

施工面から見たわが国のPC技術

洞 庭 謙

われわれが始めてプレテンション方式の桁をつくって橋を架け、Magnel 工法によってポストテンション方式の桁をつくったのは昭和 26 年からである。それから約 11 年の歳月を経た今日、PC 構造物は今や全国いたる所で見られ近代技術の粋を競うに至ったことはまことに驚くべき発展である。これはひとえに戦争によって遅れたわが国PC技術の向上発展のために、学界を始め官公民各界の有識者の深い御理解と御支援の賜物といえるだろう。それにもかかわらずわが国の技術水準は欧米のそれにくらべて設計の斬新さ、雄大さ、PC鋼材を始めとする各種材料の改良進歩、特殊工法、工具の研究改善、大量生産方式の徹底、高度機械化施工など、いずれの面を見ても学ばなければならない多くのものが見出されるのである。しかしわが国にはわが国特有の気候風土、社会環境があり、経済的基盤も異なっているから欧米で行なわれていることが、そのままわが国に通用されてよいとは限らない。十余年の過去を顧みて卒直に足らざるを反省し、模倣追隨の域を脱して真に日本的なPC技術の特徴を発揮したいものである。われわれのやっていることのなかには、多くの不合理や矛盾が数限りなく存在し、また突き破りがたい壁もある。筆者は以下主として施工面から眺めてこれらの具体例をあげて述べて見たい。

1. 工 法

先にも述べたごとく当初 Magnel 工法により桁を造り始めてから Freyssinet, B.B.R.V., Dywidag, Leonhard, Preload, Leoba などの工法が相ついで導入せられ、今ではこれら工法が入り乱れて優劣を競うに至ったことはまことに壮観である。しかし国内需要が必らずしもこれにともなわず、各工法の特徴を発揮するに十分な機会が少なく Freyssinet 工法以外の工法で実施されたものは比較的少ないのが現状である。高速道路、国鉄新幹線の着工は願ってもない試験の舞台を提供されたものというべく、これを機会に相ともに協力してPC技術の向上に努力したいものである。もっとも残念に思うことは諸外国より導入された工法に匹敵するような日本独得の工法がいまだ実用化されていないことである。

2. PC 鋼 材

PC技術発展の陰にはPC鋼材の品質向上が支柱とな

っていることは過去の事実が証明している。PC構造物の漸増にともない、わが国でもPC鋼線から鋼棒、ストランドと順を追って研究され種類も多くなり質量ともに非常な躍進をとげ今や国内の需要を満たして余りあり、海外輸出が行なわれている現状である。このうえ価額低減が実現すればPCの一段の飛躍が期待されよう。

コンクリートとの付着を増すため、特にプレテンション方式の場合は、PC鋼材のサビづけが行なわれているが、サビづけが過度になり材質を弱める恐れなしとしない。何かよい方法はないかと常々考えさせられる。

PC鋼材の腐食によって構造物が破壊した例はわが国ではまだないが、米国のブルックリンでPCタンクが破壊したことが報告されている。腐食の性質と原因については意見がわかれているようである。タンクは鋼線で巻きつけ表面は吹きつけモルタルで処理してあるが、屋根からの排水が吹きつけの被覆の薄い層を通じてPC鋼線を腐食せしめたとか、電気化学的作用によって引き起されたPC鋼線の Stress corrosion がこの失敗をもたらしたともいわれている。いずれにしても、われわれはPC鋼線をコンクリートまたはグラウトで完全に包み腐食しないような施工をすることに留意すべきである。

鋼棒が定着後破断した例もあるが、材質の問題はともかく施工にあたって定着板は鋼棒中心線の方向に正しく直角に位置するよう注意しなければならない。

PC鋼線に代るグラスファイバーの研究も進んでいるようだが実用化はまだ先のことであろう。

3. コンクリート

誰でも簡単につくることができるが、誰でもよくつくれないのがコンクリートである。品質管理が強く叫ばれ全般的に向上したことは事実であるが、工事単位の小さい所では必らずしも万全とはいえない。コンクリートの配合設計がいかにか合理的でも、つくられたコンクリート強度にばらつきがあり、まして一つの部材をつくるとなれば均等質な部材は容易なことではつくれないはずである。PCで要求されるコンクリートは一般に硬練りで打設作業は相当熟練を要するのである。特に鉄筋、ケーブルなどが混み合った所や断面の狭小な所はコンクリート打込みが困難で、ときには設計から直さなければならな

いし、型わくが鉄製、木製、合板などの種類によってバイブレーターの使い方も変わってくる。相当注意ぶかく施工しても、なおかつ部分的に空洞ができたり、豆板ができてきたりするのである。わが国では型わくの回転をよくするため、応力導入時期を早めるため、工期を早めるために、よく早強セメントが使われるが普通ポルトランドセメントを使ってゆっくり養生しコンクリート強度が出るのを待って応力導入をすればよいのであるが、一般に工事現場は狭い所が多く工期も急がれることが多いので、このような条件が満足される場合が少ない。

