

制式浮橋運用於固定橋 浮游支點之研究

作者／余志柏中校

■ 提要

- 一、本島內河川遍布其公路橋樑肩負島內公路運輸責任，然而在台澎反登陸作戰中，陸軍是地面最後決勝武力，而機動打擊部隊為陸戰之主角，其是否能及時機動至接戰地區發揮殲敵火力，實為台澎防衛作戰成敗關鍵之一。
- 二、然本軍目前制式橋樑有 M2、MGB，在歷次演習當中常因受限其架設長度而無法在預期機動路線中來實施架設，為使工兵幹部能跳脫架橋思維，改進因橋樑本身架設長度限制，本研究透過 M3 浮門橋之運用，提出浮游支點之參考，期能提升架橋效能。

關鍵字 M3 浮門橋 浮游支點 M2 框桁橋 MGB 中框橋

壹、前言

本島東西受縱向山脈限制，南北受河川阻隔，作戰空間狹長，縱深淺短，易遭敵海、空阻絕，兵力轉用不易，具獨立作戰性質，各戰區主戰兵力發展趨勢已邁入機械化、自走化，其機動越障能力需求將驟增，如何能形成多條機動路線，增進部隊機動速度，迅速感赴所望地區，為台澎防衛作戰成敗關鍵的重要因素。

然 M3 浮門橋具有裝備架設時間短、兵力少，且具防彈、防核生化、承載級數大之功能，無論陸地機動或水中航行，均具有優越之速度，為高機動性之裝備。若僅以 M3 門橋協助各戰區兵力迅速跨河與機動，在時效上難以滿足大部隊越障需求，因此賦予其新的生命，有效發揮其功能，使用 M3 浮門橋時，須搭配其他種類制式橋材，以發揮支援作戰之效能。

貳、浮橋簡介

浮橋者，用船或浮箱代替橋墩，浮在水面的橋樑，可用於行人、公路、鐵路。其構造並不複雜，架拆也方便，平時可用以應急救災或作為臨時性交通設施，

戰時可用以保障軍隊迅速通過江河，軍用的制式舟橋，為增加其機動性，常用輕金屬製成自走式橋。

軍用舟橋器材歷史悠久，據中國古代兵書【六韜·虎韜】中記載，在周代時，軍隊就備有“渡大水”用的“飛江”、“天潢”和“越溝塹”使用的“飛橋”等器材。【詩經·大雅·大明】記載：“親迎於渭，造舟為楫”，記載周文王姬昌於公元前 1184 年在渭河架浮橋。東漢光武帝建武十一年(公元 35 年)，公孫述在今湖北宜都、宜昌間架設長江浮橋。西晉武帝泰始十年(274 年)，杜預在今河南孟津附近的黃河架設河陽浮橋，曾持續使用達 800 多年。宋開寶七年(974)，宋軍渡長江攻滅南唐之戰中，太祖採納樊若水的建議，下令製造了由黃黑龍舟及竹彎等組成舟橋器材，在長江采石磯段僅用三天時間就架成跨江浮橋，而且浮橋實際長度與事先丈量的河寬“不差尺寸”，這是中國最早出現的比較完善的軍用舟橋器材。

在國外，波斯帝國居魯士大帝於公元前 537 年在美索不達米亞修建過浮橋；澤爾士一世於公元前 481 年為進軍歐洲曾在赫勒斯滂(現為達達尼爾海峽)建浮橋，以連接歐、亞大陸。

在歐洲，公元前 327 年，馬其頓國王亞歷山大三世遠征印度時，曾用隨軍攜帶的氣囊和可分解的木舟架設浮橋。在三十年戰爭(1618~1648)期間，荷蘭和法國的軍隊都隨軍攜帶有舟橋器材，其舟是用木材做骨架，外面包上鐵皮或銅皮製成的。1843 年，奧地利軍隊配備了便於運輸和能變換載重量並用木質分節式平底開口舟做浮游橋腳的舟橋器材，1860 年又將舟改成鋼質。這是現代軍用舟橋器材的雛型。

第一次世界大戰以後，浮橋器材的主要受力構件已多用鋼材或鋁合金製造。如日軍的 100 式舟橋器材，美軍的 1926 年式鋁質舟舟橋器材等。第二次世界大戰期間及戰後，美軍裝配了橡皮舟舟橋器材(M2、M3、M4、M4T6)，蘇聯軍隊裝配了閉口舟舟橋(TMII、TIII、和 JIII)。20 世紀 50 年代，法國研製成功季洛瓦自行舟橋器材。此後，波蘭、德國、美國、中國大陸先後成功研製各式舟橋器材，德國、美國還研製成功自走式舟橋器材，器材的性能大為提高¹。

本軍原有之 M4T6 浮門橋(汰舊裝備)其架設、撤收時間長、所須人力多及載重等級較低，已無法適應現代化、機械化之作戰，為因應本島防衛作戰及河川地

¹ <https://www.wordpedia.com/search/gloss2.asp?id=4a22eef28>

形需求，於 88 年增購新式 M3 浮門橋，而現有之 M3 水陸兩用機動浮門橋，其緣起於 1953 年，由德國 EWK 公司廠內發展第一部水陸兩用橋車系統，作為一種在水中提供浮力的自走浮筒，據此生產數百套此類突擊橋供法國及駐歐美軍使用，此裝備為 M2 浮門橋，至今仍在法、德、新加坡及以色列陸軍服役中，可見該裝備之堅固及可靠性。當 M2 兩棲門橋使用多年後，德、英兩國國防部針對 M2 之缺失分別於 1980 年及 1984 年研究新一代快速浮橋，也就是 M3 水陸兩用機動浮門橋之由來。國軍並於民國 88 年向德國採購；主要用以協助戰車迅速跨越河川為本軍之制式渡河裝備。

