

---

委員会報告

**Committee Report**

## 委員会報告

# “鋼構造物設計指針”の背景と展望

## BACKGROUNDS OF “DESIGN CODE FOR STEEL STRUCTURES” AND PROSPECTS OF ITS USE AND DEVELOPMENT

鋼構造委員会 鋼構造物設計指針小委員会

*By Subcommittee on Design Code for Steel Structures, Committee on Steel Structures*

### 1. 小委員会設立の背景と経緯

土木工学分野における鋼構造物の設計は橋梁に関する技術を中心に発達してきており、現在でも橋梁に関する基準（道路橋示方書<sup>1)</sup>、国鉄建造物設計標準<sup>2)</sup>）が、土木鋼構造物の、わが国では最も完成度の高い規範であることは論をまたないであろう。しかしその一方で、水門、水圧鉄管、石油・ガスのホルダー、あるいは原子力発電所の容器や設備などのエネルギー関連施設、海岸・海洋構造物、さらにはアンテナ、鉄塔等の情報通信関連の施設などきわめて多種多様な構造物の設計も、従来から土木技術者の守備範囲となってきた実績がある。近年こうした橋梁以外の構造物の設計に対する需要が相対的に大きくなりつつあり、それに伴って、広い範囲の鋼構造物に適用可能な設計指針の整備を求める要望の声が高まってきた。

古い時代には構造分野の技術者の数が少なく、専門の分化も少なかったため、異種の構造物に対する設計基準も同じ技術者集団によって作られてきた。これらの設計基準では、当然のことながら構造物の性格によらず不変の部分には同じ条項が用いられ、性格によって変わる部分には異なった規定が用いられてきた。構造物によっては使用目的（主要な荷重）や形状が異なるだけでなく、発注者の様態、設計上の安全性確保の考え方、施工・供用環境、求められる（と思われる）耐用年数などにおいて、さまざまな、微妙な相違があると思われる。よく知られている例をとれば、道路橋示方書ではJIS規格の鋼材の降伏点強度に約1.7の安全率を見込んで基本となる許容応力度を定めているのに対し、建築物ではこの安

全率が約1.5となっている。この相違は、荷重の違い、構造形式の違い、発注者の性格の違いなど、さまざまな要因を反映したものであるとして説明されよう。

多くの構造物について、それぞれ独自に設計基準が整備されているが、これらの基準は特定の構造物を対象としている。現在ではそのどれにも当てはまらない構造物の設計をする必要も生じている。これらの基準を部分的に用いようとしても、基準間で相矛盾する条項も多く、困難を伴うことが多い。最も適用範囲の広いのは橋梁の設計基準であろうが、橋梁を対象とすることを前提として発展してきた技術を、そのままの形で他の構造物に適用しようとするには無理がある。他方、すでに日本建築学会では、対象を特定していない、汎用的な鋼構造基準である「鋼構造設計規準」<sup>3)</sup>をはじめとするいくつかの基準類が整備されており、これらの基準と道路橋示方書との間で、条項の選択に技術者が迷うことも少なくないという報告を耳にすることもある。それゆえ、土木学会としても、技術者向けに、ある程度の解説を含んで教科書的性格をも備えた、汎用鋼構造設計指針の整備を早急に進めることが必要であるという認識が生まれ、そこからこの小委員会の活動は出発している。この指針を通して、特定の構造物を対象とする設計基準間の比較を容易にし、異なった技術者集団間の意思の疎通の不足による不必要な条項間の相違を少なくするのに役立つのではないかと考え、小委員会活動の動機の一つである。

構造物によっては、必ずしも設計、施工が土木技術者の手になるとは限らない。土木と建築のいずれの分野に分類されるか判然としないものも多いし、海洋構造物の中でも造船関係の技術者の手になる部分も多い。送電鉄塔の設計は大部分が電気技術者の仕事になっているのが

現状といえる。今後さらに鋼構造設計への要求が多様化し、どの分野の技術者の守備範囲となるかが明確に判定できないものもいろいろと出てくるのが予想される。そうした状況認識に基づけば、多様な設計需要に、柔軟に対応し得るよう、土木技術者の啓蒙を進めるとともに、利用可能な基準を整えて、技術の幅を広げていくことの必要性は明らかである。公共機関以外の主体によって発注される構造物については、他の工学分野との競合関係が予想される。設計技術者に「柔軟性」、「幅」が求められるといった、先に述べたことに加えて、安全性とコストの関係について、これまで以上に厳しい見方が生まれてくることも考えられるので、各種の基準を改めて統一的に見直すという発想もあってよいであろう。

