

海外における構造物の設計・施工管理について

白石 哲也*

筆者は 1974 年 9 月より 1977 年 11 月にわたる約 3 年間、イラク国バスラに駐在し、バスラ港の増改築 10 パース、ウムカッスルコンテナターミナルの両工事のレジデントエンジニア (RE) を勤めた。その後、クエートハウジングのコンストラクションマネージャー、サウジアラビアのジュベイール工業団地プロジェクトの道路、鉄道部門の A/E として、中近東地域のプロジェクトに従事してきた。したがって、筆者の海外における構造物の設計・施工管理に関する経験は、中近東に偏している。しかし、わが国建設業界の海外工事受注の大半が、この地域に片寄っている今日、筆者の片寄った経験に基づく片寄った議論にも耳を傾けてくれる読者も多いであろう。以下、このような立場で、思いつくまま、海外における構造物の設計・施工上の特殊性を論じてみたい。

1. エンジニアは結果を保証する

世の中が進むにつれて、専門の分化、体制化が進み、物事の本質が見失われてゆく。「このクイの許容支持力は、建築学会の公式によれば 150 トンです」、「このクイの初期沈下は、支持層の弾性係数を 40 kg/cm^2 とした、FEM の解析結果によると 20 mm 程度です」。プロジェクトのオーナーにとって、このような情報は無意味なものといっている。「このクイは、この構造物に考えられるどのような荷重にも耐え、しかも安価です。設計については、私にまかせてください」。これが、エンジニアのオーナーに対する本来のあり方であろう。とは言っても、オーナーとエンジニアの間に、ある信頼関係が確立されるまではなかなか、「私にまかせてください」と言っても、任せてくれない。

開発途上国の施主側のエンジニア達には、ある一定のタイプがある。イラクの場合、自国の大学を優秀な成績で卒業し、イギリスの大学で学位をとってきたという人達が多く、クエートでは、エジプト、イラク等のアラブ系外国人が多い。彼等は一様に勉強家で、日本人の実務派のエンジニアよりは、論理に優れている。しかし、設計・施工については、経験に乏しく、極度に臆病である。彼らを納得させ、仕事をうまく進めるには、日本では、ルーチン化しているプロセスも、なぜ、そのようにするのかを、すべて論理的に説明できる技術力が必要で

ある。その意味で、設計も施工もできるエンジニアが、どうしても必要になってくる。今の分化された日本の社会で、若い技術者がこのように育っていくには、少数の運のよい人達を除けば、相当な反骨精神をもたねばならないような気がする。

2. APPROVAL は結果についての責任を解除しない

ある構造物の設計をまとめる場合、

- (1) 基本計画
- (2) 予備設計
- (3) 詳細設計

の各段階を設定し、各段階で施主側の承認 (APPROVAL) を得て、つぎの段階に進むのが普通である。この APPROVAL が施主の方からなかなか出ず、工程の遅れることが多い。また一度出た APPROVAL が覆って、大きい手戻りの出ることもある。このようなケースの原因を調べてみると、やはり、設計者側に、エンジニアは、結果を保証する」という認識が、不十分であったと思われるケースが多い。設計というものは、定められたプロセスにしたがってまとめればよいというものではなく、その定められたプロセスが、個々のケースにあてはまるかどうかの判断、既存のプロセスがあてはまらない場合、新しいプロセスをつくり出し、そのプロセスにしたがって、ものをまとめていくことも、当然、期待されていることを認識すべきである。とにかく、施主から「APPROVAL さえとれば」という考えは危険である。

エンジニアと施主との関係は、しばしば、医者と患者との関係にたとえられる。特殊な手術、投薬について、医者は患者に了解を得ることもあるが、その結果については、医者の責任は免れない。医者はその道の専門家であり、患者は素人と考えられるからである。この意味で、設計に関する施主の APPROVAL は、「出来上がるもののオーナーとして、意図した結果が保証されるなら、出された案に異議はない」という程度のものであることを忘れてはならない。

