

從戰鬥工兵師資班課程探討美軍爆破技術與我軍之差異

鄒中適少校

提要

- 一、美方技協團隊於戰鬥工兵班 114-1 梯起開始教授「爆破課程」，筆者參與課程設計、中文教材校稿及美方教學過程，以美方教材及其準則相關條文為研究基礎；藉由分析美方爆破課程內容，參考美軍準則相關條文，結合我方準則，歸納差異與不足之處，並尋找相應之精進作法。
- 二、美軍與我軍爆破技術相較之下，我軍在橋樑破壞方式、爆破方式、公式及參數方面有所差異；尤其是材料科學及建築技術日新月異，我軍爆破技術多年未革新，能否達成所望破壞效果，須抱持存疑態度；短期內無法大量實爆獲得驗證數據及參數狀況下，先參考美軍爆破準則修訂我軍準則條文內容，再建構合格實爆場地實施準則條文驗證，以推動爆破技術革新。
- 二、本次研究在於借鑑美方爆破課程及準則之內容，作為後續爆破教範及作業手冊編修之參據，並依此精進我方爆破課程訓練。

關鍵字：爆破、爆藥、常數、填塞係數

前言

我軍爆破準則及技術係承繼美軍而來，各項爆破公式、方式及參數(如抗力與填塞係數等)源自西元 1960 年代之美軍準則¹；經過 60 年之發展，美

軍爆破技術大幅進步，而我軍在缺乏驗證狀況下停滯不前。

藉美方技協團隊於工兵訓練中心教授「爆破課程」時機，與美方教官交流爆破技術及經驗，以教材內容為基礎實施研

¹ US Army, 《DEMOLITION CARD GTA 5-10-9》(Washington,D.C., 西元 1965 年 5 月), 頁 1~4。

討，逐步擴展至美軍爆破準則(FM 3-34.214)相關條文，歸納雙方差異及我軍不足之處；透過雙方交流取得先進爆破技術，作為我軍爆破準則修編及課程內容精進之參據。本文研究架構如圖 1。

美軍爆破技術簡介

美方技協團隊於戰鬥工兵班 114-1 梯起開始教授「爆破課程」，與我軍教學團隊交流美軍爆破技術；而我軍爆破技術係承繼美軍而來，內容大同小異，本章節僅介紹課程架構，以及針對課程內容實施探討。

一、課程架構

戰鬥工兵師資班課程區分「基礎課程」、「計畫課程」、「戰鬥技能」、「戰鬥工兵」、「一般工兵」、「後支力」、「觀察管制員」及「關鍵事件」等 9 類，其中「戰鬥工兵」依任務性質分為「機動」、「反機動」及「生存能力」等 3 門課程；「爆破」則歸屬為「反機動」課程之一部，其內容以爆破破壞製造障礙為主(如圖 2)。

美方設計之爆破課程計「爆破基礎」等 10 項進度(如圖 3)，每項進度時數配當為 3 小時，共計 5 天；教學以室內原則講解為主、室外實作練習為



圖 1 研究架構
資料來源：作者自行繪製。

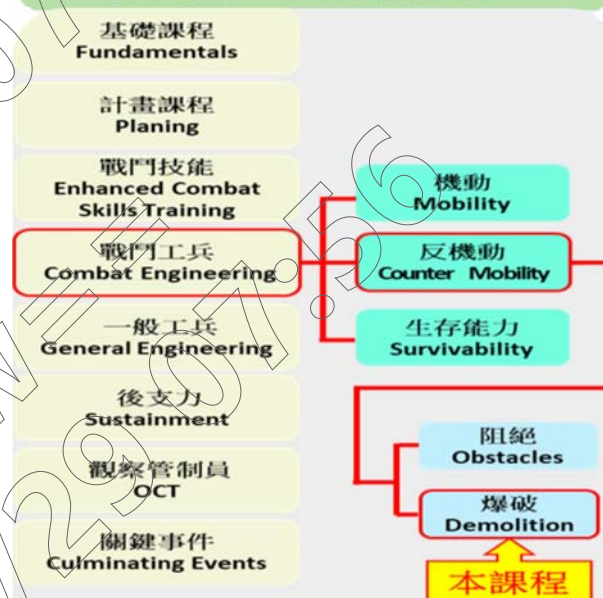


圖 2 戰鬥工兵師資班課程整體架構圖
資料來源：作者自行繪整。

爆破基礎 Intro to Demo	3小時
爆藥淨重與最小安全距離 NEW AND MSD	3小時
木材爆破 Timber Demolitions	3小時
鋼結構爆破 Structural Steel Demolitions	3小時
特種鋼材爆破 Special Steel Demolitions	3小時
道路爆破 Road Crater	3小時
障礙物爆破 Breaching Demolitions	3小時
橋樑爆破 Bridge Demolitions	3小時
爆破課程複習 Demo Test Review	3小時
爆破課終測驗 Demo Test	3小時

圖 3 美軍爆破課程架構圖
資料來源：作者自行繪整。

輔，美方教官多以狀況發布誘導學員作題，內容為設置方式、位置選定及爆藥計算等。

二、美軍爆破技術

依上述課程進度之分類及準則相關條文，逐項探討及介紹美軍爆破技術，作為與我軍爆破技術對照之基礎。

(一)爆破基礎：計「各種爆藥性能介紹」及「問題解決六步驟」等2項，說明如下。

1.各種爆藥性能介紹：除介紹爆藥種類、爆速及效應比；另針對各種爆藥爆炸或燃燒產生之煙霧說明其危險性(如表1)²。

2.問題解決六步驟：針對

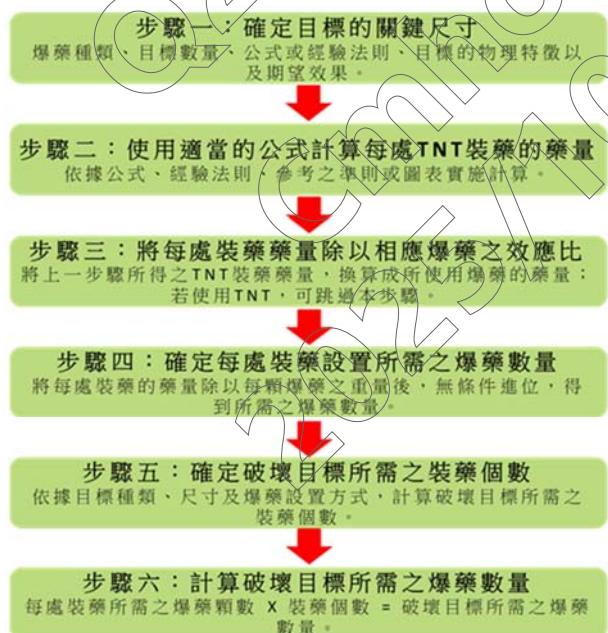


圖4 「問題解決六步驟」流程圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-4；筆者自行繪製。

爆藥量計算，提出「問題解決六步驟 Six Step Problem Solving Format」(如圖4)³，統一之步驟及要領能有效避免錯漏項，導致藥量計算錯誤之狀況。

表1 美軍各種爆藥性能介紹表

名稱	用途	爆速 (英尺/秒)	效應比	煙霧 毒性	抗水性
TNT梯恩梯	炸裂爆藥，混合炸藥	22,600	1.00	危險	優良
Tetryl特出特	起爆藥，混合炸藥	23,300	1.25	危險	優良
Composition C4	切割裝藥、破壞裝藥	26,400	1.34	輕微	優良
Composition B	彈裝爆藥	25,600	1.35	危險	優良
阿馬圖(硝酸銨80%、TNT20%)	彈裝爆藥	16,000	1.17	危險	差
PETN彭梯兒	導爆索、雷管、炸裂爆藥	27,200	1.66	輕微	優良
RDX海掃更	雷管、混合炸藥	27,400	1.60	危險	優良
硝酸銨	土方作業、坑道爆破	8,900	0.42	危險	差
黑火藥	定時引信	1,300	0.55	危險	差
M2A3、M2A4、M3A1推型裝藥	切割裝藥	25,600	1.17	危險	優良
雷管 M1A1, M1A2, M1A3	起爆藥	25,600	1.17	危險	優良
過氯酸鈉-鋁粉二元混合爆藥	多功能爆破裝藥主要炸藥	13,100	1.60	輕微	良好
Composition A3	助推裝藥、彈裝爆藥	26,500	1.35	危險	良好
Composition A5	助推裝藥、彈裝爆藥	29,300	1.40	危險	優良
Composition H6	坑道爆破	23,600	1.33	危險	優良
M1第奈米特	炸裂爆藥	20,000	0.92	危險	尚可
硝化甘油	商業用炸藥	25,200	1.50	危險	良好
PETN-TNT混合爆藥(各佔50%)	起爆藥、彈裝爆藥	24,400	1.26	危險	優良
片狀炸藥(以M186-RDX為基礎)	切割裝藥	24,000	1.14	危險	優良
片狀炸藥(以PETN為基礎)	切割裝藥	23,300	1.66	低	優良
Tetrytol-TNT混合爆藥(75/25%)	炸裂爆藥	23,000	1.20	危險	優良

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁1-2~1-3；筆者自行彙整。

² US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁1-2~1-3。

³ 同註2，頁3-4。

(二)爆藥淨重與最小安全距離：將爆藥及火具全數換算成「爆藥淨重」後，再依「爆藥淨重」計算所需之「最小安全距離」(有掩蔽、無掩蔽及危險破片等3種)，說明如下。

1.爆藥淨重

(1)「最小安全距離」計算所需之參數，「爆藥淨重 Net Explosive Weight」相當於「TNT 爆炸當量 Explosive Equivalency」，其目的在將所有爆裂物(如爆藥、導爆索、雷管、電雷管等)換算為 TNT 爆藥藥量，藉以精確計算當前環境所需之最小安全距離，公式如下⁴。

爆藥數量(qty) × 單顆爆藥重量(wt) × 效應比(RE factor)

= 爆藥淨重(NEW)

(2)以 1 條 5 英呎長的導爆索(每英呎 50 格令)，1 支 M11/M16 雷管(每支 19 格令)，及 3 顆 1 磅 TNT 爆藥為例，其中「格令(grain)」是英制重量單位，常用於彈藥、藥品及火藥領域，7000 格令(gr)=1 英鎊(lb)，

導爆索： $qty \times wt \times RE\ factor = 5\ 英呎 \times \frac{50\ 格令}{英呎} \times 1.66$

= 415 格令

雷管： $qty \times wt \times RE\ factor = 1 \times 19\ 格令 \times 1.60 = 30.4\ 格令$

爆藥： $qty \times wt \times RE\ factor = 3 \times 1\ 磅 \times 1.00 = 3\ 磅$

總爆藥淨重： $\frac{(415 + 30.4)}{7000} + 3 = 3.064\ 磅\ TNT\ 爆炸當量$

計算過程如下。

2.最小安全距離

(1)確認「爆藥淨重」後，依據當前環境計算「最小安全距離 Minimum Safe Distance」，使用之參數計「爆藥淨重」及「K 因子」等 2 種；其中「K 因子」為「爆炸過壓」之常數(如表 2)，

表2 美軍「K 因子」對照表

爆炸效果	磅/平方英吋	K因子	備註
危險破片	-	300	
爆炸過壓(磅／平方英吋)	0.07	300.02	
	0.10	250	
	0.50	75	
	1	45	
	2	30	
	3	20	
	4	18	
	5	15	無遮蔽
	6	14	
	7	13	
	8	12	
	9	11	
	10	10	有遮蔽
	15	8	
	20	7	
	30	6	
	40	5	
	60	4	
	100	3.5	
	200	3	

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C.，西元 2007年6月)，頁7-6。

⁴ 同註 2，頁 7-4～7-5。

最常使用之「K 因子」計 300(危險破片)、15(無掩蔽)、10(有掩蔽)等 3 種，公式如下⁵。

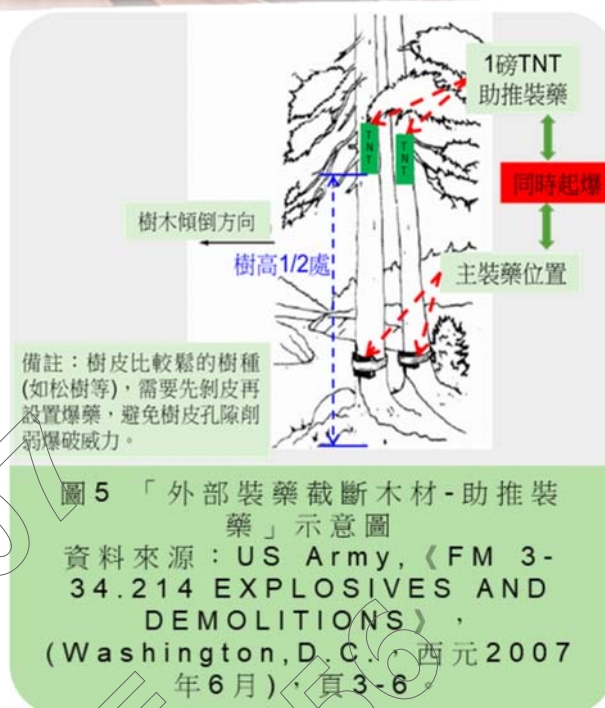
$$\sqrt[3]{\text{爆藥淨重(NEW)} \times \text{爆破過壓常數(K)}} \\ = \text{最小安全距離(MSD)}$$