在未來戰爭中，為了因應強大破壞力之先進武器與高速度機動能力之軍隊，舟橋本身的抗損性及陸上機動能力也必須相對的提高，因此在各國相繼研製之新式舟橋中，其特點不外乎為架設與撤收快速、機動性高且能結合多種噸位之門橋，有的並能架設多種噸位的浮橋，且可方便進行門橋渡河與浮橋渡河的轉換；由於使用時雖受水深和河底土質的影響小，但對岸坡和流速的適應能力卻有一定之限度，由舟橋器材架設的浮橋，其適應流速為 2.5~3.5 米/秒，載重量通常為 80 噸以下，有的則可達 100 噸；而門橋漕渡載重量更可達 140 噸，而為了實現現代戰爭日新月異之要求，其防沈措施與提高單舟架設長度、陸上行駛速度、越野能力、器材加工精度和作業機械化程度等，相形之下更顯的重要。

M3 浮門橋為目前國軍最新制式渡河裝備，其裝備架設時間短、兵力少，且具防彈、防核生化、承載級數大之功能，無論陸地機動或水中航行，均具有優越之速度，為高機動性之裝備。而若能使用 M3 浮門橋搭配目前工兵制式橋材，使其制式橋材不再受限架設跨度，其能跳脫架橋思維，而能賦予其 M3 浮門橋新的生命，有效發揮其功能。

參、就支點架設位置之比較

一、就 M2 中央支點而言：

當 M2 框桁橋架設中央支點時，其架設位置選定條件，須以水流淺、河底坡度平坦及河底性質良好且不易沉陷處才能作為架設中央支點；若其架設位置之土壤承载力較差或表面不平坦時，均須加以補強及整平後，始能架設中央支點，否則將使中央支點無法發揮功能。通常中央支點架設位置之整平方法，係採用砂包

鋪設於架設位置而再於其上放置六塊 M2 框桁橋之橋桁。

二、MGB 中央支點而言：

通常適合於河岸較高、河床為乾涸或淺水之地形實施架橋作業時設置使用，通用輕型中央支點組件之用途，除可在架設作業時作為橋樑推進之支承使用外，主要係用以增加中框橋架設之長度，例如能使載重 60 級橋樑之長度由 31.2 公尺增長為 60.4 公尺，載重 24 級橋樑之長度由 45.8 公尺增長為 80.6 公尺；其中央支點設置限制條件如下：

(一) 基座設置之位置限制²

- 1、由於通用輕型中央支點之基座在水中會產生鏽蝕現象，且水流會影響中央支點之穩定，因此不可設置於水中。
- 2、基座設置位置之地面至少須有 4 公斤／平方公分之承載能力，否則必須採取增強其承載力之措施，使中央支點具有足夠之支承能力。

(二) 橋樑架設之坡度限制

- 1、橫向坡度：近岸端節間為 10%，遠岸端節間不論與近岸間同向或反向之坡度亦為 10%。
- 2、縱向坡度：遠、近兩岸間之高差最大不可以超過橋長之 10%，且不可以超過 5 公尺。

(三) 中央支點之高度限制

中央支點支承橋樑之高度，至少必須高過兩岸靜止點水平間之連線。

(四) 中央支點之傾斜限制

由中央支點基座至頂端之最大傾斜度為 5 度，且不能超過 1 公尺。

(五) 架設場地之縱深限制

依規定架設場地之作業縱深至少須有 30 公尺長（不含推橋車輛所需之空間），且禁止於場地受限作業縱深不足之情況下，利用配重方式實施架設作業。

(六) 作業場之風速限制

- 1、於橋樑架設作業中如有側風，其風速在 10 公尺／秒（約 36 公里／時）

²陸軍總司令部，MGB 中框橋操作手冊上、下冊，國軍準則— 陸軍—三一七—二八，陸軍總司令部頒行，民國 90 年 9 月第 8-3、4、5 頁

以下時，並不影響架設作業；倘若超過 10 公尺／秒時，則須於橋樑上可能產生橋樑旋轉之一側設置錨定設施，並且於引進樑尚未落置於中央支點上之前，該錨定設施絕不可撤除。

2、如側風之風速超過 18 公尺／秒（65 公里／時）時，則不能實施任何橋樑架設作業。

3、各種橋長之最大容許風速，如附表一

附表一 MGB 橋樑最大容許風速

橋樑長度（公尺）		33~44	45.8~60.4	62.3~80.6
容許風速 （公尺／秒）	有車輛通行時	50	35	20
	具 5%坡度且 有車輛通行時	10	10	10
	無車輛通行時	50	35	35

資料來源：MGB 中框橋操作手冊 8-5 頁

三、就 M3 浮游支點而言：

- （一）最小水深 1.2 公尺且流速不得大於 3.5 公尺／秒。
- （二）岸高不得超過 2.5 公尺。
- （三）作業區內不得有暗礁。
- （四）作業區內不得有過多漂浮物，如布袋蓮等。
- （五）如於近海口作業，需考慮潮汐狀況，以利橋車進出水面。
- （六）進出水面之區域不得為泥濘之地面。
- （七）進出水面之道路寬度，須大於 7 公尺。

四、基於上述三者設置中央支點所發現之比較各種利弊因素，將其歸納其架設位置主要因素為：

（一）水深：

河水深度對架設中央支點的影響，一般而言人員所能徒涉深度限制概為九 0 公分以下，若水深超過九 0 公分以上，不僅在人員運動方面有困難更何況談論架設 M2、MGB 中央支點，且 M2、MGB 僅能設置於水流淺，至於浮游支點的架設，則必須有一、二公尺以上之水深。本島河川在旱季中，大多數河川之中、上游河床乾涸水淺尚可徒涉渡河，其河川之下游水流和緩水深平均都超過九 0 公分以上，然而會影響部隊機動之橋樑絕大多數均集中在河川

的下游，單就水深言架設浮游支點為最好考量。

（二）流速：

河川流速在部隊機動行徒涉等渡河作業時之限制，通常徒涉不得超過每秒一·四公尺，而浮游支點架設則須不得超過每秒三·五公尺；以 M2、MGB 中央支點為例，基座在水中會產生鏽蝕現象，且水流流速會影響中央支點之穩定，可見流速對 M2、MGB 中央支點作業之影響甚鉅。在本島旱季時各主要河川之流速和緩，僅不會對浮游支點造成影響，但於雨季時河水驟增、流速湍急，尤其山洪暴發或發生土石流時，則根本無法架設任何形式的中央支點。

