

し砂の表面上の水深の大なる時には、最初の時期は実験誤差が大きく、例えば I~K に於ては砂の表面より 4~5cm の深さまでは両対数方眼紙上に於て直線とならなかつたので計算に際しては除外した。

Gardner 及び Widdsoe の実験³⁾ 或いは Bodman 及び Colman の実験⁴⁾ に対しても $y=at^b$ の関係は明らかに成立し、 a, b としては表-5 のような値を得る。

- 3) B.A. Keen: The Physical Properties of the Soil p. 108
- 4) Baver: Soil. Physics p. 228~229

表-5

種類 a, b	Gardner, Widdsoe			Bodman, Colman	
	粒径 0.3mm	粒径 0.4mm	粒径 0.6mm	シルト質 ローム	砂質 ローム
a	0.365	0.360	0.447	0.115	0.435
b	0.677	0.804	0.898	0.529	0.510

Bodman 及び Colman の用いた土はシルト質ローム及び砂質ロームであるが、これ等についても $y=at^b$ が成立する事は砂よりも粒径の小さい土に対してもこの関係が適用出来る事が推測される。

(昭. 27. 1. 28)

UDC 624.135/.137
622.223.016.5:622.331

三池炭鉱に於ける人工島工事について

正 員 森 田 定 市*

ON THE CONSTRUCTION WORK OF ARTIFICIAL ISLAND AT MIIKE COLLIERY

(JSCE June 1952)

Sadaichi Morita, C.E. Member

Synopsis The following treatise is a report on the construction of a circular artificial island, having a height of 10 meters and an effective diameter of 120 meters, laid above a soft mud strata as a foundation for the sinking of an in-the-bay vertical shaft for the purpose of developing the coal bed of Miike Colliery below the Ariake Sea.

1. 概要

本論文は三池炭鉱に於て有明海底の石炭資源開発のため海中堅坑開鑿の根拠地として軟弱地盤上に高さ 10 m 有効直径 120 m の円型人工島を構築した工事報告の概要を説明したものである。

2. 三池炭鉱の現況と将来

三池炭田は福岡県の南部大牟田市より熊本県の北部荒尾市に拡がり東は三池山、小岱山麓に露頭を現わしこれより約 5~8° の緩傾斜にて西は有明海底深く総面積 740 km² に及ぶ大炭田である。

三池炭田中有明海底に埋蔵する石炭の量はなお 10 数億 ton と称せられ今後の三池炭鉱の生産は専らこの方面に依存せねばならない。然しながら深部採掘と共に高温、多湿、メタン瓦斯の発生量も多くなりそのために坑内労働条件も頓に悪化し出炭能率も極度に低下しつつあるのである。それ故経済出炭を確保するためには適当の間隔に堅坑を開鑿して人員、資材、石炭

の運搬距離を短縮すると共に労働条件を改善するため採掘現場に新鮮な空気を送つてやらねばならない。三池炭鉱に於ては一坑口より採掘し得る経済的範囲は堅坑を中心とする半径 2 km の範囲とされている。

既に行詰つた現況を開拓するため昭和 21 年末よりこれが研究に着手し

有明海全域の埋立計画

沿岸 150 町歩の干拓計画

等の研究経過を経て最後に最も工事費の安いしかもさし当りの急場を切り抜け得る人工島構築に決定し昭和 24 年 11 月末より海岸線より 2 km を隔たる有明海軟弱地盤上に有効直径 120 m 高さ 10 m に及ぶ人工島構築に着手したのである。

3. 予備調査

(A) 風向及び風速 風向及び風速の観測調査は本設計に極めて重大なる要素であるから当社の観測の外に福岡、佐賀の各測候所の既往の観測値を参考とした。表-1 は過去 40 年間における暴風の主なものを

