

# 橋梁の設計についての問題点

小西 一郎\*

橋梁の設計についての、最近の問題点としては

- ① 設計の自動化
- ② 橋梁の長大化と、その安全性、信頼性
- ③ 設計示方書

などをあげることができよう。これを別の観点からとらえると

- ① 調和のとれた設計
- ② 現象に忠実な設計
- ③ 極限状態の追求と安全性

と区別されよう。いまこれらについて簡単に述べてみたい。

## 1. 設計の自動化

電子計算機が構造計算の上にはたしつづける功績は、今さら述べる必要もないが、単に構造計算にとどまることなく、橋梁のスパン、幅員、荷重などの諸元を与えるのみで、経済的、合理的な橋梁の設計、工作などに必要な数字を、自動的に電子計算機によって行なう Computer Aided Design (CAD) の研究、開発が活発に行なわれ、設計の飛躍的進歩が見られることは遠い将来ではないようであり、一部はすでに実用せられている。この場合、当面、構造強度理論は線形理論に立脚した許容応力法を中心とするが、さらに設計された構造物の極限強度を追求するため、非線形領域への追跡も、電子計算機がはたしうる重要な役割である。

## 2. 調和のとれた設計

構造理論の進歩とともに、設計の精度が向上する。橋梁の上・下部構造について、最新の理論を適用することは結構なことであるが、たとえば、上部構造のある特定の部分のみ設計精度が上がっても、上部構造全体として、また下部構造が、これに相当して理論精度が上らなければ、橋梁全体として見るとき、調和のとれない設計となり、構造全体の合理性は認められない。特に極限強度、耐荷力に焦点を合わせた橋梁全体の調和が必要であり、この点、実験による破壊試験は有効であるが、これ

とともに、他方、極限強度の理論的追求も必要である。

## 3. 現象（自然、人工）に忠実な設計

橋梁設計において重要な、橋梁の材料、作用外力、安全性、耐荷力については、古くから慣用せられてきた仮定、仮説が、実験、観測、測定などの積重ねによって、現実、現象的事実の認識が高められ、より合理化されつつある。たとえば、繰返し荷重、ランダム荷重、特に地震の作用をランダム地動としてとらえることは、過去において、静荷重、正弦波変動荷重としてとらえていた解釈より、より現実に近似せしめたものであり、合理性が高められることになる。

## 4. 極限状態の追求と安全性

従来の強度設計法の基礎をなす許容応力法は、線形理論に立脚したものである。したがって、構造の極限性状、強度については、なんらよるべきところがない。また、以上のことにより、安全性については言及されない。この点において極限状態の追求は、構造の安全性との関連において重要な問題と考える。

## 5. 橋梁の長大化と安全性、信頼性

構造物の巨大化に伴って、構造物が空間において占める広がり、構造物が小さい場合の様子と違ってくる。橋梁の長大化とともに、橋梁が空間において占める広がりが大きくなり、自然現象、とくに風、地震の作用を受ける場合、自然現象の空間的広がり、時間的変化が問題になってくる。橋梁の設計において、従来ひとつの量として受けとめていた風、地震の作用は、橋梁の長大化とともに実情と合わなくなり、これを空間的、時間的にとらえることが必要となってきた。一般に、現象論的には気象学、地震学においては、風、地震は従来とも、空間的、時間的にとらえてきた。したがって、このような現象は、定常確率過程 (Stationary random process)、非定常確率過程 (Nonstationary random process) として理論的に取り扱ってきた。橋梁設計については、橋梁という構造物が、これらの不規則外力が作用したとき、

\* 正会員 工博 京大教授、工学部土木工学科

すなわち不規則外力が、構造物という一つのフィルターを通したとき、どのような応答を示すかが問題となる。Excitation—Response, Input—Output の関係を確率統計的につかんで、これから安全性への評価に移ることになる。長大橋について風の作用を、構造の高さ、幅方向の広がりを考えて設計する手法は、上記の考え方の最も初歩的段階である。