(2)以 1 條 5 英尺長、每英尺 50 格令的導爆索，1 支 M11/M16 雷管，及 3 顆 1 磅 TNT 爆藥為例，已得知其爆藥淨重為 3.064 磅 TNT 爆炸當量，計算過程如下。

$$\begin{aligned} \text{危險破片之最小安全距離(MSD)} &= \sqrt[3]{3.064 \times 300} = 435.74 \text{ 英尺} \\ \text{無掩蔽之最小安全距離(MSD)} &= \sqrt[3]{3.064 \times 15} = 21.79 \text{ 英尺} \\ \text{有掩蔽之最小安全距離(MSD)} &= \sqrt[3]{3.064 \times 10} = 14.53 \text{ 英尺} \end{aligned}$$

(三)木材爆破：與我軍木材爆破「外部裝藥截斷木材」、「外部裝藥造成障礙」及「內部裝藥」等使用相同公式⁶⁻⁷，並新增「樹樁爆破」及「樹木爆破(環形裝藥)」等 2 種設置方式。另 C4 爆藥易塑形、爆炸威力強，有利於內部裝藥，美軍較常使用 C4 爆藥實施木材爆破。

1.外部裝藥截斷木材(如圖 5)：除設置主裝藥外，為確保樹木向所望方向傾倒，需額外於樹高二分之一處設置 1 磅 TNT



爆藥作為助推裝藥，而裝藥位置為主裝藥反方向。

2.樹樁爆破(如圖 6)：運用爆破清除樹樁之方式，作業要領如下說明⁸：

(1)爆藥藥量計算：於離地 12 至 18 英尺處量測樹樁直徑，所得數據無條件進位至最近的半英尺(以 1.2 英尺為例，進位為 1.5 英尺)；枯死樹樁直徑每英尺使用 1 磅 TNT 爆藥，活樹樁為 2 磅，整顆樹木連根拔起為 3 磅。

(2)直根型樹樁：第 1 種方式為主根上穿孔設置 1 處裝藥；第 2 種方式於主根兩側

⁵ 同註 2，頁 7-6～7-9。

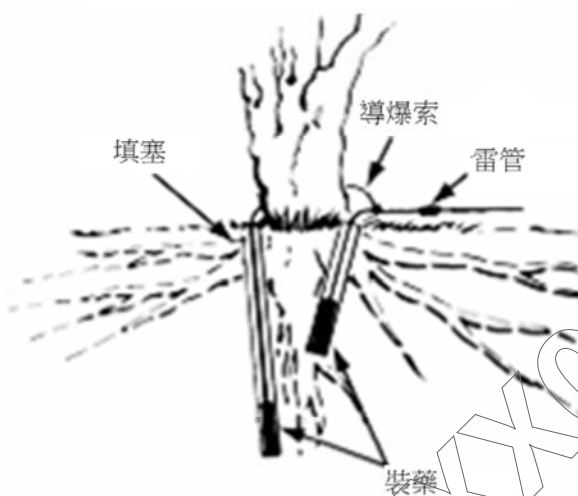
⁶ 同註 2，頁 3-4～3-8。

⁷ 同註 3，頁 3-96～3-99。

⁸ 同註 2，頁 3-30～3-31。

直根型樹樁裝藥位置

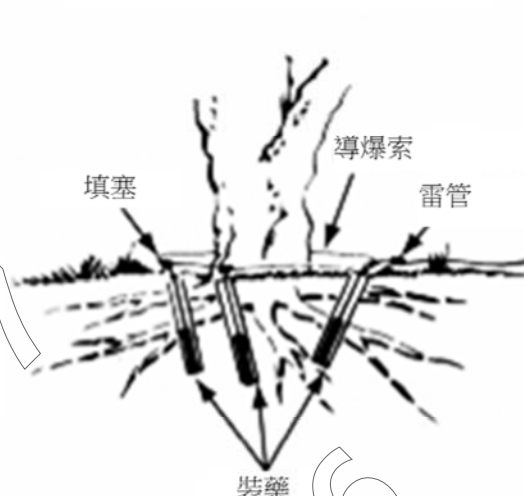
穿孔深度 = 樹樁直徑



直根型：橡樹、松樹、胡桃樹、木蘭等。

側根型樹樁裝藥位置

穿孔深度 = 樹樁半徑



側根型：楓樹、柳樹、白楊、梧桐等

圖6 「樹樁爆破」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-31。

穿孔各設置 1 處裝藥，穿孔深度為樹樁直徑，爆藥應緊貼主根設置，以運用剪切效應截斷主根。

(3)側根型樹樁：穿孔位置在主要側根之間，向樹樁中心斜向穿孔設置裝藥，穿孔深度為樹樁半徑。另大型側根不易完全斷裂，導致樹樁無法完全掀起，對於大型側根下方可能需要增加爆藥量、設置額外裝藥，將其爆斷。

3.樹木爆破(環形裝藥)：使用 C4 爆藥之「環形裝藥」截斷直徑 30 英吋以下樹木(如圖 7)，爆藥藥量計算參照「外部裝藥

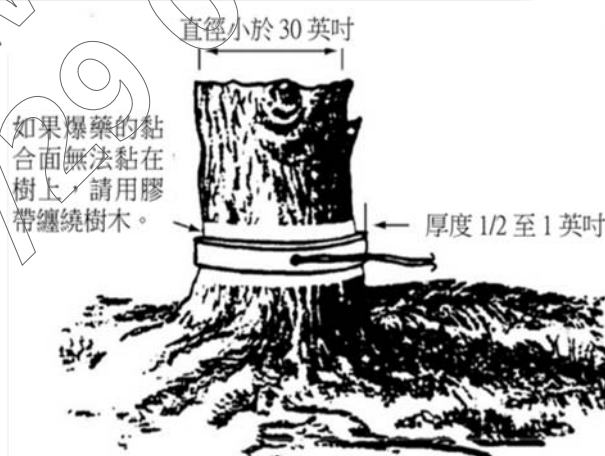


圖7 「樹木爆破(環形裝藥)」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-7。

截斷木材」公式，作業步驟及要領如後⁹：

⁹ 同註 2，頁 3-6～3-7。

(1)作業前先剝除設置位置之樹皮，減少爆藥與樹木之空氣間隙。

(2)C4 爆藥帶環繞樹木一圈，直徑 15 英吋以下之樹木，爆藥帶厚度至少 1/2 英吋；直徑 15~30 英吋之樹木，爆藥帶厚度至少 1 英吋。

(3)於爆藥帶兩側相對位置與火具接續，實施雙點起爆。

(四)鋼結構爆破：與我軍鐵材爆破「爆破工字樑」、「爆破高碳鋼、合金鋼及中徑 2 吋以下之圓形鐵件」與「鐵軌」等使用相同公式¹⁰⁻¹¹，僅針對「爆破高碳鋼、合金鋼及中徑 2 吋以下之圓形鐵件」藥量計算及設置實施說明如下¹²。

1.直徑或厚度 2 英吋(含)以下：直徑或厚度 1 英吋(含)以下者，使用 1 磅 TNT 爆藥；直徑或厚度 1~2 英吋者，使用 2 磅 TNT 爆藥，須同時引爆(如圖 8)。

2.直徑或厚度超過 2 英吋：爆藥藥量使用「 $P=D^2$ 」公式，與我軍相同；直徑或厚度 3 英吋(含)以上者，應將爆藥於目標兩側交錯設置(如圖 9)，以產生最大的剪切效果。

(五)特種鋼材爆破：計「帶狀裝藥」、「鞍狀裝藥」與「菱形裝藥」等 3 種¹³，說明如下。

1.帶狀裝藥：使用 C4 爆藥之「帶狀裝藥」截斷厚度不超過 3 英吋之鋼板(如圖 10)，裝藥厚度為目標厚度的二分之一，但不得小於 0.5 英吋，裝藥寬度為

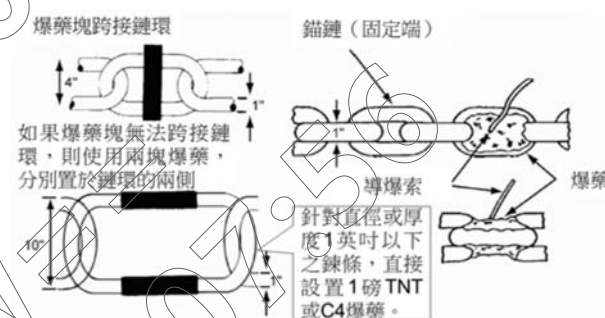


圖 8 「直徑或厚度 2 英吋(含)以下高碳鋼、合金鋼及圓形鐵件爆破」示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月)，頁 3-7。

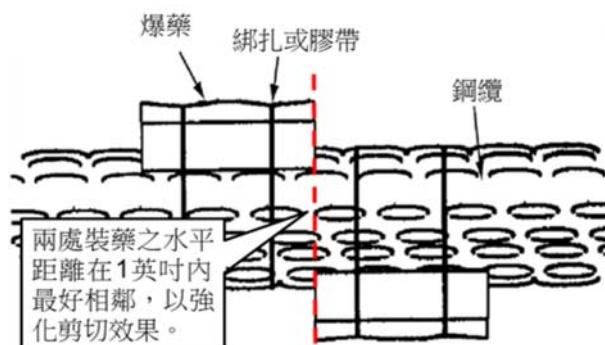


圖 9 「直徑或厚度 3 英吋(含)以上高碳鋼、合金鋼及圓形鐵件爆破」示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月)，頁 3-7。

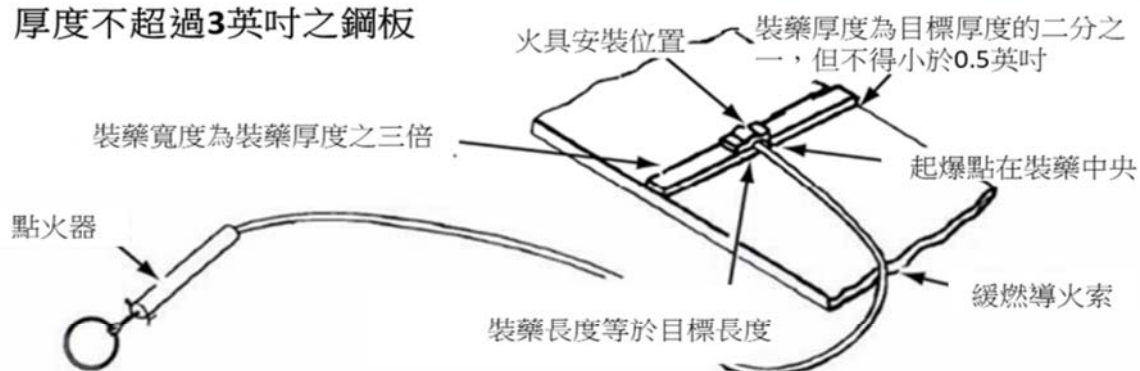
¹⁰ 同註 2，頁 3-10~3-12。

¹¹ 同註 3，頁 3-100~3-102。

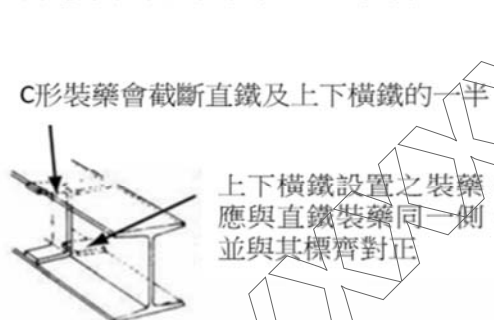
¹² 同註 2，頁 3-12~3-13。

¹³ 同註 2，頁 3-14~3-17。

厚度不超過3英吋之鋼板



厚度小於2英吋之工字樑



厚度2~3英吋之工字樑

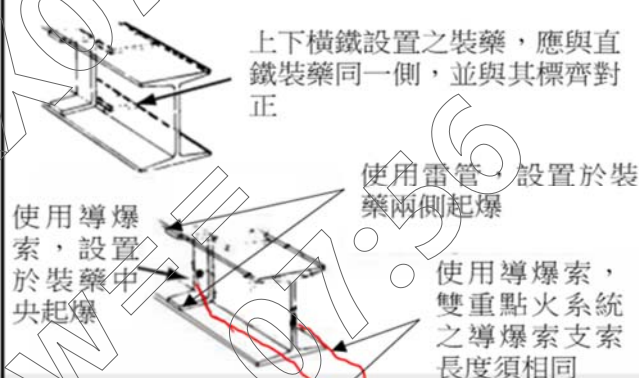


圖10 「帶狀裝藥」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-15。

裝藥厚度之三倍，裝藥長度與目標長度相同。

2. 鞍狀裝藥：使用 C4 爆藥之「鞍狀裝藥」截斷直徑不超過 8 英吋之軟鋼棒材(如圖 11)，裝藥厚度為 1 英吋，底部寬度為目標周長的二分之一，長軸長度為目標之周長，爆藥體積為「長軸 x 底寬 X $1/2 \times 1$ = 體積(立方英吋)」，並在長軸頂端安裝火具。

