

最近のコンクリート界の話題

土木学会コンクリート委員会

コンクリート工学の最近の動向を一言で表現すれば、“大型化・急速化および合理化”ということになる。これは社会的要請によるものであって、経済化を達成するために必要な要素でもある。すなわち、従来とは比較にならないほど大型な機械を駆使して大量のコンクリートを短時日に施工し、大型コンクリート構造物を経済的に建造しているのであるが、これに付随する諸問題について調査研究が進められている。前記の合理化の表現には、省力化および安全化とともに、工事に伴う各種公害の軽減も含まれるのである。

道路・鉄道などの著しい発達は、必然的に立体交差橋や河川その他の橋梁の増加をもたらすが、交通量の増大、とくに車両の大型化に伴う困難を克服して、そのスパンは次第に増加しつつあり、コンクリート橋梁でも、プレストレストコンクリートの場合には50m以上のスパンのものも経済的な建設が容易となっている。スパンの増大を経済的に実施するため、材料としては、まず自重の軽減^{*)}が要望されるので、軽量骨材コンクリートの研究が盛んである。

設計の合理化は土木工学全般の趨勢であるが、コンクリートの分野でも、合理的な安全度を付与するための設計方法の研究が進められている。

コンクリートに対する各種要望のなかで最も切実なものは、工期の短縮であろう。これに対処するため、きわめて早期に高強度を発揮するセメントの開発研究が活発に進められ、また、プレキャストコンクリート部材による接合構造の研究が緒についている。プレキャスト部材によれば、工事現場における工期は著しく短縮され、これが普及すれば省力化にも経済化にもきわめて有効となる。また、部材は整備された工場で製造され、品質管理もゆきとどくので、部材に対する信頼度も向上し安全度の低減も可能となる。この工法における問題点は部材の接合方法にあるので、この点に関する研究が進められているのである。

狭小な国土で驚異的な経済発展をとげているわが国の特質であろうが、建設工事に伴う各種の補償や、いわゆる公害は大きな社会問題となっている。地下施設もこれ

1) 地盤が良好でない地域においては、自重軽減の主要な効果が基礎構造の簡易化にあることが多い。

2) コンクリート舗装にも試験的に使用されたことがある。

を解決する一つの方法ではあるが、根本的な解決策にはほど遠い。大陸棚の利用、海面の活用などに新生面がある。海底の交通路、海上の飛行場、浮上都市、浮上工場、海洋開発基地などに土木技術者の夢は広がってゆく。この夢を実現するためのコンクリート技術が今後における最も重要な課題であるが、この方面の開発研究を推進する動きが認められ、期待に胸がふくらむ思いがする。

1. コンクリート工学における研究の動向

(1) セメント

コンクリート工学の発展は、まず材料の進歩によってもたらされる。わが国のセメント生産量は世界の第3位であって、生産設備も完備し品質も第一級のものであるが、昨年以來、超早強ポルトランドセメントが市販されはじめたのは近來の快事で、世界的の業績である。これは原料の微量成分・石こう・微粉砕などの効果を巧妙に組み合わせた結果であって、このセメントを用いたコンクリートの圧縮強度は24時間後に150~200 kg/cm²が十分に期待でき、各種の急速工事に活用されはじめている。さらに、早期高強度のセメントとしてはアルミナセメントがあり、このセメントを用いれば8時間で300 kg/cm²、24時間で500 kg/cm²のコンクリートをつくるのが容易である。しかし、この種のコンクリートには、露出条件によっては長期強度が半減するおそれが考えられる。この欠点をフライアッシュの混用によって補なうことが研究されている。この研究は、わが国独自のものであって、期待は大きい。

わが国の発明ではないが、カルシウムサルフォアルミネート(セメントバチルス)を混和し、その制御された膨張反応を利用する膨張セメントも市販されはじめている。これは硬化収縮・乾燥収縮などの悪影響を緩和するためのものであって、現在のところ、陸屋根・地下壁・プール・水槽など^{*)}に用いられているが、収縮ひびわれはほとんど発生せず好成績が得られている。この膨張をさらに積極的に利用しプレストレストコンクリートとするための研究も世界中で行なわれているが、いまだ実用に至らない。ただ、遠心力プレストレストコンクリート

管および水道鉄管のモルタルライニングには全面的に活用されている。

コンクリートの引張強度の向上はセメント発祥以来の問題点であるが、この多年の懸案を解決するためにはプラスチック・合成繊維などの補強素材との複合について研究する必要がある。また、海洋コンクリート構造物その他の新分野に進出するためには、コンクリートの複合機構に立ち返って研究を進める必要もあろう。歴史を誇るコンクリートも、新しい視野から見直して研究を推進すべき時期を迎えている。

