

# 港 湾 に お け る 水 路 測 量

佐 藤 一 彦\*

## 1. 緒 言

港湾はこれを利用する住民のためであるとともに各種船舶の寄港地として、あるいは避難港として広く一般に利用されるものである。港湾における水路測量は海岸地形、海底地形、底質分布、潮汐、潮流などを明らかにする目的で実施されるもので、その成果は出入港船舶の最も重要な指針となる海図（港泊図）、港湾誌、水路誌などとして刊行されている。

水路測量は4年ごとに開催される国際水路会議(International Hydrographic Conference)の決議にもとづき、国際的の基準、規約に準拠して実施されなければならない。また国内港としては、水路業務法が制定されているが、これらはいずれも統一的の技術的基礎の上に測量が行なわれ、国内、国外のいずれの船舶にも使用せしめるため、海図のよく整備されている港湾ほど利用度が高まり、経済的な発展が期せられる。

水路部は、港湾の新測、改測などの基本的測量および人為的または自然的の変化による検測を実施している。港湾の現状を敏速的確に水路図誌（海図、水路誌など）にとり入れ利用者に周知徹底せしめることは、単に航海者だけでなく港湾の発展のためにも重要なことである。したがって港湾管理機関、施工機関、測量機関および利用機関の密接なる連けいは、港湾の利用度を高めるためにきわめて有意義なことである。

## 2. 港湾測量の目的

港湾測量の目的は航海目標物、海岸線の形状、港湾施設、港湾の深浅、底質の分布ならびに潮汐、潮流などを測量、観測して、これらの成果から港泊図、港湾誌、水路誌などを編集し、航海の用に供することを主目的とし、あわせて港湾の修築などの資料とするにある。

したがって港湾測量は利用状況、航海保全、港湾修築などの観点から実施される必要があり、常に港湾の管理、経営、保安、工事などの各機関との連けいを保ち、その利用に万全を期さなければならない。事実いかに掘り下げ、護岸、防波堤などの港湾設備に改善、改良が加えられてもこれを海図上に具現化しない限り船舶の利用に供されないため、国費の効率的な使用が期されない。

## 3. 港湾測量の区分<sup>1)</sup>

各港湾の重要度により港湾一等測量、港湾二等測量、

港湾略測と三種に区分している。検測は港湾一等測量、港湾二等測量の該当港において実施する。

これらの区分は港湾法および漁港法による指定、最大入港船舶トン数、年間の船舶の利用度、管理経営工事状況、隣接港湾との距離、背後地の関係、水路測量計画などを勘案して決定し、港湾一等測量、港湾二等測量、港湾略測指定港をそれぞれ116港、129港、168港とした。

おのおのの実施基準は港湾一等測量は縮尺1/20 000以上、港湾二等測量は縮尺1/10 000以上、港湾略測は縮尺1/5 000以上である（近時船舶の大型化にともない大縮尺の傾向にある。さらに接岸岸壁付近、港口などの狭水道はより大縮尺の図が要求されるものと思われる）。

## 4. 港湾測量の実施基準<sup>2)</sup>

港湾測量の内容は大別して原点測量（諸目標物の測定をふくむ）、陸部地形測量、海岸線測量、海底地形測量（測深）、底質調査、潮汐観測および潮流観測に区分される。そのおのおのにつき次に概要を記す。

### (1) 原点測量

経緯儀などを使用する三角測量である。その精度については2個以上の三角形により共通辺を校合し、その校合差を次の基準とした。

表-1 原点測量の精度基準

測量分類	6桁対数表示末尾の差	実数の差
港湾一等測量	100 以内	1/4 500
港湾二等測量	300 以内	1/1 500
港湾略測	1 000 以内	1/ 450

