

有助於形成河川景觀之

砌石構造物整備相關資料

2006年 8 月

國土交通省 河川局 河川環境課

前言

近年來許多旨在形成河川景觀與多自然型河川營造的砌石構造物，已完成整備。但其中有些並未充分運用傳統砌石技術、發揮地區特性，也有些砌石構造物或仿砌石構造物並未融入河川整體景觀，看起來相當突兀。

此外，有些案例於計畫階段就認為砌石河川構造物成本比混凝土構造物還高，且難以確保石材與石材工匠，因此放棄實施砌石構造物整備，結果形成河川景觀形成與維護上粗糙、配套不足的狀況。

本資料係為提供河川管理者思考砌石技術基本概念為何、如何妥善施作以形成更高品質砌石構造物所彙整之參考資料。全國各河川評估是否實施砌石構造物整備時，若能參考本資料，或許能形成更優美河川景觀，也更容易維護。

河川砌石構造物仍有許多待研究討論之處，方法與理論未臻完善，未來若能取得更多新知識見解，本資料將隨之更新。

此外，本資料係在2005年度景觀形成事業推動經費（調查部分）預算項目下所實施「可資形成景觀之傳統修景素材暨技術應用推動策略方法檢討調查」內容之一「傳統砌石技術運用策略方法調查」（2006 年 1 月實施）的成果運用，承蒙下列顧問群諸多指導，才得以完成。因此，在此也對有關機關及顧問群表達感謝之意。

顧問團成員

- 東京工業大學兼任講師
（(股)PLANNING NETWORK 董事長） 岡田一天
- 西日本工業大學研究中心客座教授
（(股)西日本科學技術研究所 董事長） 福留脩文
- 武庫川女子大學生活環境學部 助理教授 三宅正弘

2006 年 8 月

目 錄

前言

第 1 章 砌石基本知識·····	1
(1) 砌石種類與用語·····	1
(2) 相互咬合之重要性·····	6
(3) 石材之地區特性·····	7
第 2 章 河川砌石構造物·····	11
(1) 河川砌石構造物之歷史·····	11
(2) 河川砌石構造物實例·····	13
(3) 河川砌石構造物整備目的及其案例·····	16
第 3 章 砌石構造物整備之構想·····	19
(1) 以形成景觀為目的而整備砌石構造物之構想·····	19
(2) 應參考之基準·····	20
(3) 總量估算方法·····	22
(4) 施作美觀砌石構造物之注意要點·····	24
第 4 章 石材與砌石技術人員之確保·····	29
(1) 石材確保之策略·····	29
(2) 砌石專業人員確保之策略·····	31
參考文獻·····	34

第1章 砌石基礎知識

(1) 砌石種類與用語

①砌石與坡面鋪石塊

「災害復舊工程設計要領^{*1}」中利用石材之工法，若坡度大於 45° 者為「砌石」，坡度小於 45° 之緩坡為「坡面鋪石塊」。此外，其他資料^{*2}有的將坡度小於 45° 的定義為「砌石」，坡度小於 33° 的稱為「坡面鋪石塊」，做法略有差異，但基本上坡度 45° 為二者分界線。

即使坡度小於 45° 之緩坡鋪設石材也不是鋪設而已，「鋪設」時仍須讓石材彼此咬合，能靠石材的結構本身讓石塊固定不動。

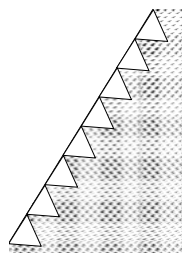


圖-1-1 砌石

- 坡度大於 45° 之陡坡
- 石塊與石塊彼此咬住之後不易崩落者

- 鋪設石材不像建築物表面張貼磁磚，而應讓石材嵌入坡面

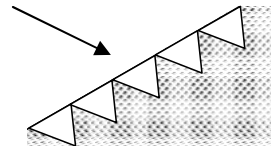


圖-1-2 坡面鋪塊石

- 坡度小於 45° 之緩坡
- 並非只是鋪貼石塊，而是讓石塊嵌入坡面，即使實施無砂漿疊砌，石塊也不易脫落

②水泥砂漿疊砌與無砂漿疊砌

設計要領^{*1}指出，坡度大於 45° 坡面砌石一般採水泥砂漿疊砌施工。此外，坡度小於 45° 之坡面鋪石塊，可視現場狀況分別使用水泥砂漿疊砌或無砂漿疊砌。

此外，應依據現場狀況，無砂漿疊砌部分使用防止沖出材；水泥砂漿疊砌部分施作沖出防止材、截水布與洩水孔。水泥砂漿疊砌依護岸高度與堤後利用條件等而定，有的施作背填混凝土，有的不施作。

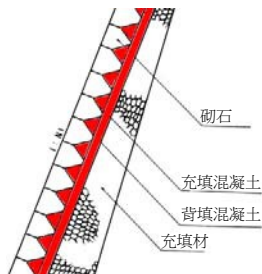


圖-1-3 水泥砂漿疊砌
(充填混凝土
+ 背填混凝土)

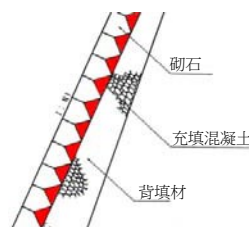


圖-1-4 水泥砂漿疊砌
(只使用充填混凝土)

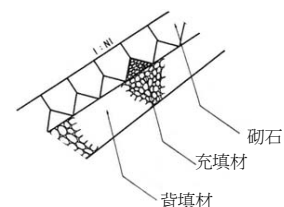


圖-1-5 無砂漿疊砌

(圖：土木構造物標準設計 2 擋土牆 引自建設省^{*3})

③石材（形狀、大小）種類（以下圖示引自「石牆與砌石壁 窪田祐 1983 年」*4）

河川治理工程常使用石材如下。此外，近年來也有人將巨石（大於一噸之大粗石（大卵石））用在固床工與丁壩等工程上。

◇粗石（大卵石）

天然的石頭。「河川塊石」也屬此類。

◇四角石材

四角錐體之日本獨特石材。縱深(厚度)四個面稍鑿削（稱為「四方落」）而成。

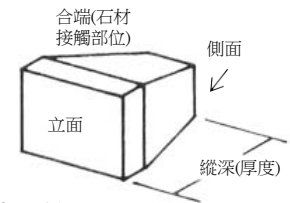


圖-1-6 四角石材

◇雜切割石

立面為正方形或長方形。縱深切割成二面（稱為「二方落」）。

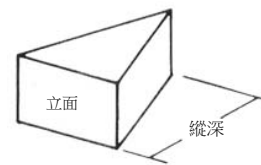


圖-1-7 雜割石

◇切割石

粗石（大卵石）切割成形狀不一的石塊。

照片-1-1
工程機具越來越方便，有些河川工程也開始使用巨石。



④疊砌方法

石牆砌石方法有各種種類與用語，河川工程最常使用砌石方法有水平疊砌、斜交疊砌與隨意疊砌，以下為作法概要及案例。

◇水平疊砌

各段高度相同，平整地往上堆積、橫接縫成水平直線的砌石方法。

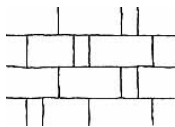


圖-1-8 四角石材等的水平疊砌

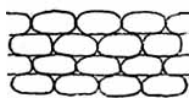


圖-1-9 河川塊石水平疊砌



照片-1-2 岡山縣小田川

◇斜交疊砌

石材組砌方法之一。石材斜向排列疊砌，又稱「人字砌」。這種砌石方法石材彼此拱楔，穩定性高於水平疊砌法^{*5}。

※拱楔作用＝不同方向傾斜排列，石材彼此撐住產生更大支撐力，石牆不易崩塌

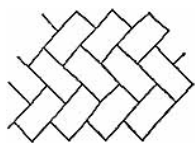


圖-1-10
四角石材等的斜交疊砌

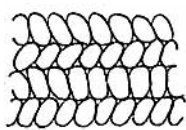


圖-1-11 河川塊石斜交疊砌
（又稱「反復積」）

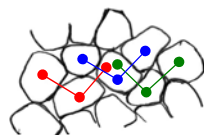


圖-1-12 粗石（大卵石）斜交疊砌
（三塊石材形成傾斜面）



照片-1-3 兵庫縣蘆屋川

◇隨意疊砌(亂石砌)

以各種不同大小切割石隨意組砌之方法，又名「亂石砌」。



圖-1-13 切割石隨意疊砌

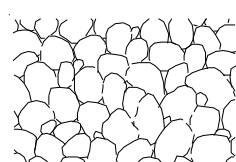


圖-1-14 河川塊石隨意疊砌

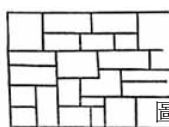
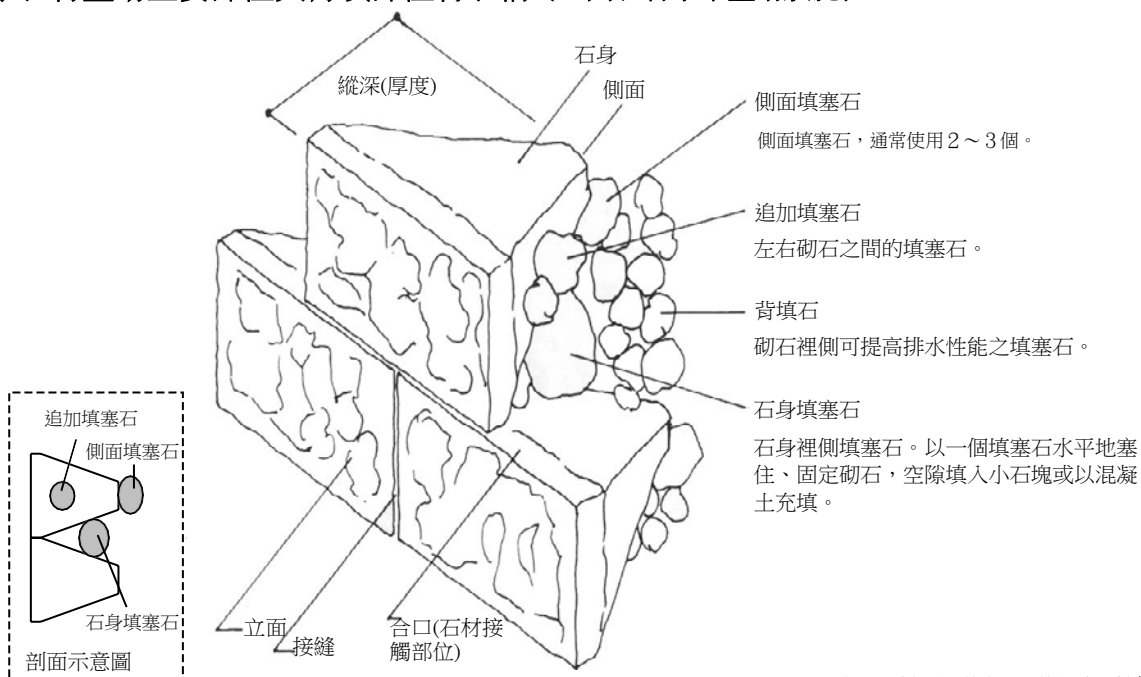


圖-1-15 四角石材等隨意疊砌



照片-1-4 群馬縣船子川

◇石材疊砌主要部位與背填部位材名稱（四角石材水平疊砌狀況）



（圖：引自《石牆與砌石牆》窪田祐^{*4}）

圖-1-16 砌石背填材等石材名稱

◇頂端處理

砌石頂端處理一般使用下列四種方法，其中弧頂多用於水流部位。

○切頂

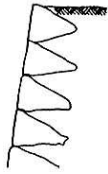


圖-1-17

○角頂



圖-1-18

○弧頂



圖-1-19

○帽石

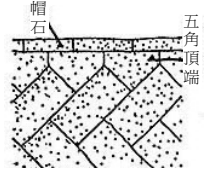


圖-1-20



照片-1-5 廣島縣盧田川丁壩粗石
(大卵石) 隨意疊砌弧頂

◇隅角部與卷止工

河川護岸砌石整體形成面狀，因此不太需要處理隅角，但階梯護岸得處理隅角部，方法如下。

照片-1-6 廣島縣猿候川之階梯護岸



○隅角部所使用之「算木積」(石磚長短邊交疊往上堆砌，常用於牆角)

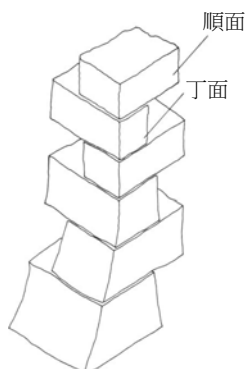


圖-1-21

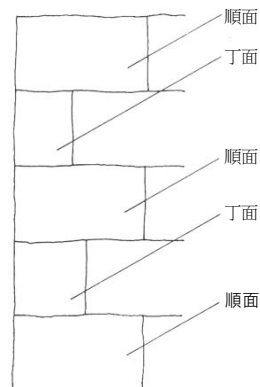


圖-1-22

○角頂部塊石疊砌方法（平面的視角）

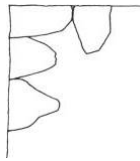


圖-1-23
本角

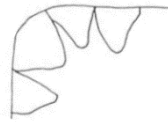


圖-1-24
圓角



圖-1-25
菱角

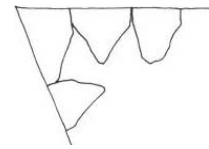


圖-1-26
槍角

○角頂部疊砌方法（立面的視角）

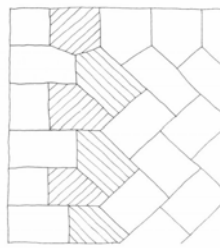


圖-1-27 斜交疊砌處理頂面的案例

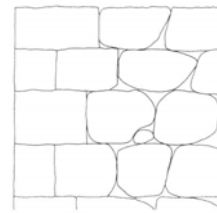
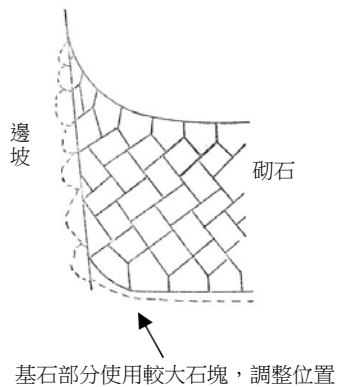


圖-1-28 粗石（大卵石）疊砌處理頂面的案例
（頂面使用整形過的雜切割石等，仍可處理的妥當）

河川護岸施築砌石護岸，末端須嵌入邊坡。嵌入部分設計為圓形時，對應方法多採“卷止工”疊砌，以較寬的基石嵌入邊坡。



（圖：引自《砌石秘法及解說》大久保森造^{*6}）

圖-1-29 卷止工施工概念圖



照片-1-7 嵌入石塊大小上下不同

- 上部石塊小於下部石塊，一目瞭然（京都鴨川高灘地）

(2) 相互咬合之重要性

砌石與坡面鋪石是發展較成熟的無砂漿疊砌技術，重點在於石塊與石塊相互咬合（組砌）。若相互咬合不佳，除了構造不穩定外，也不美觀。

近年來許多砂漿砌石構造物與鋪石構造物以背填混凝土或錨栓加以固定，而不重視石塊相互咬合。但砌石構造物原係以塊石相互咬合形成安定構造體，只要砌石構造物強度夠，基本上不一定需要施作背填混凝土等，而只須注意做好組砌工作。



- 接縫寬達 2 ~ 3 cm、石塊相互咬合明顯不佳之河川護岸（四角石材、斜交疊砌）
- 石塊難以發揮“拱圈作用”，構造脆弱
- 就景觀而言接縫太明顯，也不好看

※“拱圈作用”

