

近代港湾建設にみる材料の変遷と石積み利用の可能性について*

Historical Study on Application of Masonry in Port Construction

永村景子**, 本田泰寛***, 星野裕司****, 田中尚人*****, 小林一郎*****

By Keiko NAGAMURA, Yasuhiro HONDA, Yuji HOSHINO, Naoto TANAKA, Ichiro KOBAYASHI

Abstract

In recent years, The Ministry of Land, Infrastructure and Transport is researching the use of traditional skills of masonry on coastal areas. This research aims at clarifying the transition of the material, from masonry to concrete, in modern port construction in the Meiji era and the Taisho era. Firstly, section structure of breakwater was categorized into five types. Then, the transition process of material divided into three periods according to the category. At the same time, it is shown that the choice of the material has depended on the condition of region. Secondly, it is clarified that the changes of the use of masonry became partial because of the weakness of masonry structure. Thirdly, breakwaters and seawalls of masonry built in Takamatsu port, Imabari port, and Shimonoseki port were analyzed. Finally, some possibilities of the use of masonry are pointed out.

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

国土交通省は「美しい国土づくり」や地域再生を目的として、社会資本整備における石積み技術の活用方策等について提言を行い、臨海部における景観形成手法の構築を進めているが、具体的な方策が立てられているとは言い難い。また近年、景観や環境に配慮して石積みが用いられるが、事業の大半は河川や道路であり、港湾の事例は少ない¹⁾。

これは、過去において石積みが用いられなくなった過程を把握せず、地域産業や地域景観といった現代的な価値から検討を行っているため、技術の継承を断片的に捉えるに止まっていることが原因と考えられる。

また石積みを利用する場合には、現在多くの箇所で見られているコンクリートを全く廃してしまおうとする傾向が見られるが、これにより現実との矛盾が生じ、石積みの実用に際して障壁となり、結局は石積みの適用を困難にしていると思われる。

今後、石積みを利用していくには、経済性や施工性、強度や耐久性、利用目的や効果といった、様々な観点からコンクリートとの比較検討が必要といえる。

そこで本研究では、近代港湾において石材からコンクリートへと材料が変化する過程を追うことにより、過去における石積みの利点と欠点の双方を把握することにより、今後の石積み利用の可能性について探ることを目的とする。

(2) 本論文の流れ

本論文では以下の流れで、近代港湾における建設材料の変遷過程を把握し、今後の石積み利用の可能性について考える。

まず2章で、港湾構造物が石積みからコンクリートへと転換した時期や要因を明らかにするため、『日本築港史』²⁾をもとに分析を行う。本書は日本の近代港湾建設技術の確立に大きく寄与した広井による著書で、多くの技術者にとって参考とすべき日本の近代港湾修築の実例が記された。明治期から大正期における港湾工事を多く取り上げ、一部を除いては、当時の第二種重要港湾以上の商港を対象に、計画、設計、施工という一連の事業過程を記した文献として優れている。しかし野蒜港や三国(坂井)港とともに三大築港と言われる三角港に関する記述がない点や、明治期に比べ大正期の事例の記述が簡略になっている点、他の地域に比べ広井が携わった北海道における諸工事が多く取り上げられている点から、著者の意識や経験が大きく反映され、広井の関係した工事や先進的な技術を用いた港湾工事が優先的に記述された可能性も否めず、必ずしも普遍的な分析が出来るとは言えない。

そこで、このような問題点を補うため、3章において材料選定時に制約となり得る基準等の有無、港湾工事における石積みの利用方法の移り変わり、という観点から分析を加える。さらに4章では過去の石積み構造物築造の実例に関してその条件を整理し、5章において過去にならって、今後の石積み適用に向けた手がかりを探る。

* keywords: 近代港湾、石積み、材料
** 正会員 工修 株式会社文化財保存計画協会
(〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋 2-5-5
岩波書店一ツ橋ビル 13 階)
*** 正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科
**** 正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科
***** 正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科
***** 正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科

