

諸 外 国 に お け る 下 水 道

松 本 順 一 郎*

1. 下水道の役割

(1) 都市と下水道

イザヤ・ベンダサン氏は、「日本人とユダヤ人」で次のように述べている。

「日本は安全も自由も水も、常に豊富だった。日本には城壁都市というものさえなかった。城壁のない都市などというものは、殻のないカキと同様、当時の人びとは考えられなかったのだが、日本では、むき身のカキが平然と生きていた。ユーラシア大陸の都市には、もう一つの殻が必要であった。水を守る殻である。エルサレムやメギドの地下水道はあまりに有名である。これを造り水を確保するのは、城壁をつくるのと同じくらい大変なことであった。さらに、伝染病、特にペストを防ぐための構築物、すなわち下水道も絶対に必要であった。だがこの二つも日本では必要でなかった。周囲には海という巨大な天然の浄化槽があり、しかも流れの早い短い川という天然の清浄装置があった。何故に巨大な下水道網などという無用の長物を造る必要があったであろう。すべては水に流せば、それでよかった¹⁾」。

また、ビクトル・ユーゴーは「レ・ミゼラブル」で、次のように述べている。

「パリー下水道の開削は、決してささたる仕事ではなかった。過去 10 世紀の間力を尽しながら、あたかもパリー市を完成することができなかつたと同様に、それを完成することができなかつた。実際下水道は、パリーの拡大からあらゆる影響をうけている。それは地上に市街がひろがるとともに、地下にひろがってゆく。市街が一つの街路をつくるたびごとに、下水道は一本の腕をのばす。現在では全部で 22 万 6 千 6 百メートルの下水道となっている。パリーの巨大な内ぞうである。なお人目につかない小枝は常に作られつつある。それは世に知られない広大な建造である²⁾」。

衛生の根本が、大量の水を間断なく供給し、また汚物を水流によって排除することにあるとする考え方は、ロ

ーマンのものである。それが発展的に受け継がれたのが産業革命以後の近代下水道の考え方である。このようにして、欧米の近代都市は下水道とともに発展してきているのである。

(2) 水質汚濁と下水道

19 世紀の初頭に水洗便所が考案され、下水道への放流が許可された欧米では、下水処理以前に水洗便所と下水道とが普及しており、水質汚濁が進行して初めてその防止のための下水処理が行われるようになった。

ロンドンでは、1856 年にロンドンの下流でテムズ河に下水を放流すべく、遮集計画の立案に着手し、1865 年にテムズ河右岸のクロスネス (Crossness) で、次いで 1889 年に左岸のベクトン (Beckton) で、下水の放流施設が完成した。下水処理は行わず、貯水池に下水を貯留し、干潮時に放流した。1887~1895 年に貯水池は常流式沈殿池に改造され、また汚泥槽が設けられ、汚泥の投棄船がつくられた。パドル式エアレーションタンクがつくられ、下水の生物処理が行われるようになったのは 1931 年である。また、サンフランシスコでは、下水道は古くから築造されていたが、当初は 31 か所の吐き口から、サンフランシスコ湾に無処理のまま直接放流されていた。都市の発展に伴って沿岸汚染を招くに至り、下水管を遮集して処理することになり、1939 年にリッチモンドサンセット (Richmond Sunset)、1951 年にノースポイント (North Point) ならびにサウスポイント (South Point) の 3 処理場が運転を開始した。簡易処理で、下水は沈殿処理後に塩素消毒されて放流されるが汚泥は嫌気性消化処理に付されている。

このように、欧米の都市においては、放流水域の利用と汚染の状況に応じて、下水処理の程度が改善されている。

2. 国土と下水道

(1) 下水排除方式

これまで述べたように、長い歴史をもつ欧米の下水道が、水質汚濁防止のために下水処理が必要となった場合

* 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科
東京大学教授 工学部都市工学科

に、合流式下水道として進むことは自然の勢いで、既成都市はほとんど合流式下水道となった。しかしながら、合流式下水道では、雨天時に雨水吐き室などから直接河川などに越流する浮遊物質量が大きく、水質汚濁の原因になることが明らかになるにつれて、新興都市や既成都市周辺部では、分流式下水道を採用することが多くなってきている。

