

# 標準化と省力化

## 7.1 設計と標準化, 自動化

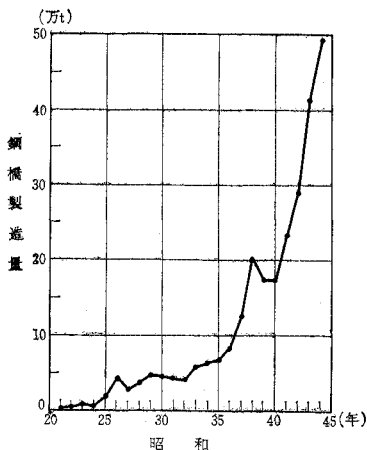
田島 二郎\*

### 1. 設計の量と質

昭和 21 年に 3 749 t であったわが国の鋼橋製造高は、44 年には 49 万 4 554 t にのぼり、ここ 10 年では 7 倍余になったことを示している (図-1)。一方、これに伴う設計関係の人員については、各関係部門のこまかい資料はないが、コンサルタント関係の登録管理技術者はこの 5 年で 1.5 倍強の増加であり (図-2)、メーカー関係の設計技術者の増加は、この 10 年でせいぜい 2~3 倍程度と思われる。

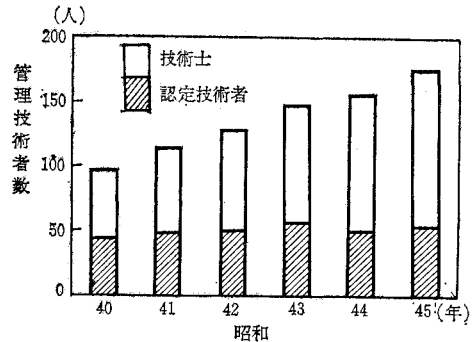
また、設計の内容を考えてみると、20 年前までは鋼材はほとんどが SS 41、部材の組合せは鋼板と山形鋼をリベットで組み合わせたものであったものが、現在普通に選択すべき鋼種としては、SS 41; SM 41 A, B, C; SMA

図-1 鋼橋製造実績  
(通産省の機械統計月報による)



41 A, B, C と数えていけば SM 58 までで 18 種類に及び、さらに 70 キロ、80 キロ鋼の選択まで考えられる場合が生じている。また、接合方法も、SV 34 リベット 1 種類から各種溶接、高力ボルトを考えれば、部材の

図-2 コンサルタントの鋼構造およびコンクリート部門登録管理技術者数  
(建設省計画局建設振興課の資料による)



組立て方は多様になる。溶接構造の発達は、製図上から山形鋼の取合せを考えリベット 1 本 1 本を考えて配置するわずらわしさを取除いたとはいえ、構造選択の自由度を増し、ある応力に耐える部材の構成はリベット時代に比しはなほだしく増し、また、設計細部の巧拙が、製作上、耐久性上大きな影響を与えるようになっている。

橋梁の形式をみれば、プレートガーダー、アーチ類、吊橋などその形式のほとんどはすでに古い時代からのものではあるが、路線条件、地域条件に応じた曲線橋、特殊な形状をもった橋脚等、橋梁全体構造系としての複雑さは、設計に要する手数が従来に比し莫大なものとなっていることは察せられる。このような状況において、この多数の設計を、よりよく、速く、正確に仕上げるための方策が、設計に携わる者に課せられた命題である。

### 2. 鉄道橋の設計 —標準化の歩み—

明治 7 年、初めて錬鉄を用いた鉄道橋構桁がつくられて以来、鉄道橋の歴史は標準化の歩みを進めている。約 20 年間の錬鉄桁時代のプレートガーダーでは、その設計された時代と企業者 (当時は官線のほか民鉄も相当あった) により、作練式、山陽型などと称した径間 20 ft から 70 ft 前後までのものが用いられ、トラスも何連もの同形式のものが使用されていた。

明治 20 年代、鋼桁が用いられるようになると、明治 26 年には 20~80 ft の標準設計がつくられ、その後、明治 35 年、41~2 年、大正 9 年、昭和 5~6 年と標準ブ

\* 正会員 工博 国鉄構造物設計事務所次長

プレートガーダーが設計され、近代の標準設計は昭和 40～41 年の溶接桁にまで至った。

従来のリベット結合時代の標準桁は、鉄道橋の計画、建設に大いに役立ち、標準桁の使用量は古くは全量の半ば以上となっていた。しかし、近年の線路の建設は、高速運転のための路線選定の条件と、すでに開発された地域を通るための制約により、必ずしも標準設計を適用できず、たとえば、大阪一岡山間の山陽新幹線では、総数 242 径間の合成桁において、20, 25, 30 m の標準桁の使用量は、わずか 6%にすぎなかった。