2. 近代港湾建設材料の変遷

(1) 断面構造と材料の変遷

まず材料や構造の記述が多くなされていた防波堤(防波堤、突堤、防砂堤、導水堤、潜堤)、岸壁(繫船壁)のみを対象とし、使用材料の変遷を整理する。石積みとしての石材利用を抽出するため、断面構造の変化に着目するが、捨石は現代に至るまで利用方法や構造上大きな変化がないため、今回は分析対象から

除外した。

まず分析に用いた構造物の断面構造を整理すると、大きく5種類に分けられることがわかった(図-1)。

0. 粗石堤

粗石を置いただけのもの。海底が軟弱な場合にコンクリート製の沈床を使用している。また、大阪港では、石の代わりに方塊(コンクリートブロック)を用いた。

1. 石積み

間知石を積むもしくは張ったもの。多くが内部にセメントやモルタルを注入した練積みであり、稀に空積みが見られる。

2. 方塊積み・裏込め石

内側に粗石を詰め、外側に方塊を積んだもの。

3. 方塊積み・塊のみ

方塊を積み重ねたもの。ブロック間を結合して堤体を一体化するため、方塊に突起がつけられている³⁾。

4. 単塊

堤体が一体のコンクリート単塊を用いたもの。

5. 函塊

堤体に函塊(ケーソン)を用いたもの。

以上を考慮して、石材とコンクリートという2つの材料に着目すると、使用材料の変遷により、近代港湾建設は次の3期に分けることができる(表-1)。

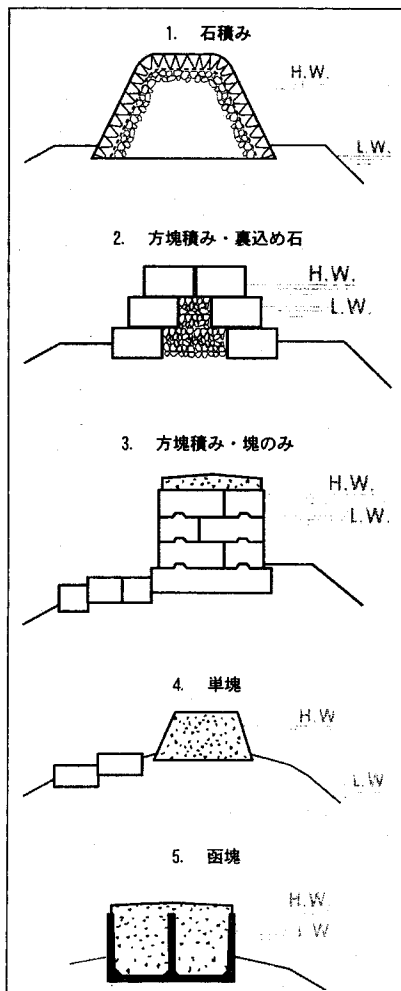


図-1 防波堤を例にした断面構造

第I期(1878(明治11)~1905(明治38)年) 石材を主な材料として、コンクリートも使用され始めた時期である。

この時期に築造された石造構造物は主に防波堤であり、特に0. 粗石堤が多い。コンクリートと石の併用には2通りあり、一方は軟弱地盤の場合に沈床としてコンクリートを利用、他方は粗石の代わりに方塊を堆積したもので、後者は大阪港において採用されている。続いて多いのが、1. 石積みの防波堤であり、鹿児島港のみ空積みが用いられている。コンクリート構造物は、明治22年着工の横浜港第一期工事における2. 方塊積み・裏込め石の防波堤を初めとして、3. 方塊積み・塊のみの防波堤も築造され始めた。

表-1 対象港湾起工年と断面構造

起工年		港湾名	断面構造				
第I期	1878 明治11	野蒜	0				
		坂井	0				
	1881 明治14	敦賀		1			
	1890 明治23	若松	0				
		横浜	0		2		
	1896 明治29	函館	0			3	
		新潟	0				
		名古屋	0				
	1897 明治30	小樽				3	
		高松		1			
		大阪	0				
	1899 明治32	横浜			2		
	1900 明治33	伏木		1		3	
	1901 明治34	鹿児島		1			
	1902 明治35	横浜	0				
第II期		三池	0				
	1906 明治39	神戸			2		5
	1907 明治40	新潟			2		
		岩内				3	
	1908 明治41	小樽					5
	1909 明治42	新潟				3	
		青森	0			3	
		敦賀			2		
		大分	0			3	
	1910 明治43	函館				3	
		留萌				3	5
		四日市	0				
	1911 明治44	船川				3	
	1913 大正2	鶴見					4
		小松島	0	1			4
第III期	1915 大正4	青森			2		
		塩釜					4
	1917 大正6	博多					5
	1918 大正7	室蘭					5
	1919 大正8	門司					5
		網走					5
	1920 大正9	長崎					5
		清水					5
		今治			2		
		稚内					4
	1921 大正10	下関			2		
	1922 大正11	高松		1	2		
		横浜					5
		敦賀					5
		境			2		5
	1923 大正12	横浜					5
	1925 大正14	小倉					5