応力導入時の部材のコンクリート強度を知るためには、供試体を本体と同一条件で養生し導入時にこれを破壊し強度確認のうえ導入作業を行なっているが、いかに同一条件で養生しても本体とテストピースでは体積も異なり、硬化熱も一様ではなく強度にも大きな差が生ずる。筆者の会社の現場で長さ20m余のT型桁をつくり供試体を桁と同一に近い状態で養生して試験してみた。これは冬季温度養生したものと夏季の場合と2回にわたって行なったのであるが、結果は応力導入時の供試体の強度はいずれも低い結果が出た。本体の強度に近い強度が出るような養生の仕方のもう少し実験研究の必要があるが、冬季温度養生の場合は供試体はオガクズ等の中に入れて保温したものは近い強度を示すがむき出して桁の横に置いても効果はなく、いちじるしく強度が低い。またT型桁自体も特に下部の保温に注意しないと上部だけ温度が高くなり、上下の温度差が大きくなる。本体も供試体も風にあてることは禁物である。また夏季は桁上面が乾きやすいから特に散水して湿潤状態にして置く必要がある。側面はその必要がないといえる。供試体は冬季ほど厚く包む必要はないが、外気の影響を受けない処置をして桁の横に置けばよいようである。

コンクリートの打設でもう一つ大切な問題がある。それはクラックである。風が強くとコンクリート表面水の蒸発が激しいとき、コンクリート温度が高いとき、特に湿度の低いとき等に発生しやすいプラスチッククラック(まだ固まらないコンクリートに生ずるきれつ)は注意すれば防ぐことはできるし、早期に気がつけば手直しもできるから特に致命的な被害とはならないが、硬化後に見られるクラックはその位置程度によっては問題である。コンクリートの打継目、断面急変箇所、開孔のある周辺、箱型断面の端部などに見られるものは多くは乾燥収縮によるもので、施工に注意すれば大部分避けられるが、設計に無理があるものは変更しなければならぬ。また補助鉄筋で補強すれば足りるものもある。桁の腹部や底部にシースの位置に沿ってクラックが発生した例は相当ある

が、グラウトの規格が厳重に規制せられてからは非常に少なくなった。

不静定構造物のクラックについても、いろいろ問題が提起された。支保工の不備やプレストレスングによる弾性ひずみに対する配慮の不足が指摘せられ支保工の構造、緊張順序、支点や支保工、型わくによるコンクリートの応力導入の際の拘束を少なくするような施工の仕方をしなければならぬことが指摘せられた。また定着部付近の補強や乾燥収縮に対応する処置ならびに不静定二次モーメントに対する設計上の配慮も当然考慮する必要があることも指摘せられた。

最近軽量コンクリートの研究がさかんで、わが国でも軽量骨材が生産せられるようになった。PCにも利用されるようになることは確実であるが、その曙にはまたPC技術の応用面は一そう拡大されるであろう。

4. 応力導入

応力導入はPC技術の最も重要な分野で応力がいかに正確に導入できるか、またその確認をどうするかが問題である。導入時PCケーブルの摩擦は時には予想外の値を示すことがあるから留意する必要がある。

摩擦増加の原因にはシースの良・不良、断面の不足、また、そう入位置の不正確、蛇行、急激な角度変化、シースの中にペーストがもれて入るなど、いろいろ数えられるが、いずれも施工には細かい注意を怠ってはならないのである。特に長大なケーブル連続桁などにおいては慎重な施工が必要である。また、設計にあたっては導入作業がしやすいような定着位置を選定する配慮も必要であろう。例えば橋梁の下方で定着するより上方が作業がしやすいし、箱型で断面が十分あれば箱の中で作業できるようにウェブに定着することもよい方法である。応力導入の結果、部材が短縮するが、これがなんら拘束なしに行なわれる場合はよいが、一般に現場ではさまさまの拘束を受ける場合が多いのである。このために部分的にクラックを生ぜしめることも考えられる。設計施工の特に密接な協力を必要とする部面でもある。

5. 施工の機械化

PCはRCの一種であるから施工の機械化に関しても共通点は多い。ただ、根本的に異なる点は応力導入によって部材の性質が変わるから、この取扱い方が異なるだけである。わが国の橋梁は一般に単純桁が多く使われ、プレキャスト部材を架設して合成する工法が多く採用されている。これはわが国の河川は急流が多く、たえず洪水に見舞われるため足場上で場所打ちする工法はよほど注