また航空写真測量、沖掛り法による原点測量も実施している。

### (2) 陸部地形測量

航海上必要な地物の形状および地形を測定して描画するために行なうもので、一般に行なわれている地形測量と同じである。測定方法は記帳式、写真測量および平板測量による。

### (3) 海岸線測量

ほぼ最高高潮面における海岸の形状を決定するために行なうもので、その測定は経緯儀、六分儀、平板および航空写真測量による。

### (4) 海底地形測量

測深はおもに水路部型極浅海用音響測深儀を使用し、一部に錘測を行なう。

位置決定—おもに六分儀を使用し三点両角法による。  
(位置誤差—図上最大 1 mm)

\* 正員 海上保安庁水路部測量課

水深値決定

- 一 錘測法 実水深 = [(測得水深値土索の伸縮量土指示器の器差) - (検潮器の潮高 - 基本水準面)]
- 一 音測法 実水深 = [(測得水深値土パーチェックによる改正量(または海象観測値による改正量) 土器差 - (検潮器の潮高 - 基本水準面)] (測深誤差は水深 0~30 m までは約 0.1 m)

測深間隔の図上距離は 表-2 のとおりである。

表-2 測深間隔の図上距離

測量分類	岸壁と測深第1線との間けき	主要部(錨地、航路)	その他
港湾一等測量	約 1 mm	3~4 mm	6~8 mm
港湾二等測量	約 1 mm	4~5 mm	7~10 mm
港湾略測	約 1 mm	5~7 mm	12~18 mm

表-3 底質判別ならびに採取間隔(図上距離)

判別間隔		採取間隔	
主要部	その他	主要部	その他
40 mm	60 mm	80 mm	120 mm

表-4 底質の分類基準

名称	粒 径	記 事
粘 土	0.005 mm 以下	錘量に付着採取器による
泥	0.005~0.074 mm	
細 砂	0.074~0.295 mm	
砂	0.295~0.589 mm	
粗 砂	0.589~2.000 mm	
礫	2.000~7.000 mm	
礫石	2.000~64.000 mm 64.000 mm 以上	

(5) 底質調査

投錨および底質採取器などを使用して、海底の地質を明らかにするために行なうもので、底質物の投錨による判別、ならびに底質採取器による採取間隔の図上距離は表-3 にまた底質の分類基準は 表-4 に示した。

(6) 潮汐観測

高程および深浅の基準面を決定するために行なうもので、おおむね自記検潮器により観測する。潮汐の調和分解は 30 日間の検潮資料を用いて計算し、基本水準面は平均水面から  $H_m, H_s, H_m', H_0$  の和を減じたものである。河川などの上げ潮、下げ潮時間に差異はなはだしいところの基本水準面は平均水面から  $H_m + H_s + H' + H_0 + H_{m4} \times \cos(K_m - K_{m4})$  を減じたものである。

(7) 潮流観測

航路などの重要な海域における潮流の流向、流速を測定するために行ない、小野式自記検流器、またはエクマンメツ検流器を用いて 25 時間連続の観測を行なう。自記検流器を使用できない場合は検流浮標などを用いて観測する。

5. 港湾測量の実施の基本計画

最近 3 か年間に於ける測量実績を示し、ついで計画目標を述べることとする。

(1) 現 状

昭和 31~33 年度における港湾測量の実績は次のとおりである。

表-5 昭和 31~33 年度港湾測量実績

年次区分	昭和 31 年度	昭和 32 年度	昭和 33 年度	記 事
港湾一等測量	13 港	4 港	5 港	年間 2 回以上検測を実施した港は 昭和 32 年度 10 港 昭和 33 年度 14 港
港湾二等測量	3 港	10 港	2 港	
港湾略測	4 港	8 港	3 港	
検測または補測	24 港	58 港	54 港	

船舶の出入に特に海図(港泊図)を必要とする港湾は 392 港(うち海図の出版してある港湾 350 港)で定期的に測量を実施する必要があるが、現状では約 40 年間を要する。また検測を必要とする港湾は年間 250 港であるがその 1/5 を実施している現状である。