凡例
石
石・コンクリート
コンクリート

第Ⅱ期。(1906(明治39)～1911(明治44)年) 石材、コンクリートともに港湾建設の主材料であった時期である。

0. 粗石堤の採用数は減り、1. 石積みは用いられていない。コンクリート構造物では、2. 方塊積み・裏込め石の構造物よりもむしろ、一体的な構造となる3. 方塊積み・塊のみの防波堤、繫船壁が急速に普及している。また5. 函塊が明治39年着工の神戸港の繫船壁に初めて用いられたのを皮切りに、他所においても採用され始める。

第Ⅲ期。(1912(大正1)年以降) 港湾建設材料として、コンクリートが主体となった時期である。

0. 粗石堤や1. 石積みはほとんど用いられなくなる。一部で2. 方塊積み・裏込め石も使われているが、後半はあまり用いられなくなった。

さらに、3. 方塊積み・塊のみは見られず、代わって4. 単塊や5. 函塊が多く用いられるようになる。本書に構造形式の採用理由はほとんどの場合記述されていないが、3. 方塊積み・塊のみに比べ、継ぎ目のない4. 単塊や5. 函塊の方が強固であるという波力に対する強度や、内部に土砂を充填することにより材料費が抑えられるという経済性などがその理由と考えられる。

(2) 材料変遷の地域性と広井勇の意識

コンクリートへの転換点として着目すべきは、第Ⅰ期に起工し、広井が工事事務所長として携わった、小樽港修築第一期工事(1897(明治30)年起工)である。

当時の日本は近代港湾の築港・修築経験が浅く、実績を積む必要があった⁴⁾。また先に横浜港で用いたコンクリート塊に亀裂を生じたことに加え、小樽港の北防波堤築造は技術・規模ともに当時未曾有のものであったため、事前にコンクリートの試験工事を伴うものであった⁵⁾。政府が難色を示したにも関わらず、起工にこぎ着けたのは、北日本での港湾建設が増加することを睨んだ上で、激しい波力に耐えうる技術開発が必要であるという広井の先見の識の表れとも受け取れる。

表-2から分かるように本工事が竣功した明治40年以降の第Ⅱ期には、引き続き顧問として広井が携わった北海道の諸港湾修築工事を含め、北日本各地でコンクリートを用いた港湾工事が集中して起工している。これらの地域は、風雪の影響により他の地域に比べて波力が大きく、施工日数の限界や材料輸送の労苦が容易に推測できる。明治40年前後には既に、全国各所にセメント工場が分布して供給過多となり、セメント価格は下落していた。加えて石材の産地が少なかった点を考慮すると⁶⁾、必然的にコンクリートが用いられ、信頼性や経済性の向上を含め建設技術がある程度確立された結果、第Ⅲ期において、全国的に普及したのではなかろうか。

一方、第Ⅲ期においてなお、小松島港や高松港など瀬戸内海の港湾では1. 石積みを用いている。また、第Ⅲ期後期になるに従って、コンクリート構造物の断面構造は4. 単塊や5. 函塊の一体式のものが主流となる中、境港、下関港、今治港、高松港、では2. 方塊積み・裏込め石を用いている。特に、下関港、今治港、高松港は外洋に面しておらず、比較的波が穏やかであったと思われる。さらに、瀬戸内海沿岸の昭和初期の港湾