* 三井鉱山株式会社, 三池炭業所建設部長

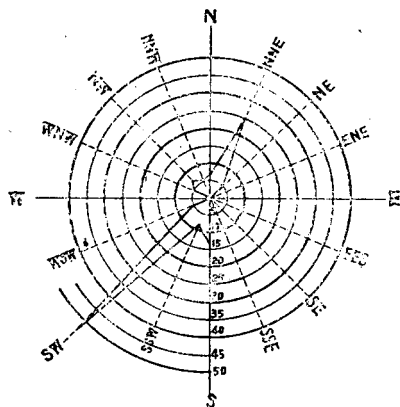
記録したものである。

表一 最大風速並びに風向

順位	風速 (m/sec)	風向	気圧 (mm)	起時	期日	観測所
1	38.7	SW	720.9	15.00	明治 35-8-10	福岡
2	32.7	S	732.0	10.40	昭和 5-7-18	佐賀
3	31.25	SW	722.9	16.45	" 17-8-27	三池
4	28.0	NNW	—	20.00	" 20-9-17	"
5	27.2	S	747.9	23.40	" 11-7-25	佐賀
6	26.5	SW	737.4	11.00	" 2-9-13	福岡

当社に於ける過去 10 年間の観測の結果によれば 15 m/sec 以上の風は SW の方向が最も多く、次に NNE の方向となつている。図一は風向別回数表である。

図一 各風向別回数表



(B) 潮位並びに潮流 当社における観測によれば三池港に於ける潮位は表二に示す如くで流速は落潮時が最大で 1 m/sec であつた。

表二 潮位

潮位	標高
最高高潮位	+ 3.60 m
大潮最高潮位	+ 2.90
大潮平均高潮位	+ 2.77
小潮平均高潮位	- 1.04
中等潮位	± 0.00
小潮平均低潮位	- 0.81
大潮平均低潮位	- 2.45
最低潮位	- 3.00

(C) 地震と津浪 九州地方は地震も少く又その震度も弱く強震(弱き方)以上の地震の記録も極めて稀である。然し寛政 4 年 4 月雲仙岳の爆発による島原の地震及び津浪は当時の記録によれば有明海の海面上昇 10 m に及んだと記録されている。

(D) 試錐

工事着手に先だち人工島構築場所に試錐をした。その柱状図を図二に示す柱状図は人工島構築により圧密沈下を生ずるだろうと考えられる深度 60 m 迄を示したもので現地に於ける第 4 紀層の厚さは約 140 m であつた。然し 60 m 以下は洪積層と識別されるものであつた。

(E) 地耐力

試験 図二によれば表面より深度 15 m 位迄

は極軟弱層であるから 36×36 cm の断面を有する木柱を立てその上に 1 個 1 ton の重さの錘を載荷し一定時間を経て累加し計 3 個 3 ton を載荷した。その結果は載荷 2 ton (15.4 t/m²) 2 日後の沈下量は約 80 cm で 3 ton (24.1 t/m²) 載荷により載荷面の周囲は隆起して破壊沈下を生じた。この小試験で地盤の支持力を求める事は出来ないが捨石の沈下状況を判断するに役立つ。

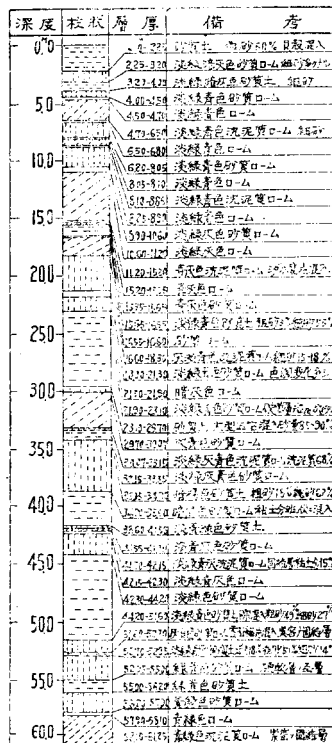
(F) 粒度分析 試錐より得た資料につき深度別の粒度分析を行つた。その結果は上層部軟弱層に於ては粘土含有量は 15% 以下で沈泥量 30~80%, 細砂 20~50% 位を示し有明海沿岸地区では比較的良質の地盤である事を知つた。

(G) 剪断試験 上層部 15 m 間につき剪断試験を行つた。その結果は特に軟弱な深度 5~10 m 位の所で内部摩擦角 φ=9°, 凝集力 c=0.6 kg/cm² 程度であつた。それ故人工島の滑り出しはこの間に起るものと想定した。