構造物の設計基準を許容応力度法から限界状態設計法に変更するのが世界のすう勢になっている。信頼性理論の発展をもとに、安全性に直接関連する荷重や強度の条項の見なおしも同時に行われている。許容応力度法の書式は、いわゆる限界状態設計法の書式と異なるものの、鋼構造物の基準に限れば、内容的には許容応力度法は限界状態設計法と本質的に変わることはないと考えてよい<sup>4)</sup>。しかし、許容応力度法の書式は、その本質が限界状態設計法と同じであると理解するには必ずしも適切とはいえない。将来の展望を考えると、許容応力度法の書式で書かれている基準を、限界状態設計法の書式で統一的にまとめ直すのも有意義であろうとの考えも、本指針作成の動機の一つである。

当小委員会は、西野文雄東京大学教授を委員長として、昭和59年度より発足、上記の主旨に基づき、汎用的な鋼構造物の設計指針の作成を目標に作業を進めてきた。発足に先立って、土木学会誌58年10、11月号誌上で委員公募を行い、問い合わせに応じて主旨説明を行った。発足時の委員の総数は委員長を含めて44名（うち大学関係者25名、官公庁、電力関係者4名、鉄鋼、重工、橋梁の企業関係者15名）である。審議の進行に伴い、執筆上の必要に応じて委員を追加し、また多少の委員の交代もあり、62年6月現在では委員数58名（大学等33名、官公庁等4名、鉄鋼等21名）となっている。

第1回小委員会（59年4月）の席上、

- ① 土木学会コンクリート標準示方書、建築学会鋼構造設計規準等をモデルに、対象を特定しない汎用鋼構造物設計指針を作成する。
- ② とりえず、骨組構造物の設計を念頭におく。
- ③ 内容的には、既存の基準類との間に矛盾が生じないようにし、条文化されているものの精選、取捨選択から作業を始める。
- ④ ただし、既存の設計基準の枠組みにはこだわらず、目次の構成等には独自の方針を打出す。

⑤ 大学等の研究機関で集積されている成果を、既存の設計基準に先立って条文の形で取り入れるモデルコードとしての機能をもつことも目標とする。

⑥ 大学鋼構造教育の副教材として、利用可能な成果物となることも目標とする。

⑦ 条文作成にあたっては、極力限界状態設計法の書式を用いる。

等の基本方針が定められ、長谷川彰夫東京大学助教授（現在アジア工科大学に出向中）を幹事長とする幹事会が具体的な内容の執筆にあたることとなった。

以後、3年間にわたり、毎年春に行われる構造工学シンポジウムの時期と秋の学会全国大会の時期を利用して、小委員会を開催、都合62年4月時点で7回を数えた。小委員会の間の各半年間に、多いときで6回の幹事会をもつなど、幹事会の開催回数は24回にのぼっている。毎回の小委員会ごとに指針原案を改訂して提出したため、原案は第6次案まで改編されてきた。また、小委員会の時間内、委員の範囲内での検討にとどまらず、59年12月には指針案の枠組みや、内容の改訂の方向に関して委員会内部のアンケート調査を行い、この結果をもとに、60年4月の第3回小委員会以降は、各地区ごとに地区作業班（北海道・東北・中部・関西・九州）を設置、幹事会の原案作成作業に並行して、今後取り入れるべき内容の検討等をそれぞれ独自に進めた。また61年4月の第5回小委員会の後に、その時点での原案（第4次案）を各大学、企業の鋼構造担当者の方々に広く送付、内容に対する意見照会を行った。このほかにも、委員相互の文書による意見のやりとりを随時行い、討議時間の不足に対する補足の一助とした。

