

Construction of Steel Plants and Water Front Engineering



長野 昌雄
Masao Nagano

本社 土建技術部水島
土建技術室 主査(部長)



榑 豊和
Toyokazu Sakaki

エンジニアリング事業
部 土木技術部 主査
(部長補)



木村 保
Tamotsu Kimura

本社 土建技術部千葉
土建技術室 主査(課長)



岡本 勝昭
Katsuaki Okamoto

本社 土建技術部水島
土建技術室 主査(課長補)



和田 啓
Kei Wada

本社 土建技術部千葉
土建技術室 主査(掛長)



塩田 啓介
Keisuke Shiota

本社 土建技術部千葉
土建技術室 主査(掛長)

1 まえがき

わが国は、北海道、本州、四国および九州の四大島とその周辺の多くの島からなっているうへ、海岸線がきわめて複雑な形状をしているため、海岸線の総延長が非常に長く 34 265 km に及んでいる。国土の単位面積当たりの海岸線延長は 92.1 km/1000 km² となり、世界の中でもデンマークの次に海との接点が多い国である¹⁾。そのため人々の生活は古くから海とのかかわり合いが深いものであったが、海岸域の利用形態は時代とともに変化してきている。

従来、海岸域は漁業や海運の拠点である港湾を中心に発展してきたが、明治時代以降はわが国の近代化推進のため、また、戦後は経済の復興とこれに続く高度経済成長を先導するための重要な役割を担い、主として物流、工業活動のための空間として開発されてきた。特に、高度経済成長期には臨海域の海面を埋立て、各地に大規模な工業地帯が造成され、今日のわが国の経済的繁栄を築く基盤が整備された。そして、最近では 21 世紀におけるわが国社会の国際化、情報化および都市化の要請に応えるために、物流や産業にかかわる多様な機能を導入し、その高度化・高質化を進めるとともに、生活

要旨

川崎製鉄(株)は臨海埋立地に千葉製鉄所および水島製鉄所を建設してきた。両製鉄所の建設は単に工場の建設にとどまらず、ウォーターフロントにおける地域開発の歴史であった。本報告では、千葉および水島両製鉄所とその周辺地域の開発状況について述べるとともに、製鉄所建設の歴史を振り返る。また、製鉄所建設をとおして開発された諸技術のうち特にウォーターフロントの造成において有用である鋼管矢板工法、鋼管矢板井筒工法、コルゲートセル工法、水中格点工法および臨海杭打工法の概要の紹介を行った。

Synopsis:

Kawasaki Steel Corporation has developed Chiba and Mizushima integrated steelworks on reclaimed lands. The construction of these works was not limited to the construction of plants but extended to the total development of the water front area near the Chiba and Mizushima Works. The surrounding region and the construction history of the two steelworks are described. The developed technologies, which are useful for any water front construction, are introduced, such as the interlocked steel pipe pile method, walled steel pipe pile well method, prefabricated corrugated cell bulkhead, underwater junction method, and fast offshore pile driving system.

にかかわる諸機能を整備し、これらが調和した親水性のある生活空間を構築することを目的としたウォーターフロント開発計画が全国各地で盛んに計画されている^{2),3)}。

このようなわが国の海域利用の歴史の中で、川崎製鉄は千葉および水島において埋立地に一貫製鉄所を建設し、高度経済成長期における臨海工業地帯造成の先駆的な役割を果たしてきた。両製鉄所の建設にあたっては、海域の大規模な浚渫・埋立、軟弱地盤の改良、高炉、製鋼、圧延等の大型重量設備の基礎・建家の建設、港湾、道路、線路、パイプライン等の物流設備の整備などをおして、多くの新しい技術が開発されてきた。また、製鉄所の背後の地域においては多様な福利・厚生諸施設を建設し、周辺地域の快適な居住空間を造成してきており、今日では製鉄所を中心とした臨海都市を形成するに至っている。このように、千葉および水島製鉄所の建設は単に工場の造成にとどまらず、ウォーターフロントにおける地域開発の総合エンジニアリングの歴史であったといえる。