(H) 圧密試験 試錐より得た資料につき圧密試験を行い深度別圧密特性分布表を作製し人工島の最終沈下量並びに沈下と時間の関係を求めた。その結果最終沈下量約 3.5 m, 竣工時の沈下量約 1.9 m となつた。

(I) 物理試験並びに化学試験 以上の外試錐より

図二 柱状図



得た資料につき深度別の見掛比重, 真比重, 含水量, 緊硬度限界, 含水当量等を測定し又以上の結果より間隙比, 飽和度, 塑性指数, 収縮比, 容積変化, 線収縮等を計算して深度別物理性質表を作製した。又化学試験より水素イオン濃度, 灼熱減量, 乾燥減量, 塩素イオン含有量, 有機炭素等につき分析して深度別分布表を作製し物理試験と化学試験の両者から組成とこれ等の性質との関連性を求める事に努力した。

4. 人工島の規模並びに標高

以上の予備調査に基づき人工島の規模並びに標高を次の様にして決定した。

(A) 位置 人工島の位置は次の様な条件を考慮して決定した。

- (1) 坑内労働条件より
- (2) 現地盤の地質調査容易なる事
- (3) 干拓計画線に近い事
- (4) 宮浦鉾北部地区の開発に適当な位置である事
- (5) 断層線でない事

(1) は 2. に述べたように坑口の間隔は坑内労働条件その他によつて決定されるから他の如何なる要素にも勝る絶対必要な条件である。

(2) は軟弱地盤上に高さ 10m に及ぶ島を構築する事は他に類例を見ない工事であるから十分な地質調査をなすため少くとも大潮落潮時には地面を現わす如き所を選定した。

(3) 採掘現場が海底下に進出するに従い坑外設備並びに福利施設, 住宅等も漸次海岸線に移転される運命にあるから第 1 期 150 町歩の干拓工事が計画されている。それ故干拓工事の場合貴重な参考資料となるから人工島の位置は干拓線の近くに選定した。

(4) 将来の通気, 運搬, 排水等の関係から宮浦鉾北部採掘計画に最適の位置を選定した。

(5) 断層は堅坑開鑿に最も恐るべきもので堅坑が断層を横切る時は地震等による地殻の変動により堅坑破壊の原因となる事さえる。それ故十分なる地質調査をなして断層地帯を避けた。

(B) 大きさ及び形状 人工島構築後直ちに送気式井筒沈下法で堅坑開鑿に着手するのであるが軟弱土層に堅坑を開鑿するには Derrick, 圧搾空気室, 材料倉庫並びに置場, Air Receiver, 事務所, 宿泊所等必要な面積は 2000m² 以上となる。又敷地面積は過去の経験からも約 10000m² を要した。なお軟弱土層部の堅坑開鑿を終え岩盤掘鑿になれば以上の外に Kibble 捲室, Scaffold 捲室, Boiler 室, 更衣室, 浴場, 火薬庫, 従業員控所, 練込場等が必要となり, 10000m² では不足するようになるが岩盤掘鑿をするようになれ

ば掘鑿した岩石を島の周辺に捨てて敷地を拓ける事が出来るから軟弱土層掘鑿時に必要な最小面積を以て人工島の面積と決定した。

又井筒沈下の場合井筒周辺の土砂が井筒内に圧入するため井筒周辺に亀裂を生ずる。その亀裂の位置は軟弱層の厚さ及び軟弱層の ϕ 及び c により決定されるもので, この場合井筒中心より 30~40m 程度と考えられるからこの亀裂が人工島護岸に及ばないようにせねばならない。以上の諸事項を考慮して人工島は有効直径 120m の円形とした。又形状を決定する場合模型実験により波浪, 滑り出し, 潮流等を考慮して決定しようとしたがこの実験はなかなか困難であつたから, ただ波浪, 潮流に対して方形より安全な円形を採用した。

(C) 標高 人工島の標高は堅坑坑口の高さを決定するものでこれの決定には十分な考慮を払わねばならない。もし堅坑より海水浸入するような事があれば炭鉱の水没となり, 場合によつては開発不能に陥る事さえる。然し徒らに標高を高くする事は構築に莫大な工費を要する。それ故

