

複合構造への期待



遠藤 武夫*

コンクリートと鋼材は、土木構造物を構成する材料として、今日その品質・供給・価格・施工性等すべての面において、最も信頼できるものとして大量に使用されているが、今日の技術水準に達するまでには、他の科学技術と同様、多くの先人の努力と貴重な経験を経てきている。少しその道程を振り返ってみると、コンクリートについては、1824年、イギリスの J. Aspdin によって創造され、自ら「ポルトランドセメント」と命名した水中で硬化する結合材の出現が、コンクリートの出発点であった。しかし、このポルトランドセメントを結合材として生まれたコンクリートは、圧縮強度は大きい、引張強度が小さいという特性をもち、曲げを受ける構造部材としては、その単重の大きさもあって、適当な材料とは言えなかった。これを克服したのが、フランスの J. Monier で、1867年に発明した鉄筋コンクリートの出現である。圧縮に強いコンクリートと引張りに強い鉄材の両者の特性を生かした合成構造の部材の出現は、コンクリートの用途を大幅に拡大する画期的なものであった。1875年、長さ16m、幅4mの鉄筋コンクリートの橋が初めて誕生して以来、多くの研究者によって、鉄筋コンクリートの設計・施工法が確立されていき、20世紀初頭には、支間長70mを超えるRCアーチ橋が出現するまでに進展した。しかしこのRC部材も曲げ部材として使用する場合、引張り側のコンクリートにひび割れが発生する。このひび割れは実用上の問題はないとしても、耐久性、部材断面の効率性の面で課題を残していた。この課題の解決法として出現したのが、曲げ部材の引張り側に圧縮力を導入するプレストレストコンクリートである。1888年、ドイツの W. Döhring によってプレストレストコンクリートの提案がなされて以来、プレストレストの種々な導入方法が開発され、プレテンション方式からポストテンション方式へと進み、コンクリートと鋼材の材料としての進歩（強度の増大と施工性の確保を同時に達成できるコンクリート混和剤の開発等）により、RC、およびPC部材のあらゆる構成物への適用が可能となり、今日の隆盛がもたらされたのである。1992年12月に完成したノルウェーのスカルンズンド橋は、中央支間長実に520mのPC斜張橋である。

一方、構造用材料としての鋼材もまた、イギリスの産業革命の牽引力となった製鉄産業の発展を出発点として、その後の製鉄技術の進展と落橋事故という貴重な経験を糧に、構造部材を構成する信頼できる材料としての地位を高めていった。現存する最古の鉄製の橋は1779年に建設されたイギリスのアイアン・ブリッジ（石造アーチの手法を鑄鉄に置き換えた橋）であるが、19世紀に入って、より引張り強度の高い錬鉄の使用が可能となり、規模の大きな橋梁の建設が行われ、構造解析の手法の進歩とともに

* Takeo ENDOH : 本協会理事, 本州四国連絡橋公団理事

◇巻頭言◇

に、飛躍的に発展した。1826年、イギリスのメナイ海峡に架けられた吊橋の支間長は174 mに達した。その後、構造用材料としての錬鉄は、さらに高強度で粘りのある鋼の発明によって、その座を鋼にゆずることになるが、鋼を大量に使用して架けられた最初の橋は、1874年のアメリカのイーズ橋で、支間長158 mのアーチ橋である。そして1890年には、イギリスのフォース鉄道橋を完成させるまでに至った。このフォース道路橋は、現在なお供用されており、最大支間長521 mのトラス橋として、その圧倒的な存在感は、当時の工業技術力を今日に誇示しているかのようである。その後製鋼技術はさらに進み、品質の安定化、多様化の諸要求を満たすとともに、大量生産化による価格の低廉化により構造用材料として一段と重要性を増した。さらに20世紀後半には溶接技術が進歩し、より材料の効率的な使用が可能となり、構造物の長大化を進めるうえで大きな力となった。

以上概観したように、コンクリートと鋼材は、構造用材料として、工業技術力の進歩と貴重な経験によって進展してきたが、特に近年の技術革新のテンポは早く、ここ数十年の進歩には目覚ましいものがある。これは社会資本の基盤整備に対する社会的要請が大きく、それにこたえる数多くのプロジェクトの実現が技術の進歩に拍車をかける大きな要因となったからである。土木工学は経験工学とも言われるように、自然条件を克服しつつ、自然と社会的条件との調和の中で建設される構造物を対象とするだけに、プロジェクトの継続的な実施が、技術の継承を確実にするとともに、技術発展の大きな原動力となる。今後は、一層の社会資本の充実が要請されるなかで、さらに高度な技術が求められてこよう。

コンクリート構造については、高強度コンクリートとそれに見合う鉄筋・鋼線（鋼棒）との新しいRCおよびPC構造の開発、現場作業の省力化と品質確保が図れる高流動化コンクリートの施工法の確立と普及、RC、PC部材の耐久性の向上など、鋼構造についても、溶接性の良い高強度鋼の開発、疲労破壊に対し粘りのある溶接構造の確立、防錆手法の向上など、いずれも現在進められている研究開発がさらに進められることが必要である。

コンクリート構造、鋼構造とも、常に新しい課題を乗り越えてさらに発展することには疑う余地はないが、今後の大きな課題として、コンクリート構造と鋼構造が分化して発展するのではなく、それぞれの材料特性を十分に発揮できる複合構造の開発・普及が挙げられよう。超長大橋、例えば中央支間1990 mの明石海峡大橋のような規模では、主ケーブルに作用する応力の91%が死荷重で占められ、吊構造部は剛性が大きく自重が小さくなる高強度鋼材を使用した鋼構造とならざるを得ないが、中～長大橋梁にあっては、複合構造形式の採用により、より合理的・経済的な設計・施工が可能であると考えられるからである。品質管理が確実にできる工場での製作、プレファブ化、大ブロック化が容易で、現場作業の省力化、工期の短縮が図れる鋼構造と、現地の安価な材料を活用し、造形が容易で、維持管理の省力化が図れるRC、PC構造との複合構造は、今後大いに研究され、採用されて良い構造であるし、さらに炭素繊維等の新素材の有効活用への道を開くものと期待できるのである。

我が国では、すでに中央支間490 mの複合斜張橋「生口橋」が完成し、890 mの多々羅大橋も同形式で工事が開始された。外国においても、フランスのノルマンディ橋（中央支間856 m）は側径間だけでなく主塔もコンクリート構造で工事中である。吊橋の主塔も、現在世界最大の吊橋イギリスのハンバー橋（中央支間1410 m）はコンクリート構造である。

コンクリート構造はコンクリート構造、鋼構造は鋼構造などと分化せず、異質材料・部材の合成、連結方法を確立し、材料特性を最大限に生かせる複合構造の研究・開発・普及こそ、今後の中～長大橋梁等の建設に大いに資するであろう。文字どおり「適材・適所」の構造を目指して……。