3年間の作業の過程で、さまざまな検討の機会をもつことができたが、この結果、当初に定めた方針にも少なからず追加、変更が行われた。その内容の概略は、

②→②' 骨組構造物にとどまらず、より広い範囲の構造物を対象とする。

⑧ 橋梁色を極力薄くする。橋梁では用いられることの少ない材料や接合方法をも利用できるような方向とするが、条文と並んで解説の中での紹介を多く用いる。

⑨ 原則的に国内の基準を精選・取捨選択の対象とする。また第1版の内容には研究成果を盛り込む形での独自の条項作りは原則として行わない。

⑩ 指針案の枠組みの作成にあたっては、計算機利用を前提とした構成に配慮する。

といった形にまとめられる。

62年4月にまとめられた指針の最終原案の目次を表1-1に示す。当初、②の方針により、第1章から11章に該当する部分までを指針の原案としていたが、上記の

表一 各章のタイトル

PART A 一般構造物	
第1章	総 則
第2章	材 料
第3章	荷 重
第4章	構造解析
第5章	材料の強度
第6章	荷重の組合せと安全率
第7章	限界状態の照査
第8章	部材に関する一般事項
第9章	連結に関する一般事項
第10章	骨組構造物に関する一般事項
第11章	薄板構造物に関する一般事項
付録—1	土木鋼構造物の安全性確保について
付録—2	限界状態の照査における 断面力表示と応力表示
PART B 特定構造物	
第12章	複合構造物
第13章	管路および曲面構造物
第14章	ケーブル構造物
第15章	くい・矢板構造物
第16章	海洋構造物
第17章	軽量形鋼構造物

②への変更により、12章以下の部分を追加した。ただし、11章以前と12章以後の構造物とでは、既存の基準の完成度も、一般土木技術者の理解、経験も著しく異なるため、作成方針を違えることとした。PART A、PART Bという分類が行われているのはそのせいである。各章の内容は次節で述べるが、前半のPART Aは力学規定を中心とした、汎用の鋼構造設計基準であり、①で述べた方針とも合致するものである。後半のPART Bは、土木工学分野の中でも比較的限られた分野で行われている設計に対し、一般技術者の理解を助けるための“手引き”としての性格をもつと同時に、各種の構造物に対する基準を集合することによって、基本的な考え方の相違を明らかにしようとするものである。後半の部分については、教科書性格を重んじている半面、必ずしも条項に沿って直接設計ができることには重きをおいていない。また、各種構造物の設計慣行に準拠することを原則としたため、前半部、あるいは後半の他の章との整合性には必ずしも厳密な注意は払わなかった。特に16章の海洋構造物では、現状の設計の大部分が海外の基準に準拠していることから、⑨の原則にかかわらず、国内の基準を用いていない。

最終的に、PART A、PART Bは分冊として刊行することとした。PART A、Bはいずれも一般技術者の参考資料としての便を第一の目的とするものではあるが、特にPART Aは大学鋼構造教育の副読本としての性格をも期待し得るものであり、教材として使用する際の便を考え、後半と分離した。同時にPART Aは、鋼構造

物の限界状態設計法のモデルコードとしてはわが国で公表される最初のものであり、今後道路橋示方書その他の基準類がこうした方向に改訂されることを先取りした教材ともなっている。さらに、この指針は法的な拘束力とは無関係な、土木学会独自の成果物であり、今後学会内部の研究成果を盛り込んだ形で自由に改訂し得る受け皿としての機能も期待できるものであるといえる。この意味で、今後ともモデル・コードとしての性格をもち、他の基準に先立って研究成果を取り入れる形で発展することを期待する。

