

民間橋樑軍用載重等級(MLC)評估之研究-以美軍野戰快速分級法(rapid field classification)為例

作者／劉恩光少校

提 要

- 一、在防衛作戰中，陸軍是地面最後決勝武力，部隊是否能適時機動至戰術位置即時發揚火力，實為作戰成敗關鍵之一；唯島內河川遍布，部隊機動路線大多必須通過公路橋樑，而現行之公路橋樑設計規範中未納入軍用載重等級標準，致無從實施橋樑載重等級評估，不利於國軍實施機動作戰。
- 二、先進國家早已針對境內各公路橋樑採用軍用載重等級標準與規範，設計出各公路橋樑載重等級，戰車機動(或超重物資運輸)時，即可以快速判定橋樑軍用載重等級，確定橋樑通行安全性，增進機動能力。
- 三、應結合政府業管部門、民間學術研究、工程設計機構，透過橋樑檢測儀器及結構分析軟體實施軍事載重等級分類，並建立軍民用載重標示牌於公路橋樑中，以利平、戰時之交通運輸。

關鍵詞：載重等級、野戰分級、公路橋樑、MLC

前言

近年發生數起公路橋樑斷橋事件，引起各界對橋樑通行安全疑慮之討論，而重量大且集中之軍事車輛(主力戰車M60A3MBT)，是否能安全通行於本島各式公路橋樑之問題，即造成部隊嚴重困擾，雖可經由路線選擇及利用特殊規格平板拖車載運來確保軍事車輛通行安全，但無法滿足戰時部隊裝備全機動及戰術運用之需求，為提出一具體可行方案，特別針對公路橋樑軍用載重等級(MLC)評估之可行性實施研究，並使本軍藉此瞭解其發展概況及評估方法，充實軍事技術知識，俾提供後續研擬解決方案參考。

軍事車輛(主力戰車M60A3MBT)是否能安全通行於本島各式公路橋樑之疑慮，主要問題在於軍用載重等級未結合民間相關規劃設計、計算、管理、檢測等規

範，致觀念作法各行其是相互脫節，未達平戰合一之政策要求¹。而在臺澎反登陸作戰中，陸軍是地面最後決勝武力²，而軍事車輛(主力戰車M60A3MBT)即為地面戰之要角(如圖一)，其是否能發揮快速機動能力，適時適地發揚火力殲滅敵軍，實為臺澎防衛作戰成敗關鍵之一。

圖一 國軍主力戰車 M60A3



資料來源：陸軍司令部網站詹氏年鑑資料庫，〈M60A3MBT〉，<http://www.army.mil.tw/>，西元 2013 年 2 月 11 日。

軍用載重等級概述

一、發展沿革

北大西洋公約組織(NATO)中之標準制定機構(STANDARD AGENCY)為參加國訂出一個共同標準，以利會員國協同演習作戰。其在 2021 ENGR Computation of Bridge,Ferry,Raft,and Vehicle Classifications 文件中訂定軍用載重等級計算方式³。

二、定義與評估方式

(一)軍用載重等級(MILITARY LOAD CLASSIFICATION, MLC)定義：為一種標準系統，用一個數字來訂出路線、橋樑、浮橋之承載能力等級。相對地，車輛亦用數字訂出重量等級，當低於路線、橋樑、浮橋之承載能力等級時，可允許通過⁴。

(二)軍用車輛載重等級分類：為北大西洋公約組織共同定義 16 種假設的標準輪型車輛及假設的履帶式車輛，共同制訂輪、履標準車型十六種 MLC(4~150 級)，提供評定車輛重量級數及軍用橋樑載重設計之標準車型⁵(如表一)。區分如下：

¹ 姚志豪，〈本島公路橋樑軍用載重級初步研究〉《工兵半年刊》(燕巢)，第 125 期，工兵學校，西元 2004 年 9 月 1 日，5 頁，1 頁。

² 國防部陸軍司令部印頒，《陸軍作戰要綱》(西元 1999 年 1 月 1 日)。

³ NATO, STANAG 2021 ENGR (EDITION 4)、STANAG 2101 OP (EDITION 6)

⁴ 美國國防部準則會電子資料庫軍語辭典，<http://www.dtic.mil/doctrine/jel/doddict/data/m/03283.html>，西元 2015 年 7 月 15 日。

⁵ 國防部陸軍司令部印頒，《渡河教範》(西元 2009 年 7 月 15 日)。

1.標準履帶式車輛：MLC 數從 4 到 150，對應的車輛總重；每個標準履帶車輛中也定義寬度，長度和間距方面。

2.標準輪式車輛：MLC 數從 4 到 150，分別對應約 85%的總重量；每一個標準的定義輪式車輛的總重量、軸數、軸距及軸重。

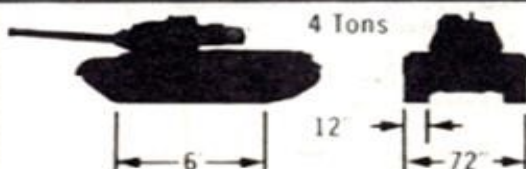
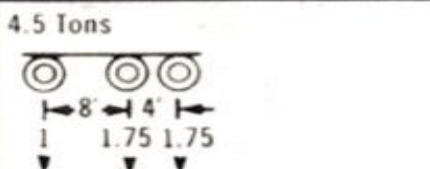
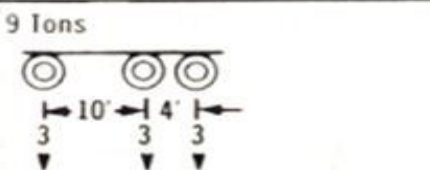
3 軍用裝備載重等級評估：依據規範軍用裝備載重 MLC 等級評估，可透過下列幾種方式實施評估裝備載重等級，如下所列：