(2) 実施目標

実施目標を港湾、漁港の整備改良に即応して実施することを本旨とし、その成果は港泊図として各種の船舶が使用する。この港湾測量には改修工事などにもなう応急的に実施する検測と数次にわたる部分改正により、主要航海目標物などにひずみを生ずるのでこれを防ぐための基本測量、未測港の新測、港湾の利用度の増大による大尺度海図刊行のための基本測量としての本測(港湾一等測量、港湾二等測量)、港湾略測がある。

港湾をその重要度により 5 年、7 年、10 年、15 年、20 年ごとに測量を実施すると年間の実施目標は最小限 25 港を必要とする。次に検測についてみると、海図を改正する必要程度の港湾工事の実施されるおもなる港湾、漁港は約 250 港の多きに達するが、このうち、重要港湾、第 3 種漁港などに重点をおいて実施しても最小限の年間目標は 65 港を必要とする。

6. 自然現象にもとづく海底の変化

自然現象によって港湾の水深変化などをひき起こすおもなものをみれば、地震動にもとづく地盤の隆起、沈降と海水の流動による海底堆積物の移動などである。さらにまた沖積層における地盤沈下などによる海底の変化がある。

(1) 地盤運動にもなう水深変化

地震動にもなう水深変化の生じたものとしては関東大地震、三陸沖地震、南海地震などであるが、最近における顕著なものとしては昭和 21 年の南海地震である。いま南海地震にもなう水深変化を生じた主要港湾の変化状況を、震災直後の昭和 22 年の概略の調査結果<sup>3)</sup>から見れば 表-6 のとおりである。一般に港湾の地震、津波による水深変化は地盤変動にもとづく基盤岩の変化量に、さらに海水の運動にもなう砂泥などの移動があり、南海地震の場合の津波においては砂泥の流失により水深を増大するような傾向が認められる。

表-6 南海地震にともなう水深変化表

港名	港内海底	基盤岩など	摘要
鳥羽	m -0.6~-1.2	m -0.4	昭和19年の南東海地震にともなう地盤変化をふくむ
浜島		-0.1	
尾鷲	-0.6~-1.0	-0.3	
賀田		-0.6	
勝浦	-0.4~-0.7	-0.2	
串本		+0.1	
田辺	-0.4~-0.6	-0.3	
紀伊由良		-0.1	
加太		-0.1	
洲本	-0.2~-0.5		
淡路由良		-0.2	
小松島		-0.3	
橋浦		-0.2	
甲ノ浦		-0.4	
高知	-0.7~-1.2	-0.7	
須崎	-0.9~-1.2	-0.7	
土佐清水		+0.4	
宿毛		-0.3	
宇和島	-0.5~-0.8		

- : 水深深く変化 + : 水深浅く変化

チリ地震津波による変化についても塩釜、石巻、気仙沼、大船渡などにおいては水深を増大するような傾向である。なお、地盤沈下については、京浜、阪神、新潟などにおいて、基本水準標石の変動量の調査、防波堤、岸壁などの高さを測定して、それらをパラメーターとして海底の沈下の調査、また精密測深を実施して海底の沈下の調査などを定期的実施している。

(2) 波浪、潮流などによる水深変化

波浪、潮流などにより防波堤、護岸が破壊され、またこれらが主因となって漂砂を発生して港内を埋没し、あるいは陸部より流入する土砂が波浪、潮流などの誘因によって港内に停滞堆積して海底地形をいちじるしく変化せしめることはすでに従来より港湾の災害の根本問題として重視されているところである。しかし、航海上の観点よりすれば特に港内の埋没にもとづく水深変化は、港湾の利用度をいちじるしく減ずるだけでなく、海難をひき起こす原因ともなる。いま、この埋没により、水深にいちじるしい変化のある港湾で特に変化の実体を把握する意味から、測量調査を必要とする港湾は水路部の永年の統計的結果からすれば、おおむね次のようである。

