

委員会報告

土木学会『コンクリート標準示方書』の改訂の要点

ESSENTIAL POINTS OF REVISION OF J. S. C. E. SPECIFICATIONS FOR CONCRETE

土木学会コンクリート委員会

J. S. C. E. Concrete Committee

1. 改訂の精神

樋口芳朗*

わが国でほとんど被害を生じない程度の地震でもメキシコでは大災害を起こす——このことはわが国の耐震設計法の優れていること、およびその基づく示方書基準類が適切であることを雄弁に物語っている。

ところで「地震の正確な予知が可能である」、「より正確な地震の予知はあらゆる面で望ましい」などという主張に接すると、深刻な疑問が湧出してくる。前者については不可能といった方が正直であろうし、後者については、万一きわめて正確に大地震を予知できたとして経済的あるいは心理的のどのようなメリットがあるかと反問されれば返答に窮するからである（死期の予知と、大地震の予知とは基本的に似た点が多いといえは暴論だろうか）。

高度成長時代に施工されたコンクリート構造物を主対象として耐久性につき深刻な疑問が提起されている。また、周知のとおりコンクリートクライシスの声も高い。この中で土木学会コンクリート標準示方書改訂という重責に喘いだ、著者の脳裏を常に離れなかったのは、冒頭に挙げたような設問と反省であった。土木学会の標準示方書は「実用的であること」および「世界の大勢に遅れないよう理論的であること」を基本的に要請されている。それは何よりも優先して第一線実務家の味方でなければならぬし、世界の最先頭を切るわが国の現状を考えて、諸外国に教示できる内容を有しななければならない。

「土木学会で割り切った指示を与えるべき事項を、安易に責任技術者によることは、できるだけ避けた

こと」「舗装編やダム編では設計を従来どおり許容応力度法によるとし、限界状態設計法を主流的に取り入れるというように大改訂された一般編との間に一線を画したこと」「RCD工法やポンプ工法によるダム施工例も増えつつあるが今回は取り入れなかったこと」「空港舗装について記述を強化したこと」「従来示方書の冒頭に挙げられていた“コンクリート標準示方書の適用について”のように歴史的使命を終わったと判断される部分は削除したこと」「品質管理の重点を骨材管理を強化するというように、より“川上”に移すとともに実用的なものとしたこと」「特に耐久性を考慮してコンクリート品質を慎重に定めたこと」「“コンクリート構造物の維持補修指針(案)”を制定して付録とし、将来この問題がきわめて重要となることを示唆したこと」……(舗装編、ダム編以外については後に続く論説も参照されたい。なお、本論説を執筆するにあたり、種々ご教示頂いた小林茂敏主査および城島誠之主査に深謝する次第である。)……等が、今回の主な改訂要点であった。

「誰も守れない」、また「誰も守らない」自動車制限速度が大書林立されている——これはわが国独特の奇妙な風景であり、ブラクチスである。このように現場第一線へすべての無理をしわよせすることが、非実用的であり、非理論的であり、非国際的であり、非道徳的であることはいうまでもない。今回の示方書改訂にあたってはこのような規定をつくらぬよう各委員は懸命に努力された。しかしながら理想的とはいえない部分が残ったことも認めざるを得ない。

弁解がましくて恐縮であるが、工学においては経済性

* 正会員 工博 東京理科大学教授 工学部土木工学科

も考えて妥協することを常に要請されている。どの線で妥協するのが適切であるか——これが今回の示方書改訂にあたっては、担当委員を悩ませる最も難しい点であった（ニーパの祈り¹⁾が想起された次第である）。

昔のアメリカ合衆国のコンクリート標準示方書には、示方書に取り入れられなかった少数意見が付されていた。このような方式は取れなかったが、示方書本文に記すと技術の進歩を阻害するおそれのある数値や、第一線の技術者に有用と判断される資料は、できるだけ解説で取り上げた。ページ数の関係でコンクリートライブラ

2. 設 計 編

(1) はじめに

現示方書の制定は昭和49年に内容の改訂・追加とともに無筋コンクリートと鉄筋コンクリートの両方を合併し、無筋および鉄筋コンクリート標準示方書として制定された。途中昭和52年に小規模な改訂と昭和55年にせん断力に対する設計法と許容応力度に関する改訂が行われ現在にいたっている。また前示方書は昭和42年に改訂・追加が行われている。このように示方書はおよそ10年程度に一回は改訂・追加を行い世の進歩に合わせていくのが1つの目途かもしれない。

今回も現示方書を制定してから約10年経過しており、新しい技術を取り込んで改訂してはという状況にあった。しかし、改訂を前提として話を進める前に、まず広く各分野で示方書を利用している方々からできるだけ多くの意見を聞くことから始めることにした。そこで大学・官公庁・建設会社・コンサルタントなどの分野から数人ずつ選んでいただき、現行の示方書で不都合なところはどこか、それはなぜか、改訂する必要があるか、改訂に際して新しい示方書を作成するための資料はあるかなどの討論を数回にわたってフリーの立場で行った。

意見は実にたくさんだったが、主なものを拾ってみると次のとおりであった。

① 現行の示方書は橋梁を意識しすぎているためかその他の構造物に適用しにくいので、できるだけ広い範囲の構造物に適用できるようにしてほしい。特に土木と建築の境界にある構造物の設計は、どちらの示方書を適用するかが難しく、考え方だけでも一致させてくれればありがたいが……。

② 土木構造物の安全率の概念があいまいであり、明確にする必要がある。

③ RC、PCの示方書は現在別々に制定されているが、SRCも含めて同一パッケージで扱った方がよい。

④ 最近コンクリートの品質低下がうんぬんされてお

りに回したのものもあるが、第一線の方々に有用であることを熱望している。

塩害、アルカリ骨材反応……と急速に浮上し現在総力をあげて検討中の重大問題も少なくない。これらの検討結果を反映させながら、コンクリート標準示方書が陳腐化しないよう不断に努力されなければならないことは当然である。今回の示方書改訂に貢献して頂いた多くの方々に深甚の謝意を表するとともに、特にわが国の将来を担う若い方々に一層奮発されるよう期待し懇願しながら筆をおく次第である。