なお、雨天時の水質汚濁防止対策も一方ではとられている。イギリスでは、王立委員会の勧告により、晴天時下水量の3倍まで二次処理されるが、それを越えるものについては、晴天時下水量の6時間分の容量をもつ雨水池(storm tank)で対処することになっている。雨水池は、二重の目的をもっている。すなわち、小排水区からの短時間の豪雨は全量貯留し、下水量が晴天時下水量の3倍量以下に減ると、二次処理にもどすので、完全処理が可能となる。また、長時間継続する降雨の場合には、晴天時下水量の6時間分を越えるものは、雨水池から越流させ、雨水池は常流式沈殿池として働くようになり、水質汚濁防止に役立つことになる。

雨水池は、筆者の見聞の範囲内では、イギリス以外のものとしてスイスのキュスナハト(Küsnacht)下水処理場をあげることができる。

(2) 大処理場主義

欧米の大都市においては、処理場は1か所かせいぜい2~3か所にまとめ、非常に雄大な大処理区主義をとっている。処理場の建設費、管理上の合理性・経済性から大処理区がすぐれていることは明白である。

表-1 欧米の大処理場

都市名	処理場名	集水面積 (ha)	計画人口 (万人)	計画下水流量 (m ³ /day)
ミドルセックス	Mogden	44 289	150	355 000
ロンドン	Beckton	46 620	300	1 134 000
ボルチモア	Back River	20 461	129	530 000
ミルウォーキー	Milwaukee	39 368	85	708 730

わが国では、地形上の制約、敷地の取得の困難さ、行政区画の狭小さなどから、大処理場の建設は容易ではない。

欧米の諸都市は洪積層でおおわれた大陸に位置し、河川は浸蝕谷をなして、排水はきわめて容易である。随所に雨水吐き室を設けて排水できるので、合流式であっても、それほど大きな管径にならない。これが広大な下水道計画を可能にする根本的原因であると、北村誠一氏は述べている³⁾。

また、降水量はわが国で年間1600mmであるのに対して、欧米の各都市は700mm前後であり、欧米では年間かなり均一に降っていること、河川の年流出率がわ

表-2 主要河川の河況係数⁴⁾

河川名	河況係数	河川名	河況係数
北上川	260	セーヌ河	16
最上川	304	ライン河	75
利根川	850	チームズ河	8
		ミシシッピー河	120

が国では全国平均82%であるのに対して、欧米の大陸諸河川は20~40%前後であること、河況係数も表-2に示すとおりであることなどから、わが国の河川が治水面でも利水面でも制御しにくいことがわかり、下水道の場合にも、水文学的な影響を考える必要があろう⁴⁾。

また、パーミンガム市のミンワース(Minworth)処理場の場合には、19世紀末にかんがい処理で出発し、今世紀に入ってから散水汙床を採用し、発生污泥は付属の農園に還元処分している。このように、古くから十分な用地をもっているため、処理人口の増大に伴う施設の拡張も容易である。また、污泥を脱水・焼却に切り換えることにより、付属の農園を市営住宅の用地に提供する計画であるとの説明を、同地で受けて驚いた。地価の安いことも処理場用地の取得を容易にしている。柴田徳衛氏によると、日本：欧州：アメリカ合衆国=10：3~1：1の比率である⁵⁾。昨今のわが国の地価の高騰をみると、その差はますます開いていよう。