## 6. 設計示方書

橋梁設計において準拠すべき設計示方書は、その時点における工学、技術に裏付けられた最も権威のある橋梁設計指導書である。したがって、設計示方書の変遷はそのまま橋梁工学、技術の進歩の足跡である。欧米の橋梁設計示方書のうち、よく引用、紹介されるものは(鋼橋) B.S. (British Standard Specification) 153, DIN (Deutsche Industrie Norm), BE (Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken, DV 804 der DB. 1952), DV 848 (Vorschriften für Geschweißte Eisenbahnbrücken, DB. 1955), AASHO (American Association of State Highway Officials), Standard Specifications for Highway Bridges, AREA (American Railway Engineering Association) Specifications for Steel Railway Bridges 等である。

これらの橋梁示方書は、それぞれの国の特有のカラーをもっている。たとえば、DIN 等ドイツ系統は理論的であり、ドイツの優秀な橋梁工学の中核をなしている。ドイツの技術水準が高いこともあり、設計示方書の考え方は、理論的、合法的思想が貫かれており、根本は等方性、等質性材料に関する弾性理論が中心である。がしかし、いわゆる古典的である。これに反し、B.S. は極限設計的な香りが強い。また AASHO 等のアメリカ系統は、実際の技術、現象論的立場に立ち、溶接、変形等、工作上さげられない事実を実験的に解明し、これらの結果を設計示方書に取り入れたものであり、ドイツ系統の古典的なものと対照的といえよう。ドイツ、イギリス系統の設計示方書が断片的に改正され、いまだ相当古いものが数多く残されているのに反し、AASHO は 1931 年第 1 版が刊行され、現行 1969 年第 10 版に至るまで、3~4 年ごとに改正を加え、まとまった単行書として発行していることは、利用者にとっては大変都合である。

材料、工作技術、構造法、計算法の進歩とともに、設計において準拠すべき設計示方書は、その内容を改訂することが必要である。特に最近のように、高張力鋼の厚鋼板による溶接構造を採用する、新しい橋梁構造の設計においては、すべてを理論的にこなすことは不可能であって、工作技術、材料等、実際の技術に立脚した設計計算が必要となってくる。このためには、相当大規模、多

方面の実験的研究が要求され、莫大な研究投資を行なっている。単に外国の新しい示方書の数字、計算式、実験式をそのまま引用して、こと足れりとするは許されない。技術条件の異なるわが国では、そのまま通用しない。ここに、設計示方書改訂のために、これに要する実験的、理論的研究のための投資を覚悟する必要がある。

わが国では、最近、橋梁建設のために必要な調査費は相当程度にまで、予算化・計上され、これらの調査費によって、より合理的、経済的な橋梁の建設が可能となってきたことは、まことに喜ばしいことである。これとともに、橋梁設計のうえで最も重要な技術指導役をはたす橋梁設計示方書の改訂にあたっては、橋梁設計示方書改訂のため、相当額の研究費の予算要求を行ない、これの獲得が何より先決事項である。研究費捻出のために、単に便宜的な処置で、その場を糊塗することは、本質的解決策とはならない。

わが国の道路橋については、鋼橋、コンクリート橋の全般にわたり、総合的な大改革の作業が日本道路協会を中心にして熱心に進められており、近くわが国、橋梁技術史上特筆すべき改正が行なわれようとしていることは、まことにご同慶の至りであるが同時に、これらの改訂が、単に諸外国の資料を参考にするだけではなく、わが国の橋梁技術に裏付けられたものとして完成されることを願って止まない次第である。

## 7. むすび

以上、1~6 にあげた問題点は、すでに述べたように、問題点がある一貫した思想のもとに、順序正しく分類整理したものではない。したがって、その内容とするところは、重複するところもあることと思うが、橋梁設計という立場に立って、よりよい橋梁の建設のために今後の問題点と考えられるものを、書きならべたものである。これらの諸問題をひっくるめ整頓すると、

- ① ランダム現象の確率統計的アプローチ
- ② 安全性、信頼性
- ③ 非線形形状の追求

ということになるかとも考える。

以上、橋梁の設計上の問題点を主として、設計理論の面から追跡して、筆者の考えを述べたが、ここで痛感されることは、これらの諸問題その他は、単に土木工学、橋梁工学といった立場、考え方からだけではなく、広く航空工学、造船工学、建築工学、気象学、地震学といった他分野、またその間の境界領域を含めた総合的思考のうえに立った今後の究明・進展が必要なことである。広く構造工学といった立場での問題の取組み方が重要なことであろう。