

# 御坊火力発電所の人工島の建設

The construction of artificial island for the site of Gobo thermal power station

にし 織 たり 達 お 郎\*

## 1. まえがき

関西電力は、和歌山県御坊市の沖合に我が国では初めての外洋に面した人工島方式による火力発電所を建設し、昭和59年9月より運転を開始した。

人工島の建設地点は、紀伊半島西海岸線のほぼ中央部沖合にあり、直接外洋に面しているため気象・海象条件が厳しいうえしばしば大型台風が来襲する、いわゆる台風銀座の位置にある（図-1、口絵真写-7参照）。

難工事といわれた人工島の建設は、昭和55年3月着工以来、工事関係者一同の努力により幾多の困難を克服し、当初の工程を6か月短縮して昭和57年7月に無事完了した。

ここでは、埋立完了までの土木工事の概要を報告するものである。

## 2. 人工島の選定理由

建設地点の選定にあたっては、地元御坊市の誘致が非常に大きな要因ではあるが、そのほかに下記の理由が挙げられる。

- (1) 発電所用地は、埋立による人工島を建設する計画であるが、当地点はD.L.注1) -2~17mと比較的水深が浅く、強固な地盤をもち、埋立に必要な土砂が近隣から入手できる。
- (2) 周辺に工場もなく大気環境ならびに海域環境が清浄な地域であるが、適切な環境保全対策を講じることにより、発電所の立地が可能である。
- (3) 大型船舶の航路に近く、また、人工島の北側は浚渫することなく港湾施設を設置することができるので、燃料油等の海上からの搬入が容易である。

## 3. 人工島周辺の地形および地質

建設地点周辺の南東、南西側は太平洋に大きく開いており、北側は日高川の河口から北西の煙樹海岸を経て西北西の日ノ御崎に至る形で陸地が控えている（人工島付近の陸地部表層地質図を図-2に示す）。

また、東側の内陸部は、標高300~800mの山が連なり、その間を日高川が蛇行して流れ、河口付近で日高平野を形成している。その流域は比較的平野部が少なく起伏に富ん



図-1 御坊火力発電所位置図

だ形となっている。

建設地点周辺の地質は、中生代から新生代にわたる時代の四万十帯に属していて、建設地点付近を境にして北側に中生代の日高川地帯、南側に第三紀層からなる牟婁地帯があり、ともに砂岩および頁岩からなっている。

平野部では、前述の基礎岩盤の上に礫、砂、シルト、粘土からなる未固結層（沖積層）がおおっている。

人工島付近の海底の地形と表層の土質は、尾ノ崎から鯉島を結ぶ線を境にして北と南に区分され、北側は砂または砂泥質、南側は岩礁地帯とともに海岸線から徐々に深くなり、1.5 kmほど沖で15~20mの水深となっている。

## 4. 人工島の概要

人工島は、図-3に示すように東西870m、南北400mのほぼ長方形で、埋立面積を必要最小限とするために、南東、南西隅の隅切りを行った（土木施設の概要を表-1に示す）。

四周の護岸は、ケーソン式護岸（西護岸、揚油岸壁、物揚岸壁、北護岸の一部）と捨石式護岸（東護岸、南護岸、北護岸の一部）から成り、揚油岸壁は5000t級タンカー

注1) D.L.: 基本水準面の略称 (Datum Level)  
平均水面より潮汐の四大分潮の半潮差の和だけ低い面を指す。  
ほぼ、年間の最低低潮面に相当する。  
海図などの海の深さを表す基準となり、各港別に算出された基本水準面。