（三）河底性質：

不同的河床土壤性質有不同之承壓能量，因此對中央支點架設之順利與否具有重要的關係。本島主要河川之河底性質概分泥沙、砂石、卵石河床等三類，同一條河川之上、中、下游河底性質亦均有差異。概言之本島河川各適宜渡河區段，大多為砂石河床，部份為泥沙土質，由於土壤承載能量變異，尤其河床砂石濫採情形嚴重，其 M2、MGB 僅能設置於河底坡度平坦、河底性質良好之地形，而 M3 除了有漂浮物之考量外，亦不受河底性質困擾的問題。

若設置 M2、MGB 中央支點必須遷就其所能設置位置而無法達到支援之效應，如以 M3 作為支點其所設置條件限制因素將大為減低。

肆、架設人力與時間、載重等級之比較

本島河川共計一八二條，大多源於中央山脈，東西分流入海，流域甚短且水量不定，上游流經山區流速湍急、河道多彎折，下游則漫流於平原上水流和緩、河幅較寬，將平原地形分割，造成南北交通不便。其中主要河川有二二條，對防衛作戰之兵力轉用及部隊機動影響較鉅。

然橋樑若遭敵破壞，其橋樑架設速度快與否，將直接影響到戰力能否適時支援任務，而目前本島河川河幅少則六、七十公尺，甚有二百公尺以上，然就架設制式橋樑則須運用中央支點才能來架設，而中央支點架設人時及承受載重等級為架設考量的重要因素之一，以下就 M2 中央支點、MGB 輕型中央支點、M3 浮游支點從架設人員、時間、載重等級幾個方面作比較。

一、就架設人員而言：

M3 浮游支點架設人員需要 9 員、M2 中央支點架設人員需要 20 員、MGB 輕型中央支點架設人員需要 13 員，就架設人員以 M3 最為節省人員。

二、就架設時間而言：

M3 架設三舟浮游支點所需時間 20 分鐘、M2 中央支點架設所需時間 3 至 4 小時，MGB 輕型中央支點架設所需時間則依天候光度情況需要時間是 4-8 小時，就架設中央支點所花費時間來說 M3 所架設使用時間最少。

三、就載重等級而言：

M3 架設三舟浮游支點能提供載重等級可達 120 級（如附表二），M2 中央支點能提供載重等級輪型車輛 50 級、履帶車輛 55 級（如附表三），MGB 輕型中央支點能提供載重等級 60 級（如附圖一），以載重等級而言以 M3 能提供為最高。

就 M2、MGB、M3 三者中央支點來做比較，不管在架設編組人員、架設時間、載重等級方面 M3 都是最能符合節省人時且載重等級亦是三種中央支點承受級數最高，可作為在中央支點架設上的最好考量。

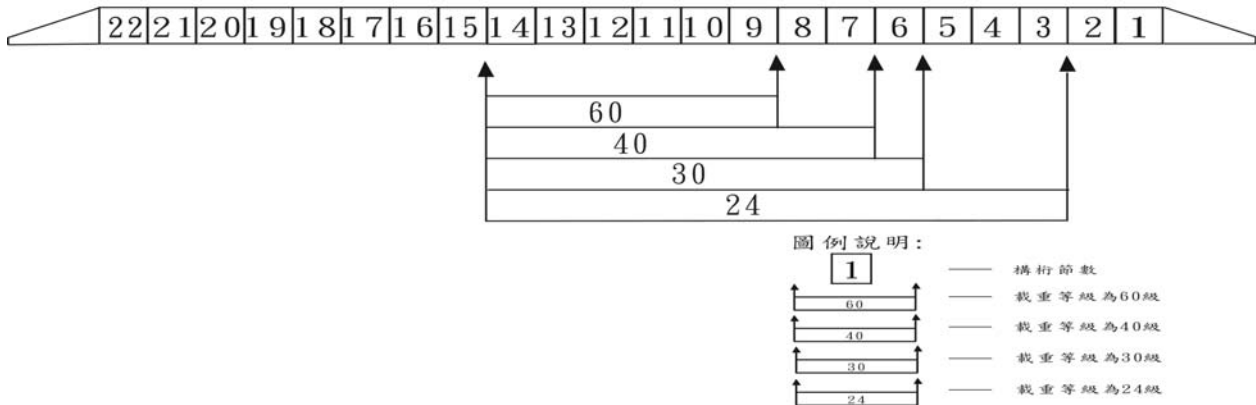
附表二： 三、四舟門橋架設形式及載重等級

型式		門橋長度	可負載長度	所需橋板	備份橋板	載重等級
三舟	封閉式	32.77m	19.38m	10	1	120 級
	開放式	42.85m	29.46m	12	3	120 級
四舟	封閉式	39.23m	25.84m	12	0	140 級
	開放式	54.35m	40.96m	15	3	140 級

資料來源：M3 機動浮門橋操作手冊 4-3 頁

附圖一：MGB 中央支點設置範圍及載重等級

橋長 L=49.5M(22節)



資料來源：MGB 中框橋操作手冊下冊附件 1-4 頁

附表三：M2 框桁橋連續跨距橋樑之載重等級

M2 框桁橋連續跨距橋樑之載重等級（節間等距時）

跨度 (呎)	結構種類						
	一路一層	二路一層	三路一層	二路二層	三路二層	二路三層	三路三層
30	24						
40	20						
50	20	65/65					
60	20	60/60					
70	16	50/55					
80	16	45/50	80/80				
90	12	40/45	70/70				
100	12	35/40	60/60	90/90*			
110		30/35	50/55	80/80	100*/90*		
120		20	40/45	65/70	90/90*		
130		16	30/35	50/55	80/80	90/90*	
140		12	24	40/45	60/65	75/80	
150			20	30/35	50/55	65/75	
160			12	24	40/45	60/65	80/90*
170				16	30/35	50/60	75/85