御子柴光春**

り、ひびわれや耐久性を重視した設計が必要ではないか。

⑤ 示方書の次の改訂が約10年先であると考えられるならば、世界的すう勢である限界状態設計法を採用する方向で検討するのがよいと思われる。

⑥ 許容応力度設計法による示方書も、考え方を明確にさせればよいのではないか。

⑦ ……。

そしてさらに議論を重ねたところ、もし改訂するとすれば次の方向で進んではどうかという方向付けができた。

① 示方書は今後10年程度使用可能なものとし、できるだけ実用的で使いやすいものとする。

② RC、PC、SRCは特に分けずに取り扱う。

③ 示方書の範囲はできるだけ広い範囲に適用可能なものとする。

④ 従来の示方書は、国外文献の焼直しが多かったが、今回はできるかぎり日本の研究成果を採り入れて作成する。できれば独自のものとしたい。

⑤ 示方書は限界状態設計法とする²⁾。

なお限界状態設計法については昭和43年に終局強度設計小委員会が設置され、以来昭和47年にコンクリートライブラリー第34号『鉄筋コンクリート終局強度理

注1) 神よ、われらに与え給え。

変えられないことを受容する冷静さと、

変えるべきことを変える勇気と、

そして、

変えられないことと変えるべきことを見分ける英知を。

注2) 設計法の世界的なすう勢としては、すでに限界状態設計法の時代に移行しているか、あるいは移行しつつある段階であり、今回の改訂では多少困難でも限界状態設計法を取り入れ、外国に遅れをとることなく示方書を整備する。このことが日本の国として海外技術援助、技術協力をはじめ海外工事も少なからず行っている現状では必要なことであるという意見が大勢を占めた。しかし、一度に許容応力度設計法から限界状態設計法と変わるのには性急すぎ混乱をまねくので、両示方書を併用してはという意見もかなりあった。そこで関係機関の示方書類が整備されていない現状では、許容応力度設計法も暫定的に併用することにした。

** 正会員 日本道路公団東京第2管理局
谷和原管理事務所所長

論の参考』の刊行、50年に同第41号『鉄筋コンクリート設計法の最近の動向』の刊行、52年に『コンクリート構造設計指針第二次素案』を土木学会年次学術講演会研究討論会での発表、56年にコンクリートライブラリー第48号『コンクリート構造の限界状態設計法試案』、さらに58年にコンクリートライブラリー第52号『コンクリート構造物の限界状態設計指針(案)』が発刊されるなどの経過をたどって現在にいたっており、限界状態設計法そのものがすでに一般化したとはいわないが、かなり浸透したと考えている。

しかし、いざ示方書を全面的に限界状態設計法で作成するとすると多少趣を異にする。それは部分的にであれ主体的な部分が限界状態設計法に移行できない部分がありはしないか、あるとすればその部分を早急に見つけだし、今回の改訂時にはどうするか、もし限界状態設計法によって全体を構成することができないならば、その部分には現行の示方書を使わなければならない、示方書としてどうするか早い時期に決断しなければならぬ。この決断が遅れるならば示方書の改訂は中途半端になり、改訂の意義は半減することにもなりかねない、など心配はあったがとにかく新示方書の設計法は限界状態設計法でできるかぎりまとめることとしてスタートした。

なお改訂のための分科会は最初から数分科会に分け、それぞれが単独に分担した部分だけを示方書としてまとめるのではなく、全体の構成の中でそれぞれの分科会が担当する分野の作業を進めてもらうこと、および示方書構成上あるいは内容に関して問題が生じた場合は全体で討論し、それらの問題をどこの分科会で担当するのが適当か、あるいは現在担当している項目でも他の分科会で担当するのが適当であれば、そちらの分科会に担当換えをするなどの討論を行うために第13分科会を設けそれにあてた。そしてこの分科会は各分科会の主査・幹事によって示方書(設計編)全体の構成と内容のバランス、あるいは示方書として抜けている部分がないかに十分気を配りつつ種々の問題を討論した。したがって各分科会の開催と主査・幹事会の開催が交互になるほど頻繁に開催して、示方書とするための問題点の掘り起こしと全体として矛盾がないようにすることに努めた。さらに新しい分野の構造物にも十分適用できる内容となるよう幅の広い示方書とすることにも相当の力点をかけた。また今回は設計者が必要とする事項は、出典と資料を示してなるべく採用することにした。したがって設計に際しては示方書に示された考え方と適用範囲を十分理解して適用していただきたい。なお示方書に記載しきれなかった資料は別途出版する予定にしているの、合わせて利用願いたい。

(2) 限界状態設計法とは

現行の許容応力度設計法から限界状態設計法に移行するとなれば、まったく新しい設計法になるのではないかと感ずる人が案外多いと思われる。しかし現在の示方書の許容応力度設計法でも、材料強度の降伏点に対して何がしかの安全率を取って許容応力度を定めており、考え方としては限界状態設計法の1つの状態であるとも考えられる、そして従来は許容応力度という1つの項目だけを照査しておけば、終局状態に対する安全度と使用状態に対する使用性の両方とも満たすものと考えてきたが、使用する材料が経済設計をするために設計者の要望もあり、強度を高くするあるいは降伏点を上げるなどのほか新しい材料も使うなどそれぞれの目的に合った材料の改良、開発を行った結果、構造物の安全度と使用性を1つの項目である許容応力度だけで満たすことはできなくなってきた。現にPC示方書では、許容応力度とともに、破壊に対する安全度の照査を別の状態で行うなど2つの状態に対して個々に満足するように決めている。さらに疲労限界状態に対しても必要な部材では、従来も十分な検討を行うために疲労強度に対する設計基準を作成して許容応力度設計法を部分的に補っている。

一方、限界状態設計法でいう限界状態とは、その状態に達すると不都合さが急激に増加する状態をいい、ある構造物に荷重が作用すると、その大きさによっては構造物の使用にとってなんらかの不都合が生じる、あるいは破壊に対して不都合が生じるなど問題になる荷重レベルに差があることから、種々の限界状態について、それぞれの限界状態にとって適切な方法で、個々に安全性を検討するための設計体系が限界状態設計法である。

