

預鑄式掩體簡介及效益評估

作者/洪正偉少校 林明宏中校

提要

1. 戰力保存包含了工事、掩體（以下統稱掩體）構築，但礙於民意高漲、購地徵地不易及民眾對軍事設施構築抗爭不斷等種種因素下，無法預先構築掩體，世界上許多國家為改善此種窘境，期使構築野戰掩體應用廣泛性和構築快速性，迫使其軍隊重視研究發展預鑄式掩體，其中輕構件預鑄式掩體力求減輕構件重量，便於攜帶，並提高其通用性和系統化。
2. 掩體採用預鑄結構可簡化現地作業，縮短構築時間，適於在夜暗、惡劣天候、地形和有敵情顧慮等情況下構築掩體，便於大量應用於野戰掩體構築。
3. 掩體評估以野戰、混凝土及預鑄式相比較，區分單兵及砲兵掩體，以作業時效性、抗炸性、經濟性、實用性、發展性、使用者心理等層面評估，比較後發現預鑄式掩體可符合未來應急作戰需求、作業速度快、機動能力高、防護效能強、作業兵力少的需求。

關鍵詞：預鑄式掩體、效益評估

壹、前言

近來中共的「反分裂國家法」已明示不放棄武力犯台，因此我國九十五年國防報告書指出「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」的建軍指導^[1]，因應國軍之新軍事戰略及建軍整備之目標，除建立兼負救災、應援反恐任務外，於戰時需遂行「戰略持久、戰術速決」作戰指導，其中戰力保存便是戰略持久的一環，而戰力保存包含了工事、掩體（以下統稱掩體）構築，但礙於民意高漲、購地徵地不易及民眾對軍事設施構築抗爭不斷等種種因素下，無法預先構築永久掩體及預置阻材等戰場經營及戰力保存措施。

世界上許多國家為改善此種窘境，期使構築野戰掩體應用廣泛性和構築快速性，迫使其軍隊重視研究發展預鑄式掩體，其中輕構件預鑄式掩體力求減輕構件重量，便於攜帶，並提高其通用性和系統化，如單人或多人使用預鑄式掩體；而發展重構件預鑄式掩體則為取代永久固定式掩體，以增強掩體的機動應變能力及節省公帑。

再者共軍曾於演習時利用預鑄式掩體（共軍稱為裝配式工事），其一個工兵排可於 4 個小時內快速鋪設集團軍前進指揮所一座；一個單兵掩蓋野戰掩體僅用 3 分鐘即可構築完成，且目前共研發 24 種系列的野戰掩體^[2]；而我國軍亦由後備司令部於近年的漢光演習在宜蘭展示一種款式的預鑄式掩體（後備司令部稱為組合式碉堡），主要用於發揚火力，避免我軍傷亡，及妨礙敵之機動，設置位置以敵可能接近路線之交叉路口，以能瞰制責任區及封鎖道路為主，對敵直射武器能有效防護，可收嚇阻敵人、先期警報敵情之效^[3]。在防護力方面經過實測結果皆是無法穿透測試板可知其抗貫穿力不輸永久式掩體，由此顯示預鑄式掩體之未來實用性。

註¹ 〈中華民國九十五年國防報告書〉，（台北，國防部史政編譯局），民國 94 年 12 月，頁 94。

註² 〈解放軍報〉，民國 91 年 12 月 18 日，第 10 版。

註³ 後備司令部，組合式碉堡製作、運用簡報，民國 94 年 6 月。

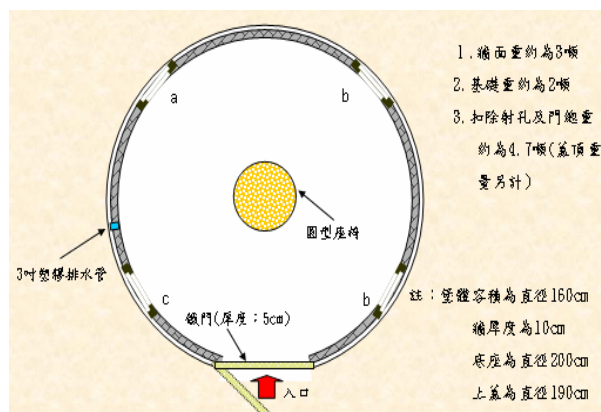


圖 1.1 組合式碉堡平面圖（引自註 3）

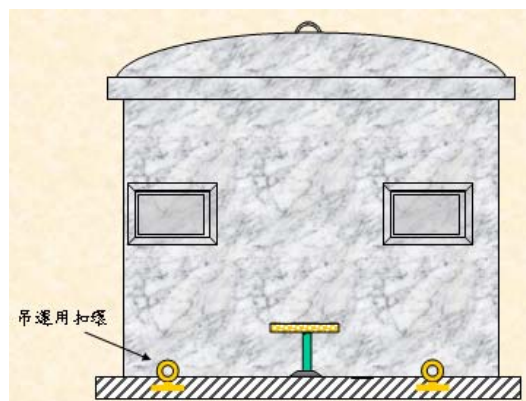


圖 1.2 組合式碉堡立面圖（引自註 3）

3)