斜向相對石材相互押合產生加量而讓石牆不易崩塌之作用

照片-1-7 石塊間幾無相互咬合的砌石

不只護岸這種砌石構造物，丁壩與固床工等構造物石塊相互咬合也很重要，有些以拱圈構造組砌，即使無砂漿疊砌也能完成充分耐水流與水壓的構造物。

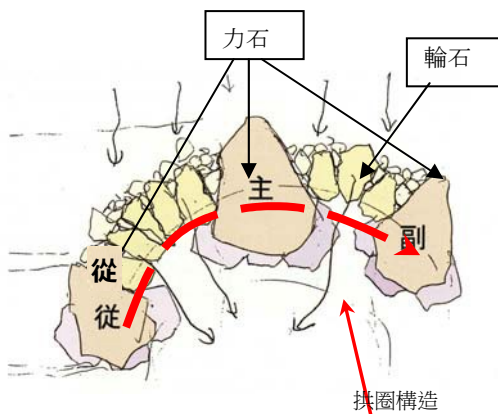


圖-1-30 固床工平面圖

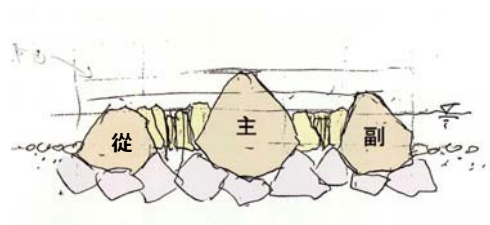


圖-1-31 固床工橫斷方向剖面圖



照片-1-8 固床工全景

（資料（圖與照片） 引自《近自然工法砌石技術》（股）西日本科學技術研究所^{*9)}）

(3) 石材之地區特性

砌石構造物所使用材料亦即石材因產地不同而有各種特性，早期石材不似今日易於搬運、或加工（江戶～昭和初期），依鄰近地區所產石材之特性，或者船運可搬運範圍內所產石材特性，表現砌石地點之地區特性。

即使鐵道與卡車等運送方法發達的現代，融入地區景觀的砌石構造物仍以使用當地石材為上選。

① 不同產地石材之地區特性

砌石構造物所使用石材多從使用地點周邊取得，或船運從河川上下游運抵。

亦即在鐵道與卡車等陸地交通發達之前，砌石工程所使用石材長期係從距離有限產地取得。

例如，吉野川流域左右岸砌石構造物所使用石材不同。具體而言，左岸使用砂岩之河川構造物比例較右岸還高，此為地質差異所致。右岸主產古生代地層受變質作用影響形成的變質岩「阿波青石」，左岸主產厚砂岩層與泥岩層形成之砂岩「鳴門砂岩」。



圖-1-32 石材之地區特性 以吉野川為例

由上可知，同一條河川的砌石構造物可能因石材產地差異形成不同的地區特色。

② 石材差異所呈現的地域特色（其1 形狀與疊砌方法差異）

運輸發達的現代，可輕易取得日本乃至於全球同種類石材。但即使石材種類相同，有時仍因產地不同而呈現明顯差異之特色。

例如，同樣是安山岩，秋田縣男鹿山岩脈石材與宮城縣伊達冠石等山上開採的粗石（大卵石），疊砌方法仍有不同。

換言之，相同種類石材也可能因為堅硬度與採石方法不同，形成有的石材直接利用，而有的剖石才能利用之差異。這些差異有時會形成不同的石塊疊砌方法（隨意疊砌或斜交疊砌等）。

【男鹿石、安山岩 秋田縣】



採石場採石後切割成四角石材等



以切割石材疊砌之河川護岸
（四角石材、斜交疊砌）（秋田縣橫手川）

【伊達冠石等、安山岩 宮城縣】



採石場所挖出之粗石（大卵石）



挖出之石材堆積而成河川護岸
（粗石（大卵石）、隨意疊砌）（宮城縣廣瀨川）

圖-1-33 不同產地石材疊砌方法案例

由上可知，即使同種石材（花崗岩、安山岩、砂岩等），有的開採後直接使用，有的石材特性與形狀差異太大，須加工（粗石（大卵石）切割等）才能使用，或須採不同的砌石方法，所完成之砌石構造物便可能與當地石材所砌築者明顯不同。

③ 不同石質所形成之地域特色（其2 石材吸水率所形成之不同外觀）

石材特性之一是，含水比例及吸水率因產地不同而明顯差異。例如，安山岩有的吸水率高、易長青苔，和低吸水率安山岩砌石構造物景觀效果頗有差異。

另一方面，同產地石材之砌石構造物苔蘚生長一致，幾年後呈現相同古蹟況味。

不同石質石材的吸水率分類

岩石分類	種類	吸水率%
火成岩	花崗岩	0.1~0.5 左右
	安山岩	0.5~7.0左右
沉積岩	砂岩	2.0~9.0左右
	凝灰岩	5.0~20.0左右
變質岩	青石	0.8左右

（資料：石材產業年鑑 2004^{*8}）



白河石（安山岩、福島縣）
吸水率 7.0%



蘆野石（安山岩、櫛木縣）
吸水率 5.0%



男鹿石（安山岩、秋田縣）
吸水率 0.7%

圖-1-34 不同吸水率石材所形成的地區砌石構造物特色

因此，整備與修復砌石構造物應瞭解該地區之前所使用石材來自何處產地，配合該產地所產石材特性，選擇適當的石材。

④ 不同石材形狀所形成之地區特色（四角石材形狀之差異）

一般而言，依工業標準化法所制定之 JIS 規格（日本工業規格），旨在統一各種材料與製品尺寸，以便全國各地都能取得相同尺寸的材料與製品。但石材 JIS 規格（參照圖-1-34）對於四角石材之形狀無明確規定，而符合JIS 規格之石材形狀繁多。

具體而言，JIS 規格「35 間知」的四角石材，只規定縱深與順面表面積，因此有順面 25 cm×25 cm四角石材及順面 20 cm×31 cm四角石材等不同形狀四角石材。

四角石材形狀因產地特性（堅硬度等石材性質等），以及各地區的該石材傳統砌石方法而異，這種形狀差異形成了各地砌石構造物景觀特色。

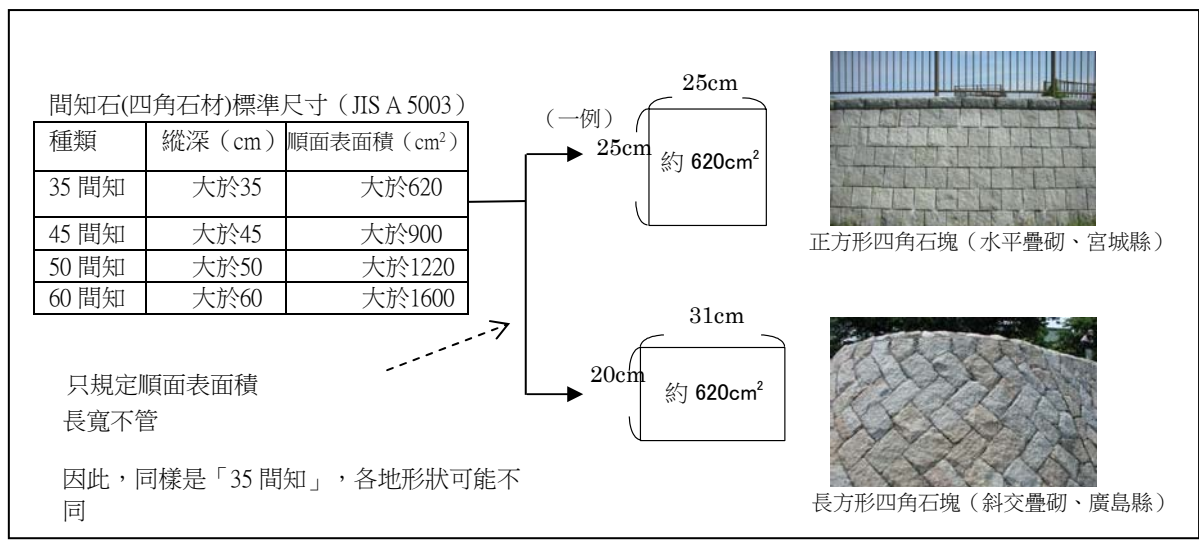


圖-1-35 JIS 規格之規定以及石材形狀之地域特色

第2章 河川砌石構造物

(1) 河川砌石構造物之歷史

日本河川治理工程運用砌石構造物技術可上溯古代，但一直到戰國時代全國各地開始，才真正整治河川，才正是大量運用砌石構造物。

一開始是利用河川內的河川石塊或從附近採石場取得石材，但後來船運發達、可從河川上下游取得石材，大型石材派上用場。此外，城下町（城堡下方衛星城鎮）實施以河川為城堡護城河之河川整治工程，同時進行砌石護岸等河岸整備。



照片-2-1 山形縣、最上川

- 可能是1600年代築造的直江堤
- 河川石塊（30~80 cm）整齊堆砌而成

目前仍殘留的江戶時代砌石工程



圖-2-1 盛岡城下町與河川改道工程

（圖：引自《圖說盛岡今與昔》
盛岡市中央公民會館發行）



照片-2-2 岩手縣盛岡市、北上川砌石構造物

- 歷經多次水患，1700年代實施北上川河道改道工程，施作砌石護岸、穩定北上川流路
- 不同年代築造砌石護岸，施工方法繁多（水平疊砌、斜交疊砌等）
- 照片為江戶時代砌石護岸（低流量區塊護岸為近年所築）

此外，江戶時代（1603~1868）砌石構造物開始運用某種程度尺寸已規格化的四角石塊，明治時代（1868~1912）則區分四角石塊為六種尺寸，不同部分使用不同尺寸。（參照表-2-1）

另外，為防止流水沖出護岸石塊，於背填材的背後鋪設黏土層。（參照圖-2-3）



照片-2-3 鹿兒島縣川內川

- 可能是1687年築造的長崎堤防
- 石材大小40x30 cm左右

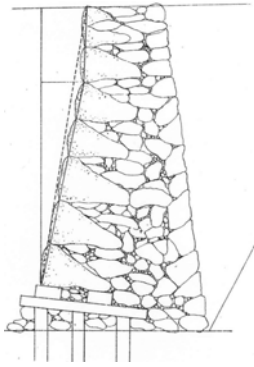


表-2-1 1902 年土木工程規格之四角石材種類

分類	加工			頂面接合
	順面	縱深身長度差	丁面	
甲種	大於 2 尺	大於 4 尺	大於 6 寸	5 寸
	60 c m	120 c m	18 c m	15 c m
乙種	大於 1 尺 5 寸	大於 3 尺	大於 5 ~ 6 寸	5 寸
	45 c m	90 c m	15 ~ 18 c m	15 c m
丙種	大於 1 尺 5 寸	大於 2 尺 5 寸	大於 5 寸	4 寸
	45 c m	75 c m	15 c m	12 c m
丁種	大於 1 尺 2 ~ 3 寸	大於 2 尺	大於 4 ~ 5 寸	3 寸
	36 ~ 39 c m	60 c m	12 ~ 15 c m	9 c m
戊種	大於 1 尺 2 ~ 3 寸	大於 1 尺 7 ~ 8 寸	大於 3 ~ 4 寸	3 寸
	36 ~ 39 c m	81 ~ 84 c m	9 ~ 12 c m	9 c m
己種	大於 1 尺 5 寸	大於 1 尺 5 寸	大於 3 寸	2 寸
	45 c m	45 c m	9 c m	6 c m

(表：引自1902 年土木工程規格設計實例 共益商社藏版)

圖-2-2 明治期(1868-1912)砌石護岸剖面圖

- 江戸(1604-1867)~昭和(1925-)初期之乾砌石，塊石順面大小差不多，但越下方使使用長石縱深越大

(圖：引自1902 年土木工程規格設計實例 共益商社藏版)

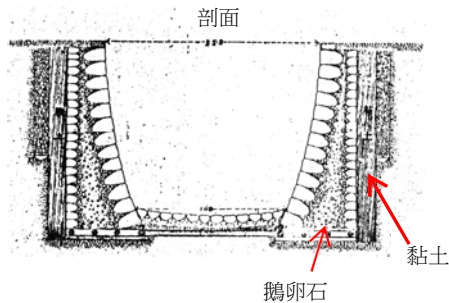


圖-2-3、照片-2-4 1889年之琵琶湖疏水(水圳)、大津閘門(滋賀縣)

- 砌石裏側充填鵝卵石，背後配置砌石黏土，應可對應閘門開關之水位變動而所造成之沖出

(圖：京都府提供)

明治時代日本河川治理工程開始使用磚塊與混凝土預鑄塊，到了明治與大正交界期水泥昂貴，加上鐵道鋪設、石材運送容易，各地出現許多採石場，土木工程採砌石施工的相當多。

後來砌石構造物紛紛變成混凝土預鑄塊疊砌構造物，原因是進入經濟高度成長期全國土木工程量增，1965 年立法的「建築基地施築等管制法」規定，混凝土預鑄塊水泥砂漿疊砌擋土牆具備與四角石塊水泥砂漿疊砌擋土牆相同或更高之工程效果。^{*7} 因此，土木工程正式全面引進混凝土預鑄塊，就連河川治理工程也開始實施混凝土預鑄塊護岸整備。反之，砌石工程受限於成本高、專業工匠不足等原因，工程量逐步減少。

後來1990年起，日本各地實施重視自然環境與景觀之「多自然型河川營造」工程，加上1997 年河川法修訂，環境保護為該法案重要推動目標，因此，河川治理工程界改採具多孔質空間(構造)且能融入河川景觀的砌石構造物。

(2) 河川砌石構造物實例

國土交通省於2006年1月針對全國主要河川管理者，實施以護岸、丁壩、固床工為主之過去15年左右完成整備或修補的代表性砌石構造物案例實況調查。（護岸179例，丁壩19例，固床工16例，其他9例）

以下為部分調查結果。此外，須注意本調查實施對象為代表性砌石構造物，並非全國河川所有砌石構造物的調查結果。

① 河川坡度與所使用石材

砌石構造物所使用石材種類依河川坡度別整理後發現，陡坡地區多使用河川石塊，緩坡地區多使用雜切割石或四角石材。原因可能是河川塊石較易融入河川上游景觀，且使用現地發生材河川石塊可降低成本。

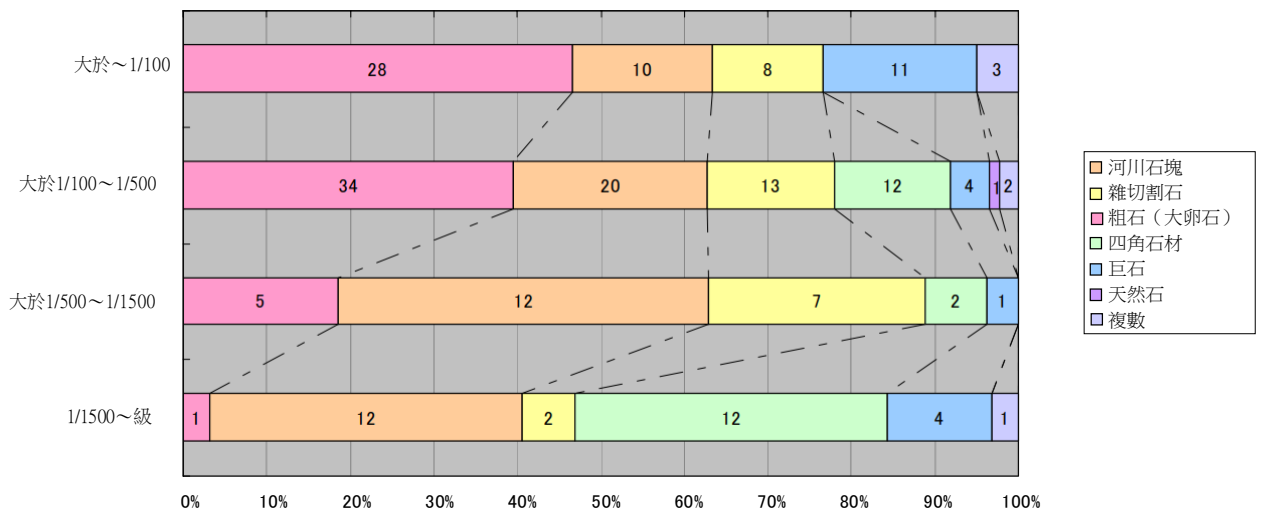


圖-2-4 不同河川坡度所形成的砌石形狀

（母數=205 未記載與不明者除外）

② 河川坡度與石塊疊砌方法

石塊疊砌方法依河川坡度別整理後發現，河川坡度緩和地區多使用水平疊砌。

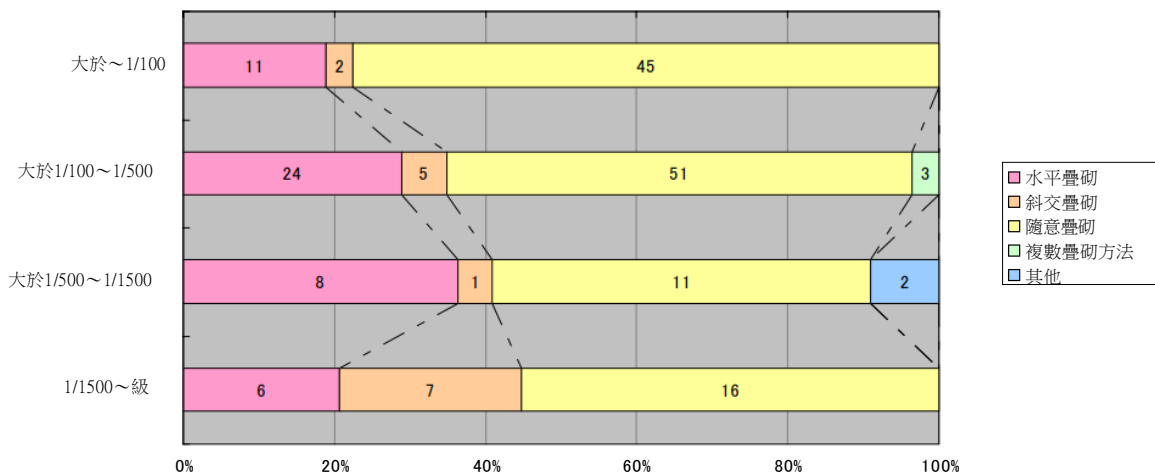


圖-2-5 不同河川坡度所形成的石塊疊砌方法

（母數=192 未記載與不明者除外）

③ 構造物種類別之砌石形狀、疊砌方法與背填方法

主要河川構造物「護岸」、「丁壩」、「固床」施作砌石構造物之砌石形狀、塊石疊砌方法、背填方法，整理如圖2-6～2-14所示。整體而言，斜交疊砌案例多於水平疊砌，原因可能是河川構造物斜交疊砌較受青睞。（參照p.21，「基準」指出，設計圖未指定疊砌方法時，採斜交疊砌）

