㈱米倉社会インフラ技術研究所
代表取締役
米倉亜州夫 氏
（広島大学名誉教授）

高品質コンクリートでLCC低減

コンクリート構造物の劣化が急速に増大してきていることから、その補修・補強がクローズアップされている。特に、先日の笹子トンネルでの崩落事故以来、インフラ施設の劣化対策が緊急の課題となっている。劣化原因は種々あるので、十分検討してから、適切な補修補強をするべきである。構造物を新設する場合も、劣化事例から長寿命化を図ることを念頭に入れてどうすべきかを考え、設計施工しなければならないと思われる。

例えば、構造設計上は24N／㎟程度のコンクリートで十分であっても、耐久性上から40N／㎟以上の高強度コンクリート（水セメント比50％以下）で施工することなどである。

橋梁の地覆・高欄が黒く汚れているものが多く、これらのかぶりコンクリートが部分的に落下する事例が発生している。高速道路上のオーバーブリッジなど、網掛けしてかぶりコンクリートが高速道路上に落下するのを防止しているのをPC橋や合成桁橋で見かける。

PCの桁は綺麗であるのに、地覆・高欄のコンクリートは黒く汚れているものがほとんどである。一般のRC橋梁などでは、地覆・高欄だけでなく、桁も汚れて、劣化も目立つ。

コンクリート表面の黒い汚れは、カビやコケの死がいがほとんどである。水分を多く含むことのできるスポンジのような空隙だらけのコンクリートだと、カビやコケが生息できる。かぶりコンクリートは湿潤養生を十分しなかった場合、脱型後、真っ先に乾燥し、水和反応が進まないので、空隙だらけになる。水セメント比の大きいコンクリートほどこのようになりやすい。示方書では5日以上湿潤養生することを原則としているため、5日しか養生していないものが極めて多く、コンクリート構造物の劣化が著しくなっている。

かぶりコンクリートが空隙だらけだと、ここから、空気や水分がコンクリート内に浸透し、コンクリートの中性化、飛来塩分や凍結防止剤の塩分の浸入が起こり、鉄筋の腐食が起こる。鉄筋が腐食すると、元の体積の2.5倍に膨張するので、かぶりコンクリートを押し広げて、かぶりコンクリートを剥落させる。その後、鉄筋が露出した状態となるので、鉄筋の腐食が著しく促進されることになる。これが鉄筋コンクリート構造物劣化の典型的なパターンである。

水セメント比が大きいコンクリートの場合、ブリージングが大きくなり、骨材や水平鉄筋の下にブリージング水がたまるので、後で、ここが空隙となり、空気や水が浸入しやすくなり、劣化しやすい弱いコンクリートとなる。水セメント比50％以下の高強度コンクリートで施工すれば、ブリージングを著しく小さくでき、長寿命化を実現できる良いコンクリートを打設できる。高強度コンクリートの場合でも、十分水でビショビショに濡らした湿潤養生を脱型前から10日以上すべきである。このことによって、自己収縮や水和熱による温度上昇も抑制でき、たとえ温度応力などによってひび割れが発生したとしても、ひび割れや空隙に水が供給されれば、水和反応が継続され、水和生成物で、これらの空隙を充填するので、ひびわれが修復され、空隙が縮小され、密実なコンクリートとなる。

高性能AE減水剤を用いるなどすれば、生コンクリートの価格は5～10％程度上昇するかもしれないが、建設費全体からみれば、僅かな工事費の上昇であると思われる。

弱いコンクリートを使用したために、将来構造物が劣化して補修・補強費が増大することで、ライフサイクルコストが大幅に増大する場合が多い。　品質の良い高強度コンクリートを使用すれば、コンクリート構造物の長寿命化が図れ、ライフサイクルコストを低減し、公共事業費の節約が図れる。従って、コンクリートは、高品質の生コンクリートを製造して、価格は、現在の生コンの2倍以上としても良いとする、所謂、ブランド品を一般に広めるべきである。将来補修のための費用がほとんどかからなくなれば、ライフサイクルコストを大幅に低減できるし、いつまでも、綺麗なコンクリート構造物にできる。

我家は昭和60年に鉄筋コンクリートで建設し、W／C＝48％で高性能AE減水剤及び石灰石粗骨材、海砂使用、単位水量175kg／㎥の高強度コンクリートで、分離が少なければスランプ15㎝でもOKとし、ほとんど毎日、自分で矩体構造に水まきしたビルで、コンクリートの圧縮強度が50N／㎟である。現在27年経過しているが、汚れやひび割れも少なく、雨漏りもなく、メンテナンスフリーである。我家の写真は日本コンクリート工学会のコンクリート診断士講習会のテキストに10年も掲載してもらっている。