180				12	20	40/45	65/75
190					16	30/30	50/55
200							35/40
結構規定	一、假定各節間跨距均相等。 二、在中央支點上只允許實施下列結構之轉換：一路一層變二路二層、二路一層變二路二層、三路一層變三路二層、二路二層變二路三層。						
註記	一、*：表示受橋幅寬度限制。 二、表中級數說明：輪車載重等級／履帶載重等級；單一級數時係屬30級以下，不區分履帶或輪型。 三、如載重等級在70級以上之橋樑，每一冠材結構處須使用雙冠材。						

資料來源：M2 框桁橋操作手冊上冊 1-21 頁

伍、運用於橋樑支點之研析

一、從承受載重能力方面

M3 門橋作為浮游支點形式為三舟門橋，其封閉式結合後載重可達 120 級以上，由渡河教範車輛載重等級表中其三舟門橋封閉式結合後，最大可通行輪型車輛 125.4 公噸、履帶車輛 109 公噸，然目前 M2 框桁橋三路一層跨度 210 呎一付橋全重 71.61 公噸、MGB 22 節雙層橋每付全重 32.48 公噸，若由三舟門橋來作為支點承受 M2 框桁橋或 MGB22 節雙層橋重量應可以承載且無安全上的顧慮與考量。

若將浮游支點當做成連續跨距橋樑每一節間跨度之範圍來看，如於每一節間跨度均相等，其節間之範圍則依架設橋樑之長度來決定，如果浮游支點與浮游支點之間的節間距離過長將會因其靜載重太大，而造成載重等級降低。

以 M2 框桁橋誇度 210 呎、結構型式三路一層及 MGB 22 節雙層橋來看，M2 框桁橋每一跨距約為 32 公尺載重可達輪型車輛 50 級、履帶車輛 55 級（可通行輪型車輛 52.72 公噸、履帶車輛 50 公噸）；MGB 22 節雙層橋每一跨距約為 20 公尺載重可達 60 級（可通行輪型車輛 63.6 公噸、履帶車輛 54.5 公噸）。

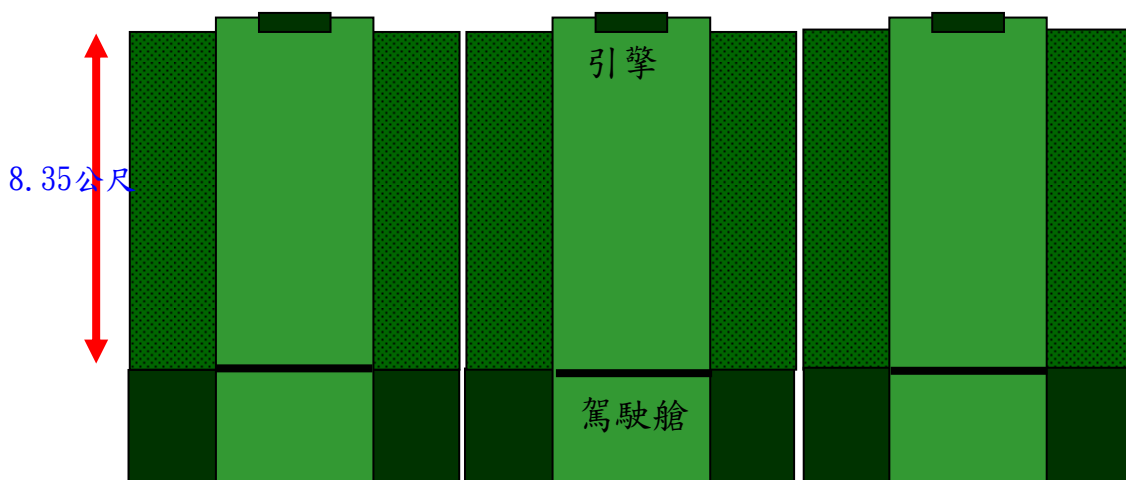
因此若將三舟門橋作為運用於M2框桁橋及MGB雙層橋之中央支點其載重能力將能符合所要求。

二、從架設流程方面

利用M3當浮游支點來架設其考慮主要因素有二個：一是M3浮門橋上所能運用（架設）空間、二是M3浮門橋上如何來設置M2框桁橋、MGB雙層橋所要使用滾具擺設方式。

M3浮門橋架設成浮橋或門橋後可提供履帶車輛及輪型車輛可用的通行寬度為4.76公尺，然就M3浮門橋上可提供的可用空間為8.35公尺（如附圖二），而M2框桁橋及MGB雙層橋在完成架設後均在M3浮門橋可用空間架設範圍，在此可由附圖三清楚顯示。