まず河口港または河口に接近する位置に存在する港湾で陸部より流入する土砂の海潮流、波浪などのため港内に堆積して地形に変化をもたらす港湾としては、釧路、網走、八戸、石巻、秋田、酒田、新潟、伏木富山、銚子、京浜東京区、名古屋、大阪、和歌山下津、和歌山区、水島、玉島、広島、岩国、大分、博多など、つぎに波浪または潮流に基因して発生する漂砂のため、港口航路または錨泊地の水深をいちじるしく変化せしめる港湾としては、小樽、函館、塩釜、清水、四日市、神戸、小松島、関門港若松区などがある。

以上の港湾については年1~2回検測を行なって変化

状況を明らかにするための資料を集積中である。

7. 港湾の検測

港湾検測は大部分が港湾工事にともなう測量であるが、そのほか自然的の現象によって海底などに変化を生じた場合にも実施される。

(1) 港湾検測の実績

港湾工事、地盤変動、漂砂などによる水深変化などの人為的、自然的の変化は大部分が局所的のものである。しかし、港湾の利用面と航行保全などの見地よりして、これらの区域の測量は全面的に実施しなければならないのであるが、予算などの事情により、要望に比し実績はいちじるしい低率の現状である。

表-7 港湾測量の実績

昭和32年度	88港
昭和33年度	118港
昭和34年度	106港

(2) 港湾工事特にしゅんせつ工事にともなう港湾検測

水路部以外の行なう水路測量成果の水路図誌にとり入れることについては、昭和29年に運輸省港湾局との覚書にもとづき実施することとした。これは各港湾におけるしゅんせつなどの工事による水深変化などに対しては早急に測量を実施して、この補正結果を航路告示に掲載して出入船舶に周知徹底せしめることを目的とするものであって、従来水路部が直接測量したものについてはただちに告示または改補の方途を講じているが、港湾建設局または港湾管理者が工事したものについては、その資料の入手に円滑を欠いたため海図の改補が十分でない憾みがあった。

しかし、一般港湾、漁港の改修工事に年間巨額の経費をついやしてしゅんせつなどの改修工事を施工しているが、これらの工事の完了は速かに海図を補正して、港湾の利用度を高める措置が当然に必要となる。

このため、港湾建設局、港湾管理者などが行なった測量成果を海図にとり入れることについての協議が行なわれた。すなわち、現在までのとりきめにおいては、港湾建設局または管理者が行なった測量に対し、管区海上保安本部水路部の検測方法、検測成果の処理、測量資料の取扱方法などの具体的措置を定めた。

さらに港湾検測を効果的に行なうため、基礎的に必要なものとして基準原点、測量尺度、測位精度、測深間隔、測量図、測量原稿などについても詳細な両者の取り決めが必要であるが一、二等測量港湾に対してはさし当り昭和31年度より測量の基準原点を設置し、今後は水路部内はもちろん部外においても測量位置の決定は、この基準原点によることとした。昭和35年までに基準原点を設置した港湾は表-8のとおりである。

表-8 港湾基準原点設置港

昭和31年度	昭和32年度	昭和33年度	昭和34年度	昭和35年度
小樽	塩釜	留萌	秋田	名瀬
釧路	大阪港北部	和歌山	船川	古仁屋
青森	別府	徳山仙島水道	四日市	水島
酒田	鹿兒島	銚子	宇野	小倉
神戸	七尾	小名浜	新居浜	
広島	横濱港南部	大阪港南部	四日市	大阪
高松	大分	瀬戸田水道	洞海	
唐津	女川	岡山水道		
津久見		若松		
舞鶴		松山		
新湊				
伏木				
富山				
茨城				
久慈				
相生				
串本				
水俣				
焼津				