貳、預鑄式掩體型式簡介

一、沿革^[4]

預鑄式掩體於古代戰爭中即已出現，其型式為竹木構件預鑄掩體。19 世紀後半，軍隊作戰開始使用高強度材料製作的預鑄構件構築掩體，如 1864 ~ 1878 年，比利時、法國、德國的軍隊把在工廠預製的裝甲砲塔和帽型裝甲頂蓋安裝在混凝土基座上構成掩體。20 世紀初鋼筋混凝土預鑄構件開始用於構築預鑄掩體。

第二次世界大戰前，能多次拆裝使用的波浪型鋼板預鑄掩體已在德國出現。第二次世界大戰中，坦克、飛機等大量裝備部隊，使戰線推進和戰場轉移的速度大大提升，允許構築掩體的時間相對縮短，進而促成預鑄掩體的發展。戰後隨著部隊機械化程度的提高與新型建築材料的出現，預鑄掩體更顯現其韌性，受到世界各國的普遍重視。

中共於 50 年代開始研製鋼筋混凝土預鑄掩體，60 年代以來世界各地發生的局部戰爭和邊境衝突中使用了許多預鑄掩體，如 60 年代初英國軍隊開始使用鋼骨及帆布構築掩體，而中共第一代波浪型鋼板預鑄掩體亦於此時研製成功，經過不斷改進，逐漸形成系列，但由於鋼筋混凝土預鑄掩體構件重，不適用於野戰掩體，因此於 60 年代末研製鋼絲網水泥預鑄掩體，其構件為薄壁結構，具有自重小、強度高、防水性好的特性，適用於水際、灘頭等高水位的地區。

70 年代初中共開始研製預鑄式骨架柔性被覆掩體，因其自重小，便於運輸，抗炸性好適於當掩蔽掩體。70 年代後，在野戰掩體中廣泛採用各種增強塑料（如塑鋼）掩體和現地發泡成型掩體，為適應現代戰爭的突

註⁴ <中國軍事百科全書（軍事技術）>，（台北，軍事科學出版社編），民國 86 年，頁 1161~1162。

發性和高機動性的要求，克服複雜多變的戰場情況和自然環境對作戰的不利影響。

美國、英國等在 60 年代開始研製集裝箱式掩體，在標準的箱體內，可安裝各種用途的設備，如用作為指揮所掩蔽部、通信、雷達、電子戰設備掩蔽部，野戰醫院及保修掩蔽部等，中共於 80 年代才開始研製集裝箱式掩體和充氣式掩蔽掩體。

二、型式簡介^[5]

預鑄式掩體及障礙物的支撐結構用預鑄構件可在現地組裝而成並多次裝拆使用。

(一) 其預鑄構件，按材料分為：

1. 木竹構件掩體(木拼板、竹片拱、束柴圈等，如圖 2.1)

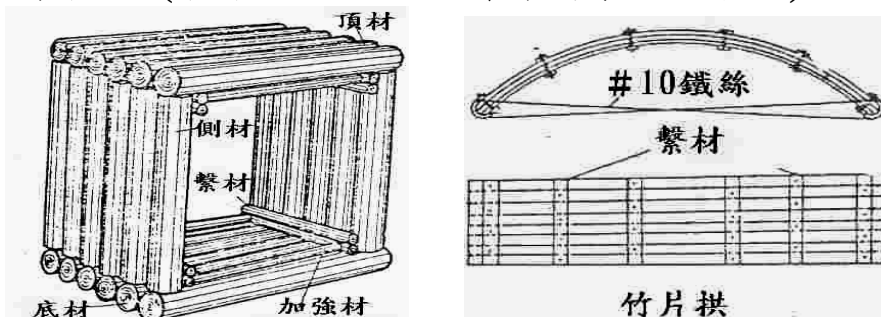


圖 2.1 木框架及竹片拱

2. 水泥製品構件掩體(混凝土、鋼絲網水泥、纖維混凝土釘版如圖 2.2)

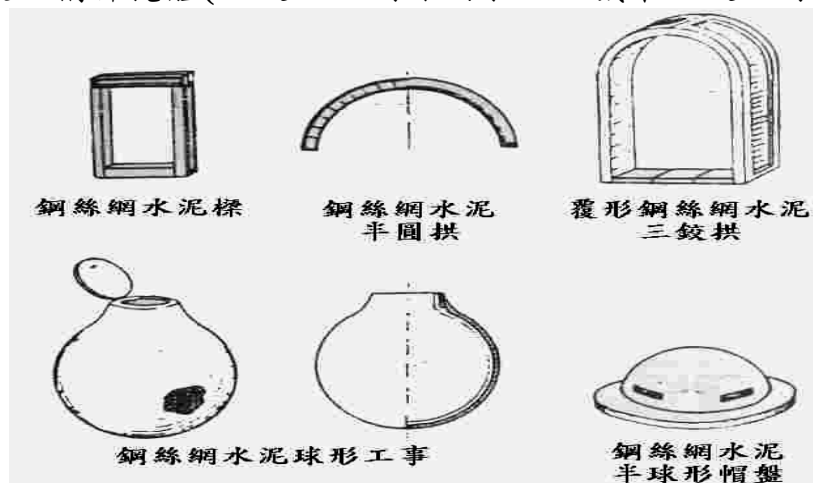


圖 2.2 水泥製品構件掩體掩體

3. 型鋼構件掩體及障礙物 (鋼骨架、鋼絲網卷材等，如圖 2.3)