(1)MLC 載重程式分析法：將裝備相關性能諸元(重量、軸距、軸載、長、寬)，輸入於 MLC 載重程式分析，可精確得知軍用裝備 MLC 值。

(2)MLC 載重等級查表法：將裝備性能諸元(重量、軸距、軸載、接地面積)，透過 MLC 載重等級表，可查表得知與軍用裝備相同類型輪、履帶型軍用載重等級。

(3)STANAG2021 安全係數法：為一種各類型載具載重等級分析軟體，此軟體對照 287 以上之軍用載具實施 MLC 載重等級分析，而藉由此軟體歸納出不同軍用裝備(輪型、履帶型)以不同重量(公噸、美噸)規範乘以不同安全係數，獲得初估 MLC 載重等級⁶。

表一 輪型、履帶型車輛 MLC 載重等級表

CLASS	TRACKED VEHICLES	AXLE LOAD AND SPACING		MAX SINGLE AXLE
4				
8				

資料來源：NATO,STANAG 2021 ENGR(EDITION 4)、STANAG 2101 OP(EDITION 6)。

(三)橋樑軍用載重等級：橋樑分級的目的是在於以橋樑承載能力定出一相對之橋樑級數，用以與車輛級數比對以判斷車輛是否安全通過。基於此原則，橋樑等級就是車輛是否能通行橋樑的依據；橋樑軍用載重等級評估方式，是利用各型軍用制式橋樑載重等級表(如表二)，賦予該橋樑在各種長度及型式下一個數字，藉以表示橋樑承載能力，亦為橋樑能承受車輛通過時所產生之彎矩與剪力。於橋頭豎立軍用載重等級標誌牌，提供交通管制使用⁷。

⁶ NATO,STANAG 2021 ENGR (EDITION 6.5)。

⁷ NATO , STANAG 2021 ENGR (EDITION 4)、STANAG 2101 OP (EDITION 6)。

表二 軍用制式橋樑載重等級表

M2 框 桁 橋 載 重 等 級																					
節 間 (呎)	架 設 型 式																				
	一 路 一 層 框 桁			二 路 一 層 框 桁			三 路 一 層 框 桁			二 路 二 層 框 桁			三 路 二 層 框 桁			二 路 三 層 框 桁			三 路 三 層 框 桁		
	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重	安 全 載 重	謹 慎 載 重	危 險 載 重
30	30 — 30	42 — 37	47 — 42																		
40	24	36 — 34	40 — 38																		
50	24	33 — 31	36 — 35	75 — 70	83 — 80	88 — 84															
60	20	30 — 29	33 — 32	65 — 65	77 — 73	78 — 75															
70	20	24	30 — 30	60 — 60	68 — 69	78 — 75															
80	16	20	24	50 — 50	60 — 60	66 — 64	85 — 80	95 — 90	100* — 90*												
90	12	16	19	40 — 45	50 — 50	55 — 55	65 — 65	74 — 75	82 — 82												
100	8	12	14	30 — 30	37 — 39	42 — 44	50 — 55	57 — 60	64 — 66	80 — 80	86 — 90	86 — 90									

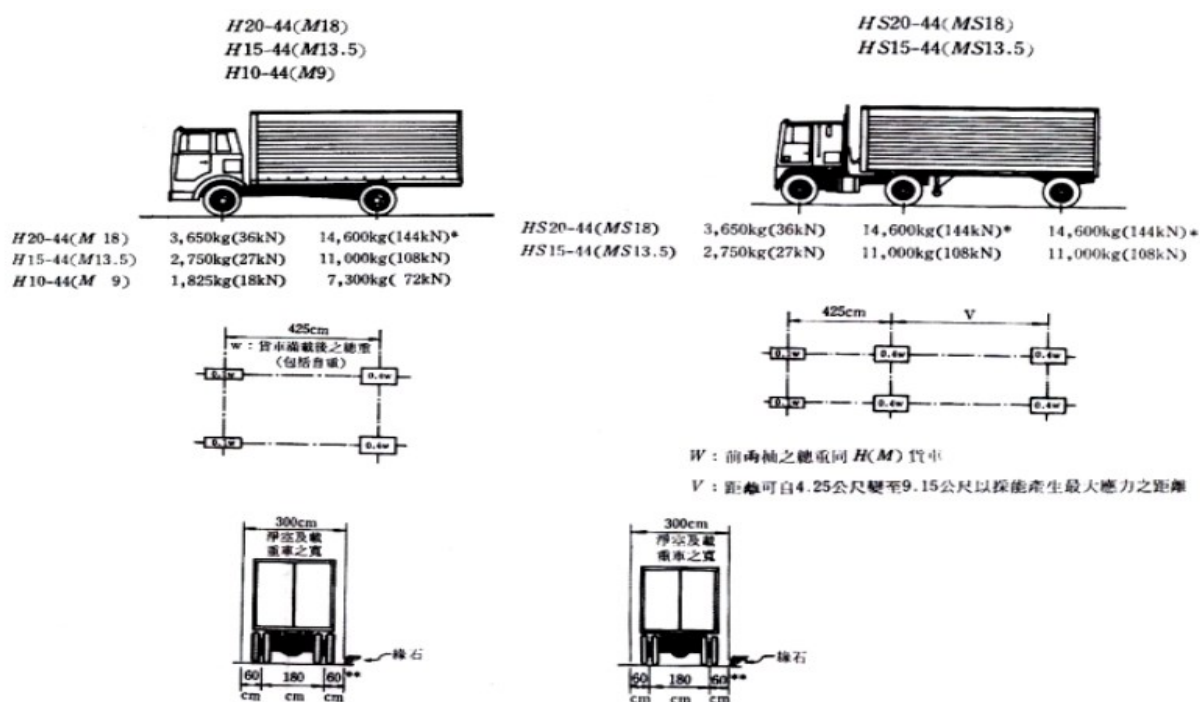
資料來源：NATO, STANAG 2021 ENGR(EDITION 4)、STANAG 2101 OP(EDITION 6)。