表-2-2 主要河川構造物與塊石疊砌方法

	石材種類	疊砌方法	背填方法
護岸	河川塊石、雜切割石	隨意疊砌、斜交疊砌	漿砌
丁壩	雜切割石、河川塊石	隨意疊砌	乾砌
固床工	粗石（大卵石）、河川塊石	隨意疊砌	漿砌

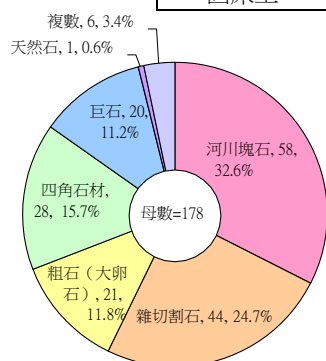


圖-2-6 砌石形狀
（護岸作法）

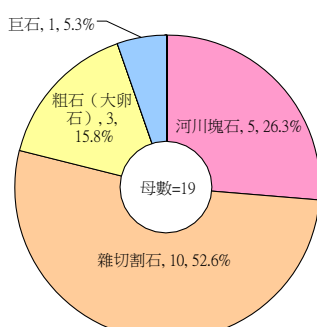


圖-2-7 砌石形狀
（丁壩作法）

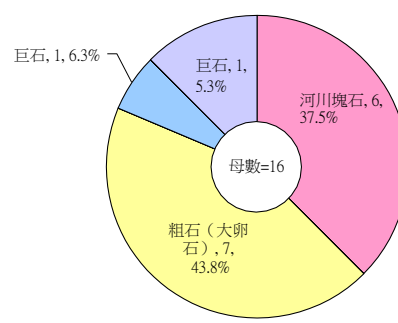


圖-2-8 砌石形狀
（固床工作法）

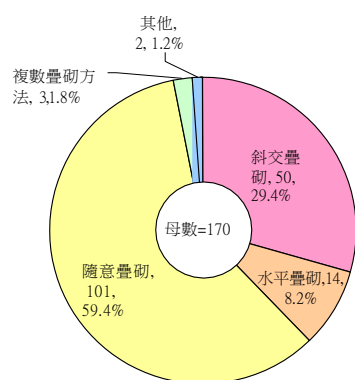


圖-2-9 疊砌方法
（護岸作法）

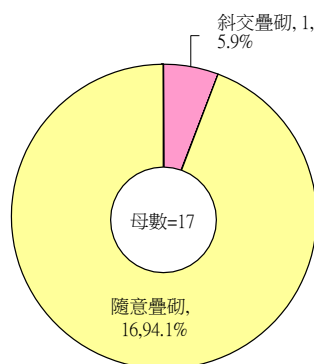


圖-2-10 疊砌方法
（丁壩作法）

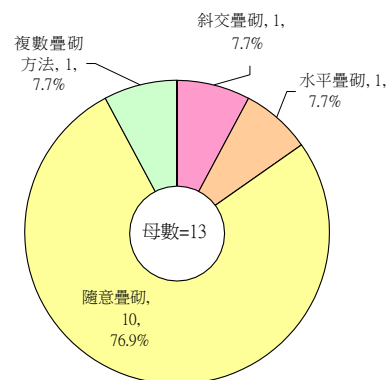


圖-2-11 疊砌方法
（固床工作法）

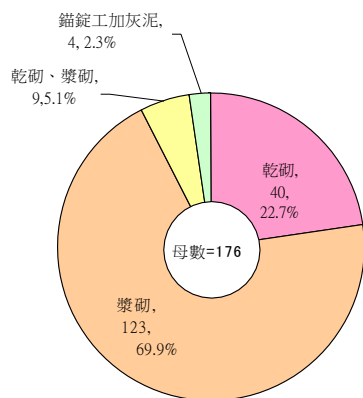


圖-2-12 背填作法
（護岸作法）

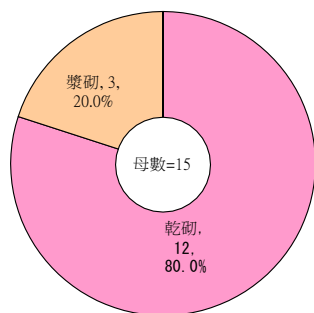


圖-2-13 背填作法
（丁壩作法）

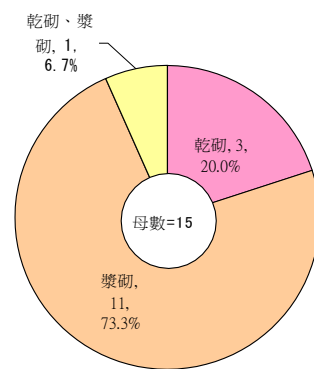


圖-2-14 背填作法
（固床工作法）

母數N有變化，係因剔除答案不明者

③ 頂端處理

河川砌石構造物頂端多採切頂處理，其次為弧頂。



照片-2-6
香川縣 土器川
低水流量護岸為弧頂



照片-2-7 熊本縣 菊池川
丁壩上部為弧頂

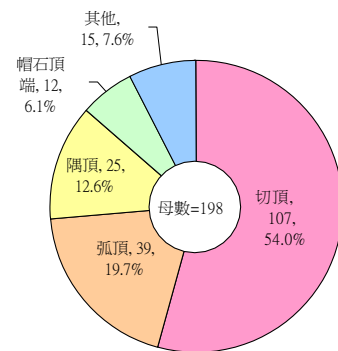


圖-2-15 頂端疊砌方法
(母數=198 未記錄、不明者除外)

④ 整備成砌石構造物之理由

河川構造物整備成砌石構造物最常見理由是「景觀形成」，其次是「創造自然與生態系環境」。另外也有著重施工性與經濟性、可利用現地發生石材或早期砌石構造物石材等的理由。

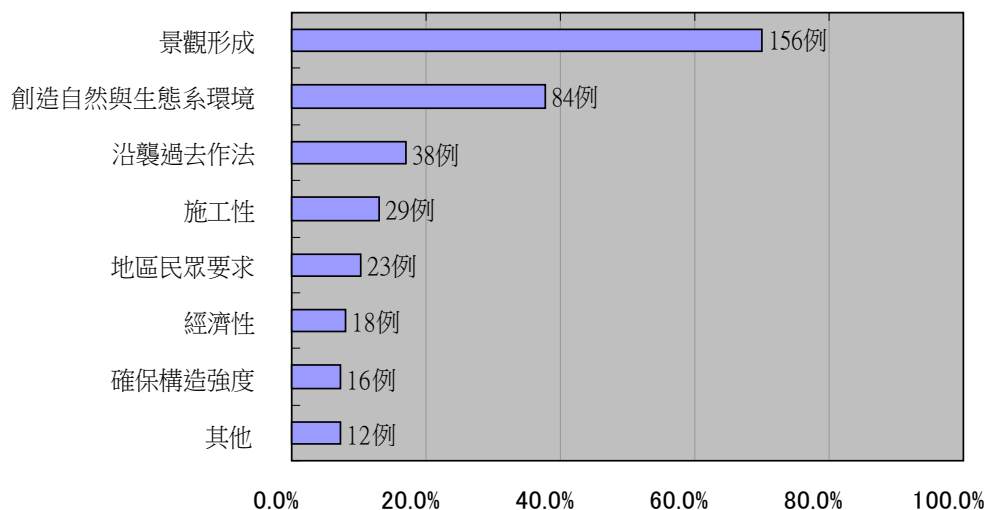


圖-2-16 選擇砌石工法的動機 (母數=376)

(3) 河川砌石構造物整備目的及其案例

河川砌石構造物整備目的大致有以下三類。有的河川砌石構造物只重視其中一種目的，有的三種一起考量。亦即，重視那種目的就設置怎樣的砌石構造物。

① 目的為形成景觀之砌石構造物

許多地區為提升當地與眾不同之特色，特別整備・復原歷史風格街區景觀。此時為了也確保歷史性，河川構造物多會採用砌石構造物進行保全・整備。

另外，即使不會形成有歷史感街區，就社區營造而言，使用自然材料石材也可形成美麗景觀。



照片-2-8
秋田縣横手川

- ・流經城堡前方的河川整治，設置砌石護岸以確保歷史景觀



照片-2-9
岩手縣北上川

- ・城下町整備工作之一的重新整建砌石護岸
- ・參考周邊護岸疊砌方法，採取斜交疊砌方式



照片-2-10
三重縣銚子川

- ・利用現地河川石塊，築造融入周邊景觀的構造物

② 目的為保護生態系之砌石構造物

砌石構造物 and 一般混凝土預鑄塊相比，接縫處屬多孔質構造，適合生物棲息、生長。因此，多自然型河川營造大多設置砌石構造物或鋪石構造物。



照片-2-11
鹿兒島縣泊野川

- 考量水生生物與植物而設置多孔質砌石護岸



照片-2-12
北海道網走川

- 接縫處長出植物



照片-2-13
山口縣一坂川

- 為有利於螢火蟲棲息而採取深接縫、確保多孔質空間之案例
- 深接縫部分避免讓充填混凝土突出於接縫表面
- 完工後30 年仍古趣盎然美觀之砌石護岸



照片-2-14
廣島縣蘆田川

- 冲刷段採取耐水勢沖擊之構造，且設置可讓水邊植物生長之多孔質巨石無砂漿鋪設之丁壩

③ 可確保強度之砌石構造物

過去無混凝土年代為確保必要之強度，河川護岸多採塊石疊砌。現在則河川構造物容易進行混凝土施工，越來越少工程會為了確保強度而施作砌石構造物。但即使如此，目前仍有些案例考量經濟性與耐久性而採砌石工法。

特別是河川上游區域，除了可利用河川石材（河川塊石等）確保經濟性，也有許多案例利用磨損強度大於混凝土之天然石施作砌石構造物。因此，未來仍會有許多人實施砌石構造物整備工作。



照片-2-15
岩手縣荒谷川

- 利用河道內轉石（滾石），降低成本



照片-2-16
山梨縣鹽川

- 河川坡度 1/120 之湍流河川。砌石工法為洪水流出石塊沖擊護岸之磨損對策



照片-2-17
山梨縣、鹽川、河川石塊護岸之擴大照片

- 為確保河川塊石安定而澆置直到上部之背填混凝土。
- 表面上看起來河川石塊陷入背填混凝土之中但河川塊彼此咬合良好。

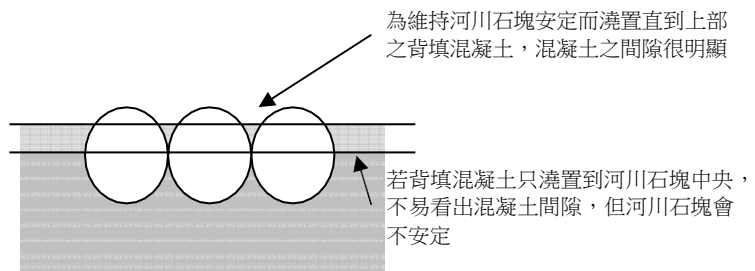


圖-2-17

第3章 砌石構造物整備之構想

(1) 以形成景觀為目的而設置砌石構造物之構想

前章說明河川治理工程採砌石構造物主要目的有①形成景觀，②維護生態系，③確保強度，以下則是以形成景觀為目的而判斷是否設置砌石構造物時，彙整一般應確認・檢討事項之流程圖（案）。

實際上砌石構造物整備，須一併評估個別地區特性以及構造物對生態系的影響，判斷是否需設置砌石構造物。

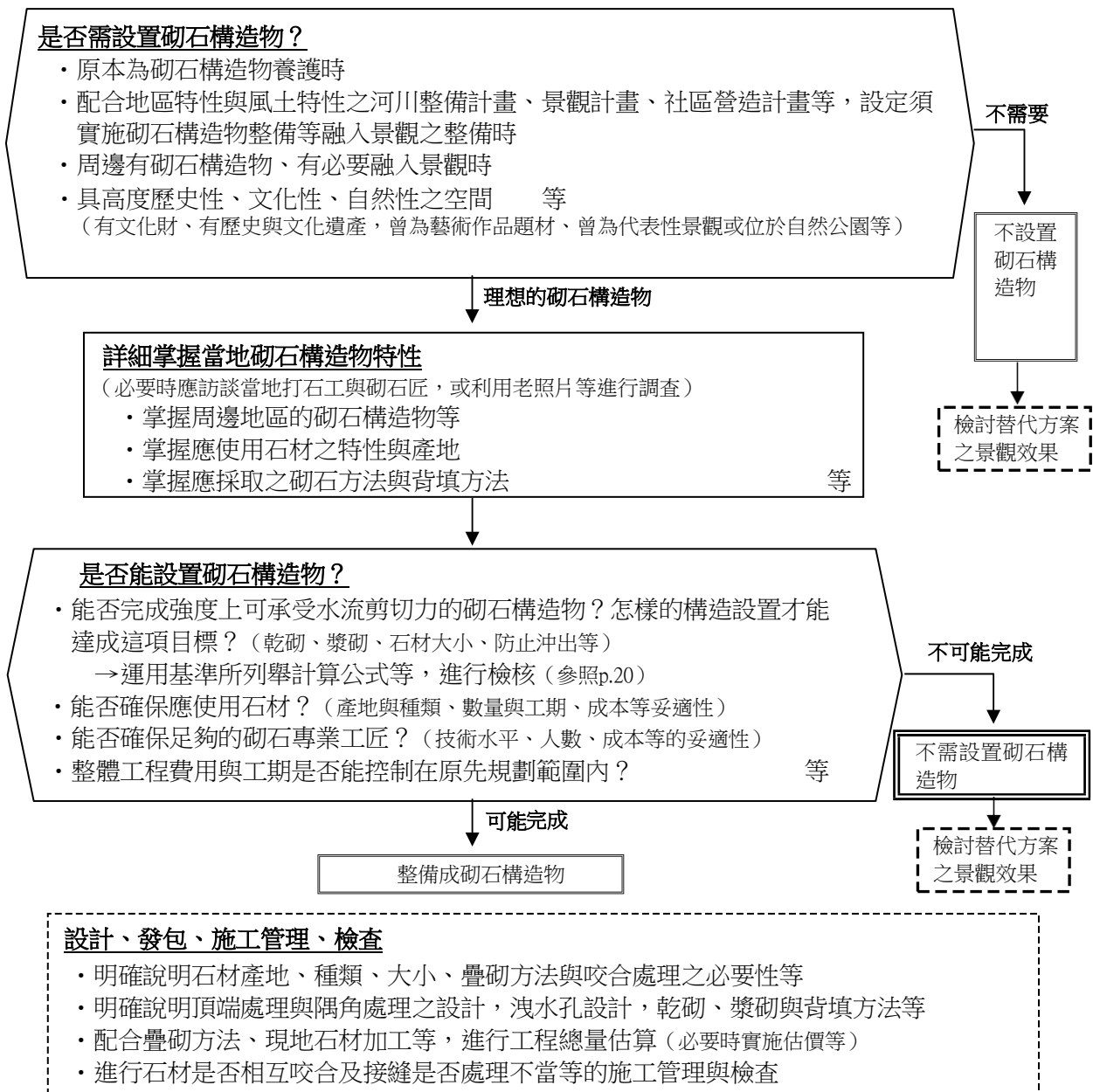


圖-3-1 應否整備砌石構造物判斷流程圖（案）

(2) 應參考之基準

砌石構造物設計與施工應參考之基本基準類彙整如下。應參考這些基準，並考量各相關機關所設定內規與地區特性（地質、河川特性、周邊特性等），進行檢討。

① 設計所使用之基本基準

2006年1月全國案例調查結果顯示，大多數案例乃依據「改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編」^{*2}，以下列基準及說明資料為設計基準。

