

PC 構造物の設計からメンテナンスまでの現状と問題点

石橋 忠良*

1. ま え が き

構造物の計画、設計、施工、維持管理まで一貫して関与している立場から、プレストレストコンクリート(以下 PC という)構造物に関しての問題点と期待を述べようと思います。PC 構造物は、構造物として多くの良い点をもっており、私自身好きな構造です。また過去に多くの PC 構造物を設計、施工し、また現在も多くの PC 構造物の計画、設計に関わっています。しかし、最近、過去に造った PC 構造物に問題が生じ、その対策を実施し始めています。その対策は、数橋のみに実施すれば良いというものではなく、事柄によっては過去のすべての PC 橋梁に対策せざるを得ないということに深刻な問題があります。

PC 構造が信頼される構造として発展するために、今は仕事に追われて夢中で造ってきた時代と異なり、周りを見る余裕のもてる時代であり、過去を振り返り、修正すべき点を修正するちょうどよい時代だと思われれます。

以下に、PC 構造物の計画～メンテナンスに至るまでの現状と問題点とその対策の考え方について述べたいと思います。

2. 構造計画

各種プロジェクトの計画時において構造物の計画を行います。プロジェクトの採算性を向上させるために、ソフト、ハードの両面から計画の検討が行われます。平面線形、縦断線形、設備規模、構造形式と施工法、工事費、プロジェクト実施後の収入増の予測、など何ケースも行ったうえで、メリットがあれば実施することになりますが、メリットがなければ実施されません。実施されることになった構造物の計画は、何度も検討を繰り返した結果メリットの生じる計画にたどり着いたからであるといえます。この時点で、工事費を算出するため、構造形式と施工法を選定します。

構造材料での単純な比較では、RC 構造がもっとも低コストで、PC 構造や鋼構造は高くなります。しかし RC 構造

では大きなスパンの構造物は、ひび割れなどの問題から使えないので、長スパンの構造物では PC 構造物や鋼構造物が選定されます。また鉄道構造物では騒音の面から鋼構造物より PC 構造を選択することが多くなります。

都市部での構造形式の選定は、構造材料のコストよりも、施工に関わるコストのほうがはるかに大きいため、施工性に優れた構造形式と材料を選定することが重要です。狭隘な施工場所で施工しやすい構造形式の選定がエンジニアの重要な役割です。施工を考えないで、標準的な構造物を計画すると、施工しやすい場所で造るときよりも、たとえば列車の走っている線路の近くでの工事では 5 倍以上の工事費となることもしばしば生じます。都市部の狭隘な施工箇所においては、スパンの大きな PC 桁は、近くに製作ヤードが確保できないためブロック施工とする計画とすることが多くなるようです。

3. 設 計

ある程度の長スパンの構造となると、鋼構造、合成構造、PC 構造で比較検討したうえで、構造形式が決まります。それぞれの構造材料で優れた構造形式を提案し、もっとも優れたものを選択することになります。

PC 構造において設計時点で注意している点を以下に紹介します。

鉄道構造物の PC 構造は、原則 PRC 構造としているので、部材や部位によってひび割れに対する制限を設計者が決めることとなり、桁の上面などは、常時状態では、圧縮力を残すなどの配慮をしています。また、メンテナンス上大きな問題となっている PC グラウトに配慮して、可能なかぎり桁の横断方向の設計は RC 構造とし、PC 構造とするときはアフターボンド鋼材か、塗装鋼材にグラウトするか、アンボンド鋼材を用いるようにしています。さらに、定着部の後埋め部の施工は防水が一般に完全でないことから、ここから水が入り鋼材が腐食するおそれがあるので、上縁定着は可能なかぎりなくすようにしています。

また、桁構造においては支承部が弱点であり、しばしば損傷を生じていることからできるだけ支承を減らした構造形式とするようにしています。現在工事中の三鷹一立川間の中央線の高架化工事では、支承をすべてなくしてラーメン構造としています。道路と交差する箇所も、スパンの大きい梁を PRC 構造として、側径間を含めて 3 径間のラーメン構造としています(図-1)。