三、軍、民間車輛之載重設計模型比較

根據交通部印頒之公路橋樑設計規範規定，國內目前所採用公路橋樑設計模型，是沿用 1944 年美國 AASHTO 設計規範中「標準貨車」模型，並藉以實施公路橋樑載重等級分類；載重等級共區分為 H10、H15、H20、HS15、HS20 等五種⁸(如圖二)。與前述軍用載重等級分類中 16 種假設的標準輪型車輛模型相比，即發現明顯不同，其所設計出的橋樑承載能力自然有所差異。

⁸ 交通部，《公路橋樑設計規範，文號：交技(76)字第 01466 號》(雄獅出版社，西元 1987 年 1 月)。

圖二 民間車輛載重設計模型



資料來源：交通部，《公路橋樑設計規範，文號：交技(76)字第 01466 號》(雄獅出版社，西元 1987 年 1 月)。

四、小結

由上述可得知我國公路橋樑等級設計規範(同 AASHTO 規範)與北約軍用載重等級規範(MLC)分屬於兩個不同系列載重等級系統，其載重等級標準無法相互通用及換算。美軍(FM5-446 手冊)曾針對境內幾種類型橋樑，透過相關橋樑載重分析程式計算並歸納出幾種類型 AASHTO 載重等級橋樑換算為 MLC 載重等級的經驗公式(野戰快速分級法)；惟此經驗公式是否可套用本島公路橋樑載重等級換算，值得吾人深入研究，以利平戰時機動。

民間橋樑軍用載重等級估計法

一、發展沿革

美軍準則(FM-566)中明列軍方所採用的六種方法，藉以估計民間橋樑軍用載重等級(如下表三)，其中急迫分級法、渡河卡片法所得數據過於保守粗糙，使用價值較低，而關聯曲線法需有橋樑 AASHTO 載重等級數據，其數據獲得較不易，使用條件較高，另分析分級法及載重實驗法須有詳實可靠資料及專業力學知識計算且較為耗時，實施條件限制較高，而野戰快速分級法具有分析分級法之周延分析計算架構(較為精簡)及簡易快速特性，相對適合本軍野戰工兵幹部實施民間橋樑軍用載重等級估計。

表三 民間橋樑軍用載重等級分級法

軍用載重等級分級法	時間	內容	精確度	豎立分級標誌
急迫分級 (hasty classification)	急迫	以通行之民車交通流量評估級數	最保守	不豎立
渡河卡片 (bridge crossing card)	急迫	以工兵偵察評估，不須詳細計算	粗估	不豎立
快速野戰分級 (rapid field classification)	許可	偵察橋樑之型式、外型尺寸、跨度、寬度、樑高，推算級數	中度	臨時性
關聯曲線 (correlation curves classification)	中等	得知橋樑設計載重等級、型式、跨度，須查表計算	中度	臨時性
分析分級 (analytical classification)	充分	須專業工程師、得知橋樑設計載重、設計圖說、須詳細計算	精確	長久性
載重實驗 (load-testing classification)	充分	須專業工程師，以實車過橋，配合儀器量測撓度及應力	精確	長久性

資料來源：「轉引自」姚志豪，〈本島公路橋樑軍用載重級初步研究〉《工兵半年刊》(燕巢)，第 125 期，工兵學校，西元 2004 年 9 月 1 日，5 頁。

二、野戰快速分級法簡介

橋樑野戰快速分級法(Rapid Field Bridge Classification Procedures)是美軍準則 FM 5-446 軍用非制式(應用)固定橋 (FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging)中，所發展之橋樑載重等級評估方法，其提供一快速方法來估算橋樑載重能力，而此橋樑和車輛等級制度，可避免軍車駕駛通行橋樑時，因橋樑超載斷裂而招致人車損害，野戰快速分級法是以較保守方式實施橋樑載重評估，所得數據相對性保守，但因分析流程及方法經事先簡化，相對適合野戰官兵在專業技術、器材缺乏情形下，實施應急性的橋樑載重評估。