工事については、石材の入手が容易であり、予算の都合上コンクリート製造設備が整えられない等の事情が見受けられる⁷⁾。

3. 設計基準と石積み利用

日本における近代港湾の建設は明治の野蒜築港以降であり⁸⁾、1906(明治39)年に、第一種重要港湾は政府の直轄工事で修築、第二種重要港湾は府県、市町村で着工するのに対して国庫補助をする、という方針が出されるまでは、確固とした方針はなかった⁹⁾。その上昭和戦前期に至るまで、港湾構造物の設計の技術基準はなく、構造様式の採用から材料の選定まで、各港湾の事情を考慮した上で、担当技術者各々の裁量に委ねられていた。

明治期の土木構造物の設計に関しては、『土木工事仕様設計実例』¹⁰⁾や『土木工事実施設計例』¹¹⁾などあるが、明確な公式や設計値は示されておらず、治水や石垣など石垣による仕様書や石垣工事や石材に関する仕様書が紹介されたり、突堤新設では短区間は石積み、長区間は場所詰及び袋詰コンクリート、海岸堤防修繕では漆喰や間知石垣などを用いる、といった使い分けが例示されるなど、標準的に石積みを利用していた。

大正期の『土木工事設計資料』においても、様々な土木工事の断面図や詳細図が紹介されているに過ぎない¹²⁾。少し遅れて発行された『築港 前編』では、直立防波堤での石材の積置の際に波の作用により石材が抜ける、との弱点が指摘されている。このことからわかるが、石積みは次第に工事箇所状況や条件に応じて限定的に利用されるようになる。波力が大きい箇所や、巨石の採掘・運搬の費用が多くなる場合には代用品としてコンクリートを用いるとし、漁港など波力が小さい所では、構造が強大なものは不要であり、間知積みの石堤で十分であると示すと同時に、間知積みが城壁などに用いられてきた日本特有の技術としてその強度と工費の面から評価されていた。さらに、石材は耐久性・強度において天然の良材であるとし、石という素材そのものの潜在的な可能性も示唆されていた¹³⁾。

昭和期に入ると、基本的な構造はコンクリートによる施工を行い、表面の防護などに石材を用いる傾向が見られるほか¹⁴⁾、石張(練積みの石垣)は構造が単純で施工が容易であり、波高の小さい箇所に限定して安価で築けるものとされた¹⁵⁾。

このように、設計基準が整えられるまでには時間がかかり、防波堤も含めて港湾構造物の設計の基準が初めて明示されたのは、1940年から編集の始まった『港湾工事設計至方要覧』であった¹⁶⁾。

ここで着目すべきは、捨石の上に直立部を設ける混成堤において、直立部の基礎が干潮面より下にあるものを低基、上にあるものを高基とする分類である。高基は下部の斜面で波勢を殺し、残りを上部で受ける構造である¹⁷⁾。作業の多い直立部の施工を水上で行えるが¹⁸⁾、波による直立部下部の洗掘のため、常に修理が必要となる¹⁹⁾。主に石積み構造物の場合に適用され、昭和初期までは、現在のように何十mにも及ぶ大水深での構造物建設は必要なく、施工性の面から高基を採用の方が効率的な場合があったと思われる。

一方低基では、捨石は単に直立部の高さを節約するもの、あるいは地盤強化のための基礎工とされた²⁰⁾。直立部設置時の反動を考慮して、干潮面以下6mないし9mまで捨石を施すこと

としている²¹⁾。当時世界的な流れの中では、混成堤直立部の基面水深は増加する傾向にあり、特にイギリスでは、洗掘対策の結果、混成堤の低基化が進み、日本においても、横浜港や小樽港北防波堤といった以後の港湾工事に多大な影響を与えた2事例が低基を前提とした概念のもとに行われた²²⁾。その経験を反映したと思われる設計基準では、基面の取り扱いによる分類は見られず、低基を前提とした設計が示された²³⁾。

この改訂版である『港湾工事設計要覧』(1959年)では、石積みは耐波力が小さく災害を生じることが多いとして、採用しないことが望ましいとされている²⁴⁾。このように強度や耐久性に対する不信感から、石積みは利用されにくくなっていた。

4. 大正・昭和期における石積み構造物の築造

(1) 高松港、今治港、下関港の修築工事概要

2章で示したように、コンクリートが主流となった大正後期から昭和戦前期の港湾修築においてなお、高松港、今治港、下関港では石積みや方塊積みの構造物が築造されていた(表-2)。

