

# 海洋とコンクリート

総括執筆者(司会) 樋口芳朗\*  
 話題提供者 小林一輔\*\*  
 同 杉田秀夫\*\*\*  
 同 西沢紀昭\*\*\*\*

## 1. 海洋とコンクリート

沖縄海洋博も近い将来にせまり、海洋開発幕明けの時代ともいわれる 1970 年代のハイライトを構成しようとしている。温和な海に囲まれた狭い国土、公害、外国資源利用上の制約などの事情を考えると、これからのわが国で海洋開発への志向はいよいよ強くなるものと推察される。この意味で土木学会も海洋についての関心を高めつつあるが、本文では鋼とともに土木の主材料となっているコンクリートを取り上げ、海洋と関連する問題点を検討してみたいと思う。いうまでもなく、検討対象はきわめて広範かつ多岐にわたるので、今回は現在すでに多量に用いられつつある海砂、しだいに本格化しつつある水中施工、将来にわたってコンクリートが海洋構造物において占める役割といった問題に焦点をしぼるのが適当と判断した。以下、順を追って検討内容を述べる。

なお、本報告は昭和 47 年 10 月 20 日、九州大学において行なわれた土木学会研究討論会における発言内容を主としてまとめたものであり、討論会を企画し指示されたコンクリート委員会国分委員長、種々お世話いただいた九州大学の方々、討論会の席上貴重なご意見をいただいた次の方々には深甚の謝意を表するしだいである。

是石俊文、清水 昭、下村嘉平衛、関 博、武田昭彦\*、波木 守、林 正道、原田 宏、望月輝雄、柳田力\*、和仁屋晴謹、渡辺 明

(敬称略、五十音順、\* 印は紙上参加)。

\* 正会員 工博 国鉄鉄道技術研究所 構造物研究室長  
 \*\* 正会員 工博 東京大学助教授 生産技術研究所  
 \*\*\* 正会員 本州四国連絡橋公団尾道建設所 児島調査事務所長  
 \*\*\*\* 正会員 中央大学助教授 理工学部土木工学科

## 2. 海砂使用の問題点

海洋構造物用のコンクリートをつくるに際しては、手近な海水や海砂を用いたいという希望の出ることは、当然であろう。海水についていうと、一般の鉄筋コンクリートに対して諸外国では使用を許可している場合が多いが<sup>1)</sup>、わが国では土木学会でも日本建築学会でも使用を禁止しており、きわだててきびしい感じを与えている。

海砂については河砂の枯渇とともに一般土木用としてきわめて大量が用いられているが、許容塩分(含有)率についての規定を土木学会では設けておらず、日本建築学会が JASS で制定している 0.01% という規定の準用を考えたという状態にあった。このことは、JASS の規定がきわめてきびしいものであったこともあって、遺憾なことに第一線の技術者を非常に苦しい立場に追い込んでいたといわれる。各方面の声を聞いてみると次のようである。

北海道では良質の海岸砂が豊富であるため、かなり以前から用いられている。河砂の枯渇とともにこの傾向は強まり、最近のレデーミクストコンクリート(以下生コンと略称する)工場の実態から推定すると、使用している砂の 80% は海砂で河砂は 20% にすぎない。海中砂は、港湾工事の浚渫砂がごく一部で用いられているだけで、大部分は海岸砂である。波打ちぎわから 20~30 m 付近のものが最も多く用いられているが、一部では波打ちぎわから 100 m 以上も離れたところから採取されている。塩分率は問題になるほど多くないので、鉄筋コンクリートにも広く用いられている。生コン工場での塩分率試験によれば大部分が 0.01% の規定に合格していることになっているが、実際は明らかでない。構造物の暴露条件(使用箇所)、重要度などに応じて適当な塩分率

を規定するのがよいとし、次のように述べられた。港湾のケーソンなどのように海水で飽和されている鉄筋コンクリートが 50 年以上も用いられている例が多数ある。海岸の鉄筋コンクリート橋では潮風のため、コンクリート中に塩分が入り鉄筋を腐食させた例も少なくないが、なんら侵されない例も多数ある。潮風を受ける鉄筋コンクリートでは、コンクリート表面部分の含有塩分が多く内部に入るにつれて少なくなる。数十年使用して取りこわした鉄筋コンクリート橋の塩分測定例は開発局土木試験所に 6~7 例あり、鉄筋コンクリート試験体による暴露試験を 5 年ほど行なった測定例も多数ある。陸上では塩分が時間とともに蓄積されるが海中では海水が浸透するだけである。陸上でも雨のあたる部分は塩分が流されるが、橋桁や上屋がある場合の柱などでは蓄積される。建築とちがって土木では、構造物の種類、暴露条件が種々雑多なので一律に規正することは無理であり、港湾海岸構造物などを考慮しながら適当な基準を定めるよう希望する（北海道開発局土木試験所・林）。

