

プレストレストコンクリート構造に求められる性能

宮川 豊章*

1. コンクリート構造物の現在

コンクリートには種々の長所があることが知られている。可塑性があり自由に形状を形作ることができること、耐久적であり維持費を必要としないこと、材料の入手が容易であること、あるいは比較的安価であること、などである。これを用いたコンクリート構造物については、鉄筋、PC鋼材などの複合効果によって、コンクリートそのものとほぼ同じような長所に加えて、適切な設計・施工を行うことによって、優れた耐荷性やじん性をもたせることができる。

このようなコンクリート構造物に対して、現在テレビ、新聞をはじめとする種々のマスコミによって、その信頼性に疑問が投げかけられている。われわれがコンクリート構造物、とくにその性能について考える場合、善意の設計者によって設計され、善意の施工者によって施工され、さらには善意の管理者によって維持管理されることを前提としている場合が多い。しかし、この善意は、その時代の技術水準によってその質および量に相当の相違が生じることは確かであり、また、人によってもその水準に相当のばらつきがある。それまでのコンクリートに対する信頼性が高かっただけに、これらのばらつきの中で最悪のものが生じた場合には、コンクリート構造物の性能に対する疑問を生じさせるに至る場合さえあることが明らかとなった。

たとえば、大阪での万国博覧会（1970年）、また第1次オイルショック（1973年）の時期に、本格的な大量ポンプ施工により建設され、現在問題となっている構造物がある。コンクリートの品質は相当にばらついており、その時点では最適と考えられる、種々の調査点検手法により、維持管理され、補修・補強が行われてきた。建設されてしまった劣悪な構造物は、これらのような真摯な努力を最大限に要求し、優良な構造物に比べてはるかに多くの労力が強いられることが明らかとなったのである。もっとも、たとえ優良な構造物であったとしても、技術には必ずその時代の限界があり、常に適切なメンテナンスが要求されることもまた

確かであろう。

物を作る技術には、対象とするものを作る技術そのものと、それが確かに適切に実行されていることを確認する技術が必要である。コンクリートは、少々品質が悪くても硬化し、所定の形を保ち、ある程度の強度は発現するという、良い意味での施工鈍感性をもっている。しかし、このことは、後者の確認する技術を伴っていない場合、必ずしも最良の結果を得ることができなくなる。適切に建設されたかどうかを確認する技術が意識的に開発され、加えて意識的に用いられない場合、耐久性という観点から、将来に禍根を残すことになりかねない場合があるのである。

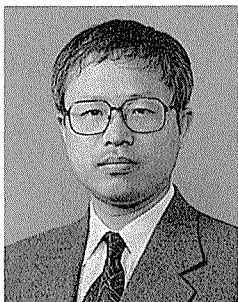
われわれは、このようなコンクリート構造物の現在の中で、新たにコンクリート構造物の信頼性を取り戻す必要がある。

2. 性能とは何か

一般に、コンクリート構造物には、目的あるいは要求に応じて果たさなければならない役割、「機能」が設定されている。この「機能」という言葉は、主観的要素が強く、定量化が困難な部分をもっているため、定量化可能な尺度として、「性能」という言葉が用いられる¹⁾。この性能にはまた、計画あるいは管理時に想定される「要求性能」と、現実の構造物が示す「発揮性能」に分類することができるが、ここでは、とくに区別せず話を進めることにする。

現在、性能規定あるいは性能照査が、新しい設計、施工の方向性として注目されている。性能規定と性能照査は質の違った考え方であるにもかかわらず、これらが混同されることも多い。誤解を恐れずに簡単に言えば、性能規定とは性能によって規定することであり、性能照査とは、性能規定のツールとして用いられることが多く、照査することによって性能を確認することである。ここで、性能によって規定する場合の大きな問題点は、技術的には、適切な性能照査方法そのものの確立が最も大きな問題であり、システム的には、①誰が要求性能を設定するか、②隠されていた性能の保証、の2つであろう。