これは、1964年にヨーロッパコンクリート委員会によって提唱されたものであり、この設計法が安全性と使用性を明確に区別しながら、それぞれを1つの設計体系にまとめた合理的な設計法である。

設計における限界状態としては

- ① 終局限界状態
- ② 使用限界状態
- ③ 疲労限界状態

の3通りであり、この状態について検討を行えばよい。

このように許容応力度設計法は、1つの項目だけ、つまり応力度だけに着目して照査を行ってきたが、限界状態設計法に移行すれば、終局状態・使用状態・疲労状態と照査の項目が多くなり、複数の視点から検討することになるため、現在行っている設計法よりもむしろ誤りを発見するチャンスが増えること、および、それぞれの構造物がどのような状態のときにどの程度危険な状態になるか、またその箇所はどこかなどがはっきりわかるので、構造物を管理する立場からすると、限界状態設計法で設

計した構造物の方が着目する点が明確になり管理しやすいなどの利点があると考えている。

なお、今回の示方書に対しても式、種々の数値を決める際にはかなりの試算を行って定めているが、極端な力学状態にある構造物に対してまでチェックを行っていないので、そのような構造物の設計に際しては十分注意をしていただきたいと考えている。

その他、構造物を設計するにはどうしても剛体安定の検討を必要とするが、これは本コンクリート示方書の範囲を大きく越えるので、設計の際に考慮すべき基本的な事項のみを示す程度にとどめた。

a) 設計の原則および限界状態の検討

設計では、構造物または部材がその機能を果たさなくなったり、目的を満足しなくなるすべての限界状態について検討するものとしなければならない。終局限界状態は最大耐荷力に対する限界状態であり、どうしても照査する必要がある。次いで使用限界状態は通常の使用または耐久性に関連ある状態についてである。さらに疲労限界状態は繰り返し荷重により疲労破壊を生ずる状態であり、終局限界状態に含めて考える場合もあるが、荷重および安全係数のとり方が異なっているなどの理由によりここでは両者を別個に取り扱うことにした。

また、限界状態に対する検討は、材料強度および荷重の特性値ならびに規定する安全係数を用いて行うこととする。としているので検討のための計算は影響を及ぼす個々の要因の影響度が個別に評価できる体系となっている。

まず、断面破壊の終局限界状態に対する検討は、設計断面耐力 R_d の設計断面力 S_d に対する比が構造物係数 γ_i 以上であることを確かめることによって行うものであり、

$$R_d / S_d \geq \gamma_i$$

- ① 設計断面耐力 R_d は、設計強度 f_d を用いて部材断面の耐力 R (R は f_d の関数) を算定し、これを部材係数 γ_b で除した値とする。

部材係数は、耐力算定式の不確実性、部材寸法のばらつきの影響、部材の重要度等を考慮して適切に定めなければならない。 $R_d = R(f_d) / \gamma_b$

- ② 設計断面力 S_d は、設計荷重 F_d を用いて断面力 S (S は F_d の関数) を算定し、これに構造物解析係数 γ_a を乗じた値とする。 $S_d = \gamma_a \cdot S(F_d)$

としている。

そして、終局限界状態の照査において、一般に検討の対象となるのは、断面破壊に対するものであり、曲げモーメント、軸方向力、せん断力、ねじりモーメントなどのうち、その1つが作用する場合の断面破壊に対する安全性の検討は概念的には次のように示される。

なお、曲げモーメントと軸方向力のような組合せ荷重のもとでの断面破壊に対する安全の検討についても、前記と同様に、対象とする設計荷重による設計断面力と設計断面耐力の比較を行えばよい。

次いで、使用限界状態に対する検討では、構造物が供用期間中の必要とされる機能として所要の安全度のほかに、使用上の快適性、水密性、美観等の使用性と耐久性等がある。そして設計にあっては、ひびわれ、変位、変形、振動等に対する使用限界を設定し検討を行うことにしている。

特に、コンクリート構造物に発生するひびわれは、鋼材の腐食による耐久性の低下、水密性、気密性の機能低下および過大な変形を生じるなどの原因となる。したがって、耐久性の観点からひびわれ幅の限界状態を検討する場合には、まず構造物の置かれている環境条件に対してそれぞれに適用する許容ひびわれ幅を示しているが、これは鋼材の腐食が進行する危険性があるひびわれ幅の限界値についてはいまだ十分解明されていないばかりか、単にひびわれ幅のみより鋼材腐食が規定されるものでもないと考えている。しかし、既往の調査および試験結果を参考にしてひびわれの面からも許容値を定めたものである。施工編のひびわれとも合わせて十分検討されたい。

b) 耐震設計に対する検討

コンクリート構造物の耐震設計については、当初地震の規模を2つ以上想定し、それぞれに対して異なった限界状態の検討を行う方法も検討したが、現段階では大地震についての十分な資料が得られていないことなどから、設計の簡便性を考慮して大地震を1つだけ想定して設計することにした。そして設計にあっては地震時の安全性および地震被災後に要求される

断面破壊の終局限界状態に対する検討

耐 力	断 面 力
材料強度特性値 $f_k (= \rho_m f_m)$	荷重特性値 $F_k (= \rho_f F_n)$
$\gamma_m \downarrow$	$\gamma_f \downarrow$
材料強度設計用値 $f_d = f_k / \gamma_m$	荷重設計用値 $F_d = \sum \gamma_f \psi F_k$
\downarrow	\downarrow
断面耐力算定値 $R(f_d)$	断面力算定値 $S(F_d)$
$\gamma_b \downarrow$	$\gamma_a \downarrow$
断面耐力設計用値 $R_d = R(f_d) / \gamma_b$	断面力設計用値 $S_d = \gamma_a S(F_d)$
照 査 $R_d / S_d \geq \gamma_i$	