本報告では、製鉄所の建設の歴史を振り返るとともに、建設において開発された技術の主なものを紹介する。

2 千葉および水島製鉄所と周辺地域の現状

2.1 位 置

Fig. 1 に千葉および水島製鉄所の位置を示す。千葉製鉄所は東京

* 昭和63年9月6日原稿受付

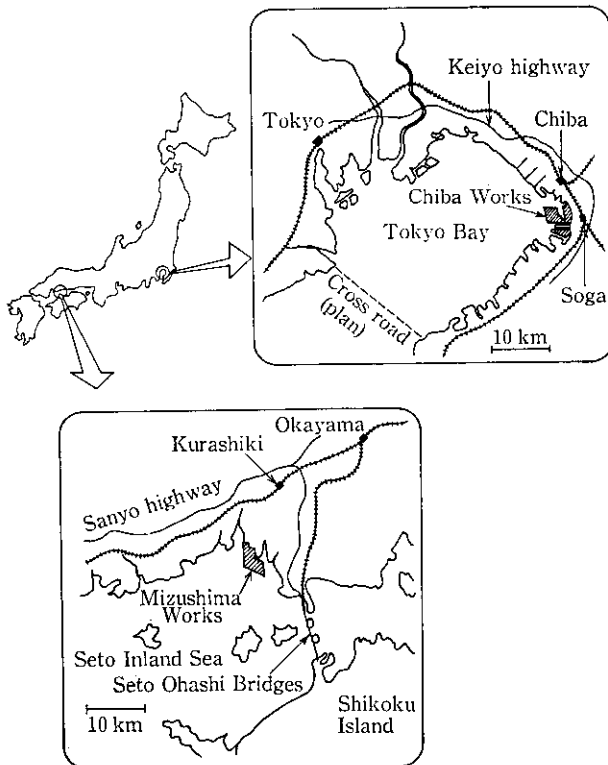


Fig. 1 Location of Chiba and Mizushima Works

湾北東岸の千葉市の南部にある。南方の沿岸には京葉工業地帯が木更津市付近まで延びており、千葉市から東京へと続く都市部と工業地帯の接点となっている。千葉製鉄所は1951年に京葉工業地帯の先駆としてこの地に誘地されて以来、千葉市とともに発展してきている。近年、東京湾岸の開発構想がしのぎを削っているが、川崎市と木更津市を結ぶ東京湾横断道路は1995年開通をめざして計画中で、また、千葉市西部の幕張新副都心プロジェクトでは1989年に国際見本市等の施設が完成予定であり、千葉製鉄所周辺はこれらのプロジェクトを結ぶ地点として注目されている。一方、水島製鉄所は岡山県倉敷市の南方の瀬戸内海北岸にある。この地は、1961年に水島製鉄所が開設されて以来、水島臨海工場地帯の中心として発展してきた。周辺には倉屋敷に江戸時代の情緒を残す倉敷、風光明媚な鷺羽山、水遊びと島めぐりの瀬戸内海などの観光地があり、また、1988年4月の本州四国連絡橋児島・坂出ルートの開通により、本州と四国を結ぶ玄関口となった。

2.2 製鉄所とその周辺地域

Fig. 2に千葉製鉄所付近を示す。千葉製鉄所は本工場、生浜地区および人工島である西工場から成っているが、いずれも千葉市南部の海岸を埋立てて造成したものである。本工場背面にはJRの内・外房線や京葉道路が隣接しており、蘇我駅を中心として寮、社宅、病院等の施設が整備され、千葉駅周辺と一体となって千葉市の中心を形成している。また、製鉄所の北側は15万D.W.T.の大型船が入港できる航路であり、この一帯は千葉港の中心である。近年千葉製鉄所周辺の開発はめざましく、1988年にはJR京葉線、続いて千葉急行線が開通予定であり、蘇我駅は東京と房総半島を結ぶ交通の拠点となりつつある。1988年3月に開通した千葉市モノレールは海岸付近まで延長される予定であり、また、千葉港再開発計画も進められている。上述のように、この地域は工業ゾーンとしての千葉製鉄所、千葉駅および蘇我駅を中心とする生活ゾーン、千葉駅およ