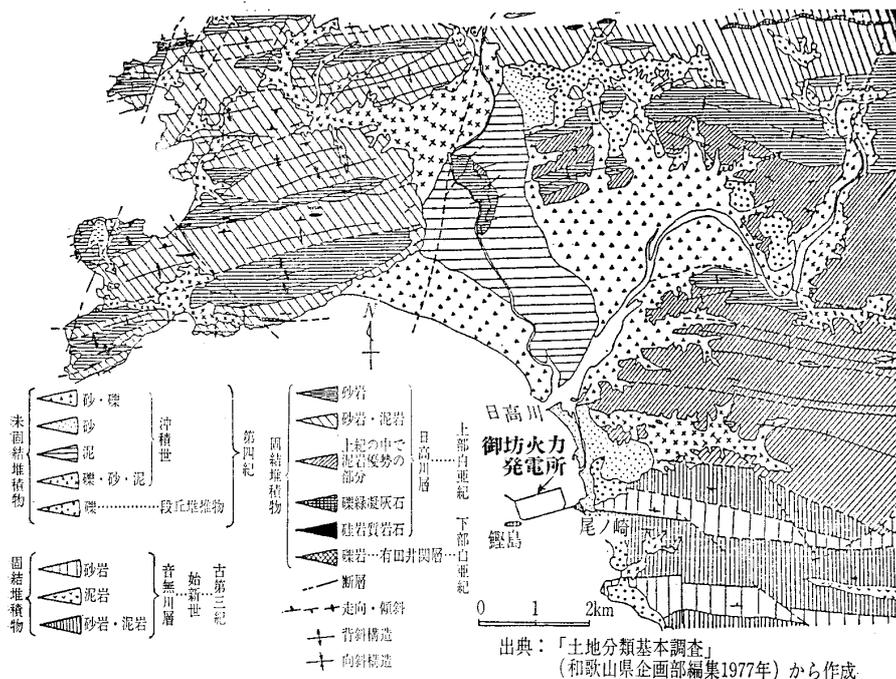


図-2 御坊発電所周辺地表面地質図

で、このうち、80万m<sup>3</sup>は淡路島より底開式土運船で海上輸送し、残り220万m<sup>3</sup>は埋立地東側の御坊市都市計画事業により出土する山土を長距離ベルトコンベアで搬入した。

5. 人工島の設計

(1) 気象

当地方は太平洋に面し、黒潮の影響を受けているため気候は温暖であり、年平均温度は16°くらいである。

年間の降水量は、平均1700mm程度で、降雨量が最大の月は台風と秋霖の重なる9月で平均250mm程度である。

(2) 海象

i) 潮位

潮位については、白浜検潮所(当地点の南東約30km)での昭48~52年の観測結果を参考に、当地点の設計潮位は

H.W.L.をD.L.+2.1m, L.W.L.をD.L.+0.3mとした。

ii) 波浪

波高については、鯉島の西方約1kmの海底に波高計を設置して測定した。昭和52~54年の測定結果による1m未満の有義波高の出現頻度は年間85%程度であり、波高2m以上の出現頻度は年間1%程度であった。波向は、年間を通じて北西の波が卓越していた(約55%)。

iii) 高潮、津波

当地点周辺海域は外海に対して開いた地形になっているため、高潮が顕著に現れることはない。

津波については、過去の被害記録を調べた結果、当地点が津波によって重大な影響を受けることは考えられなかった。

上記の気象、海象の調査記録からは、当地点の計画を進めるに当たっての問題はなかったが、大型台風の通路となっている関係上、設計波高の決定に際しては、長期間の風資料に基づく波浪推算および台風シミュレーションによる推定を併用することにより、当海域で発生しうる最大波浪の推定を行った。

2隻が同時接岸可能な構造とした。

また、揚油作業の所要稼働率を確保するために、人工島北西部に200mのケーソン式防波堤を設置した。

陸地とは、延長513mの橋梁を設置して連絡することとした。

人工島の埋立は、発電所建設工事のうちクリティカル工程になる発電所本館工事を早期に着工するため、1工区と2工区に分けて施工した。この埋立土砂は総量300万m<sup>3</sup>