前にも触れたチューリッヒ郊外のキュスナハト(Küsnacht)処理場は高級住宅地の真中につくられており、雨水池・沈砂池・最初沈殿池は地下にあるが、エアレーションタンク・最終沈殿池・污泥消化槽は地上にあり、格別の苦情がないといわれる。また、ハーグ(オランダ)郊外の住宅団地につくられた下水処理場は、オキシデーション・ティッチと污泥乾燥床からなり、住宅に近接して設けられている。ルール組合(Ruhrverband)の下水処理場では、民家に近接していないとはいえ、消化污泥をラグーン処理している。これらの例は、日本人にとっては大きな驚きであり、感情に走らず、合理的に考えて物事を処理する性格の一端をうかがうことができる。しかしながら、下水道に限らず、道路も貯水池も用地の取得が住民の同意が得られないため困難であり、下水処理場用地の周辺に幅3mの樹木帯を設ける計画であるとの説明もパーミンガムで受けた。

(3) 広域下水道

欧米の広域下水道は、既存の局地的な下水道を遮集・統合し、また小処理場を廃止して大処理場に集約する事業が主体となっている。このようにして施設の管理運営の効率化をはかり、水質汚濁防止の実効をあげようとしている。わが国の広域下水道が、ほとんど白紙の状態から始められるのと異なっている。

表-3 London Main Drainage System 処理場

項目	表示単位	Beckton	Crossness	計
処理面積	mile ²	180	70	250
	ha	46 620	18 130	64 750
処理人口	万人	300	160	460
晴天時下水量	mgd	250	105	355
	m ³ /day	1 134 000	476 000	1 610 000

広域下水道事業の施行体制は国によっても異なっている。

a) イギリス

代表的なものとしては、London Main Drainage System, Upper Tame Main Drainage Authority などがある。前者は1市・28区・14町村からなる広域下水道で Greater London Council (大ロンドン議会) が代表して運営している。

後者はバーミンガム市をはじめとする14市町村から構成されている。排水面積 340 mile² (880 km²)、人口 210 万人、下水量 142 mgd (65 万 m³/day)、幹線延長 30 mile (49 km) で、大小 51 の処理場を有し、主要なものはバーミンガム市所在のミンワース(Minworth) 処理場であり、下水量 73.5 mgd (33 万 m³/day) で、工場排水が約 40% を占めている。この広域下水道の前身は、1877 年に設立された Birmingham, Tame and Rea District Drainage Board であり、1966 年に現在のものが設立された。

b) ドイツ

法的に定められた水組合が、上下水道を含めた利水ならびに治水、さらには水域の水管理の責任を負っている。これらの組合の中で、もっとも有名なものはルール地方のものであり、ルール(Ruhr)河・エムシャー(Emscher)河・リップ(Lippe)河・ブッパー(Wupper)河・ニールス(Niers)河の流域を管理している諸組合である。このうちもっとも古いものはエムシャー・ゲノッセンシャフト(Emschergenossenschaft・エムシャー組合)で、プロシャ特別立法によって1804年に成立し、1906年に組合定款が定められた。この成功によって、隣接地域に次々と同種の組合が成立した。ルールフェヤバンド(Ruhrverband・ルール組合)は、そのうち最大のものである。排水面積 4 445 km²、排水人口 220 万人で、下水は現在 112 か所の処理場で処理され、ルール河へ放流される。80% が生物処理、10% が薬品沈殿、10% が普通沈殿処理である。下水処理場は地形の関係もあり、小規模なものが多く、ほとんどが 10 万人以下の処理人口である。組合はプラントの計画・建設を行い、管渠施設の建設は各自治体の責任で行われる。これらの組合は、ゲノッセンシャフト(Genossenschaft)またはフェヤバンド(Verband)と呼ばれ、国の力に依存せず、地域住

民および地域産業の経済力によって賄われる。

c) アメリカ合衆国

中心都市と郡営都市圏下水道との協同運営による広域下水道方式で行われている。

Metropolitan Sanitary District of Chicago (大シカゴ都市圏衛生区)は1889年イリノイ州法によって創設された、シカゴ市および周辺の106自治体からなる広域下水道である。選挙人によって選ばれた9人の評議員によって管理されている。彼らは事務局長を選考し、その活動を指揮する。下水処理、排水にとどまらず、洪水の防御と航行用運河の管理も行っている。