(2) 骨 材

軽量で強度も強い人工軽量骨材はアメリカでは以前から生産されていたが、わが国では昭和 40 年頃から実用されはじめた。これを用いればコンクリートの単位重量を $1.6\sim 2.0\text{ t/m}^3$ として $300\sim 500\text{ kg/cm}^2$ の圧縮強度が得られ、自重軽減の目的が達せられるので、生産量は年々増加している。軽量コンクリートの力学的諸性状は普通のコンクリートと相当に異なっているので、これらを確認するための研究が活発に実施されている。とくに引張強度・せん断強度・クリープ・乾燥収縮などに関するものが多いが、諸研究の結果は外国の報告と必ずしも一致していない。これは、主として人工軽量骨材の品質の相違によるものと思われる。

諸外国、とくにヨーロッパでは、高強度で耐久性も必要とするコンクリートに人工軽量骨材を用いた例は少なく、プレストレストコンクリート (PC) 橋に用いて著しい凍害を受けた事例もある。わが国では鉄道橋の PC 桁や高速道路橋のスラブにも用いているが、いずれも好成績を得ている。これは、気象作用がそれほどきびしくないこと、適当に用心鉄筋を用いて乾燥収縮の悪影響を緩和していること、応力集中が著しくならないように注意を払っていることなどによると思われるが、わが国では軽量骨材の種類が限られていて、その品質が良好であることも一因であろう。なお、鉄道橋の場合には、耐久性を考慮して天然粗骨材を適当に併用したが、これは独自の工法である。

(3) 鋼 材

高張力異形鉄筋については、良好な付着性と耐疲労性とを両立させる表面形状の研究は、わが国独自のものであり高く評価されている。コンクリート構造物の大型化に伴い、省力化および経済化の見地から、現在では研究の重点は直径 51 mm 以上の太径鉄筋に向っている。太径鉄筋を広く実用するためには、ひびわれ幅および疲労性を制限するための表面形状のほかに構造細目についても検討を要する問題点が多いが、継手工法として独自の強

還元炎ガス圧接法がすでに開発されているのは心強い。

先般のサンフェルナンド (ロスアンゼルス) 地震において太径鉄筋を用いた柱が無残に破壊したことが報道されている。この理由は不明であるが、継手が不備でかつ一断面に集中していたこと、フープ筋が不足していたこと、はりとの接合部における配筋が適当でなかったこと、鉄筋の表面形状が適当でなかったこと、なども大きな原因と思われるので、切歯の感にたえない。

わが国の PC 鋼材の品質は国際的にみても良好であって、国内消費量よりも輸出量のほうがはるかに多いものもある。この進歩に応じて本年は JIS も改訂され、PC 鋼線および PC 鋼より線、PC 鋼棒、PC 硬鋼線、の三本立てに拡大され、いっそう高強度のものも規定された。

(4) 鉄筋コンクリート部材ならびにプレストレストコンクリート部材の設計方法

この数年間に発行された内外約 50 種のコンクリート関係雑誌に掲載された論文のキーワードを分類し集計してみると、設計関係では“終局強度”が最も多く、アメリカコンクリート学会誌の掲載論文では“ねじり”に関するものが最も多く、クリープ・乾燥収縮・付着などが続いている。これは設計関係における世界の研究動向を示唆するものであり、わが国の傾向もこれらと大差はない。

前記の動向が反映されて、アメリカ³⁾、ドイツ⁴⁾、イギリス⁵⁾ などにおいては、最近相ついで鉄筋コンクリート標準示方書の改訂案が公表され、それぞれ慎重な審議が実施されている。これらの改訂における最も顕著な点は、① 従来の弾性設計方法から終局強度設計方法に移行したこと、② 載荷に伴うコンクリートのひびわれ幅を制限する条項を設けたこと、③ せん断の条項を改めたこと、④ 長柱の設計に付加モーメント法が採用され、従来の低減係数法を廃したこと、などである。

せん断力と曲げモーメントとを受ける鉄筋コンクリート部材の力学的性状は、コンクリートに生ずるひびわれによる応力の再分配、骨組構造の解析では考慮されない軸直角方向応力の影響などがあって複雑であり、現在でも十分に解明されてはいない。しかし、最近の研究が取り入れられ、DIN では従来の古典的トラス理論からの大転換が行なわれようとしており、BS Code にも新しい計算法が採用されようとしている。ねじりを受ける場合についての研究が現在盛んに行なわれているが、ACI

3) ACI Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 1970.