註⁵ 同註 4，頁 1161。



圖 2.3 型鋼構件掩體掩體

- 4.纖維、塑膠、橡膠構件掩體 (錦綸帆布、玻璃鋼、尼龍繩網、紡織塑膠薄膜、氯丁橡膠等，如圖 2.4)

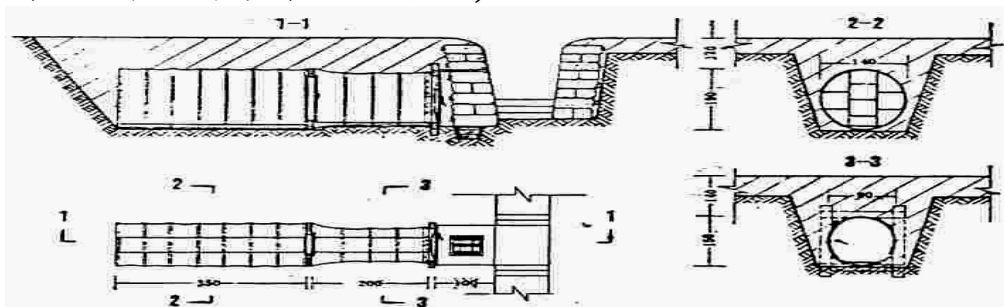


圖 2.4 帆布構件掩體

- 5.充氣式掩體以及集裝箱式掩體(如圖 2.5，圖 2.6)



圖 2.5 充氣式掩體

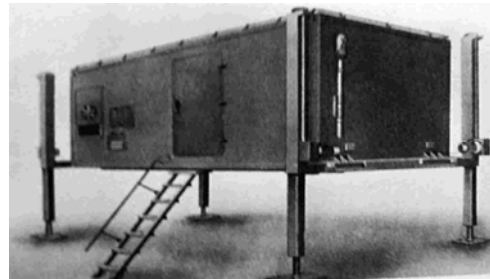


圖 2.6 集裝箱式掩體

- (二) 預鑄式掩體的構件是由節點連接成一整體。
- (三) 構件節點要求結構簡單、裝拆方便、連接牢固。常用的節點型式有榫接 (適於竹木構件)、螺栓、卡扣、插銷連接 (適於鋼筋混凝土、型鋼及工程塑料構件)，以及鐵絲、繩索、抓釘連接等。
- (四) 掩體採用預鑄結構可簡化現地作業，縮短構築時間，適於在夜暗、惡劣天候、地形和有敵情顧慮等情況下構築掩體，便於大量應用於野戰掩體構築。
- (五) 按重量分為輕、重兩類。前者可用人力搬運和裝配(一般重 100 公斤以下)，適於成套裝備部隊機動使用，(其中用於平坦地形重量一般不超過 50 公斤；用於丘陵地形重量一般不超過 30 公斤；用於森林地形重量一般不超過 20 公斤);後者需用起重機械在現場吊裝，適於在預定戰場定點儲備，臨戰時快速裝配成掩體。

參、灘岸防禦現況與未來趨勢

基於中共不斷重申絕不放棄武力犯台的意圖下，台海未來可能發生戰端，經研判最可能之軍事行動其中即為運用兩棲部隊進行逐島或越島登陸攻擊，因此登陸作戰必定要實施，且需掌握「快打、速決」的作為，不能給台灣動員整備之時間。故就未來台海作戰分析，共軍攻台作戰模式，最終乃採灘岸登陸作戰模式，做為最後解放臺灣的手段，因此鑒於臺灣四面環海，未來接戰地區絕對是與敵在灘岸地區實施決戰，故我第一線守備能力將面臨直接考驗，而共軍實施登台作戰為確保其登陸部隊由船渡至抵灘作戰期間安全，特獨創利用滾裝大型貨船裝載地面火炮，在海上直接對我第一線灘岸部隊實施火力制壓及摧毀性射擊，以掩護其登陸部隊登陸安全。

一、灘岸防禦守備現況

（一）鄉鎮民眾抗爭，戰場經營不易

以目前鄉鎮間之民眾對於自我鄉鎮地域觀念意識抬頭，對於軍事設施或是有危害性之公共設施通常都會加以排斥，尤其對其權益有所危害時更甚，也因此要於現況中在重要守備地區及次要守備地區設置堅固據點，溝通與協調便是極為不易的事，更遑論所謂的「廣正面、大縱深、多據點防禦」，再者守備部隊除掩體構築外，還有阻絕設置、臨戰訓練等工作，時間是嚴峻的考驗。