- ◇建設省制定『土木構造物標準設計2擁壁』（土木構造物標準設計2擋土牆）（全日本建設技術協會，1987年）^{*3}
- ◇建設省河川局治水課監修『多自然型河川工法設計施工要領〔暫定版〕』（河川環境管理財團1994年）^{*13}
- ◇建設省監修『改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編』（日本河川協會，1997年）^{*2}
- ◇國土開發技術研究中心『護岸の力学設計法』（護岸之力学設計方法）（山海堂1999年）^{*12}
- ◇全國防災協會編『河川災害復旧護岸工法技術指針（案）』（河川災害復舊護岸工法技術指南（案））（全國防災協會，2001年）^{*14}
- ◇國土技術研究中心編『改訂解説・河川管理施設等構造令』（日本河川協會，2004年）^{*11}
- ◇全國防災協會編『災害復旧工事の設計要領』（災害復舊工程設計要領）（全國防災協會，2005年）^{*1}
- ◇全國防災協會編『美しい山河を守る災害復旧基本方針』（守護美麗山河之災害復舊基本方針）（2006年 河川局網頁）^{*10}

由上述資料篩選主要相關項目簡單彙整如下。此外，右肩文獻編號為相關項目之基準出處。

◇乾砌與乾鋪塊石

- 從河川環境保護的角度來看，只要無治水等安全疑慮，最好採乾砌與鋪面護岸。^{*10}
- 乾鋪塊石可適用於坡面坡度緩於1:1（或1:1.5~1:2）之緩坡。^{*12, 13}
- 乾鋪塊石運用在疏浚河道時，設計流速最多可到達5m/s。^{*10}
- 乾鋪塊石應考量石材是否能相互咬合。^{*10}
- 乾砌塊石應作法考量過去施工實際狀況，高度最好低於3m。^{*3, 12}
- 乾砌與乾鋪塊石原則上應鋪設防止沖出材。^{*1}
- 乾砌與乾鋪塊石應檢核是否具備承受流體力引致產生剪切力之安定性。^{*12, 14}

◇漿砌與漿鋪

- 護岸產生殘留水壓時，應設置洩水孔。洩水孔設置基準為約2~3 m²一個。^{*1, 14}
- 考量護岸坡面高度大於2m、坡面坡度大於1:0.5(垂直:水平)的陡坡且護岸肩部兼做道路使用時，或護岸坡面高度大於3m、坡面坡度大於1:0.5(垂直:水平)之陡坡且牆後土質鬆軟等狀況條件，實施檢討評估。^{*1}
- 漿砌與漿鋪應檢核是否具備承受流體力引致滑動之安定性。^{*2, 12, 14}

◇共通（護岸的情況）

- 背填材厚度到5m高度為止之基準為上部20 cm~40 cm，下部30 cm~100 cm。^{*1, 3, 12}
- 必要時應設置堤頂工或端牆工、橫帶（隔壁）工。（參照圖-3-2）^{*2, 12, 10, 14}
- 基礎工形狀之設定。^{*1, 3}
- 運用可從復舊地點附近取得之自然材料（石塊等）。^{*10}
- 巨石砌石護岸施工應考量復舊工程地點特性，實施之。^{*10}
- 砌石工程若能從河床取得材料以補充工程材料（疊砌之石塊等），應避免過度採石。^{*10}

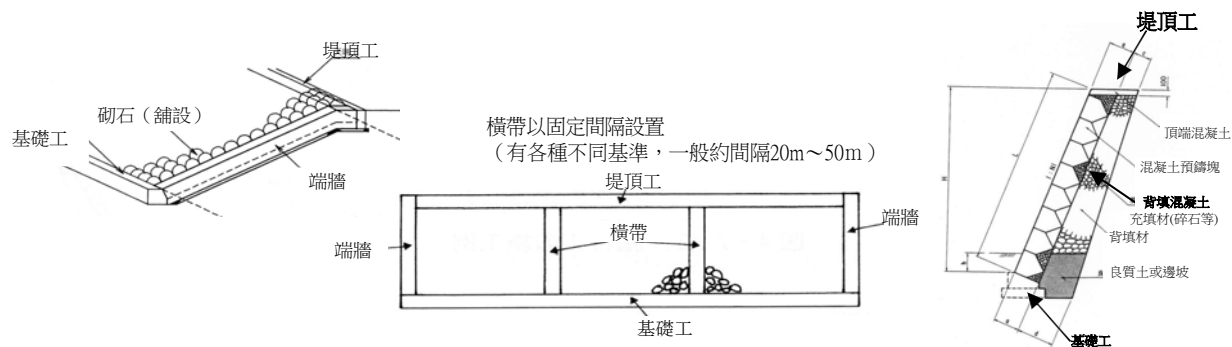


圖-3-2 基本設計基準名稱 (各圖皆上述基準類之摘要)

② 施工所使用基準

施工所使用之基準主要參考「國土交通省暨土木工程共通規格表^{*15}、土木工程特別工程表^{*16}」。其中，主要相關項目如下。

◇主要項目

- 石材大小方面，四角石材使用JIS A 5003 所規定者。雜切割石與河川石塊則如下列規定。^{*15}
 雜切割石 → 雜切割石大致切割成楔子狀 (V 形)，不能切得太薄或太細長。前面應大致為四邊形，二稜邊平均長度約為縱深之2/3。^{*15}
 河川石塊 → 河川石塊係河川所產天然塊石，略圓且多半長15 cm~25 cm、多為卵石形狀，不可選擇表面凹凸、太薄或太細長的。^{*15}
- 設計圖無指示時，
 → 洩水孔坡度約為2%。^{*15}
 → 疊砌方法為斜交疊砌。^{*15}
- 尾端與曲線部分產生間隔 (接縫過寬) 時，可使用一半大小的石材。難以放入一半大小石材時，須以混凝土等施工。^{*15}
- 砌石或石塊鋪設施工時，須使用較大石塊為基石，避免破壞整個構造物的安定性。^{*15}
- 伸縮接縫施工除非設計圖明示，否則應每 10m 設一處伸縮接縫。^{*16}

表-3-1 間知石 (四角石材) 標準尺寸 (JIS A 5003)

種類	厚 (cm)	表面積 (cm ²)
35 間知	大於35	大於620
45 間知	大於45	大於900
50 間知	大於50	大於1220
60 間知	大於60	大於1600

備註 相當於從表面到最小厚度距離部分的剖面
 積須大於表面面積 1/16。

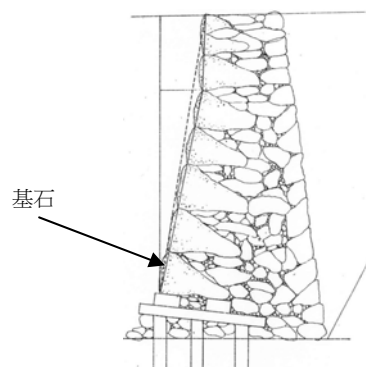


圖-3-3 基石的位置

上述所列舉基準等內容係護岸為主之複數文獻摘要，實際設計與施工時應再度確認個別基準等內容，配合所要整備之構造物與地點。

(3) 總量估算方法

砌石工程的工程總量估算方法方面，早期有各種不同疊砌方法與石質的估價單，目前只剩下雜切割石疊砌與河川石塊疊砌估價方式。

目前的估價單作法是設定標準疊砌方式，但也有人認為隅角、頂端、曲線部分的處理，須現場加工石塊、一面疊砌，很難事先完整估價。此外，現場加工不同種類石材耗時不同，估價單卻無法反映石材種類差異。因此，若希望配合景觀而採取疊砌精緻的砌石施工，一般估價單的工程總量估算會與施工實況有所出入。

類似這種情況應先瞭解砌石方式與頂面處理（頂端、隅角部）之設計條件，必要時應參考施工廠商的目測估價，以符合施工內容的方法估算工程總量。

7.砌石工程估價單(每一平方米)坡面小於一											8.打石、砌石工及小工估價(每一平方米)										
石材尺寸		單邊 30cm		單邊 35cm		單邊 45cm		單邊 55cm		單邊 75cm		種別		砂 石		普通堅石		花崗岩及其他硬石		大谷石	
種別	石工與小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工	種別	石工與小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工
		石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工			石工	小工	石工	小工	石工	小工	石工	小工
四角石塊	摺合積	0.5	0.40	0.5	0.40	0.6	0.48	0.7	0.56	0.8	0.64	長40MM為止	25平方	1.0	0.4	1.8	0.6	2.8	0.9	0.6	0.3
切割石	玄翁合羽積	0.26	0.21	0.3	0.24	0.36	0.29	0.43	0.34	0.68	0.54	長60	30平方	0.9	0.5	1.6	0.7	2.5	1.0	0.5	0.3
粗石	玄翁合羽積	0.17	0.14	0.2	0.16	0.30	0.24	0.32	0.26	0.51	0.41	長80	35平方	0.9	0.5	1.6	0.8	2.5	1.2	0.5	0.3
備註：漿砌時減少一成石工工時。由表面砌入時較費工，增加小工0.1人。由表裏兩側砌入時，增加小工0.15人。																					

表-3-2 1953 年 樞木縣工程設計標準估價單與單價表

- 1955年左右有各種依據砌石石塊形狀與石塊種類而區分的工程總量估算基準
- 石材軟而容易加工的砂岩與大谷岩，估價比花崗岩還少

（表：引自樞木縣工程設計標準估價單與單價表 樞木縣）

也可參考採用以下目測估算方法的案例。

【以一般估價＋估算進行案例（熊本縣綠川）】

事業概要

- 國土交通省 熊本河川國道事務所
- 疊砌方法 六方積(六石圍一石)等、漿砌
- 發現推估是河川內加藤清正築造的「石剝」(河川砌石防波堤)。為施作該遺構同類砌石構造物，進行重現古代砌石工法的設置。
- 綠川岩下地區護岸
- 使用石材 阿蘇 4（凝灰岩）

估價之要點

- 重現具歷史感的砌石構造物應進行以下加工，除了一般雜切割石疊砌之估價外，還得目測估算加工所費時間，然後進行工程總量估算。
 - 為重現乾砌之外觀，進行深縫施工
 - 隅角部進行算木積等的處理（算木積：為長短邊交互運用以在石牆角隅堆積石塊）
 - 為表現石材況味及傳統接縫處理方法，進行鑿面加工等

※鑿面指敲打石材表面使產生細小刻紋



照片-3-1 人力施工



照片-3-2 隅角部實施算木積處理

【只用目測估算方法施工的案例（秋田縣橫手川）】

事業概要

- 秋田縣 平鹿地域振興局建設部
- 疊砌方法 隨意疊砌與斜交疊砌（雜切割四角石塊）、漿砌
- 施作老街河川示範工程之橫手城前方護岸工程時，為呈現其悠久歷史感與美麗景致，採砌石設置方法。
- 橫手川護岸
- 使用石材 男鹿石（安山岩）

目測估算之要領

- 隨意疊砌無標準流程，因此所使用石塊量採目測估算方法。
- 雜切割四角石實施斜交疊砌時，石塊現場加工比例較一般雜切割砌石高，因此不採一般估價方法而採目測估算。主因是河川護岸之前為細膩的斜交疊砌，若仍採此做法，得耗費更多加工時間。



照片-3-3

隨意疊砌部分 • 洩水孔為外觀不易看出之設計



照片-3-4



照片-3-5

雜切割四角石斜交疊砌部分 • 採深縫，細膩的疊砌



照片-3-6

※雜切割四角石係雜切割石送到現場加工成四角石塊

(4) 施作美觀砌石構造物之注意要點

砌石構造物有「1 填充材、2 石塊、3 疊砌方法」等用語，整備堅固砌石構造物除了砌石者（石工）具備相當技術水準（疊砌方法）之外，也須能巧妙使用背填材與填充材。然後，更重要的是配合砌石方法而選擇適當形狀之石材。

此外，施築美觀砌石構造物應注意以下要點，設計與施工時應注意石塊是否緊密咬合及接縫是否妥當等，進行施工管理與工程成品管理時的檢查項目之中，重點在於努力完成美觀且堅固之砌石構造物。

【美觀砌石構造物施築要點】

1. 選定適當大小與種類之石材（參照圖-3.4）
2. 頂端美化處理（參照圖-3.5）
3. 橫帶與伸縮接縫部分美化處理（參照圖-3.6）
4. 適當地處理隅角部分（參照圖-3.7）
5. 以適當的疊砌方法（石材須能充分“相互咬合”且“接縫不可太大”）施工（參照圖-3.8～10）



- 施工現場附近河道所無大型石塊大量堆疊破壞河川景觀（河道內轉石（滾石）直徑只有 15 cm，護岸所使用石材高達則 35～70 cm）
- 此外，造園用的庭石大量使用可能使河川景觀紊亂