4) DIN 1045 Beton-und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung, 1968.

5) BS Code of Practice for the Structural Use of Concrete, 1970.

Code では、今回もねじりに対する設計方法を規定するのを見合わせている。

プレストレストコンクリートの設計施工規準については、ヨーロッパコンクリート委員会 (CEB)⁶⁾ とプレストレストコンクリート国際機構 (FIP)⁷⁾ とが現在活発な活動を続けている。1964 年に CEB は統計的資料をもととする確率論に立脚した限界状態設計法を取り入れた鉄筋コンクリート設計施工規準を発表した。この案については、なお、多くの理論的ならびに実験的の裏付けが必要であるとされたが、これを一応の原案として国際規準を作成するための委員会が設置された。また、この案の構想をプレストレストコンクリートにまで拡張する作業を行なうための CEB FIP 合同委員会の設置も提案された。

前記の 2 団体それぞれと合同委員会とが調査研究を行なった成果を取りまとめ、1970 年の第 6 回 FIP 国際会議においてコンクリート構造物設計施工国際指針⁸⁾ として発表されたのである。この指針の特徴は、鉄筋コンクリートからプレストレストコンクリートにわたる全領域をカバーしていることで、前記の限界状態設計法を取り入れている。指針の一般原則や特性値および設計用値は鋼構造・木構造・合成構造などにも適用できるものであるので、従来論議の多かったコンクリート構造と鋼構造とにおける安全度の概念の差も解消するものと期待される。

しかし、あまりにも革新的な指針⁹⁾ であるので、わが国の標準示方書にこれを取り入れるには多くの問題が残されており、コンクリート委員会では慎重に検討中である。

(5) コンクリート橋梁

山陽新幹線(大阪一岡山間)の橋梁は、騒音・振動などの公害に対する考慮から、コンクリート橋梁が非常に多く、全体の 93% を占めている。スパン 40 m 以上のものには、プレストレストコンクリート (P C) が用いられており、プレキャストブロックによる片持架設のものもある。ブロックによる片持架設はヨーロッパで広まったものであるが、わが国でも、首都高速道路の目黒架道橋 (スパン 39.5 m) が昭和 41 年に完成して以来、この工法がとくに関東地区の日本道路公団工事で多数採用されつつある。この工法によれば、工事に伴う交通の混乱を避けることが可能であり、これに関連した試験研究は活発に行なわれている。

6) Comite Europeen du beton.

7) Federation internationale de la precontrainte.

8) Recommandations internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en béton (プレストレストコンクリート技術協会と日本コンクリート会議との協同による日本語版がある)。

9) イギリスの示方書案 (BS Code) は、これに準じている。

また、都市再開発と一体となった高速道路の建設として、プレテンション JIS 桁を全面的に採用して 4 階建ビルの屋上に建設された阪神高速道路船場区は注目に値する工事である。長径間コンクリート橋としては、場所打ち片持工法による浦戸大橋 (高知県) のスパンは 230 m であり、この工法による P C 橋として世界第 1 位のスパンである。

近年、大型電子計算機の発達により高次の構造系の計算や動的解析が盛んに行なわれるようになった。また、標準設計に関する研究も進み、コンクリート構造についても自動設計・自動製図が開発され、一部で実用化されている。しかし、ややもすると設計すなわち電算といった風潮もあり、コンクリート構造特有の仮定や施工の良否の影響を忘れる傾向が見受けられることもある。有限要素法についても検討されているが、現在のところ基礎と橋脚との接合部その他特殊箇所における応力解析に実用されている程度である。

(6) コンクリート舗装

コンクリート舗装の研究の重点は、世界的に試験舗装の実施による設計方法の確立、目地構造の改善、冬期交通による版表面の損傷の防止および補修方法の開発にある。わが国では近年交通量の急激な増加に伴い、世界に例のない厚さ 30 cm のコンクリート版の舗設を考慮せざるを得ない情勢にあるが、このような版厚の設計方法あるいは版の補強方法などが、試験舗装によって確立されつつある。また、曲げ強度に及ぼす要因の解析や連続鉄筋コンクリート舗装・プレストレストコンクリート舗装などについての検討も継続して行なわれている。

(7) コンクリートの耐久性

構造物のコンクリートの凍害抵抗性については、解明すべき多くの問題点が残されている。第一に、小型供体による促進凍結融解試験結果と寒冷地にあるコンクリートの耐久性との関連性である。これを確かめるため、日本大ダム会議では 1 m × 1 m × 1 m の大型コンクリートブロック 75 個を 6 か所のダム現場に設置し、長期にわたる天然暴露試験を実施しているが、世界にも例のない試験であって注目を集めている。