鋼桁でこのように標準設計が部分的な修正もなく、そのまま当てはまる所が少ないのは、最近の鋼桁は設計条件のきびしい所に主として用いられるためであり、長区間にわたる RC ラーメン高架橋、短い道路を渡る PC, RC 桁では、なお標準設計の範囲は数十%に達しているようである。しかし、いずれの場合でも、900 件に近い各種土木構造物の標準設計は計画段階においては、有効な資料であり、また個々の当てはめの場合にも、些少の寸法の変更により適用し、あるいは新設計時の参考として効果を発揮した。しかし、設計示方書の改訂とともに再びつくられなければならないことになった標準設計の方策は、新たに多数の標準設計図集をつくり直すことよりも、標準化によってまとめられた標準設計部分を、いかに速く組み合わせる新たな設計図を、いつでも作成できるような体制をつくることにあると考えられた。ここに設計方式の標準化、自動化が推進されたのである。

### 3. 設計自動化の方向

設計は、計画—設計—施工の流れの中にあり、設計を担当する部門が組織の中のどのような位置にあるかによって受持つ範囲が異なるので、その自動化の具体的な方法にはいろいろ異なった点が生ずる。すなわち、計画から基本設計、詳細設計へ、設計から施工への継ぎ方である。設計の中で、コンピューターによる自動化がまず導入されたのは、構造解析、応力計算の面であり、わが国でも、すでに 10 年余の歴史をもつ。この面での使い方は、線形、桁配置などを計算すること、影響線を求めたり、部材力、断面力の計算、仮定断面の応力度の照査など、設計の各段階において、適宜汎用解析プログラムあるいは単能的専用プログラムが用いられる。使われる計算機も、大型機から卓上電子計算機までに及び、これによる計算速度、解析能力の増加は、次に述べる一貫システムへの方向が進みつつある現在でも、まだ設計自動化の大半を占めるものである。次の段階は、基本諸元を決定してからの詳細部材断面決定までの自動化で、いわゆる自動設計プログラムと称されているものである。

これに対する準備としては、設計頻度が高く、比較的計算量の多い合成桁、PC 桁などがまず取上げられ、プレートガーダー、トラス、RC ラーメン、あるいは RC 橋台、橋脚、基礎工にまで及んできた。このような自動設計は、対象とする構造物の断面・形状の構成方法が全く標準化されていなければ成り立たないもので、いっそうの標準化が進められなければならない。

類似の構造形式が多い鉄道橋では、この自動設計化は比較的進め易いものではあるが、構造細部までを求めることは、プログラムも大きくなり、その適用範囲は普通の年で年間 200 件余行なう鋼桁設計に例をとれば、二、三年でその半数程度をカバーするものが準備できる程度と考えて、作業が進められている。

断面諸元等を決定する自動設計ができたあとの自動化は、自動製図に進む。自動設計のあと人手による製図が続く場合には、計算機により求められる諸元は主要部分のみでよく、細部の寸法は製図者が図面をつくりつつ決めることができる。しかし、自動製図を行なう場合には溶接やリベット・ボルトの位置、部材縁端のおさまり等あらゆる部分まで標準化し、一定の方式により求める必要があるため、その準備としての標準化は、さらにこまかくなるとともに、プログラムはいっそう大きくなる。一例として鉄道橋 I 断面主桁上路プレートガーダーをみると、主要諸元計算の場合約 4000 ステップから、従来の設計図と同様なものを自動製図するまでのものは約 12000 ステップを要している。このように、従来のような設計図面を自動的につくることは、国鉄、建設省および一部民間業者で、標準設計あるいはその類形的なものの設計において実用化に入った。しかし、ここでの問題の一つは、企業者間における構造物の詳細部分までの統一した標準化がなされていないことである。

国鉄構造物設計事務所での設計、あるいは建設省での標準設計図作成等の場合には、その担当部門における一貫した作業により標準化を進めることは、いろいろ手数は要するが、まだ可能である。しかし、各所からの多様な受注に対してそれに応ずる必要のある民間業者での設計では、標準化に対する困難さは、前者のそれに比し莫大なものとなる。ここに、橋梁全体としての標準化の推進が強く望まれるものである。

自動設計に至るための次の問題は、それに適するプログラムシステム、用語の問題であり、また自動図化を行なう場合のハードウェアとの関連である。

しかし、それらについては、ハードウェアに対応する Basic Subroutine、それを用いて図形表示の基本的要素を表現する Function Subroutine、さらにそれから対象構造物の要素としてまとめた Application Subprogram を組み立て、それを用いて図形表示プログラムをつくる

図-3 自動製図機によった図面の一例(鉄道橋下路桁の縦桁)