意しないと失敗するからである。架設方法も洪水に関係なく作業できる手延式架設機やタワークレーンの利用がさかんで、門型クレーンも相当使用されている。桁の寸法も次第に大となり重いものでは150tにおよぶ桁さえ移動・運搬架設された例がある。工場生産の桁は一般に公道を通して運搬する必要があるため長大なものは無理である。長さ20m、重量50t程度のものを運搬した実例はある。最近箱型断面の長径間連続ばりが相当多く施工され、場所打ちのため足場の研究が進歩してきた。移動式支保工やアンブレラ型支保工等、使って見たい面白い工法である。プレテンション方式の工場生産もいちじるしい進歩を遂げたが、真の大量生産方式をとっている工場はマクラギ生産に見られる程度でスライディングフォームシステムを採用して大量生産している工場はまだない。

6. 設計と施工の一体化

PCの施工に限らず一般に工事の施工は経験技術が大切である。工事は莫大な金銭支出を要し、仕事はやりなおしがきかないから、簡単に実験するわけにはいかない。設計と施工は車の両輪で、どちらに欠陥があっても問題であるがどうしても設計が優先して施工にしわ寄せがくるのが一般の例である。いろいろな問題にぶつかるごとに設計の悪さより施工の悪さが指摘される。それが理論的に解明されていない問題についても結果が悪ければ施工の罪に帰することになる。結果の批判はやすいが事前の処置を適格に判断することは困難なのである。

失敗した事実から原因を探究し理論が生み出され実験結果の裏づけにより証明され設計面に応用され、また施工面にフィードバックされて進歩してゆく面が多分にある。このように失敗は一面実に貴重なものであり、わが国PC技術の現在の発展も過去に経験した幾多の失敗が土台となっていることは見逃し得ない事実である。わが国の現状では実験研究のために支出される金額は至って少ないから、必然工事の施工自体が実験研究の場となっていると考えることもできよう。失敗を恥辱と考えずこれを有効に活用してこそ逆に失敗が進歩に貢献することができるのである。

設計は 1. 与えられた条件目的に合致し、2. 理論の裏づけがあり、3. 環境に調和し、4. 施工しやすく、5. 経済的である、ことが重要な点である。1. 2. 3. には重きを置くが 4. 5. を軽く考える傾向はないであろうか。また施工は 1. 設計条件目的に合致し、2. 合理的で、3. 安く、4. 早く、5. 安全、に施工するのが要諦である。設計条件を無視した科学性のない施工は、もはや真の施

工ではないし、安くて早いことばかり考えて危険をおかしてやる施工もまた誤まりである。しかしこのような誤まりが設計者にも施工者にも皆無であろうか。設計と施工の一体化を強調する所似もここにある。

7. 制度、機構、運営面と施工の関係

予算年度が4月に始まり3月に終るため一般に4月以後の新年度の発注が遅れてコンクリート作業に適する上半期に仕事が少ない寒い冬の時期に仕事が多くなることは国家的に考えても不経済である。さすがに北海道では気候の関係上、工事期間を4月から10月に集中して準備されるので喜ばしいことである。

入札制度、下請制度の改善も長い間の懸案であるが決定的な名案が出ない。契約書はいまだに片務性が残っており、施工も業者の責任施工が許されている実例はほとんどない。工事の適正価額の算定に至っては全く統一がない。PC工事は公共事業が大半を占め競走入札によるから、施工業者の立場から考えると仕事量と時期が不定で、作業場所も一定せず、環境も異なり、自然現象に左右され、工事単位も比較的小さく、思い切った設備改善、機械化施工にふみ切れず、事故、物価変動の危険を負い、不足がちの熟練者を擁して、定職ならざる自由労務者を数多く使用し、予算にしばられながら、いかにして立派な構造物を造るかに苦心惨胆しているのがその実態ではなからうか。貿易の自由化が叫ばれ産業の合理化が叫ばれている今日、封建性と幾多の矛盾を抱いてあえぎつつも一応生産は伸長しているPC業界の現状は、真の正常な姿といえるであろうか。

8. 結 び

以上わがPC国技術の一部の現状を施工面から眺めて見たのであるが、考えなければならぬ幾多の問題があることを見出すのである。およそ工学と名のつくものは経済を度外視して成りたないものである。いかに安く所要のものを合理的に造ることができるかが問題である。理論的にいかに正しくても施工が不可能に近いとか、過度に高価であれば実施に移せないのが普通である。PCにおいてもそれは例外ではない。

もし研究・設計・施工・材料の各部門が丸となって相協力し“PC構造物はいかにすれば最も経済的に造ることができるか”という問題に集中して努力することが可能ならば、また現行の制度、機構、運営等もこの一点を目標に改善することが可能ならば、わが国PC技術の前途は正に洋々たるものがある。 1962.12.25・受付
(筆者：協会理事、ピー・エス・コンクリートKK常務取締役)