三、分析流程

(一)假設條件⁹

快速野戰分級為依橋樑上部結構之外型尺寸加以簡化的計算，所得出橋樑承載級數，其值較為保守，是一簡化後之載重分析方法，其簡化方式即是經由以下假設事項做為分析條件，假設條件條列如下：

- 上部結構為簡支樑，並決定承載級數。
- 忽略支承與連結。
- 木材容許應力為 1750PSI，容許剪力為 95PSI。
- 型鋼為 A36 級。
- 混凝土強度為 3000PSI，鋼筋比為 0.5%。
- 單車道橋級數不因橋寬限制而折減，雙車道橋級數考量橋寬限制而折減。

⁹ Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

(二)橋寬限制

橋樑野戰快速分級法實施載重分析前，必須先將橋寬實施檢核，運用 AA SHTO 公路橋樑設計規範所律定之車道-載重規範，直接實施初步分級，以配合公路網統一之規範，確保車輛通行寬度(淨空)需求。規定如下：表四列出之橋寬限制，若單車道橋未達分級要求標準者，則豎立實際寬度標示牌；雙車道橋應依橋寬限制作降級；另若淨空小於 4.3 公尺，則豎立高度限制牌。

表四 最小路幅寬度分級表(Minimum roadway widths)

車道寬(公尺)	載重等級	
	單車道	單車道
2.75 to 3.34	12	0
3.35 to 3.99	30	0
4 to 4.49	60	0
4.5 to 4.99	100	0
5 to 5.4	150	0
5.5 to 7.2	150	30
7.3 to 8.1	150	60
8.2 to 9.7	150	100
9.8+	150	150
註：最小淨空為 4.5 公尺		

資料來源：Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

(三)分析流程

橋樑野戰快速分級法分析方法，主要是運用查表方式實施，分析之流程首先運用分析手冊內建橋樑載重評估圖解卡(如圖三)，將橋樑力學分析關鍵數據一一量測記錄，諸如跨度長(span length)、混凝土版寬(concrete slab width)、縱樑深(stringer depth)...等，接著再利用內建力學曲線圖(如圖四)，將相關數據換算成力學分析所需數據，如每車道活載剪力(live-load shear per lane)、每車道活重彎矩(live-load moment per lane)..等，接著再利用相關因子加權得出修正力學數據，再將數據查察相關分級表(如圖五、六)，查對出各因素(橋板、彎矩、剪力、橋寬)之載重等級，最後選出數據低之等級，即為其所評估之載重等級。

圖三 混凝土版橋具瀝青鋪面型式載重評估圖解卡(Concrete-slab bridge with asphalt wearing surface)

Map Sheet Recon Officer/NGO	Grid Unit	Date
--------------------------------	--------------	------

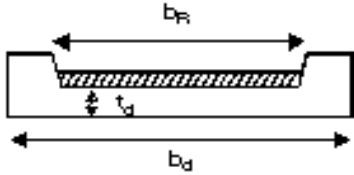
BRIDGE DIMENSIONS

L _____ ft

b_d _____ ft

b_R _____ ft

t_d _____ in (do not include wearing surface)



PROCEDURE

1. m_{LL} _____ (Figure B-10)
2. b_e _____
 - a. One-lane:
 $b_{e1} = L / [0.75 + (L / b_d)]$
 - b. Two-lane:
 $b_{e2} = L / [0.25 + (2L / b_d)]$
(Calculate b_{e2} only if $b_R \geq 18$ ft)

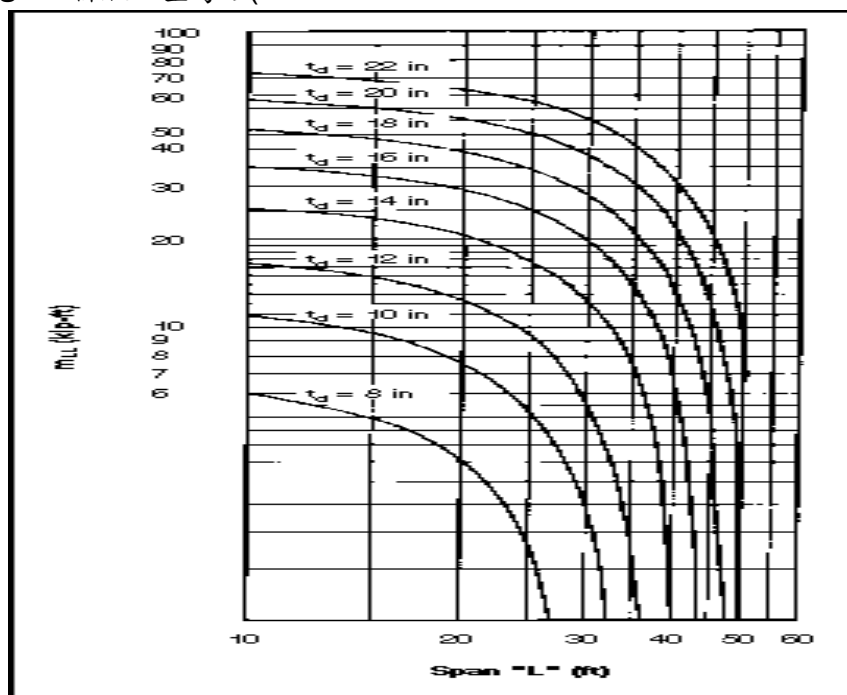
3. M_{LL1} _____ (b_{e1}) m_{LL}
4. M_{LL2} _____ (b_{e2}) m_{LL}
5. Moment classification (Figures B-13 and B-14)
 T_1 _____ T_2 _____ W_1 _____ W_2 _____
6. Width classification (Table B-2)
 T_1 _____ T_2 _____ W_1 _____ W_2 _____