また、シューの材質については、宮城県沖地震において、鋼製シューの多くが壊れたことから、それ以来すべてゴムシューとなっています。設計においては、当然のことです



* Tadayoshi ISHIBASHI

東日本旅客鉄道(株)
構造技術センター 所長

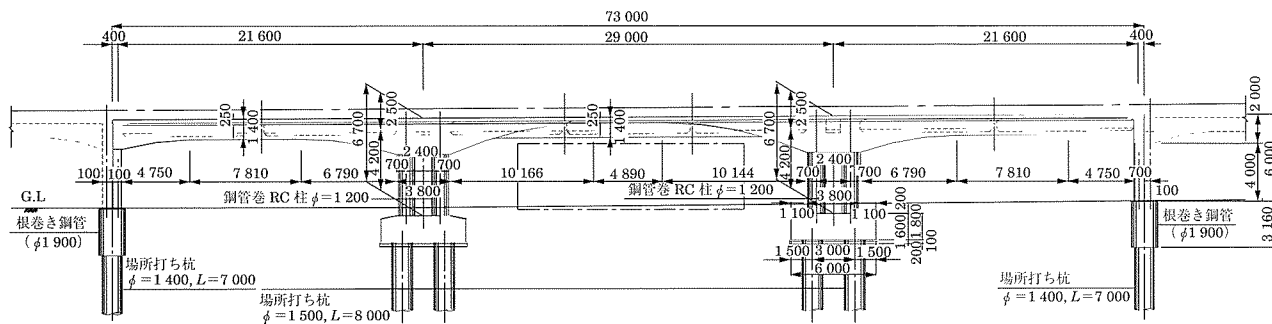


図 - 1 箱形桁形式 PRC 高架橋

が地域の景観にできるだけ溶け込む構造とすること、低コストであることに配慮を払っています。PC 構造は大型の構造物となることが多いことから、ほとんどの場合、模型を作成して景観に対する検討を行っています。

4. 施 工

施工面においてとくに最近配慮しているのは、コンクリートの品質と、鉄筋かぶり、PC グラウトです。

コンクリートの品質については、現場でのコンクリート打設直前での単位水量測定を実施しています (写真 - 1)。

既設構造物の劣化調査から、劣化原因の 1 つが、コンクリートの水セメント比が、大きすぎることによっていることが明らかとなったため、基本的に、1 時間に 1 回測定を行っています。

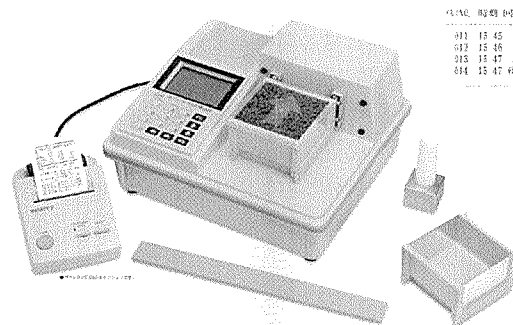
PC 構造は高強度コンクリートであることから、コンクリートの打設時のトラブルは、構造物の品質に大きな影響を及ぼします。ジャンカやコールドジョイントなどを作らないような配慮が必要です。また、PC 橋は、単位セメント量が多くなりがちであり、アルカリ骨材反応の被害を生じやすく、生コンの JIS が改定され、アルカリ骨材反応対策が決められた後でも、PC 橋にはアルカリ骨材反応による損傷例が生じています。そのため、自己防衛上 PC 橋に用いる骨材については、品質をより厳しく制限して用いています。

