長度為 350 公釐、總重量達 9.5 公斤，負載轉換器總成前方構件及其他前方組件之總重量，加上主動元件前方負載轉換器總成部位（不包括泡棉塑料及外皮）之總重量為 1.95 公斤。前方構件上安裝三個應變計來個別量測彎曲力矩，且安裝兩個負載轉換器來個別量測施加於上腿部模型衝擊器兩側之力，如圖三所示。

衝擊器移往試驗前，衝擊器或至少其泡棉塑料肌肉應存放在穩定濕度 35%、穩定溫度 20°C 之控制存放區域內至少 4 小時。從存放區取出後，衝擊



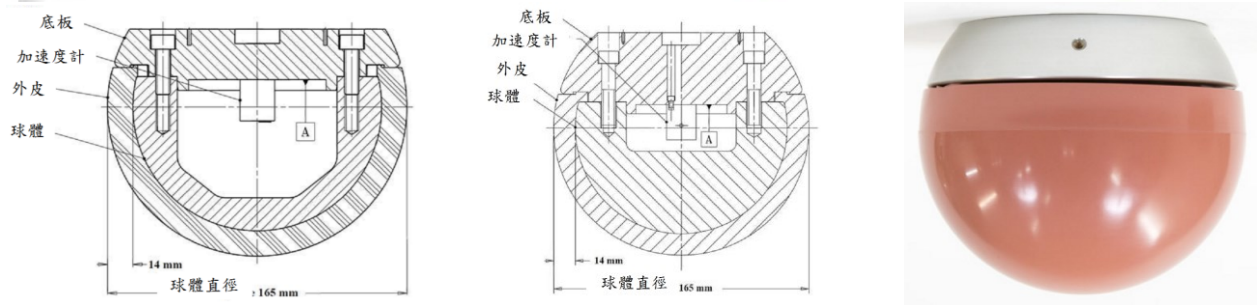
器僅能暴露於相對溼度 40%且穩定溫度 20°C之環境下，以確保衝擊器內部傳感器於測試時的量測準確度。接著，選定車輛保險桿之試驗區域後，衝擊器以 11.1 公尺/秒的速度分別針對保險桿中間及兩側各三分之一區域中最易引發受傷位置進行衝擊試驗。試驗後依照法規規定，相對於時間之瞬時衝擊力總和不應超過 7.5 千牛頓，且試驗衝擊器之彎曲力矩不應超過 510 牛頓米。



圖三、上腿部模型衝擊器

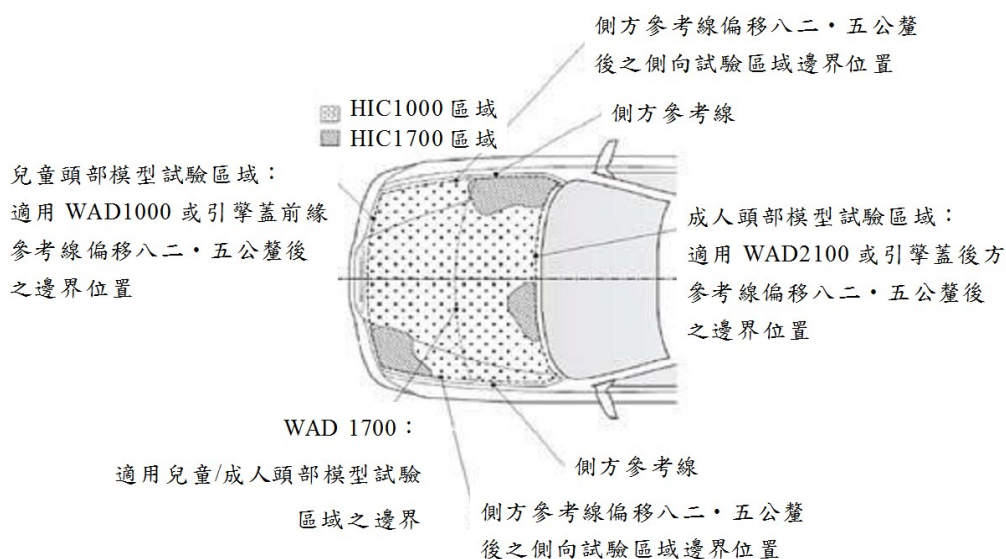
(三)頭部模型與引擎蓋之衝擊測試

行人與車輛發生意外事故中，致命傷害的主因是頭部受到大力撞擊或頭骨骨折所致，因此法規依不同年齡的體型將頭部模型衝擊器區分為兒童與成人兩種，並針對這兩種頭部衝擊器訂有相關的試驗規範。兒童及成人頭部模型衝擊器均為鋁材且均質結構所製成的球體，直徑為 165 公釐，重量分別為 3.5 公斤及 4.5 公斤。包括儀器在內之頭部模型衝擊器，其重心位於球體之幾何中心。球體內凹槽安裝一個三軸或三個單軸之加速度計，與衝擊方向垂直之頭部模型衝擊器後方外表面，其應為平整表面，如圖四所示。