7. Final classification

	T_1	T_2	W_1	W_2
Moment (Step 5)				
Width (Step 6)				
Final (lowest number)				

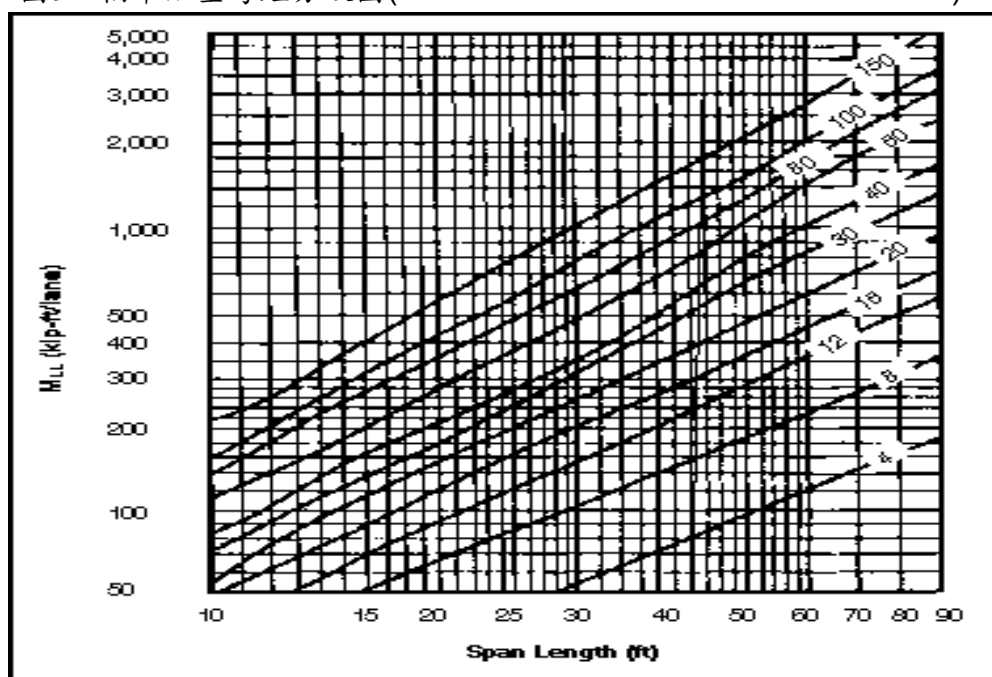
資料來源：Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

圖四 12 吋寬 RC 條版活重彎矩(Live-load moment for a 12-inch reinforced concrete strip)



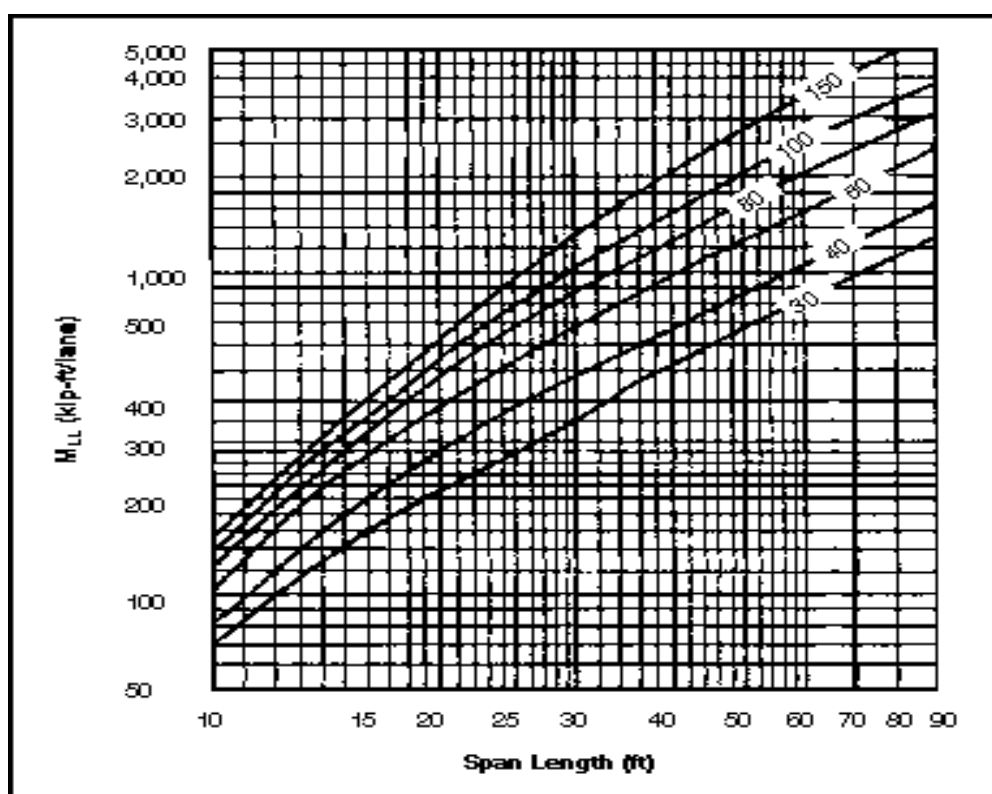
資料來源：Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