3. 菱形裝藥：使用 C4 爆藥之「菱形裝藥」截斷直徑不超過 8 英吋之高碳鋼或合金鋼棒材(如圖 12)，裝藥厚度為 1 英吋，

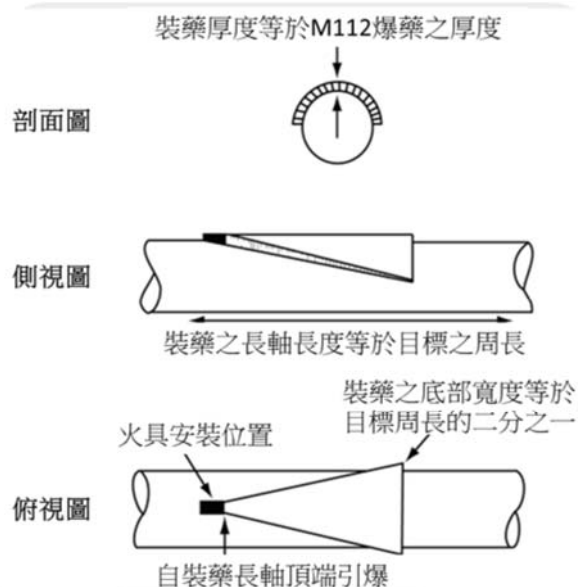


圖11 「鞍狀裝藥」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-16。

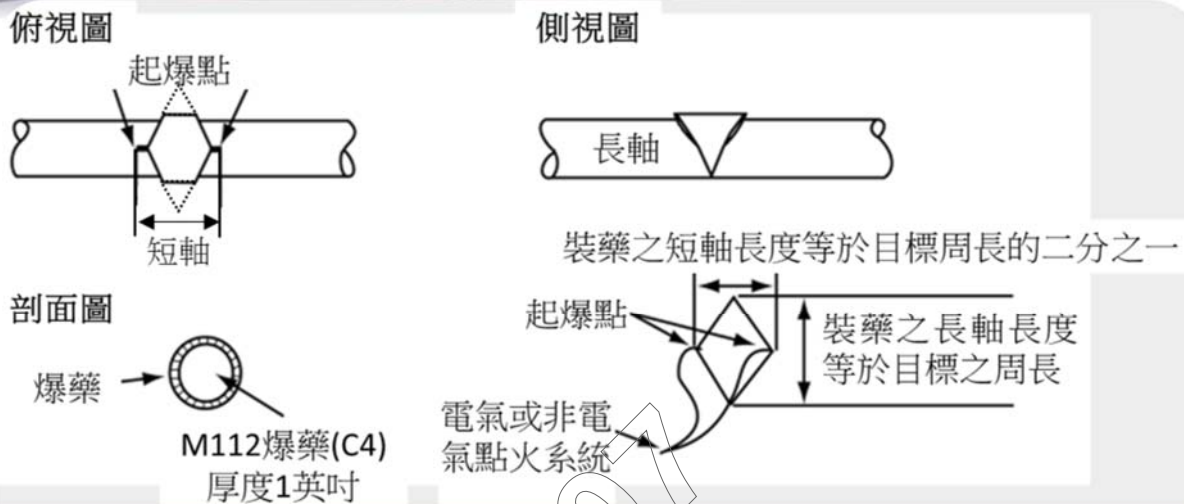


圖12 「菱形裝藥」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-17。

長軸長度為目標之周長，短軸長度為目標周長的二分之一，爆藥體積為「長軸 x 短軸 $\times \frac{1}{2} \times 1 = \text{體積(立方英吋)}$ 」，並在短軸兩端安裝火具；其中裝藥須完整包覆目標，長軸兩端互相接觸，如有必要，請增加裝藥藥量及尺寸。

(六)道路爆破：「路坑開設」方面與我軍相同¹⁴⁻¹⁵，新增「釋壓面爆坑法」¹⁶，爆破後會形成一個不對稱之梯形路坑，深約 7~8 英呎、寬約 25~30 英呎，敵方坡度約 25 度、我軍坡度 30~40 度，其作業步驟及要領如下說明。

1.路面穿孔：土質及碎石路面上鑽鑿兩列孔洞，前、後

列間距為 8 英呎，各孔之左右間距為 7 英呎，前、後列穿孔位置交錯配置，敵方較我軍側少 1 處穿孔(如圖 13)；另堅硬鋪面上，前、後列間距增加為 12 英呎。我軍側穿孔數量計算公式如下。

2.裝藥設置：我軍側穿孔深度為 5 英呎，裝填 40 磅 TNT 爆藥；敵方側穿孔深度為 4 英呎，裝填 30 磅 TNT 爆藥；每列裝藥須使用雙重點火系統，每孔須實施填塞。另使用「硝酸銨掘坑裝藥」時，應依照圖 14 之方式安裝雷管等火具及額外之爆藥，以降低硝酸銨(鈍性爆藥)之不起爆機率。

¹⁴ 同註 2，頁 3-23~3-25。

¹⁵ 同註 3，頁 4-112~4-121。

¹⁶ 同註 2，頁 3-25~3-26。

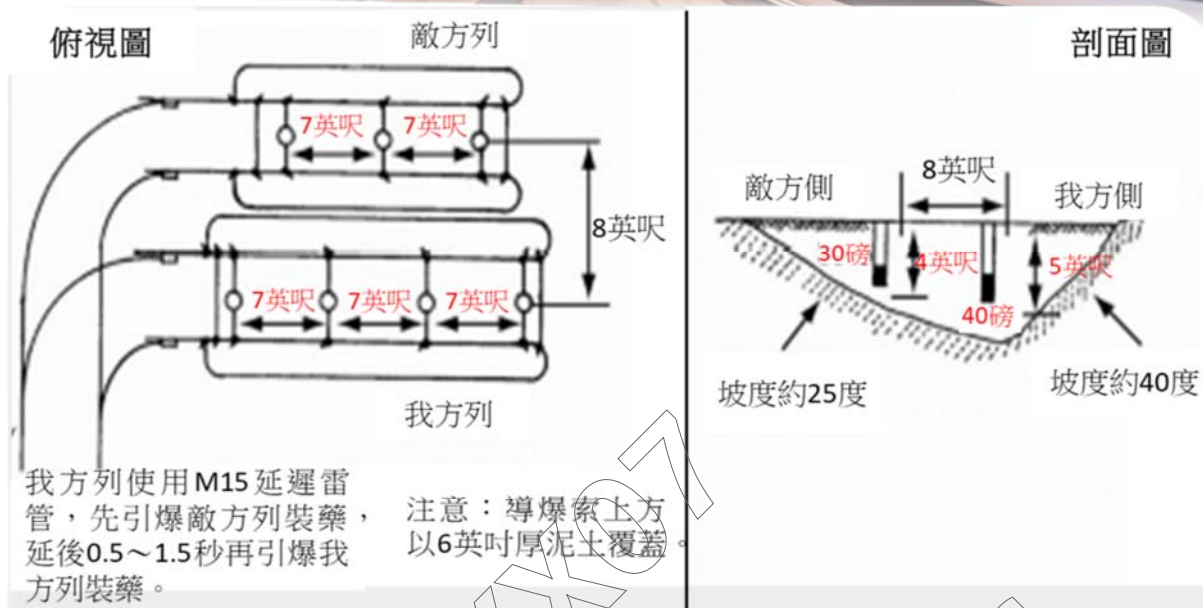


圖13 「釋壓面爆坑法」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-26。

3.點火起爆：我軍列裝藥起爆時間應比敵方列延遲 0.5~1.5 秒，建議使用 M15 雷管作為延遲點火系統；先引爆敵方列裝藥，再引爆我軍列裝藥。

(七)破壞裝藥：與我軍「破壞裝藥」之公式相同^{17~18}，僅介紹「物料抗力係數」、「填塞係數」、「裝藥厚度」與「C4 爆藥速查對照表及轉換係數表」及「對抗力爆破裝藥」¹⁹等，說明如下。

1.破壞裝藥

(1)物料抗力係數：考量建築技術和材料力學之進步，「物料抗力係數」物料種類較為詳細，並因應物料抗力增強

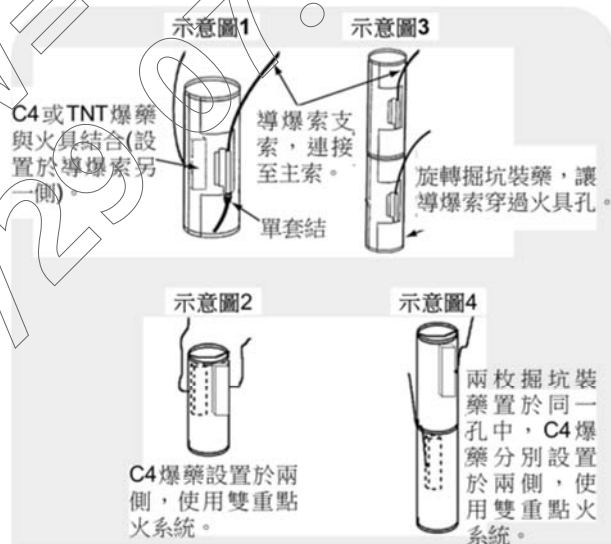


圖14 「掘坑裝藥與火具結合」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-26。

調整抗力係數 K 值(如表 3)。

(2)填塞係數：「填塞係數」裝藥方式圖例與我軍相同，並

¹⁷ 同註 2，頁 3-17~3-22。

¹⁸ 同註 3，頁 4-108~4-114。

¹⁹ 同註 2，頁 3-22~3-23。

表3 美軍「物料抗力係數」表

破壞裝藥物料抗力係數表		
物料種類	美軍	
	R	K
泥土	任何尺度	0.07
加固程度(弱) 頁岩、硬質地層、堅實木材、土方建築	小於1.5公尺(5呎)	0.32
	大於等於1.5公尺(5呎)	0.29
加固程度(好) 混凝土塊 岩石	小於等於0.3公尺(1呎)	0.88
	介於0.3公尺(1呎)與0.9公尺(3呎)之間	0.48
	大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎)	0.40
	大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎)	0.32
	大於等於2.1公尺(7呎)	0.27
加固程度(一流) 緊密混凝土	小於等於0.3公尺(1呎)	1.14
	介於0.3公尺(1呎)與0.9公尺(3呎)之間	0.62
	大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎)	0.52
	大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎)	0.41
	大於等於2.1公尺(7呎)	0.35
鋼筋混凝土 (僅能破壞混凝土，不能截斷鋼筋)	小於等於0.3公尺(1呎)	1.76
	介於0.3公尺(1呎)與0.9公尺(3呎)之間	0.96
	大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎)	0.80
	大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎)	0.63
	大於等於2.1公尺(7呎)	0.54

注意：除非對結構有明確了解，否則始終假設是鋼筋混凝土及加固程度為一流。

資料來源：US Army, 《FM3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁3-18。

表4 美軍「填塞係數」對照表

圖例	已填塞 設置於目 標中心點	已填塞 厚度>爆 破半徑	已填塞 水深>爆 破半徑	未填塞 外部裝藥 在中間處	未填塞 水深<爆 破半徑	未填塞 厚度<爆 破半徑	未填塞 外部裝藥 置於地面
填塞 係數							
C值	1.0	1.0	1.0	1.8	2.0	2.0	3.6

注意(美軍)：不要將在固體材料(例如砂子或泥土)中填充的裝藥視為完全填塞，除非裝藥覆蓋的深度等於或大於破壞半徑。水深必須大於半徑才能使用1作為C。

資料來源：US Army, 《FM3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁3-18。

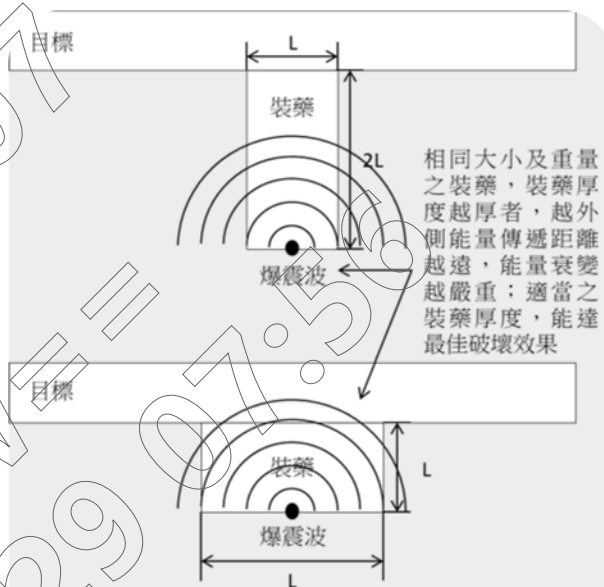


圖15 裝藥厚度「能量傳遞」示意圖
資料來源：筆者自行繪製。

因應實爆數據之經驗常數調整填塞係數C值(如表4)。

(3)裝藥厚度：爆震波在爆藥中傳遞方向及距離，影響能量傳送至目標之效率。裝藥厚度過厚，將導致爆震波在傳遞中衰減(如圖15)，降低能量傳遞效率；另起爆點設於裝藥中央(如圖16)，爆震波垂直傳遞於目標表面，其能量傳遞效率將高於平行傳遞。選擇適當之裝藥厚度(如表5)及起爆點位置，以達最佳破壞效果。

(4)C4 爆藥速查對照表及轉換係數表：因C4爆藥易塑形、爆炸威力強、便於內部裝藥，美軍大多使用C4爆藥實施爆破，針對「破壞裝藥」有設計C4爆藥之「速查對照表」及「轉

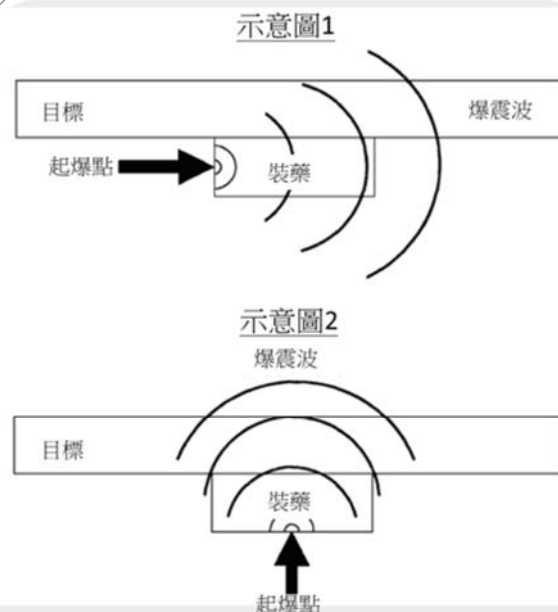


圖16 起爆點「能量傳遞」示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁3-3。

表5 美軍「裝藥厚度」對照表

裝藥厚度	
裝藥重量(磅)	裝藥厚度(英吋)
小於5	1
大於等於5小於40	2
大於等於40小於300	4
大於等於300	8

注意:若使用TNT,請使用相對應的概略裝藥厚度。

資料來源:US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington,D.C.,西元2007年6月), 頁3-3。