- (1) 春秋分の大潮最高潮位時に
- (2) 過去に起つた最大暴風雨が
- (3) 過去に起つた最小低気圧を以て
- (4) 最大対岸距離の方向から

起つたとしてその波が人工島の胸壁を打ち越さないように胸壁天端高を +7.5m とした。寛政 4 年 4 月の雲仙岳の爆発による有明海の津浪は放火森博士の報告によれば爆発による前山の山崩れによる津浪であつてすでに構造の弱い不安定な部分は充分振盪されたから再びかかる惨事は起らないだろうと結んでいる。もし又起つたとしても極めて短時間のもと考えられるからこれに対しては坑口設備を以てこれに備える事として人工島の標高を決定した。

(D) 構造概要 以上の調査, 観測, 実験の結果から次に述べるような計算をなし図-3 の如き構造とした。

(1) 上層部地盤軟弱なるため捨栗石の部分的湛入を防ぎ捨栗石量を少くするため基礎に川崎式金網 (亜鉛引鉄線 # 6, 18cm 目) を敷いた。

(2) 工法簡単で工事中暴風等により局部的に破壊された部分の修理が容易なしかも災害の最も少い緩傾斜捨石護岸堤とした。

(3) 主要資材の入手が最も容易な捨石堤とした。

(4) 上述の圧密試験の結果から人工島の圧密沈下量を計算してこれに相当するだけ高く構築しなお後日の沈下に対し継足し容易な構造とした。

(5) 上述の剪断試験の結果は $\phi=9^\circ, c=0.6\text{kg/cm}^2$

でこの値を用い、Faltin の図式解法に於て円型滑り面上に凝集力が作用するとして計算し堤体の設計をした。

(6) 当地方に於ては 3. (A) に述べた様に S より W にかけての暴風が強く又多いから、S より W 方向に至る護岸堤は 300 kg/個 張石を使用し、N より E に至る方向は 150 kg/個 張石を使用し工事費の節減を計つた。

(7) 図-3 に示すように捨石堤と平行して内部に浚渫船を用いて海中土砂を吹揚げた。工事竣工迄に捨栗石工事並びに吹揚工事を 4 段階に分割施工した。

(8) 人工島最上部は高さ 1m の 30 石練石積胸壁を設け砕波に備えた。

5. 工事概要

本工事は昭和 24 年 10 月末起工式を挙行し 11 月 21 日暗夜の落潮時を期し工事に着手した。12 月中旬海底 Cable の布設、工事現場の照明設備、海上見張所、電線中継所等の準備工事も完成し工事工程表(表-3)並びに次に述べるような施工方法で工事期間殆んど無休の突貫作業で昭和 26 年 8 月中旬竣工した。

(A) 金網敷工事 現地地盤標高は -2.5m で大潮落潮時でなければ地盤は水面上に現れないから夜間落潮時の短時間に作業員約 80 人を 4 班に編成して金網敷工事を施工した。本工事は泥濘膝を没するような足元の悪い所での作業でしかも作業時間も 3 時間前後であるから予定以上の日数と工数を要した(表-4 参照)。