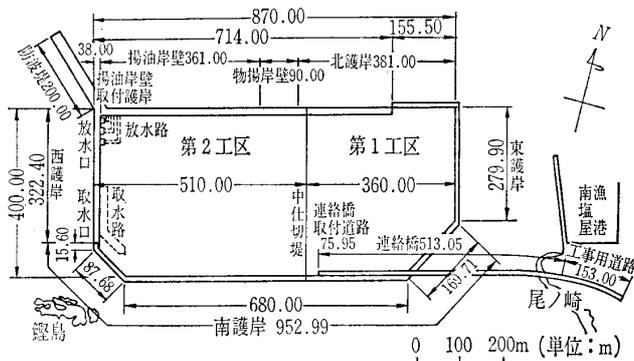


図-3 御坊発電所平面図

表-1 主な土木施設

工事名	仕様	概
護岸	ケーソン式護岸 延長約586m	捨石式護岸 延長約1388m
防波堤	ケーソン式混成堤, 延長200m	
揚油岸壁	ケーソン式係船岸, 延長361m, 5000t級2バース	
物揚岸壁	ケーソン式係船岸, 延長90m, 1000t級1バース	
埋立	地盤高さD.L.+4.4m, 埋立土量300万m <sup>3</sup>	
取水口	有孔ケーソン式, 幅約110m, 水深D.L.-5.4m	
取水路	延長約175m, 幅19.1m, 箱型暗渠(3連)	
放水路	延長約865m, 幅18m, 有孔ケーソン式, 一部箱型暗渠	
放水口	有孔ケーソン式, 幅3m×高さ3m×3孔, 水深D.L.-10.80m	
進入道路	延長約742m (一般部229m, 橋梁部513m), 幅員8m	

表-2 推定有義波

名	称	推定有義波 (潮位 M.W.L.)	
		H/1/3(m)	T/1/3(s)
東	護岸	2.0	13.0
南	護岸	3.8	14.5
西	護岸	8.6	13.0
揚油	岸壁	4.6	12.8
物揚	岸壁	4.6	12.8
北	護岸	5.0	13.0
防	波堤	9.8	13.0

表-3 設計波高

名称	構造形式	設計波高		
		堤体の安定	パラベットの安定	消波ブロックの安定
東護岸	捨石式護岸	-	H1/3=2.0m (H.W.L.)	H1/3=2.0m (H.H.W.L.)
南護岸	捨石式護岸	-	H1/3=5.0m (H.W.L.)	H1/3=5.5m (H.H.W.L.)
西護岸	ケーソン式護岸	-	実験結果による波圧 11 t/m <sup>2</sup> を採用	H1/3=9.0m (H.H.W.L.)
揚油岸壁 物揚岸壁	ケーソン式岸壁	-	H1/3=5.0m (H.W.L.)	-
北護岸 (1) (2)	ケーソン式護岸	-	H1/3=5.0m (H.W.L.)	-
北護岸 (3)	捨石式護岸	-	H1/3=5.0m (H.W.L.)	H1/3=5.0m (H.H.W.L.)
防波堤	一般部	ケーソン式混成堤	H <sub>max</sub> =14.6m (H.W.L.)	-
	隅角部	ケーソン式混成堤	H <sub>max</sub> =17.5m (H.W.L.)	-
	堤頭部	ケーソン式混成堤	H <sub>max</sub> =16.8m (H.W.L.)	-

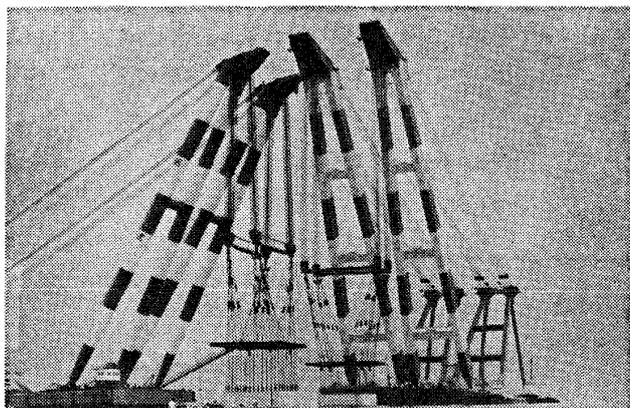


写真-1 ケーソン据付状況

以上の二方法により推定した結果を比較し、各護岸ごとの前面波高は、台風シミュレーション値を採用した（表-2参照）。この値を参考にして、護岸、防波堤等の設計波高を表-3のごとく定め、これによって構造物を設計した。

## 6. 人工島の施工

### 6.1 ケーソン護岸

ケーソンの据付けは、据付け後の波浪に対する安定性の見地より、ケーソン運搬から据付け、中詰め、蓋コンクリート打設までの一連の作業を連続させる必要があります、その作業日は詳細な気象予想を行って設定した（代表的なケーソン護岸断面を図-4に示す）。