換係數表」(如表 6、7),便於快速計算 C4 爆藥藥量。

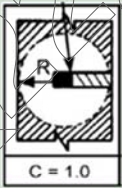
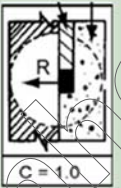
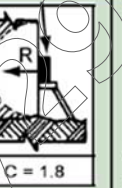
2.對抗力爆破裝藥:區分「藥量計算」與「設置方式」,說明如下。

表7 破壞裝藥「C4爆藥轉換係數表」

鋼筋混凝土以外材料的轉換係數	
材料	轉換係數
土	0.1
一般加固 硬質 頁岩 一般混凝土 岩石 好木材 土方施工	0.5
密實混凝土 一流加固	0.7

資料來源:US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington,D.C.,西元2007年6月), 頁3-21。

表6 破壞裝藥「C4爆藥速查對照表」

鋼筋 混凝土 厚度 (英呎)	M112爆藥(C4)						
	 C=1.0	 C=1.0	 C=1.0	 C=1.8	 C=2.0	 C=2.0	 C=3.6
2.0	1	5	5	9	10	10	17
2.5	2	9	9	17	18	18	33
3.0	2	13	13	24	26	26	47
3.5	4	21	21	37	41	41	74
4.0	5	31	31	56	62	62	111
4.5	7	44	44	79	88	88	157
5.0	9	48	48	85	95	95	170
5.5	12	63	63	113	126	126	226
6.0	13	82	82	147	163	163	293
6.5	17	104	104	186	207	207	372
7.0	21	111	111	200	222	222	399
7.5	26	137	137	245	273	273	490
8.0	31	166	166	298	331	331	595

資料來源:US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington,D.C.,西元2007年6月), 頁3-20。

(1)藥量計算：美軍為「目標厚度(英呎) $\times 1.5 = \text{C4 爆藥磅數}$ 」，我軍為「目標厚度(英呎) $\times 1 \sim 2 = \text{TNT 爆藥磅數}$ 」。另美軍註明藥量計算前，目標厚度以 0.5 英呎為單位無條件進位；以 1.1 英呎為例，即無條件進位為 1.5 英呎。

(2)設置方式：對抗力爆破裝藥之起爆點設置在遠離目標

的一側，起爆用之導爆索支索使用「英式結」與主索結合，並確保兩處裝藥同步引爆(如圖 17)。

(八)橋樑爆破：計「頂部破壞法」、「底部破壞法」、「斜角破壞法」、「混凝土剝離裝藥法」及「橋礎爆破-翼牆」等 5 項。其中「頂部破壞法」等 3 種(如表 8)，為簡支橋「橋節

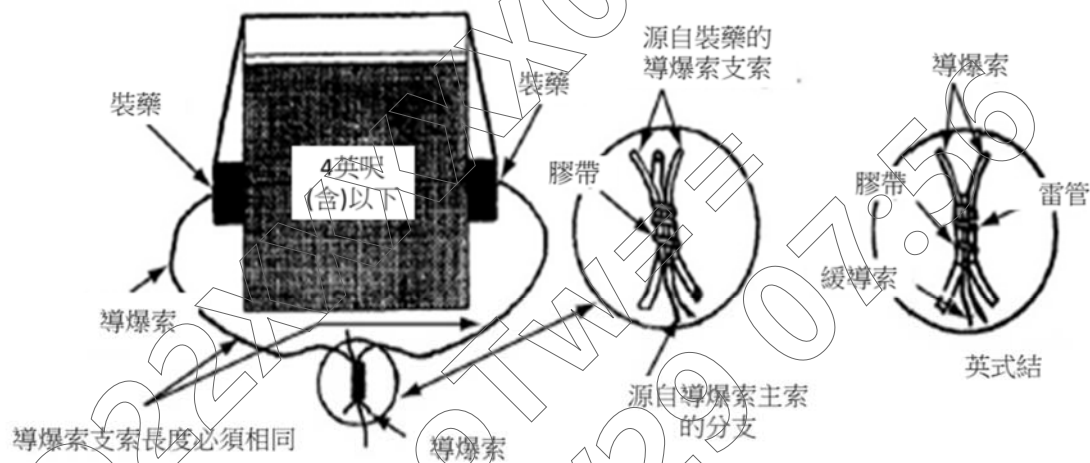


圖 17 「對抗力爆破裝藥」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月), 頁 3-22。

表 8 破壞法簡介

類別	設置位置	特點	適用狀況	說明
頂部破壞法	橋面上部結構	可快速設置，適合遲滯敵人	作業時間受限以及特戰應用	對於鋼筋混凝土結構，可使用「混凝土剝離法」截斷，讓橋節掉落，使用爆藥量較大。另橋樑上部結構高度(H)及最小截斷長度(Lc)，將影響橋節無法掉落，形成「折彎樑」現象。
底部破壞法	橋面下部結構	結構性破壞，導致整體倒塌	由工兵部隊執行，作業時間充裕	優先使用之設置方式，設置後橋面開放不影響通行，針對鋼筋混凝土及預鑄混凝土結構效果佳，因上述結構下方混凝土包覆較少。缺點為設置時間長，底部空間深度不足 0.15 公尺時，應改採頂部或斜角破壞法。另橋節爆破後，位移距離大於橋節之間隙，將形成「三點拱」現象，導致橋節無法掉落。
角度破壞法	斜放在樑柱結構上	定向截斷樑柱效果佳	精準截斷，破壞承重結構	將橋樑所有構件(橋節、欄杆、管道)等截斷，切割角度約為水平面 70 度，爆藥設置於橋節中央與支點的 1/3 處。此設置方式適用各種橋樑，適用橋樑須維持通行或有充分準備時間使用。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月), 頁 4-2 ~ 4-16。

爆破」之破壞方式²⁰，依照橋節種類、諸元及任務需求選擇適

合之方式(如圖 18、19)，再尋求相應之爆破方式和裝藥法。

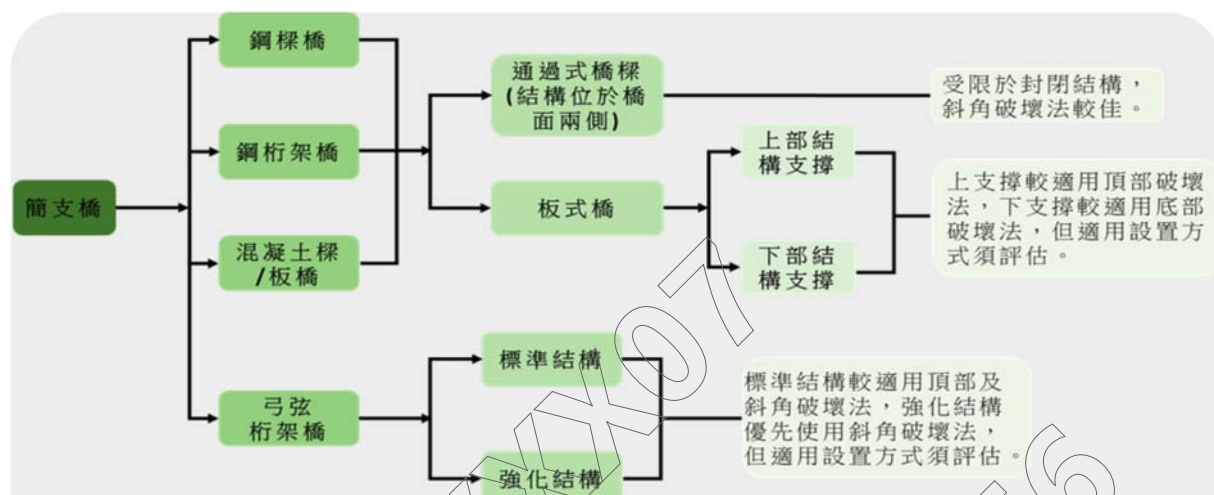


圖18 「橋節型式與裝藥法選擇」示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁4-10及H-1~H-15。