九州でも海砂の使用が盛んであるが、海砂を用いた電力用構造物の代表的な二例が紹介された。一つは昭和 13 年竣工の塚原ダムであり、海岸砂を用いたことはわかっているものの、塩分率などの資料は残っていない。材令 30 年の圧縮強度をコアをとって調べたところ 350~420 kg/cm<sup>2</sup> を示し、中性化深さは最大で 1.9 cm にとどまっており、耐久性のうえからは全く問題のないことが確かめられている。もう一つは現在建設中の玄海原子力発電所であり、海岸から 3~5 km 沖合の海中砂を用いている。トロンメルで貝がらを除き、水をかけながらスクリュウクラシファイヤーで水洗している。砂 1 m<sup>3</sup> の洗浄に約 1.6 m<sup>3</sup> の水を用いており、水洗前の NaCl 量は 0.215% であったが水洗後は 0.013% に下がっている。粒度が粗いため山砂を 30% 混合しており、砂全体としての NaCl 量は 0.01% 以下となっている（九州電力総合研究所・是石）。

沖縄には河砂のとれる河川が全くないので海砂を使用せざるを得ない現状にあり、これまでもずっと使用してきている。また、沖縄の水事情はかんばしくないの、水洗して使用するなどということは全く不可能といってよい。これまでに鉄筋コンクリートの鉄筋に発錆した事例がないわけではないが、海砂の使用が直接の原因であるとはいきえず、台風時は至るところに波しぶきがとんでくるという沖縄の特殊事情、14~15 年前における配合も含めた施工管理技術のまずさなどが主原因と思われる。また、海砂利、海砂を用いてつくられた戦前の鉄筋コンクリート造 3 階建て校舎がまだ残っており、現在も使用されている例がある。海砂使用と鉄筋発錆の関連が

重要な問題であることは確かであるが、現在の沖縄の水事情も考えると、JASS の 0.01% という基準を守った場合、沖縄では鉄筋コンクリート構造物につくれないうことになる（琉球大学・和仁屋）。

港湾構造物における海砂の使用状況は東日本で比較的少なく、西日本では目立ってふえていき、九州ではほとんど全部が海砂に置きかわっている。具体的な使用例としては 1960 年初めの下関港の L 型岸壁や棚コンクリートといった鉄筋コンクリート構造物、5~10 年前の鹿島港や八戸港のコンクリートブロックやテトラポッド、小名浜港防波堤および物揚場（1963 年ころ）や中之作港物揚場（1963 年ころ）のプレパックドコンクリート、鹿島港ドライドック底版のプレパックドコンクリート（1967 年ころ）などがある。また、1950~1960 年にかけて施工されたプレパックドコンクリートの約 1/3 は海砂が用いられた。以上のとおり、港湾構造物においては重力式の無筋コンクリート体が多いこと、海砂の確保が容易であること、などが原因となって従来からコンクリート材料として多用されている。ここ 5~10 年来、港湾構造物に対しても生コンを用いることが常識化しており、地域によっては海砂が大量に用いられていると思われる。しかしながら、海砂についての明確な使用規定は明記されていない状態にある。海砂の使用による港湾構造物の劣化については、50~70 年を経過した海砂使用の構造物でも十分供用性を維持している例が多いにもかかわらず、施工状態が悪いと 10~20 年で劣化していることから考えて、劣化の最大原因が施工の不良にあることは明瞭と判断される。一般に、無筋コンクリートに海砂を使用することについては、なんらの問題もないと思われるが、鉄筋コンクリートに対しては塩分蓄積の問題もあるのでコンクリートのかぶり、海水の使用制限、ひび割れ制限などに考慮を払うだけで鉄筋の腐食防止を期することは十分でないと思われる（運輸省港湾技術研究所・関）。

日本道路公団では、海砂の使用が九州北部、関門道、中国道西部および広島県地区（一般有料道路）等において目立っている。おもに生コンを対象として、塩分率が 0.01% 以下となるように指導はしているが、本当に守らせることは困難である。したがって、実行可能な線として国鉄の工事事務局と相談のうえ 0.03% まで緩和するという線を出している。大工事では、浦戸大橋でスパイラル分級機、給水ポンプ、ベルトコンベアを組み合わせた脱塩装置を用いて 0.01% におさえた例もある<sup>2)</sup>、関門橋橋台工事では、グラブ船に船積みした状態で 1~2 回上から工業用水で洗ったものを陸揚げしたのちトロンメルに通して貝がらを除き、さらに散水して 0.01% 以下

に塩分率をおさえたという例もある<sup>9)</sup>。しかし、後者の場合 0.01% 以上になった場合は監督者の承認が必要とも記されている。試験所では、3か月が約 8~9 年に相当する 70°C 90%RH という条件下の鉄筋コンクリート部材促進養生試験を実施中であるが、土木学会で基準を定めることが希望される（日本道路公団・武田）。

建設省土木研究所では、海砂を用いる場合、無筋コンクリートにおいてはとくに有害といえないが、塩分によっては鋼材の腐食や耐久性の低下が考えられるので、できる限り洗浄された製品を購入することをすすめる。海砂を用いている生コン工場から鉄筋コンクリートに用いるコンクリートを購入する場合は使用される細骨材の洗浄が、十分行なわれることを確認する必要があるとしている<sup>9)</sup>。実験結果に基づく結論<sup>9)</sup>のうち関連を持つおもなものを紹介すると次のとおりである。① 砂の容積の 1/2 程度の水量で塩分率は一般に 0.05% 以下になる、② 2 年間にわたる試験結果からみると海砂の塩分率は 0.05% まで許容できると考えられる、③ ひび割れ幅が 0.15 mm 以下ではさびの発生は主として塩分率に影響され、0.20~0.25 mm 幅になると、ひび割れの影響が大きくなり、ひび割れ幅が 0.3 mm 以上になると塩分率と無関係にさびを生ずる（建設省土木研究所・柳田）。