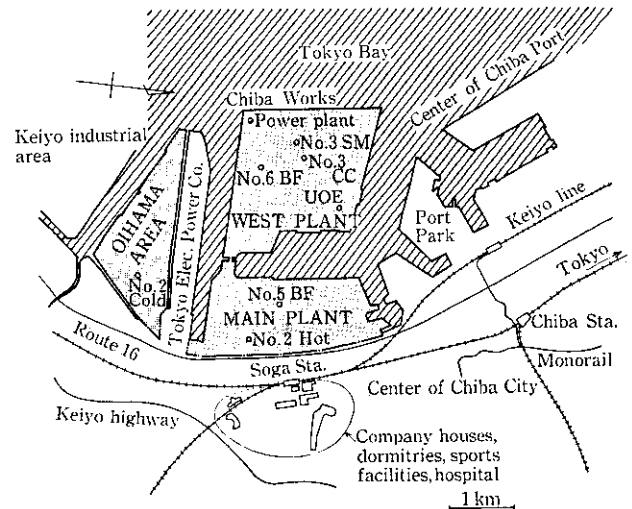


Fig. 2 Chiba Works and its circumference

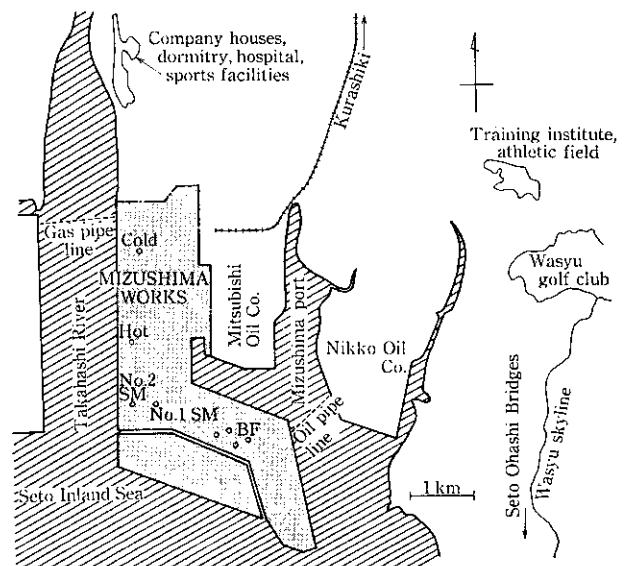


Fig. 3 Mizushima Works and its circumference

び千葉港を中心とする流通・業務ゾーンおよび千葉市西部のレジャーゾーンが近接する複合型のウォーターフロントを形成している。埋立地に造成された一貫製鉄所が一方には工業地帯群を生み、他方には都市型的生活空間の発展を促した例として興味深い。千葉製鉄所は都市に近接しているがゆえに環境等にかかわる問題をかかえているが、工場と親水性のある生活空間の調和をめざすウォーターフロントのモデルケースとして注目される。

Fig. 3は水島製鉄所付近である。水島製鉄所は天然の運河といわれる瀬戸内海に面し、中国地方有数の河川である高梁川の河口に形成された三角州と沿岸一体の遠浅海岸の埋立てにより造成されたものである。周辺は石油、火力発電を中心とした工業地域であり、これらの諸工場と一体となって国内でも有数のコンビナートを形成している。高梁川および水島港にはガスおよび石油のパイプラインが敷設され、近接した工場とのエネルギー需給を行っている。製鉄所の北部に寮、社宅、スポーツ施設等の居住ゾーンがあり、また、工場地域東部の鷺羽山麓には遊園地や乗馬クラブなどのレジャー施設が整備されている。近年、本州四国連絡橋の建設と同時に、鷺羽山総合開発が進められており、鷺羽スカイラインに沿ったゴルフクラ

Table 1 Summary of Chiba and Mizushima Works

Items		Chiba	Mizushima
Works	Area of land (ha)	863	1 128
	Reclamation (million m ³)	72	98
	Berth and revetment (km)	20	22
	Railway (km)	113	87
	Pipe line (km)	270	207
	Pure water (m ³ /d)	1 461 000	2 137 000
	Sea water (m ³ /d)	1 578 000	481 000
	Electric power (MWH/month)	245 000	216 000
	Number of employee	12 000	10 200
Welfare facilities	Dormitory (people)	1 700	1 200
	Company house (people)	2 400	3 200
	Tanning institute (people)	580	610
	Hospital (m ²)	14 416	32 000
	Gymnasium (m ²)	6 437	7 661
	Tennis court	6	9
	Athletic field (m ²)	40 100	95 470

ブの建設にも当社が参画し、製鉄所に近接した高級リゾートとして独特なウォーターフロントが形成されてきている。

Table 1 に、千葉および水島製鉄所の規模と周辺施設を示す。千葉および水島製鉄所の面積はそれぞれ 863 ha および 1 128 ha であり、埋立土量は 7 200 万 m³ および 9 800 万 m³ に及び、これらの土地ではそれぞれ約 12 000 人および 10 200 人の人々が働いている。

3 製鉄所建設の歴史⁵⁾

戦後の世界的な鉄鋼需要の増大に対応して製鉄所を建設するにあたっては、鉄鋼生産のための広大な敷地と鉄鉱石や石炭等の原料の輸入および製品の出荷のための良好な港湾が確保できるうえ、土質、気象等の自然条件が良好なこと、十分な工業用水や電力が得られること、交通が便利で労働力が確保しやすく、市場に近いことな

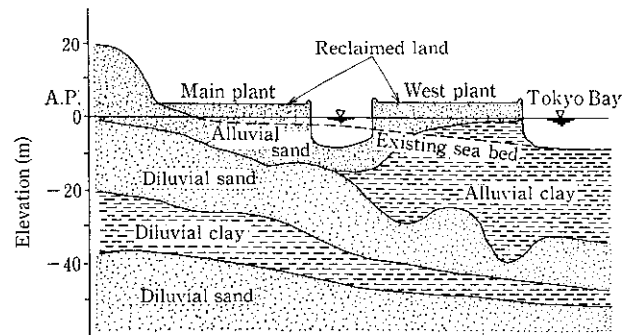


Fig. 4 Subsurface soil profile of Chiba Works

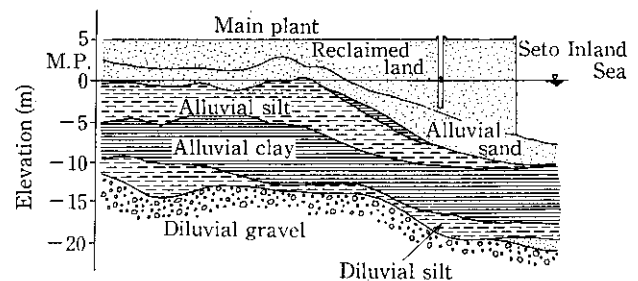


Fig. 5 Subsurface soil profile of Mizushima Works

どが立地条件として重要であった。これらの諸条件に最も適した地域として千葉および水島のウォーターフロントが選定され、臨海部を埋立てて製鉄所が造成された。Photo 1 は千葉製鉄所本工場の埋立が進められている状況である。また、Photo 2 は水島製鉄所が造成される前の状況であり、破線で囲まれた部分が埋立予定地である。