座談会　中国地方の

江良氏

鈴木氏

川端　高度成長期の床版に危機感　スランプ変更　柔軟に対応を

＋　強度とひび割れは反比例　技術者評価　報奨と罰則を

河江良　適正知識有する業者へ発注を　亜硝酸リチウム工法　ますます加速

鈴木　建築では200年耐用の基準も　地域連携による維持管理も有効

鈴木　それでは、現状課題のまとめと今後の展望の話に移ります。

損傷以外でも新しい動きがありまして、日本建築学会のコンクリート工事標準仕様書の2009年度版では200年耐用という基準が示されています。建築物の200年住宅構想に関連してのものと思われますが、200年耐用の場合水・セメント比45％以下、100年耐用では50％以下、標準・65年耐用は55％以下、短期・30年耐用では65％以下とされており、水・セメント比でコンクリートを管理する考え方も取り入れられています。道路関係ではどうでしょうか。

川端　総合評価方式の技術提案等で耐久性の向上について求めているほか、高強度で高耐久なコンクリートについて広島南道路のコンクリート床版などで試験施工しているところ。現在の共通仕様書を大幅に変更することは難しいが、コンクリート構造物の耐久性の向上は重要と考えている。

鈴木　先般、鳥取の現場であった話ですが、コンクリート耐震補強の巻立てで乾燥収縮によるひび割れが入っていただき、現場所長になぜ膨張コンクリートや繊維補強コンクリートを使わなかったのか聞くと、コスト面で厳しいということ。ならば高性能AE減水剤はどうかと聞いたら試験練りに1カ月が必要のため、短期間の工事では新しい材料を使いにくいとのことでした。私にとっては意外でしたが、新しい材料を標準のものとして積極的に認めていくような考え方がまだまだ足りないと感じます。

十河　コンクリート巻立てなどでひび割れに対する配慮がない現場はまだかなり多い。コンクリートは収縮したらひび割れが入りやすいが、薄肉のコンクリートは高強度にするため、自己収縮によるひび割れが起きやすくなる。それを抑えるには膨張材が効果的。また、基本的に強度とひび割れは反比例するので、強度を求めるとひび割れは入りやすくなる。もう少し初期ひび割れのことも考えないと。このことを忘れ、強度さえあればひび割れは入らないという方向に進むのはすごく怖いことだ。先の建築学会の話も水・セメント比を下げれば高耐久になるのは中性化に対しての話で、ひび割れに関して言えば水・セメント比を下げれば入りやすくなる。ただ、水・セメント比を下げて緻密なコンクリートを作ることは劣化因子が入る速度を遅くする意味でも非常に重要であるので、ひび割れが入りやすくなることを想定し、ひび割れ対策を並行しながら水・セメント比45％以下、50％以下とする必要がある。土木も同じことで、ひび割れ対策を同時に行わないと、劣化因子が入る道を作りながら、組織は緻密という矛盾したことになってしまう。

鈴木　もっと多面的に見る必要がありますね。例えばスランプ8㎝、水・セメント比55％では締固めが大変なのでスランプ12㎝への変更を求めても受け入れられないケースもありました。杓子定規に決めつけるのではなく、どうすれば良いものができるかを判断する技術力・判断力が重要だと思います。

江良　狭隘な場所に流動性の低いコンクリートを打設する際、施工上の工夫として型枠の一部をクリアにして目視できるようなら工夫もするが、もう少し材料面の緩和などの環境づくりができると嬉しい。

十河　共通仕様書などでもコンクリートは固い方が良いという昔ながらの概念が続いている部分があり、現場でスランプ8㎝の縛りというのは確かにあるようだ。だが、現場の状況を考えて、硬化後の品質を確保すれば、施工しやすいスランプに変更して良いはずである。2007年版のコンクリート標準示方書でも現場の施工性に合わせたスランプに変更して良いことになっているが、なかなか浸透していない。

川端　直轄の場合、示方配合を変更する場合は協議書で受け付けている。鉄筋配置等を考えるとせいぜい8㎝では打てない場合もあるが、変更を許容しないケースがあるならば改善が必要だと思う。