- 護岸部與頂端石材種類不同，產生違和感
- 所利用石材統一，石材變化邊角部分設計成植物生長空間



- 相同護岸卻使用不同種類石材產生違和感
- 石材與疊砌方法應盡量統一

照片：引自「維護河川風景之景觀設計指引 護岸」^{*17}

圖-3-4 石材選定不當之案例



圖-3-5 砌石構造物頂端美化做法

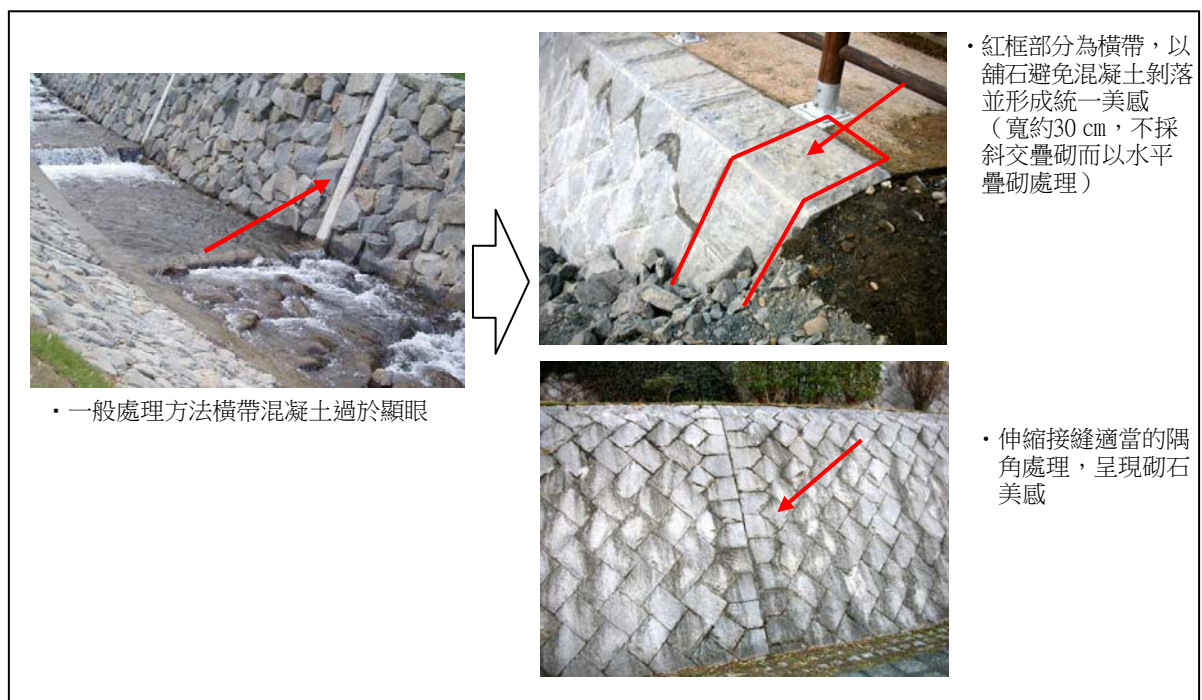


圖-3-6 橫帶與伸縮接縫美化處理



- 側觀如石材鋪面，無砌石美感



- 隅角處理不當，露出背填混凝土

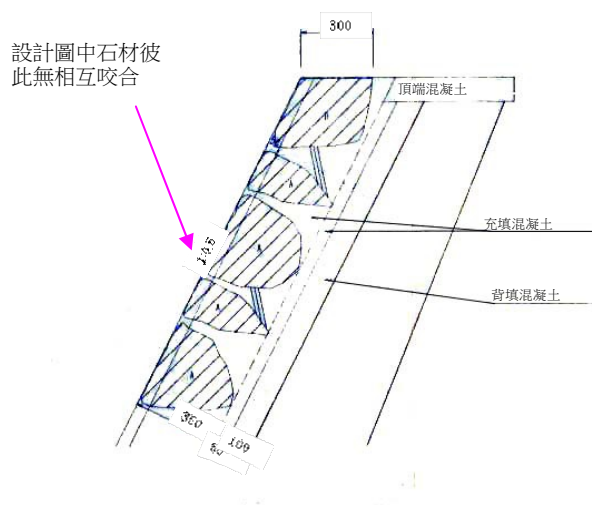
圖-3-7 欠缺美觀的隅角處理案例



- 接縫太寬、石材“相互咬合”不足的砌石構造物
- 伸縮接縫部分背填混凝土外露，石塊幾乎無相互咬合



- 石材無“相互咬合”，不久石材就會鬆開、脫落



- 石材無相互咬合之設計（例）
- 本設計石材頂面（合口）無相互咬合，無法形成結構自立、堅固的砌石構造物
- 此外，接縫太寬、接縫混凝土過於顯眼，破壞景觀美感

圖-3-8 石材“相互咬合不足”之案例

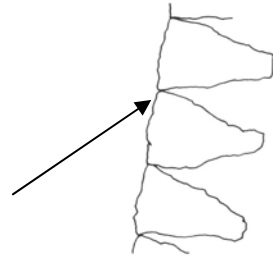
【不良疊砌方法代表案例】

①攝子合口

又名「剃刀合口」。塊石之間只有順面邊緣少許接觸。

如此砌石構造物變成很不穩定。

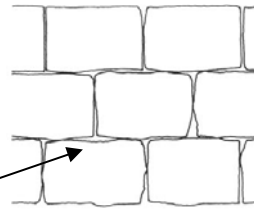
塊石彼此只稍許接觸



②合口裂縫敞開

接縫咬合部分下凹，接觸面變小。砌石構造物不穩定。

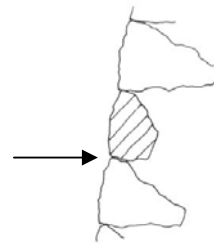
咬合部分變少，不穩定



③面大厚淺

石材順面大而厚度淺，雖表面為砌石構造物，厚度太淺、並不穩定。

厚度太淺

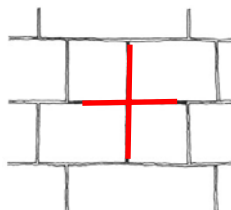


④接縫做法不當

• 十字型接縫

接縫為十字型。

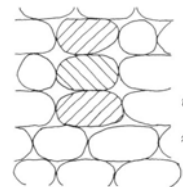
接縫部分強度低下。



• 芋串疊法

相同大小石塊垂直疊砌。

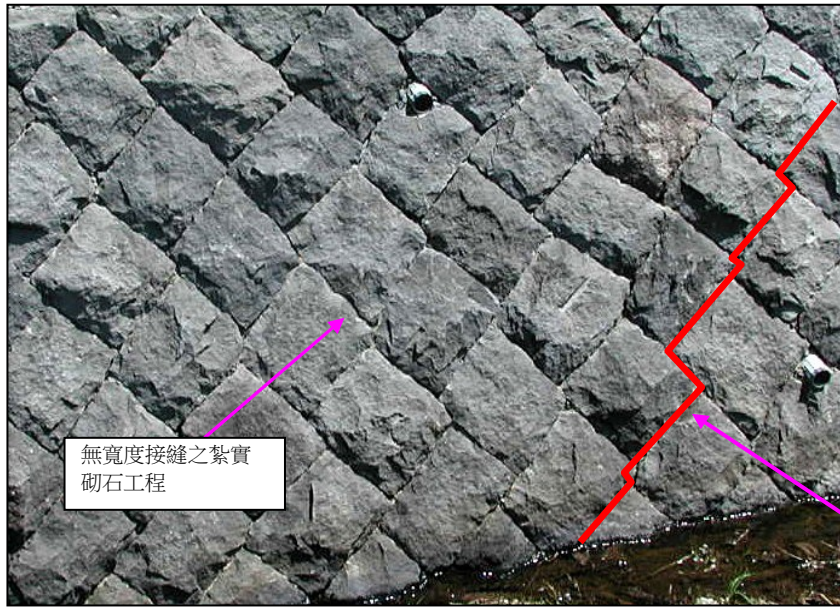
石材相互咬合不足、不安定。



圖：引自「石牆與砌石壁 窪田祐1982年」*4

圖-3-9 不良疊砌方法

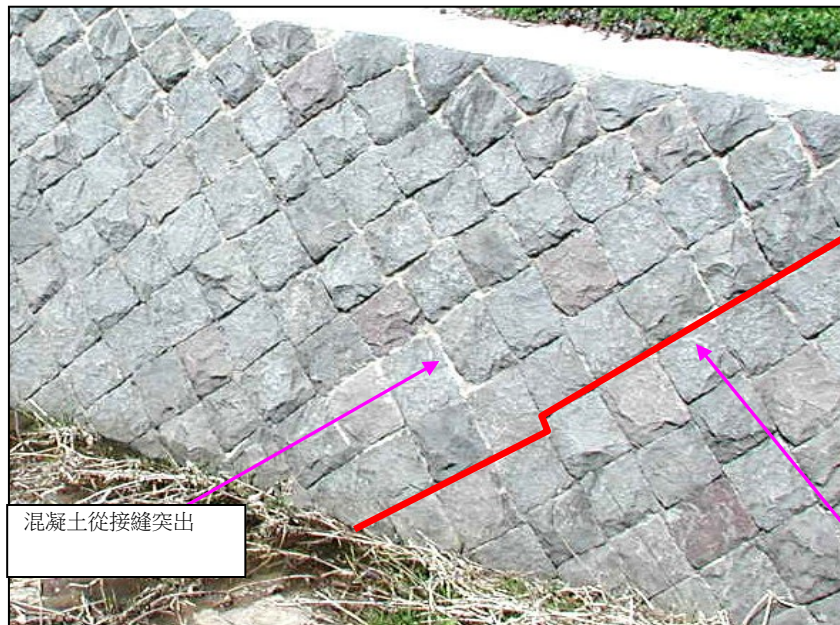
工法細緻妥當的砌石構造物案例



- 斜交疊砌，整體穩當
- 現場打石調整，接縫無寬度
- 接縫不見混凝土，紮實而美觀的砌石工程

接縫並非一直線

不紮實的砌石構造物案例



- 斜交疊砌，但接縫一直線，石材相互咬合不足
- 疊砌前未現場打石調整，混凝土從接縫突出，非紮實砌石工程

接縫成直線

- 即使相同河川、相同石材完成的砌石構造物，築砌工法不同，成果優劣差距很大

圖-3-10 不同疊砌方法之優劣立判美感

第4章 石材與砌石技術人員之確保

(1) 石材之確保策略

整備砌石構造物最好利用當地石材以確保地區特性。但有些當地石材已無生產或產量變少，難以取得工程所需數量，類似問題相當多。

因此，最好貯存河川管理過程所產生石材（既有砌石構造物拆除或施作砌石構造物以外構造物、河道疏浚與開挖等所產生石材），並考慮利用這類石材。

有相當多河川管理者貯存石材，2016 年 1 月問卷調查顯示，答卷者約 1/4 用各種方法貯存石材。

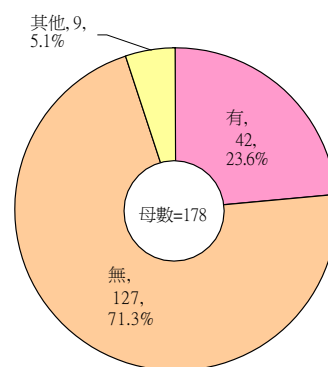


圖-4-1 有無實施石料庫存

石料庫存案例方面，國土交通省四國地方整備局德島河川國道事務所實施河川工程，拆除當地石材青石所砌築護岸（無砂漿疊砌），將取得的石料存放堤防邊側之水防資材場，未來將運用到其他工程。



照片-4-1 水防資材場の石料庫存狀況

為有效利用各地區所留下石材，應檢討方法策略，讓複數事業主體的營建產生土石互通有無，確保各地區都有複數事業主體工程所產生的石料堆放場。

石料庫存場可利用水防資材場或未利用之公共用地。例如，愛知縣岡崎市某石材生產企業購入土木工程所產生石材，自行送到自己所有的石料切割場，然後石材再利用並出售。



照片-4-2 工程所產生石料貯存狀況

- 愛知縣內的石材生產企業將土木工程所產生石料運到自有的石料切割場貯存並販賣
- 公民營企業或事業單位合作，建立公共事業等所產生石材再利用系統

※營建發生土資訊交換系統

→營建資源回收推動計畫為有效利用公共工程等所產生營建土石，各機關應登錄營建廢土資訊並資料庫化，產生土石機關與想取得土砂之機關要交換訊息，以利用、活用土砂

(2) 砌石專業人員確保之策略

①人才培育

2006 年 1 月問卷調查顯示，砌石構造物整備目前較大問題是“缺乏砌石專業人員”、“砌石工程施工廠商管理能力不足”。為解決這類問題，部分地方政府河川管理單位舉辦員工砌石講座，外聘專業人員技術指導。

美觀砌石構造物維護與整備，須繼續培育相關砌石人才。

【縣府土木技術員工素質提升講座 高知縣】

- 高知縣為提升縣府土木技術領域員工素質，培育維護環境、生態系與景觀所需砌石構造物設計與施工管理專業人才而舉辦環境土木實踐講座，上課之外還進行河川工程現場砌石實習。



照片 -4-3 高知縣舉辦砌石積講座



照片＝引自高知縣網頁

【外聘專業人員技術指導 國土交通省熊本河川國道事務所】

- 熊本縣政府為提升公共工程土木技術，成立NPO 法人熊本技術士協會。該協會砌石工匠充分熟悉砌石知識，專精工程現場石材加工。國土交通省熊本河川國道事務所為運用傳統砌石技術於新砌石工程，委託該協會進行設計到施工之砌石工法與業務指導，以確保足夠之技術水平。



照片-4-4 NPO法人熊本技術士協會現場調查

- NPO 法人熊本技術士協會目前常態業務之一，調查熊本縣內產石地點與砌石構造物，依據調查結果提供有關單位砌石構造物應用方法等建言

照片＝引自NPO 法人熊本技術士協會網頁

【砌石工程體驗 國土交通省熊本河川國道事務所】

- 國土交通省熊本河川國道事務所為傳承砌石技術舉辦學生砌石營隊活動，讓學生透過體驗砌石施工提升對砌石施工技術的關心，深化相關知識。



照片-4-5砌石工程現場體驗砌石施工之學生

照片＝引自熊本河川國道事務所網頁

②「技能士」之活用

為確保砌石技術、建立資格考試與制度，依「職業能力開發促進法」成立技能檢定（技能士）制度。厚生勞動省所屬「中央職業能力開發協會」等舉辦之檢定考試（分學科與技能科考試），及格者授與技能士資格。石材施工依石材利用方法不同分為石材加工作業、塊石鋪面作業與砌石作業三種。技術等級則分一級與二級。

表-4-1 石材施工技能士資格取得人數（合格人數）

年度	石材施工（整體）			石材加工作業			塊石鋪設作業			砌石作業		
	1級	2級	計	1級	2級	計	1級	2級	計	1級	2級	計
2000年之前取得資格者人數	6253	2570	8823	3384	1249	4633	2700	1248	3948	169	73	242
2000年度取得資格者人數	216	102	318	80	69	149	135	33	168	1	0	1
2001年度取得資格者人數	272	126	398	76	51	127	142	31	173	54	44	98
2002年度取得資格者人數	248	112	360	63	58	121	150	35	185	35	19	54
2003年度取得資格者人數	228	97	325	64	41	105	142	42	184	22	14	36
2004年度取得資格者人數	286	81	367	96	40	136	161	24	185	29	17	46
迄今人數	7503	3088	10591	3763	1508	5271	3430	1413	4843	310	167	477

- 石材加工與塊石鋪面總人數1974年算起，砌石總人數1983年算起
- 2級技能士後來有的考上1級，人數重複計算
- 統計人數中有的已過世

資料：引自（中央職業能力開發協會提供資料）

石材施工整體項目之技能士約一萬人，砌石作業技能士只有 500 人左右。

石材加工作業與鋪塊石作業因“須提高技術水平與可靠性”以及“有時工作上需具備技能士資格”等理由，參加技能士考試並取得資格的石工頗多。反之，實務上無技能士資格也可從事砌石工作，石工未必會積極參加砌石作業考試，

砌石技能士數目因此難以增加。

為維持河川工程之砌石技術、提高砌石構造物品質，應檢討砌石作業是否應如塊石鋪面作業那樣優先採用有技能士資格者。

※政府營繕工程依據「公共建築工程標準規格表」所示，面積大於3000 m²現場實施砌石或鋪石工程、防水工程、鋼筋工程、泥水工程等時，現場各工種一級技能士須常駐一人以上。此外，福島縣與和歌山縣等都道府縣，都採相同制度。

「2004年版 公共建築工程標準規格表」（抄）

1・5・2 技能士

技能士如下所示，須特別註明適用之技能檢定職業種類及作業種類別。

- （1）技能士應具備職業能力開發促進法所規定一級技能士或單一等級資格，並交付證明資格文件予監督單位。
- （2）技能士除了在適用的工程作業期間以超過一人之人力自行完成作業之外，也應給予其他技能士作業，提升施工品質。

適用「公共等建築工程標準規格表與建築工程編」之各種工程類別的技能士

（2004年）

工程種類別	工程細分
鋼筋工程	加工及組裝
混凝土工程	地板混凝土抹泥刀抹平
	模框
鋼骨工程	搬入及組建
預鑄塊及 ALC (輕質汽施混凝土隔板牆工程)	補強混凝土預鑄塊疊砌 (幕牆)
	補強混凝土預鑄塊疊砌 (主力壁)
防水工程	瀝青防水
	合成高分子屋面防水
	塗膜防水
	密封
砌石與鋪石工程	花崗岩類鋪塊石
	鋪設大理石
	鋪設磨石子塊石
貼磁磚工程	鋪設磁磚
	預先安裝磁磚模框
木工工程	加工及組裝
屋頂與雨水槽工程	鋪設長尺鍍鋅鋼板
	鋪設浪板石綿水泥瓦
金屬工程	輕量鋼骨天花板基礎
	輕量鋼骨壁基礎
泥水工程	水泥砂漿塗佈
	石膏砂漿噴塗
	ALC 嵌板用特殊噴塗
塗裝工程	塗裝
建具工程	鋁製建具
	玻璃
室內裝潢工程	塑膠地板鋪設
	塑膠地磚及橡塑地磚鋪設
	石膏板、其他板及合板鋪設
	壁紙黏貼
植栽工程	植栽