Fig. 4 および 5 にそれぞれ千葉および水島製鉄所の地盤断面を示す。千葉製鉄所の本工場は旧海岸線に近い水深の浅い部分を埋立てたものであるのに対して、西工場は本工場の沖合を埋立てた人工島である。一方、水島製鉄所は旧干拓地および沿岸一帯を埋立てて造成したものである。



Photo 1 Reclamation of Chiba Works main plant (1952)



Photo 2 Before reclamation of Mizushima Works (1961)

Table 2 History of construction and developed technologies

		1960 1970 1980 (Year)			
Chiba Works	Main plant	○ Reclamation start ○ Front berth ○ No.1 BF, SM, US ○ No.2 BF, No.1 HOT, No.1 COLD ○ No.3 BF ○ No.4 BF, No.2 SM ○ No.5 BF ○ No.1 CC, connection bridge ○ No.2 CC ○ J berth			
	Oihama area	○ Reclamation start ○ No.2 HOT ○ EGL, APL ○ No.3 CAL			
	West plant	○ Reclamation start ○ EB berth ○ EA, SA, berth ○ UOE ○ Power plant, No.6 BF ○ No.3 SM, No.3 US ○ No.3 CC ○ NA berth			
Mizushima Works		○ Reclamation start ○ No.1 US ○ No.1 BF, No.1 SM ○ No.1 CC ○ COLD, No.2 US, HOT ○ No.2 SM, No.3 BF, No.2 CC ○ No.4 BF ○ No.6 CC ○ No.3, 5 CC			
Developed technologies		○ Interlocked steel pipe pile ○ Corrugated cell ○ Walled steel pipe pile well ○ Sheet pile revetment supported by combined piles ○ Fast marine erect ○ Under water junction method			

BF:Blast furnace SM:Steel making shop US:Universal slabbing mill CC:Continuous casting plant

Table 2 に両製鉄所の建設の歴史と主な開発技術を示す。まず、1951 年に千葉製鉄所本工場の埋立が開始され、1953 年には正面岸壁、第 1 高炉、第 1 製鋼工場などが完成し、生産を開始した。その後、高炉の増設や圧延設備の建設が継続されたが、生産の増大に伴い、新たな工場用地が必要となり、1962 年には千葉製鉄所生浜地区の埋立とともに、水島製鉄所の建設が開始された。Fig. 4 および 5 に示したとおり、千葉製鉄所本工場の地盤は良質砂層であったのに対し、水島製鉄所は厚さ 15~20 m の粘性土層を有する軟弱地盤

上に造成され、しかも、短期間に操業を開始しなければならなかったことから技術陣は悪戦苦闘の日々を繰り返し、厳しい条件を克服するための新しい技術が次々に開発された。鋼管矢板工法⁸⁾やコルゲートセル工法⁷⁾などの岸壁・護岸技術、高炉の基礎として開発された鋼管矢板井筒工法⁹⁾などはその代表的なものである。水島製鉄所における主要設備の建設が一通り完成した後、建設の舞台は再び千葉製鉄所に移り、1969 年 6 月から西工場の埋立が開始された⁹⁾。Fig. 6 に西工場人工島の埋立概要を示す。埋立は航路の浚渫を兼ね

年の本工場埋立以後、生浜地区および西工場の埋立が段階的に行われたことにより、護岸・岸壁の延長が継続的に増加し、同時に設備の増設が行われ他の建設諸量も1975年頃まで直線的に増加している。一方、水島製鉄所の場合は1966～1974年の間に粗鋼生産とともに諸量の急速な増大がみられ、高度経済成長期に急速に建設が進められたことがわかる。

4 製鉄所建設で生まれたウォーターフロント開発技術

千葉および水島製鉄所の建設は、大規模な工場群を支え、大量の原料を運び込んで製品を積み出し、数万人の人間を生活させる土地を海の中に造成したものである。地盤、土質、気象、波、潮流等の自然条件や水利、交通、環境などの諸条件を詳細に調査したうえ、生産設備、居住地、港湾、道路、鉄道、橋梁、水道などのレイアウトや構造について最適な計画を作成し、最短の工期で新しい土地から鉄鋼を生産すべく、技術開発を行いながら工事が進められ、都市を開発する場合と同様な総合エンジニアリングが育成された。