国鉄では北海道でプレテンション方式の PC まくらぎをつくりはじめた際に、良質の河砂の入手しづらき事情がわかったので塩分率の許容値を 0.005% と定めて海砂の使用を認めたことがある。最近では、中国九州地区で海砂の塩分率が問題になってきたので、防食剤の使用も考えたが、確信が持てないため、日本道路公団その他と歩調を合わせて塩分許容値を定めることとした。

概観的に次のような意見も出された。0.01% という JASS の規定はきわめて守りにくく、実際には守られていない状態にある。単にコストの点だけでなく、水不足のため脱塩不可能という沖縄のようなきびしい現実もあることを考えておかなければならない。ピーカー中での発錆と、コンクリート中での発錆は異なるはずであるし、土木のコンクリートは平均的にいって比較的富配合であることにも留意する必要がある。「コンクリートの品質をよくすれば問題はなくなる」とする外国の文献などから判断して、海砂使用コンクリートの配合、施工の面をきびしくする方向に進めるべきであって、海砂自身に対するきびしい「しぼり」で解決しようとするのは好ましくないと考える。また、塩分率の「しぼり」を設ける場合には、構造物の重要度に応じて分けるべきである。建築のほうに貴重な研究があるのに土木のほうにあまり見受けられないのは遺憾であったが、実情を調査したう

えで、より実際的な規定がつけられるよう期待したい。なお、「コンクリートは永久に絶対的なものである」という考えから進んで、「こわれてもよい」「こわれたらまたやりかえる」といった思想があってよいのではないかとも思われる。アメリカ合衆国 (ASTM) にもイギリス (BS) にも JASS のような海砂についてのきびしい規定がないこと、海洋国日本で海砂依存率の高い現実を考えると、鉄筋コンクリートに対して 0.01% といった「しぼり」を設けることはとくに酷と思われる。「ザル法」に近い状態に放置せず、守りやすい規定にしておき、むしろ予想される結果に対する適切な処置を講ずることにしたほうがよい（九州工業大学・渡辺）。

以上から推察できることは、特別な場合を除いて塩分率 0.01% 以下という JASS の規定を守ることが不可能といってよいほど困難なことである。脱塩作業を実施するには、相当な費用のかかることが明瞭であり、当然単価の上昇を伴うはずである。たとえば、一般の建築用コンクリートのように、土木に比べて単価の安いコンクリートのほうが、きびしい規定をよりよく守っているなどという幻想を抱くほど、われわれは非工学的であり得ない。いずれにしても第一線の土木技術者のため、できるだけ早く土木学会としての規定を作製することが要望されていることがわかった。この規定作製にあたっては外国の規定できびしくないものがあること<sup>9)</sup>、SO<sub>4</sub> イオンも含めて総合的に考えるのが適当と考えられること<sup>7)</sup>、構造物に等級づけを行なって許容値を決める際は、有意義かつ実施可能という点も慎重に考慮する必要のあること<sup>8)</sup>、防食剤の使用について真剣な検討がなされるべきこと<sup>9)</sup>、貝がらその他の不純物についての規定も必要であること（GLC の示方書中には、もちろん示されている）、コンクリートの施工が満足に行なわれた場合、鉄筋がさびる塩化物限界値は 0.01% などという値と 2 桁も違うという報告が多いこと<sup>10)</sup>などの点に考慮が払われるべきであると思われる。

海砂に関するような問題は建築界とも歩調をあわせることが望ましいが、この意味では、日本コンクリート会議で土木建築の研究者や技術者を包含した海砂に関する調査研究委員会（委員長・国分東京大学教授）が昭和 47 年 11 月から発足したことは喜ばしい。

### 3. 水中施工における問題点

海洋構造物の施工にあたっては、波風潮汐のきびしい環境にさらされるため種々の制約を受けるし、そもそも水中コンクリート自体が材料分離を起こしやすく、信頼性という点で不安があるうえに施工結果の確認がきわめ

て困難であるという難点をもっている。打継目はとくに弱点を形成しやすいし、途中のトラブルに対応しにくいので絶対中断しないという宇宙飛行に類した心がまえで施工しなければならない面もある。水中コンクリートの難点を避けてプレキャスト方式をとることも考えられているが、Golden Gate のケーソンの破損例からもうかがえるとおり、注意を要する点が少なくない。

水中コンクリート工法については、トレミーコンクリート工法とプレパックドコンクリート工法の二工法が考えられるが、困難な海上作業をできるだけ少なくするという点ではプレパックドコンクリート工法がすぐれているため、本州四国連絡橋公団で大規模な試験工事がなされたことは周知のとおりである<sup>11)</sup>。注入モルタルの材料分離の防止、型わく周辺よりの漏洩防止などの検討を行なった試験工事の問題点につき、第一線で直接作業を実施した技術者の一人からスライドを用いて説明がなされた(写真-1~4、鹿島建設・原田<sup>12)</sup>)。

次いで汚濁された海水中でプレパックドコンクリートを施工した際の問題点および、へどろ状の海底でモルタルの漏洩を防止して注入した際の問題点につき第一線の技術者の一人から報告があった。実験工事でコアを取っ