由良のケーソンヤードで製造されたケーソンは起重機船（3000 t 吊り）により現地へ搬入し、一連の作業を行った。蓋コンクリートの施工まで完了させたケーソンの耐波浪波高は  $H1/3 \approx 5m$  である。

水路を内蔵した北護岸ケーソンについては、温排水の漏水防止対策として特殊な目地処理を行った。このケーソン

は、据付け後の沈下をできるだけ抑制するために、ケーソンマウンドの処理として、捨石締固め工法を採用した。この締固め工法は、メカニズムが単純で施工実績のある「重錘による突固め工法」とし、現地において試験を実施した。

締固めは層厚 3 m ごとに行うこととし、捨石の不陸修正を行った後、図-5に示すような重錘（約40 t）落下による動的締固めを行った（図-6に試験結果を示す）。現地試験の結果、落下高さを大きくしても締固め効果はそれほど向上せず、 $H = 2 m$  の落下高さで十分と判断された。また、打撃回数については、3回の打撃で約10%の沈下が生じ、それ以上はあまり効果がないことがわかった。したがって、打撃回数は3回として施工した。

締固め効果については、特に沈下が懸念された北護岸ケーソンにおいて、台風による波浪を経験した昭和56年6月時点の沈下量の最大値が 10.7 cm、平均値 5.7 cm であったことからすると有効であったと思われる。

### 6.2 捨石式護岸

南護岸、東護岸、北護岸の一部等は捨石式護岸であり、このうち南護岸の消波ブロック（20 t テトラポッド）ののり先部は工事着工と同時に施工を先行した（代表的な捨石式護岸断面を図-7に示す）。この消波ブロックは、本来、南護岸捨石の流出防止を目的としたものであるが、この先行により、南～南西方向の波に対し、作業区域内の静穏度をあげて北護岸ケーソンの据付け精度の向上を図った。こ

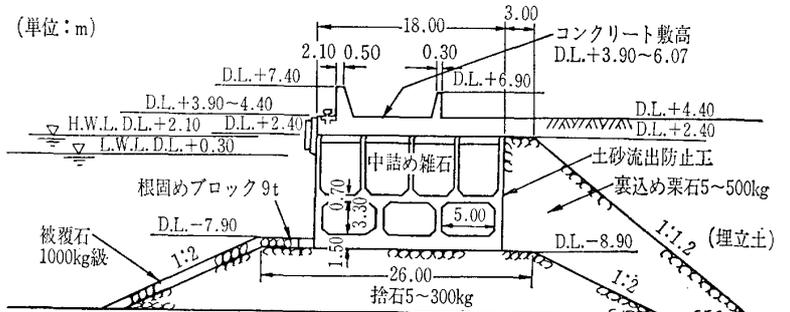


図-4 ケーソン式護岸断面 (揚油岸壁)

#### 締固め平面図

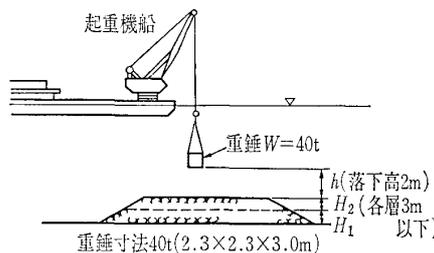
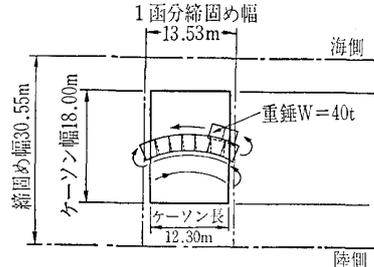