圖五 輪車活重彎矩分級圖(Live-load moment for wheeled vehicles)



資料來源：Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

圖六 履車活重彎矩分級圖(Live-load moment for tracked vehicles)



資料來源：Headquarter, Department of the Army, 「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」, 1991.6。

四、小結

橋樑野戰快速分級法利分析流程及方法簡化之方式，以量測、查表、比較三階段簡易方法，即可分析出橋樑之軍用載重等級，只要有此手冊及現地橋樑尺寸量測，不論是否有橋樑設計技術資料或電腦分析體甚至是工程技術背景，任受過訓練的人均可實施載重等級評估，實為方便有效。

實例探討

一、評估概述

(一)公路局曾於80年12月編訂「橋樑工程標準圖」作為公路橋樑設計的依據，並普遍運用於80年後省道橋樑構造上，據公路局統計80年以後興建之橋樑，約佔所有列管橋樑的50%以上¹⁰，也就是說臺灣每2座橋就有1座是參考80年12月編訂「橋樑工程標準圖」所設計製造，而以橋樑工程標準圖實施橋樑野戰快速分級法實例探討，驗證其適用性及關聯性，即非常有軍事價值。

(二)陸軍工兵訓練中心四營區中之大道橋，為因應爆破教學所興建之橋樑，除教學使用外，亦擔負營區中交通聯絡使用，而大道橋即是使用橋樑工程標準圖所設計製造，該橋平日因營區內交通聯絡需求，常通行工兵重型機具及車輛，諸如履帶機動橋(M48A5-AVLB MLC-60)、賓士33噸拖車載運重機具(拖車及機具 MLC-40~70)等，多年來使用橋樑承載均無任何問題，現以大道橋作為野戰快速分級法實例探討案例，即可反證或比較出野戰快速分級法數據之實際狀況，有利於後續研究。

二、「橋樑工程標準圖」評估探討

本次評估案例是以行政院交通部公路局橋樑工程標準圖所設計之陸軍工兵訓練中心四營區中之大道橋為例(如圖七)，參考野戰快速分級法中橋樑載重評估圖解卡中混凝土版橋具瀝青鋪面型式圖解卡(Concrete-slab bridge with asphalt wearing surface)實施評估，所得結果分別為單車道輪車分級(W1)120級、雙車道輪車分級(W2)100級、單車道履車分級(T1)100級及雙車道履車分級(T2)80級，相關流程(如表五、六)。

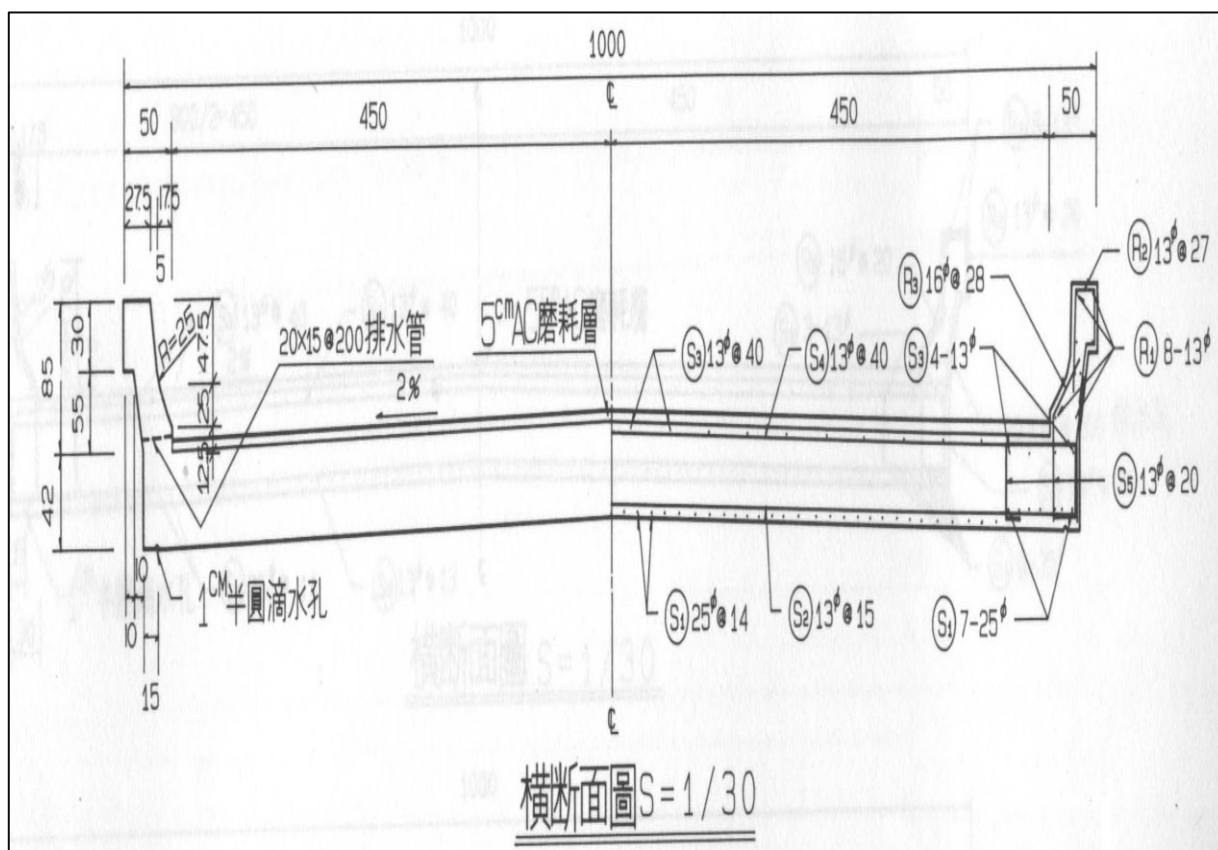
¹⁰ 曾志煌，〈縣市政府所轄老舊橋梁改善可行性評估〉《交通部運輸研究所》，西元2008年8月，9頁。

