

特集

第二東名・名神橋梁

第二東名・名神高速道路へ向けた技術開発・耐久性向上

寺田 典生*1・青木 圭一*2

1. まえがき

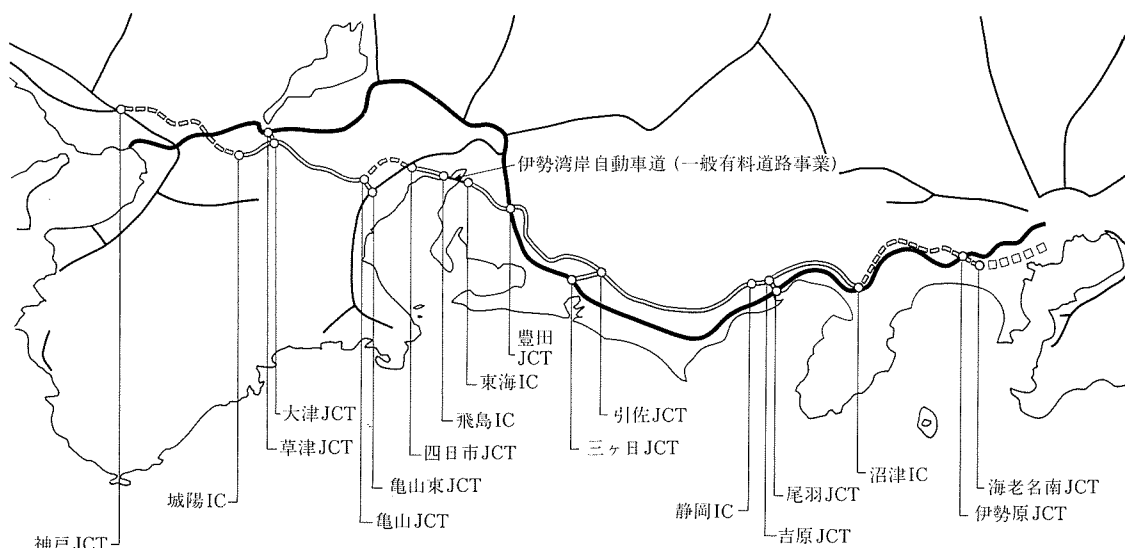
わが国の高速道路の建設は、1963年の名神高速道路の一部開通（栗東～尼崎）を皮切りとして、現在までに供用延長6401km（平成10年10月現在）に達している。このうち、橋梁延長は約900kmに達し、比率では約14%を占めている。

一方、第二東名・名神高速道路は、第二東名（東京～名古屋）約320km、第二名神（名古屋～神戸）約170kmの合計約490kmからなるわが国経済の大黒柱である太平洋メガロポリスにダブルハイウェイを構築すべく計画されたものである（図-1）。都市部を100km/h、都市周辺部を120km/h、都市間を140km/hの走行が可能となるように、平面・縦断線形や幅員を大きく定め、基本的に6車線で構成されている。現在の東名・名神高速道路の代替路線として、より高

度な機能を付加し、全線を4時間弱で走行可能なコンセプトで設計されている。この結果、全線にわたり構造物比率が高くなり、盛土や切土といった土工部分は約4割に低下し、橋梁の延長比率では約40%と、これまで供用している高速道路に比べると高い割合を占めている。

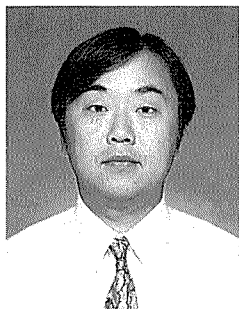
したがって、橋梁の事業費削減が第二東名・名神高速道路全体の事業費削減に大きく寄与することから、橋梁における事業費削減が大きな使命であると言える。

また、現在供用している高速道路の橋梁の維持補修費は約800億円/年にも達し、今後も増大していくと思われ、さらに第二東名・名神高速道路が供用した後を考慮した場合、その費用は現在の費用を大幅に上回ることが予想される。したがって、いかに初期コストを安く抑えるかとともに、補修に手のかからない構造物にするかが大きな命題である。



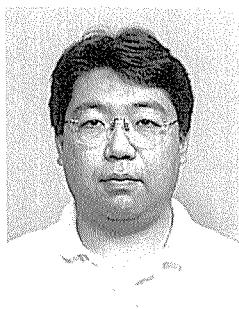
注：図中のICおよびJCTは主な通過点を示すために記載したものである。また、名称は仮称である。

