

コンサルタントの立場から見たPC構造物の施工管理

前田 晴人^{*1}・花島 崇^{*2}

1. はじめに

現在、わが国の建設業において、コンサルタントは、計画・設計・施工管理を主体に請負う立場にある。中でも、計画・設計業務がその主たる部分を占めているため、実際に建設現場を、まして計画・設計を行った構造物の現場を、目の当たりに見る機会は少ない。したがって、コンサルタントが常日頃から危惧していることは、計画・設計どおりに構造物が建設されているか、完成した構造物が当初の目的に従い機能しているかである。

とくに、PC構造物に対しては、具体的に以下の点が挙げられる。

- ・設計断面に所要のプレストレスが導入されているか。
- ・プレストレス導入時に所要のコンクリート強度が発現しているか。
- ・鉄筋・PC鋼材の配置は図面どおりか。
- ・構造物の変形状況は計算どおりか。

さらに、コンサルタントが提供する成果品で、計画・設計時の思想が十分に伝達され得るか、設計図どおりに実際に構造物を作ることができるか、すなわち、施工業者に手を煩わせることなく、施工に役立つ情報を提供できているか、なども重要な点である。この件に関しては、残念ではあるが十分とは言えないのも現実である。

本稿では、筆者らが経験した日本道路公団発注の第二名神高速道路木曽川橋・揖斐川橋の計画・設計・施工管理をもとに、コンサルタントの立場から見たPC構造物の施工管理の現状と、施工管理の今後のあり方について述べる。

2. PC構造物の施工管理項目

表-1に、一般的なPC構造物における主な施工管理項目と管理の内容を示す。



^{*1} Haruhito MAEDA

(株)日本構造橋梁研究所
設計第2部 設計第5課 課長



^{*2} Takashi HANAJIMA

(株)日本構造橋梁研究所
設計第2部 設計第5課 課長代理

3. 施工現場と施工管理の現状

近年、PC構造物への要求性能は、より薄く、より軽く、より強く、より美しくであり、さらに耐久性も求められている。これらの性能を満足するために、種々の新技術・新工法の採用や、複雑な形状、新種の材料等が複合、混合、合成され、新種の構造形態が設計・施工されている。このような状況にある中、施工現場と管理の現状は以下のとおりである。

3.1 型 枠

構造物の形状が複雑になればなるほど、型枠は作りにくくなる。とくに、最近では、景観・デザインを考慮し、曲面・曲線を取り込んだ事例が多いため、それをいかに定義し寸法を確定するか、型枠でいかに曲面・曲線を処理するか、また、いかに型枠を転用するかが問題となる。

したがって、設計段階から、どの場所でどの方向に何を測ればいいのかを考慮し、図面に寸法を明示する必要がある。また、型枠の僅かな改良により、それを転用可能にする部材形状を選択することも重要になる。

一方、構造物形状の複雑度が増すのに反し、型枠職人の数は減る一方である。また、環境資源保護の動向から、木材の使用も制限されつつある。今後は、鋼製型枠あるいはそれに代わるものが主流になるとと思われる。

さらに、複雑な型枠の隅々にコンクリートを行き渡らせるため、高流動コンクリートの使用は必須であり、そのため堅固な型枠の準備が必要になる。したがって、使用するコンクリートに合わせた型枠設備の計画と、それに見合った型枠設備を有しているかが、管理段階での照査項目となる。

3.2 配筋・PC鋼材の配置

複雑な形態の薄い部材に、配筋・PC鋼材の配置をするのは至難の技である。しかも、大容量ケーブルを使用する昨今では、PC鋼材の定着部は、複雑かつ煩雑であり、それこそ設計図にある鉄筋がどれに該当するのかさえ分からないような状況である(写真-1)。