また、鉄筋のかぶりについては、竣工時に非破壊検査を実施しています (写真 - 2)。この時点でかぶり不足のものは、補修をしたうえで受け取ることにしています。

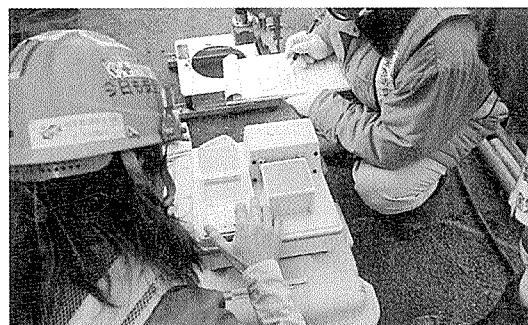
PC グラウトについては、鋼棒や、シングルストランドは、アフターボンドの使用や、被覆鋼材にグラウトを施工するなど、グラウト不良や、グラウトのし忘れの影響をほとんど受けないように対策をしています。マルチストランドについては、グラウト材料は粘性の高いノンブリーディングの材料を用いることとし、さらにグラウトキャップを必ず用いてグラウトを施工し、その後グラウトキャップをはずしてグラウトのし忘れなどが確認するようにしています (写真 - 3)。

この対策だけでは完璧とはいえないと考えており更なる対策の検討をしているところです。

コンクリートの打設や PC グラウトの施工については、人間の注意や、良心に頼った施工によって品質を確保するのが現状です。過去に造った PC 構造物に問題が生じてい



(a) 単位水量測定器 (水分計)



(b) 単位水量測定状況

写真 - 1 水分計による単位水量測定

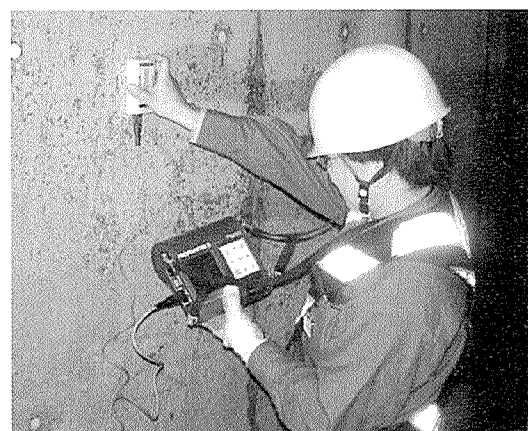
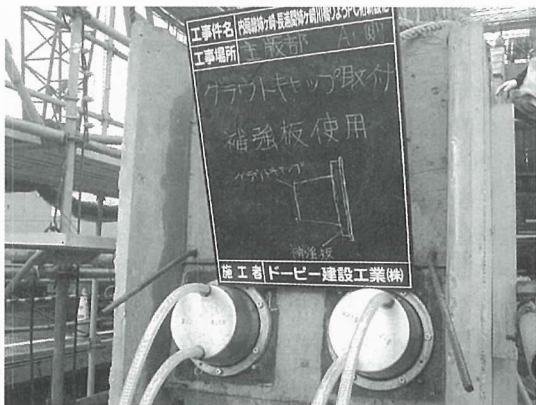
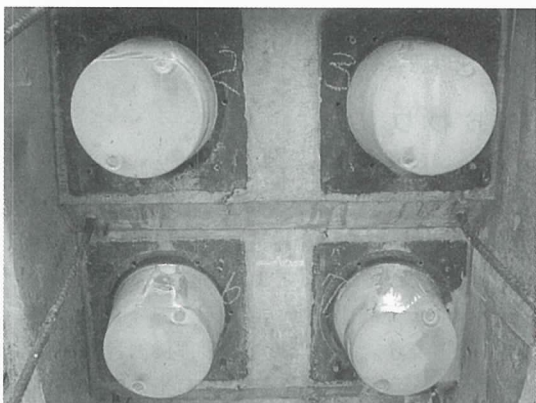


