

精進國軍制式橋樑訓用成效之研究 以 **LSB** 重框橋為例

作者/劉恩光少校

提要

- 一、臺灣地形受山脈分隔及河流分割，若橋樑遭受破壞，易使部隊分離，指揮運用不易，因此「橋樑架設(搶修)」即為本島防衛作戰中工兵主要的任務之一，而國軍制式橋樑訓用成效之良窳，即為影響任務成功之關鍵。
- 二、本軍於民國 97 年向英國 Mabey & Johnson 公司採購 LSB 重框橋，惟檢視 LSB 重框橋運用現況與建案預期成效有所落差，產生運用效益不佳疑慮，且整排調訓亦造成部隊負擔等狀況，本篇研擬相關訓用成效精進作為，以供部隊參據。

關鍵詞： LSB 重框橋、後勤支援橋、整排調訓

前言

臺灣地形受山脈分隔及河流分割，若橋樑遭受破壞，易使部隊分離，指揮運用不易¹，因此「橋樑架設(搶修)」即為本島防衛作戰中工兵主要的任務之一，而國軍制式橋樑訓用成效之良窳，即為影響任務成功之關鍵。考量防衛作戰及救災時，渡越河川地障完成後勤支援需求，本軍於民國97年向英國Mabey & Johnson公司採購LSB重框橋(如圖一所示)，惟檢視LSB重框橋運用現況與建案預期成效有所落差，產生運用效益不佳疑慮，且整排調訓亦造成部隊負擔等狀況。為提出一具體可行方案，特別針對LSB重框橋訓用成效之精進實施研究，俾提供各部隊參考。

¹林奕森，《渡河教範（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，西元 2009 年 7 月 15 日），1 頁。

圖一 國軍 LSB 重框橋



資料來源：作者自攝。

LSB 重框橋訓用現況概述

一、LSB 重框橋簡介

本軍軍用制式固定橋依載重等級區分兩種，20噸至60噸稱為中型框桁橋（MGB中框橋），60噸以上稱為重型框桁橋（M2框桁橋）；其中MGB中框橋架設方式區分人力與機械協建等兩種，作業人力少且組裝輕便，M2框桁橋橋齡老舊（民國40年間獲得），架設作業人力多，時間冗長。考量國軍在防衛作戰及救災時，渡越河川地障完成後勤支援所需，遂於民國97年向英國Mabey & Johnson公司採購長跨距、高載重之Compact200型橋，並正式命名為LOGISTIC SUPPORT BRIDGE重型框桁橋，簡稱為LSB重框橋，現建置於工兵訓練中心2付、53工兵群2付、52工兵群2付及54工兵群1付，共計7付²，並具有以下特性³：

（一）橋材本身為高強度低合金結構鋼材質製成，表面經全鍍鋅處理，不會生鏽腐蝕，橋樑架設完成後3年內不會造成變形及損壞，維護費用低極具耐用性。

（二）模組化構件可依任務需求用於結構八種標準架設型式橋樑外，亦可配合專用組件，結構成中央支點、天橋或浮橋。

（三）各項橋材主件極為鈍重，可採機械協建與人力配合作業(如圖二所示)。

（四）具有高負荷型及高剪力超負荷型構桁，載重等級(MLC)可達80噸(級)含以上。

（五）橋材配賦標準貨櫃、貨櫃搬運系統以供行政裝載，運輸作業經濟方便。

（六）跨距長載重等級大，51公尺內不需架設中央支點。

（七）耐滑鋼製橋面板，易更換及修護。

²劉恩光，《LSB 重框橋操作手冊（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，西元2010年7月2日），1-1頁。

³同註1，1-16頁

圖二 國軍 LSB 重框橋



資料來源：作者自攝。

二、LSB 重框橋建案預期成效

(一)預期目標⁴：

- 1.精簡橋樑架設兵力與朝向機械化、快速化方向發展。
- 2.汰舊換新(M2)以確保任務遂行及橋樑通行安全。
- 3.提升橋樑跨距(50 公尺以上)及載重能力(70 噸級以上)，以因應未來任務需求。

(二)預期使用情形⁵：

1.規劃於戰、平時戰備整備及災害防救時，使用 LSB 重框橋執行戰、演訓、救災任務之橋樑架設作業，以確保部隊機動與後勤支援任務之達成。

2.配合 6X6 多功能橋車實施機械協建，以節約架設兵力增加架設速度。

3.藉裝備長跨距及高載重能力，提升工兵渡越河川地障支援能力。

(三)預期效益評估指標：

1.橋面承載力須達載重等級 70 級(含)以上，且可通行本軍現有各式履帶及輪型車輛。

2.橋樑單一跨距(不需架設中央支點)應能達 50 公尺(含)以上，以滿足臺灣地區現有橋樑之跨距。

3.橋樑架設作業時所需架設兵力僅需 24 人(含)以下即可完成。

4.架設作業時間需能於 120 分鐘內完成。

5.橋材本身須為質輕、強度高、不易生鏽、無須特別保養之金屬材質。

6.橋面寬需達 4 公尺(含)以上，便於通行制式車輛。

三、裝備使用現況

⁴國防部陸軍司令部工兵處，〈2020 年工兵願景及未來發展規劃〉(桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 7 月)。