構造物の供用性能，つまり損傷の程度を塑性変位の大きさに基づいて行う設計を耐震設計の原則とした。

これは設計想定地震における構造物の限界状態は，地震時の安全性と地震後の構造物の使用計画に基づく必要な強度および変形性能を満足するように定めることにしたものである。したがって同一地域内における地震に対しても構造物の重要度によってはその係数が異なってもよいと考えられるし，この結果地震被災後のコンクリート構造物は，その種類や重要度によって被災の程度が異なっても当然と考えている。これは単に地震時における安全性の問題だけでなく，地震後の構造物の使用計画と経済性によって大きく左右される問題であると考えているからである。このように今回の耐震設計にあたっては安全性ばかりでなく被災時の変形性能，つまり許し得る損傷の程度という一般的に認めやすい尺度をも取り入れて設計することにしたものである。

そしてコンクリート構造物の被災の程度としては過去における被災例や実験結果を参照して次のように定めている。

地震時の最大応答変位	被災の程度
1 δ	[健全維持]
2 δ	[軽微な損傷]
3 δ	[中程度の損傷]
4 δ	[かなりの損傷]

ここに δ ：降伏変位

以上のように，耐震設計における限界状態をあらかじめ定めることにより，地震動による応答の状態を想定して設計することが可能であり，被災後は点検をして供用する。あるいは点検をしてただちに補修を行う，または適当な時期に補修を行うなどしてから再供用することが可能なコンクリート構造物とすることを耐震設計の基本とした。

(3) 許容応力度設計法の適用について

新示方書が制定されれば，現示方書は廃刊になる方針であるとのことから，関係機関の示方書類が整備されるまでの間，許容応力度設計法に関する規定を14章にまとめて併記した。したがってこの章には，許容応力度に関する値，設計法に関する必要な事項はすべて記述されている。しかも許容値などは現行の示方書と全く同じ値である。なお，構造細目などここに書いていない事項は，改訂された示方書のそれぞれの項目の中に入っているの

で，関係のある項目をみていただければ設計はできるようになっている。あわせて利用していただきたい。

(4) おわりに

コンクリート標準示方書（設計編）の改訂に際しての経過と主な改訂点の基本的な考え方および現示方書の取扱いについて述べた。

まず，今回の改訂は許容応力度設計法から，限界状態設計法という聞きなれない設計法に基づく示方書へと大幅な改訂を行った。この結果，従来のコンクリート標準示方書にプレストレストコンクリート標準示方書，鉄骨・鉄筋コンクリートライブラリーなども取り込み，すべてを新コンクリート標準示方書で統合することができた。したがって，今後は新示方書だけですべてのコンクリート構造物が設計できることになる。

とはいっても当面は土木学会の示方書だけが整備されても，関係機関の示方書類が整備され移行するまでには，なお時間がかかること，適用に際して種々の疑問点が出てくることもあろうかと思われる。その際には限界状態設計法の主旨を十分尊重し，合理的で調和のとれた設計となるよう適切な規定を定めていただきたい。また，示方書の中にあるそれぞれの数値は幅のあるものに対しては幅を広く，上限，下限のあるものに対してはそれぞれの最高，最低を示してあるので，関係機関にあっては，この幅の中で適切な数値を定めていただければと考えている。

最後に新示方書は，まえがきでもふれたように，ヨーロッパから始まった理論に基づいているが，日本にも昭和42年に紹介され，以来多くの先輩によって展開され，発展されてきた基盤があって，はじめて今回の示方書ができたものであり，多くの先輩諸氏に感謝するとともに，今後とも一層充実した示方書となるよう育てていただくことを切にお願いいたします。

参 考 文 献

- 1) 池田尚治：無鉄および鉄筋コンクリート標準仕様書・設計編の一部改訂について，土木学会，コンクリートライブラリー第46号。
- 2) コンクリート委員会終局強度設計小委員会：「限界状態設計法」の概要，土木学会誌，Vol. 67-3。
- 3) 樋口芳朗(座長)ほか：コンクリート標準示方書の問題点，土木学会誌，Vol. 68，増刊。
- 4) 岡村 甫：コンクリート構造の限界状態設計法，共立出版株式会社。

3. 施 工 編

長滝重義***

(1) ま え が き

コンクリート標準示方書（施工編）の改訂においては，

*** 正会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科

前回の示方書の改訂以来の新技術，新材料，新工法で信頼の置けるものは，なるべく示方書の内に取り入れるよう配慮したが，中でも次の諸点が施工編の改訂の要点と

いえよう。第1は、近年問題とされることの多いコンクリート構造物の早期劣化、特に塩害とアルカリ骨材反応による耐久性の低下への対処、第2は配合強度を定めるときの割り増し係数の考え方の変更、第3に連続ミキサの採用、第4にマスコンクリートを始めとする特殊工法に関する条文の充実である。以下これらについて説明を加える。

なお、施工編の目次は次のようである。

- 1章 総則
 - 2章 コンクリートの品質
 - 3章 材料
 - 4章 配合
 - 5章 計量および練りませ
 - 6章 レデーミクストコンクリート
 - 7章 運搬および打込み
 - 8章 養生
 - 9章 継目
 - 10章 鉄筋工
 - 11章 型わくおよび支保工
 - 12章 表面仕上げ
 - 13章 品質管理および検査
 - 14章 工事記録
 - 15章 マスコンクリート
 - 16章 寒中コンクリート
 - 17章 暑中コンクリート
 - 18章 水密コンクリート
 - 19章 軽量骨材コンクリート
 - 20章 海洋コンクリート
 - 21章 水中コンクリート
 - 22章 プレパックドコンクリート
 - 23章 吹付けコンクリート
 - 24章 工場製品
 - 25章 プレストレストコンクリート
 - 26章 鉄骨鉄筋コンクリート
- 付録 構造物の維持管理

(2) 示方書の性格および責任技術者

コンクリート標準示方書は、まず総則の適用の範囲の中で自己の性格を次のように定めている。「この示方書は、通常の無筋、鉄筋およびプレストレストコンクリート構造物ならびに軽量骨材コンクリート、海洋コンクリート、水中コンクリート、プレパックドコンクリート、吹付けコンクリートおよびコンクリート工場製品などの施工に関する一般原則を示すものである。したがって、実際の個々の構造物の施工にあたっては、この示方書の条項のみでは不十分である場合もあり、また特殊な場合にはこの示方書の条項を適用するのが必ずしも適切でない場合もある。このような場合にはこの示方書の定める