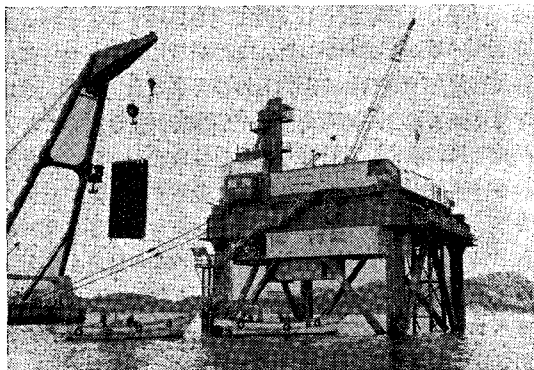
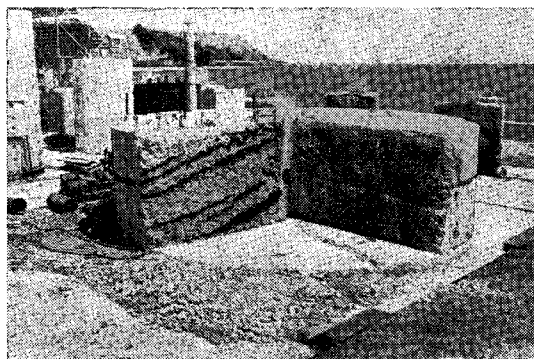


写真-1 海中実験の全景



プレパックドコンクリートは水中施工が空中施工と同様に行なえるとするのは正しくなく、水中施工においては、材料の分離を防ぐために種々の配慮をしなければならないことが明らかにされた

写真-2 陸上実験の代表例

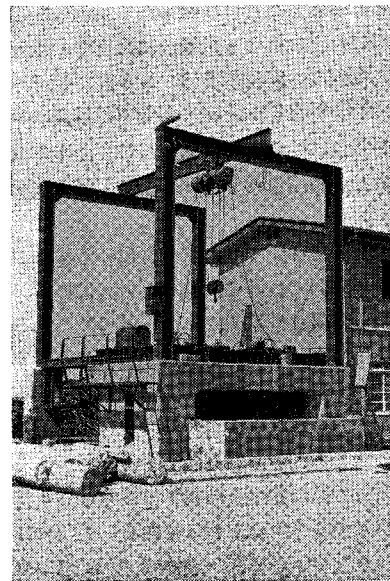
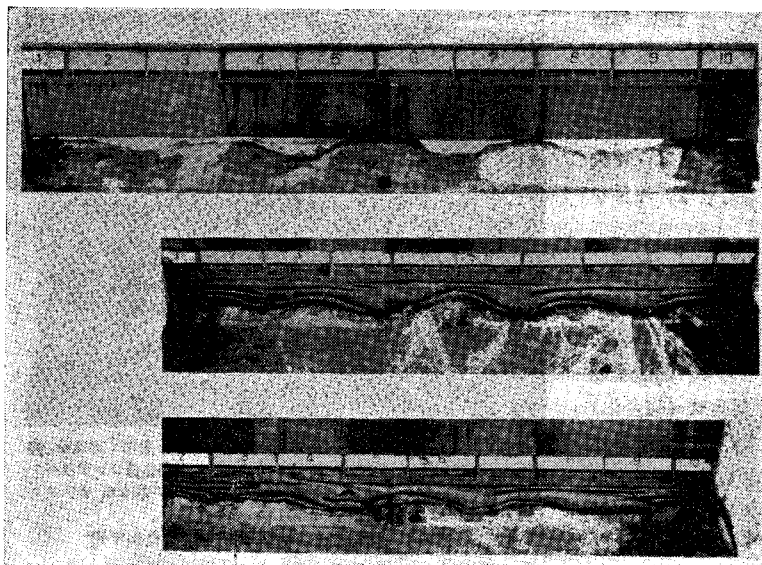


写真-3 注入モルタル洩れ止め材の陸上実験装置全景

て確かめたところによると、上部 60 cm の範囲内の骨材には浮游泥や浮遊砂が沈着しており、このため目標強度  $216 \text{ kg/cm}^2$  をはるかに下回る  $130 \text{ kg/cm}^2$  程度の強度しか得られないことがわかった。したがって、実際の工事においては骨材投入後ビニールシートをかぶせて沈着を防いだ。モルタル漏洩防止のためには、床掘り、置換砂を施工し、鉄骨型わくの先端が約 50 cm 砂の中に入るようにして解決した。もう一つ問題点として気づいたことは、大構造物を打設する際レイタンスが構造物中に残る傾向を有することである。小さな実験体ではかなり密実なコンクリートをつくることができても、大構造物の施工となるとレイタンスや材料分離に対処する特別の注意が必要となるのであり、注入管 1 本あたりの受持ち面積を大きくしないこと、打ってがえを少なくすること、隔壁を設け大構造物を小さく区分けして施工することなどに留意する必要がある(清水建設・望月)。

先にも述べたとおり、水中コンクリート施工に際して生ずる難点をいっしょに解決する方法としてはプレキャストコンクリート工法がある。シールド工法や架橋工法にかわるものとして最近沈埋工法がよいよ脚光を浴びてきた<sup>13)</sup>といわれるが、これもプレキャストコンクリートを効果的に活用しているのが、有力な原因であると思われる。プレキャストコンクリートを用いる場合の問題点が第一線の技術者の一人から次のように指摘された。

プレキャストコンクリート構造物を設置地点まで曳航運搬するのを容易にするためには浮かせる形にする方法が一般にとられる。このため、構造物が大型になればなるほど、ドック、船台、仮設台などでいったんある高さ