圖-4-2 政府機構營繕工程技能士現場常駐制度

參考文獻

實施砌石工程可參考文獻如下。

此外，※為本文所參考利用文獻。

【基準相關】

- ◇建設省制定「土木構造物標準設計2擁壁」（土木構造物標準設計2擋土牆）（全日本建設技術協會，1987年）^{*3}
- ◇建設省河川局治水課監修「多自然型河川工法設計施工要領〔暫定版〕」（河川環境管理財團1994年）^{*13}
- ◇建設省監修「改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編」（日本河川協會，1997年）^{*2}
- ◇國土開發技術研究中心「護岸の力学設計法」（護岸力学設計法）（山海堂1999年）^{*12}
- ◇全國防災協會編「河川災害復旧護岸工法技術指針（案）」（河川災害復舊護岸工法技術指引（案））（全國防災協會，2001年）^{*14}
- ◇國土技術研究中心編「改訂解説・河川管理施設等構造令」（日本河川協會，2004年）^{*11}
- ◇國土交通省・土木工事共通仕様書（土木工程共通規格表）2004年度版^{*15}
- ◇國土交通省・土木工事特記仕様書（土木工程特記規格表）2004年度版^{*16}
- ◇全國防災協會編「災害復旧工事の設計要領」（災害復舊工程設計要領）（全國防災協會，2005年）^{*1}
- ◇全國防災協會編「美しい山河を守る災害復旧基本方針」（守護美麗山河之災害復舊基本方針）（2006年 河川局網頁）^{*10}

【結構相關】

- ◇良本正勝 著「土圧と擁壁と石積」（土壓與擋土牆與砌石）（理工圖書，1967年）
- ◇窪田祐 著「石垣と石積壁」（石牆與砌石牆）（學藝出版社，1980年）^{*4}
- ◇大久保森造、大久保森一 著「石積の秘法とその解説」（砌石之秘法及其說明）（1983年）^{*6}
- ◇北垣聰一郎 著「ものと人間の文化史 58 石垣普請」（物與人之文化史58石垣承包）（法政大學出版局，1987年）
- ◇高倉正人 著「わかりやすい土留擁壁・石積の設計と解説」（簡明易懂擋土牆與砌石構造物之設計與說明）（現代理工學出版，1989年）^{*7}
- ◇高倉正人 著「わかりやすいもたれ式・ブロック積擁壁の設計と解説」（簡明緩沖式預鑄塊疊砌擋土牆之設計與說明）（現代理工學出版，1990年）^{*5}
- ◇福留脩文 監修、近自然工法研究會 編「近自然工法の石組み技術」（近自然工法之塊石組砌技術）（西日本科學技術研究所，2002年）^{*9}

【景觀相關】

- ◇河川前線整備中心 編「川の風景を考える景觀設計ガイドライン護岸」（融入河川風景之景觀設計指引 護岸）（山海堂，1993年）^{*17}
- ◇三宅正弘 著「石の街並みと地域デザイン 地域資源の再発見」（砌石街道與地區設計 地區資源之再發現）（學藝出版社，2001年）

【歷史與石材產地相關】

- ◇日本石材振興會 編「日本石材史」（日本石材振興會，1956年）
- ◇飯島亮、加藤榮一 著「原色 日本の石 產地と利用」（原色 日本之石材 產地與運用）（大和屋出版，1978年）
- ◇中江庸 著「石材産業年鑑 2004年版」（石文社，2004年）^{*8}

有助於形成河川景觀之

砌石構造物整備相關資料

(2)

2007年7月

國土交通省 河川局 河川環境課

前言

國土交通省河川局彙整了『有助於形成河川景觀之砌石構造物整備相關資料』，2006年8月公布於河川局網頁。

主因是近年來日本各地為形成美麗河川景觀或實施多自然型河川營造而施作砌石構造物，但其中的砌石構造物有些並未充份應用傳統砌石技術，也未發揮地域特色，甚至與河川整體景觀格格不入，因此有必要彙整相關資料，作為高品質砌石構造物施作之參考。

這份資料指出，若要靈活運用傳統砌石技術、打造具地方特色之砌石構造物，應注意確保石材，並培育砌石專業技術人才。

因此，以下聚焦石材確保與人才培育，具體說明如何靈活運用砌石傳統技術，打造具地方特色的砌石構造物。

本資料仍有許多不完美之處，但希望可作為打造美麗砌石構造物、形成風土特色景觀之參考。

另外，本資料係由下列顧問群指導完成，在此一併向有關單位與顧問群表達謝意。

指導顧問

- | | |
|--|------|
| • 東京工業大學兼任講師
（（股）PLANNING NETWORK 董事） | 岡田一天 |
| • 西日本工業大學研究中心客座教授
（（股）西日本科學技術研究所 董事長） | 福留脩文 |
| • 武庫川女子大學生活環境學部 副教授 | 三宅正弘 |

目 錄

前言

第 1 章 確保石材與人才之問題點

1-1 確保石材之問題點	4
1-2 確保人才之問題點	5

第 2 章 如何確保石材

2-1 有效運用石料庫存	6
(1) 各種石料庫存運用案例	6
(2) 如何運用石料庫存	9
2-2 石材採購注意要點	10

第 3 章 確保能打造美觀砌石景觀的人才

3-1 人才培育之必要性	12
(1) 必要性	12
(2) 需提高技術能力的人才	13
3-2 培育美觀砌石人才之重點	14
(1) 河川管理者做法	14
(2) 設計者做法	18
(3) 施工廠商做法	20
(4) 砌石匠做法	22

參考文獻

第 1 章 確保石材與人才之問題點

1-1 確保石材之問題點

①無法取得當地石材時

「形成美麗河川景觀之砌石構造物整備資料 2006 年 8 月」指出，整備砌石構造物最好利用當地特色石材，形成地區特色景觀。

但有些當地石材已無生產，或產量太少不足以完成工程。原因是採石成本太高，許多採石業者已退出；有些因環保問題無法開設新採石場，因而無法找到足夠的當地石材。



採石成本主要是工資，日本產石材因此不敵中國產石材。



採石後有綠化義務，廠商開闢新採石場仍得負擔舊採石場綠化費用。此外，森林地區開闢採石場維護自然環境，也是一大成本。

②工程產生石材未充份利用

去年（2005）年度資料顯示，河川工程產生石材（河床疏浚或拆除砌石護岸工程等），河川管理者認為可蒐集利用，但調查發現只有 1/4 左右回收使用，比例不高。



有些河川工程可產生多達 6 萬 m^3 石材。



拆除舊護岸所產生的石材，可重新利用。

1-2 確保人才之問題點

①承包廠商不願培育人才（石工與現場監工等）

「有助於形成河川景觀之砌石構造物整備相關資料 2006 年 8 月」指出，砌石構造物施工現場“專業砌石匠太少”，以及“承包廠商砌石工程施工管理能力不佳”等。

原因是，土木廠商砌石工程承包量降低，旗下專業砌石匠減少，有現場監工經驗的技師也越來越少。

目前技術優異的打石工與砌石匠年齡偏高且無人傳承技術，未來可能出現越來越多石塊無相互咬合之砌石工程與貌似「砌石風格」的構造物。

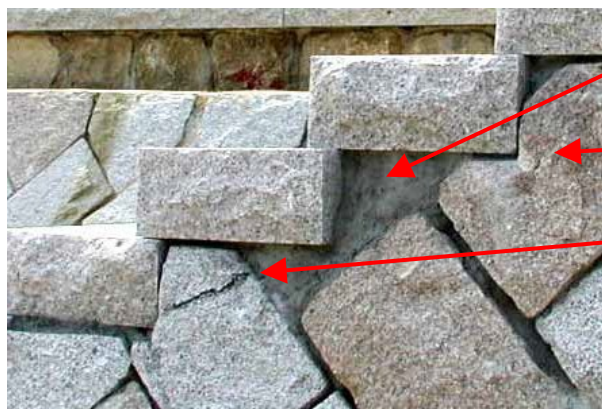


無法掌握砌石原理、石塊相互咬合方法而以澆置混凝土黏著石塊的構造物。
此工法一段時間後混凝土劣化，石塊可能脫落。

②發包者也不培育人才

砌石工程需求量減少，發包與驗收機會跟著減少，發包者（河川管理者）越來越無法仔細處理砌石工程發包及驗收之注意要點與方法。

特別是如美化砌石護岸等的頂面(隅角)，工程估價單之施工步驟與項目。以及工程成品驗收項目並未明確要求提供傳統砌石技術，廠商施工可能馬虎交待。



此處無石材

以石材切割機（鑽石切割機等）
切割石塊

石材有裂縫，表面缺損

頂面無明確需驗收項目，廠商可能以未妥善處理頂面的砌石護岸交件。

第 2 章 如何確保石材

2-1 有效運用石材庫存

(1) 各種石材庫存運用案例

去年度調查（「有助於形成河川景觀之砌石構造物整備相關資料」）時所掌握的河川工程之中，有的案例將施工期間等所產生石材當做石材庫存。針對這些石材庫存目前狀況如何，本年度進一步實施問卷調查。

【問卷調查概要】

- 2005 年度實施調查的、河川管理者之中有庫存的 41 處地點，進行庫存狀況詳細調查（2006 年 12 月實施）
- 41 處問卷調查之中，30 處為有效回答（無效回答的原因為目前該地點已無庫存等）

【問卷調查所取得之知識見解】

① 常態保有石料庫存，須先確保石料場。

→ 保有石料庫存的案例之中，4 成有常態（常設）石料場。常設石料場多位於堤內地、堤防邊側或公有地等可長期存放石料地點。相對的，臨時石料場多位於工程現場，工程結束石料場可能無法繼續運作。因此，若要常態保有石料庫存，須先確保可長期使用之石料場。

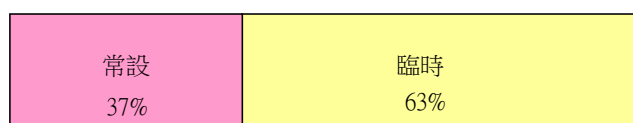


圖-1 石料場設置形態

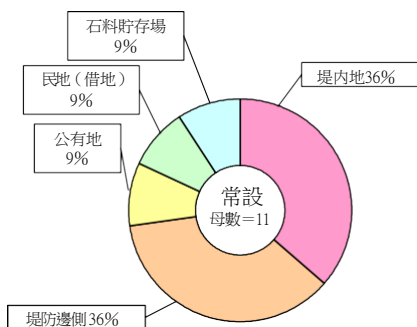


圖-2 石料場設置地點（常設）

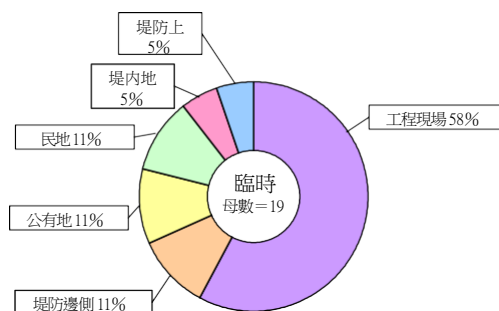


圖-3 石料場設置地點（臨時）

②使用狹小空間的石料場

→有些案例無方正大面積石料場，只能利用路邊或堤防頂端等狹窄空間置放石料。

【石料場設置案例】



以路邊村有地作為石料場
(熊本縣 阿蘇地區振興局)



借地置放石料
(四國地整 那賀川河川事務所)



以狹小公有地作為石料場
(兵庫縣 神戶縣民局)



以市管理用地作為石料場
(岐阜市 基地整備部)

③許多案例以修繕護岸所產生石材作為石料庫存，可再度作為護岸材料。

→護岸與河床工程經常產生大量石材，可用來施作護岸。

→利用庫存石料需先清潔石材（去除包覆混凝土或髒汙）並選材，考量景觀面以及使用當地石材可“降低整體成本（打石費用、購買費用）”等，即使有點費事，也最好使用這種石料。

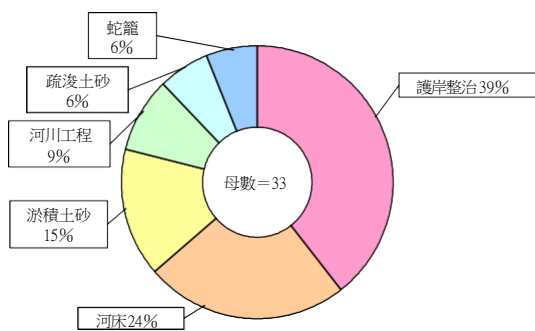


圖-4 石材產生地點

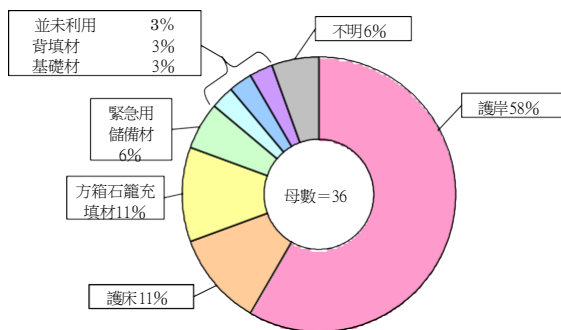


圖-5 石材應用地點

※每個石料庫存都有複數發生原因與應用方法，因此答卷時可複選

④河川工程所產生石材幾乎都應用於河川工程，但也有些案例形成當地石材運用系統。

→山梨縣國土交通省富士川砂防事務所將庫存石料撥給當地地方政府使用，並協調石材可運用的工程標的。

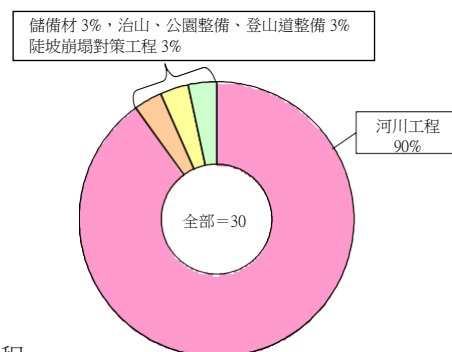


圖-6 利用石材之工程

【國土交通省 富士砂防事務所協調會】

◇名稱 大澤川扇狀地堆積土砂處理等協調會
 ◇設置年 1978 年5月
 ◇協調會參加成員 國土交通省 富士砂防事務所
 國土交通省 沼津河川國道事務所
 靜岡縣土木部河川砂防總辦公室
 靜岡縣富士土木事務所
 富士宮市
 富士市
 芝川町

◇庫存石料之用途 提供作為公共用途
 供給民間需求

◇訪談結果

- 庫存石料主要應用於公共工程，但有時也供給民間使用。
- 石材供給方面，每年河川清淤工程都會產生石材，未來應該還有石料供給。
- 免費供給公共工程所需石材。此外，河川工程所取得石材，富士砂防事務所幫忙送到地方政府需使用地點。石材運送費用由當地地方政府負擔。
- 沼津河川國道事務所運用所取得石材於海岸保護工程。



國土交通省 富士砂防事務所石料場

(2) 如何運用石料庫存

日本正推動利用有限資源、避免另外產生環境負擔的各種政策措施，努力形成循環型社會。

因此，河川工程所產生石材應重新利用，達成資源活用目標。特別是就景觀美化而言，利用當地石材可形成具地區特色景觀，從確保當地石材的觀點來看，也有必要先實施石料庫存，確保須美化景觀時有可利用之石材。

此外，石料場之設置如先進案例（第7頁）所示，最好使用小面積空間或平常無用途空間，積極貯存石材以備利用。



熊本縣綠川（國土交通省 熊本河川國道事務所）河川工程留下護岸石材，目前正搭配新石材重新利用

2-2 石材採購注意要點

（長期規劃才能確保當地石材生產）

公共工程等使用石材應考量環保，最好利用該工程或周邊工程所產生石材。但若庫存石材不敷使用，仍得採購。

不過，去年（2005）調查結果發現，為維護景觀，原本有市場需求的當地石材已放棄生產或產量非常小、不敷工程需要而只能向中國採購或使用其他景觀材料（景觀式護坡模具等）。