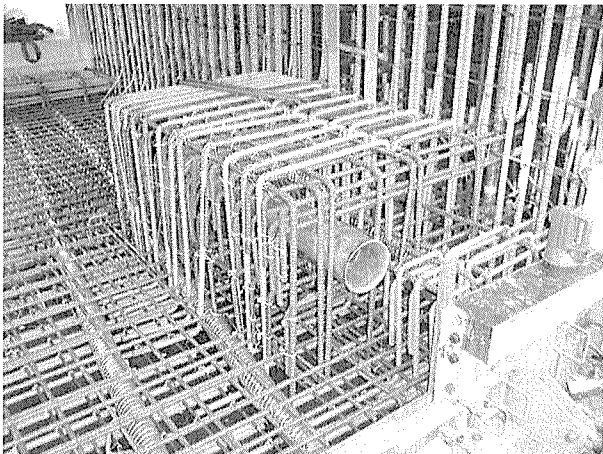
現場はこのような状況であるが、管理側は本数、ピッチの確認、かぶり、有効高、定着長の確保を検査する。いずれも、設計図面上に記載されている数字であり、現場と図面との整合を、寸法あるいは形状にて検査する。

所要の本数が配置できても、他の鉄筋、鋼材との取合いの関係上、ピッチを図面どおりに合わせる事が困難な場合が多い。したがってその場合は、主となる方向側のピッチを優先し、配力側で調整するなどの処理を行う。

有効高に関しては、スパーサー、棚筋、幅止め筋等を利用して高さの確保を図る。

表-1 PC構造物の主な施工管理項目と内容

検査および管理項目	施工管理の内容・ポイント
型 枠	・位置、形状、寸法が設計図面と整合しているか（出来形の基準を満足するように組み立てられているか）。 ・施工中の作用荷重に対する強度と安全性を有しているか。 ・密閉性を有しているか（コンクリートが漏れないか）。 ・プレストレスによる変形と反力の移動を阻害しないか。 ・剥離剤の塗布状況は適当か。 ・面取りはされているか。
鉄 筋	・かぶり、有効高さ、ピッチ、径、本数は、設計図面との整合がとれているか。 ・定着長は、設計図面どおりに確保されているか。 ・エポキシ鉄筋を使用している場合、傷やエポキシの剥がれがないか。
PC鋼材	・配置、本数、保持間隔、線形、定着具・接続具の位置が設計図どおりか。 ・定着具背面には補強筋が配置されているか。 ・PC鋼材やシースに傷がないか。 ・PC鋼線がよじれたり、ねじれたりしていないか。 ・プレグラウトPC鋼材を使用する場合、被覆の損傷、破れがないか。
コンクリート打設前	・鉄筋、PC鋼材に関して不具合箇所の修正はすべて完了しているか。 ・型枠、鉄筋、PC鋼材のあきは、コンクリートが十分に行き渡るように確保されているか。 ・型枠内の清掃は行き届いているか。
コンクリート打設	・コンクリートの配合、運搬、打設、養生の計画は十分か。 ・計画どおりに打設が進んでいるか。 ・天候、気温は打設に適しているか。 ・締固めの状況は十分か。 ・型枠が異常に変形したり、コンクリートの漏れなどが生じていないか。
出 来 形	・ジャンカ、ひび割れなどが発生していないか。 ・設定した管理基準寸法値以内に収まっているか。
PC鋼材の緊張・緊張管理	・コンクリートがプレストレス導入時の圧縮強度に達しているか。 ・緊張装置のキャリブレーションは完了しているか。 ・試験緊張は完了しているか。 ・定着装置等は、傷などの損傷がなく、計画のものが間違いなく装填されているか。 ・緊張方向延長線上の安全確認がとれているか。 ・荷重計示度とPC鋼材の伸びの関係は、一定の関係を保っているか。 ・計算による荷重計示度と伸び量を満足するように、引留め点が決定されているか。
グラウト	・グラウト注入前に、注入箇所の不具合（シースの閉塞等）の有無が確認できているか。 ・使用材料が、所要の規定を満足しているか。 ・グラウト材が所要の性能を有しているか（水セメント比、温度、流動性、ブリーディング率、膨張率、圧縮強度、塩化物イオン量が規格値内に収まっているか）。 ・使用機器の点検を行ったか。 ・十分な濃度のグラウトの注入が行えているか。 ・注入時にグラウトポンプの圧力が異常な上昇をしていないか。 ・注入時にグラウトの漏れなどが生じなかったか。 ・排出口のグラウトが所定の濃度になり、かつ連続したエアが排出されなくなったことが確認できてから、排出口を閉じポンプ圧力を上げたか。 ・グラウトホース切断後、ホース内にグラウトが充填されていることが確認できたか。