ロスアンゼルス市やボルチモア市では、周辺の郡に組合を設け、その下水をロスアンゼルス市およびボルチモア市が引き受けて処理をするという形態をとっている³⁾。

3. 工場排水

(1) イギリス

公衆衛生法の中に工場排水に関する詳細な規定があり各都市あるいは広域下水道組合は、条例によらないで直接この法律によって規制を行っている。工場排水の規制は監視体制の完全さによって達成される面が大きいが、イギリスではこの点に力を入れている。筆者の見聞した一、二の例について述べることにする。

Upper Tame Main Drainage Authority は、すでに紹介したように、バーミンガム市を中心とする広域下水道であるが、工場に対する巡回検査は、1工場あたり月1回の割合で行われており、対象工場が1400~1500のため、年間延べ18000回に及ぶ検査が定期的に行われている。工場排水監視員(Industrial Waste Inspector)と分析要員が合せて30名おり、広大で充実した試験室で分析業務が行われている姿は、まことに壮観である。なお、本組合の主任化学者(Chief Chemist)は、先年まで国際水質汚濁研究会議の論文委員長であり、機関紙のWater Researchの編集委員長であるジェンキンス(Jenkins)博士であった。現在は、ハークネス(Harkness)博士が主任化学者として活躍しておられる。この一事をもってしても、水質監視体制の重視ぶりがうかがえるであろう。工場排水監視員の資格はきびしいようであり、立入り検査等の大きな権限をもっている。法に対する違反はきびしく罰せられ、操業停止の措置もとれるようになってきている。工場排水の下水道への受入れには水質上の制限があり、必要に応じて前処理が要求される。料金は質と量を加味した水質料金であり、毎年処理実費から逆算する精算方式がとられている。

Middle Lee Regional Drainage Scheme は、ロンド

ンの水道水源地域をカバーする流域下水道組合である。ライミーズ (Rye Meads) 処理場では、水質料金は次式より算定されている。

$$V = A + B \left(\frac{M.T.}{M.S.} \right) + C \left(\frac{S.T.}{S.S.} \right)$$

ここに、 V は工場排水の受入れおよび処理のための料金 (ペンス/1 000 gal), A は排水を処理場まで運搬する下水幹線の使用料に、処理場におけるポンプ、スクリーン、沈砂、沈殿の費用を加算した料金で (ペンス/1 000 gal), B は工場排水の生物処理費 (ペンス/1 000 gal), B は工場排水の沈殿可能浮遊物質の処理費 (ペンス/1 000 gal) である。M.S. は沈殿下水の平均全酸素要求量, M.T. は工場排水の全酸素要求量である。S.S. は下水の平均沈殿可能浮遊物質質量, S.T. は工場排水の沈殿可能浮遊物質質量である。現在 $A=6, B=9, C=6$ となっている。また、工場排水の受入れ基準は表-4のとおりである。工場新增設に伴う排水量が処理場容量の 1/4 を越える場合は、拒否することがあるといわれる。

表-4 工場排水受入れ基準
(Middle Lee Drainage Scheme)

項目	条件	項目	濃度 (ppm 以下)	項目	濃度 (ppm 以下)
pH	6~10	Ag	10	SS	400
水温	43°C 以下	Cd	20	フェノール およびクレ ゾール	20
		Hg	10	SO ₄	400
		Pb	20	COD	100
		Be	1		
		クロム酸	Crとして 20		
		全 Cr	100		
		シアン	15		
Cu	20				
Zn	50				
Fe	50				
Ni	20				