(B) 捨栗石工事 金網敷工事の終了した部分から捨石工事を開始した。本工事は漲潮時に栗石運搬船を

適当な場所に繋留して人工島全周に均等に捨栗石をなし落潮時直ちに栗石整理作業をなした。又栗石は 30~50 kg/個 程度で目潰しのため適量の小栗を混入した。

第 2 段捨栗は第 1 段吹揚工事終了後直ちに基礎齒敷敷をなしその上に捨栗石をした。第 3 段以降同様の方

図-3 人工島平面図及び断面図

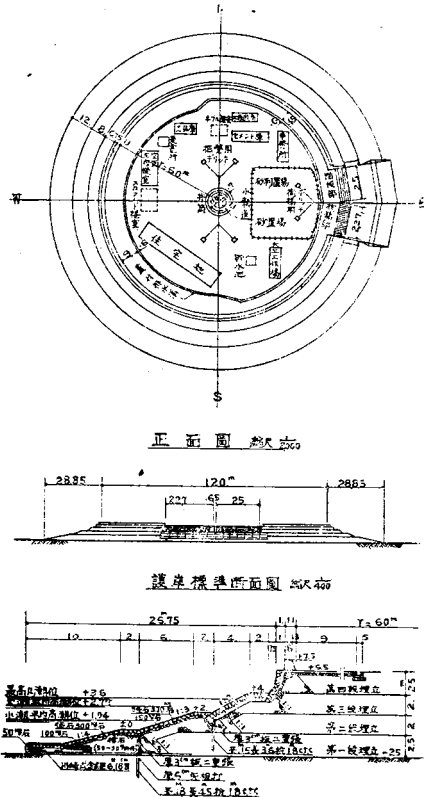
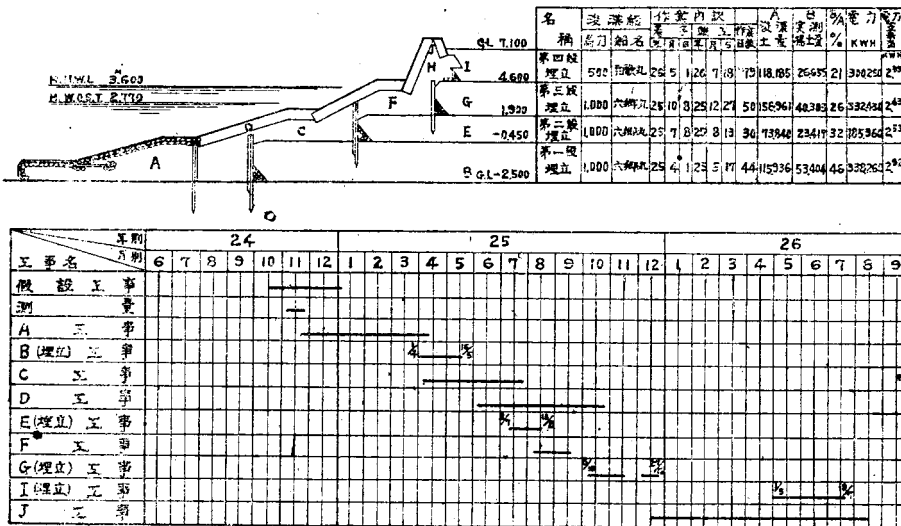


表-3 人工島工事工程表



法で施工した。然し第3段以降は漲潮時栗石運搬船を所定の位置に繋留する事が出来ないため、第1段捨栗場所に仮捨をなし落潮時手巻 Winch を用いて規定の形状に石積工事を施工した。

(C) 土留板柵工事 人工島内部に海中土砂を浚漕船で吹揚げる際吹揚土砂が流出ないように捨石堤の内側に第1段は杉丸末口18cm長さ4.5mを、第2段は末口15cm長さ3.6mを1.8m間隔に打ち込み下部は矢板打ちとし上部は二重の3cm板張りとした。第3段第4段の満潮面以上の吹揚の場合は吹揚土砂で築堤をなし堤内に吹上土を十分沈殿させた後上水を余水吐より流出させた。

(D) 張石工事 張石工事は波浪の影響の大きな南側及び西側は300kg/個の切石を用い波浪の影響の少ない北側及び東側は150kg/個の切石を用いた。この工法は捨栗石工事に於て所定の形状に均した後小栗にて十分目潰しをなし100~50kg/個程度の大栗石にて下地張りをなしその上に上記の張石工事をなした。人工島の沈下の大部分が終った頃に目潰し混泥土で補強した。

(E) 間知石工事 人工島上部直立堤の部分は25石間知石練積とし胸壁部は30石間知石練積とした。直立堤部は波浪による破損も多いから取替修理に便なるようにあまり大形の間知石は使用しなかつた。又胸壁部は人工島の沈下による継足しが容易な構造とした。