3. 日本で常識となっていることも通らないことがある

バスラ港の RE 時代、コンクリートの混和剤の使用について、施主とひとめしたことがあった。ありふれ

* (株) パシフィックコンサルタンツインターナショナル第二技術部長

た桁長 11 m の I 形桁 2000 本あまりを、コンクリート埠頭のデッキ部材として用いる工事であった。この PC 桁コンクリートの設計基準強度は 420 kg/cm^2 であったが、現地の骨材、セメントを使った試験配合では、なかなかワーカブルなコンクリートがつかれなかった。桁の製作ヤードは、すべて、準備が完了し、ただコンクリートの打設を待つばかりであった。コントラクター（日本の大手業者）は、当時、鉄道のコンクリートトラス橋等に多用されていた高強度コンクリート用減水剤の使用を提案してきた。工事の遅れで苦境に立ち、国鉄等での同混和剤の実績を知っていた筆者は、この提案にとびつき、APPROVAL というより、これを RECOMMEND した。このコントラクターとの会議の議事録を読んだ MINISTRY のお偉方に、若いころ、コンクリートラボで働いた経験のある人がいて、混和剤の使用は、一切、まかりならぬとやってきた。「同混和剤の長期効果は不明ではないか」、「化学成分も明らかでないではないか」というのが、その理由であった。考えてみれば、これらは、当然な疑問である。この混和剤のコンクリート強度に及ぼす長期効果については、10 年間の実験結果があり、時間による劣化の傾向はないという報告があった。しかし、「そのような少数の実験結果で、20 年、30 年先の効果について断言できるものであろうか」という疑問は、当然のことである。さらに、同混和剤は、化学的に不活性で、コンクリートの成分と化学反応を起こすこともないといわれていたが、安全と思われ、認可された新薬が、後に、有害とわかった例の多いことからみても、科学的論理に頼り過ぎることは、確かに危険である。しかも、その混和剤のメーカーは、詳しい化学成分の公表を渋った。それは、「メーカーの秘密にすることであり、そのようなことを言うお客には、使ってもらわなくてよい」というのであった。筆者は、急拠、日本に戻り、メーカーを説得して化学成分についての保証を出してもらい、あるコンクリート工学の権威者からも、同混和剤の長期効果について保証していただいた。これらを強力な武器に、なんとか施主側を説得し、コントラクターの保証のもとに、同混和剤を使用してよいという RE の APPROVAL が、施主によって認知された。

新技術、新材料に対する態度は、アメリカ、日本などに比べて、イギリスで教育を受け、イギリスのプラクティスで仕事をしてきた人達は、極端に、保守的である。技術の進歩のためには、ある程度の冒険が必要だということであろうが、もっと、高い次元で考えた場合、どちらの方が、人類の幸福につながるのか、筆者にもわからない。このケースについての施主との議論で、「あなた方は、何かといえばイギリスのことを言うが、イギリス

はもはや、工業先進国ではないのですよ。なぜ、そんなにイギリスのプラクティスにこだわるのか、私はわからない」といったら、彼らは、「それは、わかっている。だけど、我々は、その、イギリスの保守的なところが好きなのだ」というのが、彼らの答えであった。余談ではあるが、工事の終り頃には、彼らの関係する他の工事についても、「あの魔法の水をこのコンクリートにも使っては、どうであろう」という相談を受けるほど、この混和剤は、彼らの信用を得ることになった。筆者は、意地悪く、「あなた方の管理では、よした方が良いでしょう」と答えたものである。このケースから得た教訓は、「施主にとって新しいものを認めさせるには、彼らを論理的に説得できる周到な準備が必要である」ということであった。

4. 標準示方の精神

中近東でコンクリート工事を行うコントラクターを泣かせる示方書の項目の一つに、打設時のコンクリート温度がある。バスラで、コンクリート工事を開始したころ、打設時許容されるコンクリートの最高温度は、日本の土木学会 30°C 、BS、特別の場合 35°C 、ACI 32°C 、であったと記憶している。同工事の終り頃、日本土木学会の示方は 35°C と変更になった。この規定の精神は、何であろうか。真夏の気温が 50°C にも達するイラクで、コンクリートの温度をできるだけ低く保つ方策として、一般に採られている方法は、

- (1) 骨材ビンに屋根をかけ、直射日光の当たらないようにする。
- (2) 粗骨材には、常時、水をかける。
- (3) ウォータークーラーを設置し、冷水を混合水として用いる。

等である。(1)、(2) は必須であるが、これのみでは、 35°C 以下に保つことは困難であった。(2) は非常に、有効であるが、湿度の高い日には、当然のことながら、全く効果がなく、 40°C 以上のコンクリートができることもあった。