第二には、コンクリートの劣化機構の解明があげられるが、コンクリートをセメントペーストと骨材の複合材料として取り上げ、劣化の進行過程を徹微的に解析し検討する研究が進められている。

(8) コンクリート製品

プレキャストコンクリート部材の利用が活発化するにたがって、各種工場製品の製造技術は一段と進歩する

と思われるが、現段階においても、わが国のP C杭・P Cパイルなどの技術は世界の一流に位するものである。

遠心力P C杭が大量に使用されたのは、昭和 37 年の首都高速道路公園・海中高架橋工事が最初であった。その後、利点と経済性が認識されるにしたがって、橋梁・建築物などの基礎杭として広く用いられてきた。注目すべきは大径P C杭であって、外径 1.0~1.2 m のものだけでなく、3 m のものまで実用化しており、橋脚本体にも活用されている。

最近における遠心力P C杭の特長は、1000 kg/cm² 程度の圧縮強度のきわめて高品質のコンクリートからなっていることで、強度の変動係数も 4 %前後と報告されている。この高強度は、主として高温高压蒸気養生（オートクレーブ養生）の効果によるものであるが、シリカ質混和材・減水剤などの巧妙な使用による効果も没することはできないのであって、セメント系複合材料の見事な成功例といえる。

(9) 原子炉用圧力容器

原子炉用のP C圧力容器P C格納容器は、合理的な形状・構造などがまだ確立されておらず、その設計施工の一般的規準も定められてはいない。これがため、諸外国においては、それぞれ広範囲におたる実験的研究を継続している現状である。この種の容器は、当然のことながら高い安全性と信頼性が要求されるので、設計条件（内圧・温度・地震力）下の挙動を模型実験によって明らかにし、安全度の検証をはかっているのである。

わが国においてもP C容器およびP C格納容器に関する研究がようやく活発になりはじめ、材料の諸性状・構造設計の研究だけでなく、大規模な模型実験も発足する気運にある。解析手法については、有限要素法による応力解析法が用いられている。

(10) 巨大工事

本州と四国および北海道を結ぶ大工事も着々と前進しつつあり、調査段階からすでに実施段階に移っている。本州四国連絡橋では巨大な海中橋脚の施工が大きな焦点となるので、種々の試験工事が進められている。プレバッドコンクリートの水中施工状況その他については、すでに種々の新しい知見が得られている。また、橋脚の施工継目が顕著な弱点となる可能性が大きいため、これに対処する方策も種々検討され、わが国独自の対策も提案されている。これらの研究成果は、海洋構造物用コンクリートにも応用できるので、期待はすこぶる大きい。

青函トンネルにおいては、吹付けコンクリートやセメント注入についての研究が行なわれ、前者は鋼製支保工にまさる点の多いこと、後者は薬液注入と併用すること

により海底の断層破砕帯も十分突破できること、などが確かめられているのである。

2. コンクリート委員会の最近の活動状況

コンクリート委員会では、重要な調査事項に応じて、これを処理するため小委員会を設け活発に調査研究を行ない、その成果が得られた際には、必要に応じてコンクリート委員会に報告するとともに、シンポジウムを開催したり、学会誌・コンクリートライブラリーなどに発表したりして研究成果の普及につとめている。すなわち、人工軽量骨材については、これに関する小委員会の各委員の研究成果を中心として昭和 38 年と 44 年の 2 回にわたってシンポジウムを開催し、それぞれ一般の発表をも含めた論文集をコンクリートライブラリーとして発行した。異形鉄筋についても同様のシンポジウムを昭和 37 年および 40 年に開催し、コンクリートライブラリーに発表した。また異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリートの設計例についても、小委員会を設けて慎重に審議した成果を発刊し、昭和 43 年にはこれを改訂した。現在における主要な小委員会の活動状況は次のとおりである。

(1) P C工法小委員会

現行の土木学会プレストレストコンクリート（P C）設計施工指針は一般的な事項についてのみ規定したものであるため、個々の工法を現場で使用する場合に不十分となるのはやむを得ない。先般来、各種工法について具体的に規定した指針を望む声が非常に強いので、昭和 39 年から工法別に小委員会を設けて審議を重ね、それぞれの設計施工指針を作製している。昭和 46 年 6 月までにディビダーク工法・MDC 工法・レオンハルト工法・レオパ工法・BBRV 工法・フレシネー工法などの設計施工指針をコンクリートライブラリーとして発行し、その他フープコーン工法・OSPA 工法・QBC 工法および VSL 工法の審議を終了しており、近く最後の SEEE 工法の審議を開始する予定である。MDC・フープコーン・OSPA・OBC の 4 工法はわが国独自のものであるため、その広い普及が期待される。