図-1 第二東名・名神ルート図



*1 Norio TERADA

日本道路公団 技術部
構造技術課長代理



*2 Keiichi AOKI

日本道路公団 技術部
構造技術課

本文は、現在の日本道路公団（JH）におけるコンクリート橋についての新技術の取組み状況および品質向上・耐久性向上についての現在の取組み状況について報告するものである。

2. 品質・耐久性の向上

2.1 非破壊検査

これまでのコンクリート構造物においては、施工は確実にされる、または施工状況を検査することにより、所定の品質が得られると判断している。しかし、今後、発注者や施工業者においても監督する立場の人数に限りがあることからすべてを検査することが困難となりつつある。そこ

で、コンクリートの打設後、もしくは、構造物が完成した後に客観的に判断する手法が必要となってくる。

コンクリート構造物の耐久性に大きく影響する要因は種々あるが、主な項目にコンクリートの強度(密実性)およびかぶり厚が挙げられる。これまで、コンクリートについては、コンクリート材料の検査および試験供試体による強度確認が行われ、コンクリート構造物である実構造物の検査は行われていないのが一般的である。これを、実構造物であるコンクリート構造物において検査を実施できれば、施工中の立会いや、材料検査といった日常的に行われている多数の検査を省略することが可能となる。また、実構造物が要求された性能を満足しないと判断されれば、補修や再施工といった処置を講じ、将来への負の遺産を残すこともなくなる。

現在 JH においては、コンクリートの強度(密実性)を検査する手法として、従来から使用されているシュミットハンマーを用いた非破壊検査手法(写真-1)を検討中である。シュミットハンマーによる強度推定は、建築学会などさまざまなところから強度推定式が提唱されているが、実強度との相関が合っていないのが現状である。そこで、適切に施工された基準供試体と実構造物の相関性をシュミットハンマーにより検出し、実構造物が極端に劣った値を示せば、締固め不足や養生不足といった施工に起因する不良を検出できると思われる。そこで、JH では、昨年度において試験施工を実施し、その結果を図-2に示す。その適用性については、深礎基礎のようなブリーディングの影響が大きい部位や、床版上面のように表面に凹凸がある部位において、その適用に問題が残るが、おおむね判定できる値が得られている。今後、その判定基準値について、更なる試験を実施し、適用性の検討を実施する予定である。

また、かぶり厚においても、これまで鉄筋や型枠検査の段階で検査していたものを、コンクリート打設後に検査する手法へ変更すべく検討中である。鉄筋探査には、電磁波法や電磁誘導法、超音波法と呼ばれる鉄筋探査機器が開発されているが、これをかぶり厚検査へ適用するものである(写真-2)。

昨年度において、実構造物の計測値と構造物をはつりとして調査した実かぶり厚の関係には、その測定機器により大きなばらつきがあった(図-3)。現状の測定機械の精度



写真-1 シュミットハンマーによる測定状況

では、測定値が実かぶり厚と同等の値ではなく、ある基準値を設定する必要があると思われる。JHにおいては、道路橋示方書に示される最小かぶり厚に施工誤差を考慮し、+10mm(場所打ちの場合)を加算した値を設計値として定めている。したがって、これを考慮し、さらに測定機器の精度を考慮した基準値を設定する必要がある。今後、更なる検討を実施し適用を図っていく予定である。また、同時に測定機器の精度向上も今後望まれる課題である。