上：無負荷 中：型枠重量が作用しはじめたとき 下：全型枠重量が作用したときの止水状況  
写真-4 スポンジマットを用いた止水効果実験

までコンクリートを打設してから海上に引き出し、残りの部分を打ち足すことが多い。わが国ではコンクリートの打設にはまずドックの利用を考えるが、海外では逆に現場近くの仮製作場をまず考えるようである。必要な支持力も  $10 \text{ t/m}^2$  程度（きつ水  $10 \text{ m}$  に相当）であり、さらに軽量骨材の利用を考えれば仮製作場で製作するメリットも十分あると思われる。打設能力は現在  $400 \text{ m}^3/\text{日}$  程度でまず間に合うが、将来コンクリート製の大型沈埋函や浮遊構造物がつくれる場合は  $2000 \text{ m}^3/\text{日}$  級も必要になろう。滑動型わくも検討されている。わが国のクレーン船は旋回式ではないが、吊上容量では世界に例をみないほど大型のものが多数ある。このため、空中重量  $3000 \text{ t}$  級のものまで吊上げ運搬、吊込みが計画されているが、海を利用する意味では浮上曳航、注入沈設を原則とするべきであろう。ただし、潮流のある地点や外洋での曳航を考えると、対水速度を  $4 \text{ ノット}$  以上に計画するのが原則であり、将来構造物が大型になるほど所要曳航馬力も大きくなり、現在の最大馬力（ $9000 \text{ PS/隻級}$ ）の  $2\sim3$  倍程度のもが必要になると思われる。位置決めについては、海洋土木では設置にかなりの精度を要求されること、陸地から相当離れた海洋上で精度を出すことは困難であるから測量台などを海上に設けても、オフショアでは測量台自身の変位が大きくなって、精度が低下することなどの問題点がある。理想的には、角度と距離が同時かつ瞬時に測定でき、このデータが据え付ける構造物側に把握できて据付けのオペレーションにフィードバックできるものであることが望ましい。きびしい海象条件に打ちかって構造物を所定の地点に係留するためのアンカーないし推進手段も重要な問題点となろう。海

上交通安全も重大な問題である（間組・下村）。

海洋構造物に対するコンクリート施工に関して種々の困難な問題点のあることはわかったが、これらの問題点も着実に解決されつつあるように見受けられることは心強い。今回は取り上げられなかったが、水中コンクリート施工法として古くから実用されてきたトレミーコンクリート工法についても、水中落下に伴い極端な材料の分離を生ずるという欠点をフレキシブルチューブを用いて解決しようという巧妙な方法が内外で提唱され<sup>14)</sup>、相当な成果をあげようとしていることは注目に値する。

また、大型プレキャストコンクリート部材の製作用に特殊なパイプレーターが開発されているというような個々の努力にも注目されるべきであろう<sup>15)</sup>。

#### 4. 海洋構造物においてコンクリートの占める役割

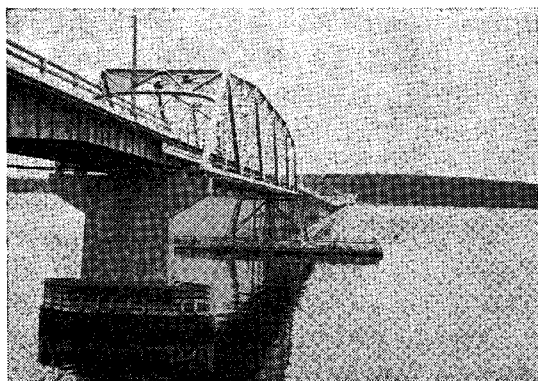
海洋土木において近い将来主役として活躍すると思われる材料といえば、やはり鋼とコンクリートをあげなければなるまい。探検、調査、掘削などの段階では鋼の独壇場であるが、海岸ならびに浅海地域を主として取り上げた海洋構造物となれば、さびるなどといった弱点を持たないコンクリートが重用されることは、自明といえよう。これまで海洋構造物用材料に関する多くの報告が出されているので、これらの概要紹介がまず行なわれたが合衆国に見習いたいものとして紹介された海軍土木研究所 (Naval Civil Engineering Laboratory) の深海コンクリート構造に関する研究<sup>16)</sup>にご注目いただきたいと思う。この研究は、外径  $165 \text{ cm}$ 、壁厚  $10 \text{ cm}$  のコンクリートボールを  $600\sim1500 \text{ m}$  のいろいろな深さに設置し長期にわたって深海に暴露された場合の構造物の耐圧性能や、コンクリートが受ける影響を調べることを目的として行なわれるものであり、 $18$  個のボールが太平洋に沈められた。 $16$  個は無筋コンクリートで半数はエポキシ樹脂でコーティングされ、 $1$  年ごとに引き上げて透水性に関するデータをとる。 $2$  個のボールは径  $13 \text{ mm}$  の鉄筋を用いた鉄筋コンクリートでつくられ、おのおのボールの半分は防水処理がしてあり、防水処理と鉄筋の腐食の関係を調べる。かぶり厚さを変えてあるので鉄筋の腐食との関連も判定できるようになっている。 $5$  年後