但事實上，考量景觀而施築河川構造物最好利用具當地特色石材，讓河川構造物呈現歷史性與鄉土性。

就此詢問石材生產業者及協會發現，未來仍可使用當地石材，但無法大量生產，若工程需大量石材，開工前應先告知業者所需數量，提早確保石材。

【當地石材流通狀況】

通常石材業者不會有很多四角石材與雜切割石等庫存，只需數千塊還可供應，超過一萬塊就得另行開採，而四角石材與雜切割石得花時間加工，常來不及交貨。

原因是石材業者無法常態大量雇用石材加工師傅，以少數工匠進行石材（四角石材與雜切割石）加工，出貨時間因而拉長。

例） 整備高 3m 長 100m 護岸（300m²），約需四角石材（35間知：縱深35cm以上，表面積620cm²以上）4800個（每1m²約使用16塊）。

→此時若以常態生產速度且採石場無庫存，2～3個月才能全部交貨。

※日本石材產業協會與石材生產業者訪談結果



四角石材與雜切割石加工狀況
需一塊一塊加工，相當費時

此外，當地石材資訊，可參考逐年記錄當地石材資訊的《石材產業年鑑》，或查詢下列機關，進行確認。

國內石材生產資訊雜誌

《石材產業年鑑 (股)石文社》

◇資訊案例

北海道

●札幌軟石(さっぽろなんせき) 一凝灰岩系統

北海道の代表銘柄で、札幌市南側に流れる豊平川を境にして、一方で硬石(安山岩)、他方の常盤で軟石が採掘される。灰色を基調として赤味と青味が、乾くと灰色になる。加工性、耐寒性、耐熱性に優れるが、湿気に弱いのが難点。主に建築材、倉庫、壁、石欄などに使用される。

年度	採石量	切当たり価格
2000年度	900 t	山渡し 2,200円
2001年度	850 t	
2002年度	900 t	

【採石業者】辻石材工業㈱ ☎011-591-3939

宮城縣

●苔藓みかげ(あづまみかげ) 一花崗岩系統

伊具郡丸森町の川田島から産出する白みかげ。高級墓石材として中・細・中細目があり、元総理の福田赳氏のお墓にも使用された。ただし石ムラ等が多いため墓石材の歩留まりは10%ほどで、製品出荷を原則とする。残りは建築用材、土木用雑割石等に使用されている。平成12年8月から磐梯みかげ(後述)の工場との一体開発により、全面積は24万5,000㎡となった。

年度	採石量	切当たり価格
2000年度	1,050 t	山渡し 特級18,000円
2001年度	735 t	山渡し 中目特級 7,000円 細目特級18,000円 中細目極上 28,000円
2002年度	1,026 t	

【採石・加工業者】八巻石材工業㈱ ☎024-585-5315 (<http://www4.ocn.ne.jp/~yamaki-s>)

●雄勝石(おがついし) 一粘板岩系統

桃生郡雄勝町は我が国最大の天然石産地。黒色または暗藍色の緻密な石質で、硯石に適す。

年度	採石量	切当たり価格
2000年度	硯用 500t タイル用1,100t	硯 1枚 2,500円～ タイル(300mm角・9mm厚) 1枚 540円～
2001年度	硯用 10t タイル・スレート等50t	工場渡し 10,000円
2002年度	硯用 10t タイル・スレート等50t	

【組合】★雄勝硯石産販売協同組合(理事長・澤村文雄、組合員20業者、宮城県桃生郡雄勝町字寺53-1 ☎0225-57-2632)

●伊達冠石(だてかんむりいし) 一安山岩系統

伊達冠石は、宮城県伊具郡丸森町と白石市にまたがる大張地区で産出される黒系安山岩。別名「泥かぶり石」といい、表層部は焼き肌を感じさせる黄土色だが、内部は灰黒色の色調をもつ。一時は外柵や墓石などにも利用されたが、近年はモニュメントなど修景材や石彫品などが多い。

ただ採石量が少なく、稀少価値が高まっている。

年度	採石量	切当たり価格
2000年度	150 t	山渡し(原石) 12,000円～ 工場渡し(製品) 45,000円～
2001年度	100 t	
2002年度	150 t	

【採石業者】山田石材計画㈱ ☎0224-75-2105

●とよま玄昌石(とよまげんしょうせき) 一粘板岩系統

「玄昌石」とは登米郡登米町、桃生郡雄勝町から産出される黒色粘板岩の通称。産出地により石質が異なり、建築用には一般に登米産が適す。

一現在、採石休止

●磐梯みかげ(ばんだいまかげ) 一花崗岩系統

苔藓みかげ(前述)の工場から数百m離れた、伊具郡丸森町の曲木から産出される高級墓石材。青みの濃い緻密で美しい石質が特徴。工場が大きな岩盤で、日本では珍しくワイヤソーを導入し切り出している。現在は苔藓みかげと一続きの工場として開発されている。県内屈指の最新設備を揃える大型工場により製品出荷が主体。建築用材(600㎡)、土木用材にも使用される。

年度	採石量	切当たり価格
2000年度	1,260 t	山渡し 特級18,000円
2001年度	1,350 t	
2002年度	1,450 t	

【採石・加工業者】八巻石材工業㈱ ☎024-585-5315 (<http://www4.ocn.ne.jp/~yamaki-s>)

●松島石(まつしまいし) 一凝灰岩系統

群馬産の多胡石に似たベージュ色の軟石材。桃生郡鳴瀬町野蒜近辺の松島崎沿岸から産出される。また「瀬浦」字大平山で採れる青味のあるものは「瀬浦石」と呼び、これは松島石より硬く、湿気に強い。

一現在、採石休止

秋田縣

●男鹿石(おがいし) 一輝石安山岩

男鹿半島の中央に位置する寒風山で採れ、別名「寒風石」とも呼ばれる。古くは江戸中期頃、神仏の石像・家屋の土台等に使用されたのが始まりといわれ、その後、明治以降は墓石や間道石として多用された。堅牢で熱に強く、加工しやすい。近年は関東方面を中心に、造園や土木・建築用材などに幅広く用いられている。

年度	採石量	販売価格
2000年度	70万～ 100万t	山渡し 間道石・控え(350前後) 1個 650円 貼石 1㎡ 2,100円 貼石 1㎡ 6,300円
2001年度	60万～ 80万t	
2002年度	55万～ 70万t	

【採石・加工業者】寒風山 ☎0185-25-2222、男鹿寒風石工業㈱ ☎0185-25-3121、瀬杉貞石材 ☎0185-34-2141、瀬吉政石材 ☎0185-25-3817 他

●十和田石(とわだいし) 一凝灰岩系統

北秋田郡比内町中野地区(十和田湖周辺)で産出される。凝灰岩でありながら石質は堅牢であり、グリーンとブルーの混じりあったソフトな色彩を特徴とする。水にぬれるとさらに美しく

○彙整產地資訊，提供產地石材公會聯絡方式

查詢 (股)石文社 東京都千代田區神田多町2-3-6 川島大樓 401 電話03-5256-0740

【可查詢石材資訊的機構】

名稱	地址	電話號碼
日本石材産業協會	〒101-0046 東京都千代田區神田多町 2-9 日計大樓 2F	03-3251-7681
全日本石材振興會	〒103-0025 東京都中央區日本橋茅場町 2-17-3 布爾海茲茅場町 701	03-3669-2770
全國石材産業綜合研究會	同上	同上
全國建築石材工業會	〒111-0053 東京都台東區淺草橋 1-36-11 小倉大樓 2F	03-3866-0543

※上述之外還有石材產地公會，可查詢、蒐集石材資訊

11

第3章 確保能打造美觀砌石景觀的人才

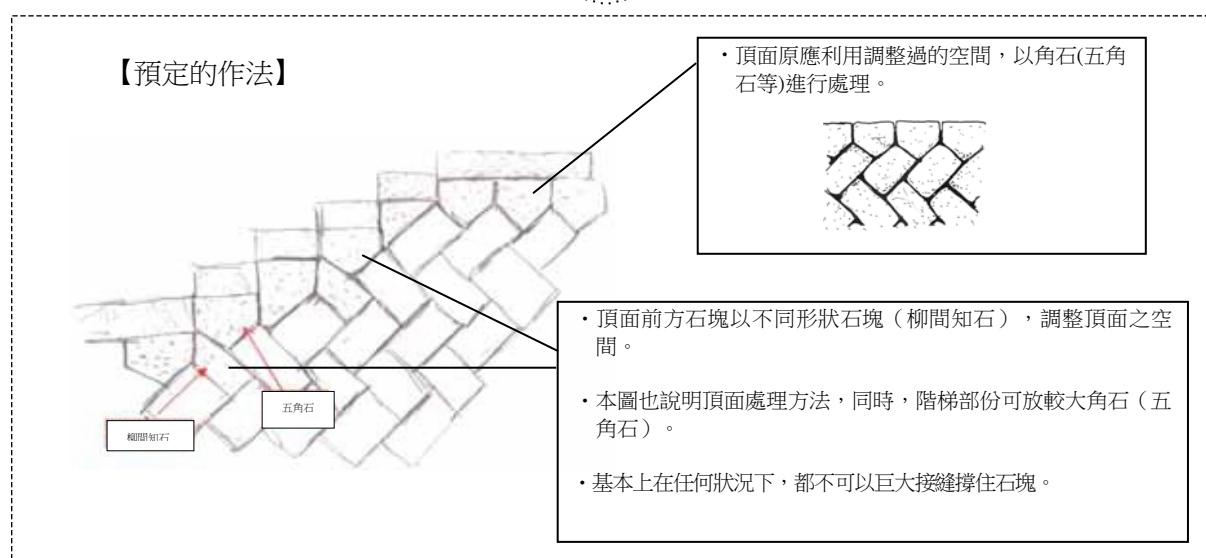
3-1 人才培育之必要性

(1) 必要性

砌石構造物例如護岸工程費用據說比一般預鑄塊護岸高出一倍。除了石材材料費高於預鑄塊之外，估價時還得加上打石、砌石工的工資，工程費因此大增。

但，即使砸錢施作砌石構造物，若像下圖毫無美觀，仍無意義。

因此，應確保具施築美觀砌石構造物能力人才，才能完成融入景觀、賞心悅目的砌石構造物。



(2) 需提高技術能力的人才

(1)案例砌石構造物欠缺美感，不能只歸咎於砌石匠技能不佳。原因是，砌石工程需“設計者、施工者、砌石工匠、進行整體管理的河川管理者”四者相輔相成、發揮綜合技術力才可能完成美麗砌石構造物。

其要點如圖-7所示，砌石工程相關的四者都應提升其技術能力。

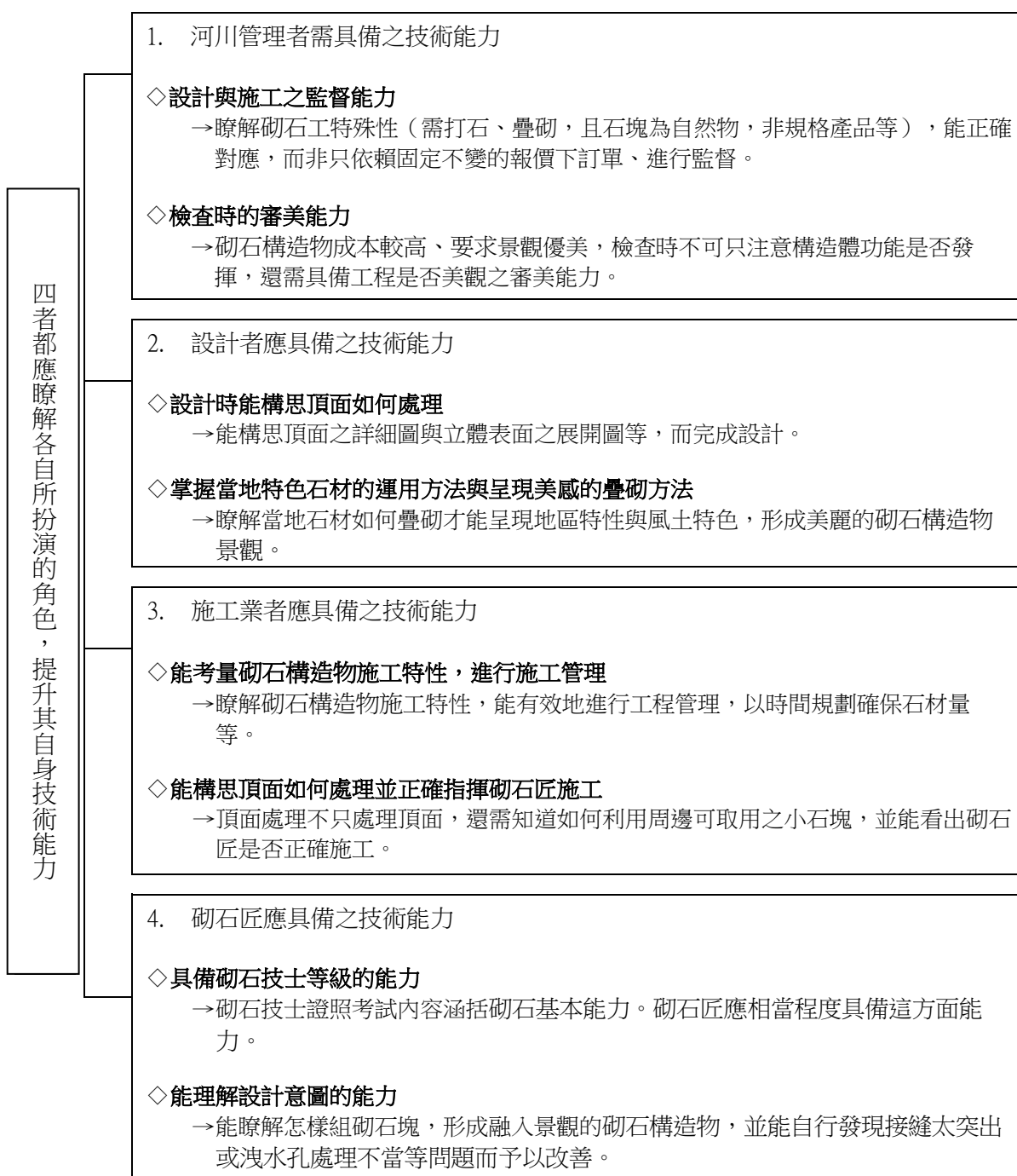


圖-7 完成美觀砌石構造物所需技術能力

3-2 培育美觀砌石人才之重點

(1) 河川管理者做法

①設計與施工能力

須瞭解砌石構造物所使用石材係自然物，與規格化的混凝土預鑄塊不同，無此概念者難以完成設計並正確指導施工。

河川管理者在設計與施工階段應具備之能力

◇能瞭解應配合施工部位改變石塊大小

→指導可使用柳間知石（四角石塊種類之一）等加工石（石材大小不同）美化構造物，及設計者與施工者不可只靠規格設計完成設計與施工。

○不同部位石材大小不同

頂面部分（角頂、頂端、弧頂部份及與其他構造物銜接部分）

◇工程總量估算時導入估價方法，不可只依靠標準估價單

→頂面處理費工及施作美麗深縫需專門洗石人員等一般估價單所無項目，可檢討引進目測估算方法。

○掌握標準估價單之外的估價項目

深接縫作業（洗石作業等）費用、頂面處理作業（石材加工作業）費用、與其他構造物銜接部分的加工費用

※製作深縫除了洗石之外，也可在充填混凝土之中部分放入泥土，或不塞入充填混凝土。

◇能瞭解確保石材相當耗時

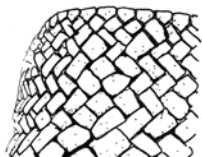
→日本石材產業走下坡，若要使用當地石材需瞭解石材之取得耗時，工期設定應較預鑄塊疊砌寬鬆。