2.2 PC橋の耐久性向上

プレストレストコンクリート(PC)橋特有の事項として、PC鋼材工がある。これまで、決して施工を軽んじてきたわ

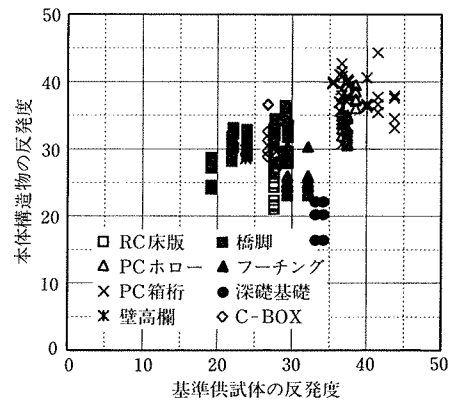


図-2 基準供試体の反発度と本体構造物の反発度との関係

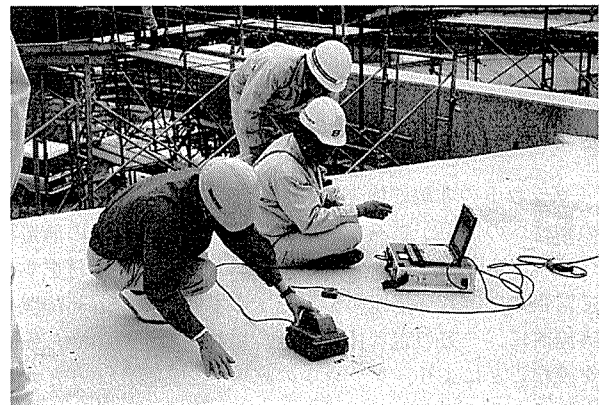


写真-2 RCLレーダーによる測定状況

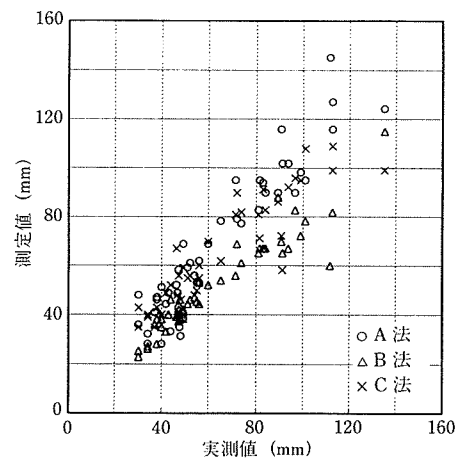


図-3 かぶり厚の測定値と実測値の関係

けではないが、1985年のイギリスにおけるYnys-Y-Gwas 橋の落橋以来、PCグラウトに起因する問題が話題として上がる機会が増えている。JHにおいては、この対策として、数量が非常に多い床版横締め、エポキシ樹脂をポリエチレン管により被覆したプレグラウトPC鋼材(写真-3)を適用することとし、施工の省力化や施工ミスの排除を試みている。今後、プレグラウトPC鋼材の適用拡大をさらに検討するが、その特質により主ケーブルへの適用は困難となる。そこで、通常のグラウトタイプのPC鋼材に関しては、確実なグラウト施工のために、ノンリーディング型グラウトを標準使用するとともに、グラウト使用量を流量計により把握し、設計数量と比較することによりその充填性を確認することとしている。さらに打音法やX線透過法などの非破壊検査法によるグラウト充填度の確認方法、スポンジオメーター等の新たな検査方法による確認方法を今後模索していく予定である。



写真-3 プレグラウトPC鋼材によるプレキャスト床版製作状況

グラウトの非破壊検査は、これまでに既設構造物の横締め鋼材への適用が試みられているが、これを新設の構造物へ適用するもので、全支保工工法のように、PC鋼材をすべて緊張後に定着部跡埋めを実施する場合は、定着部跡埋め実施前に、一方の定着体を叩き、反対側の定着体から振動を読むことにより、グラウトの充填性を確認しようとするものである。現在、プレストレスト・コンクリート建設業協会等において実験が実施されており、今後の技術開発が待たれるところであるが、PC橋の品質確保、耐久性向上に重要な項目であり、JHとしても積極的な検討を実施していく予定である。

また、近年製品化されている非鉄シースのポリエチレン製シース(写真-4)についても全面採用へ向けて検討中である。ポリエチレン製シースは、これまでの鋼製シースに比べて腐食に対して高い耐久性を有しており、また、弾性体に近い性状ゆえ施工に際し損傷しにくく、形状を保持できる特徴を有している。したがって、粘性が高いノンリーディンググラウト粘性型にとって、その注入性がより改善されると期待される。また、ひび割れを許容するPRC構造にとって、PC鋼材の防食は重要であり、ポリエチレン製シースを採用することにより、より耐久性が向上するものと判断される。

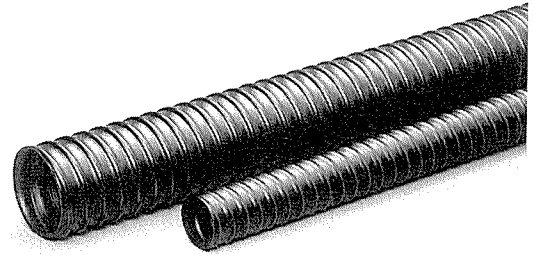


写真-4 非鉄製シース

しかし、ポリエチレン製シースは、その材料単価が従来の鋼製シースに比べ約3倍と非常に高価であり、経済性に課題がある。しかし、摩擦係数が鋼製シースに比べ約6割程度であるとの試験結果や文献等²⁾があり、仮にこの摩擦係数を考慮した場合、PC鋼材本数が減少し、総工費としては同程度となることが予測される。今後、実橋において摩擦係数の測定を実施し、適切な値を決定していく必要があると思われる。