圖四、兒童及成人頭部模型衝擊器

執行測試前，申請者應識別出頭部傷害指數(HIC)不超過 1000(HIC 1000 區域)或不超過 1700 (HIC 1700 區域)之引擎蓋頂部試驗區域，且提供足夠數量之 X 及 Y 座標值，並考量 Z 軸方向之車輛外部輪廓，以利於實車上標示出此區域，如圖五所示。接著，以兒童/成人頭部模型衝擊器分別針對引擎蓋頂部試驗區域之中間及兩外側各三分之一劃分區域當中最易引發受傷處，各進行三次試驗，衝擊器與引擎蓋接觸時，頭部模型衝擊器應處於自由飛行狀態，接觸時的速度應為 9.7 公尺/秒，兒童頭部模型衝擊器之衝擊角度為 50 度，成人頭部模型衝擊器則為 65 度。



圖五、HIC 1000 區域及 HIC 1700 區域標示之示意圖



試驗後依照法規規定，執行兒童及成人之頭部模型試驗時，引擎蓋頂部試驗區域三分之二，其 HIC 值不應超過 1,000，其餘區域之 HIC 值不應超過 1,700；執行兒童頭部模型衝擊試驗時，至少兒童頭部模型試驗區域二分之一，其 HIC 值不應超過 1,000，其餘區域之 HIC 值不應超過 1,700。

為使讀者能更容易本項法規各項測試的要求，彙整「車輛前方結構之行人碰撞防護性能」之測試內容及判定結果，如表三所示。囿於本項法規內容繁多，為使讀者易於了解本項法規的主要測試項目及其相關規範故採以較精簡方式介紹，若讀者對法規有興趣想要深入了解內容，可自行參閱聯合國 UN R127 行人碰撞保護。[\[https://www.unece.org/?id=39147\]](https://www.unece.org/?id=39147)

表三、車輛前方結構之行人碰撞防護性能試驗規範一覽

測試內容	判定結果
撓性下腿部模型與保險桿之衝擊測試： 衝擊速度：11.1 公尺/秒	1.膝部最大動態內側副韌帶伸長率之絕對值不應超過 22 公釐。 2.最大動態前十字韌帶及後十字韌帶伸長率不應超過 13 公釐。 3.脛骨動態彎曲力矩之絕對值不應超過 340 牛頓米。
上腿部模型與保險桿之衝擊測試： 衝擊速度：11.1 公尺/秒	1.相對於時間之瞬時衝擊力總和不應超過 7.5 千牛頓。 2.衝擊器之彎曲力矩不應超過 510 牛頓米。
頭部模型與引擎蓋之衝擊測試： 兒童及成人之頭部模型試驗 衝擊速度：9.7 公尺/秒 衝擊角度(兒童)：50° 衝擊角度(成人)：65°	試驗區域三分之二，其 HIC 值不應超過 1,000，其餘區域之 HIC 值不應超過 1,700。
頭部模型與引擎蓋之衝擊測試： 兒童頭部模型衝擊 衝擊速度：9.7 公尺/秒 衝擊角度：50°	試驗區域二分之一，其 HIC 值不應超過 1,000，其餘區域之 HIC 值不應超過 1,700。



四、結論

行人因毫無安全防護設施，一直以來都是道路交通安全最弱勢的族群，而這一群弱勢團體的安全理當得到重視，因此各國相繼制定行人保護之法規項目，進一步保護行人的用路安全。除了制定行人保護之安全法規外，各國新車安全評鑑制度(NCAP)亦相繼將車輛之行人保護進行測試評價，包括歐洲 Euro NCAP、美國 NHTSA(預計 2018 年)、澳洲 ANCAP、韓國 K-NCAP、日本 J-NCAP 及中國 C-NCAP(預計 2018 年)等，主要以頭部模型及腿部模型衝擊測試評估，進而降低行人與車輛發生碰撞事故時的傷害程度。

目前市面上雖有部分車款已搭載行人偵測之主動式安全配備，如前方行人偵測、碰撞警示及自動緊急煞車系統等，利用安裝於車輛上之攝影機或雷達波，監控前方狀況且辨識人體輪廓，避免車輛行駛過程中與行人發生碰撞事故，然而，主動式安全配備只能算是一套輔助系統，倘若該系統偵測錯誤或未作動，或是遇上沒有搭載此配備的車輛時，行人與車輛發生碰撞的意外事故依然會存在。對此探究國內道路交通事故發生的主要原因，多半是駕駛人一時搶快而未禮讓行人，使行人安全備受威脅，另一方面行人的交通安全觀念不足，常忽視交通法令的存在，不僅危及個人生命安全，也嚴重影響其他車輛駕駛人的安全。最後在此呼籲各位讀者，車輛駕駛應有「行人優先」及「禮讓行人」的觀念，行人亦應「遵守交通秩序」、注意周遭之人車動態、不隨意闖越馬路，以防範突發之交通事故，如此才可有效避免意外的發生。

五、參考文獻

- [1] <http://pedestrianprotection.shapecorp.com/testing-2/>
- [2] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>
- [3] <http://www.sae.org/events/gim/presentations/2008konosu1.pdf>
- [4] <https://www.euroncap.com/en>
- [5] <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/GTR9-C-04.pdf>
- [6] <https://read01.com/kPDkny.html>



[7] <https://read01.com/zh-tw/5MnzeMo.html#.Wbejk7IjFEY>

[8] <https://www.messring.de/>