

91-107-3229

MOTC-IOT-90-SD11

# 紐澤西護欄高度與防護性 之關係初探

著者：林豐福、張開國、喻世祥

交通部運輸研究所  
中華民國九十一年十二月

紐澤西護欄高度與防護性之關係初探

著 者：林豐福、張開國、喻世祥

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十一年十二月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：100 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

GPN：1009104660

## 交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：紐澤西護欄高度與防護性之關係初探			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009104660	運輸研究所出版品編號 91-107-3229	計畫編號 90-SD11
主辦單位：運輸安全組 主管：林豐福 計畫主持人：林豐福 研究人員：張開國、喻世祥 聯絡電話：02-23496853 傳真號碼：02-25450429			研究期間 自 90 年 06 月 至 91 年 06 月
關鍵詞：紐澤西護欄、撞擊測試			
摘要： <p>紐澤西護欄為我國最常使用的道路護欄之一，在防護效果及維護成本上相較於其他護欄，具有顯著的優越性。然而，台灣風景區遍佈，民眾於外出賞景時常期望行經之道路兼具有賞景功能，而路側所設置之護欄因考量防護安全，其高度會影響護欄外風景的透視性。本研究即因應民眾需求，針對國內使用率最高之紐澤西護欄進行探討，觀察在規定高度81公分時遭受不同撞擊下的防護效果，以據之考量是否可降低其高度。因國內執行車輛撞擊實驗的技術尚未成熟，成本恐難控制，本研究依交通部指示，改以文獻分析方式收集各項試驗報告，並歸納各項試驗結果，以瞭解各種狀況下護欄的防護性，以提供公路工程單位規劃設計時之參考。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
91 年 12 月	96	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: The Height versus the Performance of New Jersey Concrete Barriers			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009104660	IOT SERIAL NUMBER 91-107-3229	PROJECT NUMBER 90-SD11
DIVISION: Transportation Safety Division DIVISION CHIEF: Fong-Fu Lin PRINCIPAL INVESTIGATOR: Fong-Fu Lin PROJECT STAFF: Kai-Kuo Chung, Shih-Hsiang Yu PHONE: 886-2-23496853 FAX: 886-2-25450429		PROJECT PERIOD FROM: Jun. 2001 TO: Jun. 2002	
KEY WORDS: New Jersey Concrete Barrier, Crash Test			
ABSTRACT:  <p style="text-align: center;">New Jersey concrete barriers are the most common roadside facilities in Taiwan and are superior to other kinds of barriers and guard rails. When people drive on the road in scenery area, passengers will watch the view through the windows of the cars. The height of concrete barriers will obstruct their sight. There is a call to lower the height of the concrete barriers. This study is requested by MOTC to observe the performance of New Jersey concrete barriers in different crash tests. Because the technique of crash tests are not yet well developed in Taiwan, we collected crash tests reports in U.S., from which we tried to generalize the performance of New Jersey concrete barriers. The report can help engineers decide the type of concrete barriers before construction.</p>			
DATE OF PUBLICATION Dec. 2002	NUMBER OF PAGES 96	PRICE 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目 錄

第一章	緒論.....	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	研究方法.....	1
1.3	研究內容.....	1
第二章	紐澤西護欄發展的歷史.....	3
2.1	發展歷史.....	3
2.2	設計特性.....	8
第三章	小型車與紐澤西護欄之撞擊測試一.....	15
3.1	本章測試資料來源.....	15
3.2	測試的護欄設計.....	15
3.3	測試車輛.....	15
3.4	測試結果.....	16
3.5	結果討論.....	26
第四章	小型車與紐澤西護欄之撞擊測試二.....	27
4.1	本章測試資料來源.....	27
4.2	測試的護欄設計.....	27
4.3	測試車輛.....	28
4.4	測試結果.....	29
4.5	結果討論.....	36
第五章	卡車與紐澤西護欄之撞擊測試.....	37
5.1	本章測試資料來源.....	37
5.2	測試的護欄設計.....	37
5.3	測試車輛.....	38
5.4	測試結果.....	39
5.5	結果討論.....	46
第六章	大客車與紐澤西護欄之撞擊測試.....	47
6.1	本章測試資料來源.....	47

6.2 測試的護欄設計.....	47
6.3 測試車輛.....	48
6.4 測試結果.....	49
6.5 結果討論.....	53
第七章 護欄設置高度.....	55
7.1 護欄防護性及視覺性.....	57
7.2 設置護欄考量流程.....	61
第八章 結論與建議.....	63
參考文獻.....	67

## 附錄 簡報資料

## 表 目 錄

表 4.1 測試車輛及測試結果表.....	28
表 5.1 測試結果彙整表(英制單位).....	39
表 5.2 測試結果彙整表(公制單位).....	39
表 7.1 各車款駕駛人視線高度推估表.....	58
表 7.2 各車型駕駛人平均視線高度推估表.....	58
表 7.3 紐澤西護欄高度與防護性的需求表.....	60

# 圖 目 錄

圖 2.1 康乃迪克州兩階式的混凝土護欄.....	3
圖 2.2 加州拋物線形護欄.....	4
圖 2.3 安全外型的混凝土中央分隔護欄.....	5
圖 2.4 紐澤西護欄的基本型尺寸.....	5
圖 2.5 車輛接觸護欄被導正的情形.....	6
圖 2.6 車輛的視線斷面圖.....	7
圖 2.7 橋樑護欄之視野.....	7
圖 2.8 混凝土護欄接合圖 (分三種類型).....	9
圖 2.9 強化的混凝土護欄 (分兩種施作方式).....	9
圖 2.10 為提供路燈電線所設置的管線配置圖.....	10
圖 2.11 預鑄式混凝土護欄 (PCMB) 斷面圖.....	10
圖 2.12 PCMB 測試設置圖.....	11
圖 2.13 預鑄式混凝土護欄連接細圖.....	11
圖 2.14 測試前後車輛撞擊情形.....	11
圖 2.15 從上俯瞰的測試連續圖.....	12
圖 2.16 測試的車輛撞擊痕跡圖.....	13
圖 3.1 各型之護欄尺寸圖.....	15
圖 3.2 車輛行駛軌跡圖.....	17
圖 3.3 測試車測試後狀況.....	18
圖 3.4 護欄測試後狀況.....	18
圖 3.5 車輛行駛軌跡圖.....	19
圖 3.6 測試車測試後狀況.....	20
圖 3.7 護欄測試後狀況.....	20
圖 3.8 車輛行駛軌跡圖.....	21
圖 3.9 測試車測試後狀況.....	22
圖 3.10 護欄測試後狀況.....	22
圖 3.11 Test232 的車輛爬升高度.....	22
圖 3.12 Test161B 車輛爬升高度.....	22
圖 3.13 車輛行駛軌跡圖.....	23
圖 3.14 測試車測試後狀況.....	24
圖 3.15 護欄測試後狀況.....	24



圖 3.16 車輛行駛軌跡圖.....	25
圖 3.17 測試車測試後狀況.....	26
圖 3.18 護欄測試後狀況.....	26
圖 4.1 CMB-70 之尺寸及佈設圖.....	27
圖 4.2 撞擊連續圖 (後方).....	29
圖 4.3 撞擊連續圖 (側方).....	30
圖 4.4 測試車測試後狀況.....	30
圖 4.5 撞擊連續圖 (後方).....	31
圖 4.6 撞擊痕跡圖.....	32
圖 4.7 測試車測試後狀況.....	32
圖 4.8 撞擊連續圖 (後方).....	33
圖 4.9 測試車測試後狀況.....	34
圖 4.10 撞擊連續圖 (後方).....	35
圖 4.11 測試車測試後狀況.....	35
圖 5.1 CMB-70 之尺寸及佈設圖.....	37
圖 5.2 測試卡車之裝載及標示.....	38
圖 5.3 測試卡車之各項尺寸.....	38
圖 5.4 CMB-5 撞擊連續圖 (側方).....	40
圖 5.5 CMB-5 撞擊連續圖 (後方).....	41
圖 5.6 CMB-6 撞擊連續圖 (側方).....	42
圖 5.7 CMB-7 撞擊連續圖 (側方).....	43
圖 5.8 卡車與護欄頂端相對位置圖.....	44
圖 5.9 卡車的搖晃動作圖.....	45
圖 5.10 測試卡車測試後狀況.....	45
圖 5.11 護欄測試後狀況.....	46
圖 6.1 MB5 尺寸及佈設圖.....	47
圖 6.2 測試車輛圖.....	48
圖 6.3 CMB-21 與 CMB-22 撞擊連續圖 (前方).....	49
圖 6.4 車輛及護欄測試後之狀況.....	50
圖 6.5 車輛及護欄測試後之狀況.....	51
圖 6.6 CMB-23 撞擊連續圖 (前方與後方).....	52
圖 6.7 車輛及護欄測試後之狀況.....	53
圖 7.1 護欄受小型車撞擊之防護能力.....	60

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景

紐澤西護欄為我國最常使用的道路護欄之一，在防護效果及維護成本上相較於其他護欄，具有顯著的優越性。然而台灣風景區遍佈，民眾於外出賞景時常期望行經之道路兼具有賞景功能，而路側所設置之護欄因考量防護安全，其高度會影響護欄外風景的透視性。本研究即因應民眾需求，針對國內使用率最高之紐澤西護欄進行探討，觀察在規定高度 81 公分時遭受不同撞擊下的防護效果，以據之考量是否可降低其高度。因國內執行車輛撞擊實驗的技術尚未成熟，成本恐難控制，本研究受交通部指示，改以文獻分析方式收集各項試驗報告，並歸納各項試驗結果，以瞭解各種狀況下護欄的防護性，以提供公路工程單位規劃設計參考。

## 1.2 研究方法

本研究所採用的研究方法為收集國外文獻進行比較分析，嘗試找出護欄的高度與防護性之特性。

## 1.3 研究內容

- 一、回顧紐澤西護欄的發展歷史及其設計特性。
- 二、收集小客車、大客車及大貨車撞擊實驗的測試報告，以瞭解測試環境的建立及觀察測試結果。
- 三、探討護欄高度與防護性的關係，以供在規劃設置時選擇適合的護欄型式。

## 第二章 紐澤西護欄發展的歷史

### 2.1 發展歷史

1939 年在美國的伊利諾州就有使用混凝土護欄的紀錄，為高 4 吋（10 公分）的緣石（curb）；1941 年在康乃迪克州則有兩階式的混凝土護欄，高為 19 吋（47 公分），如下圖所示[1]。

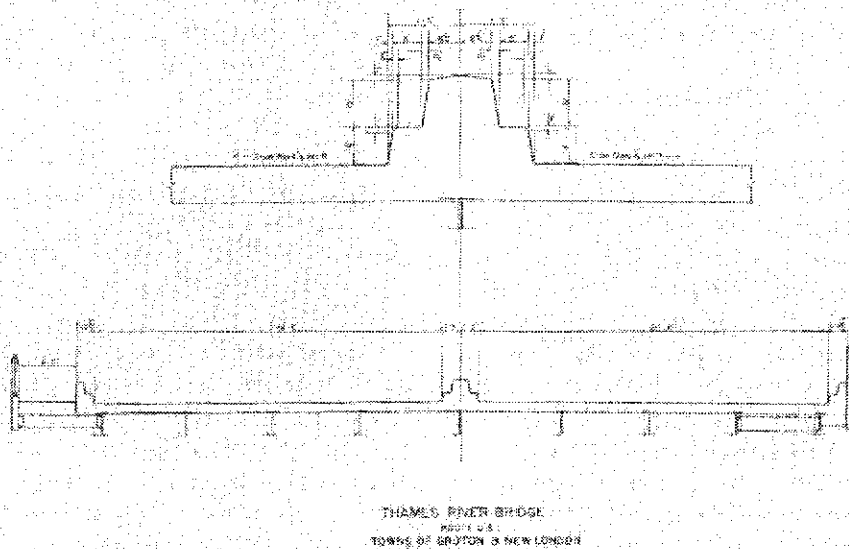


圖 2.1 康乃迪克州兩階式的混凝土護欄

1942 至 1943 年的路易斯安那州以及 1946 年的加州提供了混凝土中央分隔護欄的使用績效看法。路易斯安那州的護欄設置在橋上，有彎曲的外型，高為 22.5 吋（57 公分），具有良好的安全及維護的紀錄。加州的設計採以拋物線為基礎的彎曲外型，設置在較陡地形的道路上。其詳細的尺寸詳圖 2.2 所示[2]。

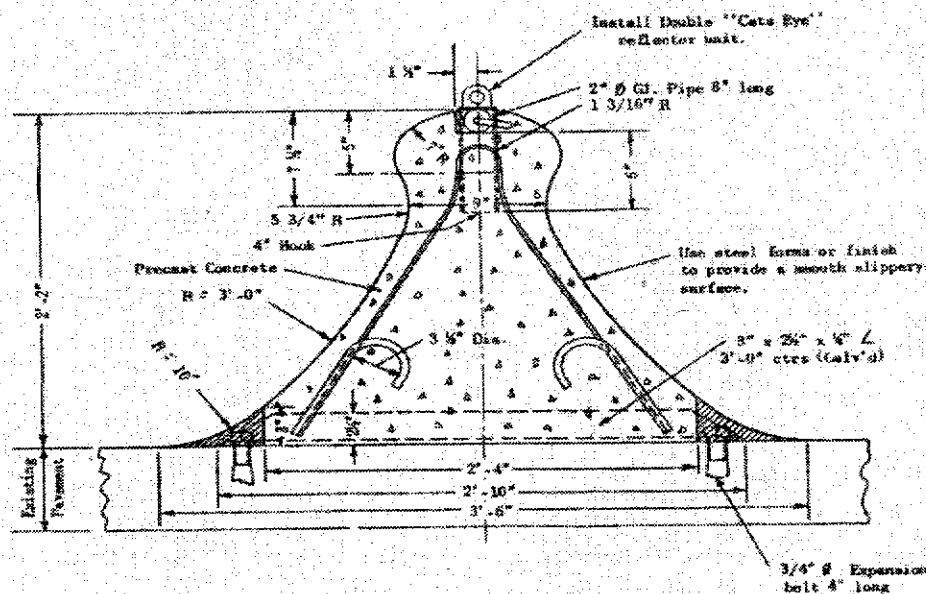


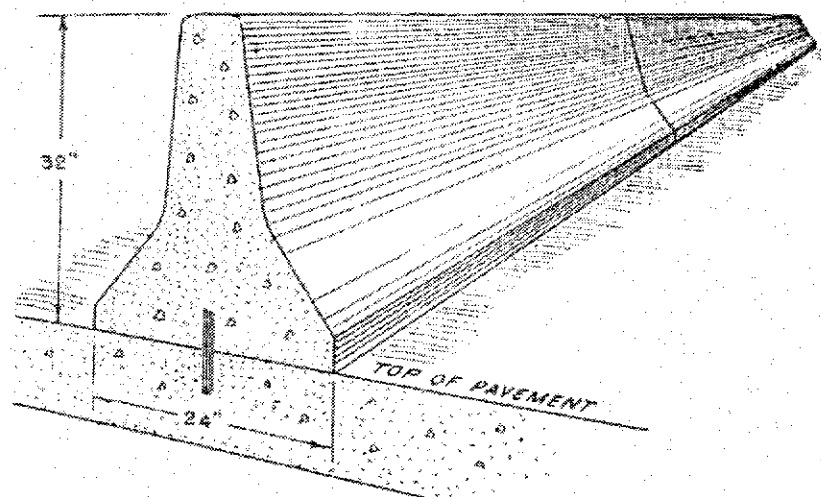
圖 2.2 加州拋物線形護欄

紐澤西高速公路部門自 1948 年起即開始護欄設置計畫，在一般公路及州際公路處均設置了護欄。在第四號公路的試驗後，美國第二十二號道路亦換上了 20 吋高（51 公分）的拋物線型緣石。其拋物線的形狀係由突出輪胎外的車體距離加以決定，如此一來，車體不會在較平緩的角度就撞擊到護欄[3]。

1955 年初期，紐澤西高速公路部門在紐澤西州第四號道路的窄式中央分隔島緣石內側設置了數種護欄作為實驗。包含：鋼管式護欄、混凝土柵欄、金屬柵欄、12 吋高（30 公分）緣石及 18 吋高（46 公分）拋物線型的緣石。根據持續的觀察，由於分隔島原有外側的緣石過低，使得車輛進而撞擊設置在內側的護欄。警察的報告亦支持護欄為減緩撞擊意外的重要因素，並加以宣傳實施。

在 Hillside 一地，在未設置護欄前，三年間有 11 次死亡事件，光 1955 年就有 15 次撞擊事件，設置護欄後的 42 個月後僅有一次的死亡事件。以一年為基準，設置護欄約可減少四分之一的受傷事件。

第一個具有安全外型的混凝土中央分隔護欄，是由紐澤西公路部（New Jersey Highway Department）所設置，高為 18 英吋（46 公分）。以試誤經驗為基礎，經過一連串的研究，再將設計高度提升為 32 英吋（81 公分），參見圖 2.3。這高度足以控制車輛，也不至於使駕駛人感受到護欄的壓迫。其寬度及厚度不僅提供對抗車輛的衝撞，同時也避免一般衝撞下造成車輛的翻覆。



Present 32" High Barrier

圖 2.3 安全外型的混凝土中央分隔護欄

紐澤西護欄設計成 32 英吋高 (81 公分)，頂部寬六英吋 (15 公分)，頭部幾近垂直，基礎約與地面成 55 度，垂直高度為 10 英吋 (25 公分)，與頭部的交接處以曲率半徑 10 英吋 (25 公分) 的彎度加以美化，基座高 3 英吋 (8 公分)，基座寬 24 英吋 (61 公分) [4]。

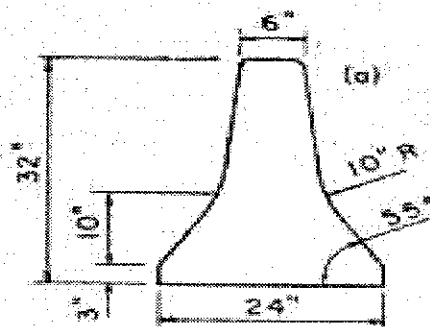


圖 2.4 紐澤西護欄的基本型尺寸

當車輛撞擊角度小於十度時，車輛會先接觸到紐澤西護欄的底部高約 2 至 3 吋高 (5 至 8 公分) 的垂直緣石部分，輪胎會稍加變形而減緩車速，然後車輛前輪會爬上五十五度斜面的緣石，使得車子被舉離地面約 13 至 15 吋高 (33 至 38 公分)。整個過程使得車輛動能消減並轉換成垂直護欄方向的導向力作用到車輛的懸吊系統，進而引導車輛回到路面。若撞擊角度更小，則車身側面通常與護欄並無接觸。

但是，若是撞擊速度過高，撞擊角度也加大，則車輛會爬上五十五度斜面與八十四度近垂直面的交接處，使得車輛前輪與近垂直面接觸，然後車輛會被轉到與護欄軸向平行的方向而導向的功能。

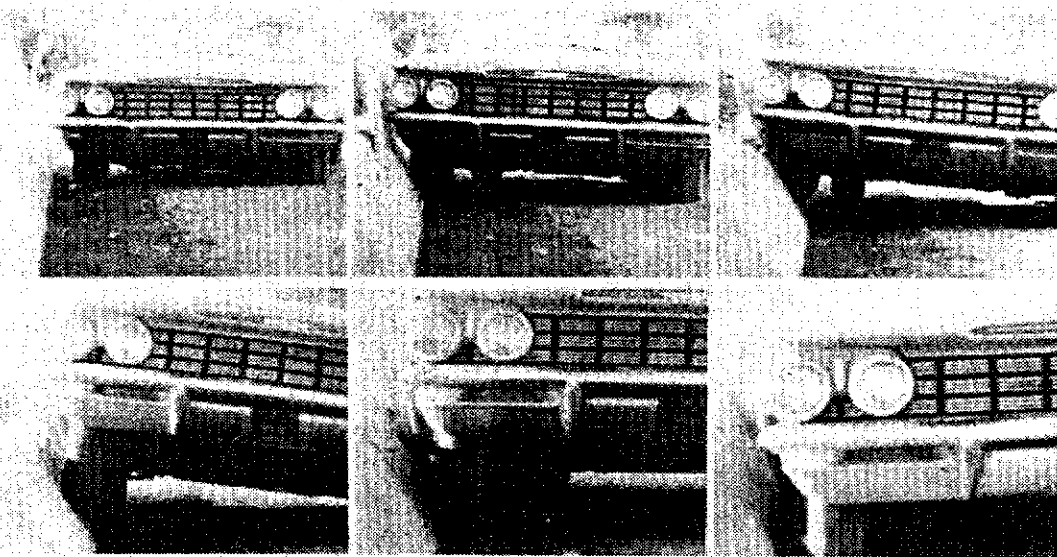


圖 2.5 車輛接觸護欄被導正的情形[5]

通用汽車 (General Motors) [5]認為混凝土的高度必須低於駕駛者的視線高度，尤其是以駕駛低底盤的車子時。從 27 部 1962 年份的車子中，駕駛者視線高度大多數介於 44 至 48.8 吋(112 至 124 公分)，其中有 3 部介於 45 至 48.8 吋(114 至 124 公分)，8 部介於 47 至 47.5 吋(119 至 121 公分)，基於以上數據，32 吋高(81 公分)的紐澤西護欄可提供適當的視覺性。如橋樑路段，為增加護欄的安全及堅固性，在原有的混凝土護欄(紐澤西式護欄)之上增加鐵管欄杆以防止車輛衝出護欄而造成的危險，這種方式也減低對駕駛者視覺性的衝擊，如圖 2.6 及圖 2.7。

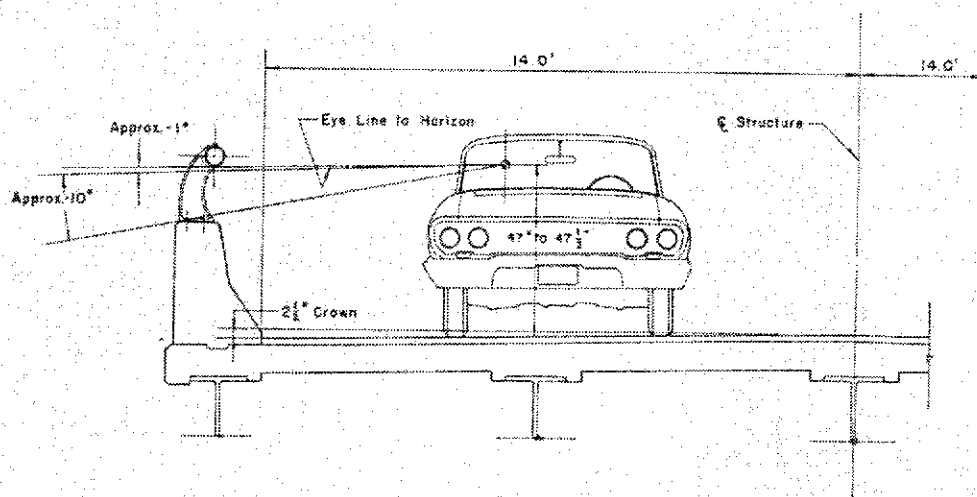


圖 2.6 車輛的視線斷面圖

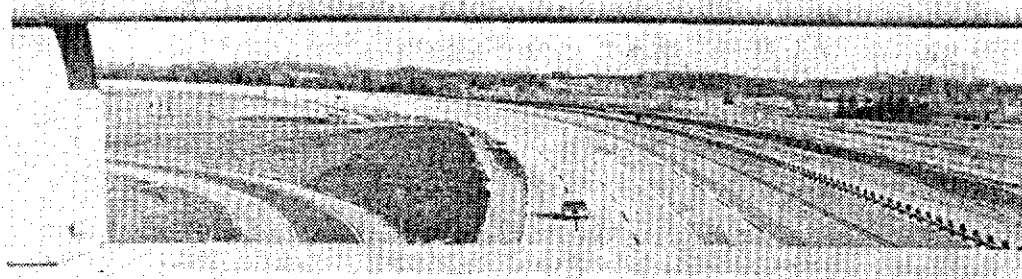


圖 2.7 橋樑護欄之視野

紐澤西護欄最初是由紐澤西州以使用的經驗加以發展，一直到當它開始成為美國其他州所感興趣的道路設施時，嚴格的車輛測試實驗才開始由其他各州所施行。1967 年加州進行大規模的護欄撞擊測試實驗[6]，使用 4000 磅（1800 公斤）的汽車以 25 度的角度，時速 63 英哩（101 公里）撞擊護欄。結論是：此種護欄在小於 10 度的銳角下能有效地導正中型轎車，幾乎對車輛及護欄不會造成破壞。由此顯示這種護欄適合設置在較窄的中央分隔島上。在較大的速度及角度狀況下（如時速 63 英哩，25 度撞擊），護欄仍可導正車輛並且不會對護欄造成明顯的破壞。加州報告也提及，在大速度及角度的測試參數下，車輛所受到的破壞及減速可以預期會非常的劇烈。