（二）「常後分立」，守備動員

因應「常備打擊，後備守土」之觀念，後備部隊皆是由動員所編成，平時僅有少數幹部在職，然應急作戰階段動員令生效後，則要完成動員編成、臨戰訓練、阻絕設置、陣地構築及火網編成的工作，要這些不太熟悉戰場軍事事務的動員兵來完成這些工作，實是非常困難的試練，如何縮短作業時間為我們需嚴肅思考的課題。

（三）現役及動員兵力心理狀況

臺灣近幾年來由於經濟快速發展，工商業都市社會型態逐漸形成，農業傳統社會的風貌、規範、價值、關係模式，漸趨式微，青少年好勇鬥狠、畏苦怕難的狀態，不斷重演。而軍中是大社會的一個縮影，社會的現象，也會反映在軍中，社會有的問題，也會存在於軍中。而這些經由兵役或動員管道，問題青年進入軍中，隨應召入伍將問題帶入部隊，造成部隊在管教與訓練上的許多問題與障礙，這些問題將影響部隊士氣

、折損戰力，甚而於防衛作戰時將造成守備兵力臨戰訓練的時效拖延。再者對於未曾作戰過的國軍部隊，在砲火齊飛的第一擊下，如何能有堅強信心、堅定信念堅持到最後，相信除內在精神戰力外，外在的防護支撐應不可少。

（四）掩體防護及構築未地下化

目前各作戰區除金門、馬祖等外島外，幾乎所有戰區地下化掩體都不足，以下分別說明：

- 1.指揮所：旅級以下指揮所，大多無既設陣地，目前只能於平時做好兵要調查工作，規劃責任區內各大樓地下室、騎樓、涵洞及隧道等設施；然積極作為，則應編列預算全般規劃機動性指揮所，則可爭取作戰時效。
- 2.戰甲車及火砲：戰甲車及火砲因掩體工事不足，且欠缺數量過於龐大，為考量戰力之發揮，目前陸軍各打擊旅作法乃是利用駐地周邊地形、地物實施疏散掩蔽，減少其戰損，或利用建築物的地下室作為火砲、戰甲車戰力保存的地點，所有後勤物資亦同上述作法，然遭敵砲擊通道毀損後，如何遂行反擊任務，似乎就未將其考量在內。
- 3.戰鬥直升機：因「精實案」所編成之空騎旅，現今均無良好之抗炸機堡，而現階段仍以戰力疏散、隱藏為主，或利用基地附近建築物及預期使用地區之城鎮高大建築物，以利疏散，無法確實做到戰力保存工作，未來應建案規劃興建機動式抗炸機堡，以有效保存戰力。
- 4.永久性陣地、掩體：各作戰區永久式臨海據點、觀測所、各種火砲陣地掩體強度，因年久失修，常有損毀或雜草叢生不符使用情事發生，除少數較重要之掩體工事外，作戰區亦無維修、維護之計畫，因而形同廢墟，如於戰時需利用其遂行作戰，可能將造成作業困難。

二、國軍防禦掩體未來趨勢

（一）具機動性：

傳統防禦掩體皆為固定式，無法因應敵之攻擊主力方向適時加以調整，因此具有高度機動性、有效轉移具主動性應為突破傳統防禦掩體發展之方向。

（二）設置簡易：

檢視目前共軍集團軍屬工兵團的築城分隊，利用預鑄式掩體構件，在 10 小時可構築掩蔽部約 30 餘個，全集團軍的陣地構築分隊，可在 10 小時可構築掩蔽部約百餘個，集團軍之軍、師兩級，可在 10 小時可

構築完成其指揮所的構築任務，也因此可知防禦掩體其設置需越簡易越佳為其特點。

(三) 不易為敵發現：

在敵發起登陸搶灘前，我制空、制海及制電磁權將為敵所掌控，且對沿海一線之守備部隊及防禦掩體必將採取猛火炮攻擊，以確保其登陸效程順利推展，因此有系統有縱深較不易為敵發現而遭致敵炮火所毀，方能有效阻敵於灘頭，以利反擊部隊之發起。

(四) 防護效能大：

敵火炮攻擊下，如何能確保其戰力，以致隨後的發揚火力，為防禦掩體最基本之要求，因此建構此一強度之防禦掩體，亦為國軍需優先考量的重點。

肆、未來趨勢的防禦掩體對陣地編成之影響

由於灘岸陣地編成係由守備部隊完成，因此區分為重要守備地區、次要守備地區及側方警戒地區來加以說明：

(一) 重要守備地區：

為作戰區反擊之主要地區，以「決戰地」（灘岸）為基礎，由前（灘際）向後部署兵力，需以步砲聯合陣地或據點編成，以拘束敵軍於決戰地，然其亦為敵最大可能登陸區域，在敵以「快打、速決」的作為下，未來趨勢防禦掩體將提供良好、快速支撐防護，以防敵突入陣地。