コンクリートの打設時、最高温度を規制することの精神は、打設中のワーカビリティの低下による混乱を避けることにあるようである。それ以外に、あまり、強い理由は見当たらない。事実、バスラの現場では、ウォータークーラーの設備ができるまで、 37°C の温度でコントロールしたが、ミキシング後、打設までの時間、スランプのコントロールを強化することで、 37°C のコンクリートでも、なんら、混乱は、起きなかった。PC 桁製作最後の段階で、ACCEPTANCE を保留していた PC 桁のうちの 2 本の破壊試験を行った。このうち、1 本は、工

事の初期に 42°C の温度で打設されたものであったが、全く、期待どおりの性状を示した。

この試験は、桁高 1.3m、桁長 11m の実物桁を、二点載荷で、アッパーフランジが大音響を伴って剝離するまで載荷したもので、このテーマとは、直接関係はないが、少し触れてみる。桁の断面は、鉄道、道路の標準設計によく見られるタイプで、上フランジ幅 1m、ウェブ幅 20cm、下フランジ幅 50cm であった。桁は、中央のたわみが 11cm に達したとき、上フランジの被り部分が、30cm ぐらいの高さに跳ね上がり降伏した。除荷後は、たわみの 80% 強が復元し、5mm 以上の幅をもつひびわれは、ほとんど見えないほどに消えた。プレストレストコンクリート桁の構造物としての優秀性を身をもって認識することができた。

話が少しそれたが、今でも、打設時のコンクリート温度で苦勞しているコントラクターは多い。設計者も、示方書の精神を理解して、現地の風土に適した示方書をつくり、必要以上にコントラクターを苦しめたり、自らも苦勞することは避けねばならない。参考までに、わが社のバスラのスペックには、コンクリートの打設時の温度については、なんら規定がなかったことを記しておく。

5. 施主のコメントには自信をもって 応えること

マスタープランや予備設計の内容について、施主側からくるコメントには、責任のがれのための布石が多い。施主は、自分自身が納得できる説明を期待しているのではなく、将来、もしまずい結果が出ても相手の責任に帰せられるような、強い自信に満ちた主張をエンジニアに期待していることが多い。施主が複雑なオーガニゼーションをもち、各部門からコメントの来るような場合には、特に、相手のコメントにふり回されないよう注意する必要がある。また、プレストレストコンクリートに関連した例をあげる。

サウジアラビアのジュベイル工業団地内の道路のシステムデザインで、道路橋の標準タイプとして、プレストレストコンクリート桁を推奨した。これに対して、施主側の構造屋から、つぎのようなコメントがあった。「現地で利用できる骨材の品質は、プアーで、高強度、コンクリートを必要とするプレストレストコンクリートを標準設計として採用することには疑問がある」。ジュベイル工業団地は、サウジアラビアの東部、ペルシャ湾岸の、ダンマンより 80km クエート側で現在建設中の、今のところ世界最大の建設プロジェクトである。工業団地の用地面積だけで、100km² に及ぶ。この用地の周辺、内部に、300km に及ぶ自動車道が計画されてい

る。この地方で用いられるコンクリート用粗骨材は、良質の石灰岩から得られる砕石で、石灰岩自体の圧縮強度は、400kg/cm² から、700kg/cm² である。この地方の土壌は、塩類を多く含み、地下水は、場所によって塩素イオン濃度が 150000ppm、硫酸塩濃度が 5000ppm にも達する。そしてアラビア湾に面することから、常時、潮風が吹く。

街にみるコンクリートは、劣化の激しいものが目立つが、古くても劣化の認められないものもある。この劣化の原因は、すべて上にあげたローカルコンディションに帰せられていたようである。しかし、最大の原因は、配合、施工管理の悪さにあると、筆者は思った。上のコメントに対しては、つぎのように答えた。

「現地で利用できるコンクリート用骨材は石灰石で、たしかに、良質の骨材とは言えない。しかし、減水剤を使用して、できる限り水・セメント比の小さい高強度のコンクリートをつくることは可能である。元来、コンクリートは、高強度のものほど耐久性も大きく、プレストレストコンクリートは、普通の鉄筋コンクリートよりその性質からいって、厳しい自然条件に対して強いはずである。ジュベイルのように、自然条件の厳しい場面でもこそ、プレストレストコンクリートを採用すべきである」。プレストレストコンクリートの専門家ではない筆者には、上の議論の是非は、読者諸兄の判断に委ねるほかはないが、結果としては、道路構造物に限らず、建築構造に至るまで、プレストレストコンクリートが多用される方針に決まったことを記しておきたい。また、ローカルの骨材を使って、600kg/cm² のコンクリートをつくることに成功したという知らせを現地から伝え聞いている。