鈴木　最後に、これまでの課題を踏まえ今後の新技術・新工法への期待をうかがいたいと思います。

川端　昨年2月に道路橋示方書が改訂され、維持管理の確実性という言葉が理念として盛り込まれた。これは我々の分野からすれば非常に心強いことで、今後できる構造物のメンテナンスはやりやすくなるだろう。特に施工したときの記録をしっかりと残すことは重要だ。また、整備局では新技術の活用促進説明会を毎年行っており、補修・補強分野の新技術も多く発表されている。このような機会が、色々な劣化事例ごとの対応など、段々と充実したものになっており、補修・補強を勉強される方にはぜひ活用し、大いに勉強してほしい。また、実際には人が判断し人が行うものであるので、診断・補修・補強のスペシャリストの育成は非常に重要だ。この分野は試験合格すればプロということではないし、プロでも人によって判断が違う。若い技術者はとにかく損傷の現場をたくさん見て学ぶ機会を増やし、仲間同士で研鑽を重ねながら新しいことをどんどん追求してほしい。また、発注側には優れた技術者を評価できるよう、インセンティブとペナルティの仕組みを制度として作り、補修分野をもっと高度なものにしていただきたい。

川端　発注者も現場力の再構築をキーワードに技術者育成に大々的に取り組んでいる。技術力向上のためには各分野の連携が必要だ。

十河　現場を見ながらの勉強会のようなものも積極的に開いていければ良いと思う。

江良　新技術・新工法が出ていることは、色々な会社や立場の方が関心を高めている証拠だ。私が取り組んでいる亜硝酸リチウムも中国地方整備局の「橋梁の補修・補強手引き」にも標準工法として取り扱っていただけるようになったほか、四国地方整備局からは3大損傷のASRの補修事例として亜硝酸リチウムの内部圧入工法が紹介され、日経コンストラクションの「必ず押さえたいコンクリート診断の重要用語40選」でも取り上げていただいた。また、材料としてだけでなく方法としての開発も増えており、最初はひび割れ注入と表面被覆だけであったのが、内部圧入や新しいカプセル式の技術も実用化され、塩害対策や中性化対策、ASR対策などの現場で稼動している。さらに、（一社）コンクリートメンテナンス協会の「コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム」も昨年も全国20カ所で開催、延べ3000人にご参加いただいた。質問のレベルや参加者の意欲は年々高まりを見せ、今後もますます加速すると思うし、その受け皿としての我々の働きも要求されてくると感じている。

鈴木　確かに亜硝酸リチウム関連の技術はかなり進み、普及してきましたね。良いモノはしっかりと口コミで伝わるものだと感じます。塩害に対する最後の切り札といわれ、コスト面の高さが問題視されていた電気防食もこの10年で随分安くなったようですし、さらに普及すればもっと安くなると思います。たくさんの技術があるので、設計者としてもどれを採用すれば良いかは悩みの種ですが、国交省の新技術活用促進会なども通じて勉強を重ねる必要があります。

絹井　本日は貴重なお話をどうもありがとうございました。

最後に、興味深い事例をご紹介して終わります。数年前、三次市内に架かる巴橋を通ったところ、中学生が橋の歩道の清掃をしていました。気になって調べてみると三次中学校が「全校ボランティア」と呼んで地域の清掃を定期的に行っていることがわかりました。構造物の維持管理にとって地域ボランティアの応援は非常に大きいものです。きめ細かい管理、効率的な対策でトータルの補修費用を抑えることができるからです。地味な事例ではありますが、このような地域との連携による維持管理も考えていければ良いのではないでしょうか。