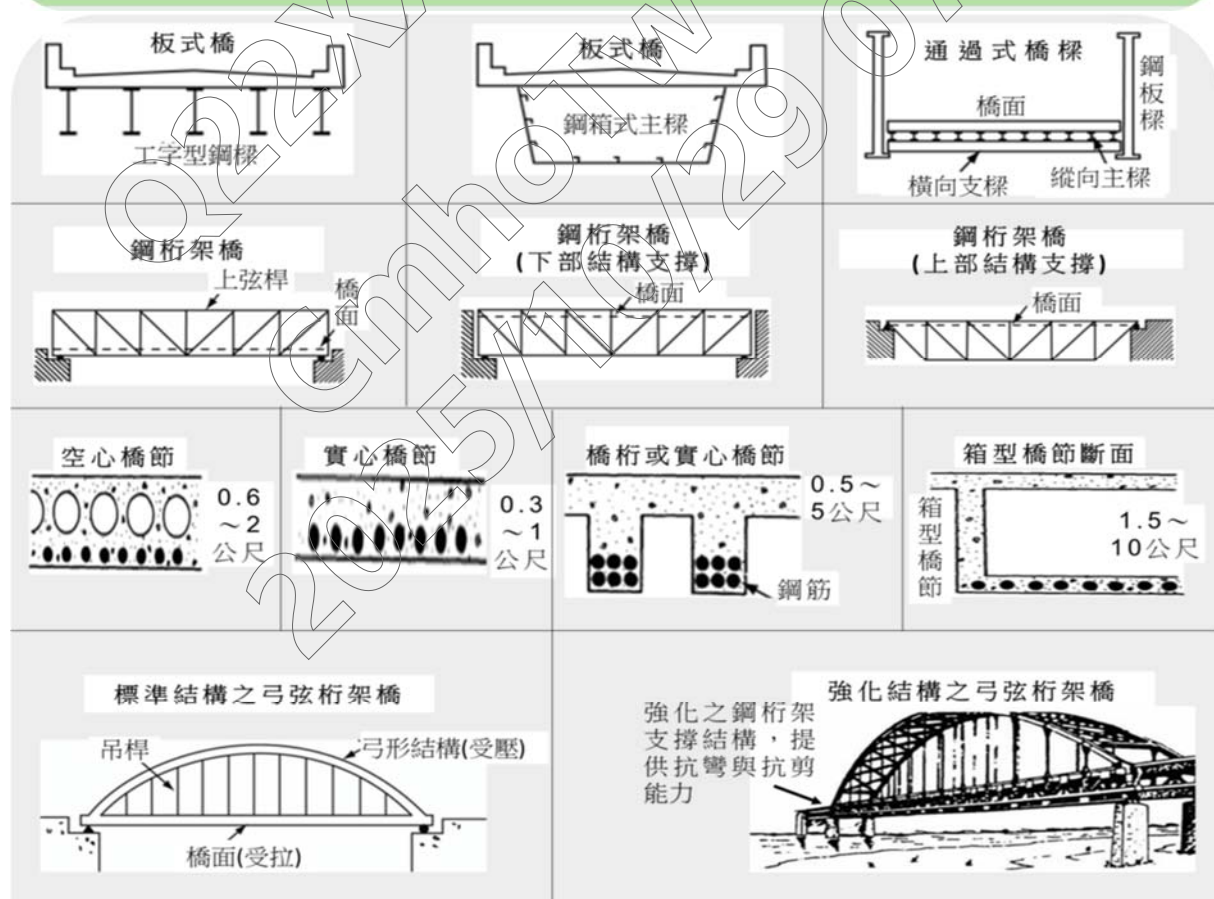


圖19 「橋節型式」示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁4-11~4-13。

²⁰ 同註 2，頁 4-2~4-16。

針對破壞法之選擇，取決於偵察量測之數據²¹，以判斷使用「頂部破壞法」、「底部破壞法」或「斜角破壞法」，範例如圖 20。

另「混凝土剝離裝藥法」主要用於「頂部破壞法」，而「橋礎爆破-翼牆」係針對兩側翼牆實施破壞。

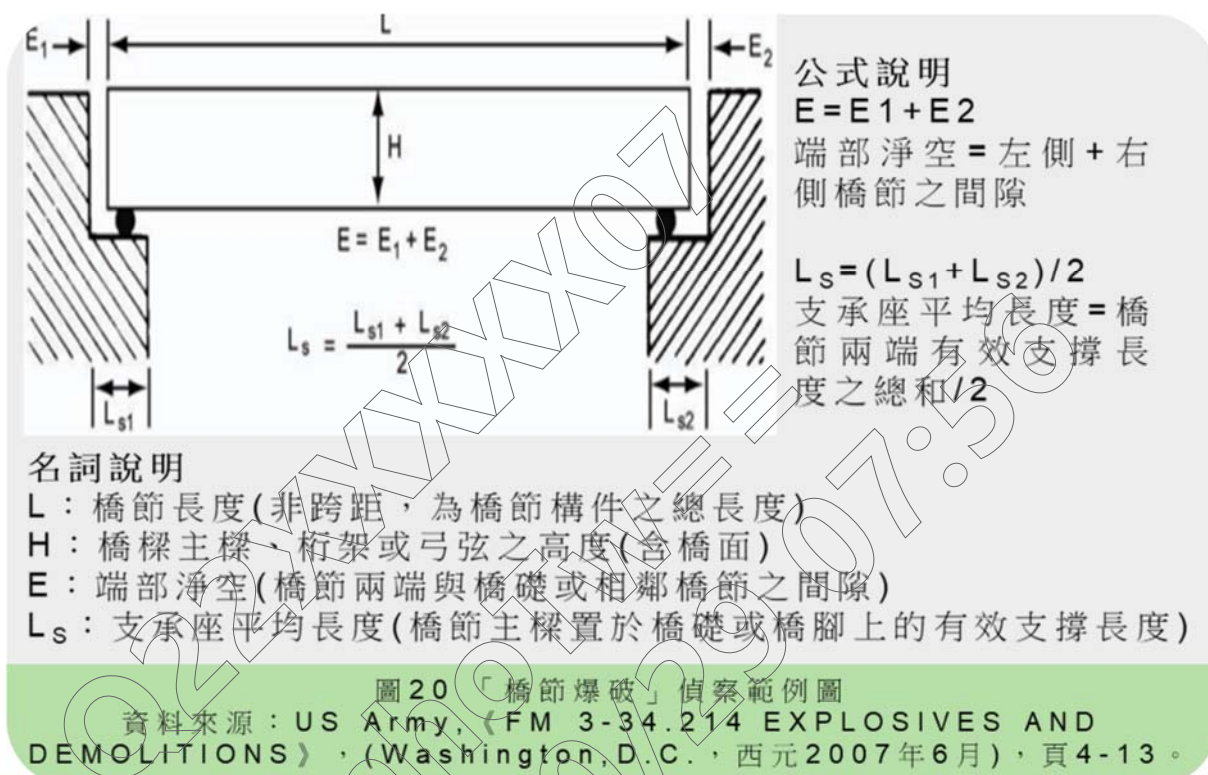


表9 頂部破壞法所需最小破壞長度(Lc/L)對照表

截斷長度與橋節長度比(Lc/L)對照表															
Ls/L H/L	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.030	0.040	0.050	0.060	0.080	0.100
0.01	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.009	0.010	0.011	0.013	0.015
0.02	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.011	0.012	0.015	0.017	0.019	0.022	0.026	0.030
0.03	0.008	0.009	0.011	0.012	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.022	0.026	0.029	0.033	0.039	0.045
0.04	0.011	0.013	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.029	0.034	0.039	0.043	0.052	0.060
0.05	0.013	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.029	0.036	0.043	0.049	0.054	0.065	0.075
0.06	0.015	0.019	0.022	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.044	0.051	0.058	0.065	0.078	0.090
0.07	0.018	0.022	0.026	0.029	0.031	0.034	0.036	0.039	0.041	0.051	0.060	0.068	0.076	0.091	0.105
0.08	0.021	0.025	0.029	0.033	0.036	0.039	0.042	0.044	0.047	0.058	0.068	0.078	0.087	0.104	0.120
0.09	0.023	0.028	0.033	0.037	0.040	0.044	0.047	0.050	0.053	0.065	0.077	0.087	0.097	0.116	0.135
0.10	0.026	0.032	0.036	0.041	0.045	0.049	0.052	0.055	0.058	0.073	0.085	0.097	0.108	0.129	0.150
0.11	0.028	0.035	0.040	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.064	0.080	0.094	0.107	0.119	0.142	0.165
0.12	0.031	0.038	0.044	0.049	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070	0.087	0.102	0.116	0.130	0.155	0.180
0.13	0.033	0.041	0.047	0.053	0.058	0.063	0.067	0.072	0.076	0.095	0.111	0.126	0.140	0.168	0.195
0.14	0.036	0.044	0.051	0.057	0.063	0.068	0.073	0.077	0.082	0.102	0.119	0.136	0.151	0.181	0.210
0.15	0.038	0.047	0.054	0.061	0.067	0.073	0.078	0.083	0.088	0.109	0.128	0.145	0.162	0.194	0.225
0.16	0.041	0.050	0.058	0.065	0.072	0.078	0.083	0.088	0.093	0.116	0.136	0.155	0.173	0.207	0.240
0.17	0.043	0.053	0.062	0.069	0.076	0.082	0.088	0.094	0.099	0.124	0.145	0.165	0.184	0.220	0.255
0.18	0.046	0.056	0.065	0.073	0.080	0.087	0.093	0.099	0.105	0.131	0.154	0.175	0.194	0.233	0.270
0.19	0.049	0.060	0.069	0.077	0.085	0.092	0.099	0.105	0.111	0.138	0.162	0.184	0.205	0.246	0.285
0.20	0.051	0.063	0.073	0.081	0.089	0.097	0.104	0.110	0.117	0.145	0.171	0.194	0.216	0.259	0.300

備註
 1. 若計算或量測出來的數字不在上表中，則用無條件進入法至下一個最接近數字。
 2. 在表中查詢Ls/L與H/L的交叉值，即可得出所需之Lc/L值，再乘以橋節長度L，即得所需破壞長度Lc。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁H-2。

²¹ 同註 2，頁 4-13。

1.頂部破壞法

(1)計算「高度與長度比(H/L)」及「支承座平均長度與橋節長度比(L_s/L)」值後，對照表格(如表 9)查詢「截斷長度與橋節長度比(L_c/L)」值；其目的在確認橋節所須破壞之上部結構位置，以避免橋節爆破後，因上部結構卡住未掉落，形成「折彎樑」現象(如圖 21)，計算範例如表 10。

(2)爆藥安裝於橋樑上部結構之兩側對稱位置，以便破壞結構張力和壓力承載點，造成「鉸鏈作用(Hinge Formation)」，使橋樑結構向內彎折，造成橋節掉落。

(3)橋面通常不設置爆藥作為截斷位置，除非橋面為主要承重結構(如混凝土樑/板橋等)，或為了增加破壞成功率、輔助上部結構之破壞，而設置之補充爆藥。

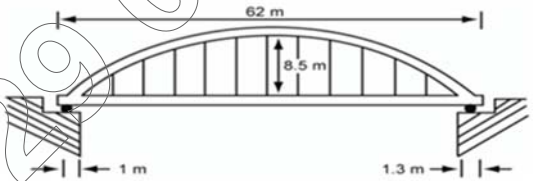
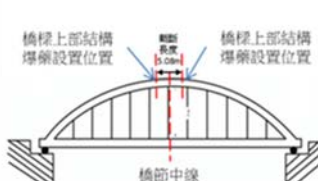
(4)截斷結構所需爆藥設置方式及藥量計算，視其結構

材質、尺寸及現況選擇適合之方式。

2.底部破壞法

(1)計算「高度與長度比(H/L)」值後，對照表格(如表 11)查詢「底部破壞法所需最小橋節端部淨空與長度比(E_R/L)」值；其目的在確認橋節兩端端部淨空之總和，大於橋節受破壞後掉落所需之端部淨空值，以避免爆破後橋節卡住未掉

表 10 頂部破壞法所需最小破壞長度(L_c)計算範例

問題：使用頂部破壞法進行橋樑爆破之計算，判定下圖之弓弦桁架橋如何爆破？ 諸元：橋節長度(L)62公尺、高度(H)8.5公尺、支承座平均長度(L _s)1.15公尺。	
	
步驟1	參閱「截斷長度與橋節長度比(L _c /L)對照表」，查詢及計算相關數據，以確認橋面上部結構所需截斷之長度。
步驟2	計算「高度與長度比(H/L)」， $H/L=8.5/62=0.137$ ，查詢上述表格無0.137之值，無條件進位至0.14。
步驟3	計算「支承座平均長度與橋節長度比(L _s /L)」， $L_s=(1.3+1)/2=1.15$ ， $L_s/L=1.15/62=0.0185$ 。
步驟4	查詢上述表格無0.0185之值，無條件進位至0.020。
步驟5	查詢上述表格，H/L=0.14與L _s /L=0.020的交叉點為L _c /L=0.082，而L _c =L×0.082=5.08公尺。
步驟6	計算爆藥設置位置：將截斷長度L _c 除以二(5.08/2=2.54公尺)。
解決方案	預定截斷位置為橋節中線兩側各2.54公尺，請於上部結構實施標記作為破壞中心線及爆藥設置位置。 

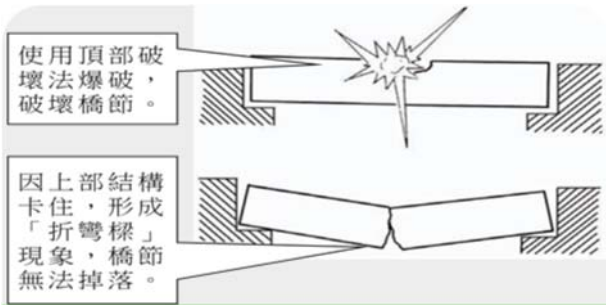


圖 21 「折彎樑」示意圖
資料來源：US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C.，西元2007年6月)，頁4-3。

資料來源：US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C.，西元2007年6月)，頁F-12。

表 11 底部破壞法所需最小橋節端部淨空長度(E_R/L)對照表

H/L	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
E_R/L	0.0002	0.0008	0.0020	0.0030	0.0050	0.0070	0.0100	0.0130	0.0160	0.0200
H/L	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
E_R/L	0.0240	0.0290	0.0340	0.0390	0.0440	0.0500	0.0570	0.0630	0.0700	0.0770

注意：

1. 若計算或量測出來的數字不在上表中，則用無條件進入法至下一個最接近數字，範例： $H/L=0.076$ ，則從上表中取用0.08，相對應的 $E_R/L=0.0130$ 。
2. 將表中所得 E_R/L 值乘以L即可得到 E_R 值。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁H-1。

落，形成「三點拱」現象(如圖22)，計算範例如表12。

(2) 爆藥安裝於橋樑底部結構之中央位置，以便破壞結構張力和壓力承載點，造成「鉸鏈作用(Hinge Formation)」，以結構頂部為鉸點，使橋樑結構向外彎折，造成橋節掉落。

(3) 截斷結構所需爆藥設置方式及藥量計算，視其結構材質、尺寸及現況選擇適合之方式。

3. 斜角破壞法

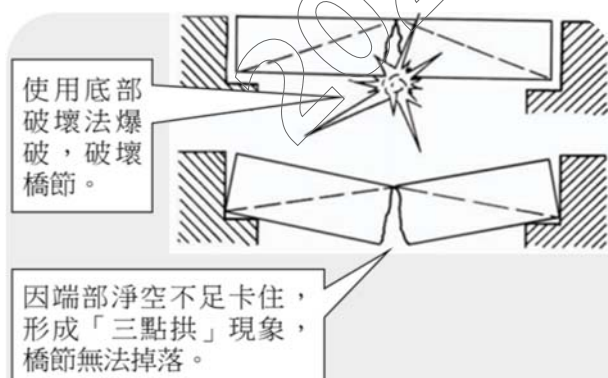


圖 22 「三點拱」示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁4-3。

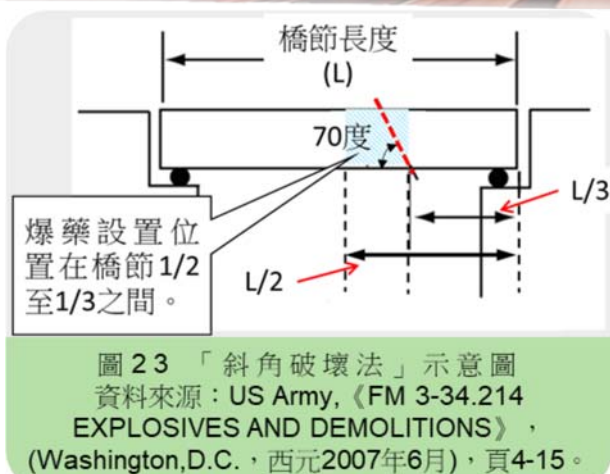
表 12 底部破壞法所需最小橋節端部淨空長度(E_R)計算範例

問題：使用底部破壞法進行橋樑爆破之計算，判定下圖之板式橋(工字型鋼樑)如何爆破？諸元：橋節長度(L)25公尺、高度(H)2.1公尺、端部淨空(E)0.4公尺。	
步驟1	參閱「底部破壞法所需最小橋節端部淨空長度(E_R/L)對照表」，計算E是否大於 E_R ，以確認是否適用底部破壞法。
步驟2	計算「高度與長度比(H/L)」， $H/L=2.1/25=0.084$ ，查詢上述表格無0.084之值，無條件進位至0.09，對應之 E_R 值為0.0160。計算所需端部淨空值， $E_R=0.0160 \times L=0.4$ 公尺。
解決方案	比較實際端部淨空總合(E)為0.4公尺，等於所需端部淨空值(E_R)之0.4公尺，可使用底部攻擊法截斷橋節，毋須擔心卡住不掉落之情形。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁F-12。

(1) 使用「斜角破壞法」時，須截斷橋樑所有構件(包括橋節主體、護欄及管線等)，破壞角度與水平線夾角呈70度，以避免橋節殘骸卡住未掉落。爆藥設置位置應選在橋節中線至距離端部三分之一處(如圖23)。

(2) 適用於各種橋樑型式，尤其是保持橋樑通行能力，但



須周密之準備，並能有效避免「折彎樑」及「三點拱」等不完全破壞現象。

(3) 截斷結構所需爆藥設置方式及藥量計算，視其結構材質、尺寸及現況選擇適合之方式。

4. 混凝土剝離裝藥法：「混凝土剝離裝藥法」主要用於「頂部破壞法」，為美軍於橋面上實施橋節爆破之設置方式，說明如下。

(1) 「混凝土剝離裝藥法」設計目的為移除鋼筋混凝土樑(板)之混凝土，使鋼筋暴露在外，但無法預測對鋼筋之損壞程度，針對厚度不超過 2 公尺的鋼筋混凝土樑(板)破壞效果良好(如圖 24)。對於「簡支橋-混凝土樑/板橋」而言，以「頂