写真 - 2 鉄筋かぶり非破壊検査



(a) グラウトキャップ取り付け



(b) グラウト終了後、グラウトキャップ取り外し

写真-3 グラウト確認状況

る現在、少しでも人の注意力に頼らないシステムに変えていく必要があると考えています。

5. メンテナンス

構造物が完成し、受け取った後は、2年に1度の目視検査にて管理されていきます。異常が見つかったとさらに詳細な検査を実施し、必要により補修、補強していくこととなります。鉄道PC構造物において問題となっている主な変状は、PCグラウトに関するもの、アルカリ骨材反応によるもの、塩害によるもの、支承部の変状です。PCグラウトに関しては、鋼材の破断、飛び出し、コンクリート片の落下などが生じています。横締め鋼材や、鉛直締め鋼材が、PCグラウトの未充填や、不完全な充填から、鋼材が腐食破断し飛び出すことが原因です。主ケーブルにおいても、PCグラウト未充填や、不十分な充填が、発見されています。これらは、桁下面のひび割れや、汚れなどの異常から桁に穴を開けて調査して発見されることとなります。主ケーブルについてはまだ破断に至ったものは発見されていません。これらは、発見の都度、破断した鋼材は取替え、グラウト未充填のものはグラウトを再充填してきています。

横締めと鉛直締めのPC鋼材に関しては、破断が生じて第三者に被害の及ぶ可能性のあるものについて、突出防止の対策を実施しています(図-2)。

多くの労力と、コストをこの後ろ向きの方針にかけざるをえないことをPCの関係者の一人として残念に考えています。また、長期的には、主ケーブルにも同様の問題が生じる可能性も検討しておくことが必要であると考えています。