⁵國防部陸軍司令部工兵處，〈陸軍工兵「組織精簡」未來發展與運用規劃報告〉(桃園：國防部陸軍司令部，2011 年 4 月)。

LSB重框橋可架設15~51.82公尺長單一跨距橋樑，橋面寬4.2公尺、載重80公噸，通行效能佳，作業所需兵力精簡僅需24人，材質為高強度低合金鋼材堅固耐用，表面鍍鋅處理耐候性強，惟亦存在橋材鈍重不適合人力架設、機械協建吊掛能力要求高等缺點，且進而衍生架設時間長的狀況，影響建案預期成效達成，架設基本資料如表一所示。

表一 LSB重框橋架設基本資料表

架 設 型 式	長 度 (公尺)	重 量 (公噸)	等 級	兵 力	時 間 (小 時)
二路一層橋五節	15.24	21.093	80	28	20
二路一層橋六節	18.29	21.833	80	28	21
二路一層橋七節	21.34	28.073	80	28	21.5
二路一層單路加強橋八節	24.38	34.384	80	28	22
二路一層單路加強橋九節	27.43	43.657	80	28	23
二路一層單路加強橋十節	30.48	44.936	80	29	24
二路一層單路加強橋十一節	33.53	45.346	80	29	25
二路一層雙路加強橋十二節	36.58	56.833	80	29	29
二路一層雙路加強橋十三節	39.62	61.337	80	29	30
二路一層雙路加強橋十四節	42.67	68.34	80	29	31
二路一層雙路加強橋十五節	45.72	71.375	80	29	32
三路一層雙路加強橋十六節	48.77	91.126	80	29	38
三路一層雙路加強橋十七節	51.82	90.992	80	30	40

資料來源：本報告整理。

四、裝備運用狀況

本裝備共計採購7付，現編配於本中心(渡河組、測考中心)及各工兵群橋樑營橋樑連，如表2所示。平日主要使用於訓練、演習(參觀台)、教學、測考，經檢討目前LSB重框橋裝備現況除各群駐地使用率偏低外(未參與各項戰、演訓、救災任務)，餘使用狀況均為妥善良好，可執行各項戰備與訓練任務。

表 2 LSB 重框橋使用狀況

單 位	編配數	妥善率	使 用 概 況	使 用 頻 次	
53 工兵群	2	100%	1. 駐地訓練 2. 參觀台	1~3 次/年	
52 工兵群	2	100%			
54 工兵群	1	100%			
工訓 中心	<u>渡河組</u>	1	100%	1. 軍士官分科班 2. 架設專業班 3. 參訪	12~15 次/年
	<u>測考中心</u>	1	100%	1. 測考 2. 訓練示範	6~9 次/年

資料來源：本報告整理。

五、架設人力及裝備

目前教學、訓練及測考時，均以標準作業方式-機械協建方式實施架設，作業所需兵力概為一個橋樑排(27~30員)；所需裝備為兩部多用途橋車(吊掛機具)、推橋機具及2.5噸堆高機。架設作業在裝備及場地限制下，亦可以人力配合橋材配賦之架設工具實施架設作業，然因橋材構件較為沉重且作業風險較高，架設時須特別注意作業安全及適切增加作業兵力，以利架橋任務遂行⁶。

六、作業場地

標準作業所需作業場地包含架設場地、橋材置場及貨櫃置場 3 處，所需空間廣大，須事先整理影響作業效率，所需空間分述如下⁷：

(一)架設場地：我岸部份架設正面幅員至少須達 18 公尺，架設縱深約略為架設橋樑正橋節之長度(以 17 節橋為例須達 51 公尺)。遠岸部份架設幅員同為 18 公尺，架設縱深須達 20 公尺，以利橋車作業。

(二)橋材置場：橋材置場若為架設場地兩側配置，置場幅員各須達 10 公尺，置場縱深同為架設橋樑正橋節之長度(以 17 節橋為例須達 51 公尺)。若因場地幅員受限採一側配置，置場幅員及縱深須達 30 公尺*40 公尺，以利橋材儲放、組裝及運輸。

(三)貨櫃置場：我岸另須規劃一貨櫃置場，置場幅員及縱深須達 30 公尺*40 公尺，以利貨櫃及搬運系統儲放及裝運。

七、裝載運輸

執行橋樑搶修及道路暢通等任務時，均須先行實施橋樑裝載作業，作業情形分述如下：

(一)每付橋材均配賦 40 呎標準貨櫃 7 只，供 LSB 重框橋各項組件(橋樑組件、架設組件、2.5 噸堆高機等)裝載之用，可使橋材裝載化整為零集中包裝於標準載台內，以便利各種載運作業。

(二)每付橋材均配賦貨櫃搬運系統 1 套，可供 40 呎標準貨櫃裝載之用，藉由貨櫃搬運系統可使貨櫃無須借助其它機械幫助，即可以自力方式吊掛至板台上，便利裝載運輸作業。