## 2. 各章の内容と特徴

表一の各章につき、作成方針、作成経過、内容、特徴等を概説する。

### (1) 第1章から第7章まで、および付録

鋼構造一般の設計に適用可能な指針の基本的な部分を盛り込むことを目標とし、原案を作成した<sup>5)</sup>。内容は、道路橋示方書を中心に、内外の設計基準を参考しているが、前述のように、小委員会、幹事会での審議、地区作業班の検討結果、アンケートによる意見照会等を通じて、充実および一般化をはかった。これらの章の範囲では、既存の、許容応力度法で書かれた設計基準の内容を、限界状態設計法の観点から見直し、再構成する形をとっている。鋼構造の場合には、従来の基準の実質的内容は、終局限界状態を考慮した設計法と理解できるため、許容応力度の概念から、限界強度と安全率の概念を分離することにより、限界状態設計法としての表現に変換することがさほど困難を伴わずに実行し得る<sup>4)</sup>。こうした状況は、指針のまえがきにおいても触れている。ここでの安全率は、設計荷重を超える荷重の作用、強度を中心とする設計限界値を下回る限界値の存在に対するものではなく、それ以外の要因に対するものであり、人的過誤のように設計で考慮されない要因に限定して対処する目的のものである。1つの荷重状態、限界状態に対して、安全率が基準によって異なるのは不自然であるという意見もあったが、ここでは特に1つの値となるようには修正せず、許容応力度から分離された値をそのまま用いた。第2版以降で検討すべき課題の1つである。また、個々の条項にその条項解説を追加するという形式だけでは、鋼構造物の安全性確保のために基本的に考慮すべきことがらや、限界状態設計法の長所と短所といった点を理解するうえで限界があると考えられたため、指針の基本理念を明確にすることと、教科書としての使用上の便に配慮して、付録に解説を補足している。以下、内容の概略と特徴を章立てに沿って記述する。

#### 1) 第1章 総 則

鋼構造物一般の設計に適用可能な指針であり、設計思

想が限界状態設計法に基づいていることを適用範囲の箇所に明示したうえで、考慮すべき設計の原則について言及している。さらに、準拠すべき設計基準が存在する場合には、その規定が優先することを喚起する意味で、「関連する基準」に代表的な設計基準類を列挙している。本指針では、SI単位系への単位表示の移行を配慮し、質量と力（たとえばkgとkgf）を明確に区別する方針を採用している。

## 2) 第2章 材 料

まず、条文において、道路橋・鉄道橋・建築物で通常使用される鋼材をJIS規格を参考に記述し、次に、解説において、代表的な鋼構造物において使用されている材料を例示している。ステンレス鋼板やアルミニウム合金にも言及している。

## 3) 第3章 荷 重

本指針対象とする構造物は多岐にわたっているので、考慮すべき荷重を一律に特定することは適切でないとの判断から、設計荷重の決定を責任技術者の裁量に委ねるとともに、代表的な構造物において考慮されている荷重を解説に例示することとした。解説文中では、教科書としての性格にも配慮して、構造物の性格が、支配的な荷重の力学的・統計的性質に大きく依存することや、荷重に対する1つの考え方として、通常の設計荷重としては安全性確保のために、考えられる最大値など、十分大きな値が与えられていることなどについて触れている。

## 4) 第4章 構造解析

構造解析にあたっては、微小変位のはり理論あるいは板殻理論を用いて線形解析を行うことを前提としている。ただし、責任技術者が必要と認める場合には有限変位解析・非弾性解析等の非線形構造解析を行うこととしている。また、電算機を使用して構造解析を行う場合には、構造モデル、計算目的、計算条件、計算手法などの適合性に十分配慮すべきことを解説文中で述べている。さらに、特別な考慮を必要とする非線形構造解析の具体例を列挙している。

## 5) 第5章 材料の強度

本来ならば、「材料固有の強度」のみを提示し、これと正確に計算された荷重効果（たとえば軸圧縮力）との比較によって安全性の照査がなされることが望ましいが、設計者に非線形解析を委ねる繁雑さを避ける意味から、材料強度の側に非線形性の影響を入れて評価している。すなわち、本指針では微小変位のはり理論あるいは板殻理論を用いた線形構造解析をもとに、7章の限界状態の照査が行われることを前提に、対応する強度を適宜適切な形で示している。解説文中では、教科書としての性格にも配慮し、各種の強度の意味とその背景について

述べ、定められた強度が供用期間中における最低保証値であることに触れている。

## 6) 第6章 荷重の組合せと安全率

対象とする構造物によって、考慮すべき荷重の種類とその構造設計が異なることを精神規定として定めている。解説では、代表的な構造物について、荷重の組合せと安全率を例示している。そこでは、終局限界状態を対象とし、板厚が40mm以下の構造用鋼材の降伏点強度に対する許容応力度を参考に、許容応力度の割増し率を安全率に対する低減率と解釈して、各構造物の荷重の組合せと安全率を示している。従来から用いられている基準の内容に変更を加えないことを原則としたために、安全率、組み合わせる荷重の値の大きさに変更を加えていないが、今後の研究の成果を期待する章であり、第2版以降で検討すべき課題の1つである。