下床版12S15.2内ケーブル（2本）の定着部および27S15.2外ケーブル貫通部の状況

写真-1 PC鋼材定着部の配筋状況

通常、図面によく描かれている「」形の幅止め筋は、床版などではなかなか有効に機能しない。これは、部材が完成するまでに配筋上に人や物が載ること、幅止め筋が閉じた断面形状ではないため、部材に対し直交方向に荷重を受け

る場合に弱いからである。したがって、幅止め筋を2つ抱き合わせで、すなわち「と」の方向で組み合わせたり、剛性を高めたウマ形の幅止め筋等を利用して有効高を確保する必要がある。

床版横締めとして配置されるPC鋼材は、設計時にかなり厳格な線形をもたせ、応力上の制限値をぎりぎりでも満足させている例もある中、現場では厳密に有効高を確保できていない例もある。したがって、床版横締めPC鋼材用の専用スペーサーを作ったり、変曲点位置に棚筋等の配置を行ったりして、形状管理に留意する必要がある。とくに、設計断面となるところでは、PC鋼材の偏心量が確保できるように配慮する必要がある。

3.3 コンクリートの打設

設計基準強度 50 N/mm²、60 N/mm²のコンクリートが当然のごとく使われるようになってきている。とくに計画、設計時には、何の躊躇もなく、高強度コンクリートが選択されている。ところが現場ではこの使用に非常に苦労している。たとえば、高強度コンクリートは、セメント量が多く粘性が高いため、従来のコンクリートと同等のワーカビリティ、コンシステンシーを得るために、土木の知識では

手に負えない混和剤を使用している。しかも部材は薄く、鉄筋・PC鋼材配置は密である。したがって、高強度のみならず高流動のコンクリートが最近ではよく用いられる。また、水和熱も高く、温度ひび割れの発生も懸念される。したがって、養生設備の充実、あるいは低発熱セメントの利用等も考えられる。

作業員の認識・経験不足も挙げられる。従来に比べワーカブルにするためスランプ値を上げる傾向にある(写真-2)。したがって、少しの振動で締め固まったような錯覚を起こす。しかし、実際は締め固まっていない。反面、高強度コンクリートは敏感な面もあり、1カ所でバイブレーターをかけすぎると、骨材だけが沈み、上層部はモルタルだけのコンクリートになり、非常に不均質なコンクリートになってしまう恐れもある。したがって、打設準備時にコンクリートの性能と作業性が特殊であること、従来のような打設・締め固め方法ではうまくいかないことを作業者に十分伝達する必要がある。また、打設作業中も、監督者、管理者は、状況に応じて的確な指示をする必要がある。

また、交通渋滞などによって、アジテーター車の到着が遅れ、コンクリートの供給が遅くなると、当初設定していたコンクリートのフレッシュ性状は得られず、管理値を満足できないため、廃棄処分になることもある。

以上のように、高強度コンクリートの使用は、まだ難しい面も多数あることに留意し、十分な認識と準備をもって計画・施工・管理する必要がある。



写真-2 スランプ20cmのコンクリート

3.4 PC鋼材の挿入・緊張・緊張管理

PC構造物にとって、PC鋼材の挿入・緊張・管理は最も重要であり、非常に気を使わねばならない項目の一つである。とくに最近では、外ケーブルを使用する事例が多くなり、ケーブル自体にエポキシ樹脂などで防錆処理したものをそのまま裸で使用する例も多い。このような場合などは、とくにその防錆処理部分を傷つけないように、定位置に挿入するまで扱いなどに注意を要する。