(三)負責裝載任務之橋樑營均配賦 33 噸拖車，可採自行拖運或委商拖運方式實施橋材運輸作業。

八、裝備維管

本裝備組成，可區分為橋樑組件、架設組件及運輸機具等三大部份，維保

⁶同註 1，1-15 頁。

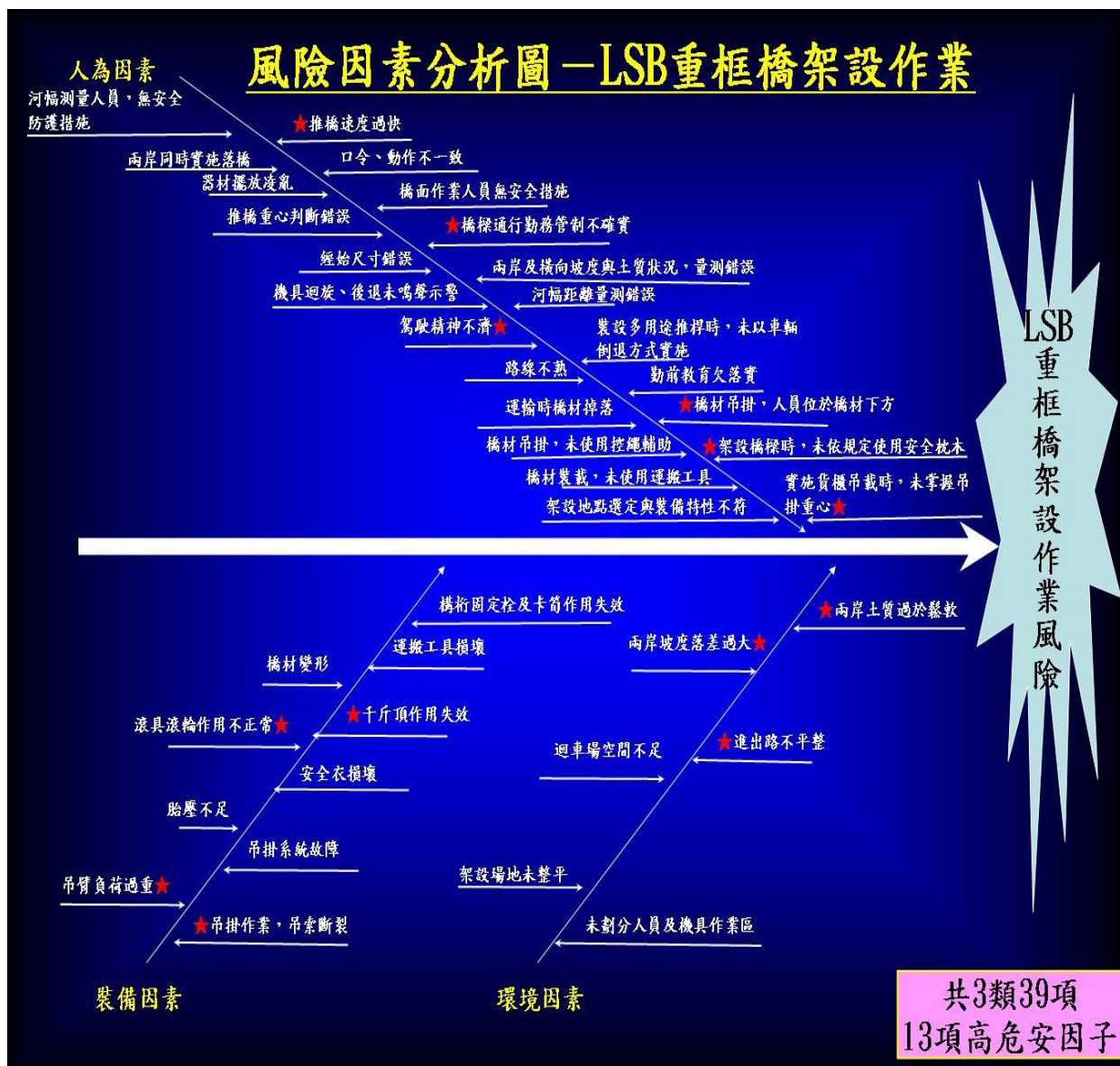
⁷同註 1，4-41 頁。

方式均採「軍維」方式進行後勤維保，其中橋樑組件及架設組件其材質為高強度低合金結構鋼材質製成，表面經全鍍鋅處理，不易生鏽腐蝕，維護容易極具耐用性，平日課後僅需針對各型螺栓及構桁栓實施清理及塗抹廢機油潤滑、各栓孔及大滾具塗抹黃油潤滑即可；運輸機具(堆高機、貨櫃搬運系統)部分，維保方式採「小額採購後維經費支應」方式進行後勤維保，惟該裝備常因反覆操作造成唧筒與油(管)路損耗快速，增加裝備維保負擔。

九、作業風險

本裝備作業風險屬高風險，其中堆高機運輸橋材、橋材吊掛、橋車機動、橋材組裝、機械推橋、千斤頂落橋等作業，均為作業高風險項目，須投入資源實施風險管控，以維作業安全，風險因素分析圖如圖三所示。

圖三 LSB 重框橋風險因素分析圖



資料來源：《陸軍工兵訓練中心作業風險管理手冊(106年版)》(高雄燕巢：陸軍工兵訓練中心作業室，西元2015年12月31日)。

十、架設及師資種能

為提升各作戰區橋樑搶修能量，廣儲師資種能，在司令部工兵處指導下，自 98 年 5 月起，由訓練中心統一施訓(整排調訓)，先期完訓 3 梯次「LSB 重框橋專業架設班」計 90 員，並於 99 年納入學校班隊流路，實施 6 梯次專業班訓練；並於 102 年起降為 3 梯次，104 年起配合基地流路降為 2 梯次，截至目前(105 年底)已完訓 892 人次。

十一、小結

綜合以上所述，本裝備在效能方面大部分均能滿足建案需求，惟在吊掛能力、架設時間方面不如預期，且亦存在作業空間需求廣大、作業風險高等狀況；另在架設、師資種能方面目前(105 年底)已完訓 892 人次，均能滿足各作戰區 LSB 重框橋架設能量。