(2) ドイツ

さきに触れた水組合で工場排水を含めた下水処理が行われている。工場排水は家庭下水と合併処理するのがたてまえとなっている。工場排水の影響の大きな処理場ではルール組合のビットェン (Witten) 処理場にみられるように、石灰処理や前曝気処理を行ってから生物処理を実施している。下水道料金は一般下水 (普通単価), 石炭および鉄鉱業 (1 t あたり), 化学工業 (質と量による) など業種によりそれぞれ定められている。

4. 下水処理

水域の水質汚濁防止の必要性に応じて下水処理が行われており、過去の経験をふまえて、施設の改良と処理程度の向上がはかられ、バランスのとれた発展がみられ、歴史の重みが感ぜられる。このことは、自己の技術に対する自信にもつながり、たとえ古い方法であっても、所望の処理効果が得られるならば、自信をもって実施する

態度がみられる。

(1) イギリス

沈殿時間、エアレーション時間は、わが国を含めて一般に用いられているものに比べて、大きい値をとっており、処理水の水質も良好である。しかも、その値は各処理場によって異なっており、各自の経験に基づいて決められている。わが国のように画一化されていない点が注目される。

表-5 イギリスにおける下水処理時間 (単位: 時間)

処理場名	最初沈殿	エアレーション	最終沈殿
Rye Meads (ミドル・リー)	8	6~10	2
Minworth (パーミンガム)	6	14	(不明)
Crossness (ロンドン)	5	7	5

散水汙床もかなり用いられている。ミンワース (Minworth) 処理場のような大処理場においても、下水量の 60% が走行式散水機をもつ 2 段散水汙床で処理され、40% が活性汚泥法で処理されている。また、散水汙床はある期間は第一次汙床、次の期間は第二次汙床というように、交替に用いられている。

さきに 2. (1) で説明した雨水池が広く用いられているのもイギリスの特長である。

(2) ドイツ

活性汚泥法のエアレーション方式に、ケスナーブラシ型の機械攪拌式のものが、ハンブルグ市ケールブランドヘフト (Köhlbrandhöft) 処理場やシュツットガルト市ミュールハウゼン (Mühlhausen) 処理場などの大処理場を含めて広く用いられている。また、ハンブルグ槽のように、独自に研究開発されたエアレーションタンクと沈殿池の組み合わせた施設が用いられている。

汙床深さが 5 m におよび、側面を開放した散水汙床が広く用いられている。汙床負荷も標準および高率のものだけでなく、中間負荷のもの (シュライバー汙床) も用いられている。また、活性汚泥法と散水汙床を 2 段に用いて、高度な処理も行われている (ルール組合のエッセンヴェルデン (Essen-Werden) 処理場)。

ルール組合では、ルール河下流約 160 km を 4 つのダムで締切り、普通数日で流下する流れを、数日へのばし、この貯水池を酸化池として用いて有機物質負荷の低減を図っている。しかし、ルール河にはリン酸 1 ppm, チッ素 14 ppm が存在し、完全な富栄養化を呈して、藻類による DO の変動が大きい。そのため、バルデネイ湖 (Baldeneysee) に人工エアレーション装置をつけ、DO を 4 ppm 以上に保つようにつうられている⁷⁾。

ミュンヘン市グロスラッペン (Grosslappen) 処理場

では、1925年からイムホフ槽の流出水の処理に魚池法が用いられてきた。BOD 負荷 100 kg/ha・day で、BOD 除去率は 70~75% と一般より高い値が報告された。現在ではエアレーション・タンクや沈殿池が増設されたので、イムホフ槽流出水と活性汚泥処理水が合流したものが、BOD 60~70 ppm で、これをさらに魚池で浄化している。

(3) アメリカ合衆国

わが国の下水処理は合衆国の影響を大きく受けてきており、戦後はとくに著しいものがある。塩素消毒は合衆国と日本では必ず行われるが、ヨーロッパでは一般に下水処理には行われない。