また、傷がついたケーブルを挿入してしまっただけからの補修は困難なことから、損傷の有無を挿入直前に確認する必要がある。

木曽川橋・揖斐川橋では、ケーブルを桁内に挿入する直前に、目視および触手によってケーブルに傷がないかを全数検査し、傷がある場合はその場で補修処理を施したうえでケーブルを挿入した(写真-3、4)。



目視と触手によって傷の有無を確認する。

写真-3 防錆ケーブルの検査状況



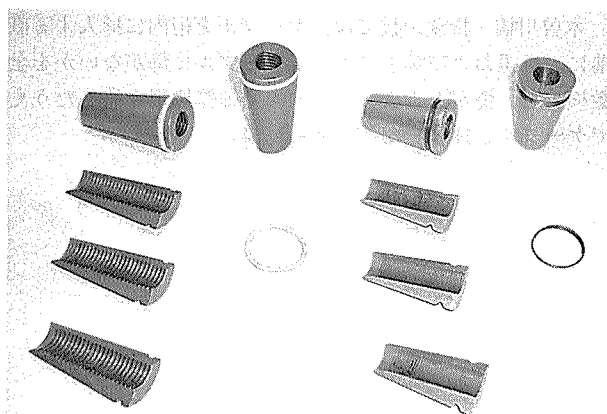
エポキシ樹脂の塗布状況。この後、薄ゴム板で保護し、ビニルテープで養生する。

写真-4 防錆ケーブルの補修状況

PC鋼材、定着具、ジャッキ、ポンプなども種々あり、微妙にその仕様、扱いなどが異なる。

たとえば、防錆処理を施したケーブルと、防錆処理を施していない裸仕様のケーブルとでは、定着ウェッジの外観はほとんど変わらないが、防錆仕様のウェッジは、防錆部分にウェッジの歯が食い込まなくてはならないため歯の山が大きい。仮に誤って裸仕様のウェッジで、防錆ケーブルを緊張定着すれば、ウェッジの歯が鋼材に食い込まず、滑り出す危険もある。木曽川橋・揖斐川橋では、このような間違いを防ぐため、ウェッジのゴム部を種別ごとにカラーリングし、見分けやすいようにした(写真-5)。

また、最近横締め鋼線としてプレグラウトPC鋼材が多数使用されているが、この鋼材の使用で最も重要なことは、外側のシースをいかに傷つけないかということである。しかし、現場では、その本質を知らない人々によって無残にも引きずられ、挙句の果てにはシースが破れ、エポキシ樹脂が漏れている場合も見受けられる。



左が防錆仕様ケーブル用のウェッジ、右が防錆処理をしていない裸仕様ケーブルのもの。歯の山のサイズが異なる。

写真-5 定着ウェッジの比較

このように、ウェッジ一つ、PC鋼材一つをとっていても、多種多様化する中での作業であるため、管理側としては、作業員すべてに正確な情報を与えることはもちろん、何が重要かを明確に伝えることが必要となる。

プレストレスの緊張管理は、マノメーターの示度と鋼材の伸び量の管理で行うが、マノメーターの示度が所要の値を示していても、計算どおりに鋼材が伸びてくれないことがある。その際には、その現象を謙虚に受け止め、鋼材が伸びない原因を追及することが重要である。たとえば、外ケーブルの貫通孔において、ケーブルと孔の内壁とが片当たりし競る部分があれば、当然伸び量が計算値に比べ小さくなる。このような現象は、プレストレス管理図に顕著に表れる。したがって、現象が生じた際には、緊張作業をいったん中止し、その原因が何かを探る必要がある。