LSB 重框橋訓用檢討

檢視 LSB 重框橋運用現況與建案預期成效有所落差，產生運用效益不佳疑慮，且整排調訓亦造成部隊負擔等狀況，本段將從「整排調訓」、「教學、鑑測成效」、「機械協建作業」、「災害防救」、「裝備維修經費」及「橋材裝載作業」面向實施訓用檢討分析，藉以找尋改善方案。

一、整排調訓

整排調訓目的在提升各作戰區橋樑搶修能量，廣儲師資種能。基此，訓練對象規劃是以各橋樑連志願役官士兵為主，惟各單位常因派訓與任務衝突，派遣義務役士官受訓，以同時滿足其當下駐地任務及未來進訓基地需求，但義務役士官役期短暫，受訓後半年內即退伍，無法長留久用，形成訓練浪費；另因整排調訓時間長(3 週)，要求連、排長等重要幹部進訓等因素，間接影響單位駐地任務遂行，造成進訓單位額外負擔。

二、教學、鑑測成效

(一)工兵訓練中心渡河組

LSB 重框橋教學課程，依班隊區分軍、士官分科班及架設專業班 2 種，其中軍、士官分科班各有 28~42 小時不等時數授課，完訓學員均具有完整基礎作業知識及技能，惟僅少部分軍官結訓分發至橋樑連，可接續實施 LSB 重框橋在職訓練，餘則常因久經未訓而淡忘 LSB 重框橋作業知能。

(二)工兵部隊測考中心

53 及 52 群於駐地訓練期間，因場地狹小腹地不足之限制，普遍未針對 LSB 重框橋實施架設訓練，新接任連長或新進幹部，均對其架設程序不熟，如未實施整排調訓，則於基地訓練期間均無法達到訓練要求。

三、機械協建作業

執行機械協建時，常出現吊桿能力受限問題，相關窒礙分述如下：

(一)LSB 重框橋採購案並未隨裝採購架設機具(吊車)，必須以多用途橋車配合實施架設作業，惟考量橋材尺寸較大(冠材長 5.977 公尺)、重量重(冠材重 440.5 公斤)，且其結構方式移動幅度需求(概需 7.2 公尺)，以多用途橋車吊桿最大工作半徑 7.6 公尺、吊重 0.6 公噸(實際驗證值)作業能力而言略顯窘迫，與使用大型吊車架設相比，徒增不少作業風險。

(二)依國外架設經驗，LSB 重框橋可採模組化方式架設，能有效減少組裝程序增加架設速度(如圖四)，惟因多用途橋車吊桿作業能力有限，無法負荷模組重量(均達 1 公噸以上)，致使我無法實施模組架設。

圖四 吊車吊掛橋樑



資料來源：英國 Mabe & Johnson 公司接裝訓練簡報資料。

四、災害防救

臺灣河川數量眾多、道路網絡密佈，橋樑為聯絡兩地瓶頸要道，其種類與型式雖然繁多，若依結構系統區分，則以簡支樑結構佔 91 % 之比例最大；若依使用之材料分類則甚為單純，以預力混凝土大樑佔 95% 為大宗²，橋樑大樑型式以 I 型樑佔 87% 為主，車道數以二車道比例較高；可見本島橋樑多為鋼筋混凝土（含預力）構造，遭受各種天然災害破壞後，於短時間內難以修復通車，且復建構造時間久。LSB 重框橋具有載重大(目前國軍唯一具有 60 噸以上支援能力之橋樑)、跨距長、材質耐候、橋面寬廣堅固、橋頭坡道緩長、民車易於通行等優點，在國外常作為災害防救橋樑使用(如圖五)，尤其非常適合在災後復原時機使用，例如在印尼海嘯時，國際支援救難組織即利用 LSB 重框橋迅速恢復災區交通，使救災工作順利，惟我國因受限於多用途橋車吊桿作業能力，無法實施模組架設以減少架設時間，致使決策者因架設時間長(架設 51 公尺需 40 小時)因素，未能使用 LSB 重框橋遂行災害防救任務，LSB 重框橋與現有裝備(固定橋)分析比較如表三所示。

圖五 Sri Lanka 救災運用



資料來源：英國 MabeY & Johnson 公司接裝訓練資料

表三 LSB 重框橋與現有裝備(固定橋)分析比較表

² 交通部公路局，公路橋樑結構設計之影響評估，www.thb.gov.tw/hw/，檢索日期：2017 年 2 月 15 日。

L S B 重 框 橋 與 現 有 裝 備 (固 定 橋) 分 析 比 較 表

區 分		LSB 重框橋	MGB 中框橋	M2 框桁橋**
用 途		後勤 支援橋樑	戰術 支援橋樑	戰術 支援橋樑
作 業 性 能	跨距*(M)	48.8	46.2	48.8
	載 重 (M L C)	80	60	70***
	橋 寬 (M)	4.2	4	3.8
作 業 效 率	人 力 (人)	29	33	115
	時 間 (時)	40	16(現況數據)	56(現況推估)
作 業 方 式	架 設 方 式	機械協建為主	人力(12節以下)機械協 建(13節以上)	人力架設為主、 機械協建輔助
	組 裝 方 式	逐塊架設式	逐塊或模組架設式	逐塊架設式
	作 業 步 驟	150	86	500
價 格 (萬)		2100	15000	186
分 析 結 果		1.作業性能高：在概同跨距下，LSB重框橋載重能力及橋寬表現均較其他裝備高，可有效提升渡越河川地障效能。 2.作業效率中等：在概同跨距下，LSB重框橋作業步驟、人力及時間需求雖比MGB中框橋多，惟明顯較M2框桁橋精簡許多，可有效節約人力成本及增加作業效率。 3.購置成本經濟：排除M2框桁橋不算，LSB重框橋在價格方面，明顯比MGB中框橋低廉。		
註 釋		* 本表所示跨距為扣除安全距離後之「有效跨距」。 ** M2框桁橋最長可架設64公尺，惟載重等級僅為MLC-24，為利本表比較，在此選定MLC-70的170英尺TT型橋樑作為代表。 *** 本數據為原廠提供標準數據，惟考量本裝備使用時久(60年)，次數多(訓練、演訓)，其材質及結構均已劣、弱化，實際載重等級已下降，依近期評估經驗，均以原數據之60%作為通行參考。		