主旨を十分に尊重して実情に適應するように施工しなければならない」とあり、あくまでも本示方書は個々の工事の示方書と混同してはならないこと、またこの示方書の適用が場合によっては適切でないこともあることを示している。

さらに総則の一般では「コンクリート構造物の施工にあたっては、この示方書の条項に従うことを原則とする」と規定し、逆に特別に検討を行えば、本示方書の条項と相違してもよいこととしている。これは、従来の示方書を金科玉条としてきた一部の風潮に注意を与えたとともに、現在のコンクリート工事がきわめて複雑化あるいは高度化し、示方書ですべての技術を規定することが難しくなったことによるものである。また、コンクリート構造物の施工にあたっては、コンクリートの施工に関する十分な知識を有する技術者を現場におくことを原則とし、特に重要な構造物のコンクリート工事では技術者を現場に常駐させることにしている。これはコンクリート工事の良否が施工に支配されることがきわめて大きいからであり、適切な判断ができる技術者が現場にいないと単に示方書の条項を鵜呑みにして間違った判断をする可能性があるからである。なお、ここにいう十分な知識を有する技術者とは、コンクリート技士あるいはこれらと同等以上の技術力を有する者を指している。

従来の示方書では、示方書の各条文で責任技術者の指示あるいは責任技術者の承認を得ることなどの表現が多かったが、今回の改訂では、各条文の解説に述べていた検討すべき項目を本文に移し、できるだけ責任技術者の指示や承認の表現を本文から除いている。これは土木学会の示方書の性格として責任技術者の資格が明確でなく、その判断によるとするよりも学会としてのリコメンデーションを明記する方がよいとの判断からである。

(3) コンクリート構造物の劣化対策

コンクリート構造物の早期劣化、特に塩害およびアルカリ骨材反応に起因する被害が全国各地で問題にされている。そのため、今回、コンクリートの耐久性に関する条文の見直しが集中的に審議されたが、なかでも2章コンクリートの品質において、コンクリート中の塩化物含有量の限度を定めたのが特徴である。すなわち、塩化物の総量規制の考えを導入したのである。この場合、本来であれば本文中において練りませ時におけるコンクリート中の塩化物の総量規制値を定め、かつ塩化物の測定方法をも規定するのがよいことは当然であるが、現在のところ練りませ時のコンクリート中の塩化物量を適切な精度で測定できる方法がいまだ確立されていないこと、鉄筋の発錆に影響を与えるのは単にコンクリート中の塩化物の量だけでなく、コンクリートの品質、施工の良否、鉄筋のかぶり、構造物の置かれる環境条件その他の広範

冊にわたり、かつこれらの影響も大きいこと、などから本文ではあえて規定値を定めず、「練りませ時におけるコンクリート中の塩化物含有量の許容限度は、これを用いるコンクリート構造物の種類、重要度、環境条件その他に応じて適切な値を定めるものとする」との表現にしている。なお、解説において、ここにいう塩化物含有量

とは、現場配合に基づいて計算した場合、練りませ水、セメント、細骨材としての海砂、粗骨材としての海砂利、混和剤および混和剤の希釈水などからコンクリート中に供給される塩化物の総量と定義し、適切な値が定められないときには、この値を一般の場合、コンクリート中の全塩素イオン重量で 0.6 kg/m^3 以下、耐久性に優れている

表一 セメント中の塩素イオン量

セメントの種類	セメント中の塩素イオン含有量 ¹⁾ (重量%)			セメントからコンクリートに供給される塩素イオン重量の範囲 (g/m^3)	試料数
	最大値	最小値	平均値		
普通ポルトランドセメント	0.015	0.002	0.007	45～6	44
早強ポルトランドセメント	0.021	0.000	0.006	63～0	13
中庸熱ポルトランドセメント	0.004	0.000	0.002	12～0	5
耐硫酸塩ポルトランドセメント	0.005	0.001	0.003	15～3	3
A種 高炉セメント	0.009	0.004	0.006	27～12	5
B種 高炉セメント	0.012	0.003	0.007	36～9	20
C種 高炉セメント	—	—	0.008	24	1
A種 シリカセメント	—	—	0.005	15	1
B種 フライアッシュセメント	0.009	0.004	0.006	27～16	7

注 1) セメント協会の定める試験方法で測定されるセメント中の全塩素イオン量のセメント重量に対する比率(%)。

2) 単位セメント量 300 kg/m^3 として、セメントからコンクリート中に供給される全塩素イオン量を計算で求めた。

表二 コンクリート用化学混和剤中の塩素イオン量

混和剤の種類	小分類 ¹⁾	混和剤中の塩素イオン含有量 ²⁾ (%)			混和剤からコンクリートに供給される塩素イオン重量の範囲 ³⁾ (g/m^3)	試料数	
		最大値	最小値	平均			
A E 剤	I	0.07	0.00	0.03	0.00～0.42(0.08)	9	
減水剤	標準型	I	0.03	0.00	0.011	0.00～0.9(0.38)	8
		II	0.10	0.04	0.078	2.4～4.5(3.42)	4
		III	—	—	3.50	(113)	1
	遅延型	I	0.01	0.00	0.005	0.00～0.24(0.09)	4
A E 減水剤	標準型	I	0.05	0.00	0.024	0.00～0.9(0.36)	11
		II	0.30	0.06	0.123	1.93～3.6(2.66)	6
		III	14.3	2.34	5.87	77.9～107(89.9)	5
	遅延型	I	0.04	0.00	0.015	0.00～0.9(0.26)	8
		II	0.27	0.04	0.132	1.2～4.32(3.02)	6
	促進型	II	—	—	0.04	(1.30)	1
		III	18.8	3.05	11.8	183～630(466)	11

