

6. ま と め

本研究部会で検討した結果を、WGごとに要約する。

(1)少数主桁設計架設WG

本検討では、2車線の橋梁を対象としており、また経済性比較は上部構造に限定している。

1) スパン30～40mにおいて、橋の幅員によって、また積算方法によっても差異が生じることが考えられるが、本検討では鋼、コンクリート橋で経済性について有意な差異はみられなかった。スパンが40mを超えると鋼橋が経済的となる結果が得られた。スパン30～40mで鋼の競争力低下がいわれるが、本検討の範囲からはその理由は明確でない。恐らく鋼はメンテナンスにより多くの費用を要するという点が問題と考えられる。以上より、30mスパンクラスまたそれ以上のスパンにおいて、メンテナンスミニマム、あわせ低騒音とできるシステム開発の重要性が改めて指摘できる。

2) スパン60～80mにおいては、箱桁が経済的な形式として採用されている。本検討からは、I桁橋の経済性が得られた。I桁橋は相対的に桁高が高くなり、それに伴い輸送に制約が生じたり、腹板に継手が必要となり鋼重増の要因になるが、今後検討に値すると考える。

3) これまで鋼床版の板厚は、長大橋を除けば、12mmとする場合がほとんどである。鋼床版の板厚をアップすれば、鋼重量が増加することは明らかであるが、縦リブ間隔や横リブ間隔を広くでき、材片数が低減して省力化の効果が期待できる。本検討では、鋼床版厚を12,16,19,22mmとした場合の検討を行った。小型材片数は12→19mmと厚くするにつれて低下し、22mmでは19mmの場合と差異がみられなかった。そのため、板厚19mmの場合に省力化の効果が最も発揮できると考えられる。重量増に対する材片数や塗装面積の減少による効果についての詳細な定量的検討に欠けるが、厚肉化は今後も検討に値すると考える。

以上より、鋼とコンクリート橋の経済比較からは、スパン30～40mの範囲で鋼とコンクリート橋に差異はなく、スパン40m以上において鋼橋が経済的であるという結果が得られた。コンクリートがメンテナンスフリーという考えは、少なくともヨーロッパにはない（十数年前、ヨーロッパの構造関係の先生と我が国における鋼、コンクリート橋の競争力について議論したことがある。私がコンクリートはメンテナンスが不要とできる点がセールスポイントのようで、鋼はその面で劣性にあると説明したところ、“コンクリートがメンテフリー？誰がそのようなことを言っているのか”と首を傾げていたのが忘れられない。）と思われるが、今後、鋼のメンテナンスミニマムシステムの開発は絶対命題と考える。また、I桁橋が、従来の適用スパンより長いスパンでも経済性が発揮できる可能性を示した。従来の固定概念にとらわれない自由な発想が今後も大切と考える。何々が最適であるという概念を一度疑ってみることが大切と考える。

まとめの項目に記載しなかったが、継手構造に関連し、厚肉化に対応する手段として大径ボルトの試算を行った。板厚50mmを対象とした場合、M30の使用が、本数や添接板

のサイズの面で有利となる結果が得られた。このように今後太径ボルトの使用も検討されてよいと考える。あわせ、75%規定の見直し、摩擦係数のアップによる継手構造の効率化を計る必要があると考える。

鋼桁橋の経済性や競争力については、再度見直す必要があると考える。その際、従来の主桁補剛システム（下横構、分配横桁、対傾構の組合わせ）はあわせ見直すべきと考えている。よりシンプルな補剛システムに移行すべきと考えている。既にヨーロッパでは一般的になっており、また、日本道路公団東海大府高架橋でそのようなシステムが採用されており参考になる。この問題については、土木学会鋼構造委員会新技術小委員会（委員長：伊藤学東京大学名誉教授）の設計法WG（主査：藤野陽三東京大学教授）において、鋼橋のロングライフ化の検討の中で扱われており、その成果が利用できる。

(2) 連続合成桁調査WG

本WGでは、105橋を対象に調査を行い、あわせ分析を行った。一部に非合成桁が含まれている可能性があるため、お許し願いたい。

1) 1958～1970年まで、プレストレスする合成桁が多いが、施工性の煩雑さが指摘されていた。それ以降、プレストレスしない連続桁に移行したが、プレストレスする合成桁に比べて数は減少し、また1980年以降連続桁はほとんど建設されていない。

2) 1975年前後から、コンクリート床版の損傷が目立ち始めた。これに連動するような形で連続桁の施工が見られなくなったと考えられる。周知の通り、合成桁の床版は主桁作用も担うことになる。このように1部材が同時に複数の機能を担うのは合理的、経済的とされる構造形式の宿命でもある。床版の損傷に伴い連続合成桁に対する不安が大きくなって、衰退していったことが十分考えられる。