8. 海底沈殿物ごとに浮泥地帯における水深<sup>4)</sup>

水路部においては昭和 26 年度より水路部型極浅海用音響測深儀を使用して測深を行なっているが、海底沈殿物などの底質物が泥、細砂、中砂、粗砂などの海底においては音響測深法と錘測法とでは水深値に差異が認められる。

一般に海の深さは、測定 of 基準とする海表面と海底面により決定されるが、このうち海表面の基準面の決定は各国とも一定の方式にもとづいて行なっている。しかるに海底面の決定については、なんらの方式も設置されていない。

最近では、音測法が全国的に広く採用されているが、この場合、岩盤、石などは音測法と錘測法とはおおむね一致する測深値が得られる。しかし、海底に分布する堆積物が微細粒となるにしたがって、従来の錘測索による測深値と比較して、一般に浅い水深値が得られる。このため浅海水域、ことに港湾などにおいては船舶の航行、碇泊などの区域に制限を受け、その利用範囲をいちじるしく減少することとなる。錘測法による海底面が船舶の安全度、利用度よりみて妥当なものとすれば、港湾の測量は能率的な音測を使用し、かつ錘測による深さと同様の測深地を得ることが望ましい。

さて、いま水路部が5カ所の港湾において実施した音測と、4.5kg の錘量による錘測との測深値差の実験結果、ならびに底質の分析結果との関係をみれば次のようである。

(1) 底質物の種別(粒径)と測深値差との関係

岩盤以外の底質物はそれぞれの粒度により区別しているが、この粒度と音測測深値と錘測測深値との測深値差の関係は

$$4D = ae^{-B}$$

ただし

$$4D: \text{音測測深値と錘測測深値との測深値差 (m)}$$

B: 粒径 (mm)

またこれに深さ (D) の関係をそう入して実験式を求めれば

$$a = 0.63 e^{-0.1D}$$

よって測深値差と粒径と深さの相関関係は

$$4D = 0.63 e^{-(0.1D+B)} \dots\dots\dots (1)$$

なお、特に底質が泥質区域だけの海底における深さと測深値との関係をみるに深さの大なるほど音測水深値と錘測水深値との差が小となり、水深約 20m 付近に至っては両者の差はほとんどない。これを傾斜海底についてみれば、深さと測深値とは明白な相互関係が認められるが、平坦海底においてはやや雑然とした傾向にある。この泥質区域の相関式をみれば各種底質物を分布する区域における場合、すなわち (1) 式とおおむね類似の関係式である。

(2) 測深値差と泥質物の含水率、中央粒径値との関係

底質物の分析結果と測深値差との関係をみるに測深値差に影響をおよぼすものとしては含水率、粒径値、有機物含有量などがあげられるが、いまこれらの関係式を示せば次式のとおりである。

$$4D = -0.14 + 0.00007 M_c^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$4D = -1.70 + 0.075 M_d^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$4D = 0.23 + 0.0013 D_m \dots\dots\dots (4)$$

ただし  $M_c$ : 含水率 (%)

$M_d$ : 中央粒径値 (φ)

$D_m$ : 有機物含有量 (%)

この実験結果よりして、測深値差を生ずる底質物の状況は微細粒であって、しかも有機物質を多く含有するため堆積物は膨張、軟化して浮泥の状態となるものと見なされる。したがってこのような堆積状況においては当然含水量も多いこととなる。錘測法による海底面を妥当なものとすれば (1), (2), (3), (4) 式の改正量より音測水深より錘測水深値と同様な深さが求められる。

以上述べたことは昭和 28 年より4年間の実験結果であるが、当部としてはこの問題は港湾利用度ならびに航行上重視されるところであるので、さらに現在も実験を継続して実施中である。

9. 結 び

上述のとおり港湾測量はきわめて多面的であり、港湾の施設、水深などの改変にともなってこれをただちに海図により公表することは船舶航行に直接利益をもたらすだけでなく、各種の港湾業務、すなわち港内船舶の交通、保安、諸工事などに対する港湾管理面に関連するもので、したがって港湾測量の実施基準ならびに測量計画もまたこの線に沿って策定されることが必然の要請である。