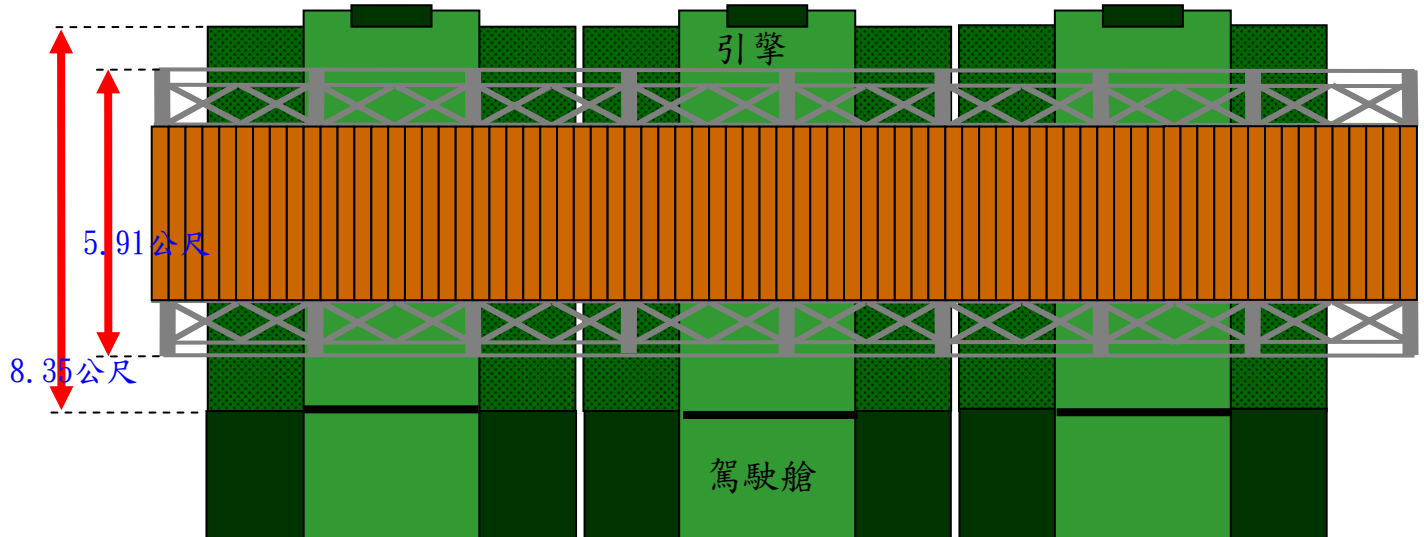
附圖二：M3浮游支點可用寬度



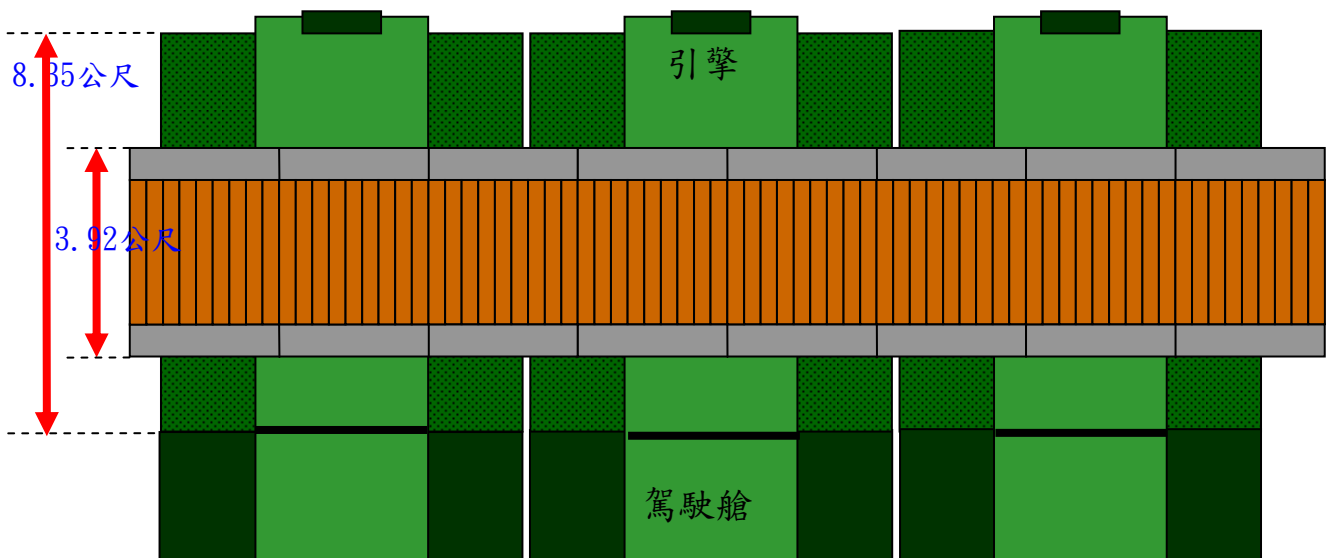
資料來源：余志柏提供

附圖三：M2 框桁橋、MGB 雙層橋可用寬度示意圖

M2框桁三路一層架設於M3浮游支點可用寬度示意圖



MGB雙層橋架設於M3浮游支點可用寬度示意圖



資料來源：余志柏提供

M3 架設成門橋後除空間可提供外，其空間平坦有利來實施設置滾具作為中央支點之支撐，設置滾具所需之器材如附表四中所列，利用 M3 作為浮游支點其設置滾具方式及擺放位置如附圖四，其中所使用之 M4T6 橋桁的部份則因兩岸及水面之高層差而可以調整運用其他器材，如 M2 框桁橋的橋桁、MGB 的構桁等等的器材。