○頂面塊石形狀不同於一般砌石

工期設定最好比混凝土預鑄塊多出2～3個月

弧頂疊砌石

下部放較大基石、上段配置加工石（不同形狀石塊）而完成疊砌



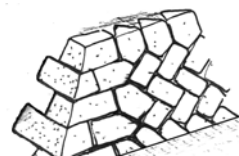
斜交疊砌時

頂面處理以五角頂端石處理頂面



角頂長短邊塊石交疊（算木積）時

頂面之塊石大小差異大，與斜交疊砌部分，利用銜接石加以銜接。



○瞭解頂面石塊形狀彼此不同

頂面應配合功能與形狀使用加工石塊，組砌方法不同於一般砌石工程，因此最好先估算費用。



○估算並確保確實之表面修飾

砌石最後美化工作需施作深縫處理。深縫處理施工方法有沖洗接縫的“洗石作業”等。“洗石作業”應先目測估算，以確保這項作業之順利實施。

如上，須先確保較耗時作業之費用，以合理價格完成美觀砌石構造物施工。

②檢查時之審美重點

檢查主要有工程成品檢查與成效檢查。應有為融入景觀而投入較多經費施作砌石構造物的概念，成效檢查也應注意美觀。

河川管理者在設計與施工階段應具備之能力

◇頂面處理能調整石塊大小

→混凝土預鑄塊疊砌係以接縫寬度處理頂面；砌石則調整石塊大小，接縫寬度大致相同。

○接縫之確認

接縫是否整齊？ 石塊有無鬆脫？ 石塊有無缺損？

石塊有無切割？（是否能看到切口？）

◇能判斷接縫是否太突出

→混凝土要充分發揮充填效果，可澆置混凝土一直到突出於接縫，然後抹除突出於接縫的混凝土。

○確認深接縫是否完成的判斷重點

混凝土是否突出於接縫？ 背填材是否會被從接縫沖出？（石塊是否緊密咬合？背填材是否有鬆脫？）

◇能確認是否不當疊砌

→應參考「有助於形成河川景觀之砌石構造物整備相關資料（其1）」P.27 所列不當疊砌方法，提升工程成效檢查能力。

○找出不當的疊砌做法

找出「鑊子合口」（石塊只有頂端小面積接觸）、「合口裂縫敞開」、「面大厚淺」、「十字型排列」、「芋串疊法」等不良疊砌工法（參照 P.17 圖）

此外，砌石構造物常有完工檢查才發現不美觀但已完成難以重做之狀況。因此，應由具備上述正確概念者指導施工。

具美感之案例（其1）

以下皆10年來所完成整備，嫺熟砌匠凋零下仍可完成美觀頂面之砌石構造物。



熊本縣綠川 2005年左右完工
頂端「算木積」處理妥當



京都府鴨川 1998年左右完工
銜接部分收束狀況良好

不同案例的美感（其2）



廣島縣太田川 1983年左右完工
銜接部與頂面收束良好



秋田縣橫手川 1998年左右完工
頂面與階梯銜接部分收束良好



京都府鴨川 1998年左右完工
與階梯銜接部分頂端帽石處理，乾淨俐落有設計感



靜岡縣橫須賀城 1998年左右完工
非河川構造物，但以河川塊石處理頂面，相當漂亮。



秋田縣橫手川 1998 年左右完工
護岸與階梯銜接採弧頂處理

【不良砌石做法】



石塊切割痕跡外露，非塊石疊砌風格

石塊、切割疊砌而成。忽略砌石基本概念，切割機切割石塊且切口外露，欠缺美感。

應提醒砌石匠避免讓切口外露，且頂面避免使用切割處理之塊石。



石塊裂開、表面破損，產生不安定感

砌石石塊重量給人穩定感受。若石塊破損、不穩定，砌石構造物會讓觀看的感到人不安。

砌石構造物，重視美觀、工程昂貴當然須避免石塊破損。



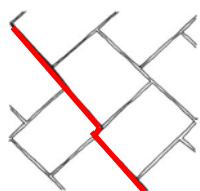
石塊脫落產生不安定感

漿砌之砌石構造物多搭配背填混凝土打設，即使表面無石材，結構上仍具支撐功能。但從使用石材且重視外觀的角度來看，石材脫落等於構造物本身不完整，施工應避免這種狀況。

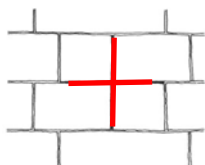
【不良疊砌方法（代表案例）】

參考 窪田祐 著《石牆與砌石壁》（學藝出版社、1980年）製成

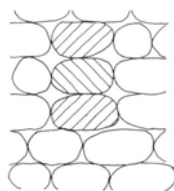
- 上述疊砌方法外觀不佳，無法發揮石塊互拱作用（石材相互撐頂、避免崩塌之作用），且相互咬合面積太小、感覺不安定，都應避免。



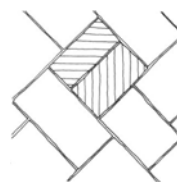
Z形排列



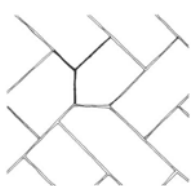
十字型排列



芋串疊法



菜盒排列



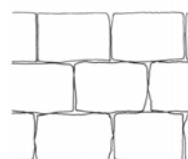
凹陷排列



四圍一排列



八圍一排列



合口裂縫敞開
排列

(2) 設計者做法

設計者與河川管理者都應瞭解，砌石構造物所使用石材乃自然物，不同於規格化混凝土預鑄塊。不僅如此，最好提升技術能力，腦中先構思如何處理頂面，必要時製作頂面詳細圖與立體表面之平面展開圖等。

此外，應有形成當地特色景觀、利用當地石材的觀念，能判斷哪些石材是當地石材，以及如何確保該石材。

設計者應具備能力

◇設計圖與規格表之中明確列出美觀砌石構造物應施作項目

→腦中構思如何處理頂面之外，也能詳述避免洩水孔突出方法及避免接縫材（彈性墊片等）太顯眼。

○美觀砌石構造物施作要點

避免洩水孔突出，避免接縫材太顯眼

製作能讓施工廠商瞭解注意事項的圖面

○石塊形狀美觀、妥善配置之方法

使用 C A D（電腦繪圖與輔助設計軟體），用○（圓形）與□（四角形）表現粗石（大卵石）形狀。施工業者可能因為無法充分理解圖面中的疊砌與頂面處理方法，於是簡單、粗糙地完工。

因此，標準圖等應以天然石形式說明砌石形狀與頂面處理疊砌方法等圖面化設計意圖。

◇掌握地區特色石材與疊砌方法並加以應用的能力

→施築具地區特性與風土特色景觀，應利用當地石材並以適當疊砌方法呈現。因此，應前往相關機關調查，瞭解目前是否仍能應用當地石材。

→不可因當地石材市面已無流通，就輕易改用中國進口石材。應仔細調查，若無當地石材仍具備配合景觀設置砌石構造物的思考能力。

○掌握當地特色砌石方法，知道如何蒐集當地石材資訊

蒐集當地石材疊砌方法與如何確保石材之資訊，檢討應用當地石材以完成砌石，若無法取得當地石材如何完成具景觀構造物之檢討能力。

○避免接縫材突出之作法案例

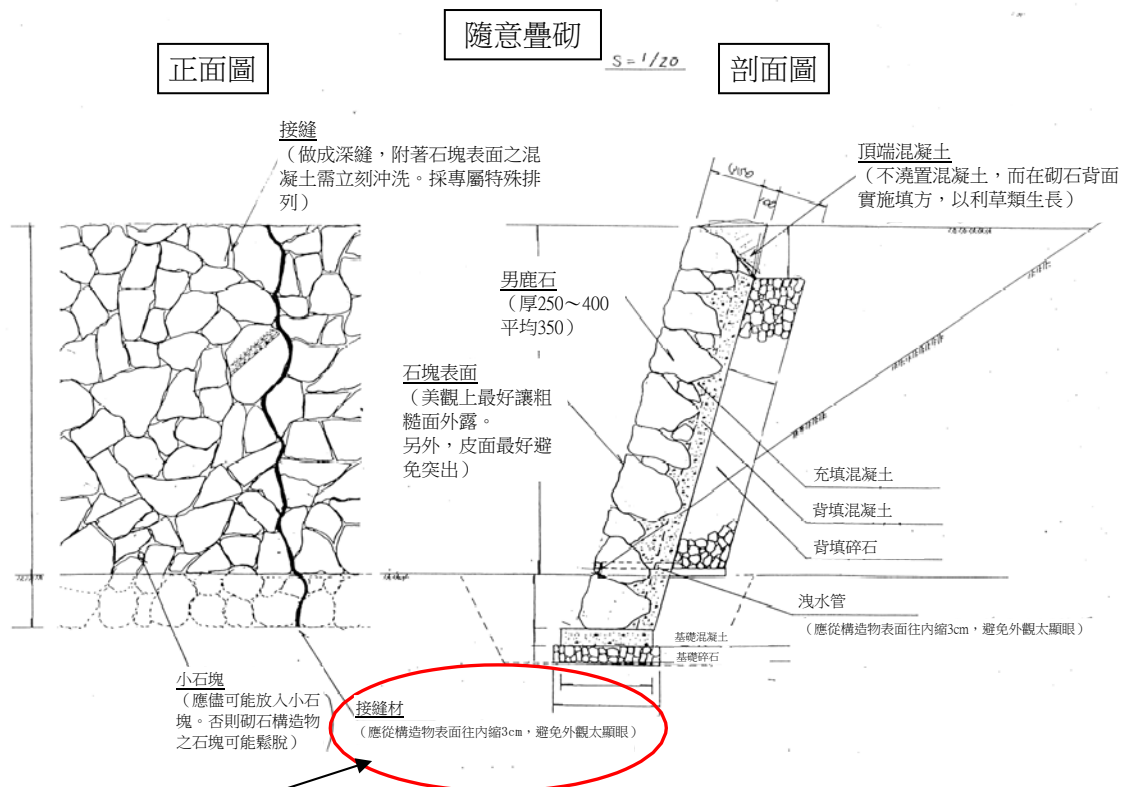


接縫材（彈性墊片等）搭配疊砌方法一併處理，避免接縫材太顯眼。

靠近才發現接縫材（彈性墊片等）。

○呈現設計意圖之圖面製作案例

施工注意要點



記載施工注意要點之圖面

接縫材（彈性墊片等）配合砌石形狀之指示

◇呈現設計意圖之圖面，以CAD（電腦繪圖與輔助設計軟體）完成○（圓形）與□（四角形）之方法無法呈現設計意圖



○融入景觀之洩水管施工案例

應注意避免洩水管突出。此外，洩水管常有水滲出時，注意避免砌石上殘留水垢髒污。

本施工案例洩水管流出之水沿接縫流下，水垢不會破壞石塊表面美觀。

洩水管應往內縮，避免突出



○調查當地傳統砌石方法

瞭解當地自古以來的傳統砌石方法，可參觀工程預定地點附近古老民宅或神社寺廟圍牆等的砌石構造物、道路坡面之砌石，或訪談當地石材業者。

○蒐集如何確保石材之資訊

訪談當地石材業者，與前頁所示石材公會聯絡，掌握相關資訊。

也可參考附近道路的邊坡河川塊石疊砌（水平疊砌）護坡作法。

(3) 施工廠商做法

工程承包廠商負責完成確保石材與指揮砌石匠等砌石工程最重要部分。特別是順利取得產量或庫存較少之當地石材，更需發揮本事。此外，應一開始就瞭解頂面等費事工程較耗時，須做時間規劃、分階段調整施工順序。培育這方面人才則應掌握以下要點。

此外，砌石工程正式開工前應實施幾公尺的基石、隅角、頂端等不同疊砌方法試砌，現場協調河川管理者、設計者、施工廠商、砌石匠、決定採用何種疊砌方法，建立共識再施工，可完成漂亮砌石，避免未來必須重做。

施工廠商應具備之能力

◇理解設計意圖之企圖心與能力

→能理解須融入景觀的砌石構造物基本設計意圖，施工過程能斟酌調整、形成整體空間美觀之工程。

○能掌握、表現圖面上所無法呈現或原本沒有的設計意圖

貼緊現場、適當調整（不可因圖面或規格項目沒有就否定某些施工的必要性，並能以打造美麗工程為施工目標）

◇能考量砌石施工特殊性而進行施工管理

→確保當地石材需投入相當時間。砌石作業頂面處理須加工塊石、改變形狀，施工廠商須瞭解砌石工程比一般工程更費時，須有依據這種概念進行工程管理的的能力。

○避免工期緊迫的工程管理能力

應事先做好施工順序規劃，避免時程過於緊迫（以試砌建立共識）

◇具備以試砌建立共識之施工管理能力

→以數公尺規模進行基石、隅角、頂端等疊砌方法試砌，四方（河川管理者、設計者、施工廠商、砌石工匠）聚集，藉由試砌協調，決定採用何種疊砌方法。建立疊砌方法共識，避免緊迫施工，且能發現圖面所無之應注意事項。為此，施工廠商應具備實施與試砌主持協調會、發現應注意事項之能力。

○試砌實施重點

不可在施工地點之外場所進行試砌，而應在施工現場，於已疊好幾層石塊之階段，召集最少三方（河川管理者、施工廠商、砌石工匠），討論（確認）如何繼續完成砌石工程。



對施工廠商進行現場指導、建立共識之案例

福岡縣豐前土木事務所完成砌石工程發包後召集施工業者，由專家進行砌石方法等的現場指導，建立砌石方法共識。

左圖 由專家現場指導的岩岳川護岸工程現場

大規模砌石施工過程協調石材調度與辦理砌石講習會之案例



注意確保所大量使用之當地石材，瞭解年產量、不同工區使用不同石材。除了確保穩定之石材供給，也須形成砌築工程的一致性。此外，工區劃分方面，基本上橋樑到橋樑的區間，左右岸應避免使用不同砌築方法。（1995、96年度工程）

此外，照片左側設置混凝土造排水孔與端牆，表面做成打石樣態，讓四周的砌石融入景觀。（1996年度工程）



與樓梯銜接之頂面應實施弧化處理。這項工程有相當難度，施工初期應由熟練之石工擔任講師，進行現場講習。（1995 年度工程）

鹿兒島縣甲突川 1993 年遭遇大洪水，災情慘重。該河川沿岸有搭設石橋等塊石施工傳統文化，災害復舊應同樣採用砌石工法。

但要短期間完成長達數公里砌石工程，如何確保足夠石材與砌石工匠，是一大難題。因此決定，石材向當地二家採石場廠商購買，每年都先確認工程發包時期並分配各工區使用哪個採石場石塊，有計畫地調整年產量。

此外，很難確保大量熟練石匠。因此，施工初期應舉辦砌石現場講習，由熟練石匠指導砌石秘訣、交換意見，建立統一砌石方法。

資料）甲突川「緊急事業計畫」（河川嚴重災害對策特別緊急計畫）記錄 鹿兒島縣 2003年訪談結果

(4) 砌石匠方面

砌石匠疊砌美觀砌石構造物須具備一定技能。技能士證照可作為判定是否有具備充份之砌石匠技能。砌石技能士證照分一級與二級，各有筆試與實作考試。其中，一級考試實作包含頂面處理考試。

具有砌石技能士證照者應已具備一定水準能力，可從事砌石工作。未來希望培育更多砌石工匠，確保具一級砌石技能士水準的專業工匠。

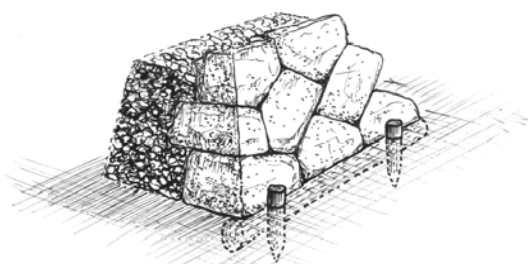
砌石匠應具備充足之能力

◇具備砌石技能士水準之能力

→砌石技能士考試內容為砌石基本能力。砌石匠應具備相關能力。

◇能理解設計意圖

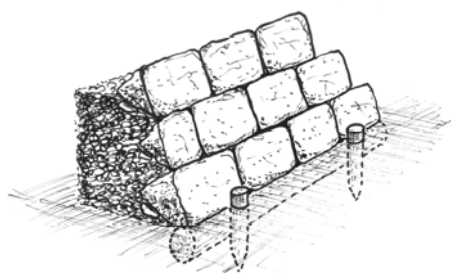
→能理解砌石應如何處理並融入景觀，避免接縫太突出或洩水管處理不當等狀況。



砌石一級技能士實作考試題目（例）
→斜交疊砌頂面處理技術



砌石工程砌石匠須調整塊石大小完成疊砌，才能穩固且美觀。如何呈現最佳成果，需專業技能。



砌石二級技能士實作考試題目（例）
→非水平疊砌頂面處理題目

参考文献

- ◇窪田祐 著『石垣と石積壁』（石牆與砌石牆）學藝出版社 1980 年
- ◇大久保森造・大久保森一 著『石積の秘法とその解説』（砌石秘法及其解説）1983 年
- ◇中江庸 著『石材産業年鑑 2004 年版』石文社 2004 年
- ◇甲突川の激特事業の記録（甲突川緊急防災計画記録）鹿児島縣 2003 年
- ◇大沢川扇状地堆積土砂処理等協議会要綱（大澤川扇状地堆積土砂等協調會綱要）静岡縣富士宮市 2006 年

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2020

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。