(二) 次要守備地區：

為敵助登陸地區，亦為作戰區反擊兵力運用次要地區，通常正面大、兵力少，採廣正面、大縱深、多據點防禦。亦即陣地需結合地形及村鎮，以據點為主編成，且主力初期前推至灘際附近；先期實施反舟波射擊，遭優勢敵軍壓迫時，以「一部」留置，固守中間據點；「主力」採逐次抵抗，佔領最後確保陣地，由此可知快速機動性及防護力為其主要考量，而未來趨勢防禦掩體即可達到此一目標，對任務之遂行有莫大之幫助。

(三) 側方警戒地區：

側方警戒地區其地形複雜且多通往後方地區之小徑，大部隊運動受限制，研判為敵最可能自海上向內陸實施滲透突擊或佯登陸之地區，故可置未來趨勢防禦掩體於要道，瞰制要點以實施警監與伏擊任務。

伍、預鑄式掩體之效益評估

由於工事掩體型式眾多，如逐一評估則能一一比對相似之工事項目並不多，因此為有效評估其效益，故以單兵掩體及砲兵掩體並區分為野戰簡易掩體、永久工事掩體、預鑄式掩體來作為比較來評估其效益，以作為相較之基準。

一、掩體型式假設：

(一)單兵掩體：區分單人半掩蓋式、單人半掩蓋式混凝土、單人預鑄式掩體，(如圖 5.1、5.2、5.3)。

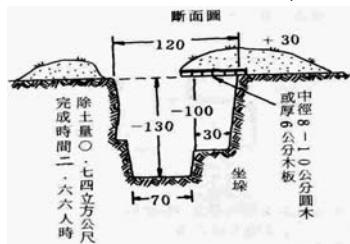


圖 5.1 單人野戰掩體

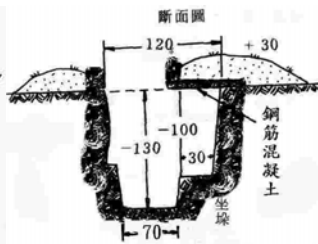


圖 5.2 單人 RC 掩體

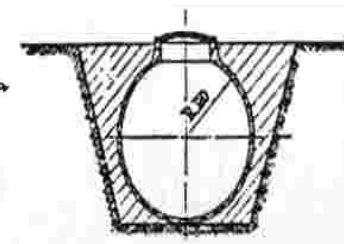


圖 5.3 單人預鑄式掩體

(二)砲兵掩體：區分野戰簡易式、混凝土固定式、預鑄式砲兵掩體，如圖 5.4、圖 5.5、圖 5.6。

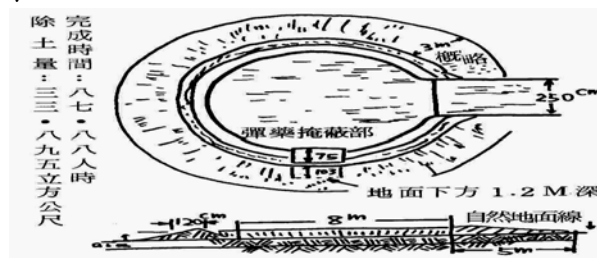


圖 5.4 野戰簡易砲兵掩體

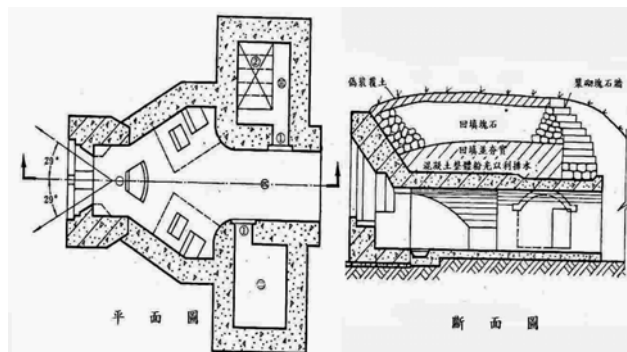


圖 5.5 混凝土永久固定式砲兵掩體



圖 5.6 預鑄式砲兵掩體

二、掩體效益評估

(一) 就時效性言

1. 單兵掩體：

- (1) 單人半掩蓋式野戰掩體：完成時間為 2.66 人時，除土量為 0.74 立方公尺。
- (2) 單人半掩蓋式鋼筋混凝土掩體：型式與單人半掩蓋式野戰掩體概同，惟周邊以混凝土作為護牆，因此需增加混凝土灌漿及養護時間達 7 天以上。
- (3) 單人預鑄式掩體：以一個單兵預鑄式掩蓋野戰工事僅用 3 分鐘即可構築完成。
- (4) 比較：單人預鑄式掩體較佳，單人半掩蓋式野戰掩體次之，單人半掩蓋式鋼筋混凝土掩體較差。