前者の適切な性能照査法については、経年的な劣化をしていない新設構造物の場合、種々の詳細な検討が可能である。しかし、塩害や中性化あるいはアルカリシリカ反応などの劣化メカニズムによって生じる経時的な性能変化については、まだ明確ではない部分が多い。図-1²⁾に示すように、構造物の性能は、性能と環境作用（外力、腐食因子など）と供用期間の3次元で表すことができ、環境作用が穏やかな場合は極めて長持ちするが、厳しいところでは性能の低下は速くなり、寿命は短くなる。塩害に注目して、腐食量と耐荷力との関係を検討した例（たとえば、図-2³⁾な



* Toyoaki MIYAGAWA

京都大学大学院
工学研究科 土木工学専攻 教授

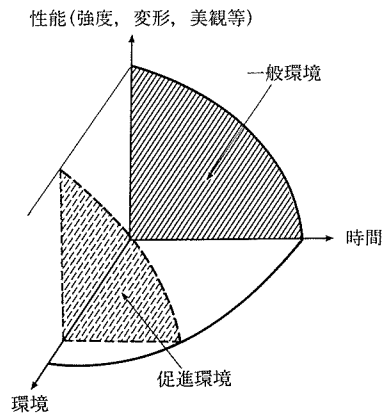


図-1 設計座標²⁾

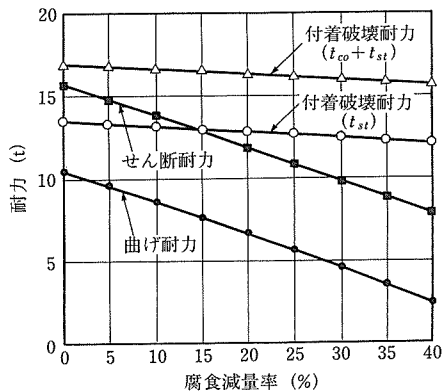


図-2 腐食減量率と耐力の関係³⁾

どもあるもののまだ十分なものではなく、じん性の変化については検討した例⁴⁾は極めて少ないのが現状である。

システムとしては、コンクリート構造物に関わる技術者あるいは研究者がコンクリート構造物の性能について考える場合、しばしば陥りやすい盲点がある。それは、性能、とくに必要なあるいは要求される性能を、われわれ技術者あるいは研究者の立場で考えがちであり、それ以外の性能を見落としがちであるということである。コンクリート構造物に要求される性能は、その性能を享受する人間として誰を想定するかによって、大きく異なってくる。対象とするコンクリート構造物の使用者から見た場合、安全性、使用性、景観が極めて重要であり、これに対し、施工者からは施工性、管理者からは維持管理性、所有者からは安全性、景観とともに復旧性・修復性や解体・再利用性などのさまざまな性能を加えることもできよう。

中でも安全性および使用性は、前者は終局限界状態・疲労限界状態また後者は使用限界状態として、従来からコンクリート構造物の設計にあたっての基本的な検討項目であり、限界状態設計法は、使用者および所有者とくに前者にとっての利便性を念頭に置いたものであることが分かる。しかし、すでに明らかのように、構造物に本来要求される性能はこれら2種類のみではなく、また、技術者がまだ把握してはいない、隠された性能がないとは限らないのである。

しかも、これらの性能は、本来は所有者また場合によっては使用者が、理解したうえで判断すべきものであり、技

術者が判断する場合にあっても、所有者あるいは使用者に報告した場合に理解されうるものでなければならない。ここで、所有者が理解、判断することができるためには、技術者は所有者が分かるようにこれらの性能について具体的に説明しなければならない。したがって、土木構造物にあつては、本来の所有者たる市民に分かるような形での説明が要求される。いわゆるアカウンタビリティの問題が生じるのである。