製鉄所建設の過程ではさまざまな技術が開発されたが、両製鉄所ともに海域を埋立てて造成されたことから、とくに、護岸や岸壁の建設技術の開発には目をひくものがある。これらの護岸・岸壁建設技術は将来のウォーターフロント開発に極めて有用なものであるので、主なものについて紹介する。

4.1 鋼管矢板工法

鋼管矢板工法は継手を設けた鋼管を壁状に連続して打設することによって、土止め工、仮締切工、根固め工をはじめ、堤防、防波堤、護岸、岸壁などの各種土木構造物の壁体工に適用する工法である。本工法は水島製鉄所の岸壁建設において開発された⁶⁾。Photo 3

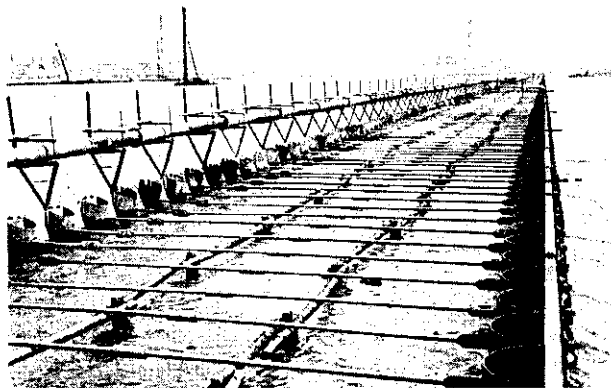


Photo 3 Interlocked steel pipe pile bulkhead method showing tie rods connecting rows of pipe piles at Mizushima Works

は二重締切り堤として採用された例である。本工法は、鋼管の外径を大きくすることにより、曲げ抵抗力を増大することができるので、構造物の大きさに対して十分な順応性を有している。また、鋼管矢板は杭としての性質も有しており、かなりの鉛直支持力が期待でき、とくに重量物の荷役用岸壁として有用である。これらの優れた性質によって、護岸・岸壁の代表的工法として著しく普及した。最近では、フィリピン・レイテ島工業地域の岸壁にも採用されている。

4.2 鋼管矢板井筒工法

鋼管矢板井筒工法は、当時岸壁やスケールピットの工事で開発が

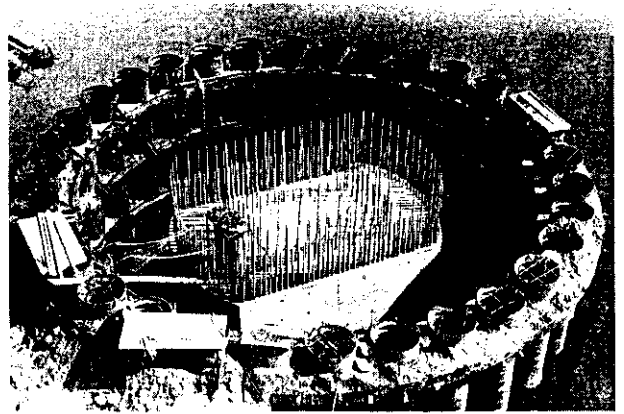


Photo 4 Walled steel pipe pile well method applied in heavy bridge foundation

進められていた鋼管矢板工法を応用して、鋼管矢板壁を円筒状に形成してウェル構造を構成し、重量構造物の基礎としたものである。本工法は、それまで溶鉱炉基礎として用いられていた鉄筋コンクリート製ウェル工法、大口径鋼管杭工法およびニューマチックケーソン工法に代わるものとして水島製鉄所溶鉱炉の基礎にはじめて採用されたもので⁸⁾、軟弱なシルト層を貫いて強固な砂れき層で支持させる重力式耐震構造であること、上部のゆるい砂層および軟弱なシルト層に対して、安全、確実かつ急速に施工ができるなどの特徴を有している。とくに、沿岸や河川等の水中基礎に適用した場合に、井筒本体と仮締切工を兼用できるため、工期の短縮、工費の節減が可能であり、河川内の橋梁基礎として多用されるようになった。

Photo 4に橋梁の基礎として施工中の例を示す。

4.3 コルゲートセル工法

セル式構造物は、鋼矢板や鋼板などにより形成されたセル殻の内部に土砂を詰めて、重力式構造物とするものである。この形式の構造は、少量の鋼材にてセル内土砂の安定を保つことができ、また、外力に対する抵抗も大きいので、防波堤や護岸に適している。当初は矢板セルとして利用されていたが、その後鋼板セルに発達し、水島製鉄所建設において、薄鋼板に波付けをしたコルゲートシートを用いたコルゲートセルが開発された⁷⁾。本工法は、波鋼板を使用しているため、薄い鋼板で剛性の高いセル殻を形成することができ、軽量であるためボルト締めによる組立や運搬・据付が容易であり、中詰砂投入後は直ちに波力等の外力に耐え得る壁体となるため、経



Photo 5 Prefabricated corrugated cell bulkhead method at Mizushima Works

済的で急速施工が可能である。Photo 5 は水島製鉄所におけるコルゲートセル護岸の施工状態を示す。近年では、フィリピン・パタンガスの 5 000 D.W.T. 岸壁に採用され、海外でも普及してきている。