3.5 グラウト

グラウトもプレストレスと同様、PC構造物にとって最重要項目である。しかし、最近はグラウトの充填状況が確実に確かめられないことを嫌い、PC鋼材を全外ケーブル化し、防錆した鋼材を裸使用したり、グラウトをする場合でも透明シースをういたり、あるいはまったくグラウトを必要としないプレグラウトPC鋼材を使用したり、と一昔前では考えられないような技術開発が進み、グラウト自体の数は減ってきている。

しかしながら、グラウトの信頼性が回復されれば、定着突起の不要な内ケーブルの利点も捨て難い。木曽川橋・揖斐川橋では、カンチレバーケーブルの一部に、内ケーブルを用いている。

グラウトの管理は、表-1に示したとおりである。

グラウトの管理で重要なことは2つあり、一つは材料の品質管理、もう一つは確実な充填が行われているかの管理である。材料の品質管理では、とくにグラウト材の温度管理が困難である。工程上、致し方なく真夏にグラウトを行う場合は、セメント、水、練混ぜ機械、注入ホース、そして構造物そのものが高温になっており、このような状況でのグラウト材の注入は非常に詰まりやすい。したがって、いかにこれらの温度を上げないかが重要であり、具体的に

は、気温が上昇する前の早朝の作業や、事前に材料の冷却や冷水の使用等の対策が必要である。

排出口では、管理側が全数その排出状況を確認することが必要である。とくに、注入したものと同性状のグラウトが排出されているか、連続したエアーが出ていないかを目視によって、あるいは流下試験や温度測定によって、確認する必要がある（写真-6）。



写真-6 グラウト排出口での流下試験

また、グラウト忘れを防ぐため、PC鋼材配置図を用いて、一本一本着色確認していくなどの工夫も必要である。

グラウトを注入すると、排出されるべき排出口からではなく、思いもかけぬ排出口から出てきたり、打継目や目地等から出てくることがある。そこで、木曽川橋・揖斐川橋では、事前にエアーを注入し、予定される排出口からエアーが出てくるか、また、他の排出口から出てくるかをチェックし、連通マップなるものを作成した。グラウト作業は、注入を開始すれば、排出口からグラウト材が出てくるまでその作業を中止できない。したがって、事前に連通箇所が分かっていたら、その分の注入量、排出までに要する時間も予想しやすくなる。この段取りを踏むことにより、グラウト作業のストレスは大きく軽減される。とくにプレキャストセグメント工法において、必要な作業である。

また、グラウト作業は橋体がほぼ完成し、全工程の終盤に行くことが多い。したがって、シースの中に雨水などが溜まっていることがある。注入したグラウト材の先端部では、この水とグラウト材とが混ざり、グラウト材の性能が変わってしまうこともある。したがって、注入したものと同等の性状のグラウトが排出されるまで、十分にグラウト材を注入することが重要である。

4. コンサルタントの施工管理のあり方、コンサルタントの計画・設計のあり方

以上、施工現場と管理の現状について述べてきたが、ここでは、構造物が多種多様かつ複雑になる中で、コンサルタントとしていかにPC構造物の施工を管理していかなければならないか、また施工管理を行った立場から、コンサルタン

トの計画・設計に何が求められているかについて述べる。

4.1 コンサルタントの施工管理のあり方

今後のコンサルタントの施工管理のあり方について、以下の2つを提言したい。

①個人としての技術力を研鑽し、豊富な経験と勘、知識、知恵、観察力、推察能力を身につけ管理を行う。

今後、業務がますます巨大化、総合化、複雑化していく中で、特殊技能を要求されるPC構造物の施工管理に求められることは、問題が発生した場合に客観的に現象を把握・検証し、原因を追及、解明すること、そのうえで、結果を施工にフィードバックできるよう早急に対応することであろう。