下関港は内国貿易港の要衝であり、西日本における大漁港の機能も有する第一種重要港湾であった^{25) 26)}。そのため港湾面積も3港の中で最大であり²⁷⁾、入港船舶数も圧倒的に多い²⁸⁾。これに対して高松港、今治港は第二種重要港湾であり²⁹⁾、高松港は旅客船や貨物船³⁰⁾、今治港は旅客船を主としていた³¹⁾。

このように港湾機能上の重要度は異なっていたものの、同時期に起工した修築工事の総工費は下関港と今治港で大差はなく、高松港がやや少額であった。工事内容は、防波堤の築造、埋立、浚渫が3港に共通して行われており、その他には、高松港では既存防波堤の撤去、今治港・下関港では繫船壁や物揚場の築造

がなされた³²⁾。

以下ではこれらの工事のうち、石積みや方塊積み構造物に着目し、防波堤やその他の構造物について詳細を示す。

(2) 防波堤の構造形式の採用

3港に共通して行われた工事は混成堤の築設であり^{33) 34) 35)}(図-2)、高松港は1. 石積み、今治港は2. 方塊積み・裏込め石、下関港は5. 函塊、と3者3様であった。

高松港、今治港はともに瀬戸内海に位置するため簡単な構造の防波堤で事足りるとされ^{36) 37)}、加えて今治港は水深が大きく潮流が速い、との特徴を有していた。

高松港の石積み防波堤2基はともに捨石を干潮面上まで施した高基型のものであった。また本防波堤は、技術書において石張堤の例として取り上げられており、当時の模倣的な石積み構造物であったと位置づけられる³⁸⁾。また、高松港で用いられた石材の大きさは、高さ0.3m(断面図より推測)、控えが0.6mであるのに対し³⁹⁾、今治港の方塊は、2×1.515×0.606mの直方体であり⁴⁰⁾、大きさは圧倒的に異なる(図-3)。当時、重量の点から方塊の大きさは石の2倍以上の巨塊を用いるのが一般的であった⁴¹⁾。

下関港においては、岸壁にも同じ函塊を使用する箇所が多数あり、さらに対岸の門司港と函塊作成工場などの工事設備を共有できる⁴²⁾、との利点があった。

以上の防波堤に関して1m辺りの工費は、高松122.81円⁴³⁾、今治1,602.721円⁴⁴⁾、下関613.79円⁴⁵⁾となっている。高松港の防波堤延長は他の2港に比べて長く(図-4^{46) 47) 48)}、できる限り簡単な構造で低廉に抑える必要があったものと思われる。

表-2 3港修築概要

		高松	今治	下関
入港船舶	隻	23,077	35,005	140,373
(大正10年)	トン	5,333,348	2,680,568	13,769,233
港状		瀬戸内海に於ける東西航路の要衝 旅客及び貨物積み卸しの便を増進 農産物・肥料類の集散(東濱港) 小船の修理及び係留(中川港)	阪神関門の中間、東西航路の要衝 四国西南部及び南九州の旅客は今治、 尾道を経て山陽線に連絡	関門及び関釜連絡の起点 本邦西部の大漁区 内国貿易が主
分類(昭和13年)		第二種重要港湾	第二種重要港湾	第一種重要港湾
起工		1922(大正11)年	1920(大正9)年	1921(大正10)年
竣工		1928(昭和3)年	1934(昭和9)年	1930(昭和5)年