通用汽車 (General Motors) 也進行了對安全型護欄的大規模測試[5]，以研究橋樑護欄在安全及效率的需求。選擇汽車及卡車從低速及小角度一直測試到時速 30 英哩 (48 公里) 及角度 10 度的撞擊。在大部分的測試中，輪胎均跨越到護欄較低的部分，然後偏回使車輛又被導入至道路上。在時速 50 英哩 (81 公里)，撞擊角度為 12 度的狀況下，一些以遙控方式撞擊的測試中並沒有發生車輛跨越到護欄的頂端或甚而翻越護欄的傾向。在大多數的狀況下，車輛的損壞只有保險桿的摩擦及有時前輪的損壞。以人操控的車輛在時速 50 英哩 (81 公里)，撞擊角度為 8 度的狀況下，並未造成車輛破壞及影響人員的安全。通用汽車以及其後由加州政府所進行類似的測試[7]，使得安全型的護欄成為許多州公路部門所採用的標準橋樑護欄。

由美國國家公路合作研究計畫 (NCHRP) 委託西南研究中心進行的護欄測試也確認了混凝土護欄的整體績效。

由德州運輸中心 (Texas Transportation Institute) 在 1972 年所進行的測試也有類似的結果，同時也證明了這種護欄設計也可以抵抗重型拖車的撞擊，不會造成護欄及車輛的破壞[7]。

## 2.2 設計特性

其後為了加強紐澤西護欄的施作效率及防護性，所形成的設計特徵列舉如下[3]：

### 一、接合 (jointing)

接合設計是護欄整體設計的重要一環。護欄透過混凝土厚板加以設置，則護欄的接合處也應配合這些厚板的接合或接縫。一般接合處的間隔為 20 呎 (6.1 公尺)，不需要加以封滿，其不同的設置方式見圖 2.8。圖上模型所顯示的凹槽使用整合性的組合以提供護欄的連續性。這種設計要較使用填板所製成的護欄間隙要來得優越。護欄的鄰近處有其他結構，或是該處有無法移動的物體使護欄易受到其他的應力時，會採用一個擴大的接合處。使用上為完整的分隔結構，通常為 3/4 英吋 (1.9 公分) 或 1 英吋 (2.5 公分) 寬，可使用填充材料調整擴大處。



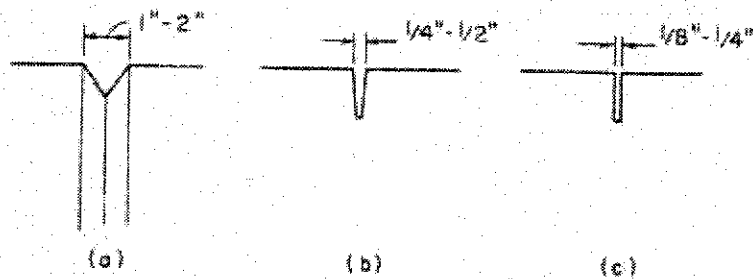


圖 2.8 混凝土護欄接合圖（分三種類型）

## 二、強化的使用（Use of Reinforcement）

強化鋼尚未成為現今傳統護欄設計的主流。由績效顯示純粹由混凝土護欄本身所提供的力量可以抵禦絕大多數的衝擊，但是最猛烈的撞擊則不一定。通常卡車可以造成這類最具破壞性的撞擊。聯邦公路局（Federal Highway Administration）1971 年的報告中建議護欄應是為小客車而設計的。

有些州提出一根直徑 1/2 英吋（1.3 公分）的加強棒安置在護欄頭部以使這部分不至在撞擊時受損。這樣設計的有效性尚待建立。預鑄式的通常需要一些鋼材提供力量以承受向上及接觸的力量。

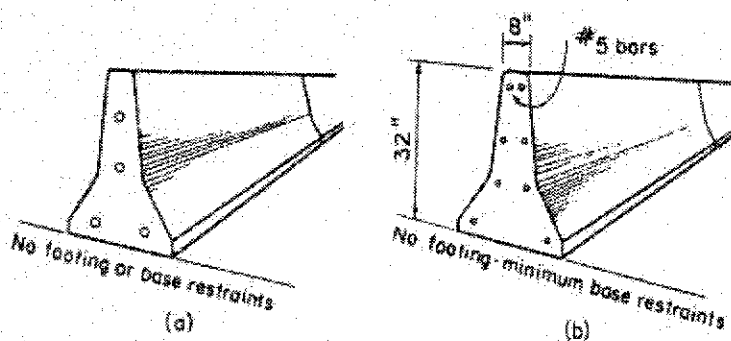


圖 2.9 強化的混凝土護欄（分兩種施作方式）

## 三、護欄的穩定性（Barrier Stability）

通常以夾縫釘穩定在舊鋪面上設置的護欄，或以地基（footing）穩定在未鋪面路肩及中央分向島設置的護欄，以抵抗側向移動或翻覆力。側向控制以基座的槽孔增強，這些不涉及護欄設計，是一種權宜的設置方式。最近則有創新的設置設置方式以進一步地簡化這些技術。

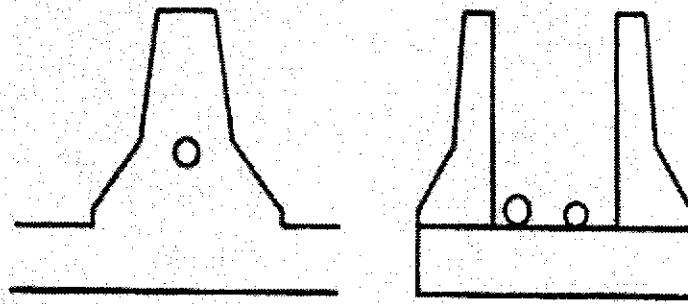


圖 2.10 為提供路燈電線所設置的管線配置圖

後續的護欄測試則根據這些設計特徵進行測試，以了解其增強的效度。

由德州運輸中心 (Texas Transportation Institute) 以及德州公路與大眾運輸部 (Texas Department of Highways and Public Transportation) 在 1976 年所進行的測試，即在討論護欄在不同接合方式的強度，如下圖 2.11 至圖 2.16[8]。

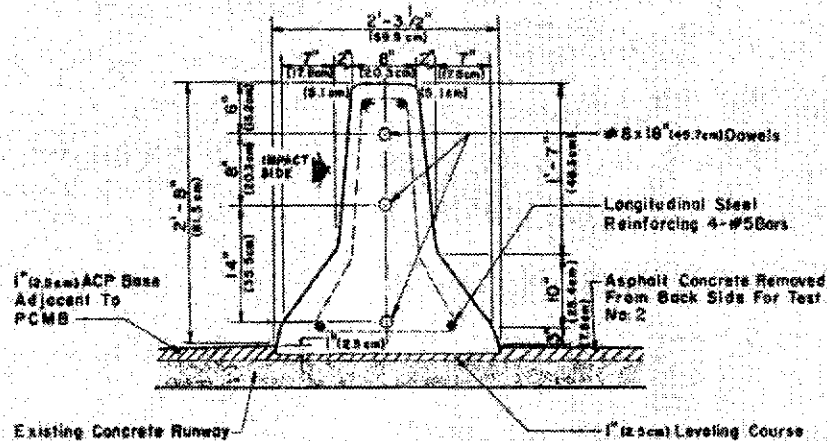


圖 2.11 預鑄式混凝土護欄 (PCMB) 斷面圖

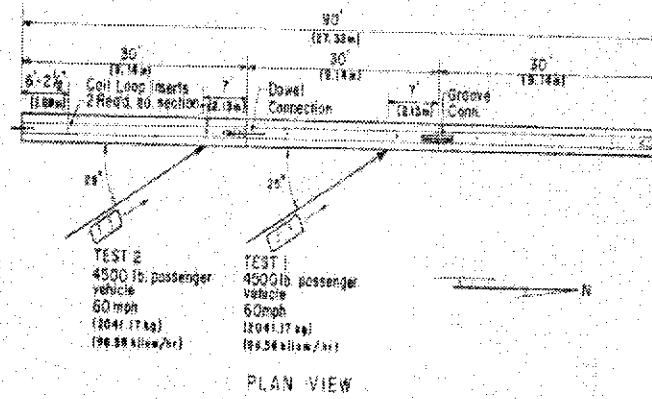


圖 2.12 PCMB 測試設置圖

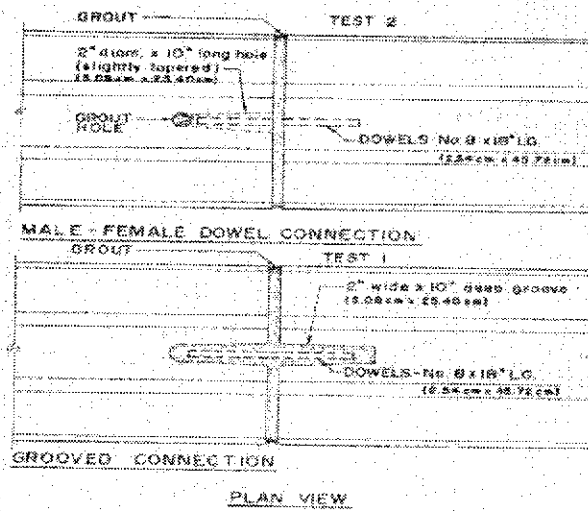


圖 2.13 預鑄式混凝土護欄連接細圖

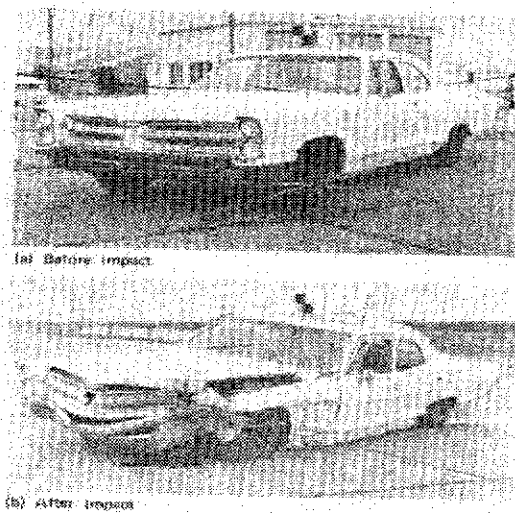


圖 2.14 測試前後車輛撞擊情形

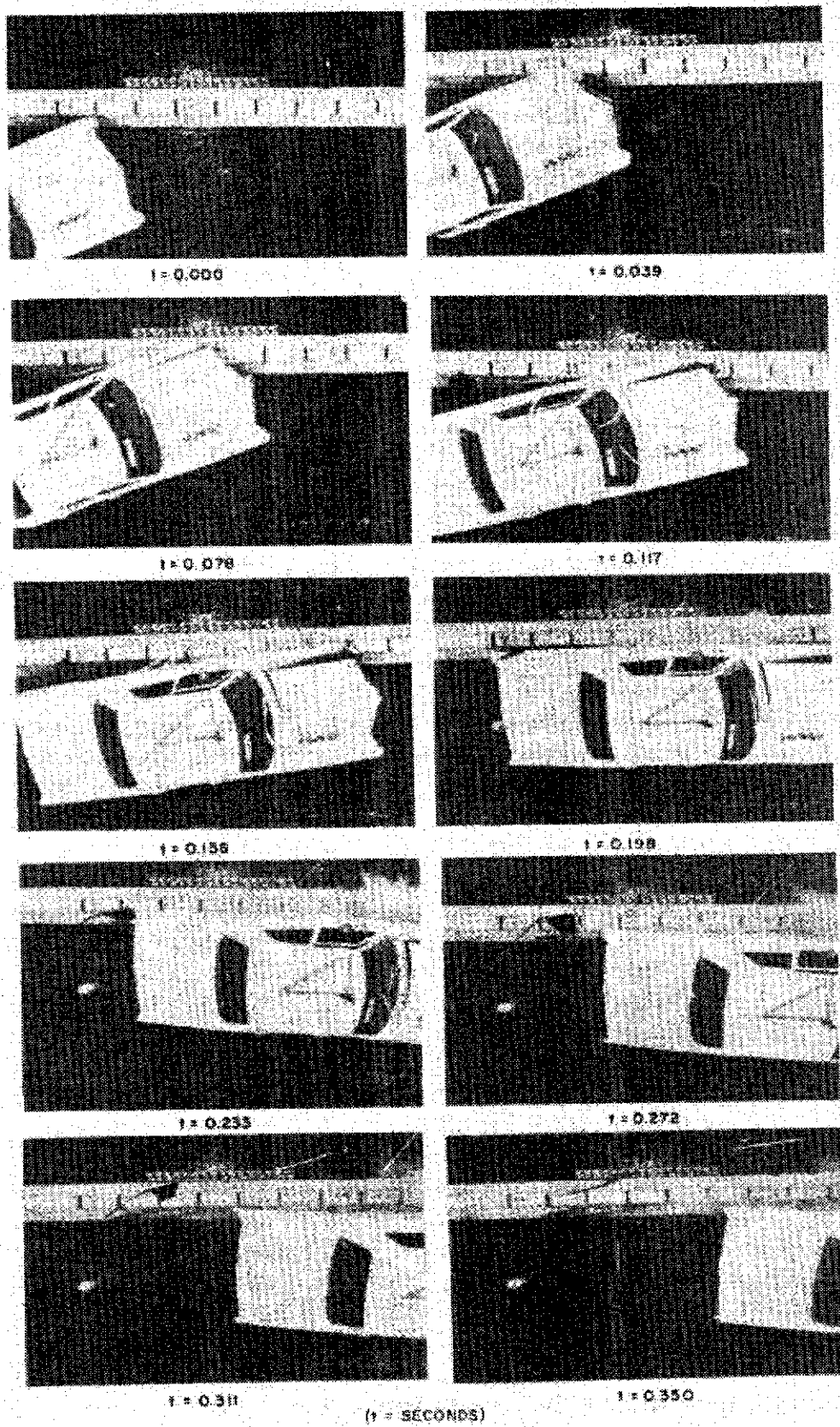


圖 2.15 從上俯瞰的測試連續圖

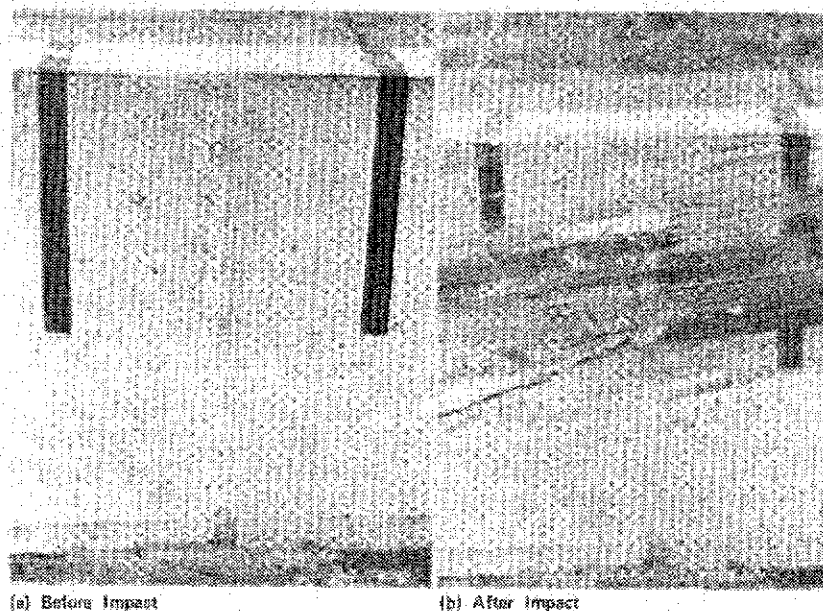


圖 2.16 測試的車輛撞擊痕跡圖

本研究所收集的測試資料，測試車種選擇小型車、大卡車及大客車等三種車型，以涵蓋代表性的車種，並於以下各章說明。其中小型車分成兩章敘述，總共九項試驗；大卡車以一章敘述共三項試驗；大客車以一章敘述共三項試驗。每一章均包含：本節測試資料來源，測試的護欄設計，測試車輛，測試結果以及結果討論等五項說明。

## 第三章 小型車與紐澤西護欄之撞擊測試一

### 3.1 本章測試資料來源

Nordlin, E. F., et al., "Dynamic Tests of the California Type 20 Bridge Barrier Rail," Highway Research Record No.343, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971, pp. 57-74.

### 3.2 測試的護欄設計

護欄的設計及尺寸詳見圖3.1，其中混凝土部分之高度為27吋(69公分)，上緣焊接金屬部分為12吋(30公分)，總高度為39吋(99公分)。主要設計源自紐澤西護欄及 type 9 的橋樑護欄。

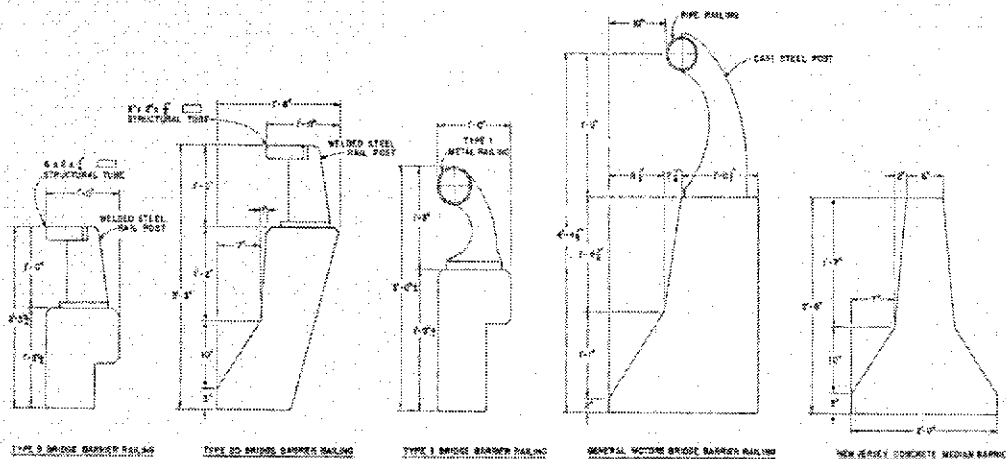


圖 3.1 各型之護欄尺寸圖

### 3.3 測試車輛

1966 年份的 Dodge 轎車，約 4900 磅 (2225 公斤)，車上並安置兩個假人於車輛前座：駕駛 Stan 重 165 磅 (75 公斤)，乘客 Sam 重 210 磅 (95 公斤)。

### 3.4 測試結果

#### Test 231

Test231 用來評估橋樑欄杆護欄 type20 在較平緩的角度及不激烈的速度下的績效。車輛的撞擊點位於護欄起點處約 27.5 呎 (8.4 公尺)，以時速 45 英哩 (72 公里) 及 7 度角撞擊。當撞擊護欄後，測試車輛被導引至與護欄平行的方向。車輛與護欄的接觸持續 40 呎 (12 公尺) 後，再繼續行駛 150 呎 (46 公尺) 後停止 (其行駛軌跡請參見圖 3.2)。

車輛最大的爬升高度大約為 16 英吋 (41 公分)。測試車有輕微的金屬損傷，護欄表面有裂縫 (見圖 3.3 和圖 3.4)。由於資料收集品質不佳，減速度無法測度。

# TEST 231



Impact +0.02 Sec.



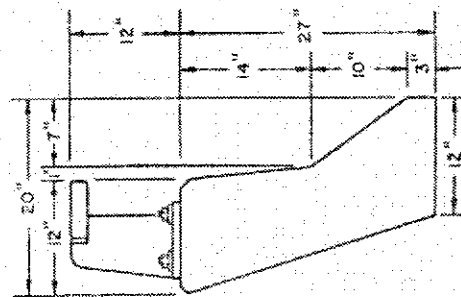
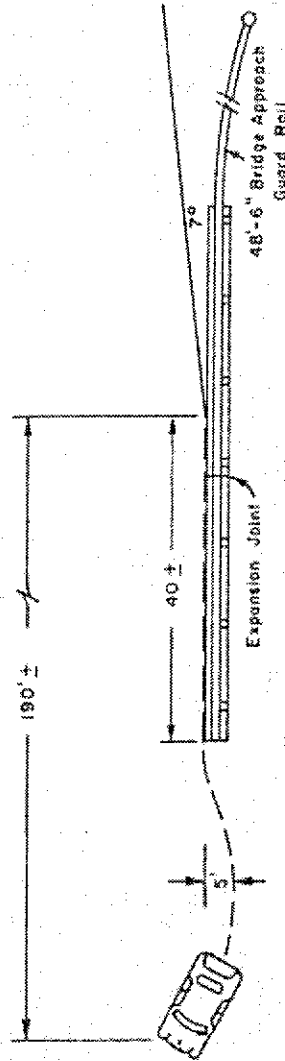
I + 0.21 Sec.



I + 0.53 Sec.



I + 0.62 Sec.



BARRIER TESTED	Type 20 Bridge Rail	TEST NO.	231
LENGTH OF INSTALLATION	57' ±	DATE	10-2-69
PASSENGER COMPARTMENT DECEL. (Highest 50 ms average)	Long. * Lat. *	VEHICLE	1966 Dodge Sedan
MAXIMUM VEHICLE RISE	16"	SPEED	45 mph
EXIT ANGLE	0°	IMPACT ANGLE	7°
BARRIER DAMAGE	Negligible	VEHICLE WEIGHT (Incl. dummies & instrumentation)	4980 Lbs
* EXCESSIVE INTERFERENCE IN SIGNAL.		DUMMY RESTRAINT	Lap Belt

圖 3.2 車輛行駛軌跡圖



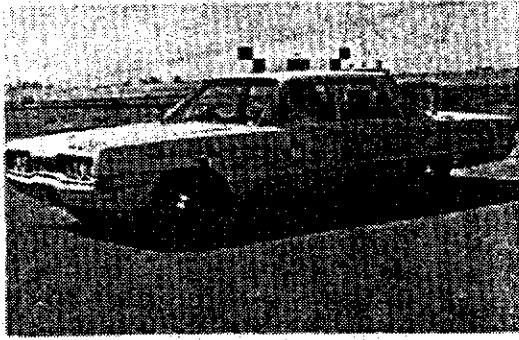


圖 3.3 測試車測試後狀況

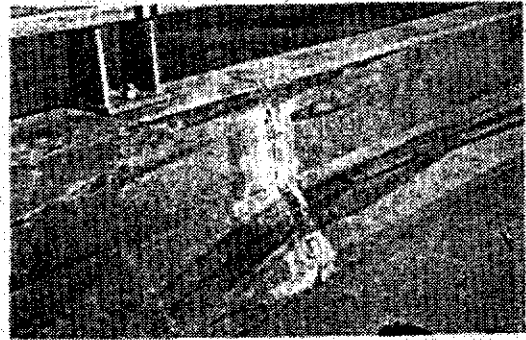
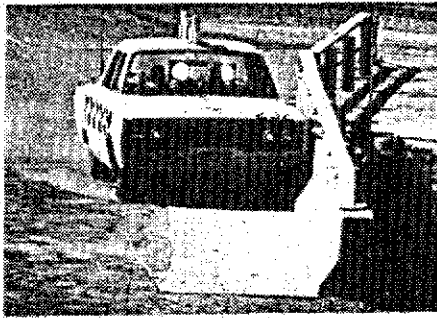


圖 3.4 護欄測試後狀況

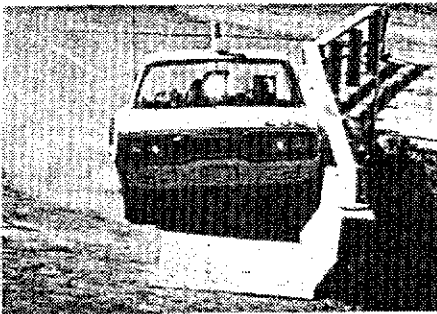
### Test232

在 Test231 中的車子繼續在 232 試驗中使用。Test232 撞擊角度仍為 7 度，速度增加至時速 66 英哩（106 公里）。撞擊點仍位於護欄起點處約 27.5 呎（8.4 公尺），撞擊後車子沿著護欄行進 27 呎（8.2 公尺）後以 1 度的角度離開護欄（見圖 3.5）。在此試驗中，車輛最大的爬升高度大約為 16 英吋（41 公分）。車輛的受損非常輕微，護欄並無顯著的結構破壞（見圖 3.6 和圖 3.7）。由乘客座位的地板處所測量之千分之五十秒平均最大側向減速度為 4.8g（由兩項資料收集庫所平均），縱向減速度因不正確故加以省去。這些車輛的減速度並未超過安全帶的容許水準，因此繫安全帶的乘客幾乎不會受到傷害。

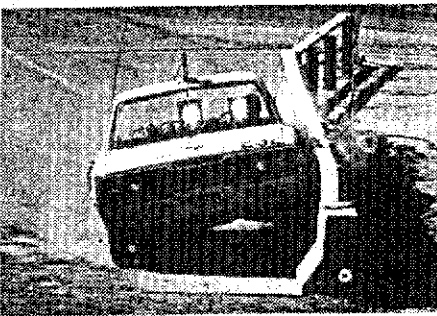
# TEST 232



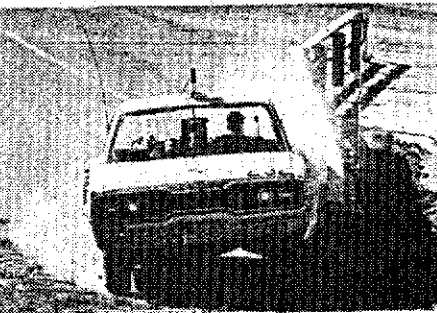
Impact + 0.03 Sec.