(2) 終局強度設計小委員会

昭和 43 年以来、鉄筋コンクリート部材の終局強度設計方法について、基礎資料を収集して整理し、問題点を検討している。近くその成果をコンクリートライブラリーとして発行する予定である。なお、土木・建築両分野において、この設計方法を標準示方書（仕様書）に取り入れる際に、両学会の鉄筋コンクリート構造物設計方法を統一することを考慮し、連絡小委員会を設けて情報を

交換し緊密な連けいをはかっている。

(3) PC設計施工指針改訂小委員会

土木学会のPC設計施工指針は、第1次改訂以来すでに約10年を経過しているの、その後における著しい進歩を取り入れてプレストレストコンクリート標準示方書に改めるための調査研究が昭和43年以来活発に進められている。すなわち、設計および施工の両分科会を設け、それぞれ慎重な審議を重ねてきたのであり、近日中にその成案についてコンクリート委員会で審議する予定である。

(4) アルミナセメント小委員会

アルミナセメントを土木工事に使用する場合における問題点について、昭和43年以来実験・研究を行ない検討を重ねている。その結果、アルミナセメントコンクリ

ート施工指針の成案が得られたので、6月16日にシンポジウムを開催して公開討議を行なったのち、コンクリートライブラリーとして発行する予定である。

上記の小委員会のほかに、コンクリート委員会と密接な関連を持つものにプレストレストコンクリートぐい研究委員会がある。これは昭和45年に発足したもので、製造・支持力・設計・施工の4分科会を設け活発な研究活動を行なっている。とくに施工分科会においては、昭和45年度建設省技術研究補助金による大規模な研究と共同して、大径PCぐいの施工方法とは支持力との関係について実験的研究を実施している。この委員会の研究成果は、大径PCぐい設計施工指針として公表される予定である。本文の執筆にあたり、池田、岡村、小林、塚山、永倉、長滝、樋口、松本、宮田、柳田各委員のご効力があつたことを付記する。(委員長 国分正胤)

アルミナセメントに関するシンポジウム講演概要頒布

1. 体裁：B 40 ページ オフセット印刷
2. 頒価：500 円 (〒 50 円)
3. 内容：昭和 46 年 6 月 16 日開催の標記シンポジウムの講演概要でアルミナセメントまたはアルミナセメントコンクリートに関する研究 20 編 (1 課題 2 ページ) を収録。

コンクリート構造物設計施工国際指針

CEB-FIP制定 / PC技術協会・日本コンクリート会議
B5・上製 192頁 ¥1,900
合同委員会によって制定された1970年指針。

土木施工システム論

矢野信太郎著 ————— B5・264頁 ¥2,000
建設技術の本質と生産構造としての建設工事をシステムチックに追求し、建設技術者の方向を示す。

斜面安定工法

日本材料学会土質安定材料委員会編 A5・320頁 ¥1,900
斜面の崩壊の原因と機構から調査・計画・設計と施工・各種安定工法まで、その指針と解説をまとめる。

大型ドックの構造設計と施工

荒谷俊司著 ————— B5・200頁 ¥4,200
著者が担当した35万トンおよび50万トンドックの設計・施工での幾多の実験とその考察とを詳述。

鋼構造防錆防食マニュアル

<鋼橋塗装編> 日本鋼構造協会編 ———— A5・300頁 ¥3,100
亜鉛メッキやメタリコンも含め鋼橋塗装に関する規準を中心とした使用面についての解説と参考資料。

土木工事標準積算便覧

工事費積算研究会編 ————— B5箱入 300頁 ¥3,500
土木工事費の積算方式と標準歩掛、測量・調査に関する積算方式と標準歩掛(付)積算に関する諸資料

建設機械ハンドブック

建設機械研究会編 ————— B6・上製 410頁 ¥1,800
<主要目次> 掘削運搬機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、クレーン物上機械、路盤用機械、モータグレーダ、締固め機械、穿孔機械および注入機械、他

全訂新版 工事管理

一新しい計画と管理の技術—
佐用泰司著 ————— A5・250頁 ¥1,600
工事管理の理論と実際について、一般的に普遍性のある基礎理論と手法の原則を解明した待望の書。

明日を築く
知性と技術

鹿島出版会

107 東京都港区赤坂 6-5-13 電話 582-2251 振替東京180883