PCグラウトに関しては、さらに施工ミスの排除のために、グラウトホースの識別化や施工の省力化を目的としたプレグラウトPC鋼材の適用拡大、また、緊張作業における緊張管理のパソコン導入による自動化など今後更なる改善の余地が残っており、積極的に取り組む予定である。

2.3 コンクリート強度

JHにおいては、これまで鉄筋コンクリート(RC)構造物の設計基準強度を24N/mm²、30N/mm²、PC構造物で36N/mm²、40N/mm²を使用してきた。24N/mm²のコンクリートの水セメント比を調査した結果では、東名・名神高速道路建設当時に50%未満であったものが、近年では55%以上に達する場合が見受けられる。JHにおけるコンクリートの耐久性試験や、各文献によると、水セメント比55%を超えた場合、急激に耐久性が劣る結果が得られている。これらの結果より、水セメント比を55%以下に抑えることが望ましいが、現状の骨材状態やセメントの微粒子化により55%以下に抑えることが困難と判断される。そこで、設計基準強度を30N/mm²にすることにより、結果的に水セメント比を50%程度に抑えることができる。そこで、日常的な管理手法(強度試験)により把握できることも含め、JHではRC構造物の設計基準強度を30N/mm²にすることとしている。しかし、フーチングなどのマスコンクリートの場合、セメント量が増えることにより発熱温度が上昇し、温度ひび割れの懸念がある。そこで、フーチング等のマスコンクリート部材は、従来どおりの24N/mm²とし、コンクリート構造物全体の耐久性を向上させることとしている。

3. 新技術・新工法

3.1 PRC 構造

JHにおけるPRC構造は、1986年に常磐道の中郷SAランプ橋が最初であり、その後、近畿道観音寺高架橋が施工され

ている。

鉄筋コンクリート構造はコンクリートで圧縮応力を負担し、引張りは鉄筋のみで受け持つ構造である。設計上、引張り側のコンクリートを無視しており、ひび割れ幅の直接制御ができないため、問題が生じる場合もある。JHにおける高架橋の標準形式であるRC中空床版を例にとると、PC橋に比較し安価であり、とくに橋脚高さが低く地盤が良好な場所では最も経済的となるが、RC構造であるためその支間は制限を受ける。すなわち、RC構造は、ひび割れ幅の直接的な制御方法をもたないため、ひび割れの制御には鉄筋を多く入れたり、桁高を上げることにより鉄筋の応力度を抑える間接的な方法しかない。そのため、設計荷重作用時における許容応力度を満足しても、ひび割れの発生により構造物の耐久性の点で劣るため、適用支間は18m以下程度に限られる。RC構造に対し、PRC構造は、終局耐力の向上ばかりでなく、設計荷重作用時のひび割れ幅をプレストレスにより直接制御することが可能となる。

また、すべての荷重条件に対してフルプレストレスを導入することは、構造物の破壊に対して必要以上の安全性を有し経済性を欠くばかりでなく、過大なプレストレスにより大きなクリープ変形を生じることになる。さらに、PC鋼材のみの構造物の曲げ挙動は、コンクリートにひび割れが発生するまでは極めて弾性的に挙動するが、ひび割れが発生すると曲げ剛性が低下し変形が急激に増大するとともにひび割れ幅も著しくなる。以上から、プレストレスを減少させ鉄筋量を増やすPRC構造を採用することによりクリープおよびじん性の向上が図られる構造となる。

また、施工性の面からも、鉄筋とPC鋼材を最も効率の良い配置とすることで、従来のPC構造に比較し、鋼材の配置段数の減少や鋼材間隔が広がることから、コンクリートの打設性において有利で、品質向上にも有効である³⁾。

JHにおいては、平成10年4月に「設計要領第二集 橋梁建設編」を改正し、今後PRC構造を標準的に使用していくこととしている。しかし、ひび割れを許容しているため、耐久性が懸念される。とくに支点上においては、PC鋼材が上側に集中して配置され、凍結防止剤の散布等による影響が懸念されるため、床版への防水工の設置、およびひび割れを許容する場合はポリエチレン製シーすを使用することとしている。

3.2 外ケーブル構造

JHにおける外ケーブル構造は、天瀬橋が最初であり、岩滑沢橋、鈴鳴橋、重信高架橋等の数多くの実績があり、建設中を含めると30橋を上回る実績である。外ケーブル構造の特徴は、部材断面の縮小化による軽量化だけでなく、PC鋼材の点検や補修、取替えが可能なことである。しかし、これまでのわが国の橋梁において、テンドンギャラリー(図-4)のような、桁端部と橋台部に点検用の空間を設けた橋梁は少ないのが現状である。橋梁の損傷で数多く見受けられるものに、伸縮装置からの水漏れに起因する損傷があり、桁端部はPC鋼材定着部であることを考慮すると果たして健全か否か不安である。そこでJHでは、今後建設する橋梁(桁高の高い構造)には、点検できる空間を設置することとし、