(F) 荷揚棧橋工事 人工島東側に荷揚用の棧橋を

設備した。長さ50mで満潮時水深3.0m以上を有するようにして構造は20m杭打基礎上に鉄筋混泥土製 Cellular block 2段積とし上部は木製棧橋とした。なお棧橋上には5ton起重機を設備して小型船舶の荷積荷卸に便なるようにした。Cellular blockの据付けには60ton 団平船と20ton 起重機船を使用して漲潮時簡単に据付けを完了した。

(G) 浚漕船による土砂吹揚工事 捨栗石工事並びに土留板柵工事終了後浚漕船による土砂吹揚工事をを行った。第1, 第2段の吹揚工事は水中吹揚とし第3, 第4段は満潮面以上の吹揚を行った。その結果は表-3に示すように水中吹揚の歩留りは極めて良好で水中堆積の安息角は1m/secの潮流下にあつて10°以上の傾斜を保つた。表-3に工程, 歩留, 使用電力量等を示す。

表-4 作業人員総括表

作業別	数量	計
全額敷工	13,700	1354
第一段	456	1313
第二段	351	382
第三段	385	321
第四段	25,070	602
捨石工	30,393	10,315
50cm厚張石		903
100cm厚張石	1,253	112
150cm厚張石	3,664	456
200cm厚張石	5,455	972
300cm厚張石	3,964	1,661
練積工	2,103	3,513
練積工	2,662	3,675
基礎練積工		773
後張		499
製作		1,337
揚付		311
新設		310
張田		232
敷		37
排水管布設	16	45
船舶輸送	1,111	7,434
船舶輸送		3,200
敷設工事		1,197
小計		47,616
調査		2,311
船		2,314
築		201
補助		647
工		358
手		133
小計		6,414
吹揚		10,865
計		51,979
計		47,538
総計		59,687

表-5 工事費

名 称	金額
浚漕船吹揚工事費	64,970,050
(1) 土留板柵	20,320,000
(2) 土留板柵	15,750,000
吹揚土砂	7,200,000
吹揚工事	2,000,000
吹揚土砂	3,500,000
吹揚土砂	11,600,000
運送研究費	20,470,000
工事研究費	12,500,000
吹揚土砂	2,200,000
吹揚土砂	3,320,000
吹揚土砂	58,000
吹揚土砂	750,000
吹揚土砂	1,116,000
調査研究費	4,000,000
船舶費	4,500,000
船舶運入費(燃料)	500,000
電力料	3,200,000
雑費	6,250,000
履踏金	12,900,000
計	115,340,000

(単位: 西経銀, 千円以下)

6. 工事費 本工事に要した工事費を表-5に示す。

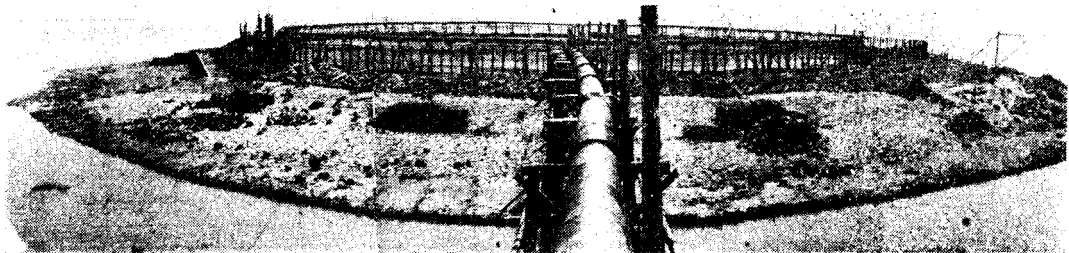
7. 結 び 本工事の施工並びに研究については東大講師岡部三郎博士, 九大教授松尾春雄博士, 同水野高明博士の御指導を受けた。ここに深甚なる謝意を表する。

現在この島の中央には送気式并筒沈下法によつて堅坑開鑿が施工されている。昭和29年末には坑外設備一式が完成する予定である。

又本工事の経験と研究により水深の深い軟弱地盤上に於ける人工島の構築についての施工に対し確信を得た事は有明海底資源開発に対する極めて大きな収穫であつた。

写真-1 は第2段吹揚, 竣工時の全景を示す。

写真-1 第2段吹揚終了時の人工島



(昭. 27. 2. 18)