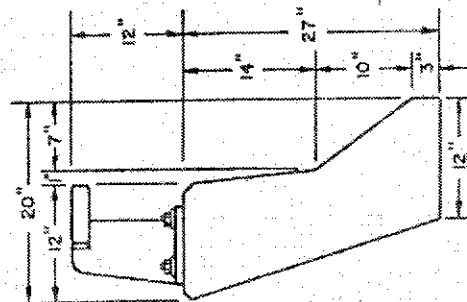
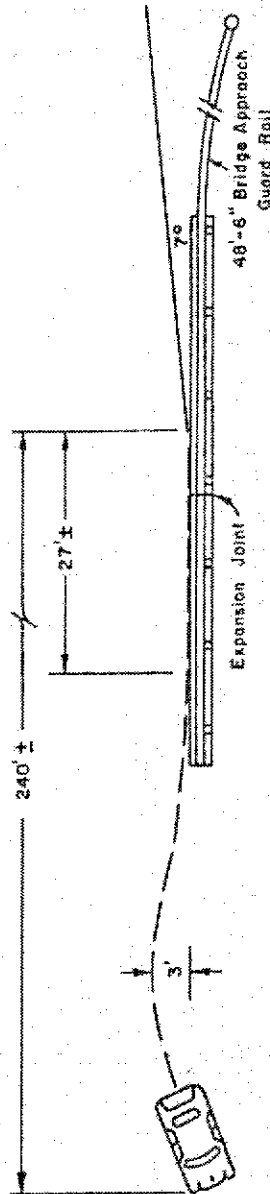
I + 0.17 Sec.



I + 0.30 Sec.



I + 0.44 Sec.



TEST NO.	232
DATE	10-2-69
VEHICLE	1966 Dodge Sedan
SPEED	66 mph
IMPACT ANGLE	7°
VEHICLE WEIGHT (incl. dummies & instrumentation)	4980 lb*
DUMMY RESTRAINT	Lap Belt

BARRIER TESTED	Type 20 Bridge Rail
LENGTH OF INSTALLATION	67' ±
PASSENGER COMPARTMENT DECEL. (Highest 50 ms average)	4.8 G's
MAXIMUM VEHICLE RISE	16"
EXIT ANGLE	1°
BARRIER DAMAGE	Negligible
* ERRONEOUS DATA	

圖 3.5 車輛行駛軌跡圖

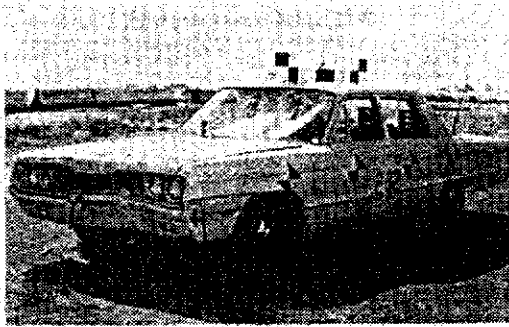


圖 3.6 測試車測試後狀況

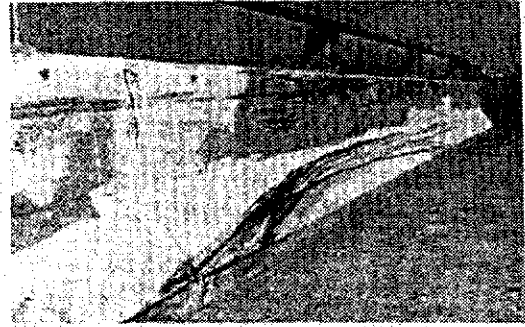
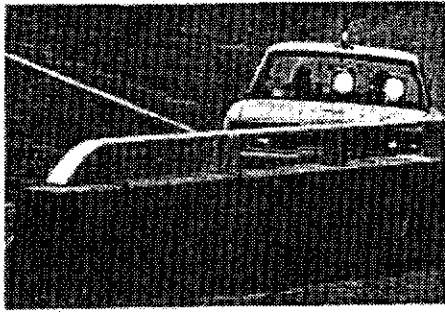


圖 3.7 護欄測試後狀況

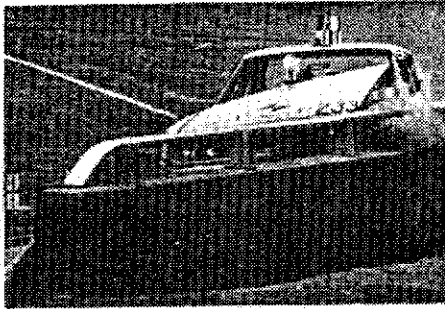
### Test233

在 Test231 及 Test232 中的車子繼續在 233 試驗中使用。Test233 撞擊角度為 15 度，時速為 64 英哩（103 公里）。撞擊點位於護欄起點處約 27.5 呎（8.4 公尺），撞擊後車子沿著護欄行進 19 呎（5.8 公尺）後以 10 度的角度離開護欄（見圖 3.8）。車子爬升高度非常小，似乎是欄杆將車輛導回地面，顯示在大角度的撞擊下的減緩效果。車輛沒有翻越及跨出護欄的跡象。車子的左前方有嚴重的損傷（圖 3.9），護欄欄杆有少許的碎片（圖 3.10）。由於測量設備故障，故車輛及假人的加速度資料無法取得。

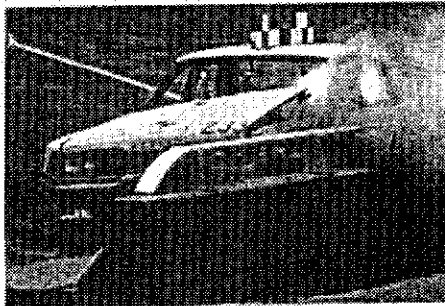
# TEST 233



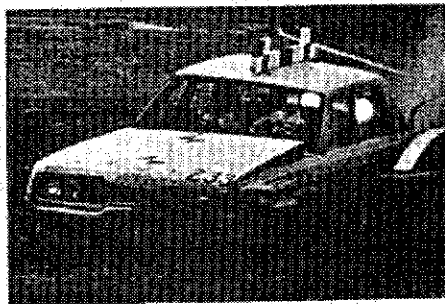
IMPACT



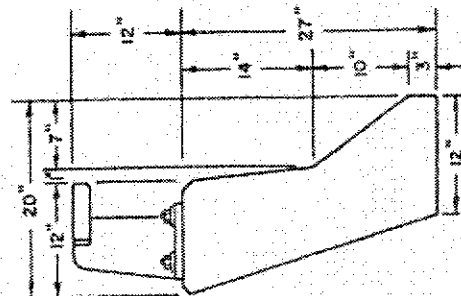
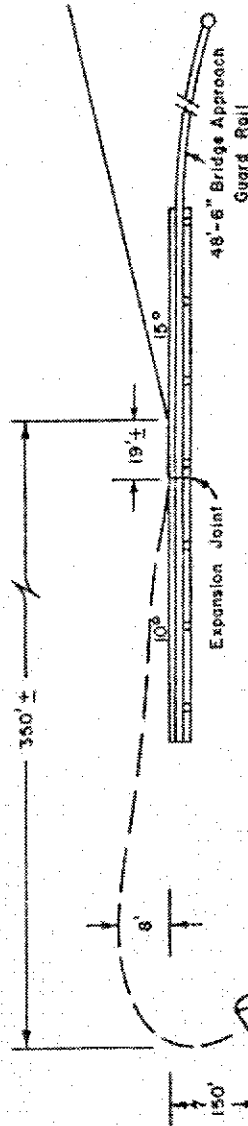
I + 0.09 Sec.



I + 0.23 Sec.



I + 0.46 Sec.



TEST NO.	233
DATE	10-8-69
VEHICLE	1966 Dodge Sedan
SPEED	64 mph
IMPACT ANGLE	15°
VEHICLE WEIGHT (incl. dummies & instrumentation)	4900 Lbs.†
DUMMY RESTRAINT	Lap Belt

BARRIER TESTED	Type 20 Bridge Rail
LENGTH OF INSTALLATION	67' ±
PASSENGER COMPARTMENT DECEL. (Highest 50 ms average)	* * *
MAXIMUM VEHICLE RISE	Negligible
EXIT ANGLE	10°
BARRIER DAMAGE	Negligible
* INSTRUMENTATION MALFUNCTION	
† VEHICLE GAS TANK REMOVED	

圖 3.8 車輛行駛軌跡圖

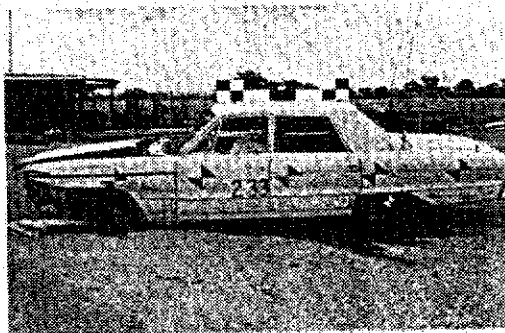


圖 3.9 測試車測試後狀況

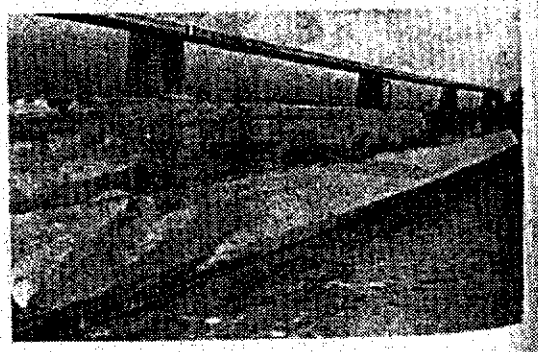


圖 3.10 護欄測試後狀況

### Test234

Test234 被用來證實 Test232 的結果。因為在 Test232 的車輛爬升高度 (16 吋：41 公分) 比起之前加州所實施的紐澤西型中央護欄 Test161B (7 度角，65 英哩：105 公里) 顯著地低。兩種試驗以圖 3.11 及圖 3.12 表示。



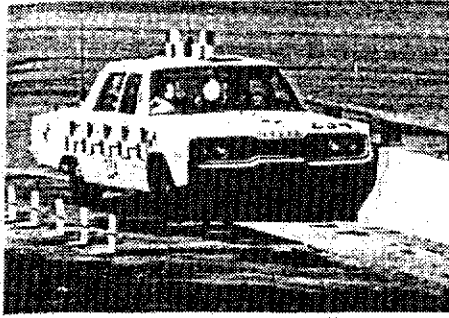
圖 3.11 Test232 的車輛爬升高度



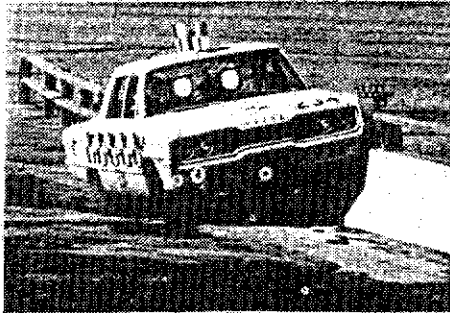
圖 3.12 Test161B 車輛爬升高度

Test234 中，車輛的撞擊點仍位於護欄起點處約 27.5 呎 (8.4 公尺)，車輛最大的爬升高度大約為 18 英吋 (46 公分)。在撞擊護欄後，車輛仍然沿著護欄滑行約 30 呎後 (9 公尺)，以出射角 1 度脫離護欄 (圖 3.13)。

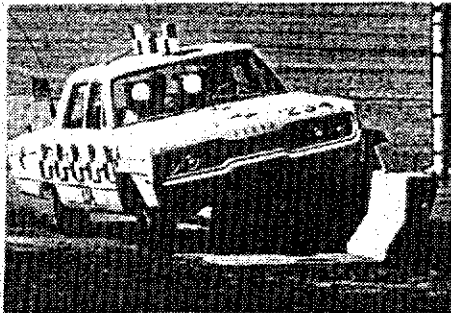
# TEST 234



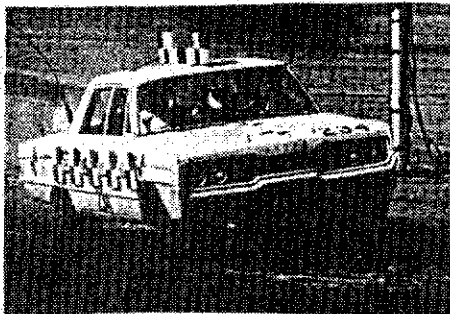
Impact + 0.01 Sec.



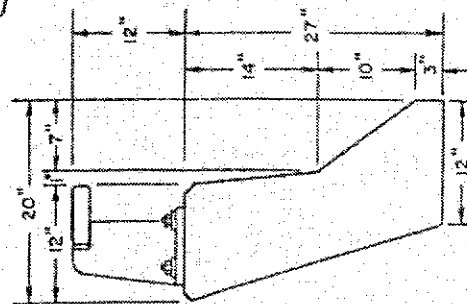
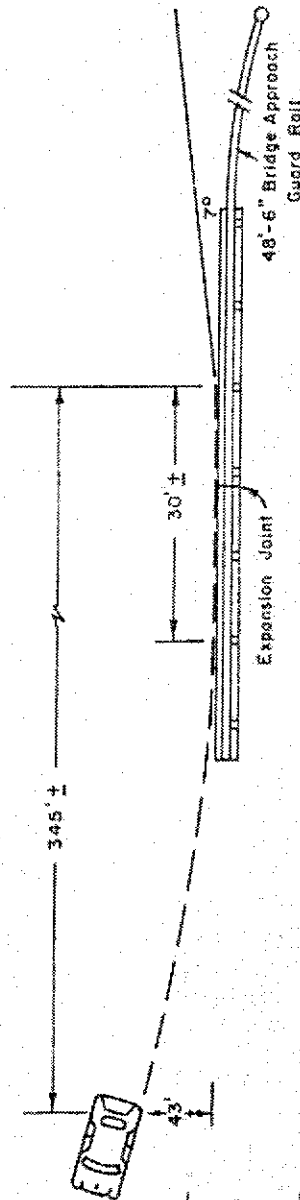
I + 0.19 Sec.



I + 0.42 Sec.



I + 0.51 Sec.



TEST NO.	234
DATE	10-29-69
VEHICLE	1966 Dodge Sedan
SPEED	.64 mph
IMPACT ANGLE	7°
VEHICLE WEIGHT (incl. dummies & instrumentation)	4980 Lbs
DUMMY RESTRAINT	Lap Belt

BARRIER TESTED	Type 20 Bridge Rail
LENGTH OF INSTALLATION	67' ±
PASSENGER COMPARTMENT DECEL. (Highest 50 ms. average)	4.8G's
MAXIMUM VEHICLE RISE	18"
EXIT ANGLE	1°
BARRIER DAMAGE	Negligible
* LESS THAN 1 G	

圖 3.13 車輛行駛軌跡圖

車輛只有在左側有輕微刮痕，護欄的受損非常輕微（見圖 3.14 和圖 3.15）。由乘客座位的地板處所測量之千分之五十秒平均最大側向減速度為 4.8g（由兩項資料收集庫所平均），縱向減速度小於 1g（由三項資料收集庫所平均）。這些車輛的減速度並未超過安全帶的容許水準，因此繫安全帶的乘客幾乎不會受到傷害。所測得假人千分之五十秒平均最大側向減速度為 6.5g，縱向減速度為 2.3g。

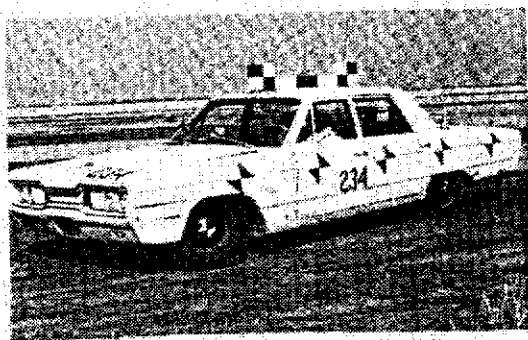


圖 3.14 測試車測試後狀況

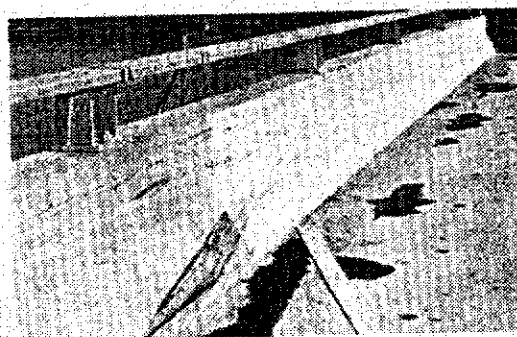
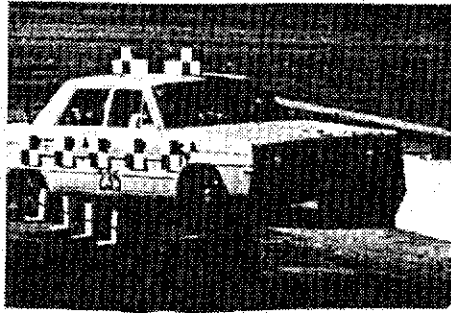


圖 3.15 護欄測試後狀況

### Test235

本試驗使用 Test234 的車輛以進行最強烈的撞擊測試。撞擊點仍位於護欄起點處約 27.5 呎（8.4 公尺），撞擊角度為 25 度，時速為 66 英哩（106 公里）。撞擊後車子沿著護欄行進 12 呎後（3.7 公尺）以 3 度的角度離開護欄（見圖 3.16）。由於欄杆將車輛導回地面，車子爬升高度非常小，與 Test233（15 度角）的狀況相似。金屬欄杆處的碎片及約 0.1 呎（3 公分）的形變顯示撞擊的強烈（圖 3.17），混凝土與金屬欄杆銜接處亦有約 1/16 吋（0.16 公分）的裂縫，可知以 25 度撞擊護欄將會造成嚴重的損壞（圖 3.18）。

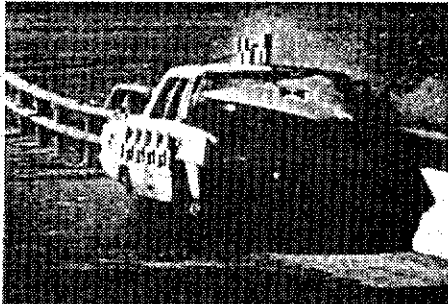
# TEST 235



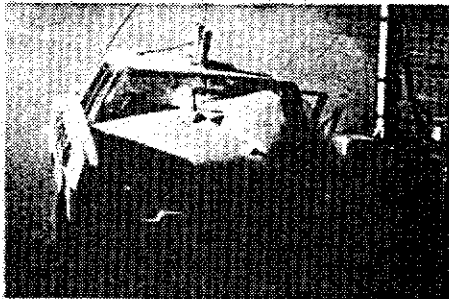
Impact +0.01 Sec.



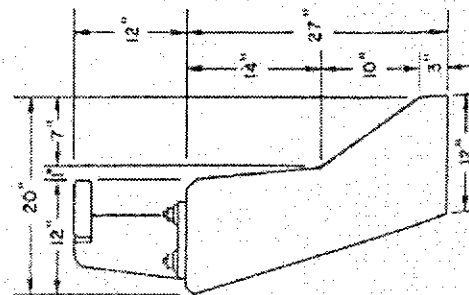
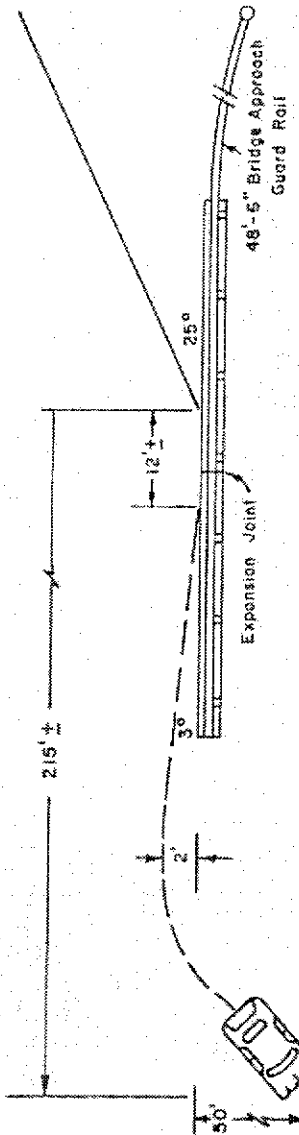
I + 0.10 Sec.



I + 0.28 Sec.



I + 0.79 Sec.



TEST NO.	235
DATE	10-29-69
VEHICLE	1966 Dodge Sedan
SPEED	66 mph
IMPACT ANGLE	25°
VEHICLE WEIGHT (incl. dummies & instrumentation)	4900 lbs†
DUMMY RESTRAINT	Lap belt

BARRIER TESTED	Type 20 Bridge Roll
LENGTH OF INSTALLATION	67' ±
PASSENGER COMPARTMENT DECEL. (Highest 50 ms average)	14.8 G's 9.1 G's
MAXIMUM VEHICLE RISE	Negligible
EXIT ANGLE	3°
BARRIER DAMAGE	Minor
† VEHICLE GAS TANK REMOVED	

圖 3.16 車輛行駛軌跡圖



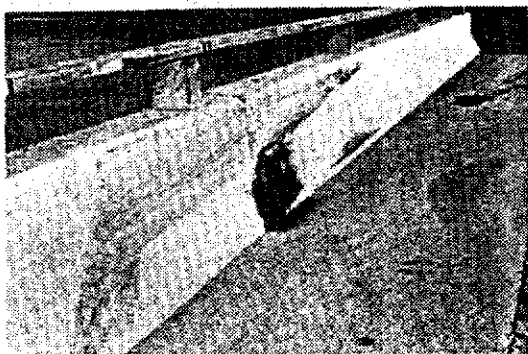


圖 3.17 測試車測試後狀況

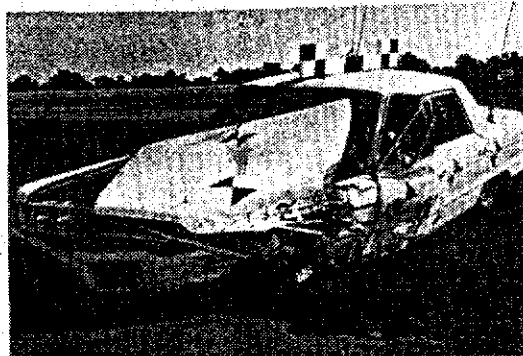


圖 3.18 護欄測試後狀況

由乘客座位的地板處所測量之千分之五十秒平均最大側向減速度為 9.1g (由兩項加速度測量所平均)，縱向減速度為 14.8g (由四項加速度測量所平均)。由於車輛的減速度超過安全帶的容許水準，因此繫安全帶的乘客會受到嚴重的傷害。所測得假人千分之五十秒平均最大側向減速度為 16.9g，縱向減速度為 9.2g。

### 3.5 結果討論

1. 根據 1970 年 HRB Spec. Rept. 107 統計，車輛衝出路外以 15 度以下角度撞擊案件約佔 75%，以 10 度角以下撞擊案件約佔 60%，顯示這 20 型護欄的金屬欄杆對大部分意外會有幫助。
2. 20 型橋樑護欄的欄杆可以在最高時速 65 英哩 (105 公里) 及撞擊角度 25 度以下的狀況下導正 4900 磅 (2225 公斤) 的車輛，護欄幾乎不會有損壞。
3. 在 7 度撞擊角下，車輛的損壞輕微，人員的傷害由極小 (有繫安全帶) 至中等 (沒繫安全帶)。當撞擊角度升到 10 度後，車輛的撞擊將會與護欄的上方處為主。當以 64 英哩的速度，25 度的角度撞擊，車輛將會導致嚴重的損害，人員的傷害由極小 (有繫安全帶及護肩) 至嚴重 (沒繫安全帶)。
4. 車輛撞擊後傾向繼續接觸著護欄滑行後再離開，而非立即彈開，特別是在撞擊角度 7 度時，在五項試驗中有四項其離開的角度為 3 度以下。顯示此型護欄較其他護欄可以減低在車輛撞擊離開所形成的危險。

## 第四章 小型車與紐澤西護欄之撞擊測試二

### 4.1 本章測試資料來源

Edward R. Post Teddy J. Hirsch and Gordon G. Hayes, "Vehicle Crash Test and Evaluation of Median Barrier for Texas Highways," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973, pp.97-113.