## 7) 第7章 限界状態の照査

各基準では、原則として設計で考慮すべき限界状態のすべてを照査する条項を含めているが、考慮すべき限界状態は構造物によって多少異なるため、基準間には照査すべき限界状態に相違がある。本指針では、鋼構造物の設計で照査を要する限界状態として、終局限界状態・使用限界状態・疲労限界状態の3種類が必要であると考え、それぞれの限界状態を明確にしたうえで設計を行うことを原則としている。限界状態の照査式そのものは、道路橋示方書<sup>1)</sup>の規定と本質的に異なる点はない。特徴としては、限界状態を明確に表現するためと設計の幅と選択枝を広げるため、終局限界状態の照査式の限界量の表現に原則として断面力を用いた点が挙げられる。

## 8) 付録—1 土木鋼構造物の安全性確保について

この部分は、PART Aの3章、6章、あるいは7章において触れられている、具体的な数値の決め方、安全率のとり方、限界状態のとらえ方などについての説明の補足となっている。指針としての形式の範囲で解説し得る事項に加え、安全性確保に対する基本的考え方についての利用者の理解を助ける目的で加えた。

「限界状態設計法」という用語にも、「限界状態の定義を明確にして用いる設計法」あるいは「可能なかぎり確率論を用いて行う設計法」など、さまざまな理解があること、限界状態を終局と使用に区別するだけでなく、同じ終局限界状態の中にも、性格を異にするものが多く、指針の中で対比していくことが可能である。確率論の導入とも矛盾しないことを考慮して<sup>4)</sup>、本指針では、従来から採用されてきた所定耐用期間中に作用する最大値、もしくはそれに確率的な意味で相当する荷重、すなわち所定耐用期間中に超過する確率が十分に小さくなるように選んだ値を設計荷重とし、そこに係数をかける必要性を認めなかった。地震や風荷重のように必ずしも超過確

率が十分小さくなる条件を満たしていない荷重も存在するが、これらは経済性をもとに値が決められたものであると判断し、本指針では、このような荷重に対しても従来からの値を設計荷重としている。同様に強度を中心とする限界値としても、従来から採用されてきた値、すなわち非超過確率が十分に小さくなるように選んだ値をそのまま設計に用いる限界値に選んだ。このように荷重の超過、限界値の不足に対する安全性は、荷重の選択、限界値の選択で確保したうえで、これら以外の要因で構造物の安全性に影響する要因があることに配慮して、さらに積極的に「一定の余裕としての安全率」を確保すべきであることを述べている<sup>4)</sup>。

#### 9) 付録—2 限界状態の照査における断面力表示と応力表示

ここは7章の補足事項として位置づけられる。7章における安全率の分離、断面力表示の採用という形式は、限界状態の内容をより忠実に照査式上に表現するという目的に沿ったものであるが、半面で条項の煩雑化が小委員会や意見照会場で指摘されてきた。形式の比較を行うほか、指針の用途（実設計か教科書か）、将来の発展方向、適用対象の別による違い（土木と建築の対比、鋼とコンクリートの対比）等のことまで考察を述べている。

#### (2) 第8章 部材に関する一般事項および第9章 連結に関する一般事項

部材および連結に関する構造細目規定をまとめたものである。内容的には道路橋示方書を基本にしている部分が多いが、指針の用途に鑑み、設計に用い得る自由度が広げられるよう配慮した。板厚制限等を設計者の裁量に委ねるなど、精神規定化（解説で条項を例示）させた部分や、連結で普通ボルト等の使用を認めた部分があり、その他各種基準等から、耐圧部材、応力集中、腐食代、湾曲部材、風による振動を受ける部材といった項目を適宜追加した。8章については、骨組部材のほかに板も加え、鋼管を独立させて、7章の限界状態の配列に合わせた構成とした。

#### (3) 第10章 骨組構造物に関する一般事項

第9章までの規定により設計される部材要素から構成される骨組構造物について、構造全体に対する注意事項を述べた章である。設計対象として想定しているのは、トラス、ラーメン、アーチが中心である。鋼構造物全般を対象とするため、構造形式別の縦割りの記述を改め、各種の項目に分けて、一般論を述べた後に形式別に注意事項を記述するようにした。条文に取り上げた内容は、部材の有効座屈長、2次応力を配慮した断面の構成、骨組構造の特徴と断面力の扱い方、全体座屈の照査、たわみとそり、連結と格点構造、ダイヤフラムなどによる補剛、平面骨組構造解析の前提となる横方向への拘束、支