6. 示方（スペック）は設計の重要な 要素である

国内の、特に、土木関係の構造設計にしか経験をもたない人達に、海外の設計をやらせるとき最も苦勞するのは、スペックについての認識の足りないことである。彼らにとって、設計とは、構造計算をし、図面を画き、数量を出すことであると考えているようである。事実、工事経験十分なお役所には、確立された標準示方書があり、また、そのお役所の工事を引き受ける施工業者は、そのお役所の仕事に十分な経験をもち、特記示方書、図面等に多少の不備があっても、それを楯に頑張ってくる業者は殆んどない。海外工事、特に、地元以外の業者に工事を発注する場合は、図面、示方書の不備は、大問題となる。ヨーロッパの二流業者の中には、このような不備につけこんで安く仕事をとり、契約後、これを

楯に、契約条件を良くするのを常套手段と心得ている者も多い。この意味で、海外の設計業務を新たに志す人達には、スペックの重要性を再認識してもらいたい。設計とは、ある目的物をつくるという意図のもとに、予め、その出来上がるものの機能形状、品質、数量等を規定する作業であり、これら設計で規定された機能、形状、品質、数量等を前提に工事契約が行われ、その代価が決まる。これをすべて図面に盛り込めれば、スペックは不要である。しかし、通常、これは不可能である。たとえば、1m 角のコンクリートブロックを一個つくる仕事でも、場合によっては、つぎのようなことを規定せねばならない。

- (1) 出来上がるものの寸法、重量等の範囲。
- (2) その寸法、重量のチェックは、いつ、どこで、どのようにして行われるのか。
- (3) 出来上がったものの引渡しは、いつ、どこで、どのような状態で行われるのか。
- (4) コンクリートの品質を規定するには、セメントの品質、骨材、水の品質、配合、打設方法、型枠、型枠剥離材についての規定が必要である。
- (5) コンクリートの強度の規定が要るとすれば、その強度は、どのようなテストピースで、いつ、どのような方法で試験するのか。または、実物で、たとえば、シュミットハンマーで判定するとすれば、シュミットハンマーに対する規定、代表値決定の規定が必要となる。

このように、そのブロックの用途、発注方法によって、いろいろなことを規定する必要があり、単に、このブロックの平面図、正面図、側面図を示すだけでは、不十分であることが理解できると思う。

筆者は、いつも、国内の工事契約と海外の工事契約との違いについて問われたとき、つぎのように答えてい

る。

「国内の工事契約は、相互信頼を前提に運用されているが、海外の工事契約は、相互不信を前提に成り立っている」。このことについては、筆者は、我が国の方式を誇りに思っているのであるが、これは、我が国のように、殆んど単一の民族でなる特殊な社会のみで成り立つことであって、これを異民族、ましてや、異民族間の契約に期待することはできない。

この意味で、海外の設計・施工にいやでも参加しなければならぬ人達には、スペックの重要性について再考してもらいたい。スペックを自分で書くことは、大変なことで、それには、専門的な訓練が必要であり、外国のエンジニアでも、普通はやらないことである。しかし、スペックの専門家に、必要な要件を漏れなくインプットするのは、設計者の義務であり、そのようなことについて全く配慮のない設計は、本来、設計とは言えないと思うのである。

7. あとがき

以上思いつくまま海外工事の設計・施工を通じて、日頃、感じていることを書き連ねてきましたが、ここで、本誌の読者層のレベルは、非常に高く、筆者が日頃、接しているわが社の若手技術者諸君とは、大違いの方々が殆んどであることに気がつきました。しかし、原稿締切の期日は迫っており、書き改める時間はありませんし、筆者に、そのような方々のお役に立つようなものが書けるわけがありません。これは、海外の業務に苦闘しているコンサルタントの一人の PM が、自分の若い部下達に、日頃、こんなことを話したがつているのだという一つの情報提供であると思っていただけたら幸いです。貴重な紙面を駄文で汚したことをお詫びします。

◀刊行物案内▶

穴あき PC 板設計施工指針・同解説

- 体 裁：B5判 128 頁 ビニール製の表紙で現場持ち歩きに便利
 定 価：1800 円（会員特価：1600 円） 送 料：450 円
 内 容：1. 総則 2. 材料および許容応力度 3. 部材の設計 4. 構造設計
 5. 接合部の設計 6. 施工（含取付・補修等）
 お申込みは代金を添えて、（社）プレストレストコンクリート技術協会へ