### 4.2 測試的護欄設計

德州混凝土護欄CMB-70之尺寸及佈設圖如圖4.1，總高32吋(81公分)，55度斜面高度為10吋(25公分)，84度斜面高度為18吋(46公分)，底座寬度為27吋(69公分)，頂部寬度為8吋(20公分)。

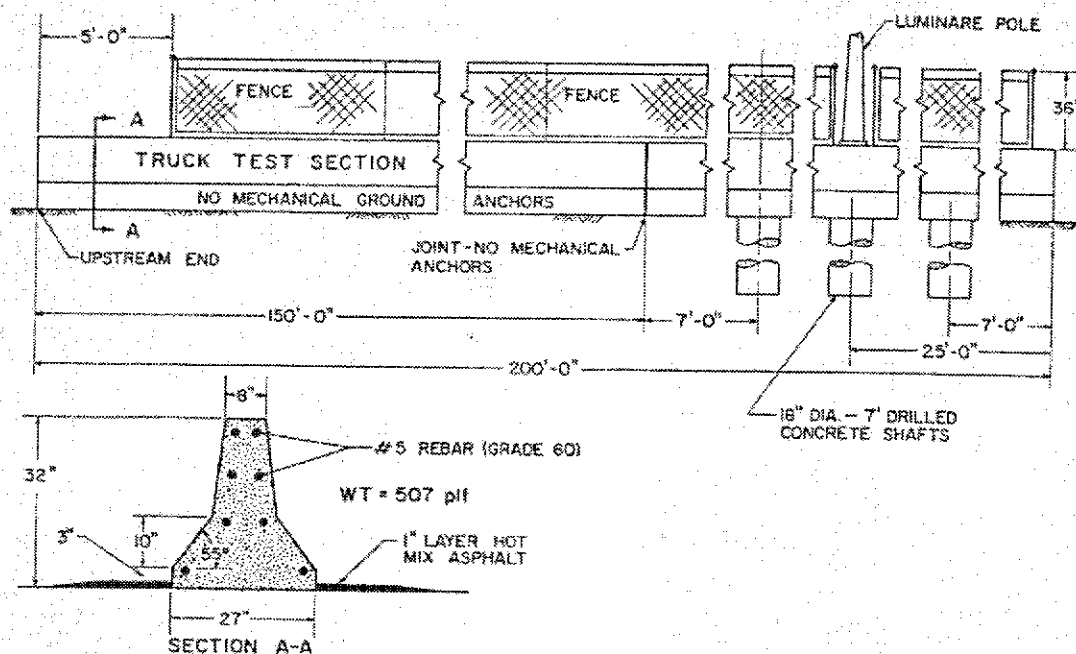


圖 4.1 CMB-70 之尺寸及佈設圖

### 4.3 測試車輛

1963 年及 1964 年份的 Plymouth 及 Chevrolet，車輛重量從 4000 磅 (1816 公斤) 至 4230 磅 (1920 公斤)。上面有一 160 磅 (73 公斤) 的假人。車輛規格如表 4.1。

表 4.1 測試車輛及測試結果表

Item	Barrier Test			
	CMB-1	CMB-2	CMB-3	CMB-4
Vehicle				
Year	1963	1964	1963	1963
Make	Plymouth	Chevrolet	Chevrolet	Chevrolet
Weight (lb)	4,000	4,230	4,210	4,210
Impact angle (deg)	25	25	7	15
Film data				
Initial impact speed (mph)	62.4	55.7	60.9	60.7
Speed at parallel (mph)	47.2	—	58.8	50.5
Longitudinal distance to parallel (ft)	15.3	—	17.6	23.0
Dynamic barrier deceleration (ft)	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral distance to parallel (ft)	2.9	2.9	0.85	1.74
Time to parallel (sec)	0.223	0.320	0.206	0.298
Average longitudinal deceleration*, parallel to barrier (g)	2.0	—	0.4	1.3
Average lateral deceleration*, normal to barrier (g)	8.0	6.4	2.2	4.7
Departure angle (deg)	7.3	6.0	6.5	11.5
Accelerometer data				
Longitudinal deceleration, parallel to longitudinal axis of vehicle (g)				
Maximum	8.7	10.3	8.4	7.8
Average	3.2	1.8	0.5	1.4
Time (sec)	0.184	0.271	0.325	0.244
Transverse deceleration, normal to longitudinal axis of vehicle (g)				
Maximum	16.1	13.3	29.2	14.0
Average	4.4	2.8	1.8	3.0
Time (sec)	0.254	0.280	0.282	0.264

\*See Table 1 footnote.

\*See Table 1 footnote.

## 4.4 測試結果

### CMB-1 Test

主要測試一個標準 4000 磅 (1816 公斤) 的車輛以時速 60 哩 (96 公里)，25 度角撞擊護欄，設置其上的燈柱是否會被撞倒。撞擊連續圖如圖 4.2 及 4.3。撞擊點位於燈柱前方 9 呎處 (2.7 公尺)，當車輛被護欄導正時，車輛爬到護欄的頂端並對燈柱及欄杆輕微地造成擦痕。撞擊後速度減少了 15 英哩 (24 公里)，平均側向減速度為 8.0g，以 7 度角脫離護欄。

車輛損壞狀況如圖 4.4，車前方及輪胎受損嚴重，駕駛座車門被撞開，擋風玻璃破裂。

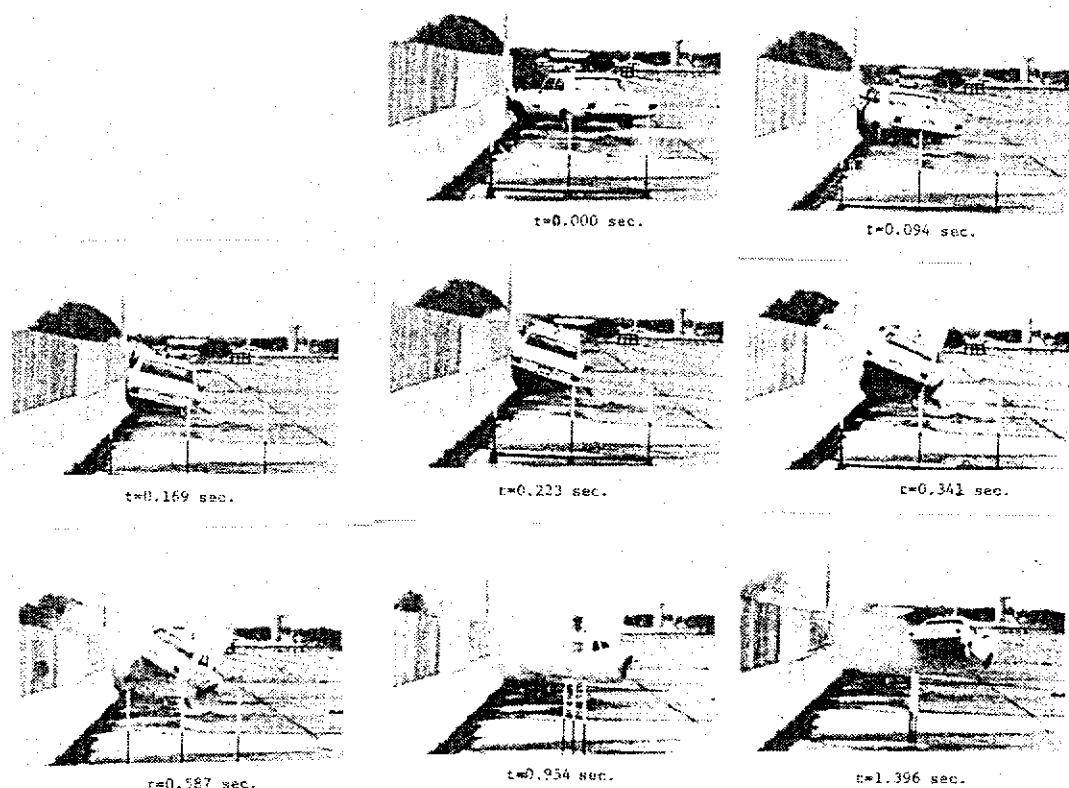


圖 4.2 撞擊連續圖 (後方)

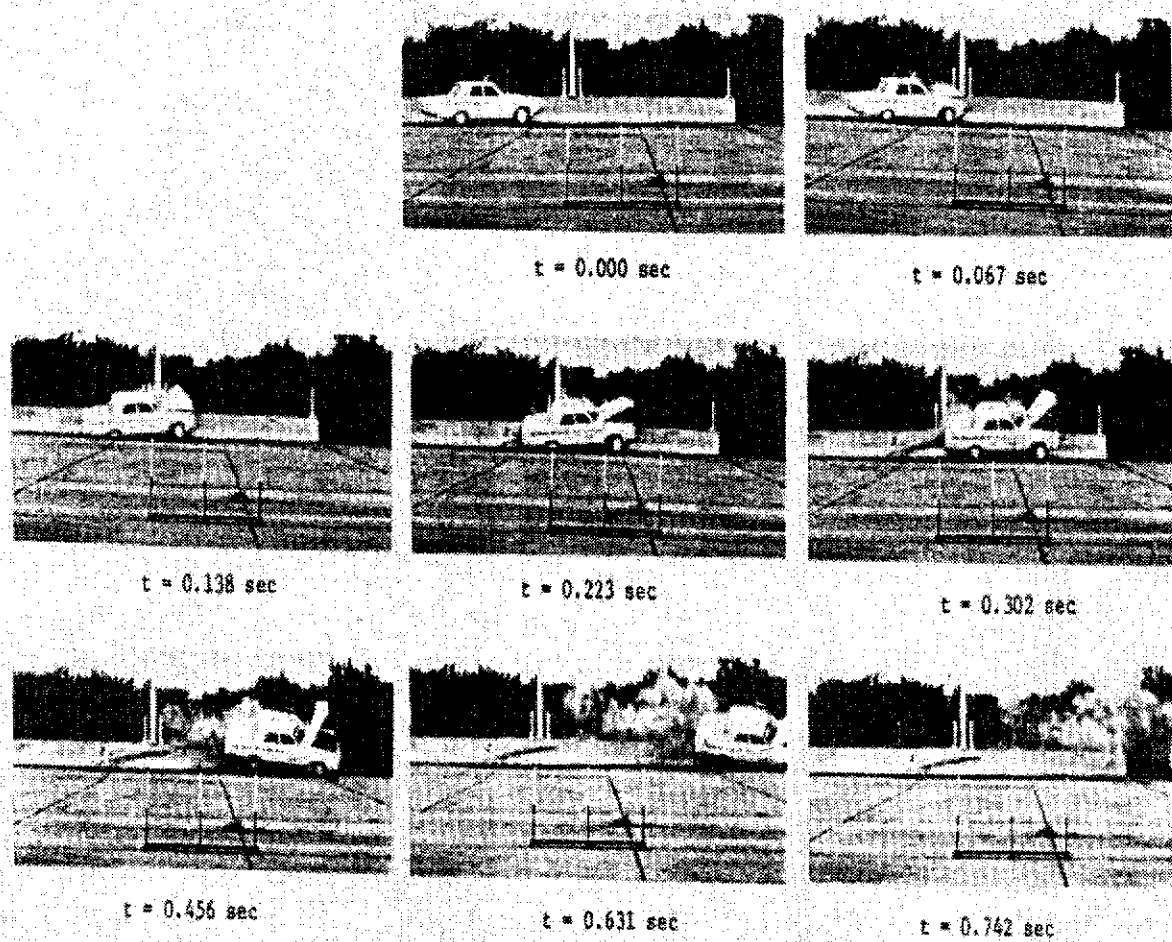


圖 4.3 撞擊連續圖（側方）

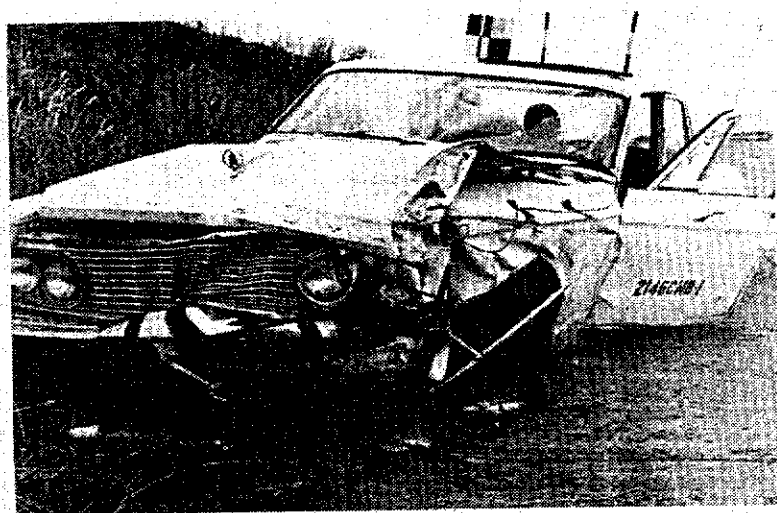


圖 4.4 測試車測試後狀況

## CMB-2 Test

主要測試一個標準 4000 磅 (1816 公斤) 的車輛以時速 60 哩 (96 公里)，25 度角撞擊未設置錨定的護欄，附屬金屬強化網，是否會造成滑動、旋轉等狀況。類似於 CMB-1 Test，當車輛撞擊護欄而被導正後，車輛左方的保險桿被壓碎，接著車輛爬到護欄的頂端。撞擊連續圖如圖 4.5 及 4.6。撞擊後減少速度不到時速 6 英哩，平均側向減速度為  $6.4g$ ，以 6 度角脫離護欄。車輛損壞狀況如圖 4.7，由於撞擊後的速度低，車輛只有輕微的損壞。

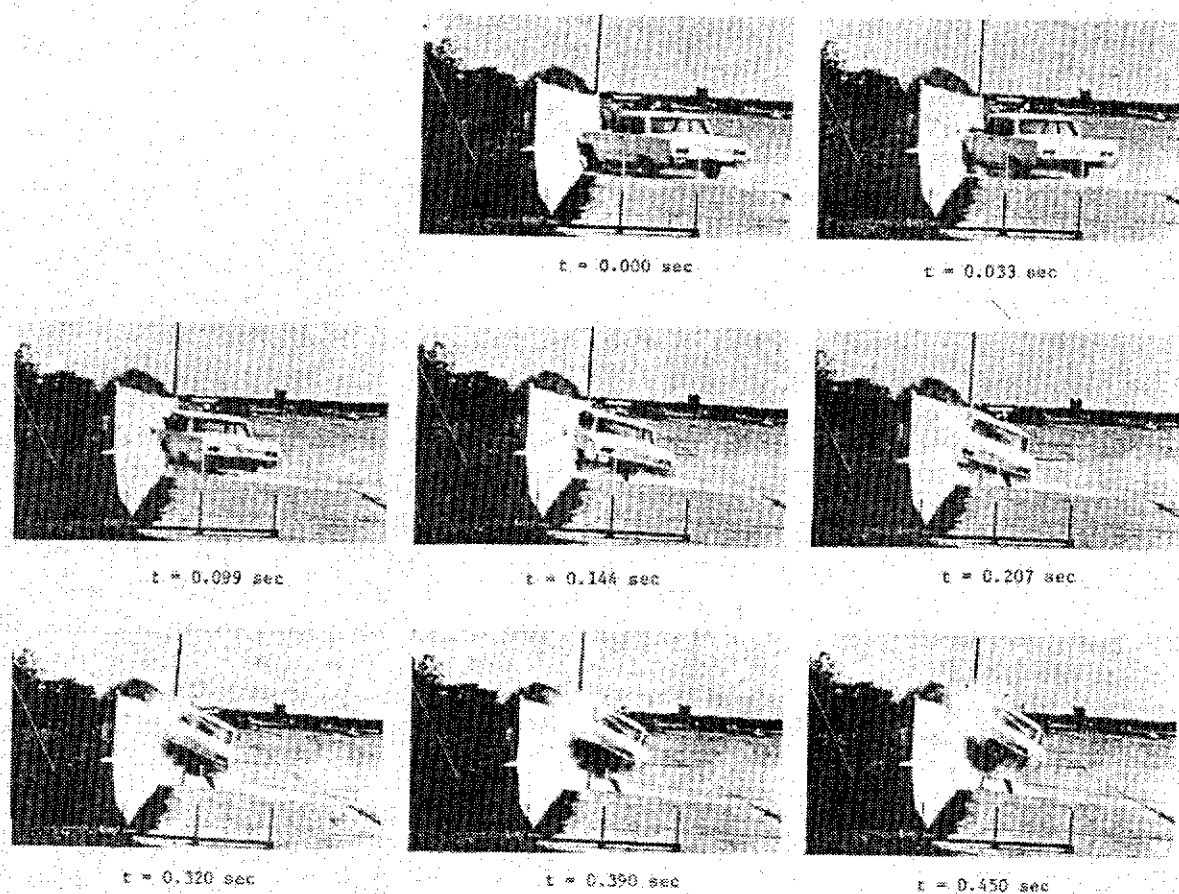


圖 4.5 撞擊連續圖 (後方)

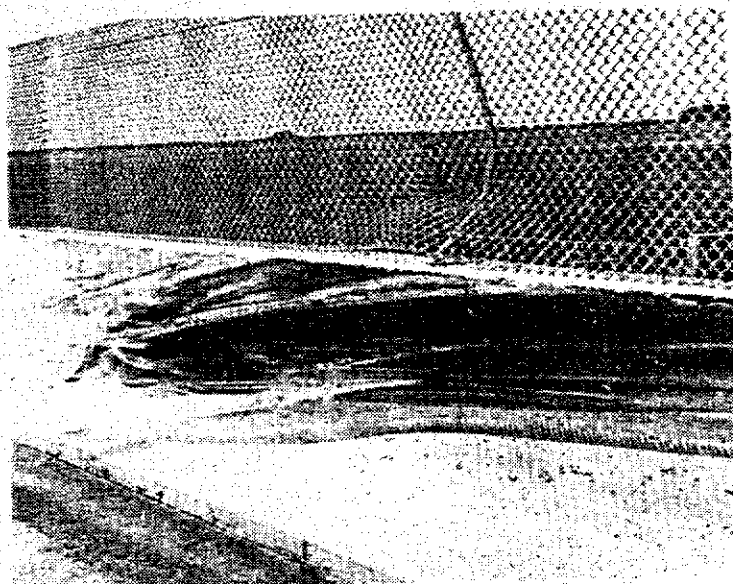


圖 4.6 撞擊痕跡圖



圖 4.7 測試車測試後狀況

### CMB-3 Test

模擬城市道路環境下，主要意外事故通常發生於不到 15 度的碰撞。本試驗即測試一個標準 4000 磅 (1816 公斤) 的車輛以時速 60 哩 (96 公里)，7 度角撞擊未設置錨定的護欄，也就是屬於護欄 150 呎的測試段。撞擊連續圖如圖 4.8。當碰撞後，車輛很快地爬上護欄較低的表面，被導正後接著爬上護欄更陡峭的表面。最大爬升高度約為 18 英吋 (46 公分)。脫離角度仍為 6 度。撞擊後減少的速度為 2 英哩 (3 公里)，大幅低於前兩項 25 度角的試驗，主要是因為車輛輪胎與護欄間的交互作用所帶來的導正作用。平均側向減速度為 2.2g。車輛損壞狀況如圖 4.9，車輛金屬部分及保險桿只有輕微的損壞。

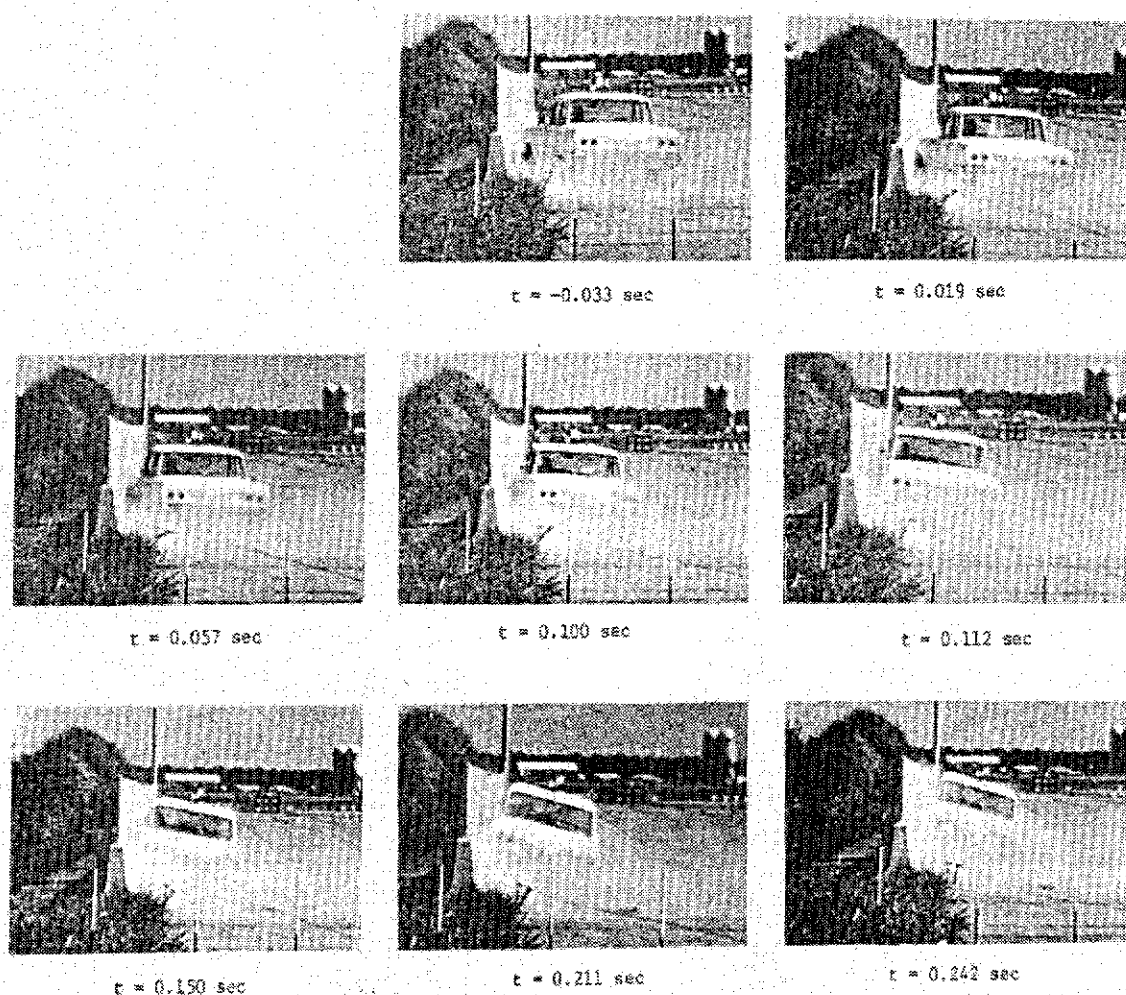


圖 4.8 撞擊連續圖 (後方)





圖 4.9 測試車測試後狀況

#### CMB-4 Test

本試驗測試一個標準 4000 磅 (1816 公斤) 的車輛以時速 60 哩 (96 公里), 15 度角撞擊未設置錨定的護欄, 也就是屬於護欄 150 呎的測試段。撞擊連續圖如圖 4.10。類似於前面 25 度角的試驗, 車輛爬到護欄的頂端並造成護欄及金屬網的輕微損傷。撞擊後減少的速度為 11 英哩 (18 公里), 約為 CMB-1 Test 的兩倍, 可能是金屬的摩擦力增加所致。較大的速度改變亦造成了車輛較大的脫離角度 (12 度), 約為之前試驗的兩倍。較大的脫離角度可能不會對附近的車輛造成危險, 主要是因為損壞的前輪的拖曳力量將車輛拉回著朝向護欄。車輛損壞狀況如圖 4.11, 較前面大角度的碰撞試驗來的輕微。