2. 砲兵掩體：

- (1) 野戰簡易式砲兵掩體：完成時間為 87.88 人時，除土量為 33.895 立方公尺。
- (2) 混凝土固定式砲兵掩體：約 2 至 3 個月。
- (3) 預鑄式砲兵掩體：依據共軍 85 公釐加強型鋼絲網水泥屯砲預鑄掩體，其完成時間為 554 人時，總除土量 140 立方公尺。
- (4) 比較：野戰簡易式砲兵掩體較佳，預鑄式砲兵掩體次之，混凝土固定式砲兵掩體較差。

(二) 就經濟性言

1. 由於野戰簡易掩體為人為開挖且所需資材並不多，相對花費亦較少，故野戰簡易掩體在經濟性較佳。
2. 依據台灣採用預鑄工法如不考慮品質、工期、利息等間接成本的因素其工程直接建造成本約為傳統混凝土工法的 115%~130%，但以上係包括鋼模的製造費用、預鑄廠廠房的設備折舊攤提費、搬運費及因安裝預鑄

構件而使用吊車的揚中設備費，以整體營建觀念而言建造基礎量大則工程費用隨之降低，而依據灘岸重要及次要守備地區皆須廣設堅固據點陣地而言，預鑄掩體在掩體本體成本上與鋼筋混凝土掩體相差無幾，然鋼筋混凝土掩體如加上購地徵收費用的話，則預鑄掩體便較優於鋼筋混凝土掩體。

3.比較：野戰簡易式掩體較佳，預鑄式掩體次之，鋼筋混凝土掩體較差。

(三) 就實用性言：

1.野戰掩體：設置簡單可配合部隊戰術運用，但耐久性極差，易受風雨侵蝕而損壞。

2.鋼筋混凝土掩體：設置複雜，耐久性高一般長達 50 年以上，但為固定設施，易受敵查知標定，毫無彈性。

3.預鑄式掩體：設置容易且可配合部隊戰術運用，其耐久性，以目前台灣預鑄工法而言已可達永久工事之標準。

4.比較：預鑄式掩體較佳，野戰掩體及鋼筋混凝土掩體次之。

(四) 就抗炸性言

1.一般就抗炸掩體之設計標準而言，即在某一特殊狀況下對某一特定炸彈、砲彈或飛彈的防護或對炸彈在某一距離爆炸的防護。其掩體厚度設計方式共分為四種設計方式：

(1) 直接命中貫入設計掩體厚度

(2) 直接命中貫入有覆土之掩體厚度設計

(3) 非直接命中於空中爆炸之設計掩體厚度

(4) 非直接命中於地下爆炸之設計掩體厚度

在分析時亦是以這四項來作分析，惟本文對於土壤貫入方面不予以考慮，因此僅就 (1) (3) 項來做評估。

(5) 混凝土直接命中貫入公式^[6]：

$$X = \frac{222 \times P \times d^{0.215} \times V^{1.5}}{Y} + 0.5d \quad (5-1)$$

X：貫入深度以英吋計

P：飛彈或炸彈的截面壓力(重量以磅計，以平方英吋為單位之最大截面積除之)

註⁶ Department of The Army, "Fundamental of Protective Design for Conventional Weapons," Technical Manual TM5-855-1, 1998, pp. 256~258.

d：飛彈或炸彈的直徑或口徑，以吋計。

V：飛彈或炸彈之打擊速度，以 1000 呎/秒為 1 個單位，如 1100 呎/秒=1.1。

Y：混凝土抗壓強度(psi)之平方根。

此公式之誤差為 15%對高細長比之炸彈若撞擊速度在 1000 fps 以下，此公式之貫入深度直需加 30%防貫穿厚度，可用如下公式：

$$TP = 1.32d + 1.24X \quad (5-2)$$

(6) 非直接命中於空中爆炸尖峰壓力之經驗公式：

$$P_{s0} = \frac{4120}{Z^3} - \frac{105}{Z^2} + \frac{39.5}{Z} \quad (5-3)$$

P_{s0} ：尖峰壓力以磅/平方吋計(psi)

$$Z = \frac{r}{W^{1/3}} \quad (5-4)$$

r：自炸點至量計距離以英尺計

W：爆藥爆炸當量以磅計。

(7) 爆炸尖峰壓力通過轉折壓力衰減率：

例	傳遞尖峰超壓力與尖峰超壓力之比值 P_t/P_{s0}
	0.5
	1.0
	1.5
	(a) 0.5 (b) 0.8
	0.8
90度彎折	$(0.94)^n$ n:轉折之次數

圖 5.7 爆炸尖峰壓力通過轉折壓力衰減率示意圖

(8) 常人受爆壓傷害程度：

表 5-1 常人受爆壓傷害程度表

超壓力 psi	傷害	超壓力 psi	傷害
小於 5psi	安全	100~120psi	瀕臨死亡
15psi	50%耳膜破裂	130~180psi	50%死亡
30~40psi	肺部輕傷	200~250psi	死亡
大於 80psi	肺部重傷		