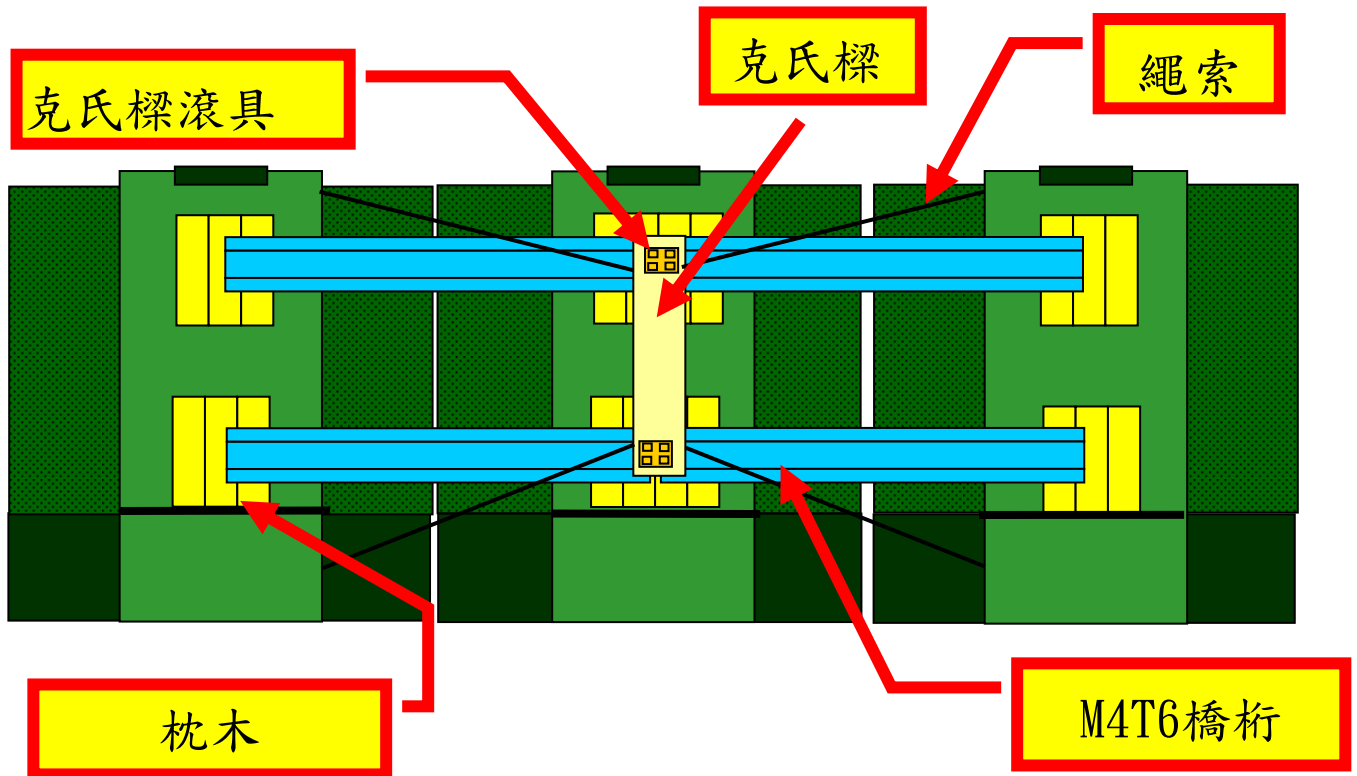
附表四

M3 浮游支點滾具設置裝備器材數量表	區分	M2							MGB						
	項次	一	二	三	四	五	六	七	一	二	三	四	五	六	七
	器材名稱	大滾具	大底板	大滾具承座	M4T6 長橋桁	M4T6 短橋桁	M4T6 加強材	枕木	MGB 克氏樑	MGB 克氏滾具	M4T6 長橋桁	M4T6 短橋桁	M4T6 加強材	枕木	MGB 橋面板繩索
	數量	四	二	四	十二	六	三	四二	一	二	十二	六	三	四二	十