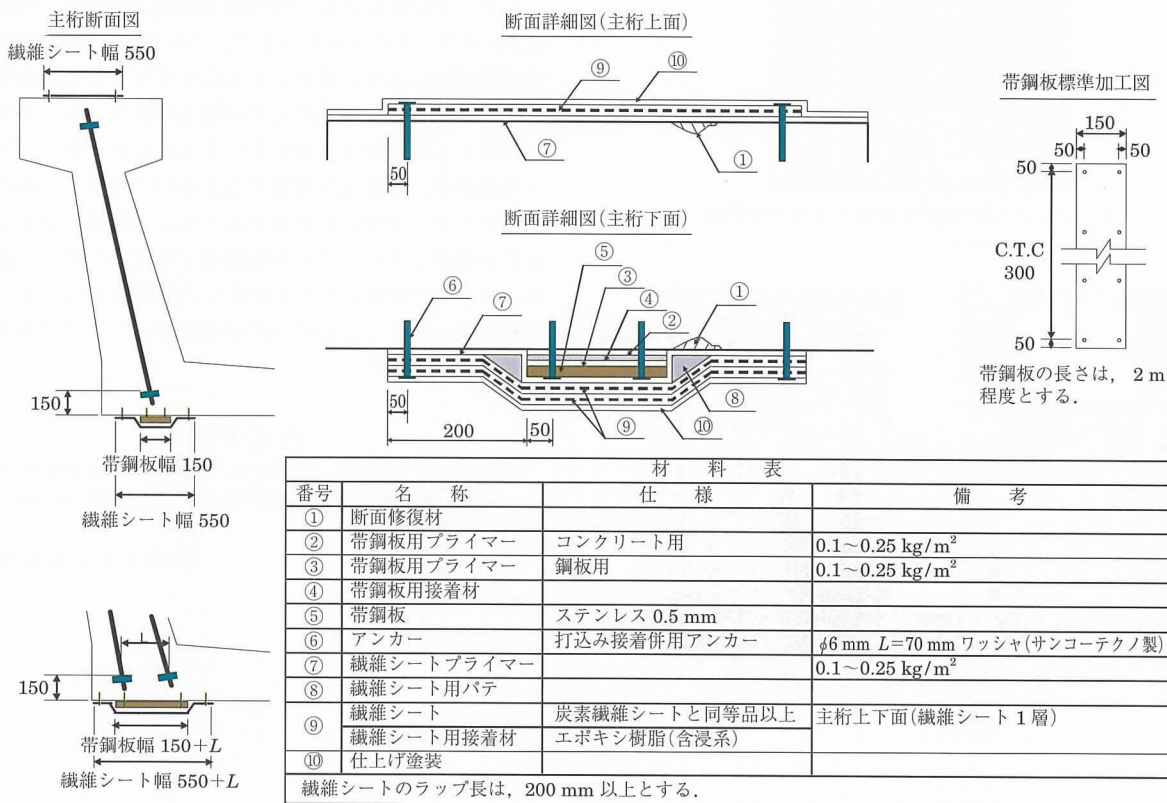


図-2 鉛直締め PC 鋼棒突出防止工

アルカリ骨材反応による PC 構造物の外観上の変状は、一般には部材に生じ、鋼材に平行方向のコンクリートのひび割れとして現れることとなります（写真 - 4）。構造物全体で見ると、箱形桁などでは、上スラブから反応が進むことから、桁の上そりとして現れることもあります。これらアルカリ骨材反応が発見された場合については、コンクリートの表面被覆の施工が可能なのは実施していますが、列車運行上の制約条件から施工の困難な箇所は、完璧な表面被覆による防水対策ができないので、各種の対策を試行し効果の有無を調べながら安全性の監視を続けている状況です。

日本海沿岸に建設されている鉄道構造物の多くは、冬の季節風による潮風のため、存在する数橋の PC 桁が塩害を受けています。被害の大きい PC 桁に表面被覆などの補修を行ったものの、5年から10年で再劣化を繰り返すこととなるので、現在は電気防食による対策を実施してきています（写真 - 5）。

また、支承部の変状も、ときどき生じているため、発見した都度、補修しているのが現状です。



写真 - 4 アルカリ骨材反応によるひび割れ



写真 - 5 電気防食（チタン溶射方式）

以上のものを除くと、ほとんどほかの原因の変状は見当たりません。これらのうち、もっとも大きな問題と考えているのが、PC グラウトの未充填、不十分な充填の問題です。簡易な検査方法と、抜本対策の方法について今のうちから関係者は問題意識をもって研究し、対策方法を示していくことが PC 構造の信頼性を失わないようにするための重要課題だと考えています。

鉄道構造物という観点で見ると、1983 年の設計基準以前においては、耐震設計が震度のみの強度設計をしており、変形性能をもたせるといった考えを取り入れていなかったため、耐震性能の小さい構造物が多く存在しています。これら既存の構造物の耐震性能を向上させていくことも重要な課題です。それぞれの事業者が、自ら実施しなくてはならないので、経営的な面からその対策速度が決定されることとなります。その速度を上げるためには、低コストでの耐震補強工法の開発も重要です。

6. おわりに

PC 構造物は、優れた性能をもった構造物ですが、今後の発展のためには、いくつかの問題を解決することが必要です。計画時点で多くの PC 構造物が選ばれるためには、コスト面での努力が必要です。RC 構造から PC 構造へ変化する同一スパンで比較すると、現状はコスト面で数割 PC 構造が高くなります。そのため設計者、計画者はできるだけ RC 構造等の安価な構造を増やし、PC 構造を減らして計画するようにしているのが現状です。できるだけ PC 構造を増やそうと計画者が考えるように PC 構造のコストダウンに対する努力が、PC 構造の発展にはぜひとも必要です。

もう一つ大切な点は、PC 鋼材の防錆対策です。現在防錆は PC グラウトによっています。この PC グラウトの施工の信頼性が失われています。不十分なグラウトの存在はまだしも、グラウト未充填のものが発見されていることは、施工をほとんど信用できないということになります。グラウト未充填や、不完全な充填の生じないグラウト不要の工法か、グラウトが仮に不十分であっても防錆面で安全な工法などを採用していくことが必要だと考えています。過去に造った PC 構造物に対する対策と、同様のものを造らない対策を採っていくことが、PC に携わるエンジニアの責任だと考えています。

参考文献

- 1) 石橋忠良, 古谷時春, 浜崎直行, 鈴木博人 高架橋等からのコンクリート片剥落に関する調査研究, 土木学会論文集 No. 711, 2002, 8

【2003 年 8 月 20 日受付】