資料來源：本報告整理。

五、裝備維修經費

(一)機具(橋車、堆高機、搬運系統)

目前 LSB 重框橋架設教學訓練以「機械協建」為主，課程使用之各式裝備，常因反覆操作造成裝備老化，尤其以多用途橋車吊桿及堆高機之唧筒與油(管)路損耗為最，依使用經驗，部分零組件(幫浦、唧筒、油封、油管、輪胎及來令片等)均耗損嚴重，本中心相關機具維修經費每年均達 10~100 萬不等，增加裝備維保負擔。

(二)橋材

依原廠技令規範，組裝橋樑所需螺栓(1 付橋約 1500 組螺栓)均附有防脫膠及防鏽之鍍鋅層，經重複裝拆使用後會逐漸脫落、失效，且其相應之橋材栓孔(鍍鋅)亦然，上述橋材均須重新塗裝及鍍鋅，每付概需 10 萬元；另依使用經驗，組裝橋樑所需螺栓及構桁栓(1 付橋約 400 組構桁栓)，經多次拆裝使用後，均因往復敲擊下產生變形，若實施更換每付概需 50 萬元，增加裝備維保負擔。

六、橋材裝載作業

LSB 重框橋隨橋配賦 40 呎標準貨櫃 7 只(如圖六)，用以裝載橋材，以便利橋樑運輸作業，惟因貨櫃開口設計於貨櫃的兩端，造成橋材進出空間狹小，影響了作業效率及風險。

圖六吊車吊掛橋樑



資料來源：陸軍司令部，《LSB 重框橋架設作業手冊（第一版）》，西元 2010 年，頁 2-55。

七、小結

綜合以上分析，造成 LSB 重框橋效益不佳因素，主要在於駐地訓場受限、單位派訓與任務衝突、非橋樑營幹部久經未訓問題、吊桿能力受限、架設時間長、維保負擔及貨櫃開口設計等問題，應積極研擬改善作法，以發揮裝備應有效益。

精進作法

一、整排調訓暨教學、鑑測成效精進作法

師資培訓為部隊訓練之重要工作之一，培訓方向應以本職學能為目標，以專業技術為導向，強調學能與技能並重。架橋課程當中教官實屬靈魂人物，學生有樣學樣，依樣畫葫蘆，最容易對學生產生影響，於是教官的教學狀態、教官的素質便成為學者學習及教學成敗的關鍵，教授內容必需配合部隊訓練之實需，故講授及作業內容，除應重視理論知識的傳述，尤應重視部隊經驗之傳授，因此，專業科目之教官就必須依其所教授科目的需求，且應具備豐富的實務及累積教學經驗，擔任教官者之本職學能素養及專業學術也應有一定之水準⁸。

教學場地應配合課程做調整，不應貪圖方便而拘泥於同一地點作學習，若是在同一地點做練習，不但學生有可能會無法適應將來面對的各種不同的環境，同一地點的反覆練習更是會讓學生覺得課程索然無味。若有適宜的地方，應適時調整授課地點，讓學生覺得學習有新鮮感及變化性，應用各種方式完成任務，接受各式各樣的挑戰，在學習中就能產生興趣，引發學生的學習動機。當然教學場地的安全性也是不容忽視，甚至是最重要的一點，以固定橋上課場地為例，不安全的教學場地，不僅會讓學生誤判情勢，做出錯誤的判斷，更容易肇生危險，不可不慎。規劃教學場地之時，應在事前做出完整的場地分析，兩岸坡度、土質狀況、土壤種類、含水量、植被、附近地形形勢等等...，更要明確規劃出學生所處的位置、教學者所在的定位、裝備或器材放置的位置、危安事件發生時該處置的方法、作業動線等，都要在課前就做好準備，並請示上級的意見，寧可不在未規劃完善的場地學習，都不要輕易冒險去嘗試任何可能會發生危險的場地⁹。基此，有效的師資培訓及良好訓練場地，即能精進訓練成效，以下提出兩點建議：

⁸ 黃明秋、高得乾，吳俊瑩，〈如何運用現有教育資源，提昇軍事教學品質〉《陸軍工兵學校半年刊》(高雄燕巢)，126 期，西元 2005 年 3 月 1 日，3~4 頁。

⁹ 同註 8

(一)續辦整排調訓解決訓練窒礙

針對駐地訓練場地受限無法施訓之窒礙問題及廣儲師資建立種能之需求，建議持續辦理 **LSB** 重框橋架設專業班，並仍以整排調訓方式實施，以提升各作戰區橋樑搶修能量。

(二)開放受訓對象減輕單位負擔

針對橋樑營新進幹部專業職能不足及橋樑營派訓與任務衝突之窒礙問題，本中心 **LSB** 重框橋架設專業班自 105 年起，開放非橋樑營編制人員受訓，並以預劃調佔橋樑連人員優先納訓，以減輕橋樑營負擔，並藉以提升預劃調佔橋樑連人員之專業職能。