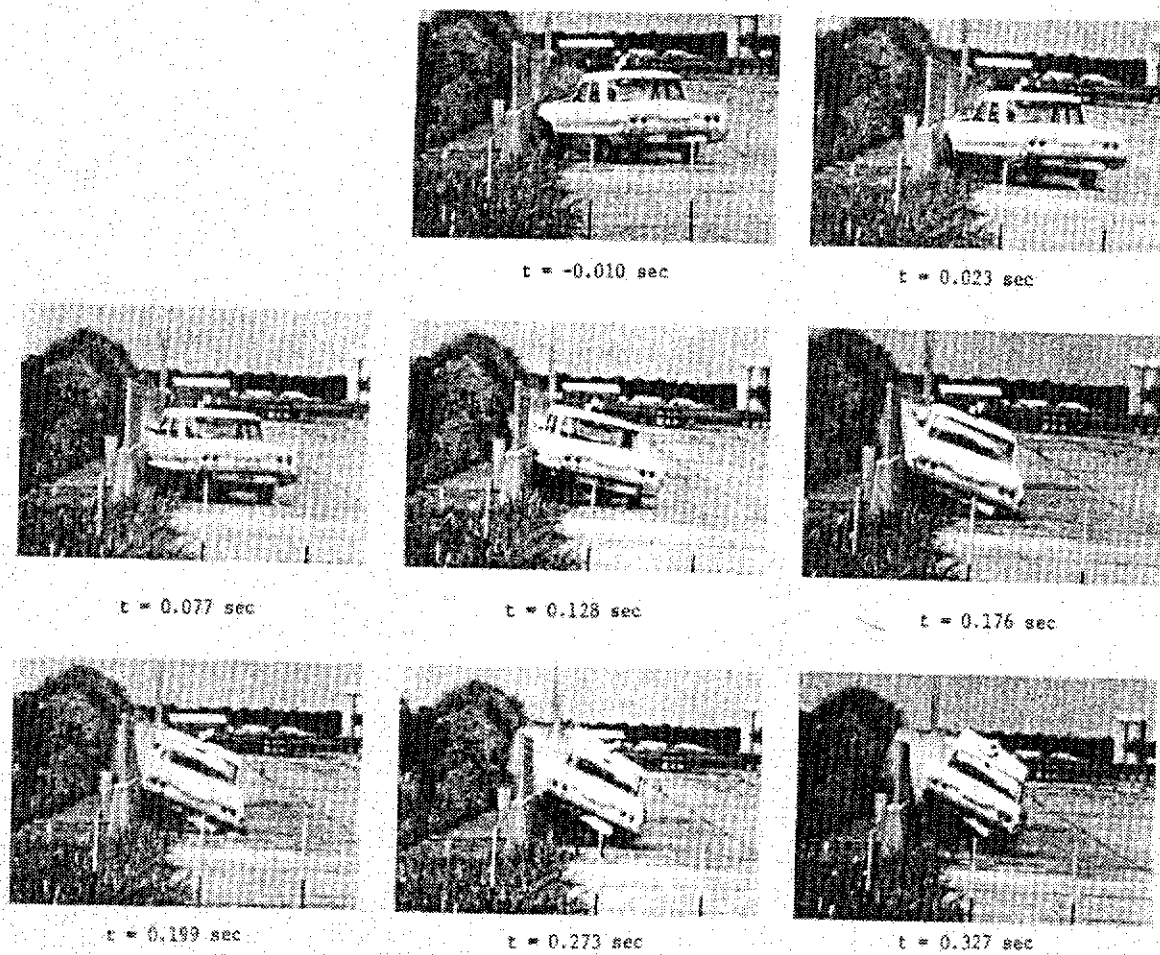


圖 4.10 撞擊連續圖（後方）

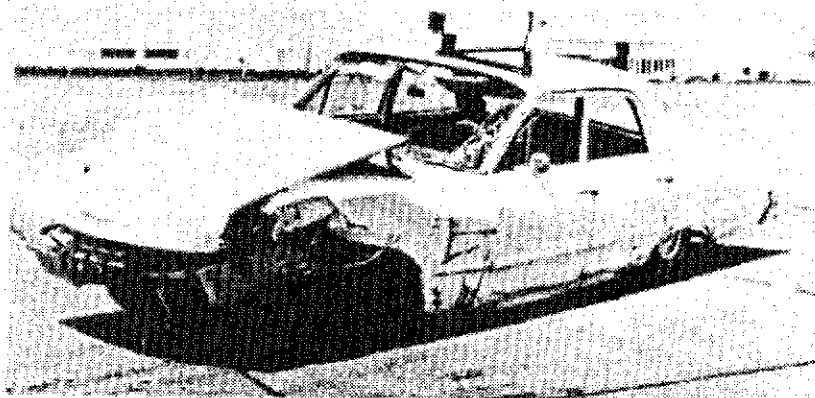


圖 4.11 測試車測試後狀況

## 4.5 結果討論

1. 當考量期初設置成本及預估維修成本，CMB 紐澤西護欄是最具經濟性的。附裝燈柱的 CMB 非常適合設置於城市間車速快及車流量大，中央分向島較窄的道路。
2. 所測試的護欄實地於道路上設置，均能維持不錯的績效水準，當選擇護欄的種類時，應考量環境的個別因素。
3. 據 1966 年 Hutchinson 及 Kennedy 的資料顯示，百分之七十五的意外碰撞事故的角度均不大於十五度。

## 第五章 卡車與紐澤西護欄之撞擊測試

### 5.1 本章測試資料來源

Edward R. Post and Teddy J. Hirsch, "Truck Tests on Texas Concrete Median Barrier," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973, pp.73-81.

### 5.2 測試的護欄設計

護欄的型號為 CMB-70 (如圖 5.1), 高為 32 吋 (81 公分), 55 度斜面之垂直高為 10 吋 (25 公分), 底座為 27 吋寬 (69 公分), 頂端為 8 吋寬 (20 公分)。護欄分成 50 及 150 呎 (15 至 46 公尺) 兩個連續區段, 路燈座位在 50 呎 (15 公尺) 的區段, 為了因應對燈柱的風吹及震動可能造成的翻覆, 用三個直徑 18 吋 (46 公分) 的支柱加以支持護欄。150 呎 (46 公尺) 的區段為碰撞測試區段, 並未加上固定的支柱。鋪上 1 吋厚 (2.54 公分) 的瀝青鋪面以避免車輛在碰撞期間的滑動。

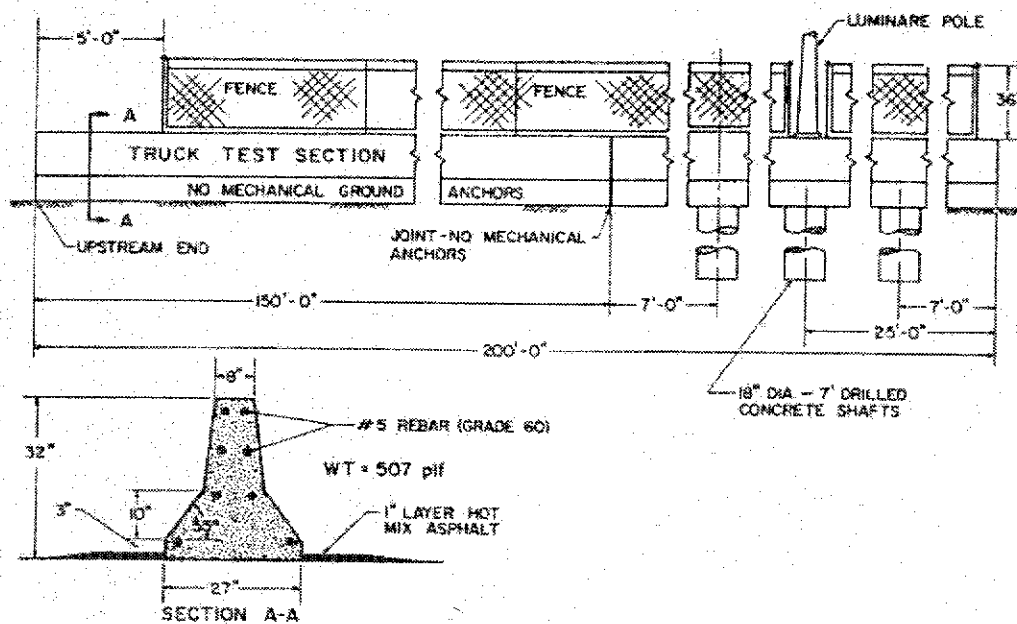


圖 5.1 CMB-70 之尺寸及佈設圖

### 5.3 測試車輛

測試車輛為大尺寸的拖曳卡車，車身重約 48800 磅 (22155 公斤)，載重約 22800 磅 (10351 公斤)，放置如圖 5.2C 及圖 5.3。車輛載重前後輪胎的高度及負重如圖 5.3。載重重心離地約 6 呎 (1.8 公尺)，車輛重心離地約 2.6 呎 (0.8 公尺)。

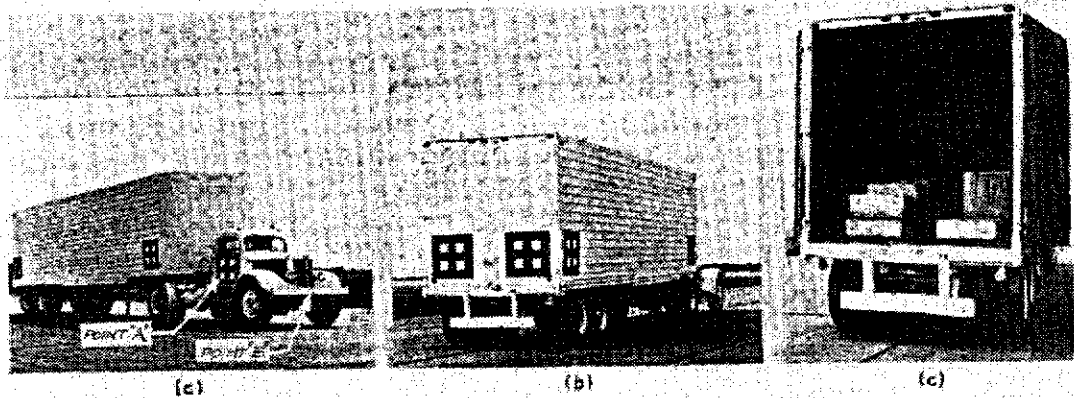


圖 5.2 測試卡車之裝載及標示

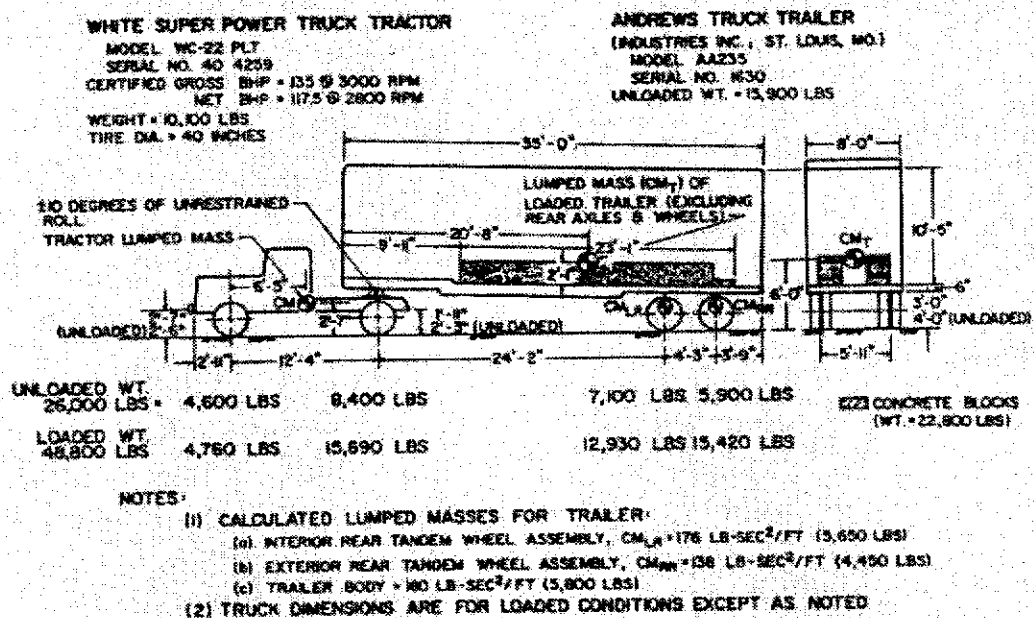


圖 5.3 測試卡車之各項尺寸

## 5.4 測試結果

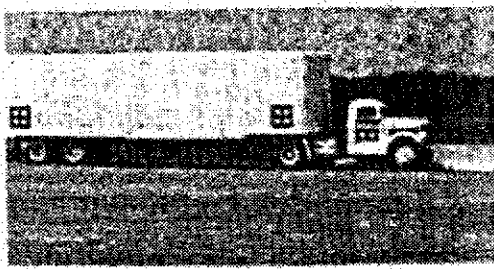
表 5.1 測試結果彙整表 (英制單位)

測試別	撞擊速度 (mph)	撞擊角度 (deg)	圖示照片	點 A 離護欄頂端最大高度 (吋)	點 B 離護欄頂端最大高度 (吋)	換算為爬升高度 (吋)
CMB-5	34.9	19.1	5.4,5.5	14	7	9
CMB-6	33.8	15.5	5.6	18	7	9
CMB-7	44.7	15.0	5.7	18	11	13

表 5.2 測試結果彙整表 (公制單位)

測試別	撞擊速度 (kph)	撞擊角度 (deg)	圖示照片	點 A 離護欄頂端最大高度 (cm)	點 B 離護欄頂端最大高度 (cm)	換算為爬升高度 (cm)
CMB-5	56	19.1	5.4,5.5	36	18	23
CMB-6	54	15.5	5.6	46	18	23
CMB-7	72	15.0	5.7	46	28	33

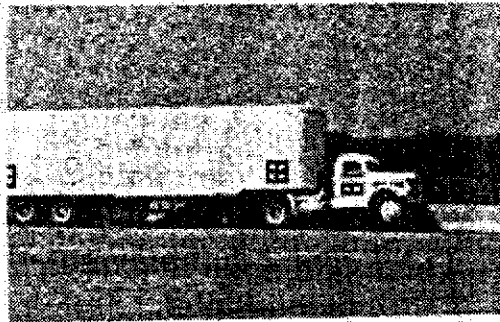
換算為爬升高度 = 點 B 離護欄頂端最大高度 + 護欄高度 - 點 B 離地高度



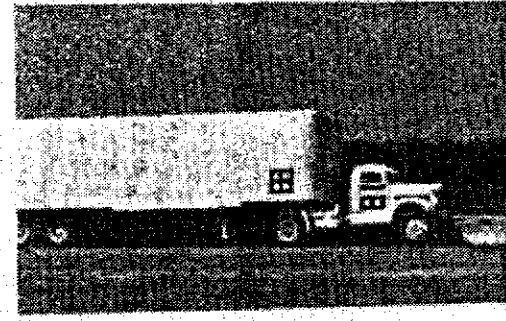
T=0.000 SEC. (IMPACT)



T=0.177 SEC.



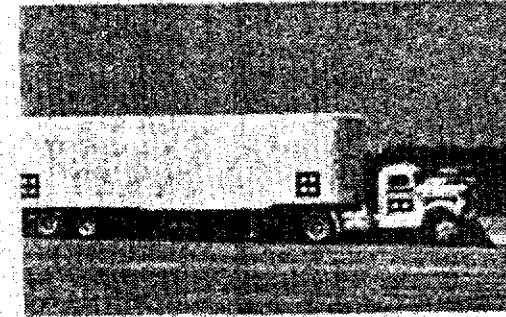
T=0.366 SEC.



T=0.790 SEC.



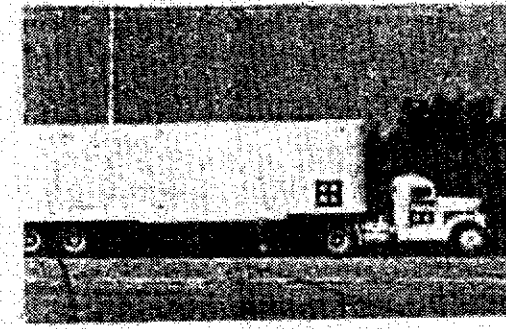
T=0.983 SEC.



T=1.558 SEC.



T=3.169 SEC.

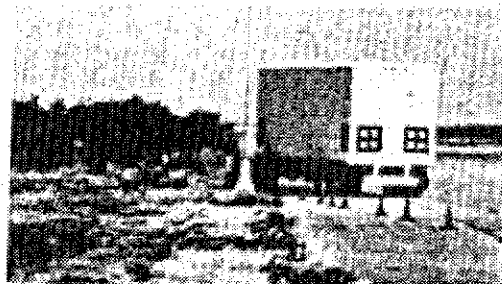


T=5.177 SEC.

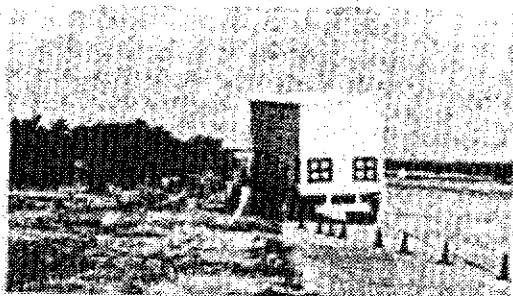
圖 5.4 CMB-5 撞擊連續圖 (側方)



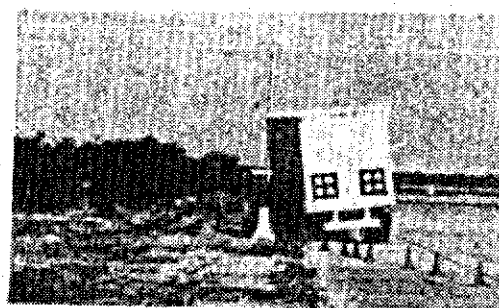
T=0.000 SEC. (IMPACT)



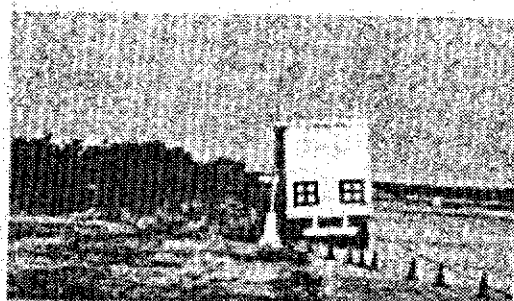
T=0.253 SEC.



T=0.539 SEC.



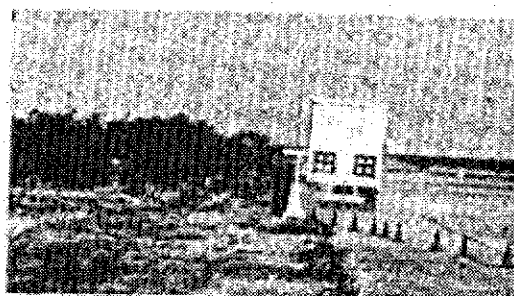
T=0.650 SEC.



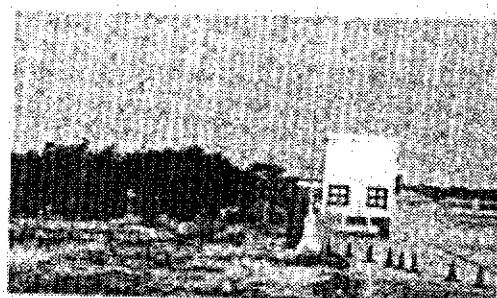
T=0.900 SEC.



T=1.110 SEC.



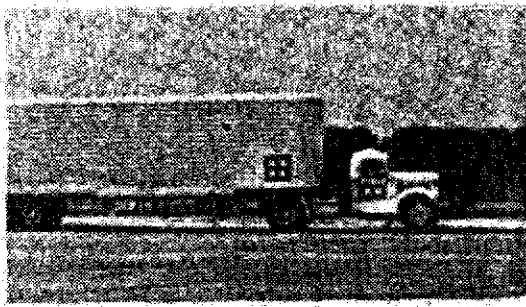
T=1.700 SEC.



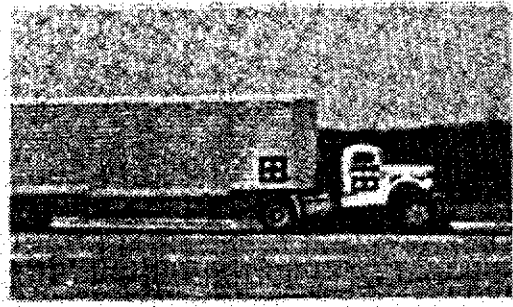
T=2.000 SEC.

圖 5.5 CMB-5 撞擊連續圖 (後方)

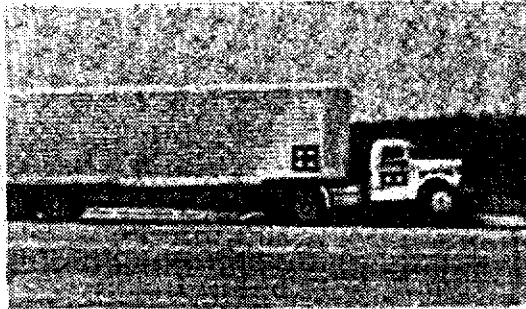




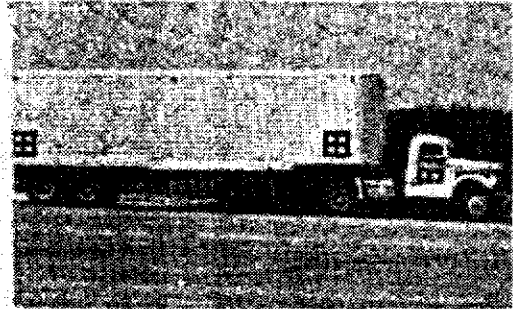
T = 0.000 SEC. (IMPACT)



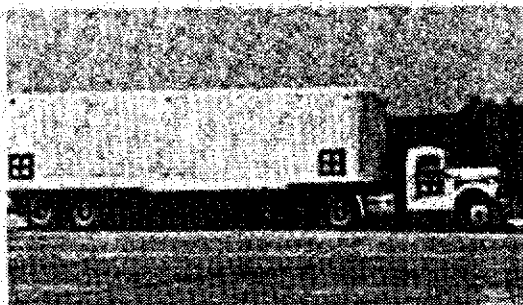
T = 0.271 SEC.



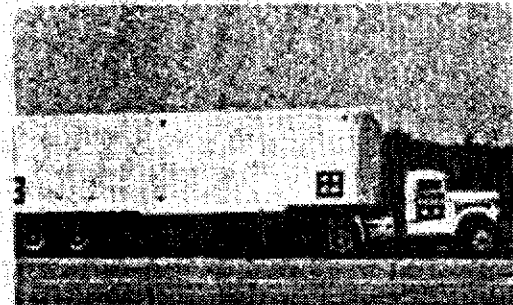
T = 0.417 SEC.



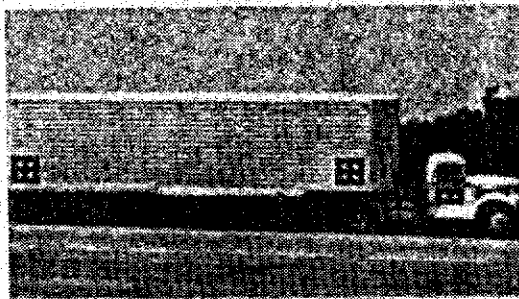
T = 0.563 SEC.



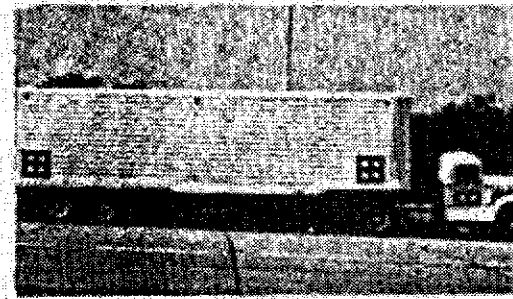
T = 0.886 SEC



T = 1.303 SEC

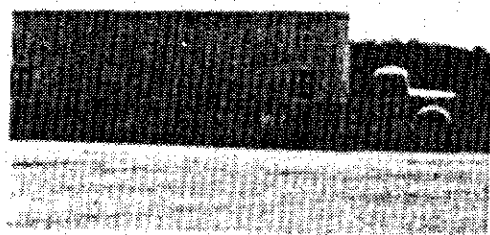


T = 1.626 SEC.