一方技術的方面からみた水路測量は国際性をもつもので

あって、その測量作業も国際間の規約のもとに実施されるが、わが国における港湾の施工機関の実施している約300港の多数港湾の水路測量方法もまたこれに準拠して実施し、その成果は敏速に水路図誌にとり入れて、広く一般利用者に周知させることは必要なことと思われる。このため監督機関、施工機関と緊密に連けいを保ち、さらに必要な種々の措置を講ずる方針である。

河川その他海象現象に基因して水深などに恒常的な変化を生ずる港湾はおもなものだけでも約30港であるが、これに対する測量も重要な問題で、特に河口港の水深変化の実態把握に特別の努力が望まれるところと考える。

また、最近は各種船舶の大型化にともない港湾に入出する船舶は入港許容最大限度まで港湾を利用する傾向にあるため、海図図載水深に対しては、浮泥地域における音測水深値よりも錘測水深値によることが望まれる。こ

のため応急措置として音測値と錘測値との差が0.2m以上におよぶ区域においては錘測水深値によることとしたが、この問題はきわめて重要であるので、昭和28年以降実験を継続しているが今後一段とこの研究を推進し実用化を早急にはかるつもりである。

水路部としては、海図、諸誌の刊行を主業務としているが、各港湾の発展に資するならば、技術的協力、測量成果、測量資料などの提供をおしむものではない。

#### 参 考 文 献

- 1) 水路測量作業規則案(本案については今後若干の修正が生ずるものと思われる)
- 2) 同上
- 3) 小向良七・杉浦邦朗・高部不二男：泥の分布海域における水深の研究，水路要報55号(昭和33年)
- 4) 小向良七：昭和21年南海大地震調査報告(地変及び被害編)，水路要報増刊号(昭和28年)

(原稿受付：1961.4.20)

土木工学論文抄録 第3集	A 4判 230頁	頒価：500円	会員特価：250円(〒120円)
同 第4集	A 4判 273頁	頒価：450円	会員特価：225円(〒80円)
同 第5集	A 4判 378頁	頒価：1200円	会員特価：800円(〒120円)
同 第6集	A 4判 500頁	頒価：2500円	会員特価：2000円(〒120円)

## コンクリート パンフレット

各号共A・5判70頁内外 一部60円〒10  
御一報次第図書目録進呈  
全国丸善書店などでも販売中

### 〔土木関係一覧〕

6号 コンクリート 重力ダム設計	29号 コンクリートのクリープ	50号 コンクリートマニュアル (抜萃)
15号 コンクリート道路	30号 コンクリート舗装の監督	54号 コンクリート工作
16号 河川工事とコンクリート	31号 農家のコンクリート工	56号 コンクリートくい (設計・製作・打込)
18号 コンクリート用骨材	34号 舗装コンクリートの養生	57号 遠心力鉄筋 コンクリート管
19号 港湾工事とコンクリート	36号 コンクリートの 非破壊試験法	58号 {コンクリートの練}(上)
22号 コンクリート しくじり百話	38号 コンクリートマクラ木	59号 {り混ぜと打込み}(下)
23号 灯台	43号 {プレストレストコ}(上)	61号 コンクリート道路指針
24号 プレストレスト コンクリート	44号 {ンクリート構造物}(下)	62号 {プレストレストコン}(上)
26号 トンネル	45号 わかりやすいダムの話	63号 {クリート橋の架設}(下)
27号 樋門・水門・閘門	48号 遠心力鉄筋 コンクリートクイ	翻訳 A.C.I.「コンクリート舗 装設計基準および工事仕様書」
	49号 空港	

東京都港区赤坂台町1番地 日本セメント技術協会 振替東京196803・電(481)8541(代表)