注 1) 小分類としては、I：塩素イオンがほとんど入っていないもの、II：少ないもの、III：原料として入っているもの。

2) イオンクロマトグラフィーの試験を基本とし、試験所4か所の平均値。

3) 単位セメント量 300 kg/m^3 として、混和剤を使用量範囲の上限で用いた場合に、コンクリートに供給される塩素イオン重量。()内数値は平均値。

ることが要求される場合やプレテンションのPC部材の場合には 0.3 kg/m^3 以下にすることを推奨している。

この趣旨に基づいて、材料に関する条項では、各種のコンクリート構成材料からコンクリートに供給される塩素イオン量についても制限を設けている。すなわち、各種材料のうち、塩素イオン量を最も多く含む可能性のある海砂については、本文では「海砂に含まれる塩化物の許容限度は、これを用いるコンクリート構造物の種類、重要度、環境条件、その他に応じて適切な値を定めるものとする」との表現であるが、解説では、一般の鉄筋コンクリート構造物に用いるコンクリートにあつては塩素イオン重量の許容限度を細骨材の絶乾重量に対して 0.06% (NaCl換算で 0.1%)以下、耐久性に優れていることが要求されるRC、PCおよび一般のプレテンションのPC部材では 0.02% (NaCl換算で 0.03%)以下を目安としてよいことを述べている。

また、混和剤の項においても塩化物の許容量について規制がなされ、一般の場合には混和剤からコンクリート中に供給される塩化物の量が塩素イオン量で 0.2 kg/m^3 以下とし、海砂を用いる場合には無塩化タイプの混和剤を用いなければならないとしている。なお、混和剤中の塩化物含有量についての試験方法は混和剤協会で、セメント中の塩化物含有量についての試験方法はセメント協会で検討の結果、それぞれ試験方法が定められたので近く公表される予定である。表—1、表—2にセメント協会と混和剤協会からご提供願ったセメント中および混和剤中の全塩素イオン量の共通試験結果を示す。表—1および表—2に示されるように、セメントから供給される全塩素イオン量は、 0.05 kg/m^3 程度である。混和剤の場合には一般には少ないが、なかには減水剤、AE減水剤の場合でも 0.1 kg/m^3 になる場合があり、AE減水剤の早強形は大半のものが不合格となる。

次に、練りませ時におけるコンクリート中の塩化物許容限度を規定すれば、これを検査および管理することが必要となる。そのため、工事に行うコンクリートの試験項目にフレッシュコンクリートの塩化物含有量試験が追加された。しかしながら試験方法、試験の頻度等については、構造物の重要度による塩化物の許容量、測定精度等を考慮して定めなければならないとしている。示方書では、フレッシュコンクリート中の塩化物を測定する方法として土木学会規準「塩素イオン電極法によるフレッシュコンクリート中の塩化物含有量試験方法(案)」を規定することを予定している。しかしながら現在のところ、その精度および耐久性には多少の問題が残されており、またセメント中の塩素などはその全量が溶解性のものとは限らない。したがって、この方法で測定された

値が、前述のコンクリート中の塩化物含有量につながるわけではなく、測定値の方が低い値を示すはずである。しかしながら両者の間には、当然相関関係があるわけであり、管理試験には適した方法である。試験をする回数、不合格な値が生じたときの処置その他についての規定はいまだ定められていないため、現場における適切な判断と処置によらなければならない。その他塩害がらみの改訂点は、鉄筋のかぶり(設計編)、鋼製スパーサーの使用禁止があり、また海洋コンクリートでは特に塩害のおそれが大きいので最大水セメント比の規定など厳しい姿勢を打出している。

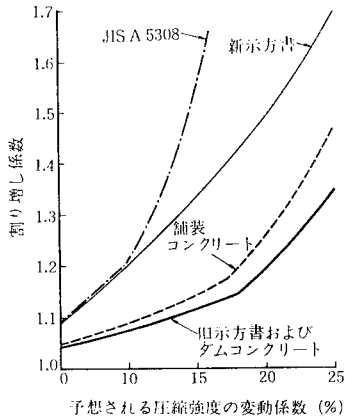
次にアルカリ骨材反応による劣化への対策であるが、セメントについては、アルカリ骨材反応の抑制の点からセメント中の全アルカリ量について注意を促すとともに、新規にJIS化された低アルカリ型(全アルカリ $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$ で 0.6% 以下)のセメントについて記述している。しかしながらアルカリ骨材反応についてはわが国の研究歴史が浅く、現時点ではわが国で産する化学的に不安定な骨材を対象とした試験方法も明らかにされていない。そのため骨材の耐久性に関する本文においては塩化物の総量規制の表現と同じ趣旨で「化学的あるいは物理的に不安定な細骨材(粗骨材)は、これを用いてはならない。ただし、その使用実績、使用条件、化学的あるいは物理的安定性に関する試験結果等から有害な影響をもたらさなきものであることが認められた場合には、これを用いてもよい。」との表現に止め、解説でASTMの規格に準じて試験する方法、セメント質材料中の全アルカリ量、フライアッシュセメントや高炉セメントの効果などについて説明している。しかし、いずれにしてもコンクリートの耐久性、特に塩害とアルカリ骨材反応に起因する耐久性については現在、諸官庁や学協会における調査が進行中であるので、これらの調査結果を参照して近い将来改訂の必要があることを想定している。

(4) 割り増し係数

4章配合における変更点の最も大きいところは、割り増し係数である。すなわち旧示方書ではコンクリートの配合強度を定めるのに現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値が次の条件を満足するように定めていた。

- 試験値は設計基準強度 σ_{ck} の 80% を $1/20$ 以上の確率で下回ってはならない。
- 試験値は設計基準強度 σ_{ck} を $1/4$ 以上の確率で下回ってはならない。

しかしながら今回の改訂では、コンクリートの配合強度は、一般の場合、現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値が、設計基準強度 f'_{ck} を下回る確率が 5% 以下となるように定めるとしている。