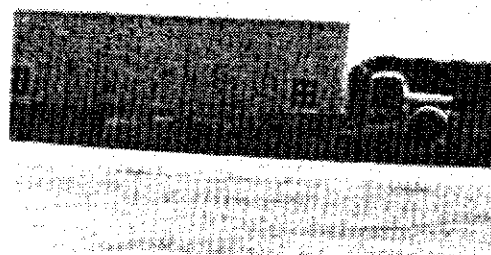


T = 3.147 SEC.

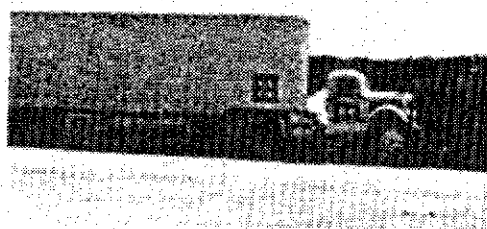
圖 5.6 CMB-6 撞擊連續圖 (側方)



T = 0.000 SEC. (IMPACT)



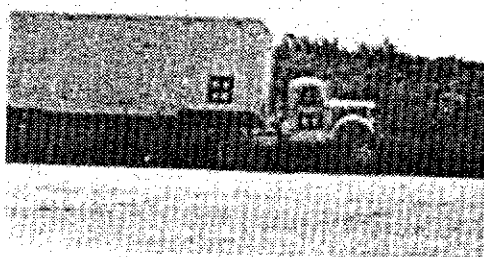
T = 0.260 SEC.



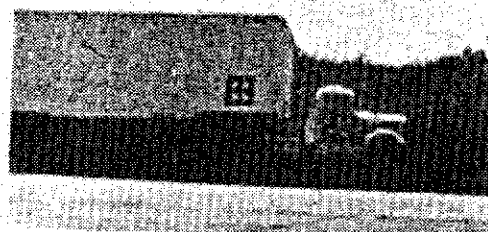
T = 0.364 SEC.



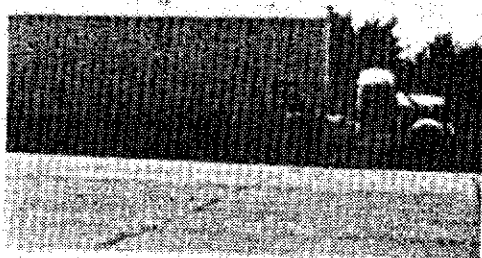
T = 0.584 SEC.



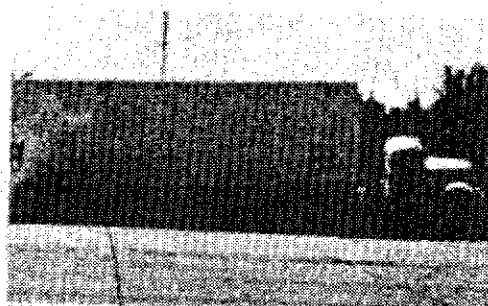
T = 0.968 SEC.



T = 1.200 SEC.



T = 1.915 SEC.



T = 2.727 SEC.

圖 5.7 CMB-7 撞擊連續圖 (側方)

## 卡車運行動作

車頭各基準點與護欄頂端垂直面的相對位置圖如圖 5.8 所示。其中點 A 位於卡車門處，點 B 位於保險桿處（此點離地面約 30 吋：76 公分）。

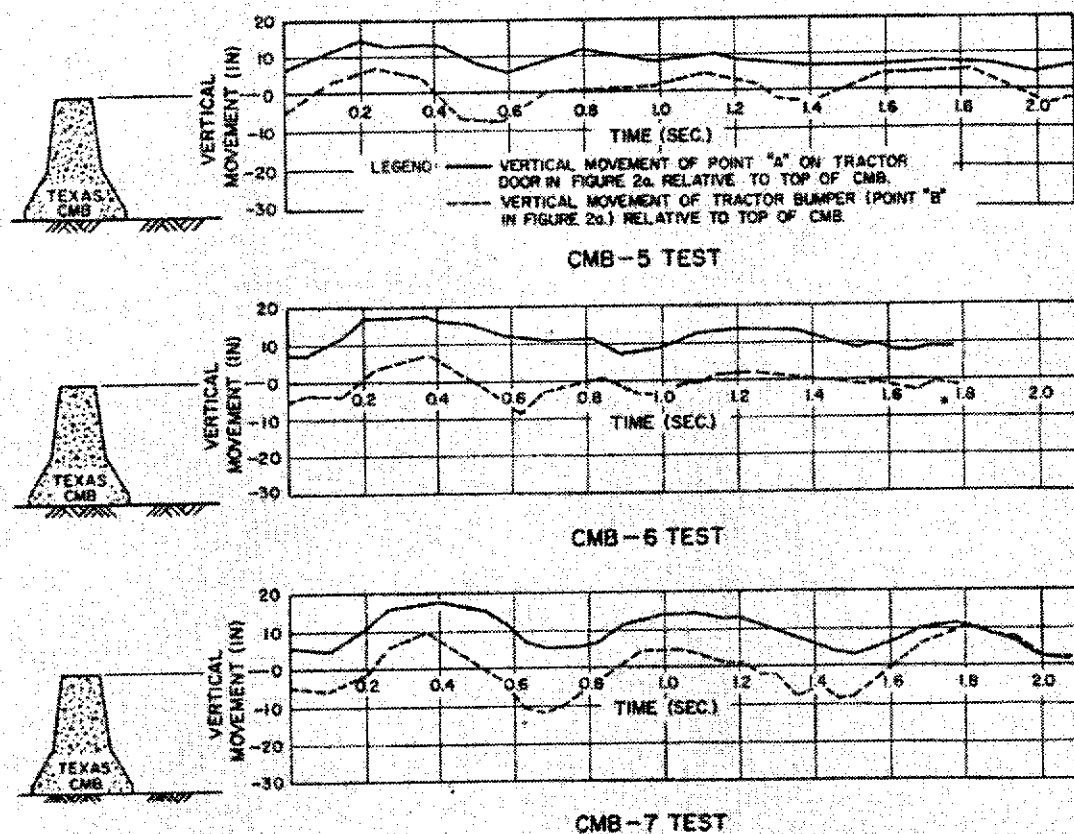


圖 5.8 卡車與護欄頂端相對位置圖

圖 5.9 顯示卡車的拖車在三個測試中的搖晃動作。測量卡車與拖車連接轉軸顯示拖車的搖晃角度與卡車是獨立的，均在 10 度以下。然而在測試 CMB-7 中，拖車的搖晃角度與卡車的搖晃動作並不獨立。拖車在碰撞後 1.2 秒，達到最大的搖晃角度 17 度。這過程可以圖 5.8 的連續圖示來解釋，在 1.2 秒時，卡車在乘客那一邊的后輪被抬起了離地 7 英吋（18 公分），而拖車搖晃的角度超出了轉軸搖晃的 10 度角。這觀察可以作為卡車在高速衝撞下，如時速 55 至 60 英哩（89 至 97 公里），一個明顯的指標。因為卡車的慣性可以幫助減低翻覆的可能性（假使轉軸的螺釘未破壞），在轉軸的破壞下，拖車將有可能翻越護欄。

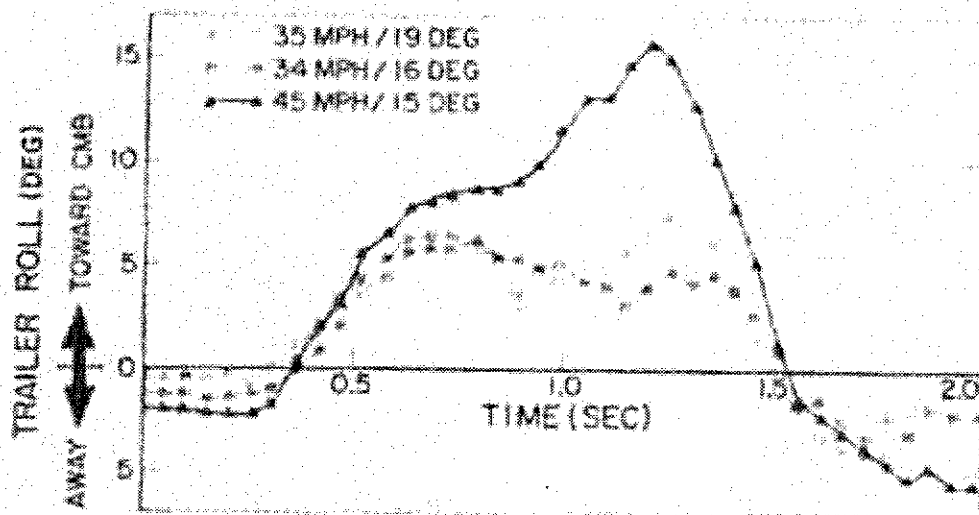
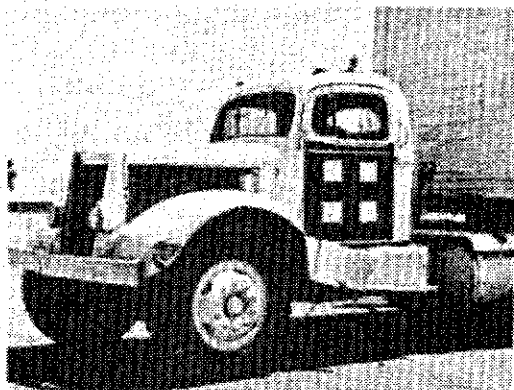


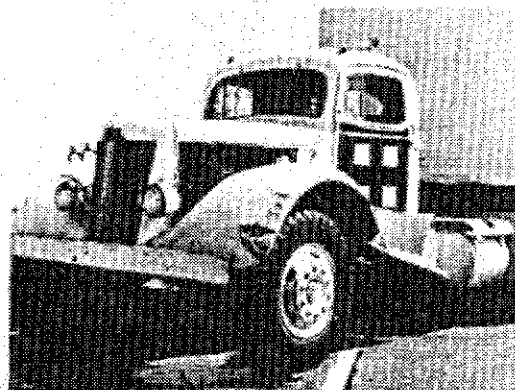
圖 5.9 卡車的搖晃動作圖

### 卡車破壞程度

微小。卡車金屬及保險桿的損壞程度詳見圖 5.10a 及 5.10b。拖車的后車輪有輕微凹痕。整個修復費用不超過美金 200 元 (1973 年水準)。



(a)



(b)

圖 5.10 測試卡車測試後狀況

## 護欄破壞程度

如圖 5.11。只需一些噴砂作業以消除表面的輪胎痕跡。撞擊所造成的一些小碎石也無須維修。護欄上的金屬網及燈柱均未受到破壞。

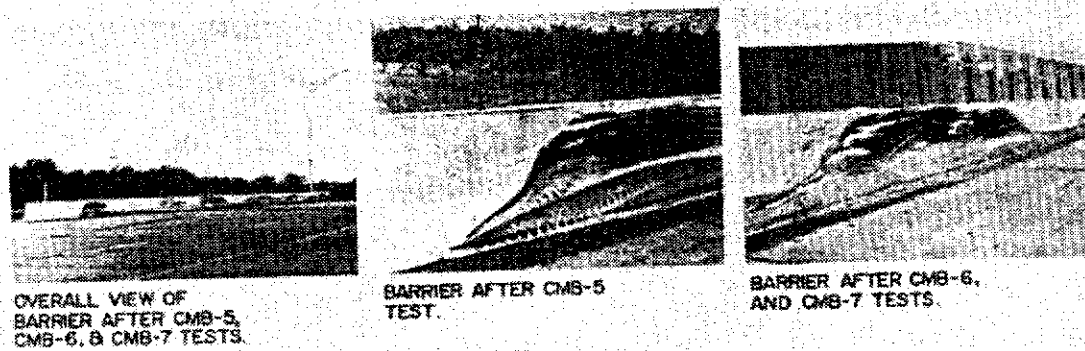


圖 5.11 護欄測試後狀況

## 5.5 結果討論

從成本維護低廉及對抗大型卡車衝撞兩方面，德州混凝土護欄都能得到很好的績效。本試驗並未對護欄在何種狀況下會導致不良的績效做出評估。

## 第六章 大客車與紐澤西護欄之撞擊測試

### 6.1 本章測試資料來源

E. O. Wiles, M. E. Bronstad and C. E. Kimball, "Evaluation of Concrete Safety Shapes by Crash Tests With Heavy Vehicles," Transportation Research Record No.631, Transportation Research Board, Washington, D. C., 1977, pp.87-91.

### 6.2 測試的護欄設計

紐澤西混凝土護欄 MB5 型式，尺寸及佈設圖如圖 6.1。

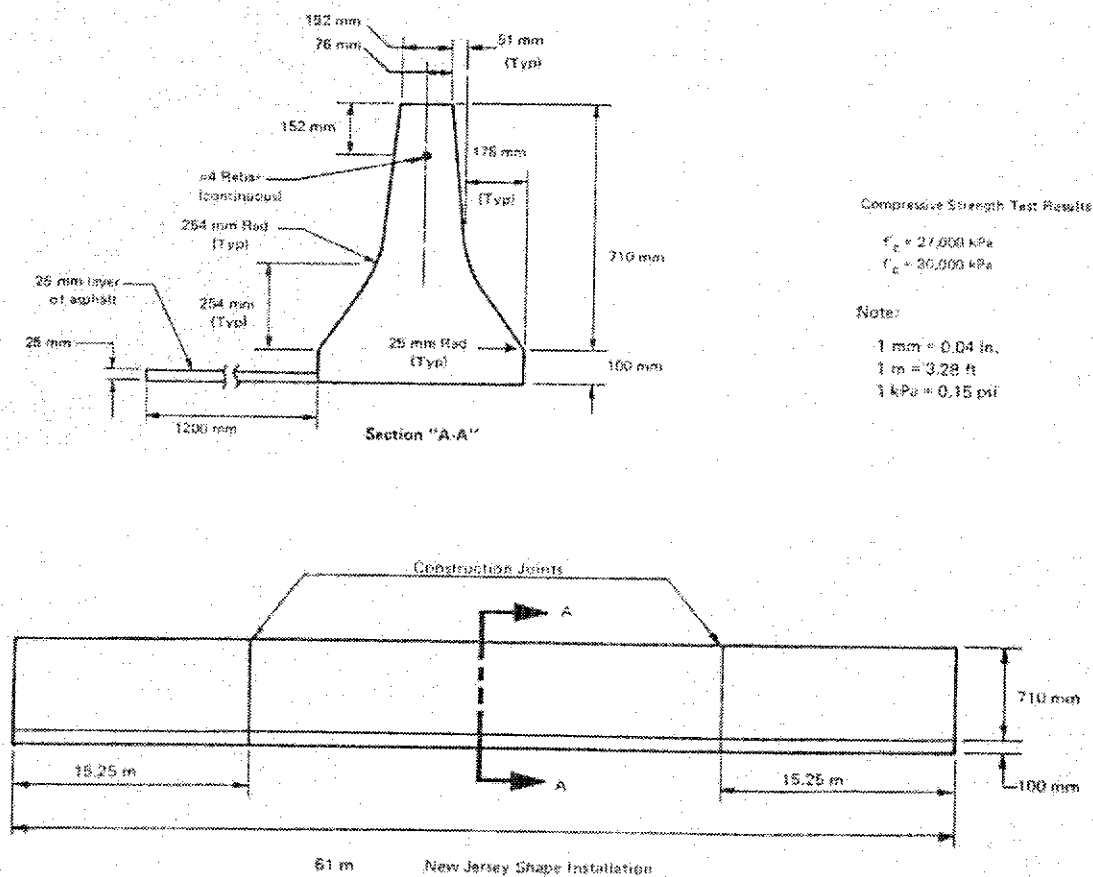


圖 6.1 MB5 尺寸及佈設圖

### 6.3 測試車輛

1955 年型式的城際巴士，車輛重量為 40000 磅 (18000 公斤)。  
如圖 6.2。

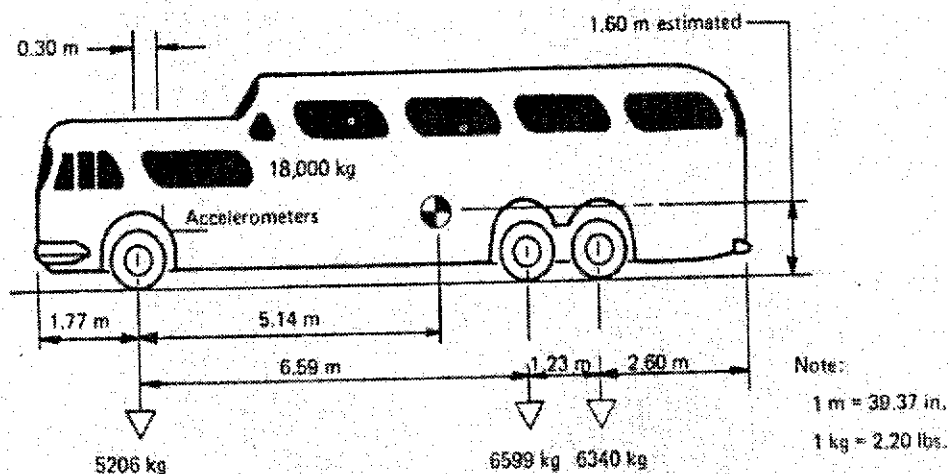


圖 6.2 測試車輛圖

### 6.4 測試結果

#### Test CMB-21

撞擊速度為時速 67.1 公里 (41.7 英里)，角度為 11.5 度，撞擊位置為距上游 12.4 公尺處 (見圖 6.3)。車子撞擊後很平順的以 8 度轉向，持續與護欄接觸 7.9 公尺 (25.9 呎) 後離開。千分之五十秒平均最大加速度：縱向 -0.9g，側向 -0.7g。護欄表面有刮傷但未發生形變，車輛前保險桿及金屬有擦傷 (見圖 6.4)。



圖 6.3 CMB-21 與 CMB-22 撞擊連續圖（前方）



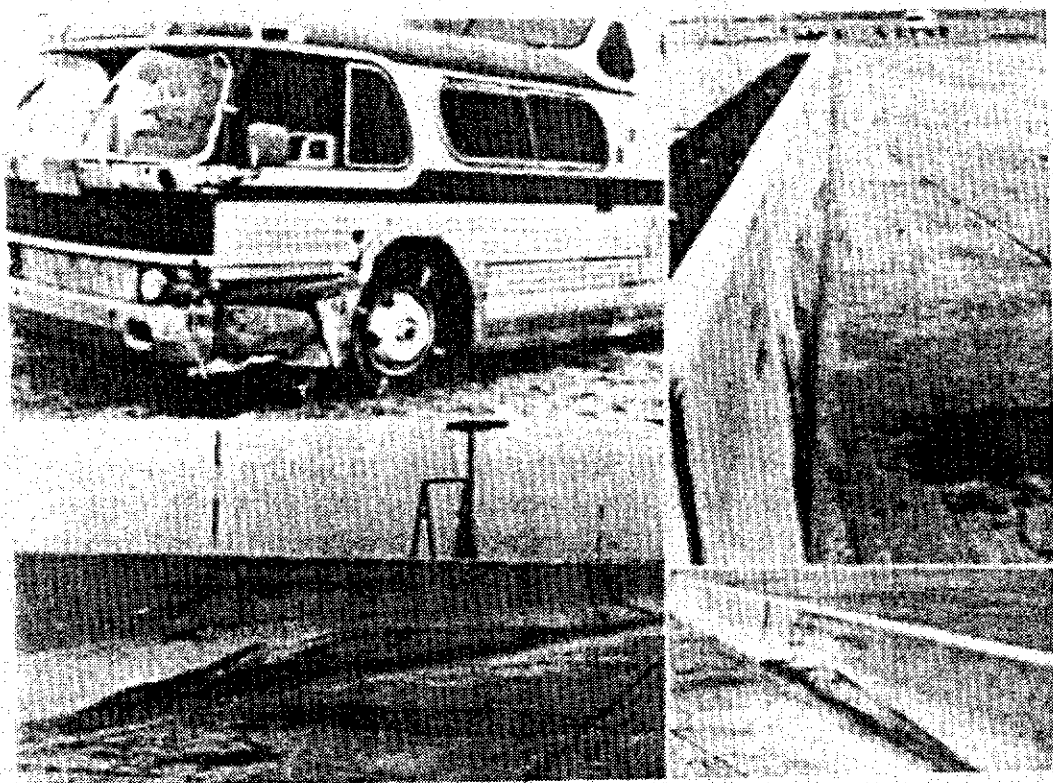


圖 6.4 車輛及護欄測試後之狀況

#### Test CMB-22

撞擊速度為時速 83.0 公里 (51.6 英哩)，角度為 6.6 度，撞擊位置為距上游 23.5 公尺處 (見圖 6.3)。車子撞擊後很平順的以 9 度轉向，持續與護欄接觸 8.5 公尺 (28.0 呎) 後離開，其中右前輪離開地面約有 0.3 秒。千分之五十秒平均最大加速度：縱向-0.9g，側向-0.8g。護欄表面有刮傷但未發生形變，車輛前保險桿及金屬有擦傷 (見圖 6.5)。

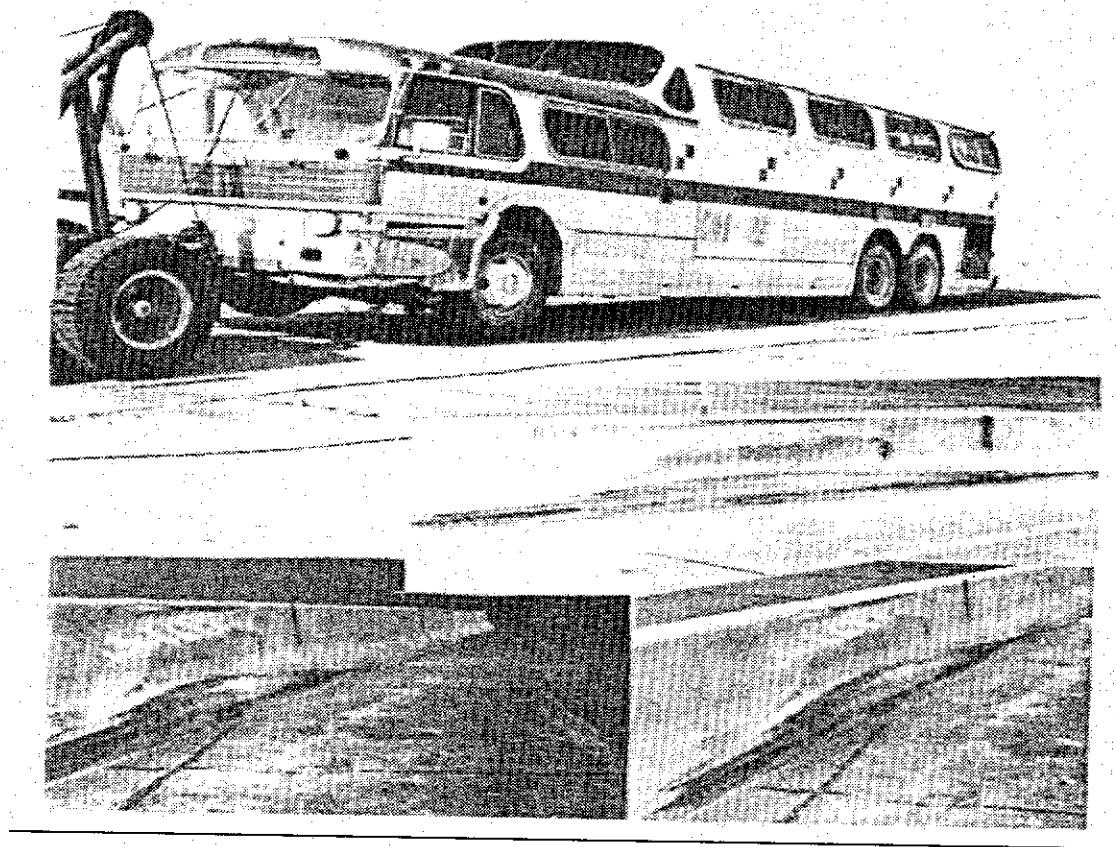


圖 6.5 車輛及護欄測試後之狀況

#### Test CMB-23

撞擊速度為時速 85.1 公里 (52.9 英哩)，角度為 16 度，撞擊位置為距上游 23.5 公尺處 (見圖 6.6)。車子撞擊後很平順的以 24 度轉向。千分之五十秒平均最大加速度：縱向-0.8g，側向-1.0g。護欄有產生 0 至 10 公分不等的位移，表面有 80 公分 (2.6 呎) 的扭曲破壞，車輛有明顯損傷 (見圖 6.7)。