3. コンクリート構造物の性能

コンクリート構造物に関わる性能は数多く、その用語でさえ必ずしも一般的な合意が得られているわけではない。たとえば、土木学会「コンクリート構造物の維持管理指針(案)」によれば、図-3に示すように、機能に関する性能、周辺環境への性能および耐久性の3種類に整理され、機能に関する性能は耐荷性と狭義の機能性に分類されている。さらに、耐久性は機能性、耐荷性および周辺環境への影響性のそれぞれに関わる耐久性があるとされている。機能性の中に含まれる使用性について、構造物の使用者・近隣者の五感を満足する性能と物質・エネルギーの遮蔽・透過に関する性能に大別して整理した例を表-1⁵⁾に、さらにそれぞれの性能を照査するための指標の例を表-2⁵⁾に示す。場合によっては考慮しなければならない種々の性能があることが分かる。

図-3のうちで、耐久性は、機能性、耐荷性および周辺環境への影響性のすべてに関わる性質であり、耐久性の性能表現である耐久性能⁶⁾は、これら他の性質の経時変化をもととする、極めて重要な性能であることが分かる。コンクリート構造物は、適切に設計、施工された場合、耐久性に富む構造形式である、とは長年言い習わされた言葉である。言い換えれば、適切ではない場合、耐久性に富まない構造形式であり、さらに重ねて言えば、設計・施工の水準を任意に設定することによって、耐久性を任意に設定できる構造形式であると言ってよい。耐久的にすればよいだけの耐久設計とは異なり、いわゆる耐久性設計ができるのである⁶⁾。したがって、耐久性能を明確に示すことができる構造形式であると言ってよい。

この場合、まず最初の大前提として、コンクリート構造物が設計供用期間から考えた適切な耐久性をもたなければならないことは言うまでもない。したがって、補修・補強、リハビリテーションを含めて、いくら維持管理技術が発達したとしても、耐久性に富む構造であることが要求される場合には、極めて高い耐久性を発揮することが必要で

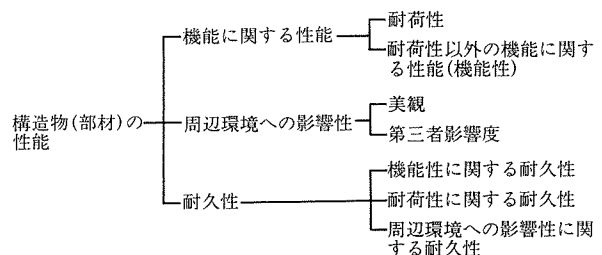


図-3 構造物(部材)の性能の分類

表-1 コンクリート構造物の使用性⁵⁾

	項目	説明
使用上の快適性	乗り心地・歩き心地(振動使用性)	車両の乗客・歩行者の体感
	耐振動性(環境振動・騒音)	近隣者の体感
	景観	遠景
	視覚的快適性(見た目の快適性)	近景
	視覚的安全性(見た目の安心感)	中・近景
	耐騒音性	車両の乗客・歩行者に対する騒音
	耐臭気性・耐湿気性	使用者・近隣者への臭気, 湿気
遮蔽機能	水密性	水の漏洩
	気密性	気体の漏洩
	遮音性	近隣者への騒音
	遮熱性	近隣者への熱の漏洩, 輻射熱の反射
	その他の物質・エネルギー遮蔽性	タンク, エネルギー関連施設