性能照査型の施工管理を行う必要が出てくる中で、ますます個人としての能力が問われる時代になると思われる。したがって、何が大事なのか物事の本質を見極め、そこに求められる性能を的確に評価することが必要であろう。これらを身につけたうえで、的確な管理技術を用いて施工管理を行うことが、コンサルタントとしての使命であり、自らの立場の確立に繋がる。

②施工管理を行うコンサルタントの立場を、独立した立場とする。

コンサルタントの施工管理は、発注者との契約によって行われており、発注者側の視点に片寄りがちであるが、より良いものを作るという目標に重点を置き、発注者と請負業者との中間的な立場で業務を行うのが理想ではないか。したがって、欧米諸国におけるインスペクターの存在のように、発注者でもなく、請負業者でもなく、まったく独立した地位と立場で、第三者として客観的に管理を行えるシステムの確立が望ましい。

4.2 コンサルタントの計画・設計のあり方

コンサルタントの計画・設計は、ものを作る流れの中で、上流の部分に占めている。したがって、種々の比較・検討によって大枠の形・考え方を決める部分の仕事を担当する。

では、細部の設計は、その後の施工業者に任せておけばよいかと言うとそうではない。当初から、細部、ディテールを十分に検討・考慮した設計は、後の手戻りが少ない。仮に多少、構造が変更になろうとも、その修正も少なく済むであろう。また、何より施工がしやすいはずである。もちろん、細部ばかりに目がいき、大枠が揺らぐようなことがあってはならないが、より良いものを作るために以下の事項に留意していきたい。

①施工できるかを常に考える。

設計者は、常にこれを念頭に置き、設計を進めるべきで

あろう。したがって、計画・設計段階から施工検討、施工計画を行う。もちろん、いきなり詳細な施工検討の必要はない。それこそ、まずは施工業者へのヒヤリング程度からでも始めることが肝要である。

②設計図の不備をなくす。

設計図の不備とは、施工できない図面を指す。たとえば、鉄筋とPC鋼材がぶつかる、鉄筋が組めない、入らない、PC鋼材の曲げ半径が確保できないなどである。この不備をなくすには、先にも述べたように、ディテールをつめておくことである。

現状では、まったく鉄筋の交錯しない図面作成は困難であるが、その場合は配筋確保の優先順位を明示しておくなどの工夫をしてはどうか。

図面の作成においては、数量を算出するのが主目的なレベルの図面と、もの作りを主眼とした詳細設計レベルの図面とでは、自ずと認識を変える必要がある。

③計画時・設計時の思想・考え方、注意・留意点を情報として建設サイド・管理サイドに伝える。

当然、コンサルタントの成果品に書かれるべきことであるが、実際に管理を行ってみて、その情報伝達の不備を感じる。それらの情報を計算書ではなく、図面化しておくことも一つの方法である。

建設サイドは、当然ものを作る立場から計画・設計の成果をレビューする。この際、計画時・設計時の思想・考え方を踏まえたうえで、変更等の措置が必要であれば、発注者も交え三者で協議し、なぜ変更が生じたか、いかなるところに変更を余儀なくされたのか、設計時と建設時の思想にずれが生じてきてはいないかなどの観点から、照査するシステムの整備が必要ではないか。

コンサルタントも、机上の理論だけではできない現場の生の声を知り、さらに計画・設計のどこが悪かったのか、どうすれば施工できるのかを知るいい機会となる。

さらに発展させて考えると、設計を行った人間が施工管理を行えることが最も望ましい。同じ人間がというと困難な面もあるであろうが、せめて同一の会社で設計から施工管理までを行えることが望ましい。そのためには、設計に施工管理を含んだ一括発注の形態が望まれる。

ともあれ、現時点では、コンサルタントの設計と施工現場とに、ギャップがあることは否めない。このギャップを少しでも埋めるべく努力することが、自立した立場の確立を望むコンサルタントに与えられた使命と考える。

自戒をこめて、この一文をしたためた次第である。

【2001年10月11日受付】