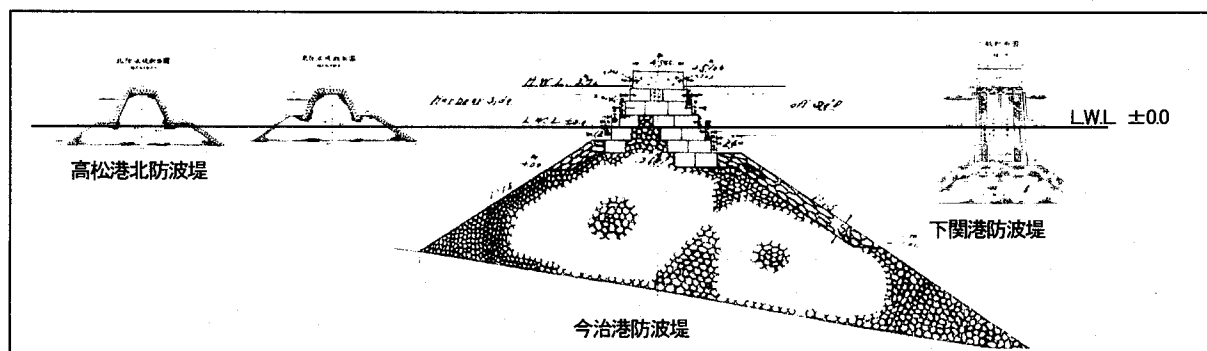


図-2 高松港、今治港、下関港防波堤断面図

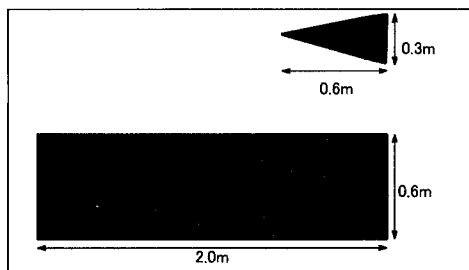


図-3 間知石(上)と方塊(下)の断面比較

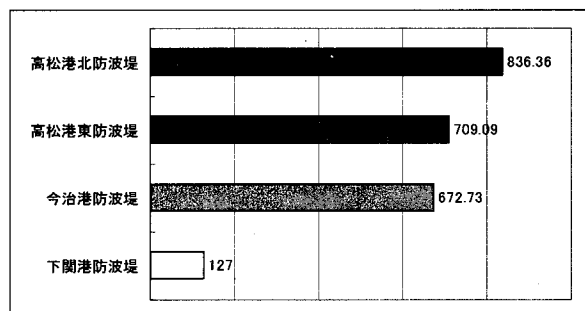


図-4 高松港、今治港、下関港防波堤延長

一方、今治港は最大水深が24mと大きかったため、捨石基礎部が1029,845円となり、工費が高額になっている⁴⁹⁾。

このように石積みは、水深や波力といった条件に応じ、施工性や経済性を十分に考慮した、最適な構造形式の一手段として利用されていた。

(3) 石材の転用と石積みの部分利用⁵⁰⁾

下関港では、埋立で必要なくなった石材(間知石 13,300個、花崗石 117立米)を使用して石垣護岸を築いたとされる。漁港部分である西工区の竹崎護岸(延長 178m)は、捨石上に間知石垣が築かれた。また当護岸と5.4m岸壁との接続部は方塊積みとして階段が設けられ、天端にはコンクリートが施されている。同じく西工区の今浦護岸(延長 30.8m)も同様の構造であり、2.7m岸壁に接続している。経済性や、港湾そのものの利用目的に伴って石材の転用が行われたものと思われる。

東部護岸は、東工区の1.8m岸壁と既存護岸との接続部1.5mの護岸で、間知石垣によるものである。その構造は、捨石を干潮面以下1.5mの高さまで施し、階段石の古材を小口積みで干潮面以下1.2mまで積み上げ、その上に空積みの石垣を築造したとされる。

さらに岸壁のほとんどは函塊によるものであったが、階段の

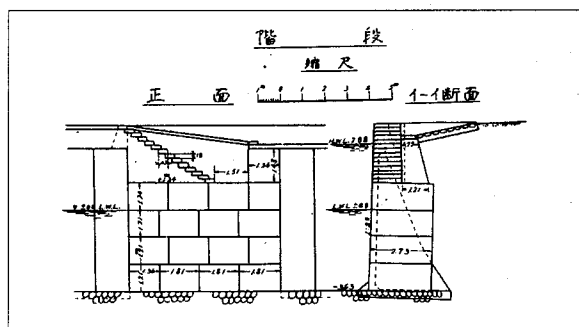


図-5 下関港岸壁階段部

部分や、屈折部、護岸との接続部に方塊積みを用いており、施工性に配慮したものと考えられる(図-5)。

5. 石積み適用可能性についての考察

以上のように、明治後期以降の港湾建設においてコンクリートが急速に普及してきた中、石積みがしばらく使われ続けた要件はその利用方法により大きく2つに分ける事ができ、次のように整理できる。