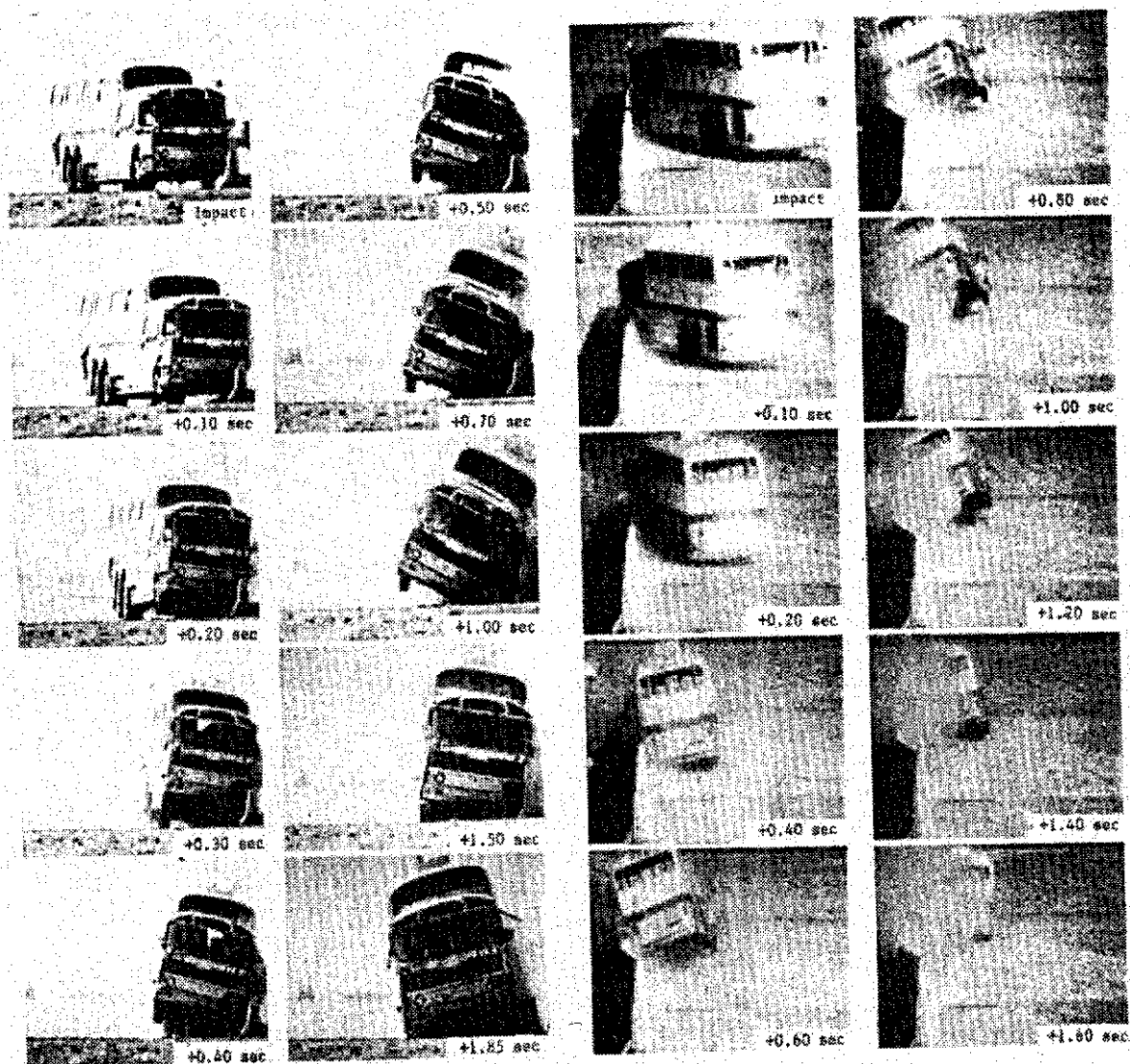


圖 6.6 CMB-23 撞擊連續圖（前方與後方）

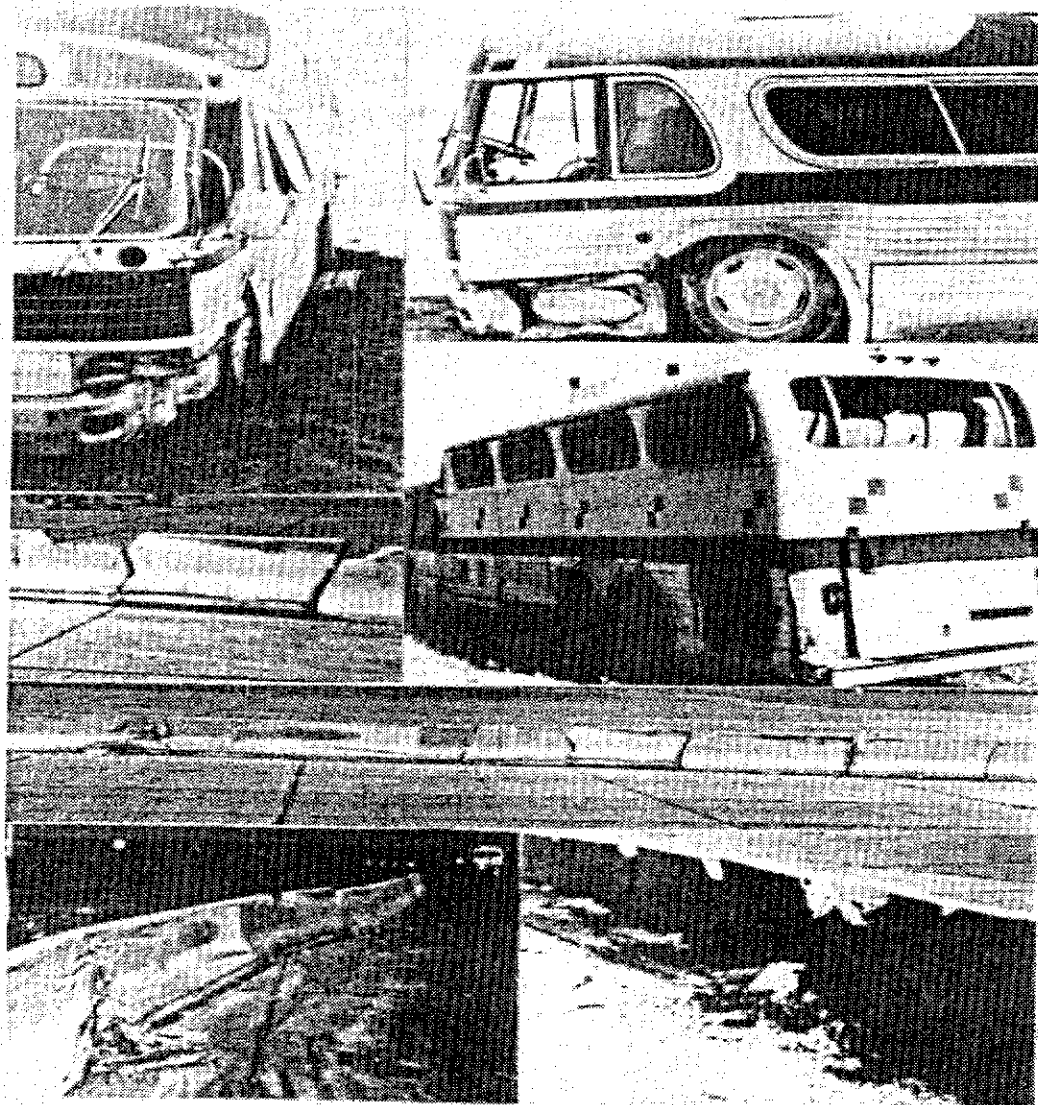


圖 6.7 車輛及護欄測試後之狀況

## 6.5 結果討論

1. 以最大撞擊的狀況下 (Test CMB-23)，只要護欄仍未遭到破壞及位移前，仍可產生將車輛導向的效果，而車輛會翻越護欄的可能性雖然不能完全排除，但可能性非常低。
2. 造成護欄的破壞及位移主要係因為車輛在導向後，由車輛後部所造成的撞擊，即使再加強護欄的堅固性，仍然有可能發生。

## 第七章 護欄設置高度

經過各車種的實驗測試後，將實驗結果依照撞擊角度與速度大小再行彙整如下：

### 一、小型車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
Test231	7	72	41	測試車有輕微的金屬損傷
CMB-3	7	96	46	車輛輕微損壞
Test234	7	103	46	車輛左側有輕微刮痕
Test232	7	106	41	車輛的受損非常輕微
CMB-4	15	96	81 (頂端)	護欄未設錨定，車輛受損嚴重
Test233	15	103	非常小	車輛左方受損嚴重
CMB-1	25	96	81 (頂端)	車前方及輪胎受損嚴重
CMB-2	25	96	81 (頂端)	護欄未設錨定，車輛輕微損壞
Test235	25	106	非常小	嚴重的損壞

### 二、大型卡車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-7	15.0	72	33	車輛的受損輕微
CMB-6	15.5	54	23	車輛的受損輕微
CMB-5	19.1	56	23	車輛的受損輕微

### 三、大客車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-22	6.6	83	不明顯	右前輪離開地面約有 0.3 秒
CMB-21	11.5	67.1	不明顯	
CMB-23	16	85.1	不明顯	碰撞時車身傾向護欄，右後輪離地

根據上述結果的比較：

小型車在以 7 度衝撞護欄時，時速從 72 公里而至最高 106 公里，車輛爬升護欄高度介於 41 至 46 公分；以大於 7 度的角度時，如：15 度及 25 度，時速與爬升護欄高度呈現兩極化的現象，即爬升到護欄頂端或爬升高度很小。

大型卡車在 15 至 20 度間衝撞護欄時，時速在 54 至 72 公里間，車輛爬升護欄高度介於 23 至 33 公分；大客車在設定的狀況下，爬升高度均不明顯，但撞擊護欄劇烈時呈現向護欄傾斜，脫離護欄時車後部有撞擊護欄的現象。

小型車在大於 7 度的角度時，時速與爬升護欄高度呈現兩極化的現象，可能是由於兩個測試環境不同所導致，兩者主要之差異包括表列因素：

測試別	撞擊 角度	撞擊 速度	車輛型式 及重量	乘員 及重量	護欄型式	護欄周邊 設備
Test231	7	72	Dodge (2225 公斤)	2 (170 公斤)	Type20	金屬欄杆
CMB-3	7	96	Chevrolet (1921 公斤)	1 (73 公斤)	CMB70	金屬欄網
Test234	7	103	Dodge (2225 公斤)	2 (170 公斤)	Type20	金屬欄杆
Test232	7	106	Dodge (2225 公斤)	2 (170 公斤)	Type20	金屬欄杆
CMB-4	15	96	Chevrolet (1921 公斤)	1 (73 公斤)	CMB70	金屬欄網
Test233	15	103	Dodge (2225 公斤)	2 (170 公斤)	Type20	金屬欄杆
CMB-1	25	96	Plymouth (1816 公斤)	1 (73 公斤)	CMB70	金屬欄網
CMB-2	25	96	Chevrolet (1920 公斤)	1 (73 公斤)	CMB70	金屬欄網
Test235	25	106	Dodge (2225 公斤)	2 (170 公斤)	Type20	金屬欄杆

不同車輛型式的性能及跨越護欄能力，不同重量所產生的衝量，護欄高度的差異，車輛在接觸護欄後的接觸狀態等因素都使得撞擊測試的結果產生不同，也因此會有爬升護欄高度呈現兩極化的現象。

由於紐澤西護欄撞擊測試距今約三十年即開始發展，先前從歐洲、美國、日本等國所收集的測試資料十分有限，要據以對各車種歸納可以爬昇的高度較為困難，故前頁表列測試結果僅能做為參考。

## 7.1 護欄防護性及視覺性

本研究轉而研析道路設施相關規範，根據其中可能的規格及標準，以推估紐澤西護欄的最適高度。根據美國 Roadside Design Guide 2002 年版對於護欄防護性的敘述，在低於 25 度角，以合理的速度約時速 110 公里以下撞擊護欄，對於小型車有較好的防護效果，可以減低人員受傷及車輛的損壞程度；但是對於大型車輛如大客車及大型卡車，則未必會有相同的效果。在紐澤西護欄的基本尺寸上，Roadside Design Guide 也說明了護欄高度最低必須維持在 74 公分（29 吋）。

基於這樣的事實，美國已有許多州開始發展對於大型車輛防護性較高的護欄，並都已通過了 NHCPR 350 的實驗標準：如以紐澤西護欄為基礎發展的 107 公分（42 吋）高的護欄可以對 36300 公斤的聯結車，在 15 度角，時速 84 公里的撞擊狀況下產生導正的效果。甚至為了抵禦卡車所產生跨越護欄的動量，有設置高於 42 吋的護欄，如設置在卡車易肇事路段的 229 公分（90 吋）護欄牆。

有關美國 Roadside Design Guide 對於紐澤西護欄防護特性的描述，我國現行紐澤西護欄的高度（81 公分）屬於基本型，對於大型車輛（大客車及大型卡車）的防護性較弱，因此若是設置在大型車輛出入頻繁的路段，對於護欄高度的維持上就必須比小型車來得嚴謹。以道路的各種等級來劃分護欄設置的狀況：等級愈高，如高快速道路，以快速穿越功能為主，設計速率較高，車道數較多，提供各種車種的用路人駕駛車輛上的充裕性，可變換車道並高速行駛，則護欄的高度應維持高標準；等級愈往下劃分，如省、縣道，道路受到的管制愈大，用路人需配合速限、車種管制及道路寬度適時調整行車速度及路線，則護欄應維持在基本防護能力下的高度。除了以上一般道路狀況外，另外道路另具有特殊屬性如景觀性，或肇事頻率較高者，則必須再因應該屬性而調整護欄的防護度。

而在視覺上，由於大型車輛駕駛人的旅次目的為載客或載貨，且乘客座位的高度皆高於護欄高度，故護欄的設置較不影響景觀的透視。至於小型車駕駛及乘客的視覺性，根據國內五大車廠的小型車高度的尺寸所推估的視線高度如下表，視線高度係以車高減去 30 公分加以推估：

表 7.1 各車款駕駛人視線高度推估表

車 款	車高 (cm)	視線高 (cm)	與護欄高度差 (cm)
TOYOTA CAMRY 2.0	149	119	38
TOYOTA CAMRY V6 3.0	150	120	39
COROLLA ALTIS 1.6 系列	148	118	37
COROLLA ALTIS 1.8 系列	148	118	37
TERCEL 1.5 系列	137	107	26
TERCEL 1.3	137	107	26
PREVIA (小型商用)	178	148	67
HIACE Solemio (小型商用)	195	165	84
ZACE SURF 1.8L (休旅車)	180-185	150-155	69-74
ZACE SURF 2.4L (休旅車)	195	165	84
LEXUS 轎車及休旅系列	142-149	112-119	31-38
NISSAN CEFIRO 系列	144	114	33
NISSAN SENTRA 系列	144	114	33
NISSAN SERENA Q-RV 系列	183	153	72
MARCH	143	113	32
MITSUBISHI SAVRIN 系列	165-169	135-139	54-58
MITSUBISHI GALANT 系列	145-147	115-117	34
NEW LANCER	143	113	32
NEW VIRAGE	143	113	32
NEWSPACEGEAR (休旅車)	187-207	157-177	76-96
FREECA (休旅車)	175-177	145-147	64-66
Magic (休旅車)	196	166	85
Activa Life 1.6	142	112	31
TIERRA LS	142	112	31
METROSTAR	144	114	33
Mercury Sable	148	118	37
Escape (休旅車)	172-181	142-151	61-70
Accord	145	115	34
HONDA CR-V	168	138	57
New Honda CV3	138	108	27
Honda City	138	108	27

再根據上表將各車款依車型大小及用途將視線的平均高度歸納如下：

表 7.2 各車型駕駛人平均視線高度推估表

車 型	車高 (cm)	視線高 (cm)	與護欄高度差 (cm)
排氣量 1599cc 以下	139	109	28
排氣量 1600cc 以上	147	117	36
休旅車系列	189	159	78



由表 7.2 得知休旅車型的視線最高，平均為 159 公分，排氣量 1599cc 以下車型的視線最低，平均為 109 公分。由於各車型的視線高度仍高於紐澤西護欄高度，而且隨著休旅車的引進，民眾可以選擇以旅遊為目的的休旅車款，或選擇以集體旅遊方式搭乘大型遊覽車，故為了維持紐澤西護欄防護性的安全考量，建議無特殊需求的一般道路仍以標準高度 81 公分為設置高度。

針對特殊環境，根據護欄的特性與實驗測試的結果，茲歸納表 7.3 作為護欄高度的參考。第一列資料屬於一般狀況，目前廣泛設置於各級道路上，均發揮良好的防護效果，紐澤西護欄設置高度仍維持 81 公分。

第二列資料係依據前述已通過了 NHCRP 350 實驗標準的紐澤西護欄：107 公分（42 吋）高的護欄可以對 36300 公斤的聯結車，在 15 度角，時速 84 公里的撞擊狀況下產生導正的效果。同時為了抵禦卡車所產生跨越護欄的動量，亦有設置在卡車易肇事路段的 229 公分（90 吋）護欄牆。因此，當道路上頻頻發生大型車輛翻覆意外時，在預期撞擊角度低於 15 度以下，撞擊速度低於時速 84 公里時，可以設置 107 公分至 229 公分高的紐澤西（或混凝土）護欄。

第三列資料則採用美國 Roadside Design Guide 2002 年版對於護欄防護性的敘述，在低於 25 度角，以合理的速度約時速 110 公里以下撞擊護欄，對於小型車有較好的防護效果，以此作為小型車撞擊角度及速度的上限。再對照前述小型車撞擊測試結果，在撞擊角度 7 度以下，時速 106 公里以下的測試值，小型車的爬升高度較為穩定，最高爬昇高度 46 公分均低於紐澤西護欄高度，並考量小型車在省、縣道等具有觀光性景觀道路的速限與可能實際行駛速度，選取「撞擊角度 7 度以下，時速 80 公里以下」作為參考值，同時引用美國 Roadside Design Guide 對於紐澤西護欄高度最低的要求，保持在 74 公分以上，以維持護欄對於小型車最基本的防護力，同時亦增加了景觀的透視性。因此，在省、縣道，具有觀光性之景觀道路時，在預期撞擊角度低於 7 度以下，撞擊速度低於時速 80 公里時，可以設置 74 公分以上的紐澤西護欄。

評估紐澤西護欄設置高度，必須考量使用設施的需求，詳見下節「設置護欄考量流程」的四項因素，若用路人可能使用（撞擊）護欄的狀況屬於表 7.3 護欄高度與防護性的需求表中所歸納的特殊狀況範圍時，可參考選擇護欄的設置高度。

表 7.3 紐澤西護欄高度與防護性的需求表

道路具備之條件 或特徵	因應車種	因應撞擊角度	因應撞擊速度	紐澤西(或混凝土) 護欄設置高度
一般道路狀況	—	—	—	81 公分 (標準型)
大型車輛翻覆意外 頻繁	大型車	15 度以下	時速 84 公里以 下	107 公分至 229 公分
省、縣道，具有觀光 性之景觀道路	小型車為 主	7 度以下	時速 80 公里以 下	74 公分以上

註 1：須以「設置護欄考量流程」檢核四項因素後，再採用表 7.3 所建議之護欄設置高度。

註 2：表中之因應撞擊角度及因應撞擊速度為測試資料及指導手冊之歸納值，並以推估不同道路等級下可能產生的一般撞擊情況，不代表特殊撞擊情形下護欄的防護強度極限。

護欄受小型車撞擊之防護能力以圖 7.1 表示。----- 兩短一長點虛線所圍範圍表示美國 Roadside Design Guide 對於護欄因應防護性的敘述，..... 點虛線所圍之範圍表示測試結果所顯示之防護能力，斜線範圍表示護欄降低高度時之防護能力。

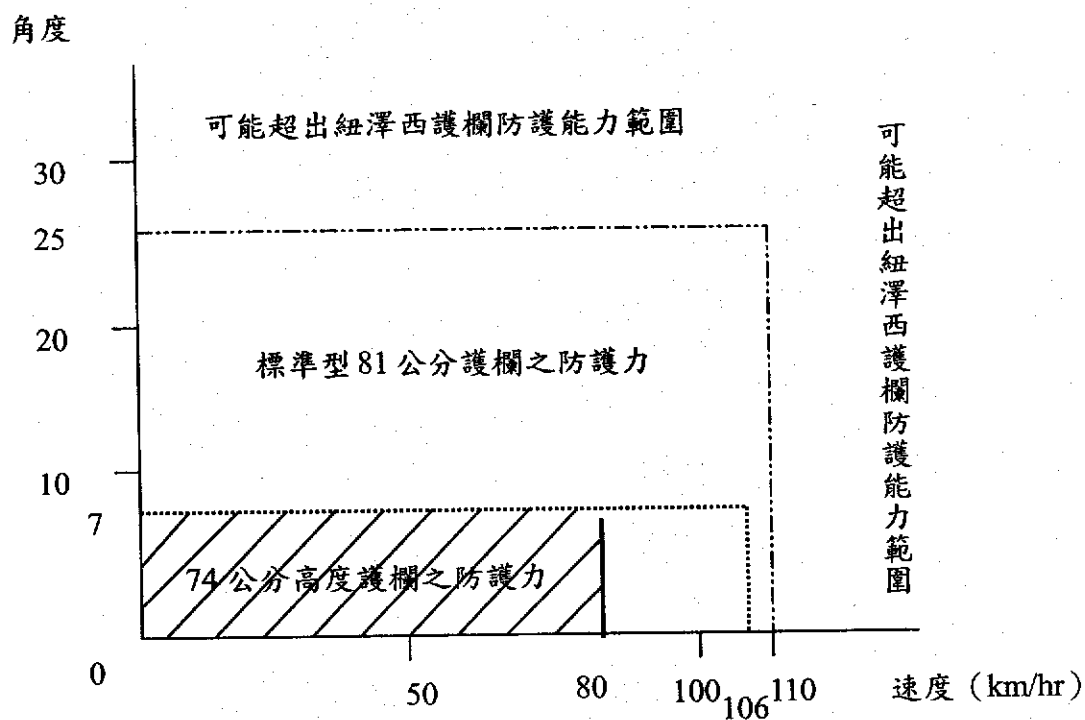


圖 7.1 護欄受小型車撞擊之防護能力

## 7.2 設置護欄考量流程

有關設置紐澤西護欄所考量的因素及功能分析請參閱本所「紐澤西護欄與金屬護欄之比較研究」以及美國公路與運輸部門協會（American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO）所出版之 Roadside Design Guide 2002 年版。

根據以上報告的準則規劃設置紐澤西護欄後，為考量用路人可能使用（碰撞）護欄設施，則應先研判可能產生的情況。影響撞擊結果有以下四項因素，各有所牽涉的人車路環境：

### 一、撞擊的角度：

道路的寬度愈寬，提供車輛較寬裕的位移空間，碰撞護欄時的撞擊角度可能愈大；道路的曲率半徑愈小時，車輛若無法適時調整行進方向，則碰撞護欄時的撞擊角度可能愈大。

### 二、撞擊的速度：

道路的坡度愈大時，車輛控制速度的難度提高，在下坡時失控碰撞護欄時的撞擊速度可能愈大；道路若經常處於濃霧或氣候惡劣，因路面所提供的摩擦性降低，亦有可能造成車輛失控，導致碰撞護欄時的速度增高；該路段所允許的行駛速度以及用路人實際所採行的速度亦會影響碰撞護欄時的撞擊速度。

### 三、跨越護欄的高度：

結合上述碰撞護欄的角度及速度可以影響跨越護欄的高度，另外不同車輛的型式也會有不同的爬升高度。大型卡車、大客車與小型車不論是車體的尺寸、重量、重心的位置、爬昇性能、產生的衝量等，皆會影響撞擊瞬間的爬昇護欄的能力。

### 四、統計資料：

除了以上三個因素所形成的情境外，可參考該路段過去或類似路段的肇事資料、車流量資料、車種組成資料以貼近於用路人實際使用護欄狀況，更有助於研判護欄的防護需求。

除了上述之外，規劃單位可根據以上四項因素再加以推衍其他相關影響因子，以使設施的需求分析更為周延。

## 第八章 結論與建議

### 一、小型車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
Test231	7	72	41	測試車有輕微的金屬損傷
CMB-3	7	96	46	車輛輕微損壞
Test234	7	103	46	車輛左側有輕微刮痕
Test232	7	106	41	車輛的受損非常輕微
CMB-4	15	96	81 (頂端)	護欄未設錨定，車輛受損嚴重
Test233	15	103	非常小	車輛左方受損嚴重
CMB-1	25	96	81 (頂端)	車前方及輪胎受損嚴重
CMB-2	25	96	81 (頂端)	護欄未設錨定，車輛輕微損壞
Test235	25	106	非常小	嚴重的損壞