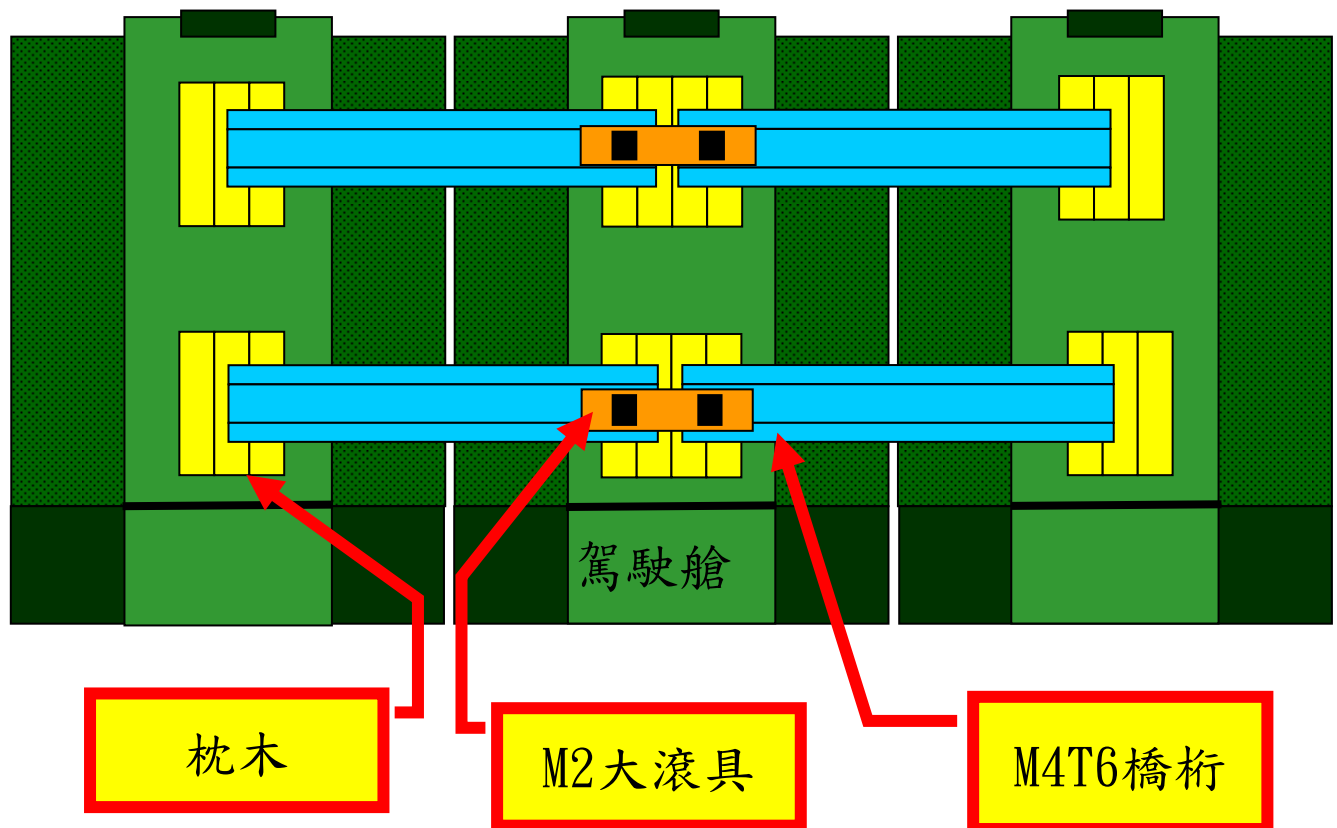
資料來源：余志柏製作

附圖四：MGB 克氏樑滾具、M2 滾具設置示意圖

MGB 克氏樑滾具設置示意圖



M2 滾具設置示意圖

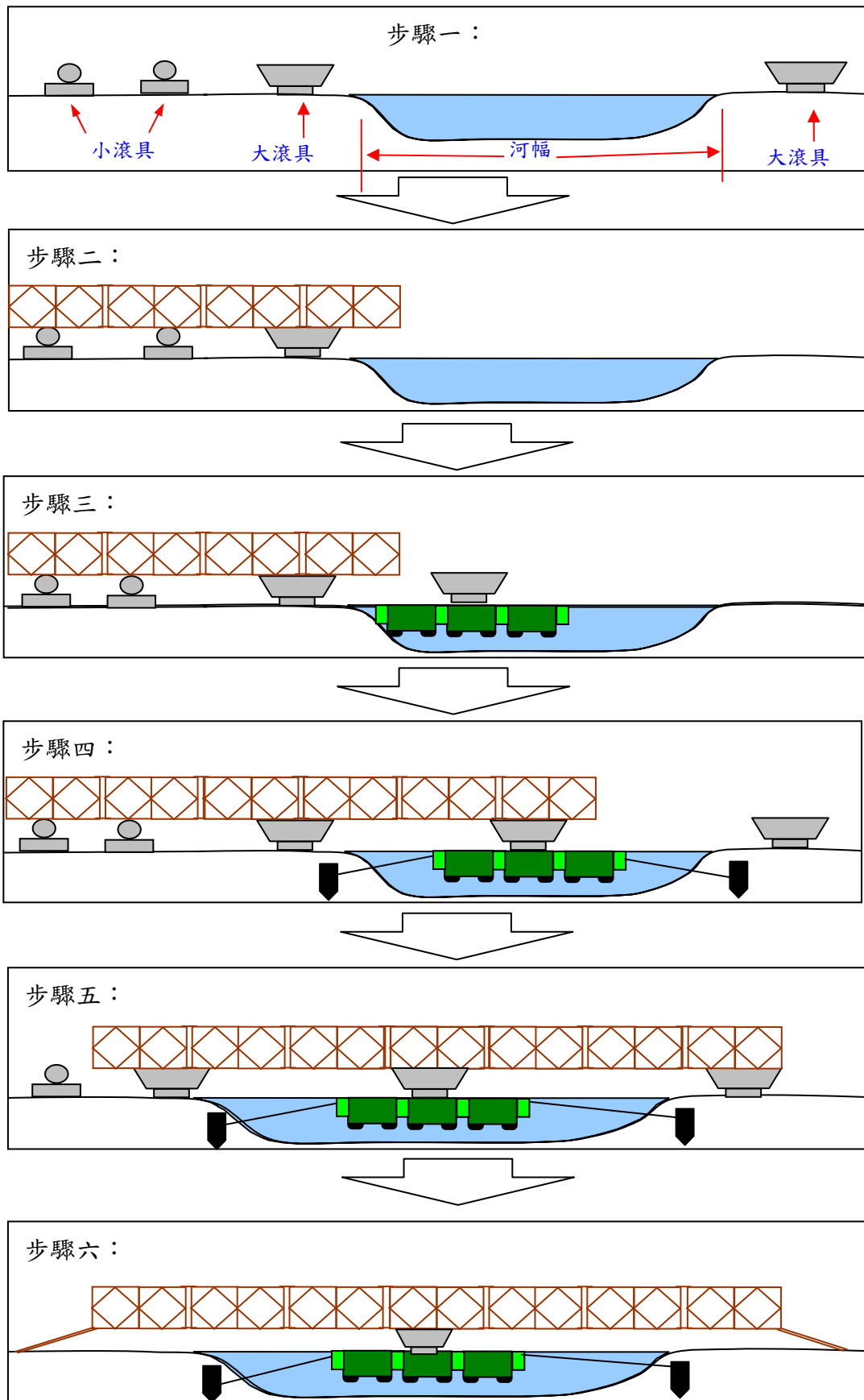


資料來源：余志柏提供

利用 M3 當浮游支點架設順序流程（如附圖五、六）：

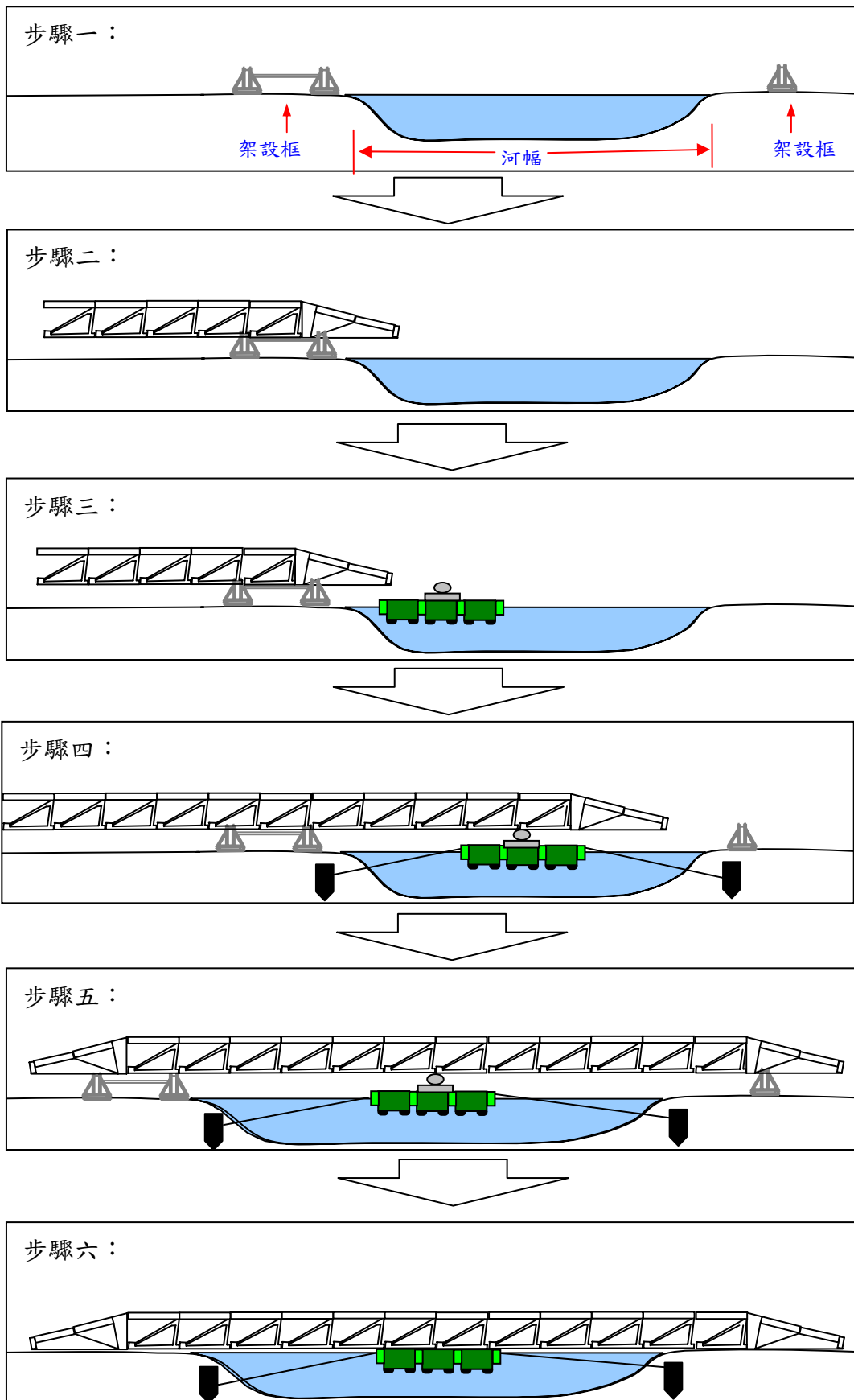
- （1）步驟一：利用儀器測量以取得岸高及水面之高層差，作為設置遠、我岸滾具及浮游支點滾具之高層，結構三舟封閉式門橋並依所測得高層差來設置滾具，並先期完成架橋準備作業及兩岸滾具設置。
- （2）步驟二：實施 M2 框桁橋或 MGB 雙層橋正橋節之架設，但不架設引進橋節或引進樑。
- （3）步驟三：將三舟封閉式門橋靠岸以繩索繫留，使其能作為調整活動空間利於橋能跨上滾具，利用多用途橋車或履帶機動橋車將已完成 M2 或 MGB 之正橋節向三舟封閉式門橋推進，使其 M2 或 MGB 之正橋節能上至三舟封閉式門橋所設置之大滾具或克氏滾具樑，並向遠岸緩緩推進而 M3 則利用其側行特性也向遠岸推進。
- （4）步驟四：將三舟封閉式門橋推至中央位置時利用 M3 上的錨來下錨以確保浮游支點穩定並以鋼索利用張網器來張緊，並採四五度角向外繫留，而 M2 或 MGB 之橋節則待浮游支點穩定後再持續推進。
- （5）步驟五：將其剩餘正橋節架設完畢，並再利用多用途橋車或履帶機動橋車推進至遠岸，推進當中須注意有無偏離滾具及橋頭中心線的位置；在橋樑推進當中須注意多用途橋車或履帶機動橋車推進時要力求緩慢、平穩以免造成對支點過大的衝擊。
- （6）步驟六：實施落橋並完成安全檢查工作。