二、機械協建作業暨災害防救精進作法

本軍現有制式固定橋為 **M2** 框桁橋、**MGB** 中框橋及 **LSB** 重框橋 3 種，在本島災害救援中以固定橋替代交通路線上受損之公路橋樑時，在其運用時機方面，因其橋樑特性及現況而有所不同，原則上 **M2** 框桁橋及 **LSB** 重框橋多用於災後復原期間受損之公路橋樑修復前，提供災區一高載重、利於民車通行（橋頭坡度較緩、兩測有護欄）之橋樑，以回復地區交通；另在 **MGB** 中框橋方面，多用於災害救援期間，提供災區一可快速架通之橋樑（架設時間包括進出路整理及橋材運輸須在一日內完成），以維持災區對外道路的暢通，促進救援物資、團隊及各式機具能夠深入災區，協助傷患救助後送等救援工作。惟在實際運用及作業上，於斷橋橋上實施架橋時，其原有橋腳、橋礎、原有道路雖仍可使用，有利於架設作業遂行；然由於近來橋樑建築技術精進，橋節之跨度已逐漸增大至 40 公尺以上，此對 **M2** 框桁橋承載能力及架設作業造成極大之困擾，倘若中間支點難於設置情形下，即無法以橋上架橋方式完成支援作業。另在河上架橋部分，以本島各主要河川之特性，在旱季時大多數河川均能於實施局部整備作業後，即可架設 **M2** 框桁橋及 **MGB** 中框橋；但在雨季時，由於河川水位上升、河幅增大及土質鬆軟，能架設固定橋之本島河川，幾乎僅有少數河幅較小之次要河川始可為之。基此，目前橋樑搶修多採斷橋橋上實施架橋方式實施，但 **MGB** 中框橋橋頭坡度為 1：5，明顯較一般橋樑陡峭，不適合低底盤及進/離角小的車輛(例：自小客及公車)通行，另 **M2** 框桁橋橋齡高(70 年以上)經久使用多已磨損，實已不利長跨度架設(40 公尺以上)，此時 **LSB** 重框橋重要性可見一斑。為利提升 **LSB** 重框橋架設效率，增大實用效能，以下提供兩點建議：

(一)提升吊桿能力強化作業效能(如圖七)

為增強機動部隊渡河、通過溝渠、地隙等渡越能量，迅速達成促進機動，提升搶通能力，並考量橋車吊桿能力受限及作業風險高之窒礙問題，建議建案提升吊桿能力或購置大型吊車，藉以實施模組架設，提升架設速度、安全及減

少人力；另可以吊車吊掛方式突破地形障礙快速架設，運用制式橋樑橋材預組露儲模式，藉由吊車可負載重量大，將制式橋樑吊掛至渡河點完成架設，架設速度效率更可提昇，且可跨越地形障礙，滿足作戰與救災需求。

圖七吊車吊掛橋樑



資料來源：英國 Mabey & Johnson 公司接裝訓練簡報資料。

(二)配合現有裝備研發架橋輔具(如圖八)

本中心渡河組 105 年度小型軍品研發項目為橋材吊架，其吊架可幫助堆高機實施 LSB 重框橋機械協建作業，增加作業機具選項，並可提升吊掛能力至 2.5 噸，實施較為簡單之模組架設，節省架設時間。

圖八 橋材吊架



資料來源：作者自攝。

三、裝備維修經費精進作法

LSB 重框橋目前規劃於 107-108 年建置 LSB 重框橋模擬器從事架橋訓練。拜科技進步所賜，未來建置之模擬器，已朝向能完全取代訓練方向研發，不再是輔助之配角，屆時即能有效減少裝備訓練損耗，節約裝備維修經費，LSB 重框橋架橋模擬軟體使用價值分析表，如表四所示。

表四 模擬軟體預期使用價值分析表

陸軍工兵訓練中心 LSB 重框橋架橋模擬軟體預期使用價值分析表	
訓練對象	軍官正規班、軍官分科班(官正分科班、理正分科班、專業軍官班)、士官分科班(士官分科班、專業士官班、儲備士官班)、LSB 專業班及基地輪訓部隊等。
設置場地	訓練模擬軟體教室
年訓量	一、各班隊年度訓練總人數 632 人。 二、年訓量 2935 (人*小時)。 (依據本中心 105 年度召訓班隊規劃推估)
節省訓練成本油、彈藥、人力、裝備損耗(單位：元)	<p>一、人力成本：</p> <p>使用架橋模擬軟體時，可節省實作架橋訓練時之 3 員助教人力及 4 員教勤兵力。</p> <p>※條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.士官助教時薪 170 元(依據軍事中心及軍事訓練機構軍文職教師、軍職教官兼(超)課鐘點費支給表)。 2.志願役士兵時薪 137 元(以每月服勤 20 日，每日服勤 8 小時計算) 3.每次訓練上課人數 7~28 員，在此以 14 員計算。 <p>※計算：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.年課堂時數=2935/14=209.6 小時。 2.助教成本=3×209.6×170=106917 元。 3.兵力成本=4×209.6×137=112368 元。 4.合計 2+3=219286 元。 <p>※可節省效益為 219286 元。</p> <p>二、油料損耗：(不包含維保損耗)</p> <p>使用架橋模擬軟體時，可節省實作架橋訓練時之 2 輛多用途橋車及 4 輛堆高機油料損耗。</p> <p>※條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.多用途橋車每小時耗油約 15.14 公升。 2.堆高機每小時耗油約 3.8 公升。 3.柴油 1 公升約 30 元。 4.每組系統訓練人數為 7 員。 <p>※計算：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.年課堂時數=2935/7=419.2 小時。 2.堆高機成本=1×419.2×3.8×30=47798 元。 3.多用途橋車成本=2×419.2×15.14×30=380879 元。 4.合計 2+3=428677 元。 <p>※可節省效益為 428677 元。</p> <p>三、合計效益：219286+428677=647964 元。</p>
其他價值效益	<ol style="list-style-type: none"> 一、架橋作業風險性高、亦考驗作業人員體力、耐力，透過模擬軟體操作大幅度效降低危安因素，在無安全顧慮下，使學員週而復始的模擬訓練，充分熟悉架橋作業後，再實施實際架設，有效降低作業風險。 二、可降低機械裝備損耗。 三、避免橋材橋材主件及零附件因教學而損壞。 四、鑑於架橋訓練場地有限，透過模擬軟體教學，可不受天侯、時間及地點等時空因素影響。 五、可模擬並設定實際裝備無法設定的作戰狀況，以訓練學者在緊急狀況之處置能力。 六、有效強化架橋指揮能力。