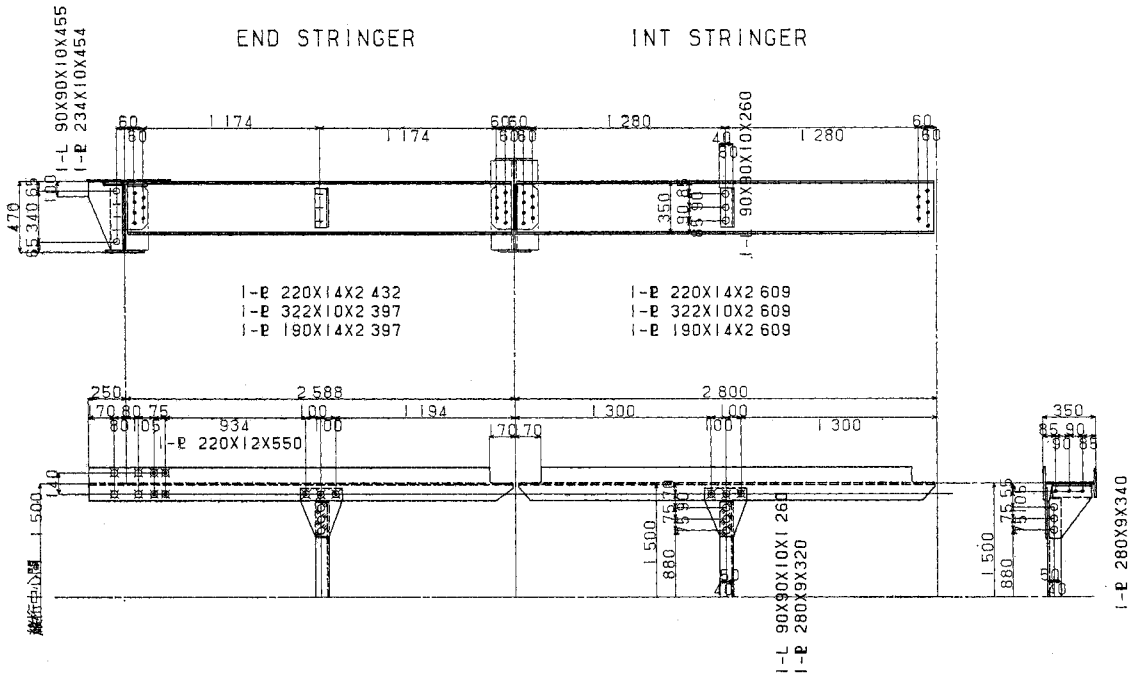
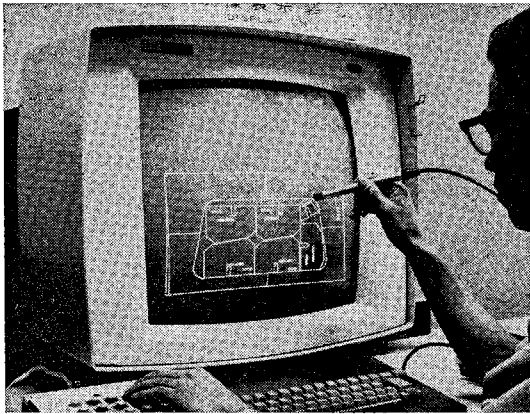


写真-1 自動図化から板取り計画へ  
(日本鋼管(株)提供)



ようなシステムなどが各所で研究開発されつつある。

この開発はここ一、二年急速に進められてきたものであり、使用する機器に応じ、また担当部門の次の動作への連係、図形アウトプットの形式要求に応じて、それぞれくふうがなされつつあり、まだ統一的なものとはなっていない。すでにある標準的な構造物の設計図を強く意識し、現場における鉄筋組立てなどのために詳細な図形表現をとる場合、製造工程における組立てを考えた組立図を主とし、鋼板切断、穴あけ等の詳細は次に続く工作の自動化との結び付きをより多く考える場合、基本設計からできるだけ早く板取り、材料発注、工費積算、工程計画に結びたい場合、発注・製作の現状をなるべく大き

く変えないでできるような設計図の表現をとる場合等、それぞれの目的に応じてプログラムの組立て方針も違ってくる。図-3 は現在の図面表現どおりにつくられた自動製図の例であり、写真-1 は部分的図化から板取り作業に入る試みを示している。

#### 4. おわりに

設計をよりよく、速く、正確に行なうためには、これまで述べたように、その自動化が大きき力となる。しかし、そのためには、設計方式、構造部分の標準化が大切である。また、この標準化は、たとえ自動設計にプログラミングの手数と使用頻度の関係から至らないものに対しても、多大の効果を示すものである。

橋梁計画の面(比較設計)での自動化は、まだそれにとりかかった段階である。応力計算、解析の面での電子計算機の応用は、まず全面的に行なわれていると見てよからう。自動設計製図についても、橋梁全般について標準化の進みとの関連もあるが、さしあたり仕事量の50%に適用できることを目指して進んでゆくであろう。

鋼橋の設計から製作に至る トータル システムの開発も、すでに二、三の発表、実用が示されるに至った。ここ数年の自動化の歩みは、各部門において目ざましいものがあると考えられ、今後も増大するであろう建設の需要に対し答えてゆくものと思う。