附圖五：M2 框桁橋利用浮游支點架設流程



資料來源：余志柏提供

附圖六： MGB 利用浮游支點架設流程



資料來源：余志柏提供

陸、結論

本研究其內容是由一些美軍技術教範中所引發的構想，再加上目前所蒐集資料極為有限，但能將所寫的研究提出來拋磚引玉，來啟發我們工兵幹部能持續探析先進橋材之運用，研究渡河方法之創新，跳脫架橋這方面之思維。

未來若能朝向以下幾點來邁進，第一點利用學校本身人工湖來實施實地架設，但須有承擔因實驗所造成之傷害，M3 裝備之損壞、橋材變形等等問題；第二點利用民間學術機構來實施如極限載重試驗等等的驗證，如此才能將這些實驗數據作為運用於現有河川架設時，作為強而有力的立論；第三點研發其它應用之浮游支點運用於制式橋樑架的設方式。

歷史告訴我們，善於研究發展者掌握主動，亦將主宰戰場，歷次戰爭的改變，勝利者永遠主導武器研發而改變戰爭型態，讀戰史並非查戰敗之因，是要看出主宰勝利之因素為何？我們一直在學習歷史錯誤，而無法在預期勝利中研發新的事務。

參考資料：

- 一、陸軍總司令部，M2 框桁橋操作手冊上、下冊，國軍準則—陸軍—三一七—三〇，陸軍總司令部頒行，民國九十一年九月
- 二、陸軍總司令部，MGB 中框橋操作手冊上、下冊，國軍準則—陸軍—三一七—二八，陸軍總司令部頒行，民國九十年九月
- 三、陸軍總司令部，M3 浮門橋操作手冊，國軍準則—陸軍—三一七—二七，陸軍總司令部頒行，民國九十年六月
- 四、陸軍總司令部，渡河教範，國軍準則—陸軍—〇〇五—十六，陸軍總司令部頒行，民國八十四年十二月
- 五、M2 美軍技術手冊

作者簡介

余志柏中校，現為渡河組主任教官。

學歷：中正理工專二一期、工校正規一三九期、陸院九三年班。

經歷：排長、連長、裁判官、教官。