部破壞法」計算所需截斷長度後，在欲截斷位置運用「混凝土剝離裝藥法」，能有效破壞及截斷橋節，促使其掉落。

(2) 爆藥藥量計算：

A. 每公尺橋面所需之爆藥藥量 $(P) = \{3.3 \times \text{橋節厚度}(h) + 0.5\}^3 \times 3.3$ ，上述公式之單位，爆藥藥量以 TNT 爆藥磅數、長度以公尺為單位。

B. 預期破壞之橋節長度 $(Wd) = 2 \times \text{橋節厚度}(h) + 0.3$ ，為「混凝土剝離裝藥法」爆破後預判破壞之橋節長度，單位為公尺。

C. 「預期破壞之橋節長度 (Wd) 」未達「頂部破壞法所需最小破壞長度 (Lc) 」時，將導致不完全破壞，形成「折彎樑」現象，藥量調整說明如表 13。

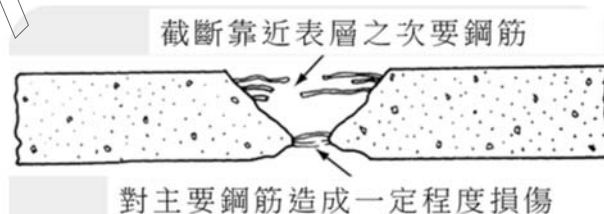


圖 24 「混凝土剝離裝藥法」破壞效果示意圖
資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，
(Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月)，頁 4-15。

表 13 因應「頂部破壞法所需最小破壞長度 (Lc) 」爆藥藥量調整說明

狀況	$Wd \geq Lc$	$Wd < Lc < 2 \times Wd$	$Lc = 2 \times Wd$
示意圖			
藥量調整方式	依「 $P = (3.3 \times h + 0.5)^3 \times 3.3$ 」計算之爆藥藥量，設置單列爆藥。	依「 $P = (3.3 \times h + 0.5)^3 \times 3.3$ 」計算之爆藥藥量，設置單列爆藥，但藥量增加 10%。	依「 $P = (3.3 \times h + 0.5)^3 \times 3.3$ 」計算之爆藥藥量，增加 100% 藥量，並設置雙列爆藥。

資料來源：筆者自行製表。

(3)設置方式：單列爆藥設置之長度為橋面全寬，堆疊之底寬為高度之1~3倍，不須填塞(如圖25)；若以砂包妥善填塞(如每磅爆藥使用兩袋砂包)，則爆藥藥量可減少三分之一。

(4)針對「平板橋節」及「T型橋節」計算範例如表14。

5.橋礎爆破-翼牆：針對橋礎之翼牆有特別提示(如圖26)，若翼牆有支撐重建或臨時橋樑之能力，應使用橋礎爆破

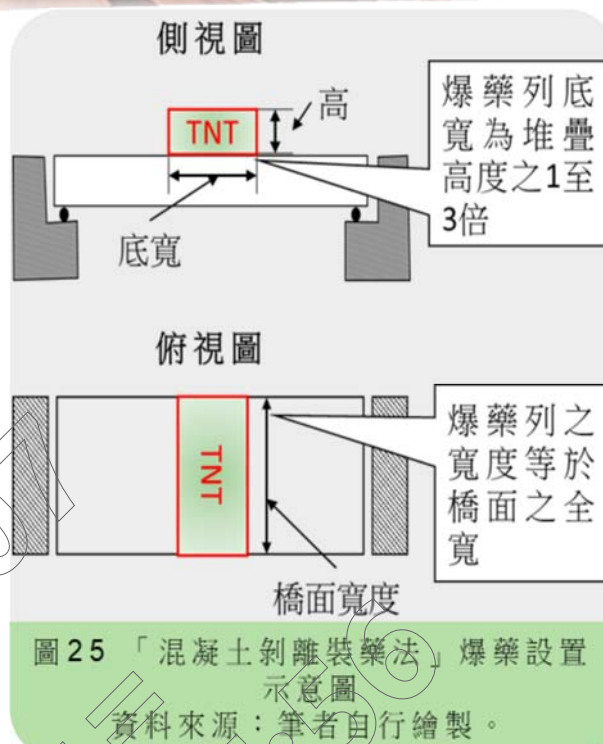
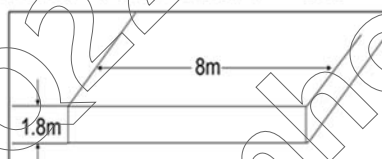
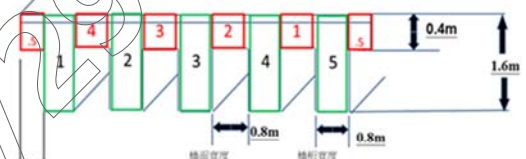
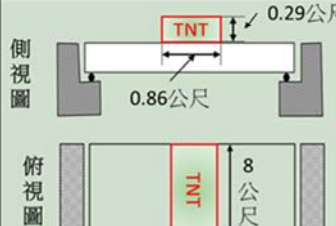
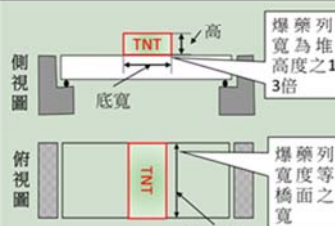


表14 「混凝土剝離裝藥法」計算範例

問題：使用混凝土剝離裝藥法進行橋樑爆破之計算，不考慮「頂部破壞法所需最小破壞長度(Lc)」之影響，判定下圖之平板橋節如何爆破？ 諸元：橋節寬度(W)8公尺，高度(H)1.8公尺。 		問題：使用頂部破壞法進行橋樑爆破之計算，判定下圖之T型橋節如何爆破？ 諸元：橋節長度(L)62公尺，高度(H)8.5公尺，支承座平均長度(Ls)1.15公尺。 	
步驟1	目標橋節寬度(W)8公尺，高度(H)1.8公尺，使用「混凝土剝離裝藥法」。	步驟1	參閱「截斷長度與橋節長度比(Lc/L)對照表」查詢及計算相關數據，以確認橋面上部結構所需截斷之長度。
步驟2	$P = 3.3 \times \{3.3 \times \text{橋節厚度}(h) + 0.5\}^3 = 3.3 \times (3.3 \times 1.8 + 0.5)^3 = \text{每公尺} 881.40 \text{ 磅 TNT}$	步驟2	計算「高度與長度比(H/L)」， $H/L = 8.5/62 = 0.137$ ，查詢上述表格無0.137之值，無條件進位至0.14。
步驟3	使用TNT爆藥，不須使用效應比換算。	步驟3	計算「支承座平均長度與橋節長度比(Ls/L)」， $Ls = (1.3+1)/2 = 1.15$ ， $Ls/L = 1.15/62 = 0.0185$ 。
步驟4	每公尺881.40磅TNT，使用1磅TNT爆藥，進位為每公尺882磅TNT。	步驟4	查詢上述表格無0.185之值，無條件進位至0.20。
步驟5	爆藥設置長度為橋節全寬，以公尺為單位，共計8公尺。	步驟5	查詢上述表格，H/L=0.14與Ls/L=0.20的交叉點為Lc/L=0.082，而Lc=L×0.082=5.08公尺
步驟6	每公尺882磅TNT×8公尺=7056磅TNT爆藥	步驟6	計算爆藥設置位置：將截斷長度Lc除以二(5.08/2=2.54公尺)。
解決方案 爆藥藥量為7056磅TNT，堆疊長度為8公尺(橋全寬)，高度約0.29公尺(10層爆藥)，底層約0.86公尺。 		解決方案 預定截斷位置為橋節中線兩側各2.54公尺，請於上部結構實施標記，作為破壞中心線及爆藥設置位置。 	

資料來源：筆者自行繪製。

之裝藥方式予以爆破破壞(如圖27)，避免遭敵利用²²。

三、小結

本章節僅介紹美軍技協團隊教授之爆破課程及其準則延伸閱讀之內容，而美軍在爆破技術及方式不斷研改創新下，改進及新增不少破壞、爆破方

式與公式，尤其是「橋樑爆破」方面。

藉由美軍技協團隊之技術交流及課程教學，掌握最新爆破技術及應用方式，進而分析美軍與我軍爆破技術之差異，以提升爆破作業效能。

美軍與我軍爆破技術之差異

以美軍技協團隊教授之爆破課程及其準則延伸閱讀之內容為基礎，與我軍準則內容實施比較，探討雙方爆破技術之差異。

一、雙方爆破技術差異

依美軍爆破課程進度之分類逐項實施探討，作為後續修編準則及精進課程之基礎。

(一)爆破基礎：

1.各種爆藥性能介紹

(1)美軍爆藥種類、爆速及效應比²³與我軍有所差異(如表15)²⁴⁻²⁵，其中爆速及效應比經美軍多次驗證後修訂數據，證明爆速與效應比為相對關係，而非絕對關係，例如：C4爆藥爆速為26,400英呎/秒、效應比為1.34，並非TNT爆藥與C4爆藥爆速之比值1.17。我軍「效應比=其他爆藥爆速÷TNT爆藥爆速」之公式，不完全正確。



注意：如果翼牆可以支撐重建或臨時橋樑，請按照與橋樑相同的方式在翼牆後面放置裝藥來摧毀翼牆。



圖26 「橋樑翼牆」示意圖
資料來源：美軍技協團隊「橋樑爆破」課程教材，頁19。

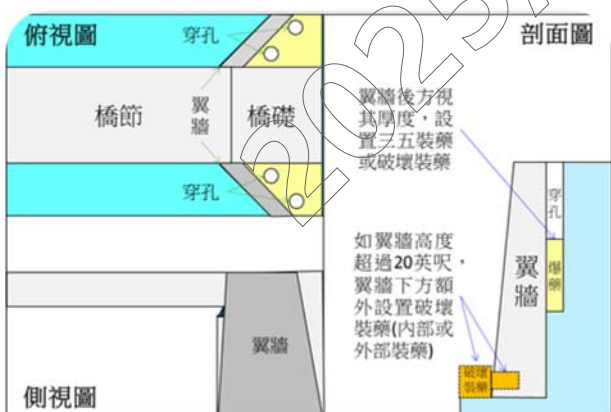


圖27 「橋樑爆破-翼牆」示意圖
資料來源：筆者自行繪製。

²² 同註2，頁4-27。

²³ 同註2，頁1-2～1-3。

²⁴ 同註2，頁2-4～2-33。

²⁵ 陸軍司令部，《陸軍爆破作業手冊》(桃園，西元2007年5月)，附2-1～2-2。

表 15 美軍與我軍爆藥性能差異對照表

名稱	美軍					我軍		
	用途	爆速 (英尺/秒)	效應比	煙霧 毒性	抗水性	爆速 (英尺/秒)	效應比	防水性
TNT梯恩梯	炸裂爆藥、 混合炸藥	22,600	1.00	危險	優良	21,000	1.00	極優
Tetryl特出特	起爆藥、混 合炸藥	23,300	1.25	危險	優良	25,200	1.2	極優
Composition C4	切割裝藥、 破壞裝藥	26,400	1.34	輕微	優良	28,350	1.35	極優
軍用M1代拿邁	美軍準則無介紹					20,160	0.96	優
商用純代拿邁 (40%~60%)						15,120~19,320	0.72~0.92	24小時內優， 24小時後劣。
商用軟式代拿邁 (40%~60%)						9,030~12,180	0.43~0.58	劣
膠質代拿邁 (40%~60%)						8,190~15,960	0.39~0.76	優
Composition B	彈裝爆藥	25,600	1.35	危險	優良	25,830	1.23	優
阿馬圖 (硝酸鉍80%、NT20%)	彈裝爆藥	16,000	1.17	危險	差	18,060	0.88	劣
PETN彭梯兒	導爆索、雷管、 炸裂爆藥	27,200	1.66	輕微	優良	27,720	1.32	優
RDX海掃更	雷管、混合 炸藥	27,400	1.60	危險	優良	27,930	1.33	優
硝酸鉍	土方作業、 坑道爆破	8,900	0.42	危險	差	11,130	0.53	劣
黑火藥	定時引信	1,300	0.55	危險	差	1,260	0.06	劣
M2A3、M2A4、M3A1推 型裝藥	切割裝藥	25,600	1.17	危險	優良	我軍準則無相關參數		
雷管,M1A1、M1A2、 M1A3	起爆藥	25,600	1.17	危險	優良			
過氯酸鉍-鋁粉二元混合爆藥	全功能爆破裝藥 主要炸藥	13,100	1.60	輕微	良好	我軍準則無相關介紹		
Composition A3	助推裝藥、 彈裝爆藥	26,500	1.35	危險	良好			
Composition A5	助推裝藥、 彈裝爆藥	29,300	1.40	危險	優良			
Composition H6	坑道爆破	23,600	1.33	危險	優良			
M1 第奈米特	炸裂爆藥	20,000	0.92	危險	尚可			
硝化甘油	商業用炸藥	25,200	1.50	危險	良好			
PETN-TNT混合爆藥(各佔 50%)	起爆藥、彈 裝爆藥	24,400	1.26	危險	優良			
片狀炸藥 (以M186-RDX為基礎)	切割裝藥	24,000	1.14	危險	優良			
片狀炸藥 (以PETN為基礎)	切割裝藥	23,300	1.66	低	優良			
Tetrytol-TNT混合爆藥 (75/25%)	炸裂爆藥	23,000	1.20	危險	優良			

1. 美軍及我軍均以「TNT梯恩梯」為標準，其效應比(RE Factor)為1；惟美軍針對效應比參數之估算，除考量各種爆藥之爆速比例外，亦有將實際爆破之效果納入，與我軍參數有所差異。
2. 表格字體為紅色者，意謂雙方準則均有介紹，但數值不同之處；「我軍準則無相關參數」，意謂準則有介紹，但未說明相關參數；「我軍準則無相關介紹」，意謂準則未介紹該種類之爆藥。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，
(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁1-2~1-3；陸軍司令部，《陸軍爆破教
範》(桃園，西元2006年3月)，頁2-4~2-28；筆者自行彙整。