### 二、大型卡車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-7	15.0	72	33	車輛的受損輕微
CMB-6	15.5	54	23	車輛的受損輕微
CMB-5	19.1	56	23	車輛的受損輕微

### 三、大客車撞擊測試結果之彙整

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-22	6.6	83	不明顯	右前輪離開地面約有 0.3 秒
CMB-21	11.5	67.1	不明顯	
CMB-23	16	85.1	不明顯	碰撞時車身傾向護欄，右後輪離地

四、小型車在以 7 度衝撞護欄時，時速從 72 公里而至最高 106 公里，車輛爬升護欄高度介於 41 至 46 公分；以大於 7 度的角度時，如：15 度及 25 度，時速與爬升護欄高度呈現兩極化的現象，即爬升到護欄頂端或爬升高度很小。大型卡車在 15 至 20 度間衝撞護欄時，時速在 54 至 72 公里間，車輛爬升護欄高度介於 23 至 33 公分；大客車在設定的狀況下，爬升高度均不明顯，但撞擊護欄劇烈時呈現向護欄傾斜，脫離護欄時車後部有撞擊護欄的現象。

五、由於紐澤西護欄撞擊測試距今約三十年即開始發展，因年代久遠資料可能多未保存，故所能收集的資料有限，要據以對各車種歸納可以爬昇的高度較為困難，故表列之測試結果僅能做為參考。而小型車測試結果在相似情況下所爬升護欄高度呈現兩極化的現象，可能的因素為不同車輛型式的性能及跨越護欄能力，不同重量所產生的衝量，護欄高度的差異，車輛在接觸護欄後的接觸狀態等都使得撞擊測試的結果產生不同，也因此會有爬升護欄高度呈現兩極化的現象。

六、一般狀況，紐澤西護欄設置高度建議仍維持 81 公分。若針對特殊環境，工程師應依照「設置護欄考量流程」針對該路段的道路寬度、車行平均速度（或速限）、經過頻次較高的車種等因素，推估可能發生之碰撞狀況，據以設置不同防護性的護欄，其護欄高度可依可能爬升高度作一調整。有關建議請參考下表：

表 7.3 紐澤西護欄高度與防護性的需求表

道路具備之條件 或特徵	因應車種	因應撞擊角度	因應撞擊速度	紐澤西(或混凝土) 護欄設置高度
一般道路狀況	—	—	—	81 公分(標準型)
大型車輛翻覆意外 頻繁	大型車	15 度以下	時速 84 公里以 下	107 公分至 229 公分
省、縣道，具有觀光 性之景觀道路	小型車為主	7 度以下	時速 80 公里以 下	74 公分以上

註 1：須以「設置護欄考量流程」檢核四項因素後，再採用表 7.3 所建議之護欄設置高度。

註 2：表中之因應撞擊角度及因應撞擊速度為測試資料及指導手冊之歸納值，並以推估不同道路等級下可能產生的一般撞擊情況，不代表特殊撞擊情形下護欄的防護強度極限。

七、由於道路環境、車輛型式以及駕駛本身的狀況，隨著不同因素所產生的變化甚大，有可能產生迥異於測試環境的撞擊情況，護欄所提供的保護仍有其極限，故在選擇護欄型式上均需審慎的評估，畢竟維護用路人生命安全仍是道路工程所必須先達到的第一目標。

八、茲將在進行文獻回顧時所發現其他型式護欄的測試報告整理於文獻回顧中，以利有興趣者能對相關道路設施之防護性繼續進行相關研究。

## 參考文獻

- 1."Highways with a Narrow Median," Highway Research Board Bulletin No. 35, Washington,D. C.,1951,pp.2.
- 2."Median Design: Effect on Traffic Behavior," Highway Research Board Bulletin No. 137, Washington,D. C.,1956,pp.22.
- 3.Center Barriers Save Lives, New Jersey Department of Transportation, Trenton, N.J.,1964.
- 4.Edwin C. Lokken, "Concrete Safety Barrier Design",ASCE Transportation Engineering Journal V.100,NTE.1,1974.
- 5.Lundstrom, L.C.,et al., "A Bridge Parapet Designed for Safety," Highway Research Record No. 83, Highway Research Board, Washington,D. C., 1965, pp. 169-187.
- 6.Nordlin, E. F., and Field, R. N., "Dynamic Tests of Steel Box Beam and Concrete Median Barriers," Highway Research Record No. 222, Highway Research Board, Washington,D. C., 1968, pp. 53-68.
7. Nordlin, E. F., et al., "Dynamic Tests of the California Type 20 Bridge Barrier Rail," Highway Research Record No.343, Highway Research Board, Washington,D. C., 1971, pp. 57-74.
8. T. J. Hirsch, E. L. Marquis, John F. Nixon and David Hustace, "Crash Test and Evaluation of a Precast Concrete Median Barrier," Transportation Research Record No.594, Highway Research Board, Washington,D. C., 1976, pp. 21-25.
9. Edward R. Post Teddy J. Hirsch and Gordon G. Hayes, "Vehicle Crash Test and Evaluation of Median Barrier for Texas Highways," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington,D. C., 1973, pp.97-113.
10. Edward R. Post and Teddy J. Hirsch, "Truck Tests on Texas Concrete Median Barrier," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington,D. C., 1973, pp.73-81.

11. E. O. Wiles, M. E. Bronstad and C. E. Kimball , "Evaluation of Concrete Safety Shapes by Crash Tests With Heavy Vehicles," Transportation Research Record No.631, Transportation Research Board, Washington,D. C., 1977, pp.87-91.
- 12.Huron S. Perera and Hayes E. Ross, JR., "Prediction of Rollovers Caused by Concrete Safety-Shape Barriers," Transportation Research Record No.1233, Transportation Research Board, Washington,D. C., 1989, pp.124-131.
- 13.Abdullatif K. Zaouk, Nabih E. Bedewi, Cing-Dao Kan and Hansjoerg Schinke,"Evaluation of a Multi-purpose Pick-up Truck Model Using Full Scale Crash Data with Application to Highway Barrier Impacts,"  
[http://www.ncac.gwu.edu/archives/papers/isata\\_truck/isata\\_truck.html](http://www.ncac.gwu.edu/archives/papers/isata_truck/isata_truck.html)
14. Roadside Design Guide, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2002.
- 15.和泰汽車 <http://www.hotaimotor.com.tw/>  
裕隆汽車 <http://www.yulon-motor.com.tw/>  
中華汽車 <http://www.china-motor.com.tw/>  
福特汽車 <http://www.ford.com.tw/>  
本田汽車 <http://honda2000.24cc.com/>



## 相關參考文獻

1. Structural Materials Section, J. L. Beaton, "Dynamic Full Scale Tests of Median Barriers," State of California Department of Public Works Division of Highways Materials and Research Department, 1959. (金屬、柵欄及混凝土護欄)
2. "Geometric Design and Barrier Rails 9 Reports," Highway Research Record No. 83, Highway Research Board, Washington, D. C., 1965. (橋樑鐵管混凝土護欄)
3. "Design of Traffic Safety Barriers," Highway Research Record No. 343, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971. (木質支撐金屬(鋼板)護欄、其他吸收能量型護欄)
4. "Guardrail Performance and Design," National Cooperative Highway Research Program Report 115, Highway Research Board, 1971. (碰撞測試程序及設備、金屬護欄)
5. "Traffic Safety Barriers, Lighting Supports, and Dike Slopes," Highway Research Record No. 386, Highway Research Board, Washington, D. C., 1972. (金屬護欄、砂裝筒狀護欄)
6. "Design for Crash Survival of Automobile Occupants," Transportation Research Record 586, Transportation Research Board, 1976. (金屬護欄)
7. "Geometrics, Water Treatment, Utility Practices, Safety Appurtenances, and Outdoor Advertisement," Transportation Research Record 631, Transportation Research Board, 1977. (金屬護欄)
8. "Development of Safer Highway Appurtenances and Utility Poles," Transportation Research Record 942, Transportation Research Board, 1983. (金屬護欄、施工區的混凝土護欄)
9. "Roadside Safety Features 1991," Transportation Research Record 1302, Transportation Research Board, 1991. (金屬護欄、單一斜率混凝土護欄)
10. "Roadside Safety Features and Landscape and Environmental Design," Transportation Research Record 1419, Transportation Research Board, 1993. (金屬護欄、加高型混凝土護欄)

# 紐澤西護欄高度與防護性之關係初探

交通部運輸研究所  
運輸安全組

## 簡報內容

- 背景說明
- 紐澤西護欄發展的歷史
- 紐澤西護欄之撞擊測試
- 護欄設置高度
- 結論與建議

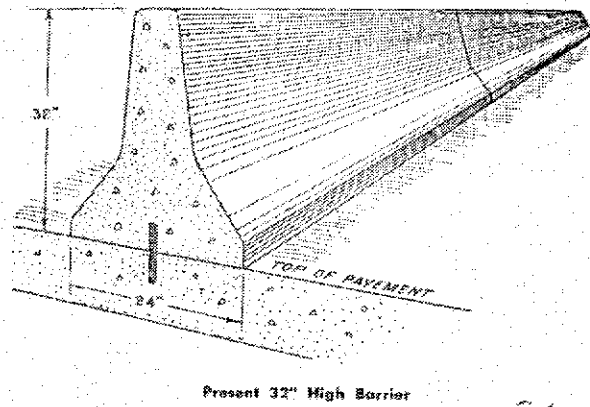
## 背景說明

- 紐澤西護欄為我國最常使用的道路護欄之一
- 台灣風景區遍佈，路側所設置之護欄因考量防護安全，其高度會影響護欄外風景的透視性
- 因國內執行車輛撞擊實驗的技術尚未成熟，改以文獻分析方式收集各項試驗報告
- 歸納各項試驗結果，以瞭解各種狀況下護欄的防護性，以提供公路工程單位規劃設計參考

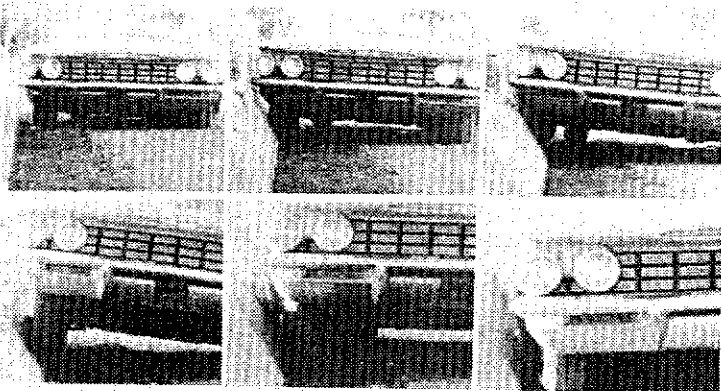
## 紐澤西護欄發展的歷史

- 1939年在美國的伊利諾州就有使用混凝土護欄的紀錄
- 1942至1943年路易西安那州的護欄設置在橋上，有彎曲的外型，高為22.5吋（57公分）
- 第一個具有安全外型之混凝土中央分隔護欄，是由紐澤西公路部（New Jersey Highway Department）所設置
- 以試誤經驗為基礎，經過一連串的研究，再將設計高度提升為32英吋（81公分）

## 紐澤西護欄發展的歷史



## 紐澤西護欄發展的歷史



## 紐澤西護欄發展的歷史

- 紐澤西護欄最初是由紐澤西州以使用的經驗加以發展，一直到當它開始成為美國其他州所感興趣的道路設施時，嚴格的車輛測試實驗才開始由其他各州所施行
- 1967年加州進行大規模的護欄撞擊測試實驗，使用4000磅（1800公斤）的汽車以25度的角度，時速63英哩（101公里）撞擊護欄
- 通用汽車（General Motors）也進行了對安全型護欄的大規模測試

## 紐澤西護欄發展的歷史

- 由美國國家公路合作研究計畫（NCHRP）委託西南研究中心進行的護欄測試也確認了混凝土護欄的整體績效
- 由德州運輸中心（Texas Transportation Institute）在1972年所進行的測試，證明了這種護欄設計也可以抵抗重型拖車的撞擊，不會造成護欄及車輛的破壞

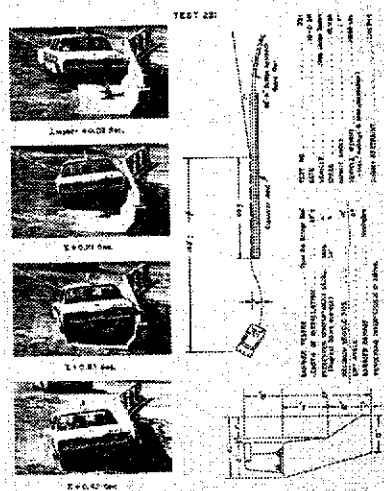
## 紐澤西護欄發展的歷史

- 其後為了加強紐澤西護欄的施作效率及防護性，所形成的設計特徵如下
  - 接合 (jointing)
  - 強化的使用 (Use of Reinforcement)
  - 護欄的穩定性 (Barrier Stability)
- 本研究所收集的測試資料，測試車種選擇小型車、大卡車及大客車等三種車型，以涵蓋代表性的車種，總共九項撞擊試驗

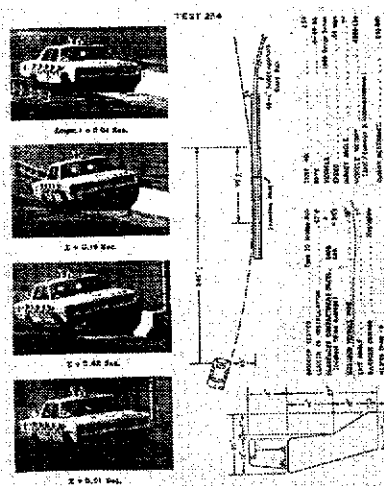
## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)

- 資料來源
  - Nordlin, E. F., et al., "Dynamic Tests of the California Type 20 Bridge Barrier Rail," Highway Research Record No.343, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971, pp. 57-74.
- 護欄設計
  - 混凝土部分之高度為27吋 (69公分)，上緣焊接金屬部分為12吋 (30公分)，總高度為39吋 (99公分)
- 測試車輛
  - 1966年份的Dodge 轎車，約4900磅 (2225公斤)，車上並安置兩個假人於車輛前座：駕駛Stan重165磅 (75公斤)，乘客Sam重210磅 (95公斤)

## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)



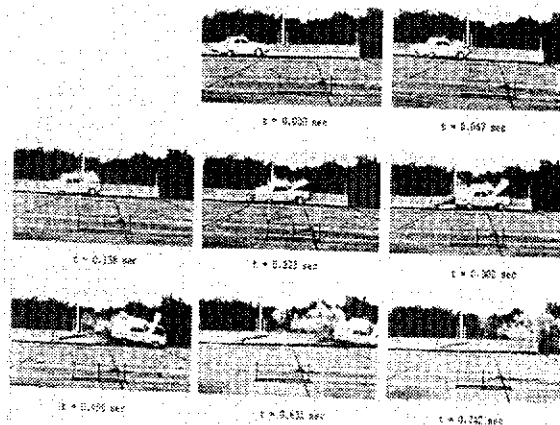
## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)



## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)

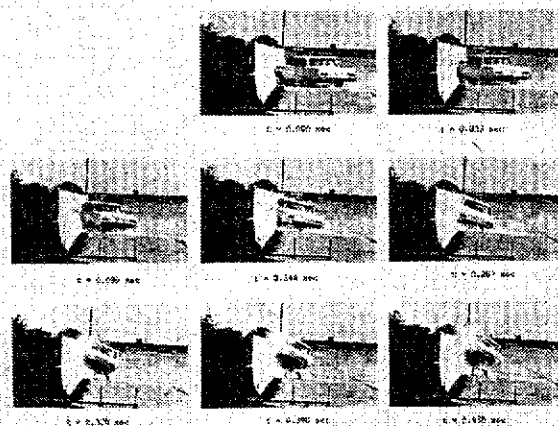
- 資料來源
  - Edward R. Post Teddy J. Hirsch and Gordon G. Hayes, "Vehicle Crash Test and Evaluation of Median Barrier for Texas Highways," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973, pp.97-113.
- 護欄設計
  - 總高32吋（81公分），有55度斜面及84度斜面，底座寬度為27吋（69公分），頂部寬度為8吋（20公分）
- 測試車輛
  - 1963年份的Plymouth及Chevrolet，車輛重量從4000磅（1816公斤）至4230磅（1920公斤）。有一160磅（73公斤）的假人

## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)





## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)



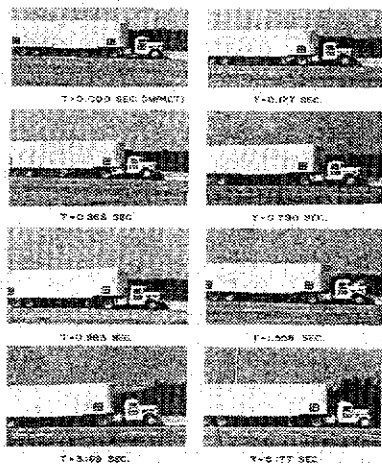
## 紐澤西護欄之撞擊測試(小型車)

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
Test231	7	72	41	測試車有輕微的金屬損傷
CMB-3	7	96	46	車輛輕微損壞
Test234	7	103	46	車輛左側有輕微刮痕
Test232	7	106	41	車輛的受損非常輕微
CMB-4	15	96	81 (頂端)	護欄未設錨定, 車輛受損嚴重
Test233	15	103	非常小	車輛左方受損嚴重
CMB-1	25	96	81 (頂端)	車前方及輪胎受損嚴重
CMB-2	25	96	81 (頂端)	護欄未設錨定, 車輛輕微損壞
Test235	25	106	非常小	嚴重的損壞

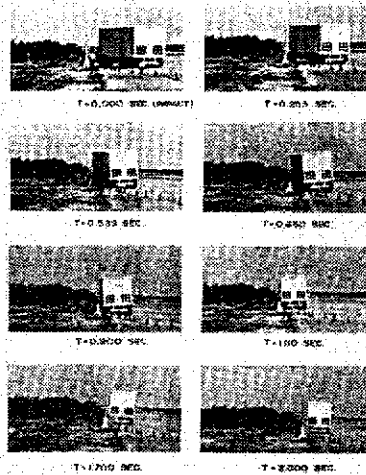
## 紐澤西護欄之撞擊測試(卡車)

- 資料來源
  - Edward R. Post and Teddy J. Hirsch, "Truck Tests on Texas Concrete Median Barrier," Highway Research Record No.460, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973, pp.73-81.
- 護欄設計
  - 護欄的型號為CMB-70，高為32吋（81公分），底座為27吋寬（69公分），頂端為8吋寬（20公分）
- 測試車輛
  - 大尺寸的拖曳卡車，車身重約48800磅（22155公斤），載重約22800磅（10351公斤）

## 紐澤西護欄之撞擊測試(卡車)



## 紐澤西護欄之撞擊測試(卡車)



## 紐澤西護欄之撞擊測試(卡車)

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-7	15.0	72	33	車輛的受損輕微
CMB-6	15.5	54	23	車輛的受損輕微
CMB-5	19.1	56	23	車輛的受損輕微

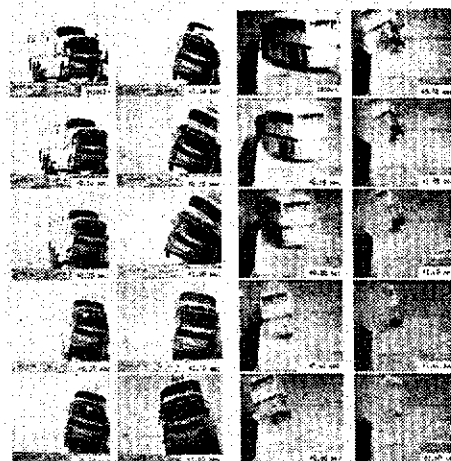
## 紐澤西護欄之撞擊測試(大客車)

- 資料來源
  - E. O. Wiles, M. E. Bronstad and C. E. Kimball , "Evaluation of Concrete Safety Shapes by Crash Tests With Heavy Vehicles," Transportation Research Record No.631, Transportation Research Board, Washington,D. C., 1977, pp.87-91.
- 護欄設計
  - 紐澤西混凝土護欄MB5型式
- 測試車輛
  - 1955年型式的城際巴士，車輛重量為40000磅（18000公斤）

## 紐澤西護欄之撞擊測試(大客車)



## 紐澤西護欄之撞擊測試(大客車)



## 紐澤西護欄之撞擊測試(大客車)

測試別	撞擊角度 (deg)	撞擊速度 (kph)	車輛爬升高度 (cm)	相關狀況敘述
CMB-22	6.6	83	不明顯	右前輪離開地面約有 0.3 秒
CMB-21	11.5	67.1	不明顯	
CMB-23	16	85.1	不明顯	碰撞時車身傾向護欄，右後輪離地

## 護欄設置高度

- 由於從歐洲、美國、日本等國所收集的測試資料十分有限，要據以對各車種歸納可以爬昇的高度較為困難，故所收集之測試結果僅能做為參考
- 本研究轉而研析道路設施相關規範，根據其中可能的規格及標準，以推估紐澤西護欄的最適高度
- 美國Roadside Design Guide 2002年版
  - 在低於25度角，以合理的速度約時速110公里以下撞擊護欄，對於小型車有較好的防護效果
  - 護欄高度最低必須維持在74公分（29吋）

## 護欄設置高度

- 檢討現行紐澤西護欄之視覺性對駕駛人之影響

車 型	車高 (cm)	視線高 (cm)	與護欄高度差 (cm)
排氣量1500cc 以下	139	109	28
排氣量1600cc 以上	147	117	36
休旅車系列	189	159	78

- 各車型的視線高度仍高於紐澤西護欄高度，故為了維持紐澤西護欄防護性的安全考量，建議無特殊需求的一般道路仍以標準高度81公分為設置高度

## 護欄設置高度

- 針對特殊環境，紐澤西護欄之高度應為多少？

道路具備之條件 或特徵	因應車種	因應撞擊 角度	因應撞擊速度	紐澤西(或混凝土) 護欄設置高度
一般道路狀況	—	—	—	81公分(標準型)
大型車輛翻覆意外 頻繁	大型車	15度以下	時速84公里以下	107公分至 229公分
省、縣道，具有觀光 性之景觀道路	小型車為主	7度以下	時速80公里以下	74公分以上

註1：須以「設置護欄考覈流程」檢核四項因素後，再採用表7.3所建議之護欄設置高度。

註2：表中之因應撞擊角度及因應撞擊速度為測試資料及指導手冊之歸納值，並以推估不同道路等級下可能產生的一般撞擊情況，不代表特殊撞擊情形下護欄的防護強度極限。

## 護欄設置高度

- 紐澤西護欄之預估防護能力範圍

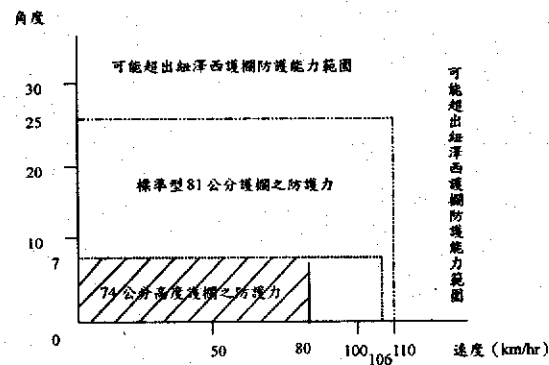


圖 7.1 護欄受小型車撞擊之防護能力

## 護欄設置高度

- 設置護欄考量流程
  - 撞擊的角度
    - 道路的寬度，道路的曲率半徑...
  - 撞擊的速度
    - 道路的坡度，路面摩擦性用，路人實際所採行的速度...
  - 跨越護欄的高度
    - 結合上述碰撞護欄的角度及速度，不同車輛的型式...
  - 統計資料
    - 肇事資料、車流量資料、車種組成資料...

## 結論與建議

- 一般狀況，紐澤西護欄設置高度建議仍維持81公分，特殊情況則應依需求調整護欄高度
- 由於道路環境、車輛型式以及駕駛本身的狀況，隨著不同因素所產生的變化甚大，有可能產生迥異於測試環境的撞擊情況，護欄所提供的保護仍有其極限，故在選擇護欄型式上均需審慎的評估，畢竟維護用路人生命安全仍是道路工程所必須先達到的第一目標