に9個のボールを引き上げて試験し、残りは1981年に引き上げる予定である。1230~1500mといった最も深い場所に設置した6個のボールの中には3年間作動する時計が入れてあり、ボールが破壊したらその日付けを記録できるような配慮もなされている。このように、将来をみこした研究が着々と行なわれていることは、注目されるべきであろう。

海洋構造物の多くは、在来の構造強度以外に、重量、耐久性、施工適性など各種の機能を要求するものが多いから、単に鉄かコンクリートかといった観点以上に、鉄もコンクリートも高分子材料もひっくるめて、構造用途または部位・部材別に各種材料の最適な組合せ（複合化）を決定するといったシステム設計的の観点が必要と思われるとし、一例として、港湾工専用杭材として（レジンコンクリート+FRP）が試みられ、各種フロート用パネルとして（ALC+レジンモルタル+FRP）が試みられていることを指摘するといった、将来を広く展望する発言もあった<sup>17)</sup>（開発機構・波木）。

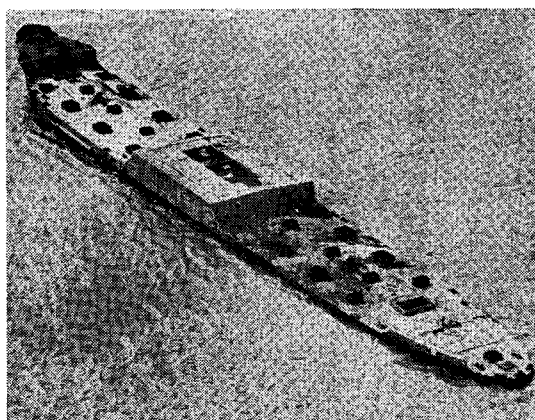
また、将来の海洋土木構造物の構造形式を模索すると従来の土木構造物の延長としての着底式のもの、新しいファウンデーションとして浮上式のものに大別されるとし、とくに浮上式は未知の部分が多い未開発分野であるが、幅広い海洋開発への用途が考えられることを指摘した発言もあった。とくに人工軽量骨材コンクリートは浮上構造物を建造するのに適した材料であることを指摘し、内外のこの種の施工例につき、スライドを用いて説明がなされた<sup>18)</sup>（写真-5~8、三井金属鉱業・清水）。

陸上で主役を果たすには至っていない人工軽量骨材が浮上式の海洋構造物となると重用される可能性の大きいことは十分予想できる。また、メタル屋、コンクリート



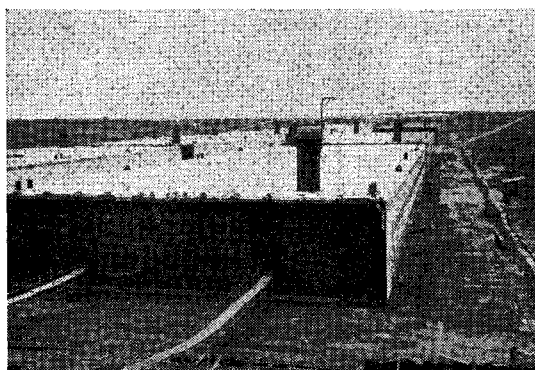
場所：アメリカ合衆国シアトル市近郊、延長：2200m、水深：70m、構造：鉄筋コンクリート造ポンツーンケーブルアンカー方式による係留

写真-5 フッドキャナル・海上浮上高速道路



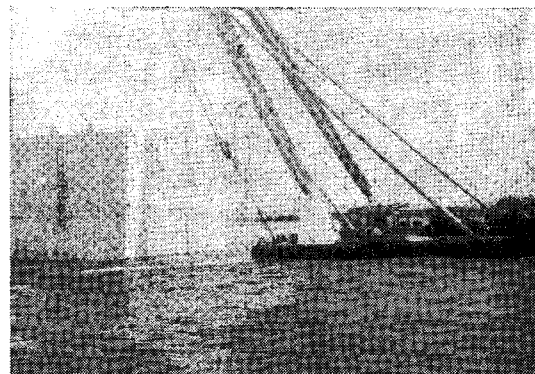
場所：アメリカ合衆国ガルベストーン、船長：130m、船幅：16.2m、排水量：1万3000t、船腹厚：10~15cm、構造：鉄筋軽量コンクリート造。使用コンクリートの性質：W/C 49%、スランプ 20cm、セメント 615 kg/m<sup>3</sup>、 $\sigma_c$  306 kg/cm<sup>2</sup>、 $\sigma_{cs}$  384 kg/cm<sup>2</sup>

写真-6 鉄筋軽量コンクリート船・セルマ号



場所：東京港口（首都高速道路公園）、構造：鉄筋コンクリート造、幅：37.4m（6車線）、高さ：8.8m、1個の長さ：115m、自重：3万8000t

写真-7 沈埋式海底道路用鉄筋コンクリート函体



場所：山口県下関市彦島海岸、高さ：13.9m、幅×長さ：10.3×8.5m、自重：592t、構造：鉄筋軽量コンクリート造ケーソン

写真-8 鉄筋軽量コンクリート造ドルフィン用ケーソン

屋など、自分の用いようとする主材料を頭から決めてかかるなどという態度は明らかに前近代的であり、土木材料を全般的に把握して、適材適所な使用をはかるとともに、個々の材料を適切に組み合わせて用いることに

努力が払われるべきであろう。この意味では、昨年<sup>19)</sup>のシンポジウム<sup>19)</sup>で紹介されたところの国立の複合材料研究所新設案は、まことに時宜を得たものであり、一日も早く具体化することが望まれているといわなければならない。