合衆国では三次処理に対する関心が高く、EPA (環境保護庁) もその研究開発に熱心であり、首府ワシントンのブループレーン (Blueplain) 処理場をはじめとして、国内数箇所にパイロット・プラントを設けて研究しており、物理化学処理法をはじめとする種々の方法が研究されている。また、タホ湖には実際施設が運転されている。しかしながら、三次処理の技術はまだ確立されていないと考えられよう。EPA の担当者のお話では、水域の水質汚濁の進行にあわせて実施を考えており、現在必要な地域は、非常に限られた数であるとのことであった。首府ワシントンでは、生物学的脱窒素法の採用を決定し、三次処理施設を建設中である。立地条件を考えての結論である。

(4) その他

イスラエルのテルアビブ市と、その周辺部の都市下水と工場排水は、酸化池によって処理されている。流量 22 000 m³/day で、BOD 負荷 230 kg/ha・day、リサーチレーション好気性酸化池システムをとっている。原下水の水質は BOD 340 ppm、COD 760 ppm、全窒素 98 ppm である。除去率は冬期および夏期でそれぞれ、BOD 90 および 89%、COD 60 および 65%、ケルダール窒素 65 および 65%、アンモニア性窒素 70 および 77% と報告されている。将来は、石灰注入によるアンモニア・ストリッピング池を設け、処理水を地下注入し、約 1 年の地下滞留後、良質の水とまぜて農業用水や上水道用水として利用する計画である。酸化池法は南アフリカやアメリカ合衆国南西部などでも多く用いられており、バンコックのアジア工科大学 (AIT) でも、本法についての研究がマガリー (McGary) 博士によって精力的に行なわれている。

また、オランダで開発されたオキシデーション・デッチ法は、オランダやドイツなどで、小規模下水処理装置として、生活排水にも工場排水にもかなり用いられてい

るのは、いうまでもないところである。

5. 汚泥処理

(1) 嫌気性消化の重視

イギリスでは、1954年に Ministry of Housing and Local Government の勧告で、下水汚泥は消化後、農地に還元する (できるだけ液状で) よう定められた。そこで、同国では、他の方法の 10 倍も消化法が採用されている。

汚泥消化の重視は欧米一般に浸透している。サンフランシスコ市の下水処理は沈殿放流方式であるが、下水汚泥は消化槽で処理されている。また、ジュネーブ市アール (Aire) 処理場では、脱水の前処理として熱処理法を採用しているが、消化汚泥について熱処理を行っており、わが国のように生汚泥について行うようにはしていない。汚泥を海洋投棄する場合にも、汚泥消化を行い、取扱上の安全性を確保することが必要との見解を、ハンブルグ市ケールプラントヘフト (Köhlbrandhöft) 処理場の担当技術者ももっていた。

(2) 消化汚泥の処分

液状で農地に還元する方法がロンドン市 (消化汚泥の 30%)、ライミーズ (Rye Meads) 処理場、ハンブルグ市ウエスト (West) 処理場などで採用されている。天日乾燥後に市有の農場に還元利用する方法がパーミンガム市ミンワース (Minworth) 処理場で行われている。以上のことが注目された。

ロンドン (消化汚泥の 70%) やハンブルグのような臨海都市では、汚泥運搬船による海洋投棄が大規模に行われている。ロンドンでは処理場から 80 km、沿岸から 15 km の地点に投棄されている。キュスナハト (Küsnacht) 処理場 (スイス) では、消化汚泥とごみによる高速堆肥化が行われている。

(3) 消化ガスの利用

ロンドンのクロスネス (Crossness) 処理場では、ガス機関による発電を行い、ガス機関の廃熱が消化槽の加温に使われている。パーミンガム市のミンワース (Minworth) 処理場では、ガス機関を消化ガスに少量の燃料油を添加して運転・発電し、活性汚泥プラント以外の全電力をまかなっている。ハンブルグ市ケールプラントヘフト (Köhlbrandhöft) 処理場でも、同様にして発電を行っている。ブッパー組合 (ドイツ) のブッパータール・ブーヒエンホーヘン (Wuppertal-Buchenhofen) 処理場では、消化ガスを液化してボンベに詰め、自動車の燃料