図一 割り増し係数の比較

この両者の関係を図示したものが図一であるが、今回の改訂では割り増し係数と変動係数の関係が、JIS A 5308の割り増し係数に比較的似るように定めているのである。なお、上に示した σ_{ck} と f'_{ck} は同一の意味であり記号だけの問題であるが、舗装コンクリートやダムコンクリートでは、従来の考え方を踏襲し、ダムコンクリートでは上記 a), b) と同じ条件、舗装コンクリートでは曲げ強度を基本として上記の1/20を1/30、1/4を1/5とした考え方で従来と変更がなく(図一参照)、全体的には統一されないことになっている。

またこのことに伴い、13章の品質管理および検査のコンクリートの品質検査の本文は、「圧縮強度をもととして水セメント比を定めた場合、コンクリートの品質を検査するには、一般の場合、円柱供試体による圧縮強度の試験値が、設計基準強度を下回る確率が5%以下であることを適当な危険率で推定できれば、コンクリートは所要の品質を有していると考えてよい。この検査は一般の場合、材令28日の圧縮強度に基づいて行うものとする。試験のための試料を採取する時期および回数、一般の場合、1日に打ち込むコンクリートごとに少なくとも1回、または構造物の重要度と工事の規模に応じて連続して打ち込むコンクリートの20~150 m³ごとに1回の試験値が得られるようにする。なお1回の試験から得られる1個の試験値は同一試料からとった3個の供試体の平均値とする。」と変更された。

(5) 連続ミキサ

昭和55年版の部分改訂の際、該当するいくつかの条文において連続ミキサの使用が可能となるよう条文の改訂を行ったが、今回の改訂では、連続ミキサを用いたコンクリートの施工の詳細は、ほぼ同時期に刊行される指針によるとしつつも、本文、解説において連続ミキサの使用にかかる説明が大幅に追加されている。たとえば、

材料の計量に関する本文において「連続ミキサを用いる場合各材料は容積で計量してよい。その計量誤差は、ミキサの容量によって定められる所定の時間当たりの計量分を重量に換算して、計量誤差の許容値以下でなければならない。この場合の所定の時間当たりの計量分は、ミキサの種類、練りませ時間などに基づいて、これを適切に定めなければならない」とし、解説では、さらに注意事項を述べている。また、用いる連続ミキサは土木学会規準「連続ミキサの練りませ性能試験方法」により練りませ性能試験を行い、所要の練りませ性能を有することを確認しなければならないことも本文に記述している。これらは、55年の改訂で連続ミキサの使用が認められて以後、山間地工事、トンネル工事、海洋工事で連続ミキサによる施工例が増加したことを反映したためである。

(6) 特殊コンクリート工法

従来示方書は、総則、設計、施工、特殊な考慮を要するコンクリートの4編から成り、この構成からもみられるように特殊な考慮を要するコンクリートについては設計と施工に関する事項がまとめて記述される体裁になっていた。しかしながら今回の改訂では、設計編と施工編に区分したため、特殊な考慮を要するコンクリート編に分類されていた人工軽量骨材コンクリート、コンクリート工場製品などについては、設計に関する条文はすべて設計編に移行し、施工編では施工に関することのみを記述することにしたのである。そのため、旧示方書で区分していたマスコンクリートその他と人工軽量骨材コンクリートその他との間には、これらを別途に扱う必要がなくなったため、従来の特殊な考慮を要するコンクリートの編を解消し、目次(案)に示すように、15章のマスコンクリートから26章の鉄骨鉄筋コンクリートまで羅列して施工に関して必要な事項を述べることにしている。以下これらの条文について説明するが、変更点が著しく多く詳細に説明するには紙面が不足するので簡単に変更点を指摘するのに止める。

a) マスコンクリート

マスコンクリートでは、まず本文で「打込み後のセメント水和熱により生じる温度変化に伴うひびわれ発生の可能性、または残留する温度応力が構造物の性能に影響する可能性のあるコンクリート構造物は、これをマスコンクリートと考え、設計・施工の両面から必要な処置をとらなければならない。」と述べ、近年のコンクリート構造物の大型化および施工方法の進歩発展による大量急速施工の増加に伴い、セメントの水和熱に起因する温度応力に対する配慮が重要であることを喚起している。次いで従来示方書がわずかに単位セメント量、継目、コンクリート打ちおよび養生の4条から成る本文・解説で

あったのに対し、温度ひびわれの制御、温度ひびわれ発生の評価、施工、施工管理および検査、補修の節から成る計 20 条の本文、解説を規定している。

b) 軽量骨材コンクリート

前述のように旧示方書の人工軽量骨材コンクリートの章から施工に関係する条項のみを残した。今回の改訂では、旧示方書で禁止していた軽量骨材コンクリートのポンプ輸送をスランプ 8~12 cm のベースコンクリートを流動化コンクリートとしてスランプ 15 cm 以上とした軽量骨材コンクリートであればポンプの使用が可能であるとした点が特徴であり、これに伴いポンプ施工が運搬具の主流を占めている今日にあって、はじめて軽量骨材コンクリートが容易に使われるものと思われる。

c) 海洋コンクリート

近年、海水の作用を受ける鉄筋コンクリートの劣化が指摘され、事実、構造物のなかにはかなりの被害を受け、改修作業あるいは取替え作業を実施したものもある。そのため海洋コンクリートの条項では、コンクリートの耐久性に関する規定をもっと厳しくすべきとする意見、厳しくするのはよいとしても、むやみに水セメント比を小さくしたり、単位セメント量を大きくすると、逆にそのことによる悪影響が生じ、かえってひびわれが生じたりして耐久性が低下するとの意見が交錯したが、結論としては従来の値よりも厳しい水セメント比を設けることになっている。

d) 水中コンクリート、プレパックドコンクリート

近年、水中コンクリートやプレパックドコンクリートの実績が増しているのので、これに対応し今回の改訂でも、21 章水中コンクリートを一般の水中コンクリートと場所打ち杭および地下連続壁に使用する水中コンクリートに区分して記述したり、プレパックドコンクリートも、一般のプレパックドコンクリート、大規模プレパックドコンクリート、高強度プレパックドコンクリートに区分してそれぞれに要求される事項を記述している。

e) 吹付けコンクリート

吹付けコンクリートも、旧示方書の節に吹付けコンクリートの品質、補修・補強、施工管理および検査などの

節を追加して条文を構成するとともに、いくつかの土木学会規準を整備し、これによって品質規格、試験方法を定めるようにしている。

f) 工場製品

工場製品については設計に関する一般事項を設計編に移行したこと、プレストレストコンクリート製品もこの章で対象とするため PC 製品に関する記述を加えたことおよび最近の工場製品の実際が示方書に反映されるよう主として解説を改訂している。

g) プレストレストコンクリート

今回の示方書からプレストレストコンクリートは鉄筋コンクリートの一部として取り扱うこととなり、プレストレストコンクリート標準示方書が廃刊されることになる。そのため、プレストレストコンクリート標準示方書に記載されていた施工に関する項目が施工編に移行されている。しかし内容的にはほとんど変更がないと考えてよい。