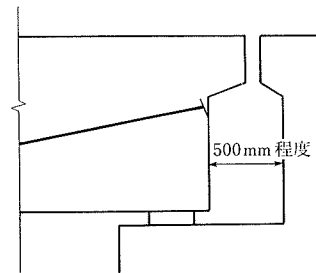


図-4 伸縮装置およびPC鋼材定着部の点検用スペース概要図

外ケーブル構造と併せて点検の容易な構造へ変更することとしている。

3.3 複合構造

フランジにコンクリート部材を、ウェブに鋼部材を用いた複合構造についても、積極的な採用を検討している。日本においては、新開橋等の事例があるが、JHの最初の試みとしては、東海北陸自動車道の本谷橋(波形鋼板ウェブ、写真-5)で実績があり、現在全国的な規模で検討中である。

構造用鋼板を折り曲げて波形形状とし、建造物等の梁ウェブに使用するアイデアは古くから海外では見受けられており、1980年代にフランスにおいて採用された構造形式である。従来のPC橋において自重の約30%を占めていたウェブに軽量な材料を用いることにより、自重の大幅な軽減が可能となってくることから、今後のPC橋における新形式として広く採用されてくるとと思われる⁴⁾。

波形鋼板をウェブに採用する橋梁の利点は、

- ① スパンの長大化、施工の省力化および上・下部工を含めた工費の低減が可能
- ② ウェブの型枠、鉄筋の組立て、解体およびコンクリート打設が不要
- ③ 高いせん断座屈耐力が得られるため、補剛材が不要等、多数あるが、設計・施工事例が少なく、今後下記に示す解決すべき課題が残っている。
 - ① 波板の長さや片持ち張出し施工ブロック長は合致させた方が施工性が良いが、プレス機の能力によりピッチ送り(波板の1波長)に制限があり、施工ブロック長が制限を受ける。
 - ② 鋼板を用いるため、確実な防錆が必要である。
 - ③ コンクリート床版と鋼板ウェブの接合部の止水について対策を講じる必要がある。
 - ④ より耐久性のある鋼とコンクリートの接合方式の検討。

波形鋼板ウェブ橋においては、重交通供用下における耐久性、とくにねじり変形や首振り等に対する検証が必要であり、とくに第二東名・名神のように重交通路線への適用に関しては更なる研究が必要であると思われる。

4. おわりに

PC橋の技術開発は今後とも更なる進歩が見込める構造であり、従来の既成概念にとらわれない発想が必要であろう。とくに複合構造である鋼とコンクリートを組み合わせた構造はこれまでにない新たな発想が必要であり、PC業界



写真-5 波形鋼板ウェブPC橋(本谷橋)

においても鉄について更なる研究が必要であり、これまでの専門分野にとらわれない技術力が必要となる。また、工場等におけるプレキャストセグメントも、品質向上に有効な工法であるが、輸送や架設機器等からの条件により形式に制限を受けることが多い。今後、従来の設備で対応できるような構造の検討が必要となってくるであろう。

さらに、従来工法においても施工の合理化が必要であり、たとえば張出し施工におけるワーゲン設備などは、ここ十数年来変更がなく、施工性・安全性において改善の余地が残されていると思われ、このような目に見えない技術の改善も必要となってくる。

また、フェールセーフを考慮したPC鋼材の選定や全外ケーブル構造のような、PC鋼材の点検・維持管理を考慮した構造の採用も、今後検討が必要とされる技術であり、積

極的な採用を検討する予定である。

JHでは、今後、初期投資の削減はもちろん、維持費の削減、さらには、道路資産として後世へ美しいものを継承できるように、更なる検討を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 平野 貫：第二東名神にみるハイテク技術，予防時報195，pp.42～48，1998.10
- 2) 平部俊光 ほか：プラスチックシースシステムの特長，プレストレストコンクリート，Vol.35，No.1，pp.75～81，1993
- 3) 水口和之：道路橋におけるPRC構造について，プレストレストコンクリート，Vol.34，No.6，pp.12～17，1992
- 4) 小川篤生 ほか：高速道路および都市高速道路におけるPC橋の動向と事例，新しいPC技術の動向，プレストレストコンクリート技術協会，pp.93～106，1998.2

【1998年11月30日受付】