圖七 陸軍工兵訓練中心四營區中之大道橋



資料來源：陸軍工兵訓練中心

圖八 大道橋斷面圖-混凝土版段



資料來源：陸軍工兵訓練中心

表五 載重評估分析流程

步 驟	要 求	動 作	產 出	結 果
1	量取以下數據： 1. 跨度(L) 2. 橋樑寬(bd) 3. 橋幅寬(bR) 4. 平均橋版厚(td)		參考套圖獲得以下數據 1. 跨度(L)：20 呎 2. 橋樑寬(bd)：33.3 呎 3. 橋幅寬(bR)：30 呎 4. 平均橋版厚(td)：16.5 吋	
2	查表取得：每呎活重彎矩(m_{LL})		活重彎矩(m_{LL})：30	
3	計算以下數據： 1. 單車道有效板寬(b_{e1}) 2. 雙車道有效板寬(b_{e2}) 註：橋幅寬(bR)大於 18 呎時，同時計算雙車道有效板寬(b_{e2})。		1. 單車道有效板寬(b_{e1})：14.5 2. 雙車道有效板寬(b_{e2})：13.7	
4	計算以下數據： 1. 單車道活重彎矩(M_{LL1}) 2. 雙車道活重彎矩(M_{LL1})		1. 單車道活重彎矩(M_{LL1})：435 2. 雙車道活重彎矩(M_{LL1})：411	
5	查表取得以下分級數據： 彎矩分級 W1, W2, T1, T2		1. W1=120、W2=100 2. T1=100、T2=80	
6	查表取得以下分級數據： 寬度分級 W1, W2, T1, T2		1. W1=T1=150 2. W2=T2=100	
7	實施最後分級：取各分級最小值		如表 8	

資料來源:本研究彙整

表六 載重評估級數表

區 分	單 車 道 輪 車 分 級 W 1	雙 車 道 輪 車 分 級 W 2	單 車 道 履 車 分 級 T 1	雙 車 道 履 車 分 級 T 2
彎 矩 分 級 (步 驟 5)	120	100	100	80
寬 度 分 級 (步 驟 6)	150	100	150	100
取 小 值	120	100	100	80

資料來源:本研究彙整。

三、小結

經過測量、查表計算、比較三大程序及 7 小步驟評估後，即可簡單評估出大道橋單車道輪車分級(W1) 120 級、雙車道輪車分級(W2)100 級、單車道履車分級(T1)100 級及雙車道履車分級(T2)80 級的結果，且依實際通行經驗，亦確實有上述載重能力，由此可知野戰快速分級法運用於臺灣公路橋樑載重評估可行性非常高，值得持續研究以滿足部隊實需。

對我軍啟示

一、運用效益分析

(一)本篇研究報告所研究的橋樑-大道橋，是以行政院交通部公路局所編訂的橋樑工程標準圖中的設計加以計算，凡是於民國八十年以後公路局所所修建的橋樑，皆是以此範本，故適用於臺灣大多數之橋樑。

(二)本篇研究是利用美軍橋樑分級中的野戰快速分級法，其主要是依橋樑的建設型式及材質，由橋樑的外部結構去估算這座橋的大略強度，雖然在精準度上程度有限，但所需考慮之因素較少，計算較為簡單，爾後若因任務需要(如部隊機動時判定機動路線是否能適合重型履車裝備通過)，即可提供一快速可靠之參考依據，供指揮官實施決策。

(三)野戰快速分級法所需的橋樑資料較少，因此計算快速，可做為應急作戰時，臨時測量之工具，但因其測量精度有限，最好能於平常時，就針對本島之公路橋樑實施精確周延之檢測，並建立相關兵要資料庫，以備不時之需。