4.4 水中格点工法

水中格点工法は、水中に打設された鋼管杭に斜材や水平材を取り付け、トラス状の構造物を作る工法である。まず、打設された杭の上部から杭より一回り大きい外管を落とし込む。つぎに、杭と外管の隙間に膨張モルタルを注入し固点する。外管にはあらかじめ斜材等を取り付けられるよう加工してあり、この外管部を格点としてブレースで連結することによりトラス構造を構成するものである。杭相互をブレースで結ぶことによって構造物全体の剛性が高くなるため、杭本数や杭径を縮小できる¹⁴⁾。この工法は、千葉製鉄所の 15 万 D.W.T. 原料岸壁の建設において開発されたもので、その後、道路橋基礎や海釣り桟橋などに採用されている。Photo 6 は千葉製鉄所原料岸壁における施工状況で、斜材によって連結された格点部外管を吊り込んでいるところである。

4.5 臨海杭打工法

臨海杭打工法は、桟橋などの基礎杭を海底に打設する際に、自ら打設した杭列に梁を架設したうえで、この梁の上に杭打機を前進させ、さらに前方の杭を打ち進めて行く工法である。最近、千葉製鉄所 8 万 D.W.T. 製品岸壁の建設²¹⁾において開発実用化された最新鋭の杭打工法である¹⁵⁾。Photo 7 に製品岸壁用基礎鋼管杭の打設状況を示す。本工法によれば、従来の杭打船のように波浪の影響を受けないため、杭打精度が向上すると同時に杭打の稼働率が上がり、工程の短縮を図ることができる。また、斜杭の打設が可能で、大口径・長尺杭にも対応できること、組立解体が容易で回航輸送費が安いことなどの多くの優れた特徴を有しており、突出式桟橋、デタッチドピア、沖合人工島への連絡橋などの建設において極めて効果的である。

5 エンジニアリング事業の展開

製鉄所を建設する際のウォーターフロント・デベロッパーとしての経験や製鉄所の後背地に社宅や病院、研修所、体育館等のインフラ（基盤）を整備し都市づくりを行ってきた実績は、国内外のエンジニアリング事業の展開に生かされている。

現在は 21 世紀の成熟した経済社会を迎えるための第 2 の列島改造時代といわれ、とくに、首都圏における大規模開発の増大とリゾート開発に代表される地方の開発が注目されている。東京湾をはじめとする高度土地利用地域においては人工島を造成し、インテリジェントビル群やテレポートなどの海上都市を建設する構想や産業見本市、国際会議場などを臨海埋立地に造る計画が多数進められている。また、全国各地でマリーナや海洋コミュニティーなどのリゾート造成計画が次々に発表されている。このようなウォーターフロントを中心とした地域開発分野は当社のエンジニアリング事業の一つの柱となってきている。当社の地域開発の進め方は、社有地の有効利用、土地を購入して開発する、さらに積極的にプロジェクトを創造し事業を興して経営・運営に携わるの 3 点にある。製鉄業、エンジニアリング事業で培ったユーザー主体の考え方や、ビックプロジェクトを推進する能力、さらに、社会的な信用や資金負担力、それに裾野の広い当社グループの結集力などが地域開発事業を推進するための礎となっている。