2.假定：

(1) 以共軍其 66 式 152 公釐加榴砲為例作為分析之依據，其各項參數如圖 5.8。

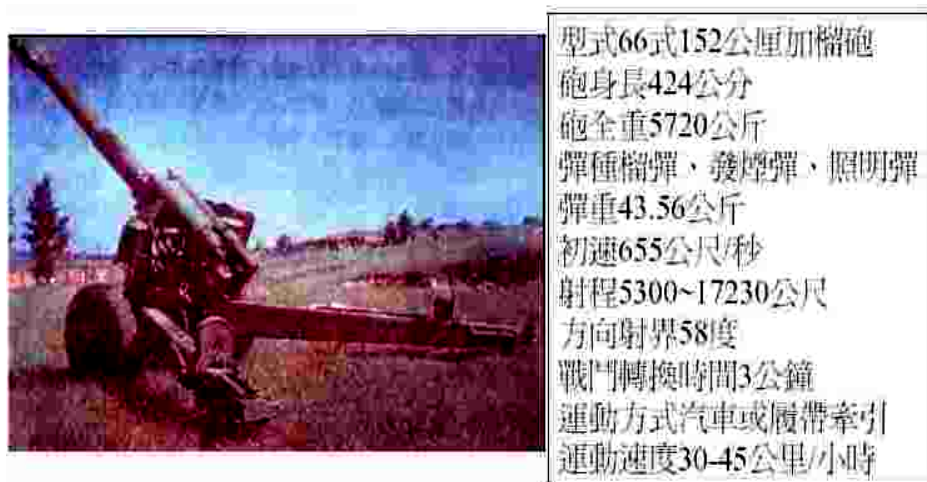


圖 5.8 66 式 152 公釐加榴砲參數及型式

(2) 再由公式(5-1)求得，若受砲彈直接命中，貫穿厚度為 62.6 公分，因此再由公式(5-2)求得掩體之混凝土厚度需有 97.7 公分才可抗敵砲彈貫穿而不壞。

(3) 在依據非直接命中於空中爆炸尖峰壓力之經驗公式(5-3)，可得下圖 5.9 加榴砲爆炸所產生之超壓力與距離之關係圖及下表。

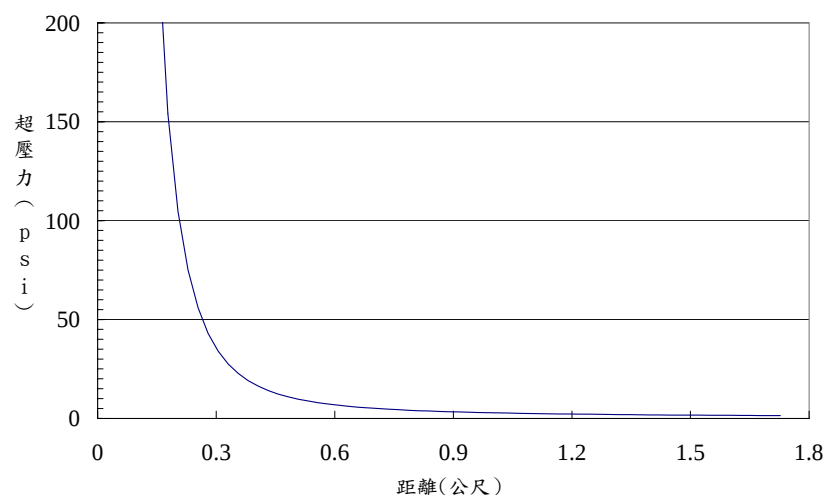


圖 5.9 加榴砲爆炸所產生之超壓力與距離之關係圖

表 5-2 加榴砲爆炸所產生之超壓力與距離之關係表

超壓力 psi	傷害	距離 cm	超壓力 psi	傷害	距離 cm
小於 5psi	安全	71 以上	100~120psi	瀕臨死亡	19~20
15psi	50%耳膜破裂	42	130~180psi	50%死亡	17~18
30~40psi	肺部輕傷	28~31	200~250psi	死亡	16 以下
大於 80psi	肺部重傷	22~27			

- (4) 由此可知爆炸對掩體的損壞不如彈片所造成的，但由於砲彈彈片爆炸後所產生之效果，並無一有效之公式可以驗證，故通常使用經驗數據為主，下表 5-3 為其數據。

表 5-3 防護在附近爆炸砲彈破片所需估計厚度

砲彈	厚度 吋 (公分)		
	軟鋼	鋼筋混凝土	磚
105mm	1.25 (3.2)	15 (38.1)	17 (43.2)
155mm	1.75 (4.4)	21 (53.3)	24 (61)

- (5) 野戰砲彈對黏質砂土及夯實土壤貫入度，如表 5-4。

表 5-4 野戰砲彈對黏質砂土及夯實土壤貫入度

口徑	黏質砂土貫入深吋 (公分)	夯實土壤貫入深吋 (公分)
105mm	8.7 (22.1)	7.0 (17.8)
155mm	11.0 (27.9)	10.0 (25.4)
240mm	28.6 (72.6)	20.0 (50.8)