(7) 付録「構造物の維持管理」

コンクリート構造物を永年にわたって、その機能を発揮させるには、構造物の維持管理を入念に行うことが大切であることはいうまでもないことである。しかしながら従来コンクリート材料は、鋼材に比べてメンテナンスフリーであることを特長とし、半永久的な構造材料と考えられてきたきらいがある。事実コンクリート自体は確かにメンテナンスフリーの材料であるが、内部に設置された鋼材に対するコンクリートの防錆性能は必ずしも十分ではなく、ここにきてコンクリート構造物にも維持管理の必要性が再確認されつつある。

しかしながら、従来の示方書そのものがコンクリート構造物の建設工事を対象として作成されていること、また今回の示方書にも耐久性設計という概念が導入されていないことなどのため、章だての中に維持管理を組み込むのは無理と考えられたので、維持管理の重要性は十分認識するとの立場であえて付録にその基本的な条項のみを設けたのである。今後十分に審議をして、次回の改訂にはこの思想が示方書の本文に組み込まれるよう努力しなければならないと考えている。

4. 規 準 類

———小林一輔****

(1) は し が き

昭和 60 年度改訂のコンクリート標準示方書では、規準類についても全体見直しを行い、旧規準の見直し・改訂、新たな規準の追加・作成等を実施し、最新の規準をより利用しやすい形にまとめ直した。従来の標準示方書と異なり、無筋および鉄筋コンクリートとプレストレストコンクリートが統合されたため、規準類も整理統合し

**** 正会員 工博 東京大学生産技術研究所教授

た。以下に、改訂の要点を述べる。

(2) 改訂の経緯

規準の改訂にあたっては、規準関連小委員会が中心となり次に示す方針を採用した。

① 示方書の改訂に伴い、必要とされる規準を新たに土木学会規準として制定する。

② JIS 規格等ですでに規準化されているものであっても、土木学会として利用しにくいものに関しては、よ

り望ましいものに修正し、土木学会規準を新たに制定する。

③ 土木学会規準であっても、その内容がふさわしくないものに関しては、修正・廃止する。

この方針に従い、コンクリート委員会および示方書改訂委員会の各主査に対しアンケート調査を実施し、土木学会規準の改訂を行った。新たに制定・修正する土木学会規準は、土木学会の関連委員会・分科会や、規準関連小委員会で検討し、コンクリート委員会の承認を受け、最終案をまとめた。

(3) 改訂の要点

昭和60年度改訂のコンクリート標準示方書では、規準類を次の方針でまとめることにした。

① 規準類の掲載にあたっては、利用しやすいように項目別に配し、土木学会規準を優先させて掲載する。

② 新たに制定・修正された土木学会規準は、「(案)」を付すことを原則とし、今後、場合によっては改訂される可能性があることを示す。

③ 近年発刊された「コンクリート・ライブラリー」等に示されている指針に掲載されている規準類は、品質規準または規格のみを示方書に全文掲載し、他は重複を避けるために標題のみを掲載する。

④ 土木学会規準以外の規準類に関しては、国内・国外を問わず、重要と判定されたもののみを掲載するが、利用頻度が少ないものは標題のみを掲載する。

(4) 新たに制定された土木学会規準

本改訂では、従来の規準を修正したものもあるが、ここでは、新たに制定された土木学会規準のいくつかについて、その内容を紹介する。

a) コンクリート用高炉スラグ微粉末規格 (案)

この規格は、モルタルまたはコンクリートに混和材料として用いる高炉スラグ微粉末に適用されるもので、その品質を規定している。品質の要求項目としては、化学成分、比重、比表面積、活性度指数、モルタルのフロー

値比などが挙げられている。この規格は、フライアッシュの場合にはJIS規格があるにもかかわらず、現在、高炉スラグ微粉末の規格がないことから制定されたものであるが、その使用方法等については示方書の解説ならびに新たに発刊される「コンクリート・ライブラリー」に記述される予定である。

b) フレッシュコンクリート中の塩分含有量試験方法 (案)

この規準は、改訂された示方書における塩分の規制が総量規制となっていることに対応するもので、現場等においても行える試験方法を規定している。しかし、この試験方法で得られる塩分含有量は、水溶液中に短時間で溶出する塩分を対象としているため、コンクリート材料中に含まれる全塩分量ではない点に注意が必要である。この試験を行う際に注意すべきこと等は解説に記述される予定である。

c) コンクリートの凍結融解試験方法 (案)

この規準は、すでに制定されている「コンクリート用化学混和剤 (JIS A 6204)」の付属書に記述されているものと基本的には同じであるが、凍結融解の試験を200サイクルではなく300サイクルまで実施する点が異なっている。これは、土木分野において従来行われている試験方法に合致するよう修正したものである。

d) その他

その他にも、従来は規定されていなかった「吹付けコンクリート用急結剤品質規格 (案)」、「エポキシ樹脂塗装鉄筋品質規格 (案)」などの規格や、「連続ミキサーの練りまぜ性能試験方法 (案)」などの試験方法が土木学会規準として制定されている。

(5) あとがき

今回の改訂にあたっては、すでに制定されている規準についての見直しを行ったが、十分修正の行えなかった規準もあるので、順次検討を行い今後の改訂で修正を行う予定である。