エンジニアリング事業のもう一つの柱は海外における港湾建設プ

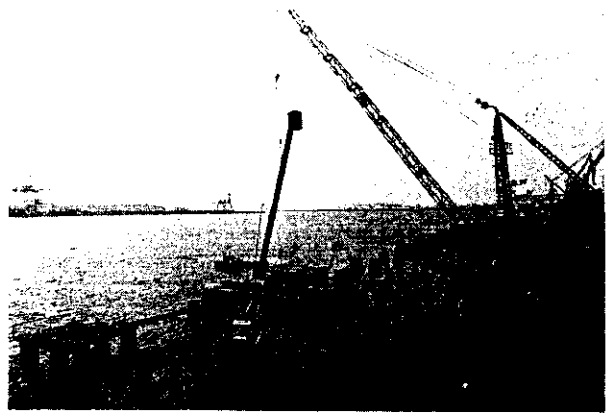


Photo 6 Underwater junction being installed at Chiba raw material berth

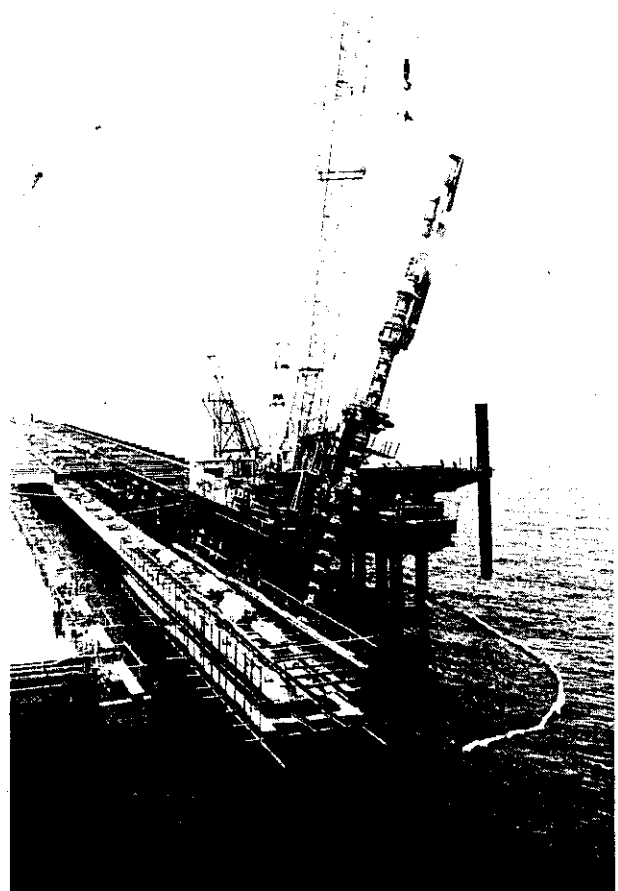


Photo 7 Pile driving by fast marin erect system at Chiba product berth

ロジェクトである。当社は 1974~77 年にフィリピン・ミンダナオ島に 25 万 D.W.T. 船舶を対象とした大型バースを有する焼結工場 (Philippine Sinter Corp.-PSC) を建設²²⁾して以来、海外においても数多くのウォーターフロント開発を手がけてきた。Fig. 9 に東南アジアにおけるプロジェクト実績を示す。当初は PSC の実績が認められ、フィリピンにおいて次々に港湾施設の建設を受注してきたが、その後、台湾、マレーシア、インドネシアなど各国においてプロジェクトを展開し、現在ではマリコントラクターとして高い評価を受けている。コルゲートセル工法を用いたフィリピン・パタンガス石油岸壁 (1979)、鋼管矢板壁および二重矢板式岸壁を採用したフィリピン・レイテ港湾設備 (1981~84)、外径 $\phi 1\,500\text{ mm}$ の大径 UOE

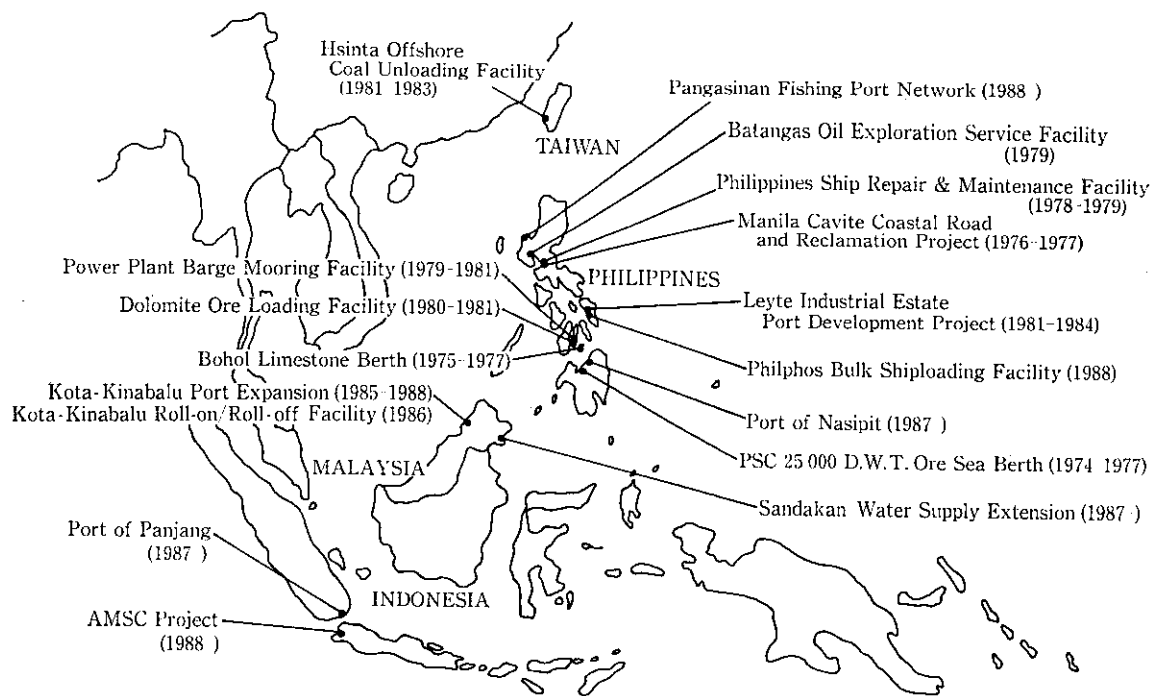


Fig. 9 Water front engineering in South-East Asia

鋼管によって支持された台湾興達石炭棧橋 (1981~83), 重防食被覆鋼管杭 KPP パイルを使用したマレーシア・コタキナバル棧橋 (1986) およびインドネシア・パンジャン港棧橋 (1987) などに代表されるように, 製鉄所建設で生まれた多くの技術が海外プロジェクト推進の原動力となっている。