表-2 使用性の項目と照査指標⁵⁾

項目	項目の説明	精緻な照査指標	簡便な照査指標
乗り心地・歩き心地(振動使用性)	車両の乗客・歩行者の体感	乗客・歩行者に伝わる応答加速度または応答速度	たわみ, 段差, 隙間, 折れ角, 舗装面
耐振動性(環境振動・騒音)	近隣者の体感	発生する振動レベル	たわみ, 段差, 隙間, 折れ角
景観	遠景	照査しない	
視覚的快適性(見た目の快適性)	近景	ひび割れ幅, ひび割れ密度, 汚れの領域の大きさ, 汚れの密度	
視覚的安全性(見た目の安心感)	中・近景	たわみ, ひび割れ幅, ひび割れ密度	
耐騒音性	車両の乗客・歩行者に対する騒音	発生する音圧レベル	舗装面, 段差, 隙間
耐臭気性・耐湿気性	使用者・近隣者への臭気, 湿気	構造物近傍での臭気物質の濃度, 湿度	臭気物質の使用量, 表面付近の含水率
水密性	水の漏洩	単位時間あたりの透過水量	コンクリートの透水性, 打継目・ひび割れの有無, ひび割れ幅, ひび割れ密度
気密性	気体の漏洩	単位時間あたりの透気量	コンクリートの透気性, 打継目・ひび割れの有無, ひび割れ幅, ひび割れ密度
遮音性	近隣者への騒音	構造物からの漏洩音圧レベル	遮音壁の効果の実績
遮熱性	近隣者への熱の漏洩, 輻射熱の反射	漏洩する熱エネルギー, 反射する熱エネルギー	構造物外壁の厚さ, 表面の反射特性
その他の物質・エネルギー遮蔽性	タンク, エネルギー関連施設	単位時間あたりの当該物質・エネルギーの透過量	

ある。コンクリート構造物は、そのような場合に、極めて耐久性に富む構造物とすることができる構造形式なのである。

ここで、維持管理の水準が異なれば、設計、施工の水準も異なってよいはずである。言い換えれば、維持管理を行わない場合、設計、施工は十分な余裕をもって行う必要がある、モニタリングを含む詳細な管理体制を予定する場合には、余裕は少なくてもよいはずである。たとえば、近年活発な議論が行われている、Eurocodeの基本理念は、設計供用期間の間、適切な信頼性と十分な耐久性を有して、供用にあたって十分な性能を発揮することであり、適切なメンテナンス戦略、言い換えれば、コンクリート構造物の経時的なシナリオが、構造物の設計概念の一部をなしている⁷⁾とあってよい。

一方わが国の場合を例にとれば、以下のような推定もある。積極的な建設投資を続けられるのは今後10年～15年間であって、大規模プロジェクトの数は減り、管理すべき構造物は増え続ける。さらに温暖化防止をはじめとする環境保全に関心が高まり、土木技術に対するニーズが大きく変わり、少子・高齢化など社会情勢の変化も、これからの技術開発に影響してくる、と指摘したうえで、これからのニーズを考慮した場合、10年～15年後には維持管理、補修・補強、環境、リサイクルなどが極めて重要な技術とし

て取り上げられている例もある⁸⁾。したがって、コンクリート構造物の性能は、本来、維持管理を念頭に置いたシナリオによってはじめて具体的となるのである。

4. プレストレストコンクリート構造物に求められている性能

ここでは、一般の鉄筋コンクリート構造との比較のうえで、プレストレストコンクリート(以下、PC)構造物が有している特徴さらにはそれを活かして求められている性能について考えてみたい。

コンクリートの引張強度は圧縮強度に比べて小さく、ひび割れが生じやすいという短所をコンクリートは有している。この短所を補うために鉄筋コンクリート構造が開発された。しかし、鉄筋コンクリートではひび割れを十分に制御し変形を小さくすることには限界があり、逆にコンクリートの長所である圧縮強度を活かした形で開発されたものがPCである。すなわち、ひび割れ発生を防止するために外力によってコンクリートに発生する引張応力をあらかじめコンクリートに与えた元圧縮応力によって打ち消す、これがPCの基本原理であり⁹⁾、これらの効果が半永久的に得られることが要求される。

プレストレスをコンクリートに導入し利用するためには、コンクリートの強度は比較的高強度とする必要があ

る。したがって、水セメント比の小さなコンクリートが用いられるため、コンクリートそのものの耐久性も一般の鉄筋コンクリートと比べて優れている。しかも、プレストレスによって有害なひび割れを防止することができるため、鋼材腐食の観点からも耐久性に優れているとされる。