資料來源：工兵訓練中心作發室暨本研究彙整。

四、橋材裝載作業精進作法

LSB 重框橋貨櫃開口設計於貨櫃的兩端，造成橋材進出空間狹小，影響了作業效率及風險，改善方式可將貨櫃改裝側方開門以增加期作業空間，惟經可行性評估(如表 5)，改裝貨櫃雙側開門，雖可簡化作業程序，有利於裝載作業效率及安全之提升，但考量貨櫃結構強度降低、改裝成本高昂及作業效率提升有限等因素，改裝貨櫃雙側開門明顯不符成本效益，建議不予改裝。為利 LSB 重框橋橋樑裝載作業便利，另提出以下 2 改善方案：

(一)購買貨櫃裝載專用堆高機(市價約 60 萬一部)

一般堆高機門架之設計，在其貨叉舉升時，門架亦會隨之上升，以增加貨物舉升高度及速度，惟此一設計亦造成門架會超過貨櫃高度，致無法於貨櫃內實施橋樑裝載作業，而貨櫃裝載專用堆高機之門架經特殊設計，適合於貨櫃內叉舉貨物，可滿足我裝載作業需求。

(二)研發貨櫃裝載專用板台(原型約 20 萬一板)

原廠實施橋材貨櫃裝載時，運用枕木結構成一木質滑撬板台墊置於橋材下方，用以協助拖拉橋材進出貨櫃，解決貨櫃裝載難題，惟木質滑撬磨擦力大，需使用 5 噸以上機具始可拖動，作業條件高，且木質滑撬板台為一簡便之臨時構造，通常使用 3~5 次即會耗損，在部隊頻繁訓練下多已損壞，建議可朝研發貨櫃裝載專用板台方向進行，研發一種可重複使用且便利進出貨櫃之專用板台，以滿足我裝載作業需求。

表 5 貨櫃改裝效益評估表

L S B 重 框 橋 貨 櫃 改 裝 效 益 評 估 表					
區 分		改 裝 (貨 櫃 雙 側 開 門)	現 況 (貨 櫃 兩 端 開 門)	優 劣 比 較	
				改 裝	現 況
作 業 效 率	時 間	單一貨櫃：15 分鐘 全橋材：105 分鐘	單一貨櫃：45 分鐘 全橋材：315 分鐘	較優	
	人 力	5 員	11 員	較優	
作 業 需 求	機 具	2.5T 堆高機	2.5T 堆高機*1 牽引機具*1	較優	
	場 地	兩端及雙邊均可裝載，場地限制小運用方便。	僅可兩端裝載，場地限制大(須有一大縱深場地)。	較優	