6 むすび

千葉製鉄所および水島製鉄所の建設は, まさにウォーターフロン

ト開発の歴史であり, 各々の地域の発展を促したと同時に数多くの建設技術開発の場を与えた。先に述べたように, 最近では海域の利用形態が工業主体型から業務・生活主体型へと変遷してきているが, 臨海製鉄所の建設によって培われたエンジニアリングは, 将来, 大規模に展開されるであろうさまざまな形態のウォーターフロント開発において威力を発揮するものと期待される。今後とも, 常に現状に満足することなく, あらゆる機会を利用して, さらに斬新な技術の開発に取り組むと同時に, 国内外の地域開発プロジェクトに積極的に参加して行きたい。

参考文献

- 1) 岩垣雄一: 「最新海岸工学」, (1987), [森北出版]
- 2) 石澤卓志: 「ウォーターフロントの再生」, (1987), [東洋経済新報社]
- 3) 中村 豊: 「人工島」, 土木学会誌, 72 (1987) 1, 20-24
- 4) 高橋淳一: 「千葉県の土木事情」, 土木学会誌, 72 (1987) 4, 81-87
- 5) 富永眞生, 根井基雄, 越後勇吉, 剣持 敏, 鹿毛征二, 橋本正治: 「大規模臨海工場の基礎工事」基礎工, 4 (1976) 5, 55-90
- 6) 小松雅彦, 脇黒和彦, 富永眞生: 「鋼管矢板工法による岸壁の設計・施工」土木施工, (1963) 2
- 7) 小松雅彦, 嶋 文雄, 間瀬倫一, 加藤親男: 「コルゲートセル工法」, 川崎製鉄技報, 1 (1969) 1, 78-91
- 8) 脇黒和彦, 富永眞生, 新村和規: 「鋼管矢板ウェル工法の溶鉱炉基礎への実施例」, 川崎製鉄技報, 2 (1970) 3, 334-341
- 9) T. Sakaki, I. Okumura, T. Kimura and K. Shiota: "Man made island—Twenty years after—Civil engineering aspects", Seminar on Engineering for Coastal Development, The Kozai Club, (1987), 91-108
- 10) 根井基雄, 古谷博明: 「組杭鋼矢板護岸工法シリーズについて」, 川崎製鉄技報, 4 (1972) 2, 194-203
- 11) (社)土質工学会: 「土質工学ケースヒストリー集 (第1集)」, (1983), 106-123
- 12) 富永眞生, 越後勇吉, 内山英夫, 橋本正治: 「土木工事における新しい施工管理技術 "RCC システム" (第1報)」, 川崎製鉄技報, 9 (1977) 3・4, 81-95
- 13) 堤 一高, 根井基雄, 田中靖雄: 「粘性土掘削固結工法」, 土木技術, 31 (1976) 7, 61-69
- 14) 堤 一高, 根井基雄, 城 郁夫: 「川崎製鉄千葉製鉄所 15 万トン原料岸壁建設工事について」, 第 25 回全国港湾工事報告会報告 概要集, (1979), 217-222
- 15) 富永眞生, 源波修一郎, 小城 了: 「臨海杭打工法 (KST 工法) の開発」, 建設の機械化, (1986), 21-26
- 16) 大堀晃一, 上田 寛, 高橋邦夫, 原 道彦, 川井 豊, 塩田啓介: 「二重矢板式構造物の力学的特性に関する研究」, 港湾技術研究所報告, 23 (1984) 1, 103-151
- 17) 谷本勝利, 高橋重雄, 金子忠男, 塩田啓介, 小蔵一郎: 「円柱に働く衝撃波力に関する実験的研究」, 港湾技術研究所報告, 25 (1986) 2, 29-87
- 18) 富永眞生, 木村 保, 塩田啓介, 深谷建雄: 「周面摩擦測定試験による杭の挙動予測」, 土と基礎, 35 (1987) 12, 43-48
- 19) 小高嘉彦: 「川鉄の鉄マクラギおよびレール締結装置」, 川崎製鉄技報, 3 (1971) 4, 152-161
- 20) 武元弘之, 橋本順次, 小泉秀夫, ノノ瀬満郎: 「重量物用高層ラック式立体自動倉庫の建設」, 川崎製鉄技報, 18 (1986) 4, 61-66
- 21) 富永眞生, 剣持 敏, 木村 保, 奥村一郎: 「80 000 D.W.T. 製品岸壁の建設」, 土木学会論文集, 385 (1987) VI-7, 116-125
- 22) 清水久男, 古谷博明, 榊 豊和: 「フィリピン焼結工場土木構造物のための調査と計画」, 川崎製鉄技報, 9 (1977) 1・2, 69-82