したがって、他の条件が同一である場合、PC構造は、鉄筋コンクリート構造物と比べて耐久性と変形に関する性能を際立って優れたものとすることができるはずである。ここで問題となるのは、「他の条件が同一である場合」という条件である。PC構造が耐久であるということで、かぶりなどの条件を緩めた場合、その条件緩和が過大であると、施工性とも関連して、かえって劣化が進む場合がある。これはすでに、日本海沿岸部でのPC橋梁の塩害がその悪しき例として知られている。

また一方、鋼橋とPC橋の架替えを比較して、PC橋で問題あるものが表面化してきているとの報告¹⁰⁾もある。PC橋梁の耐久性を過信してはならない、という例証であろう。しかもPC構造物では、鉄筋コンクリートでは生じない劣化を生じることがある。たとえば、グラウトの充填不足に関する問題は、今は解除されているものの、英国におけるグラウト式ポストテンション橋梁の禁止という処置さえ生んだ。

このグラウトの充填不足の問題は、ポストテンション方式のPC構造独特の極めて本質的な問題であり、現在種々の改良が試みられている。従来技術の延長線上では、ノン・ブルリーディングタイプのグラウトの使用、グラウト充填度確認技術の開発がある。さらに新しい工法としては、グラウト工を不要とするわが国で開発されたアフター・ボンド工法、また非腐食性のプラスチックシースの使用などを挙げることができる。また、維持管理の観点から、外ケーブルの使用も提案されている。しかし、新設構造物に対する疑念は晴れようとしていても、グラウト不良に起因して劣化が生じてしまった構造物に対して、その調査診断・判定手法あるいは補修・補強工法における問題点が完全には拭い去られたとは言えないものがある。

しかも、PCの極めて大きな利点であった高い耐久性および長寿命に対して、調査・診断や補修・補強などは万が一劣化が生じた場合の現実的な解の一つであるにもかかわらず、これらに対する学協会における適切な取組みは、まだ十分に成されているとは言いがたい。今後は、組織立った検討が要求されてくるだろう。

耐久性ばかりではなく、鉄筋コンクリート構造物との比較のうえで、PC構造物の性能の特徴について検討した例を表-3¹¹⁾に示す。この検討結果例はまだ十分なものではなく、必ずしも必要十分な結果を示しているわけではないが、PC構造の特徴をよく見ることができよう。これらの特徴のうち長所を今後とも伸ばすことが極めて重要である。

PC構造の優れた変形抑制能力は、変形回復性能と吸収エネルギーのバランスのうえで、これからも強く要求される能力である。PPCのように、鉄筋コンクリートに近い、地震時吸収エネルギーが高い構造物も建設がまた可能である。さらに近年は、変形能力補強に関する検討も行われている¹²⁾。

また、PC構造あるいはPC工法は、種々の合成、複合構造

に利用され、プレストレスという要因の増加により、設計・施工に自由度が生まれ、新しいアイデア、コンセプトを出すのに格好の場となっている。言い換えれば、PCを中心とした、土木あるいは建築構造物への利用方法のシナリオの豊かさは、鉄筋コンクリートの比ではないのである。

5. プレストレストコンクリート構造物のためのシナリオ

現在盛んに議論されている、性能規定あるいはそのツールとなる性能照査は、構造物の「機能」を「性能」という形で工学的に翻訳することによって、その「本質」を抜き出し、それを実体化しようとするものと言い換えてよい。ここでは、普遍的、抽象的な機能を第一にして、生活者、市民の目に映る生き生きとした他の現象を切り捨てる過激なプラトニズム¹³⁾、言わば机上の空論に陥ってしまう危険性がないではない。