(i) 限定利用

- ① 産地が近い、または転石などの理由により石材の入手が容易であること
- ② 内海など、波力の影響が小さいこと
- ③ 漁港のような規模の小さい港
- ④ 水深が浅いこと

(ii) 部分利用

- ⑤ 水中には捨て石または方塊を用いることにより、施工の容易な干潮面以上で石積み部分を築くこと⁵¹⁾
- ⑥ 構造物の屈折部や接続部

以上の要件を満たす場合、石積み構造物は低廉で施工が容易なため、コンクリートとの使い分けがなされていた。

また、例えば低基型防波堤が一般的に用いられるようになり、⑤のような施工方法を行うことがなくなった、という事実もある。臨海部における石積み適用の実現に向けては、本論文で示したような石積みの弱点や条件に関して力学的・実証的な検討を行い、工学的要件から実用環境を整えていく必要がある。現在は高価で施工が難しいとされる石積み構造物であるが、過去の施工方法や施工箇所、石積みがいられなくなった過程を見直すことで、問題解決の示唆を得られるのではなかろうか。

今後石積みの適用を考える際に考慮すべき事項としては、本研究で行ったようなA. 歴史的検証や、国が提唱するB. 地域産業及びC. 地域景観に加えて、D. その他の適用目的を見いだしてい

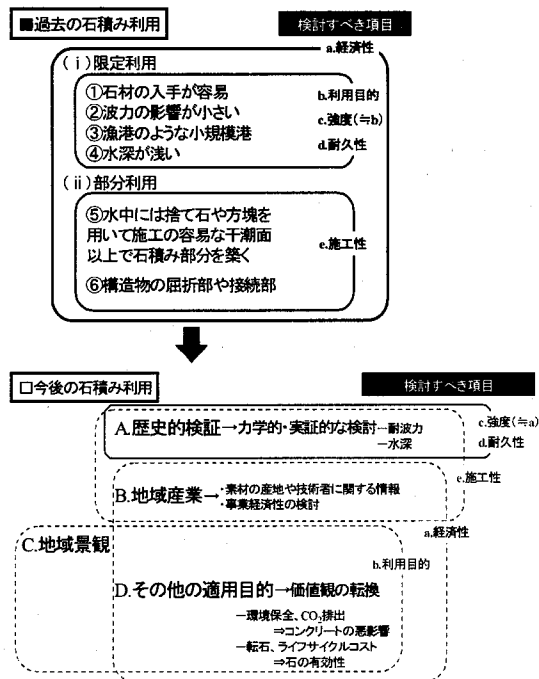


図-6 過去の石積み利用及び今後の石積み利用

く必要がある。ここでD. その他の適用目的とは、過去において強度の面から衰微した石積みを、例えば環境保全や二酸化炭素の排出といったコンクリートの悪影響や、石材の転用、ライフサイクルコストなどの観点からみた石材の有効性、といった現代の価値観に基づく検討を行い、適用の利点を探ることにより、石積みそのものを再評価するものである。

過去の石積み利用では、検討すべき項目に従って一義的に石積みの利用方法が定まっていたのに対して、現代では検討すべき項目が複雑に絡み合い、その優先順位が判然としない(図-6)。これは現在石積み利用を難しくしている大きな要因であると考えられ、まずは一般的な解決策が得やすいと思われる、工学的知見(強度や耐久性)からの立証を行う等の、足掛かり的な方策が必要である。

6. おわりに

本論文の成果を以下にまとめる。

- (1) 『日本築港史』をもとに、近代港湾建設における材料変遷が、石からコンクリートへと移行する過程で、一体的な構造へと発展したことを整理した。さらにコンクリートの導入や石積み利用の残存と地域との関連を述べた。
- (2) 標準的に利用されていた石積みが次第に限定利用、やがて利用されなくなった過程を、設計基準の有無とともに示した。また、設計基準が整えられる前後の、基面高に対する取り扱いの変化を示した。
- (3) 大正後期以降の工事について、防波堤について石積みとコンクリートを使い分けた当時の条件を整理した。また高松港や下関港において石積みや方塊積みを用いた利用方法を整理した。さらに過去には手段として石積みを利用されていたが、現代において石積みの適用をする際にはその検討すべき項目が複雑であることを示した。