以上、連続合成桁が用いられなくなった背景を推察したが、本システムが果たして悪いシステムなのか、不経済なのかを検討するまでには至らなかった。また、時間的な制約もあって、調査対象とした橋梁の現状、とくに床版の健全度について把握できなかった。ドイツのアウトバーン橋梁（連続合成2主桁橋）の床版が30年を経て健全である事実からは、床版を理由に本システムを否定することはできない。一方、必ずしも経済的でない、施工管理に手間を要するという意見があり、またコンクリートの安定した品質も要求されることを考えると、積算体系とも関係するが、将来とも鋼重量を10～15%程度低減するメリットと見合うかという疑問も生じる。難しい問題であり、復活すべきかについては今後も総合的な検討が必要と考える。

私見であるが、これは三瀬氏のコメントとも関係するが、コンクリートに長期的に引張応力が生じる場合、何らかの形でプレストレスを導入できるシステムの開発も重要と考えている。

(3) 合成斜張橋調査WG

本WGでは、合成斜張橋14橋の調査を行い、あわせデータ分析を行った。また、斜張橋において通常最適とされる塔高さ（スパンの1/5程度）より低い塔（スパンの1/10程度）からケーブルで支持した合成2主桁橋（短塔型斜張橋）の検討を行った。後者は、2

主桁橋をより長いスパンに適用すること、あわせ床版に圧縮軸力（プレストレス）を導入することを目的として、このようなシステムの力学特性や経済性について検討を行った。

まず、合成斜張橋の実績調査からは、以下の傾向が得られた。

- 1) 主桁形式としてはI桁（2主桁）が多い。600mスパンの橋では、I桁に代わって小型の箱桁を用いている。スパンが長くなると、鋼I桁の応力が大きくなり、高材質でかつフランジサイズがかなり大きくなるためと考えられる。
- 2) 桁高さはスパン（最大スパンはYangpu大橋の602m）に関係なく2m前後で一定である。斜張橋はスパンとともに桁の圧縮軸力が大きくなるが、かなりのスパンまで、小さな曲げ剛性で設計されていることになる。以下は余談（私見）であるが、我が国の鋼斜張橋で用いることの多い箱桁に対して座屈照査が必要かが疑問となる。座屈設計を不要とできる限界を明らかにする必要があると考えている。
- 3) 多くの橋では、床版スパンが橋軸方向となっている。幅員が広い場合、2主桁間に横桁を配置して床版を支持する。この間隔として4m前後が経済的という報告がある。幅員が狭い場合、床版スパンを幅員方向とする例もある。
- 4) 床版は高強度のプレファブ版を用いることが多い。スパンが400mを超えてくると、500kgf/cm²以上の強度をもつ床版が必要となる。また、プレファブ版を用いるのは、施工性もあるが、クリープ係数、乾燥収縮度をできるだけ小さくするためである。クリープ、乾燥収縮による応力移行は大きいため、慎重な管理を行う必要がある。
- 5) 塔はほとんどがコンクリート製である。
- 6) 死・活荷重合成、活荷重合成の使い分けは半々である。

以上の分析結果は、今後の試設計または実施設計を行う場合に利用できると考える。

短塔型2主桁合成斜張橋（60+100+60m）の試設計からは以下のことがいえる。

- 1) 本システムで、スパンが短く桁の曲げ剛性が大きい場合、活荷重に対して桁橋としての挙動を示す。コンクリート箱桁に比べて曲げ剛性の小さい2主I桁を用いることにより、活荷重に対してもケーブルの効果が期待できる。
- 2) 同スパンの非合成箱桁橋、非合成I桁橋と本システムの上部工費の比率は1.00 : 0.88 : 0.53となり、本システムが最も経済的な形式となった。また、箱桁とI桁との比較からは、I桁が経済的であるという結果が得られた。これは、少数主桁設計架設WGで得られた知見と一致する。
- 2) 本システムのクリープ、乾燥収縮解析を行ったが、応力移行はかなり大きいことがわかった。今後、以上の応力についてさらに検討を行う必要がある。

本システムの鋼重量は非合成箱桁橋の30%程度とかなり小さいものとなり、経済性が発揮されるものと考えられる。しかしながら、本橋は死・活荷重合成桁として設計を行っており、施工法について検討を要する。あわせ、クリープ、乾燥収縮による応力移行について更なる検討を要する。

(4) 製作・架設WG

本WGでは、“箱桁内部で溶接を行わない構造の開発”を目標に検討を行った。

- 1) ダイアフラムをブロックの両端に配置するようブロック分割し、ダイアフラムと主桁

フランジ、腹板の溶接、および主桁フランジと腹板の溶接を外部から行い、あわせ横リブと鉛直補剛材を接合しないことで可能となる。

2) この構造を採用することによって、製作工数は標準構造（日本道路公団標準図）に比べて3%程度低減できる。

3) 横リブ、鉛直補剛材を分離することで、箱内部の座屈に対する補剛システムの剛度が従来システムに比べて低下することになる。本システムを用いることによる主桁の座屈強度の検討は今後の課題となった。本システムの採用にあたって欠かせない検討課題である。

以上より、工数低減は顕著でないが、箱桁内部の劣悪な環境下での作業からの解放は有意義と考える。座屈耐力の検討を行う必要があるが、今後も検討に値するシステムと考える。