図-5 捨石締固め工法説明図

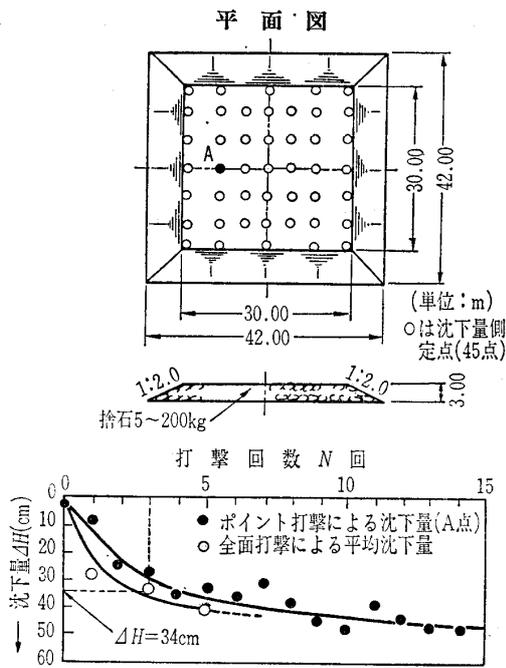


図-6 捨石締め試験結果の一例

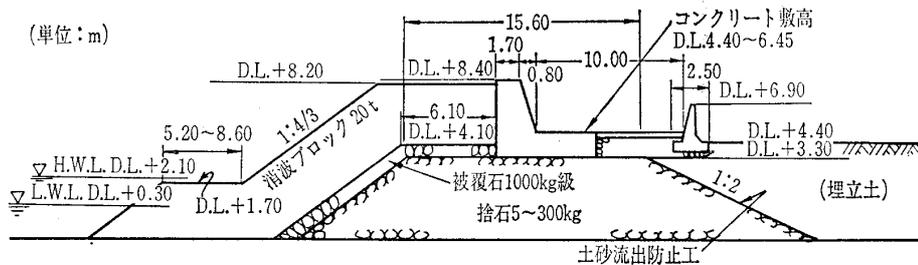


図-7 捨石式護岸断面(南護岸)

の消波ブロックは、D.L.+1.7mまで施工した。このようにして南西隅角部を除く南護岸全延長にわたって消波ブロックを先行投入した。

捨石護岸は、ケーソン護岸のようにほぼ完成断面に近いものを据え付けていくものではなく、捨石を積み重ねていくいわば手作りの要素が多いため、この捨石を仮置する仮設基地を南護岸の西端に1箇所、東護岸の中央部に1箇所設置した。この仮設基地は、ほかにも資機材の仮置場および作業場として利用した。

南護岸はこの基地から東へ向かって工事を進め、台風期(8月15日から10月15日)の間は捨石投入作業を中断し、施工中の端部は台風対策を行うとともにパラペットのみ施工した。

東護岸、北護岸の一部は、台風期に西～南西の波を背面からまともに受けることになるため、台風期が過ぎるまでは東護岸の仮設基地のみとした。

台風期終了後は各護岸の捨石投入を再開し、昭和56年8月には埋立部分にかかる施工を残してそれぞれ完了した。

### 6.3 海上輸送による埋立

埋立土砂300万 $m^3$ のうち80万 $m^3$ は淡路島の北東部から海上輸送した。

船団構成は、3000IP級押船1隻と5000t級底開式土運船1隻を1船団として8船団で構成し、平均稼働6船団と計画した。土砂の海上運搬は、大型土運船による外海(沿海)への運航であり、かつ、友ヶ島水道、日ノ御崎沖といった大型船舶や漁船等の交通量の非常に多い所を航行するために、安全の確保が重大な問題であった。

この件については、第5管区海上保安本部の指導を得るとともに、「埋立土砂海上運搬安全対策協議会」を設置して、基準航路、運航管理体制、乾舷の確保等について検討し、運航基準を作成した。

土砂投入に際し、北護岸開口部に浮沈式汚濁防止膜を設置して埋立地外への汚濁の拡散を防止した。

なお、海上輸送した土砂の仕上げ高さは、第1工区、第2工区とも当初D.L.-4mと計画したが、発電所全体工程の短縮を図るために、第1工区の仕上げ高さをD.L.-2mに変更したが、昭和56年7月15日より開始した土砂の海上輸送は同年11月6日に第1,2工区とも無事完了した。

### 6.4 陸上輸送による埋立

図-8にベルトコンベアのルートおよび土取り場を示す。

埋立土砂300万 $m^3$ のうち220万 $m^3$ は、前述した御坊市都市計画事業より出土する山土を長距離ベルトコンベア(延長1.6km、幅1.2m、運搬能力1万 $m^3$ /日)で埋立地まで運搬した。