以上、過去において石積みは低廉で施工の確実な構造とされており、耐波力が小さいためにその採用が敬遠された結果、現代において経済性や施工性といった面からも、適用が困難となったことを示した。石積み適用に向けた具体的な方策を立てるには、このような過去と現代における問題点の相違を把握した上で、現代に適応出来る方法を探る必要がある。

謝辞

国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部空港ターミナル研究室長の上島顕司氏、(株)地域開発研究所の鈴木洋氏には、史料提供や研究に関するご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局, 林野庁, 水産庁, 国土交通省大臣官房, 国土交通省河川局, 国土交通省道路局, 国土交通省港湾局: 『平成17年度 景観形成に資する伝統的な修景素材・技術の活用促進方策検討調査報告書』, p.1, p.47, 2006
- 2) 廣井勇: 『日本築港史』, 1927
- 3) 伊藤喜行: 『港湾技研資料 No.69 防波堤構造論史』, pp.34-35,

1969

- 4) 故広井工学博士記念事業会編: 『工学博士広井勇伝』, 故広井工学博士記念事業会編, p.46, 1930
- 5) 文献2) , p.148
- 6) 内務主臨時議院建築局編集: 『本邦産建築石材』, 1921
- 7) 荒木文四郎: 『瀬戸内海の防波堤計画に就いて』, 『港湾』第6巻第10号, pp.1-8, 1928
- 8) 土木史編集委員会: 『日本土木史』, p.283, 1965
- 9) 日本科学史学会: 『日本化学技術史大系』, 第16巻・土木技術, p.19, 1970
- 10) 山本潔: 『土木工事仕様設計実例』, 1902
- 11) 長崎敏音: 『土木工事実施設計例』, 1908
- 12) 仲野雄介: 『土木工事設計資料』(全三輯), 1913
- 13) 廣井勇: 『築港 前編』, p.334, p.343, p.425, p.99, p.148, 1924
- 14) 君島八郎: 『河海工学 第五編 海工 上巻』, p.271, 1927
- 15) 鈴木雅次: 『港工学』, p.257, 1932
- 16) 合田良實: 『港湾構造物の耐波設計 波浪工学への序説』, p.86, 1990
- 17) 鈴木雅次: 『港湾工学』, pp.153-154, 1938
- 18) 文献13) p.346, p.361
- 19) 文献16) , pp.153-154
- 20) 文献16) , pp.153-154
- 21) 文献13) p.346, p.361
- 22) 文献3) , pp.5-6, p.22
- 23) 日本港湾協会: 『港湾工事設計要覧』, p.22, 1959
- 24) 文献23) , pp.28-29
- 25) 内務省下関土木出張所: 『下関港修築工事概要』, p.3, 1930
- 26) 文献14) , p.53
- 27) 内務省土木局: 『日本の港湾』, p.411, 1925
- 28) 文献27) , p.424
- 29) 文献27) , p.267, p.351
- 30) 内務省神戸土木出張所: 『高松港修築工事施工概要』, p.1, 1928
- 31) 内務省神戸土木出張所: 『今治港修築工事概要』, p.2, 1934
- 32) 文献2) , pp.157-158, p.344, p.365
- 33) 文献30) , p.8
- 34) 文献31)
- 35) 内務省下関土木出張所: 『下関港修築工事誌』, 1935
- 36) 文献30) , p.8
- 37) 文献31) , p.15
- 38) 文献15) , pp.258-259
- 39) 文献15) , p.258
- 40) 文献31)
- 41) 文献15) , p.253
- 42) 内務省下関土木出張所: 『下関港修築工事誌』, p.18, 1935
- 43) 文献30) , p.8
- 44) 文献31) , p.15
- 45) 文献42) , p.68
- 46) 文献30) , p.8
- 47) 文献31) , p.15
- 48) 文献42) , p.64
- 49) 文献31) , p.15
- 50) 文献42) , pp.40-47, p.64, p.93
- 51) 文献15) , p.253