に使用しているのが注目された。

6. おわりに

欧米の下水道について、筆者の見聞を主として述べてみた。イギリス、ドイツおよびアメリカ合衆国の下水道の紹介ということに結果的にはなったが、それはみるべきものが多くあるということにほかならない。おしなべていえることは、各国がそれぞれ長い時間をかけて育て上げてきた、その風土に適合した技術や施設をもっているということである。わが国においても、日本の風土に合った下水道を、根気強くつくり上げていくよりほかに方法はないであろう。模倣ということも一つの才能であろうが、それだけに終ることであってはならないであろう。活性汚泥法だ、ステップ・エアレーションだ、今度は熱処理だと、流行に弱い国民性も、いささか行きすぎ

の感があるといえよう。

この小論をまとめるにあたり、北村誠一氏の報告に負うところが少なくないことを記して、感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) イザヤ・ベンダサン：日本人とユダヤ人，角川書店，昭和47年。
- 2) 豊島与志雄（訳）：レ・ミゼラブル（七），岩波書店，昭和44年。
- 3) 北村誠一：欧米の下水道事情（その1～4），下水道協会誌 No. 29—No. 32，（昭和41～42年）。
- 4) 高橋 裕：日本の水資源，東大出版会，昭和38年。
- 5) 柴田徳衛：世界の都市をめぐって，岩波書店，昭和39年。
- 6) 池田一郎：英国における工場排水規制の実態について，下水道協会誌 No. 85，昭和46年。
- 7) 茂庭竹生：ルール河の水総合管理，土木建設，Vol. 21，No. 11，昭和47年。
- 8) 土屋一雄：ヨーロッパの都市下水道，土木建設，Vol. 21，No. 10，昭和47年。

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES, EARTH STRUCTURES AND FOUNDATIONS IN JAPAN, 1973

● B 5判・150 ページ（口絵・付図つき上製）定価 1600 円（〒140・海外価格 9.6ドル）●

海洋鋼構造物設計指針（案）解説 土木学会海洋構造物に関する調査研究委員会

B 5判 195ページ・タイプオフセット印刷 ●定価 1700円 会員特価 1500円（〒140）

第1章 総則 1.1 適用範囲 1.2 海洋構造物の分類 第2章 荷重，外力等設計条件 2.1 荷重，外力等の種類 2.2 自重および搭載荷重 2.3 衝撃荷重 2.4 風荷重 2.5 波および波力 2.6 流れによる流体圧力 2.7 静水圧および浮力 2.8 浮遊曳航時の動荷重 2.9 地震荷重 第3章 材料および許容応力度 3.1 材料 3.2 許容応力度 3.3 許容応力度の割増し 3.4 防蝕 第4章 地盤および基礎の設計 4.1 一般 4.2 海洋構造物基礎の支持力 4.3 基礎の変形 4.4 地切力 4.5 洗掘 4.6 滑動抵抗 4.7 アンカー 4.8 土の強さに対する動揺の影響 第5章 構造物の設計 5.1 構造計画 5.2 部材 5.3 部材の連結（格点構造） 第6章 浮上時の安定 6.1 一般 6.2 静的安定計算 6.4 区画浸水時の安定計算 6.5 運動性能の検討 6.6 係留計算 6.7 曳航計算 参考資料 1. AISC(1969年)における疲労に関する規定 2. 鋼構設計基準(1970年)における疲労に関する規定 3. AASHTO(1971, Interim Specification)における疲労に関する規定(道路橋対象) 4. 建造物設計標準(鋼鉄道橋)における疲労に関する規定 5. AWS(1967)における疲労に関する規定(道路橋，鉄道橋対象) 6. API Planning Designing and Constructing Offshore Fixed Platforms(1972年)における疲労に関する規定 7. 格点の疲労実験 8. 円管格点の静的強度の実験式 —