この場合、とくに気をつけなければならないのは、性能規定化に伴って現れる、隠された性能、とくに、建設初期には現れにくい、耐久性の問題である。PC構造は、基本的には鋼構造や鉄筋コンクリート構造よりも耐久性に優れているはずであり、種々の問題点についても現在精力的に検討されている。しかし、PCの新しい利用形態は、耐久性の確認を素通りして議論されがちである。言い換えれば、設計・施工の新しいアイデア、コンセプトが他の性能を隠してしまうことにならないような配慮が必要である。そのためには、PC技術協会が率先して、耐久性、診断、補修・補強についての重要性を語る必要がある。そのような配慮のもとに、PCのなお一層の発展が期待されるのである。

さらに、木、石、鋼あるいはコンクリートは、それ自体の本質として美しい、あるいは醜いということはなく、それが置かれた状況で変わり、評価される。したがって、美しいPC構造とは、一意的に規定されるものではなく、その環境に対応する美しさが今後も要求される。その状況はまた、環境に優しいものとするのが当然要求される。プレストレスによって、断面を有効に用いることができ、鉄筋コンクリートに比べてより自在に断面設定を行うことが可能であり、鋼構造に比べてテクスチャーの柔らかなPC構造は、そのような要求に適切に応えることができる構造形式である。

コンクリートは生まれて170年ほどになるが、PCはまだ70年ほどにしかならない。コンクリートそのものも、工業材料としては極めて若い材料であり、PCに至っては、これからの成長が大いに期待できるまだ揺籃期にあると言ってもよいほどの、若い構造形式なのである。PC構造はコンクリートと鋼材、中でも比較的高強度のコンクリートと鋼材の、それぞれの特徴をうまく活かした構造形式であると言える。したがって、PC構造に要求される性能は今後ますます高くなり、また将来的に、PC構造物が発揮する性能は高くなっていくものと考えられる。

PC構造物の良さをこれからさらにうまく引き出すためには、地震が作用した場合の挙動や、安全性能、使用性能および周辺環境への影響性能の経時変化について、つまり、

表-3 プレストレストコンクリート構造物の性能¹⁾

要求される性能	項目	誰のための性能か	照査指標	検証方法	PC構造物の特徴	性能設計に向けての今後の課題
使用性	走行性	使用者	変形・たわみ・ひび割れ	使用限界状態の照査	鋼構造物に比べ変形は小さい。ひび割れを制御でき耐久である。劣化によるプレストレスの減少などによる影響あり。損傷事例より床版など繰返し荷重を受ける部材についてはRCよりも耐久性に優れる。	ひび割れ発生後の評価の高精度化
	景観・美観		環境との調和、構造美 ひび割れ、汚れ		コンクリートの劣化によりひび割れ 汚れが発生するが、RCに比較して 耐久性は優れている。	美観の評価手法の確立
	振動性		振動量	動的解析による照査	鋼構造物に比較して小さい。	
	騒音		音の生成	実測	鋼構造物に比較して小さい。	
	臭気・湿気		物質の発散	実測		
	水密性		漏水量	水セメント比の規定	RC構造物に比較して大きい。	ひび割れを考慮した予測技術
	気密性		透気量			
	遮音性		音の透過量			
	遮熱性		熱の透過量			予測技術の向上
	その他透過性		透過量・反射量			
安全性	耐震性	使用者	応答値(変形・断面力)	使用限界状態の照査	ひび割れ復元性がある。 橋脚に軸方向プレストレスを導入 する方法 PC鋼材の巻付けによる横拘束法など 新工法	・じん性評価法の高精度化 ・構造物全体の耐震安全性
	耐荷性		曲げ耐力・疲労耐力 軸方向耐力・疲労耐力	終局限界状態・疲労限界 状態の照査	複合構造・高強度材料などに対する 設計体系の確立が必要 疲労耐久性に優れる。	・安全係数の設定方法 ・劣化予測手法の確立 ・残存耐力の評価方法、非破壊試験法 ・目標とする安全性レベルの設定 ・せん断ねじり耐力に対するPC効果評価 技術 ・新工法・新材料に関する応力特性
			せん断耐力・疲労耐力 ねじり耐力・疲労耐力	保有性能経時変化の定 量的評価	PC効果評価方法が未熟	
			緊張材耐力・疲労耐力		外ケーブルの場合など評価方法が 確立されていない。	
	対人安全性					
耐火性			高強度鋼材(緊張材)は熱害に敏 感である。			
復旧性	機能回復工 事の難易度	所有者	機能回復に要する工期 工費		プレキャスト部材や外ケーブルの使 用により機能回復が容易になる。	
	耐震性			損傷限界状態の照査		損傷限界状態の設定
施工性	施工安全性	施工者			グラウト充填度など確認が困難	指標の定量化
	施工現実性				鉄筋量が少なく充填性がよい。	
	施工難易性		充填性・材料分離抵抗性 ポンプ圧送性・表面仕上げ性 凝結性	各種試験		
	施工設備					
維持管理性	維持管理のやすさ	管理者				
解体・再利用性		所有者	工費・工期			