結強	構度	為從貨櫃兩側開門，挖開原有櫃牆，造成結構強度降低，雖經補強，但仍因設計限制，無法恢復原有強度，造成貨櫃僅可從底部吊運，無法從頂部吊運及疊置。	原貨櫃結構設計，可使貨櫃從底、頂部吊運及疊置，對貨櫃運輸及儲放較為便利。		較優
作程	業序	兩端及雙邊均可裝載，貨櫃開口較大，橋材進出方便，作業程序較為簡單。	僅可兩端裝載，貨櫃開口較小，橋材進出障礙多，作業空狹小，作業程序較為複雜。	較優	
作風	業險	貨櫃開口較大，橋材進出方便，作業空大，橋材均可由堆高機搬運，作業風險較小。	貨櫃開口較小，不利橋材進出，且部分橋材須由人員搬運，作業空狹小，造成作業風險提高。	較優	
投成	入本	1.單一貨櫃改裝費用 82 萬。 2.全軍 LSB 貨櫃計有 49 只，改裝費用估計為 4018 萬。	無		較優
利分	益析	<p>1.作業效率提升</p> <p>作業效率高低取決 2 個因素，分別為「作業時間」及「作業人數」，在達成同樣結果前提下，投入人力越小、使用時間越短，其作業效率越高，惟考量 LSB 裝載作業均是以堆高機實施裝載，人力僅負擔網紮及交管作業，所以人員增加對裝載效率提升並不明顯，故在此討論裝載效率時，不把人數考量在內，僅對作業時間實施探討，說明如下：以貨櫃現況而言，全橋材裝載時間為 315 分鐘，而貨櫃改裝雙側開門後，全橋材裝載時間為 105 分鐘(模擬驗證數據)，較原本裝載時間減少 210 分鐘，也就是減少 66%裝載時間，有效的提高了裝載作業效率，惟就橋樑架設整體作業時間(2775 分鐘)而言，僅減少 7.5%作業時間，也顯示出貨櫃改裝後所減少之作業時間，對整體架橋作業效率之提升有限。</p> <p>2.其他效益</p> <p>貨櫃改裝雙側開門，除了作業效率提高之外，還可「降低作業需求」及「簡化作業程序」進而「提升作業安全」，說明如下：以貨櫃現況實施裝載作業時，因貨櫃採兩端開門，造成貨櫃進出口及內部作業空間狹小，不利堆高機叉運及人員網紮固定橋材，須以較高的作業需求及繁雜的作業程序，始可將貨櫃完成裝載，若將貨櫃改裝雙側開門，可有效增加貨櫃進出口及內部作業空間，便於堆高機叉運及人員網紮固定橋材，屆時將可簡化作業程序、降低作業需求，有效提升作業安全。</p>			
缺影	弊響	<p>1.結構強度降低</p> <p>就結構強度而言，為從貨櫃兩側開門，挖開原有櫃牆，造成結構強度降低，雖經補強，但仍因設計限制，無法恢復原有強度，造成貨櫃僅可從底部吊運(仍有安全風險)，無法從頂部吊運及疊置，不僅降低了貨櫃結構強度，還影響了貨櫃運輸及儲放的便利性及安全性。</p> <p>2.預算資源排擠</p> <p>單一貨櫃改裝費用經訪商估價需花費 82 萬元，而全軍 LSB 貨櫃總計有 49 只，估計全案改裝費用將高達 4018 萬，改裝成本高昂，致使本案預算將影響其它預算規劃，造成預算資源排擠，影響現行規劃及未來發展。</p>			
結	論	<p>綜合上述可行性評估，改裝貨櫃雙側開門，可簡化作業程序，有利於裝載作業效率及安全之提升，惟考量貨櫃結構強度降低、改裝成本高昂及作業效率提升有限等因素，改裝貨櫃雙側開門明顯不符成本效益，建議不予改裝。</p>			

資料來源：本研究彙整。

結語

機械化架橋既可節省許多人力，也可節省許多時間，因之而成為未來的軍隊主要架橋方式，而我國軍如何朝此方向精進，是為我當前重要之課題¹⁰；現今我國之科技與國防經費，在短期內尚無法達成此類建案構想，但仍應實施中、長期規劃，以有效強化我工兵橋樑架設能力，支援各種戰術任務，達成作戰使命¹¹。**LSB** 重框橋使用預期目標在於精簡橋樑架設兵力與朝向機械化快速化力方向發展，並汰舊換新以確保任務遂行及橋樑通行安全，可滿足 50 公尺以上橋樑跨距及 70 級以上載重能力，各單位應配合年度各項演習、災防演練等時機實施訓練，以肆應未來任務，以下四點建議俾供參考。

- 一、持續辦理 **LSB** 重框橋架設專業班，克服駐地訓練場地受限無法施訓之窒礙問題及廣儲師資建立種能之需求，以提升各作戰區橋樑搶修能量。
- 二、建案提升吊桿能力或購置大型吊車，並研發架橋輔具，克服橋車吊桿能力受限及作業風險高之窒礙問題，藉以實施模組架設，提升架設速度、安全及減少人力。
- 三、建置 **LSB** 重框橋模擬器從事架橋訓練，有效減少裝備訓練損耗，節約裝備維修經費。
- 四、購買貨櫃裝載專用堆高機及研發貨櫃裝載專用板台，克服裝載窒礙問題，以滿足我裝載作業需求。

參考資料

一、中文書籍：

- 1.林奕森，《渡河教範（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，西元 2009 年 7 月 15 日）。
- 2.劉恩光，《**LSB** 重框橋操作手冊（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，西元 2010 年 7 月 2 日）。

二、期刊論文：

- 1.國防部陸軍司令部工兵處，〈陸軍工兵「組織精簡」未來發展與運用規劃報告〉（桃園：國防部陸軍司令部，西元 2011 年 4 月）。
- 2.國防部陸軍司令部工兵處，〈2020 年工兵願景及未來發展規劃〉（桃園：國防部陸軍司令部，西元 2010 年 7 月）。

¹⁰ 李銘正，〈倍力橋架設之績效評估與改善〉《陸軍工兵半年刊》（高雄燕巢），第 131 期，陸軍工兵學校，西元 2007 年 9 月 27 日，15 頁。

¹¹ 黃明秋，〈組織調整後工兵部隊編組與運用之研析〉《戰術研討會》（高雄燕巢），西元 2011 年，2 月。

- 3.黃明秋，〈組織調整後工兵部隊編組與運用之研析〉《戰術研討會》（高雄燕巢），西元 2011 年，2 月。
- 4.李銘正，〈倍力橋架設之績效評估與改善〉《陸軍工兵半年刊》（高雄燕巢），第 131 期，陸軍工兵學校，西元 2007 年 9 月 27 日。
- 5.黃明秋、高得乾，吳俊瑩，〈如何運用現有教育資源，提昇軍事教學品質〉《陸軍工兵半年刊》（高雄燕巢），第 126 期，陸軍工兵學校，西元 2005 年 3 月 1 日。

三、網路參考：

- 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) 。
- 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」。
- 4.陸軍司令部網站詹氏年鑑資料庫，〈LSB〉，[http :
//www.army.mil.tw/](http://www.army.mil.tw/) 。