## 5. おわりに

問題点を多く拾いすぎたことと司会者の不手ぎわにより時間が不足して、場内における討論が満足に行なわれなかったことを衷心お詫びしなければならない。しかしながら、多くの方々から有意義な問題を取り上げたとお認めいただくとともに、貴重なご意見を多数頂戴したことはまことに幸いであった。全般を通じて、第一線の技術者を支援し適切に指導するような内容を示方書に盛り込むこと、将来の方向を検討し示唆するような活動が必要なことなど種々の要望がなされたが、土木学会がとにかく頼られ期待されていることは身にしみて感じとられた。このような声と期待にこたえる動きが切望されるしだいである。

### 注 記

- 1) アメリカ合衆国の PCA (ポルトランドセメント協会)、イギリスの BS (ブリティッシュ規格)、西ドイツの DIN (ドイツ規格) では海水の使用を許可しており、合衆国の ACI (合衆国コンクリート学会) 基準では禁止も許可もしておらず、ソビエトでは海水の作用を受けるコンクリートにだけ禁止しているといわれる (赤塚雄三: コンクリート港湾構造物, コンクリートブックス, No. 14, セメント協会). 海水の汚染についても検討しておく必要は認められる。
- 2) 御子紫光春・岡留 紘・和佐勇次郎・牧内 堯・大野勝実: 浦戸大橋のコンクリートおよび材料の管理について, コンクリートジャーナル, 1972. 7.
- 3) 大橋昭光・内田剛三・中野信之: 関門橋橋台のコンクリート工事 (上), コンクリートジャーナル, 1972. 3.
- 4) 第 22 回建設省技術研究会報告, 昭和 43 年 11 月.
- 5) 大場正男・森 芳徳・坂本浩行: 未利用骨材資源の開発に関する試験調査, 海砂の利用について, 土木研究所年報, 昭和 44 年.
- 6) GLC (Greater London Council) が Architects Department のために 1968 年 6 月制定した海砂海砂利に関する示方書中では, NaCl 量として砂に対して 0.10%, 砂利に対して 0.03% の値を超えないよう示している. Seadredged aggregates for concrete, Proc. of a Symposium held at Fulmer Grange, Slough, Buckinghamshire, on 9 Dec. 1968, Sand and Gravel Association of Great Britain.
- 7)  $SO_4$  イオンは Cl イオンと違って  $Fe(OH)_2$  に対する解膠作用を示さないので, 有害の程度が落ちることは確かであるが,  $SO_4$  の 3% 添加をセメントに認めているのに 2 桁も違う制限値を Cl 関係のほうに課するのは片手落ちの観がある. ACI Committee 349 が発表した原子力発電用鉄筋コンクリート容器のための基準中では, セメントに含まれる sulphates は別という条件のもとではあるが, Cl イオンだけでなく  $SO_4$  イオンも制限している.
- 8) フランス建設省土木研究所の Duriez は, Cl イオンで, PC に対し 0.002% (西ドイツのきびしい規定), 鉄筋量の多い RC に対し 0.02%, 鉄筋量が標準の RC に対し 0.05%, 鉄筋量が少ない RC に対し 0.5% といった提案を著書中でしているが, このように細分化することは実際的でないと思われる. また, 日本建築学会では高級, 普通, 簡易と三段階にコンクリートを別けて塩分許容率やとるべき対策 (防食剤の添加, 鉄筋のめっき, 砂の水洗い, 水セメント比の減少, コンクリートの密実化, かぶり厚さの増大) を変えていこうという案が検討されているという (岸孝孝一博士のご教示をいただいたことを深謝する) 傾聴すべき案であり, コンクリートの単価を合理化するのにも役立つと思われるが, 生コン工場をも含めた第一線の技術者が容易に理解し実施しようという線で検討を加えていくことが必要と思われる (より高級なコンクリートを施工するほど塩分率を相当高めても鉄筋コンクリート構造物が健全であることは過去の経験が教えてくれるところである).
- 9) 適当な防食剤が開発されれば, 生コン工場で保管する砂の種類を増やさなくてすむこと, Cl イオンや  $SO_4$  イオンの全量を考えて対処するのが容易であることなどの利点があるのでまことに有難いが, 現時点では防食剤の効果に疑問を示す意見が目について, なかなかふみきれないという段階にある. たとえば 5) 中では, 防食剤として混和した亜硝酸ソーダが溶液中の実験ではその効果が認められたが, 実際のコンクリート中ではその効果が期待できなかったとしているし, 亜硝酸ソーダやクロム酸カリなどの防食剤はアルカリ金属を含むので迷走電流の流入する懸念のある構造物に使用するとコンクリートのアルカリ脆化を起こしやすくする, との主張もある (滝原幹夫: 鉄筋コンクリートの電食, セメントコンクリート, No. 308, 1972.10). また, 鋼材の表面が清浄であり塩化物が存在しないときは有益な効果が期待できるが, このような条件のもとでは防食剤を加えなくても重大な支障は起こらないし, さびの微片が生じたところでは, そのさびが下側の金属へ防食剤が達することを妨げるために, 小さな陽極と大きい陰極という組合せをつくることもありうるので事柄はかえって重大となるとの主張もある (コンクリートジャーナル 1972. 7 に紹介された ACI 212 委員会報告中の一意見). 反面, 有効な防食剤があるとする多くの論文や報告 (リグニンスルホン酸塩の防食効果を認めたものを指す) もあるので, 今後の研究開発が強く望まれる.
- 10) 鉄筋コンクリート標準示方書中で塩化カルシウムの 1% 混和を認めている理由である. たとえば, ASTM の出版した Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-making Materials 中の鉄筋のさびに関する Railey Tremper の論文参照のこと.
- 11) 田中行男: 本四連絡橋における海中コンクリートの施工とその問題点, コンクリートジャーナル, 1972. 8. 浅間敏生・原田 宏: 本州四国連絡橋基礎工に関するプレバックドコンクリートの大型施工実験, セメントコンクリート, No. 292, 1971. 6. 田中行男・野口 功・桜井紀朗: 大寸法砕石を用いたプレバックドコンクリートの大型実験体による注入実験, コンクリートジャーナル, 1971. 7.
- 12) 鉄道建設業協会 (大林, 鹿島, 能谷, 佐藤, 清水, 大成, 鉄建, 飛鳥, 西松, 間, 前田の各建設会社で構成) 本四連絡橋基礎工調査所総括主任であった.
- 13) 軟弱地盤に適しており, 経済性 (架橋方式の約 1/3) 安全性 (圧気が不要) を兼ね備えているうえに工期が短いという長所を有しているため, 本格的な沈埋工法時代に入りつつある. 昭和 47 年 11 月 7 日の日刊工業新聞によると施工中 4 (扇島, 洞海湾, 衣浦港, 東京港), 計画 中 3 (川崎港, 東京湾第二航路横断, 湾央部横断) にのぼっているといわれる.