《出席者》

〈発注者代表〉
中国地方整備局道路部道路保全企画官
川端　誠

〈学識者代表〉
広島工業大学教授
十河　茂幸

〈施工者代表〉
工学博士
江良　和徳（極東興和㈱）

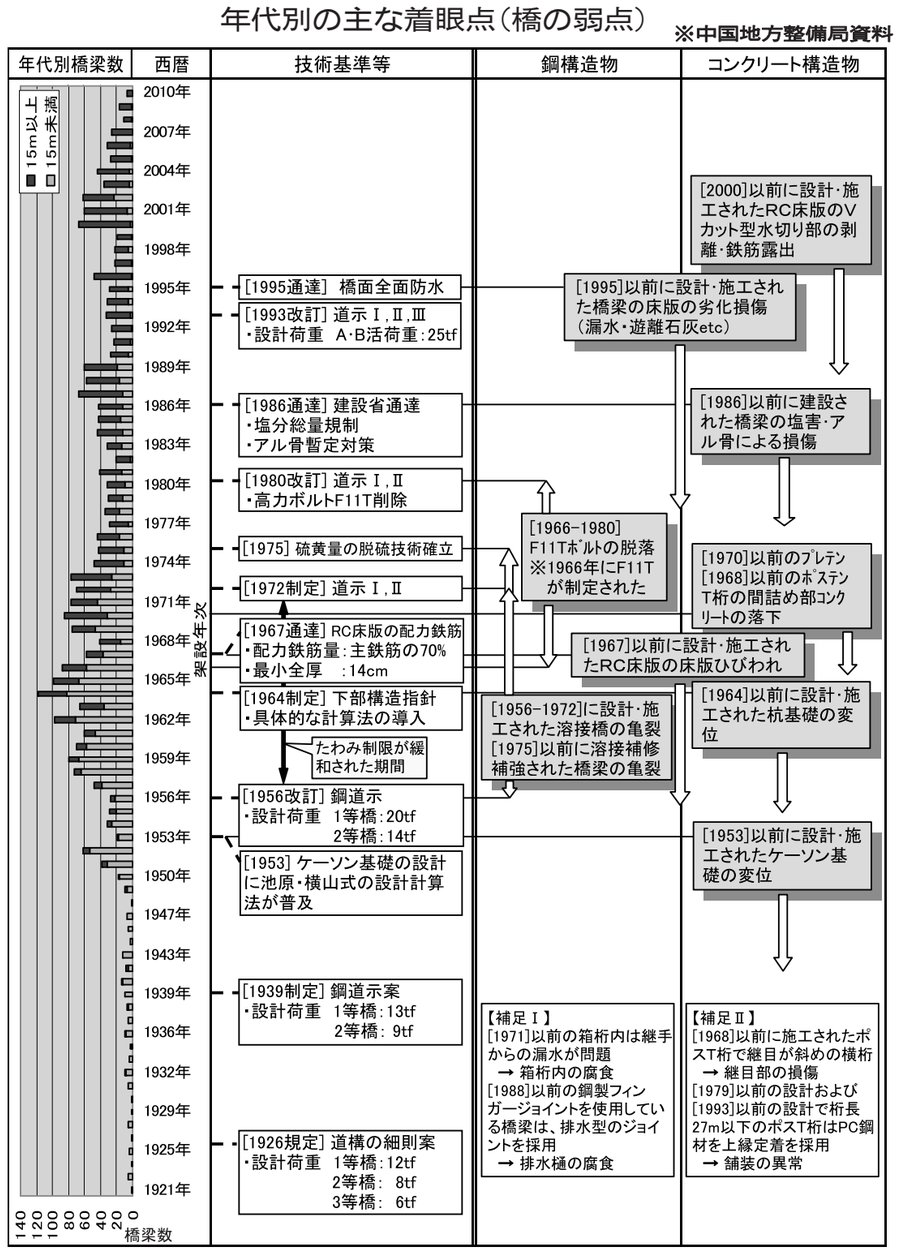
〈進行役・設計者代表〉
広島県コンクリート診断士会副会長
鈴木　智郎（復建調査設計㈱）

〈オブザーバー〉
広島県コンクリートメンテナンス協会会長
徳納　武使（福徳技研㈱）

敬称略

年代別の主な着眼点（橋の弱点）

※中国地方整備局資料



広島地区生コンクリート卸商協同組合
理事長　三浦　公
〈事務局〉
〒732－0817
広島市南区比治山町2－4
電話(082)262－1700
FAX(082)262－0033
【組合員】
㈱アマノ　㈱トクシン　㈱猫本策三商店
㈱石﨑本店　㈱フジタ建材　㈱西日本生コンクリート工業
植田商事㈱　真志田建材㈱
観音建材㈱
㈱木村商会　ウベコン浜田㈱
興繕セキシン㈱　㈱まるせ
合田産業㈱　㈱竜陽
広和通商㈱　㈲昭和
清水コンクリート㈲　平成生コン㈱
㈲北起興産　美建工業㈱
大成工業㈱　㈱合原資材
㈲コウリュウ　㈱横山建設

広島県コンクリートメンテナンス協会
会長　徳納武使
〒730-0053
広島市中区東千田町2-3-26
Tel.082-541-0133　Fax.082-541-0133
http://www.hcma.jp/
1998年、コンクリートの補修はエポキシ樹脂等の有機系補修材が主流の時代でした。無機には無機の補修材が良いのではないかと疑問を感じていた広島県内に本社を置くコンクリート構造物の補修専業者で、広島県コンクリートメンテナンス協会を設立しました。無機材料にこだわるのではなく、無機及び有機それぞれの材料の持つ特性を十分に理解して適切な補修設計と施工を行うこととしています。
【会員】
福徳技研㈱　エヌエル産業㈱　河本組
日本ロードテック㈱　宥免組
井上建設㈱　広成
コーシン産業㈱　国土技建㈱
しんや㈱　大胡興業
㈱テクシード　㈱ヒノデ開発
広島ガステクノ・サービス㈱　㈱広島みかど
藤田化成㈱　丸岡産商