3. 評估：

(1) 單兵掩體：

- ① 單人半掩蓋式野戰掩體：若受直接命中則掩體及頂蓋毫無抗炸能力，非直接命中依表 5-2 及表 5-4 於 42 公分之內易造成掩體損壞及人員傷亡。
- ② 單人半掩蓋式鋼筋混凝土掩體：若受直接命中則掩體及頂蓋較小抗炸能力，非直接命中依表 5-3 因 20 公分厚的混凝土牆面可提供 37% 的抗力，因此於 16 公分之內才會造成掩體損壞及人員傷亡。
- ③ 單人預鑄式掩體：若受直接命中則掩體及頂蓋因為全罩式抗炸能力較強，於非直接命中亦較單人半掩蓋式鋼筋混凝土掩體為優。
- ④ 比較：抗炸性以單人預鑄式掩體較佳，單人半掩蓋式鋼筋混凝土掩體次之，單人半掩蓋式野戰掩體較差。

(2) 砲兵掩體：

- ① 野戰簡易式砲兵掩體：由於完全暴露於陣地內，因此不管直接或間接命中，皆毫無防護能力。
- ② 混凝土固定式砲兵掩體：防護能力極強，一般可抗 500 磅炸彈攻擊而不會損壞。

- ③預鑄式砲兵掩體：目前無此數據，但以都市下水道及隧道工程地下通道之圓環支撐所用之預鑄環片（如圖 5.10）來設定的話，因第一次襯砌弓形支保支撐使用之材料既為環片組裝結而成，因此可為支撐與永久性結構，且其厚度達 30 公分以上，如在其上加以覆土，則其強度將可到達標準。



圖 5.10 預鑄環片組立及環片完工全景（引自營建署網站）

- ④比較：抗炸性以混凝土固定式砲兵掩體較佳，預鑄式砲兵掩體次之，野戰簡易式砲兵掩體較差。

（五）就發展性言

- 1.野戰掩體：型式受土壤性質、地形狀況及防護資材限制，不易有高強度掩體。
- 2.鋼筋混凝土掩體：一經構築完成後型式不易再改變，如需改變射口或增設其他空間，則可能會破壞結構本體，造成抗炸能力損失。
- 3.預鑄式掩體：因預鑄掩體本體係由預鑄構件組裝而成，因此可隨作戰環境的改變，來調整其型式、形狀而不受限，其運用彈性較大。
- 4.比較：預鑄式掩體較佳，野戰掩體及鋼筋混凝土掩體次之。

（六）就使用者心裡言

防護強度越高，則對其信心越強，因此就掩體型式對使用者心裡言以鋼筋混凝土掩體較佳，預鑄式掩體次之，野戰掩體較差。

三、掩體工事綜合效益評估分析比較

- （一）掩體工事綜合效益評估(表 5.5、表 5.6)單兵以預鑄掩體為較佳，砲兵掩體則以永久及預鑄掩體交互使用，如此可遂行守備部隊之戰力保存及戰場經營之工作。

表 5.5 掩體工事綜合效益評估

	單兵掩體			砲兵掩體		
型式	野戰半 掩蓋式	混凝土 固定式	預鑄式	野戰簡易 式	混凝土固 定式	預鑄式
時效性	2	3	1	1	3	2
抗炸性	3	2	1	3	1	2
比 較	2	3	1	2	2	1

表 5.6 掩體工事綜合效益評估（續）

	野戰簡易式	混凝土固定式	預鑄式
經濟性	1	3	2
實用性	2	3	1
發展性	2	3	1
使用者心理	3	1	2
比較	2	3	1

- (二) 預鑄掩體在掩體本體成本上與鋼筋混凝土掩體相差無幾，然鋼筋混凝土掩體如加上購地徵收費用的話，則預鑄掩體便較優於鋼筋混凝土掩體。預鑄式掩體可簡化現地作業，縮短構築時間，適於在夜暗、惡劣天候和有敵情顧慮等情況下構築工事。
- (三) 防護強度越高，則對其信心越強，可隨作戰環境的改變，來調整其型式、形狀而不受限，其運用彈性較大。
- (四) 由分析評估可知，預鑄式掩體可符合未來應急作戰需求、作業速度快、機動能力高、防護效能強、作業兵力少的需求。

陸、結論

- 一、野戰掩體如採用預鑄式結構可簡化現地作業，縮短構築時間，適於在夜暗、惡劣天候和有敵情顧慮等情況下構築掩體，對我灘岸防衛之第一線守備部隊之戰場經營、戰力保存、作戰心理及作戰效能將有所助益。
- 二、目前國內預鑄工法已發展 30 幾年，已有一定之技術水準，如能整合民間資源以開發預鑄式掩體，將可收事半功倍之效。
- 三、預鑄式掩體構件趨向重量輕、體積小、強度高、機動性好、裝卸迅速、連接可靠，並進一步提高構件的通用性和實現掩體系統化的目標發展，為未來趨勢防禦掩體最佳之選擇。