二、檢討與建議

(一)檢討

1.未將軍用車輛模型納入公路橋樑設計規範

本島公路橋樑均依據交通部公路橋樑設計規範設計，多以 H20、HS20 貨車為設計標準模型，其標準模型與軍用車輛(戰車)相差甚大，致產生軍車通過公路橋樑之載重安全疑慮。反觀德國作法，其公路橋樑設計規範均納入軍用車輛模型作為設計標準，以符合德國境內公路橋樑平、戰時承載能力需求，此舉非常值得我國參考。

2.軍、民間公路橋樑管理均未納入軍用載重等級(MLC)

目前國內公路橋樑標示牌、公路橋樑管理資訊系統及軍方軍圖中，並未納入軍用載重等級資訊，不符戰時機動任務所需，而在德國境內之公路橋樑，皆直接標示軍用載重等級標示牌(如圖八)，真正落實平戰結合之要求，其務實態度值得吾人思考借鏡。

圖九 德國公路上載重標示牌



資料來源:姚志豪,〈本島公路橋樑軍用載重級初步研究〉《戰術研討會》,西元2002年7月,3頁。

(二)建議

1.針對現存2萬多座公路橋樑而言,若要實施載重評估,所需耗費之經費、時間及人力都過於龐大,非一時可以完成,需按輕重緩急並逐步累積而成,考量當前所需,建議可利用公路局於民國80年12月編訂「橋樑工程標準圖」(其普遍運用於過去數十年之公路橋樑設計)作為依據,設計其軍用載重等級評估換算模式,並製作快速野戰分級速查手冊,以滿足當前需求。

2.針對未來興建之公路橋樑而言，建議將軍用載重等級(MLC)相關設計模型，納入未來公路橋樑設計規範中，以國軍主力戰車及重型裝備列入設計及結構計算考量，以使未來興建之公路橋樑，均能安全通行軍事車輛。

結語

國防報告書(104 年)中明確指出，國軍未來防衛作戰整備原則，朝向快速機動、兵力整合、迅速指管、基礎防護及「創新/不對稱」作戰發展¹¹，其中快速機動與「創新/不對稱」作戰等發展原則，即與本篇探討目的息息相關，如何有效利用島內遍布之公路橋樑，遂行機動作戰，實為我軍當前重要之研究課題。先進國家早已針對境內各公路橋樑採用軍用載重等級標準與規範，設計出各公路橋樑載重等級(如德國)，其價值，在軍事用途上，軍用重型車輛欲通過公路橋樑，即可快速判定橋樑軍用載重等級，確定橋樑通行安全性，增進機動能力，其次在經濟用途上，民間工程超重物資運輸時，即可以快速判定何種等級橋樑可承載並進一步確定運輸路線，降低運輸成本，可說是國防及民生雙贏策略。基此，未來應結合政府機關、學術研究學校及民間工程公司，透過橋樑檢測儀器及結構分析軟體實施軍事載重等級分類，並建立軍民用載重標示牌於公路橋樑中，以有效支援平戰時機動與反機動，以滿足未來防衛作戰需求。

參考文獻

中文書籍：

- 1.國防部陸軍司令部印頒，《渡河教範》(西元 2009 年 7 月 15 日)。
- 2.國防部陸軍司令部印頒，《陸軍作戰要綱》(西元 1999 年 1 月 1 日)。
- 3.交通部，《公路橋樑設計規範，文號：交技(76)字第 01466 號》(雄獅出版社，西元 1987 年 1 月)。
- 4.國防部「國防報告書」編撰委員會，《中華民國 104 年國防報告書》(國防部，西元 2015 年 10 月)。

期刊論文：

- 1.姚志豪，〈本島公路橋樑軍用載重級初步研究〉《工兵半年刊》(燕巢)，第 125 期，工兵學校，西元 2004 年 9 月 1 日。
- 2.曾志煌等人，〈縣市政府所轄老舊橋樑改善可行性評估〉《交通部運輸研究所》，西元 2008 年 8 月。

¹¹國防部「國防報告書」編撰委員會，《中華民國 104 年國防報告書》(國防部，西元 2015 年 10 月)。

網路引用：

- 1.美國國防部準則會電子資料庫，〈 Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms 〉，
[http：//www.dtic.mil/doctrine/jel/doddict/data/m/03283.html](http://www.dtic.mil/doctrine/jel/doddict/data/m/03283.html)，2015.3.2.。
- 2.NATO，STANAG 2021 ENGR(EDITION 4)、STANAG 2101 OP(EDITION 6)。
- 3.美國國防部準則會電子資料庫，Headquarter, Department of the Army,「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」，1991.6。
- 4.陸軍司令部網站詹氏年鑑資料庫，〈 M60A3MBT 〉，<http://www.army.mil.tw/>，
西元 2013 年 2 月 11 日。

英文書籍：

- 1.NATO,STANAG 2021 ENGR(EDITION 6.5)。
- 2.NATO，STANAG 2021 ENGR(EDITION 4)、STANAG 2101 OP(EDITION 6)。
- 3.Headquarter,Department of the Army,「FM 5-446 Military Nonstandard Fixed Bridging」,1991.6。