コンクリート構造物の時空間内における挙動をあらかじめシナリオとして設定してやり、これが荷重的、環境的に、また経済的に達成可能かどうかを判定する、という手順をとるのが最も分かりやすい⁵⁾。これによって、PC構造物を、自由自在に挙動させることができ、空間的にも、時間的にも設計できるということがはじめて言えるのである。このためには、そのようなシナリオを満足するかどうかを照査できるように、PC構造物の時空間内挙動の解明がさらに望まれるところである。

今こそ、プレストレストコンクリートをうまく活かすことのできる、他の構造形式のためではなく、プレストレストコンクリートのための魅惑に満ちたシナリオを書くべきときなのである。

参 考 文 献

- 宮川, 小林, 藤井: 塩分雰囲気中におけるコンクリート構造物の寿命予測と耐久性設計について, コンクリート構造物の寿命予測と耐久性設計に関するシンポジウム論文集, 日本コンクリート工学協会, pp.47~54, 1988.4
- 土木学会: コンクリート構造物の維持管理指針(案), 1995.10
- 日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書, 1998.10
- たとえば, 岡田, 小林, 宮川, 九富: 鉄筋腐食における鉄筋軸方向ひび割れがコンクリート部材特性に与える影響, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, pp.113~116, 1985.6
- 宮川: 土木コンクリート構造物のためのシナリオ・シナリオデザインへの招待, セメント・コンクリート(印刷中)
- 土木学会: コンクリート委員会使用性分科会資料, 1999.6
- H.U.Litzner, A.Becker: Design of Concrete Structures for Durability and Strength to Eurocode 2, Materials and Structures, Vol.32, No.219, pp.323~330, 1999.6
- 西村, 中野目: 2010年の注目技術, 日経コンストラクション, 234号, pp.64~93, 1999.6.25
- 渡邊: プレストレスト構造のもたらしたもの, 建築雑誌,

- Vol.114, No.1439, pp.30~31, 1999.6
- 10) 河野：コンクリートの耐久性を考える，その3-1，パネルディスカッションでの講演，セメント・コンクリート，No.629，p.17，1999.7
- 11) PC建協関西支部：PC耐久会・委員会資料，1999.3
- 12) たとえば，山本，今井，服部，宮川：軸方向プレストレスを有するRC巻立て補強部材の曲げ変形特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.3，pp.1567~1572，1999.6
- 13) 中村：風土を作る時空の思想，風景感覚1，pp.110~127，技報堂出版，1999.3
- 14) 辻：PCに関する新たな展望，プレストレストコンクリート，Vol.41，No.1，pp.3~5，1999.1
- 15) 西沢：耐久的な土木コンクリート構造物を目指して，セメント・コンクリート，No.628，pp.46~48，1999.6

【1999年8月18日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

PC構造物の耐震設計の現状

— 第27回PC技術講習会 —

(平成11年2月)

頒布価格：5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会