- 14) Louis C. Schoewert, Henri F. Hillen : Underwater Transporting of Concrete with the Hydro-Valve, J1, ACI 1972. 9.  
水中グラウト施工研究会：深い水中に施工するプレバックドコンクリート施工に関する新しい施工法，セメントコンクリート，No. 300, 1972. 2.  
今中靖雄：鳴門海峡における海上実験，土木建設，1971. 7. なお，15) 中にも一部紹介されている。
- 15) 石井文雄：海洋におけるコンクリート構造物の新しい施工法，コンクリートジャーナル，1972. 8 (紹介記事)。

- 16) J1, ACI 1972.1, コンクリートジャーナル，1972. 8 に松本洋一氏が紹介。
- 17) 波木 守：海洋構造物材料，コンクリートジャーナル，1972. 8.
- 18) 清水 昭：海洋開発と人工軽量コンクリート，コンクリートジャーナル，1972. 8.
- 19) 国分正胤・尾坂芳夫・岡村 甫・山崎寛司：コンクリート界における設計および材料に関する話題，土木学会誌，臨時増刊 Annual '72, 57-4, 1972. 4.

ダム基礎岩盤グラウチングの施工指針	900 円 会員特価 800 円 (〒 90)
土木技術者のための岩盤力学(第3版)	3 600 円 会員特価 3 250 円 (〒 200)
市街地土木工事の仮設と安全対策	2 200 円 会員特価 2 000 円 (〒 170)
土木技術者のための法律講座	1 100 円 会員特価 1 000 円 (〒 140)
土木技術者のための振動便覧	2 800 円 会員特価 2 500 円 (〒 170)
土木技術者のための測定法	2 000 円 会員特価 1 800 円 (〒 170)
地震応答解析と実例	5 000 円 会員特価 4 500 円 (〒 200)
鉄筋コンクリート終局強度理論の参考	1 600 円 会員特価 1 450 円 (〒 140)

# 土木用語辞典

(社)土木学会 監修/編集委員会 編/編集委員長 本間 仁  
▶ B 6・1446頁・5500円

## HANDBOOK OF STRUCTURAL STABILITY (英文) (構造安定ハンドブック)

日本長柱研究委員会編/編集委員長 林 毅  
▶ B 5・1078頁・22000円

## 弾性論 ティモシェンコ グーディア 共著

Theory of Elasticity 3rd ed.  
金多 潔監訳/荒川宗夫・坂口昇・森哲郎共訳  
▶ A 5・616頁・5500円

## 弾性系の動的安定

ポローチン著/近藤誠治・中田和夫共訳  
▶ B 5・402頁・5600円

★至急お求めの際は、直接小社にご送金下さい(送料小社負担)

## 新編土木工学講座 既刊17冊

### 17巻 道路工学

熊野高専教授 岸田正一・大阪府立高専教授 安孫子幸雄共著  
▶ A 5・424頁・1900円

### 18巻 鉄道工学

大阪府立高専教授 宮原良夫・和歌山高専教授 雨宮廣二共著  
▶ A 5・216頁・870円

### 19巻 地域および水資源工学

京大教授 工博 米谷榮二・明石高専教授 内海達雄 共著  
▶ A 5・234頁・950円

### 21巻 河川および水資源工学

専修大・北海道短大教授 渡谷和夫・大阪府立高専教授 大同淳之 共著  
▶ A 5・338頁・1500円

### 22巻 建築学概論

橋本敬治郎・渋谷泰彦・大沢徹夫・谷本祝紀 共著  
▶ A 5・278頁・1200円

東京都文京区千石 4-46-10  
郵便番号112



# コロナ社

振替東京 14844  
電話 (03)941-3131(代)