(2)針對各種爆藥爆炸或燃燒產生之煙霧，美軍於準則有

完整說明其危險性，而我軍無詳細說明。

2.問題解決六步驟：為美軍準則針對爆藥藥量計算之步驟²⁶，與我軍準則概同。惟我軍準則於各種爆藥設置方式實施說明，無統一之步驟及要領；相較之下，美軍之「問題解決六步驟 Six Step Problem Solving Format」，能有效避免錯漏項導致藥量計算錯誤之狀況。

(二)爆藥淨重與最小安全距離：美軍將爆藥及火具換算成「爆藥淨重」後，再依「爆藥淨重」計算所需之「最小安全距離」，其目的為求得精確之安全距離，在力、空、時受限狀況下執行爆破作業；而我軍僅計算爆藥本身之重量，以及破片飛散之安全距離²⁷，在城鎮作戰等場景較缺乏作業彈性及靈活性。

(三)木材爆破：美軍及我軍使用相同公式，惟美軍以 C4 爆藥為主，其威力大、便於塑形、利於內部裝藥，而我軍以 TNT 爆藥為主。另美軍「外部裝藥截斷木材」額外設置助推裝藥，並新增「樹樁爆破」及

「樹木爆破(環形裝藥)」等 2 種設置方式，差異部分如表 16。

(四)鋼結構爆破：美軍及我軍使用相同公式，惟「爆破高碳鋼、合金鋼之圓形鐵件」藥量計算及設置有所差異^{28~29}(如表 17)。

(五)特種鋼材爆破：美軍及我軍特種鋼材在「帶狀裝藥」、「鞍狀裝藥」與「菱形裝藥」等相似而不相同^{30~31}，設置方式略有差異(如表 18)。

表16 美軍與我軍木材爆破差異對照表

項目	美軍	我軍
外部裝藥截斷木材	公式相同，額外增加助推裝藥	公式相同
外部裝藥造成障礙	相同	相同
內部裝藥	相同	相同
樹樁爆破	用於清除殘留之樹樁	無
樹木爆破(環形裝藥)	使用C4爆藥截斷樹木之裝藥方式	無

資料來源：US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C., 西元2007年6月), 頁3-4~3-8；陸軍司令部,《陸軍爆破教範》(桃園, 西元2006年3月), 頁3-96~3-99；筆者自行彙整。

²⁶ 同註 2，頁 3-4。

²⁷ 同註 3，頁 3-3。

²⁸ 同註 2，頁 3-12~3-13

²⁹ 同註 3，頁 3-104。

³⁰ 同註 2，頁 3-14~3-17。

³¹ 同註 3，頁附 7-1~附 7-3。

表17 美軍鋼結構與我軍鐵材爆破差異對照表

項目		美軍	我軍
高碳鋼、合金鋼之圓形鐵件	1英吋以下	目標單側設置1磅TNT爆藥	P=D ² 目標單側設置爆藥
	1~2英吋	目標單側設置2磅TNT爆藥	
	超過2英吋	P=D ² 目標兩側設置爆藥	

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-12~3-13；陸軍司令部, 《陸軍爆破教範》(桃園, 西元2006年3月), 頁3-104；筆者自行彙整。

(六)道路爆破：美軍及我軍道路爆破在「路坑開設」方面相同，惟美軍新增「釋壓面爆坑法」，以及硝酸銨爆藥與雷管火具接續方式有所差異^{32~33}（如表19）。

(七)破壞裝藥：美軍與我軍「破壞裝藥」之公式相同，惟「物料抗力係數」、「填塞係數」、「裝藥厚度」及「C4爆藥速查對照表及轉換係數表」有所差異；另美軍額外介紹之「對抗力爆破裝藥」，與我軍「相對裝藥」相似，但藥量計算有所差異，說明如下。

1. 破壞裝藥

表18 美軍與我軍特種鋼材爆破差異對照表

項目	美軍	我軍
帶狀裝藥	截斷厚度不超過3英吋之鋼板，裝藥厚度為目標厚度的二分之一。	截斷厚度不超過2英吋之鋼板，裝藥厚度為目標厚度。
鞍狀裝藥	裝藥厚度，目標直徑8英吋(含)以下均為1英吋。	裝藥厚度，目標直徑6英吋(含)以下為1/3英吋，6~8吋為1/2英吋。
菱形裝藥	裝藥厚度，目標直徑8英吋(含)以下均為1英吋。	裝藥厚度，目標直徑8英吋(含)以下均為1/3英吋。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-14~3-17；陸軍司令部, 《陸軍爆破教範》(桃園, 西元2006年3月), 附7-1~附7-3；筆者自行彙整。

表19 美軍與我軍道路爆破差異對照表

項目	美軍	我軍
路坑開設	相同	相同
釋壓面爆坑法	爆破後會形成一個不對稱之梯形路坑，深約7~8英呎、寬約25~30英呎，形似戰防壕之三角壕。	無
硝酸銨爆藥與雷管火具接續方式	雷管火具與TNT爆藥(C4)接續，再將爆藥設置於硝酸銨裝藥上，用於確保起爆。	雷管火具直接與硝酸銨裝藥接續。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》, (Washington, D.C., 西元2007年6月), 頁3-23~3-26；陸軍司令部, 《陸軍爆破教範》(桃園, 西元2006年3月), 頁3-21~3-22、4-112~4-121；筆者自行彙整。

³² 同註2，頁3-14~3-26。

³³ 同註3，頁3-21~3-22。

(1)物料抗力係數：美軍物料種類較我軍詳細^{34~35}，且抗力係數 K 值較高(如表 20)，源自建築技術和材料力

學之進步，導致物料抗力增強。

(2)填塞係數：美軍填塞係數 C 值較低(如表 21)^{36~37}，源自實爆數據之經驗常數修訂。

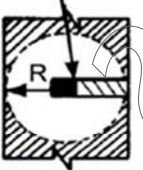
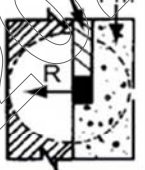
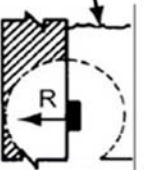
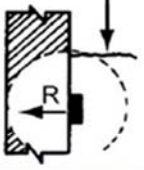
表 20 美軍與我軍「物料抗力係數」對照表

破壞裝藥物料抗力係數表				
物料種類	美軍		我軍	
	R	K	R	K
泥土	任何尺度	0.07	任何尺度	0.05
加固程度(弱) 頁岩、硬質地層、堅實木材、土方建築	小於1.5公尺(5呎) 大於等於1.5公尺(5呎)	0.32 0.29	任何尺度	0.23
加固程度(好) 混凝土塊 岩石	小於等於0.3公尺(1呎) 介於0.3公尺(1呎)跟0.9公尺(3呎)之間 大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎) 大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎) 大於等於2.1公尺(7呎)	0.88 0.48 0.40 0.32 0.27	不足3呎 3~5呎(不含) 5~7呎(不含) 7呎(含)以上	0.35 0.28 0.25 0.23
加固程度(一流) 緊密混凝土	小於等於0.3公尺(1呎) 介於0.3公尺(1呎)跟0.9公尺(3呎)之間 大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎) 大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎) 大於等於2.1公尺(7呎)	1.14 0.62 0.52 0.41 0.35	不足3呎 3~5呎(不含) 5~7呎(不含) 7呎(含)以上	0.45 0.38 0.33 0.28
鋼筋混凝土 (僅能破壞混凝土，不能截斷鋼筋)	小於等於0.3公尺(1呎) 介於0.3公尺(1呎)跟0.9公尺(3呎)之間 大於等於0.9公尺(3呎)小於1.5公尺(5呎) 大於等於1.5公尺(5呎)小於2.1公尺(7呎) 大於等於2.1公尺(7呎)	1.76 0.96 0.80 0.63 0.54	不足3呎 3~5呎(不含) 5~7呎(不含) 7呎(含)以上	0.70 0.55 0.50 0.43

注意：除非對結構有明確了解，否則始終假設是鋼筋混凝土及加固程度為一流。

資料來源：US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C.，西元2007年6月)，頁3-18；陸軍司令部，《陸軍爆破教範》(桃園，西元2006年3月)，頁3-109；筆者自行彙整。

表 21 美軍與我軍「填塞係數」對照表

圖例	已填塞 設置於 目標中心點	已填塞 厚度≥ 爆破半徑	已填塞 水深≥ 爆破半徑	未填塞 外部裝藥 在中間處	未填塞 水深<爆破 半徑	未填塞 厚度<爆破 半徑	未填塞 外部裝藥 置於地面
對照表							
美軍	1.0	1.0	1.0	1.8	2.0	2.0	3.6
我軍	1.25	1.25	1.25	2.3	2.5	2.5	4.5

注意(美軍)：不要將在固體材料(例如砂子或泥土)中填充的裝藥視為完全填塞，除非裝藥覆蓋的深度等於或大於破壞半徑。水深必須大於半徑才能使用1作為C。

資料來源：US Army,《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington,D.C.，西元2007年6月)，頁3-18；陸軍司令部，《陸軍爆破教範》(桃園，西元2006年3月)，頁3-113~3-114；筆者自行彙整。

34 同註 2，頁 3-18。
35 同註 3，頁 3-109。
36 同註 2，頁 3-18。
37 同註 3，頁 3-113~3-114。

(3)裝藥厚度：我軍無「裝藥厚度」之參數，而裝藥厚度將影響爆破後之破壞效果。

(4)C4 爆藥速查對照表及轉換係數表：因我軍以使用 TNT 爆藥為主，故無相關表格。

2. 對抗力爆破裝藥：美軍「對抗力爆破裝藥」與我軍「相對裝藥」相似^{38~39}；惟「藥量計算」與「設置方式」略有差異(如表 22)。

(八)橋樑爆破：美軍與我軍「橋樑爆破」方式之差異，計「頂部破壞法」、「底部破壞法」、「斜角破壞法」、「混凝土剝

離裝藥法」及「橋樑爆破-翼牆」等 5 項^{40~41}，雙方差異如表 23 所示。

表 22 美軍對抗力裝藥與我軍相對裝藥差異對照表

項目	美軍	我軍
藥量計算	厚度每英呎使用 1.5 磅 C4 爆藥，以 0.5 英呎為單位無條件進位。	厚度每英呎使用 1~2 磅 C4 爆藥，以 1 英呎為單位無條件進位。
設置方式	爆導索支索使用「英式結」與主索結合。	爆導索支索使用「雲雀結」與主索結合。

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月)，頁 3-22；陸軍司令部《陸軍爆破教範》(桃園，西元 2006 年 3 月)，頁附 7-2；筆者自行彙整。

表 23 美軍與我軍橋梁爆破差異對照表

項目	美軍	我軍
橋節爆破破壞方式	區分「頂部破壞法」、「底部破壞法」、「斜角破壞法」等 3 種，視橋樑類型及諸元選擇適合之破壞方式，徹底破壞橋節使其陷落。	● 單一橋節：靠近我方第一節橋節距端末 1/4 處用破壞裝藥(壓力裝藥)爆破，使橋節向我方陷落。 ● 連續橋節：在靠近我方第一節兩端端末 1/4 處用破壞裝藥(壓力裝藥)爆破，使其徹底陷落；或在每一節橋節靠近我方端末 1/4 處用破壞裝藥(壓力裝藥)爆破，使橋節向我方陷落。
橋節爆破裝藥方式	● 混凝土剝離裝藥(橋節厚度 2 公尺以下) ● 破壞裝藥	● 壓力裝藥(T 型橋節) ● 破壞裝藥(平板橋節)
橋樑爆破-翼牆	比照橋樑爆破，視翼牆厚度於翼牆後方設置三五裝藥或破壞裝藥，若翼牆高度超過 20 英呎，翼牆底部須設置破壞裝藥	於翼牆傾斜面穿孔裝藥爆破破壞。
小結	● 我軍橋節爆破之破壞及裝藥方式，破壞裝藥及壓力裝藥僅設置於橋節其中一端，易發生橋節截斷長度不足，破壞後橋節形成「折彎樑」及「三點拱」現象，無法完全陷落。 ● 美軍橋節爆破之破壞及裝藥方式，因應橋樑類型及諸元實施調整，能有效避免「折彎樑」及「三點拱」現象。 ● 橋樑爆破-翼牆，我軍於傾斜面穿孔爆破，易造成翼牆未徹底破壞情形；美軍比照橋樑爆破方式，能徹底破壞翼牆，無法修復。	

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元 2007 年 6 月)，頁 4-2~4-16、4-27；陸軍司令部，《陸軍爆破教範》(桃園，西元 2006 年 3 月)，頁 3-105~3-114、4-90~4-98；筆者自行彙整。

³⁸ 同註 2，頁 3-22~3-24。

³⁹ 同註 3，頁附 7-2、7-4。

⁴⁰ 同註 2，頁 4-2~4-16、4-27。

⁴¹ 同註 3，頁 3-105~3-114、4-90~4-98。

二、雙方實際運用差異

透過美方技協團隊分享實戰經驗，以及爆破技術的實際運用，歸納後計「火具」、「爆藥」、「接續作業」及「點火系統」等4個方面之差異，說明如下。

(一)火具：美軍使用火具以雷管、緩導索、導爆索及點火器為主(如圖28)，我軍以電雷管、電氣點火器為主。美軍鮮少使用電雷管及電氣點火，主因為電流0.6安培即可起爆單支電雷管⁴²，在複雜戰場環境下，電雷管及電氣點火具高風險性，且可靠性遠低於雷管等非電氣點火之火具。