埋立作業はベルトコンベアとの連続性を考慮してブルコン工法にて行い、D.L.+4.4mの地盤高さに仕上げた。ブルコン工法とは、移動型のベルトコンベアが埋立の進行に

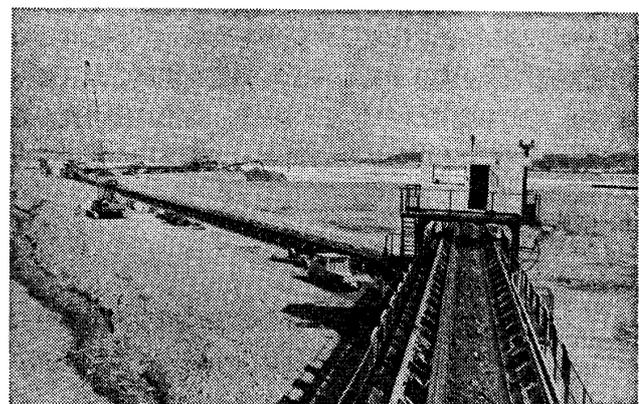


写真-2 ブルコン工法による埋立状況

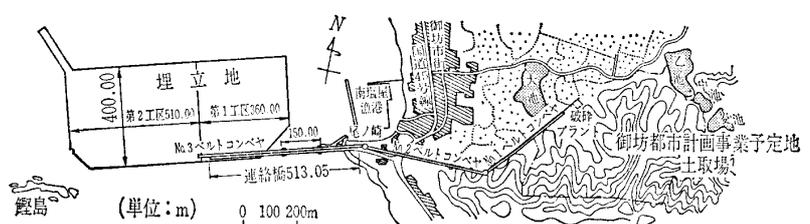


図-8 ベルトコンベアルートおよび土取り場位置平面図

伴って自由に動きながら埋立を進めていく工法で、このシステムの特徴は次のとおりである。

- ① メインベルトコンベアにて運搬されてくる土砂をそのまままきだし、かつ、場所の移動が自由な連続土工システムである。
- ② ベルトコンベアでの運搬であるため、ダンプトラックに比べて騒音、振動、排ガスもなく公害が少ない。
- ③ 運搬操作がすべて自動化され、熟練したオペレーターが必要でなく、また、安全性が高い。

御坊市の都市計画事業より出土する土砂の最大粒径は、埋立後の諸工事の関連で 150 mm に制限した。

このため、ベルトコンベア起点部に破砕機を設置し、クラッシングした土砂をベルトコンベアに供給した。

破砕プラントは、STジョークラッシャー4系列設置し、最大 2800 t/h の能力を有した。切り取り運搬作業には、7 m<sup>3</sup> クラスのショベルと 32 t クラスのダンプトラックを主体としたショベルダンプ工法を採用した。

月間の最大埋立実績は約 28 万 m<sup>3</sup> (計画 17 万 m<sup>3</sup>) であり、当建設工事の工程短縮に大きく寄与した。

## 7. あとがき

以上、外海に築いた人工島の埋立完了までの土木工事の概要を報告した。

このように前例のない波荒い外海に面しての人工島建設工事が、工程を短縮し無事完了できたのは、ひとえに関係各位から賜った御理解と御指導、ならびに、工事を直接に担当された方々の努力の賜とかさねて深く感謝する次第であります。

## 参考文献

- 1) 錦織達郎：御坊火力発電所の土木設備の概要—人工島の建設—, 電力土木, No. 168.
- 2) 錦織達郎・阿河俊夫・内藤考順・松岡元一：御坊火力発電所の人工島の建設について, 電力土木, No. 177.  
(原稿受理 1985.11.7)

学会発行図書案内

講習会テキスト

# 連続地中壁工法

第1回改訂版

B5判 226ページ 送料 350円  
定価 4,900円 会員特価 3,800円

発行：土質工学会

東京都千代田区神田淡路町2-23(菅山ビル4階)  
〒101 電話 03-251-7661(代)

学会発行図書案内

# ロックフィル材料の試験と設計強度

B5判 287ページ 送料 350円  
定価 4,200円 会員特価 3,200円

発行：土質工学会

東京都千代田区神田淡路町2-23(菅山ビル4階)  
〒101 電話 03-251-7661(代)