(二)爆藥：美軍使用爆藥以C4爆藥為主，我軍以TNT爆藥為主。究其原因為C4爆藥爆炸威力強、易於塑形及黏貼於物體表面，有利於執行戰鬥爆破等簡易爆破作業⁴³。

(三)接續作業：爆導索支索與主索結合，除使用「雲雀結」外，美軍還使用「英式結」，用於支索與主索結合(如圖29)，更為迅速。

(四)點火系統：我軍使用雙重雷管、雙重導爆索、雙重電氣點



火、雙重混合(電氣及導爆索)等4種雙重點火系統⁴⁴，類似美軍雙點起爆系統；而美軍的單點起爆系統，則使用同一條導爆索主索，同時接續2組雷管或電雷管(如圖30)，可比擬雙重點火之效果⁴⁵，能節省設置作業時間及爆材。

三、小結

本章節介紹美軍技協團隊教授之爆破課程及其準則延伸閱讀之內容，與我軍準則內容比較後之差異處；其中我軍承繼美軍爆破準則之脈絡發展，在基本爆破公式方面差異不

⁴² 同註3，頁2-32。

⁴³ 同註3，頁1-4～1-5。

⁴⁴ 同註3，頁3-86～3-88。

⁴⁵ 同註2，頁2-30～2-31。

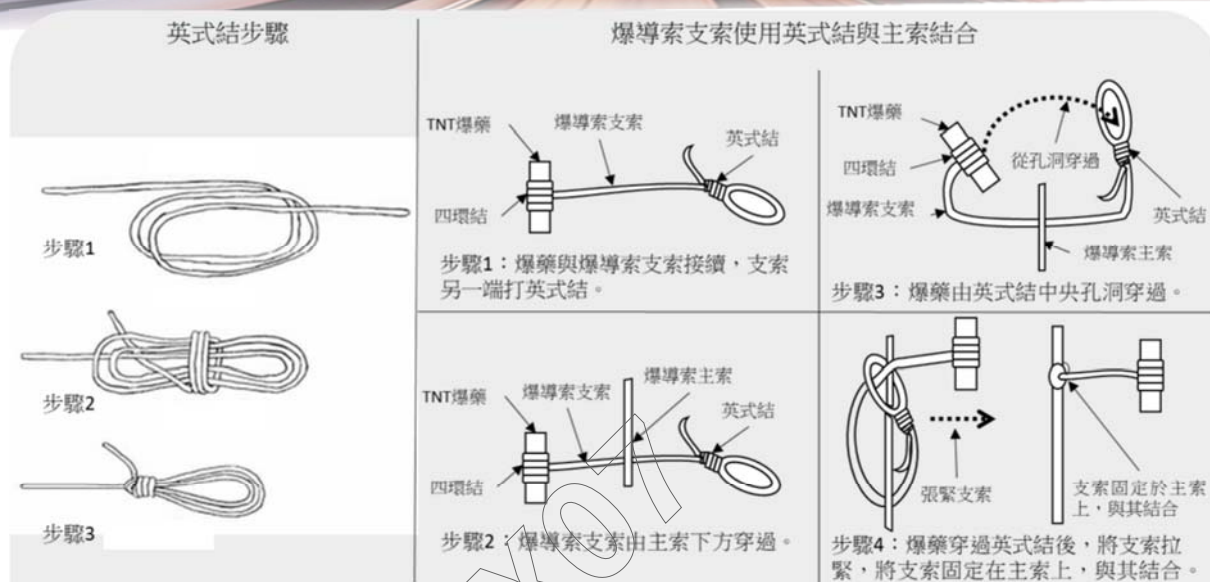
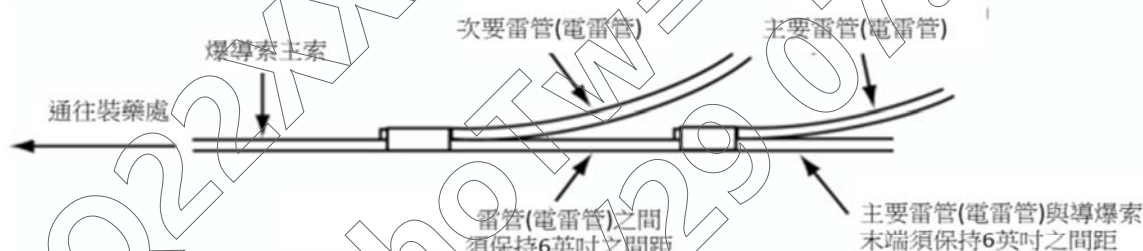


圖 29 爆導索主索與支索結合(英式結)示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁2-28～2-29；筆者自行繪製。



注意事項：電雷管及雷管混合使用時，電雷管接續在導爆索末端處，雷管接續在電雷管前方靠近裝藥處，點火時，先爆雷管，再爆電雷管。

圖 30 美軍單點起爆系統示意圖

資料來源：US Army, 《FM 3-34.214 EXPLOSIVES AND DEMOLITIONS》，(Washington, D.C., 西元2007年6月)，頁2-31。

大，但美軍技術革新速度和實戰經驗方面遠勝於我軍，造成今日雙方爆破技術及實際運用之差距。

瞭解雙方差異後，進而研擬因應作法，追平我軍爆破技術及實際運用之落差，為首要目標。

精進作法

借鑑美軍爆破技術與我軍準則之差異處，以及美軍技協團隊分享之經驗，參考爆破教範目錄之分類⁴⁶，區分「爆藥、火具及爆破器材」、「爆破基礎作業」及「爆破作業」等方面實施探討，藉以精進我軍之爆破技術。

⁴⁶ 同註 3，頁目錄 1～4。

一、爆藥、火具及爆破器材

(一)爆藥性能及效應比：在雙方爆藥成份配比相同之前提下，可參照美軍準則之內容修訂我軍準則之參數。

(二)火具

1.教學方面：目前使用電雷管實施教學及訓練，建議恢復使用雷管教學；另雷管不起爆率較高之問題，可採用美軍單點起爆系統，或採用雷管及電雷管混合起爆方式(如圖 31)，確保安全無虞，亦能達成訓練效果。

2.火具方面：現有雷管庫儲時間過長，造成不起爆率大為增加，建議全面檢討現有雷管庫儲環境、推陳及保存年限，並採購新雷管及點火具。

二、爆破基礎作業

(一)安全距離計算：美軍先計算「爆藥淨重」，將爆藥及火具

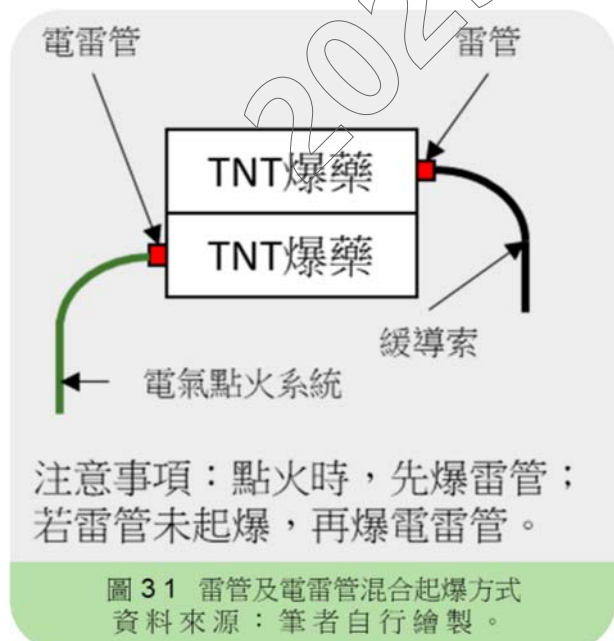
換算為「TNT 當量」，再考量 METT-TC 等因素，再計算「有掩蔽」、「無掩蔽」及「危險破片」之安全距離；我軍僅有計算「危險破片」之安全距離，無法適應戰場複雜環境，尤其是城鎮作戰，可參照美軍準則修訂我軍準則之公式及參數。

(二)起爆藥包接續：美軍使用「硝酸銨掘坑裝藥」或「H6 掘坑裝藥」時，會額外安裝 C4 或 TNT 爆藥起爆，避免不起爆情形發生；我軍針對鈍性爆藥(如硝酸銨等)，能仿效相應作法執行爆藥接續作業，以確保起爆效果。

(三)爆藥藥量計算：美軍使用「問題解決六步驟 Six Step Problem Solving Format」，我軍爆藥藥量計算遵循類似模式，但準則無具體步驟或程序；相較之下，美軍六步驟可有效減少爆藥藥量計算之錯漏，能仿效其步驟及程序，並納入橋樑爆破等偵察重點。

(四)木材爆破：美軍「外部裝藥截斷木材」額外設置「助推裝藥」，並新增「樹樁爆破」及「樹木爆破(環形裝藥)」等 2 種爆破方式，能納入我軍準則內容，增進爆破方式之多樣性及靈活性。

(五)鐵材爆破：我軍「爆破高碳鋼、合金鋼及中徑 2 吋以下



之圓形鐵件」使用之公式($P=D^2$)，與美軍爆破超過中徑2吋之圓形鐵件之公式相同，且中徑2吋以下圓形鐵件使用1~2磅TNT爆藥，代表我軍爆藥藥量計算及威力超溢，可參照美軍準則修訂我軍準則之公式及參數。

(六)混凝土及磚石爆破

1.破壞裝藥：美軍與我軍使用相同公式，參數差異包括提高「物料抗力係數」、下修「填塞係數」及律定「裝藥厚度」等，上述係數之修訂源自美軍實驗驗證之成果，可參照美軍準則修訂我軍準則之參數。

2.對抗力爆破裝藥(相對裝藥)：我軍以係數最大值2實施計算，爆藥藥量與美軍概同。惟我軍係數為1~2，亦無精確之係數對照或推估公式，建議以美軍為基準。

3.美軍各類速查表或對照表能減少爆藥藥量計算時間，增進作業效率，我軍準則可參考及新增相關速查及對照表。

三、爆破作業

(一)橋樑爆破

1.橋節爆破：美軍重點為橋節爆破之破壞方式及爆破點之選定，能否徹底破壞橋節使其陷落，再考慮爆藥設置及藥

量計算的問題；我軍未考慮相關參數及常數，爆破後可能造成不完全之破壞狀況(橋節卡住未陷落)，可參照美軍準則修訂我軍準則相關內容。

2.橋礎爆破：我軍未詳細說明橋礎翼牆之爆破方式，可參照美軍準則修訂我軍準則相關內容。

(二)特種爆破技術：美軍「帶狀裝藥」、「鞍狀裝藥」及「菱形裝藥」等3種爆破方式，有明確爆藥藥量計算及設置方式，尤其是裝藥厚度部分；我軍爆破與美軍相似，但在裝藥厚度有所差異，可參照美軍準則修訂我軍準則之設置方式及參數。

結論與建議

一、結論

我軍爆破技術之落後，源自於缺乏先進技術交流與實爆數據驗證，而美軍爆破技術之進步，源自於不斷的實爆驗證及相關數據與實戰經驗之累積。其中「美國陸軍工兵團 U.S. Army Corps of Engineers(USACE)」⁴⁷在其中扮演重要角色，在老舊橋樑及大壩等基礎設施拆除作業中提供專業與精密爆破或技術支援等，例如：爆破「蒙塔尼

⁴⁷ 美國陸軍工兵團 U.S. Army Corps of Engineers(USACE) 官方網站，<https://www.usace.army.mil/Helene/>，檢索日期：西元2025年7月3日。

學河道水壩」開鑿通航槽等⁴⁸，並藉以驗證爆破參數及獲得相關數據。

材料科學及建築技術日新月異，我軍爆破技術在短期無法積累大量爆破數據及驗證參數狀況下，建議先參照美軍準則修訂我軍準則爆破方式、公式及參數，快速形成有效戰力，再逐步推動準則條文實際驗證，以推動爆破技術革新。

二、建議

(一)爆破技術交流：我軍透過「陸威專案」與美軍合作，目前兩軍計有「專家交流」、「隨隊見習」、「聯合演訓」、「機動輔訓」、「互動協訓」與「特戰合作組」等6種模式⁴⁹。自民國113年起，藉美軍技協團隊「戰鬥工兵師資班」開辦，我軍得以吸收美軍最新之戰技(術)及經驗參數，足以彌補受囿於各種因素無法驗證之技術，而爆破技術交流為近期之重點，除透過美軍技協團隊於「戰鬥工兵師資班」授課之「爆破課程」外，希望藉由現地橋樑爆破之偵察、破壞方式與爆破點之選定、爆藥藥量計算與設置等，學習美軍技協團隊之實作經驗，若能透過美

軍技協團隊之協助，觀摩美軍大當量爆藥之實爆(如橋樑、建築物及大壩爆破等)，將能拓展我軍教學團隊視野及實際應用之經驗。

(二)我軍準則編修：經由美軍技協團隊獲得最新之美軍爆破準則，透過專業翻譯及定期研討，將美軍準則轉化為我軍準則編修之參據，藉以更新過時之條文及參數。

(三)實爆數據驗證：目前實爆數據驗證之窒礙為工訓中心實爆場地幅員受限，無法執行大當量爆藥或特種爆破之實爆。建議我軍先建構大當量爆藥之實爆場地，藉以驗證各項爆破方式及參數；另透過軍民合作管道，與地方政府協調報廢待拆除之橋樑等基礎設施，由工兵部隊協助執行爆破拆除作業，藉以獲得實際驗證之數據，並精進爆破作業技術。

(四)爆破技術推廣：透過工訓中心開辦之「戰鬥工兵師資班」、「工兵爆破師資班」及「爆破職能師資班」等班隊，教授美軍爆破技術，藉人員結訓返部後擔任單位師資教學，以推廣美軍爆破技術。

⁴⁸ 美國國民兵局(National Guard)「清除蒙塔尼學河道水壩以恢復通航」，<https://www.nationalguard.com>，檢索日期：西元2025年7月3日。

⁴⁹ 聯合新聞網，〈獨/陸軍司令鍾樹明率團訪美出席陸威專案年終會議〉，<https://udn.com/news/amp/story/10930/8315576>，檢索日期：西元2025年7月3日。