承や下部構造としての留意点である。またやや特殊になるが、縦長のトラス構造も、建築学会の基準<sup>3)</sup>や電気学会の送電鉄塔の基準<sup>6)</sup>をもとに取り入れた。

#### (4) 第11章 薄板構造物に関する一般事項

プレートガーダー、鋼床版のように力学的な役割分担が明らかな板要素の集合体として全体構造が定義できる構造物を扱った章である。前半の各節で、平板要素に関する力学条項と解析方法について、適用範囲と解析方法全般、無補剛板の限界状態の照査法と平板の具体的な解析手法、有効幅の算出方法、補剛板の限界状態の照査法と補剛法に分けて規定している。後半では、連結部、隅角部、荷重集中点、全体構造に対する一般事項と、薄板構造物全体の設計に関する注意事項を示している。条項部分は本指針のために新たに作成したものと道路橋示方書<sup>1)</sup>に準拠したものとがあり、解説には、国鉄建造物設計標準（土木学会）<sup>2)</sup>、その他から多数引用している。

#### (5) 第12章 複合構造物

ここからPART Bに入る。ここで扱ったのは「合成げた」、「鋼とコンクリートとの合成版」、「鉄骨鉄筋コンクリート構造物」、「鋼管コンクリート構造物」の4種類であり、それぞれ、各構造物ごとの既存の基準・指針類や設計例に準拠しつつ、限界状態設計法としての性格をもたせた条文としている。原則として各節がそれぞれに独立し、完結した内容となるようにし、また、特に橋梁色の強い用語や表現を避けている。「合成げた」については、多くを道路橋示方書<sup>1)</sup>に準拠しながらも、橋梁以外のけたへの利用に配慮した内容とした。「鋼とコンクリートとの合成版」には、参照すべき基準類が未整備なため、道路橋で使用頻度の高い構造の設計例を参考に条項を作成したが、統一された具体的な基準とすることは難しく、精神論・一般論を中心とした。「鉄骨鉄筋コンクリート構造物」でも各種の基準類を参照しているが、最も多く用いたのは本四公団制定の基準<sup>7)</sup>である。「鋼管コンクリート構造物」では、主に建築学会の基準<sup>8)</sup>を参照し、被覆形、充填形、充填被覆形の3種のものについてまとめた。

#### (6) 第13章 管路および曲面構造物

「管路構造物」、「水門扉」、「貯槽」から構成されており、章内における目次構成の統一をはかったが、内容的には各節は独立して、それぞれに完結している。「管路構造物」では、石油パイプライン、水圧鉄管、水管橋を対象とし、露出管・埋設管の場合について、応力算定式を掲げて、座屈・地震時を含む限界状態の照査法を示した。「水門扉」では、主として水門鉄管技術基準<sup>9)</sup>に沿って設計における基本的事項を述べているが、構造解析に関して、留意点の指摘を加えている。「貯槽」では多種多様な容器構造物の中から、地上式低温貯槽および地上式貯油槽

に重点を置いて、特に耐震設計を詳細に述べている。危険物の貯蔵施設については法的規制が厳しいこと、降伏点以外に、引張強さに対しても限界状態照査を行うことなどがこの節の特徴といえよう。この章では各節とも極力説明図を入れて、利用者の理解の一助としている。

#### (7) 第14章 ケーブル構造物

吊橋、斜張橋のような、ある程度確立された分野に限らない、一般形式としてのケーブル構造物を適用範囲として、道路橋示方書<sup>1)</sup>、建築構造ケーブル設計施工指針<sup>10)</sup>、本四公団上部構造設計基準<sup>11)</sup>といった基準類、ならびにいくつかの設計例を基本として構成している。内容の構成は「適用範囲」、「ケーブル部材」、「支持構造部材」、「荷重」、「構造解析」、「限界状態の照査」、「構造設計」と、設計に必要な事項を体系的に網羅したものになっている。個々の条項については広く認められる一般的な設計式として盛り込める程度の、十分な解析がなされていないものも多く（たとえばケーブル部材の疲労特性、ケーブル曲線部や定着部の応力分布や経時効果、ケーブル構造全体の振動特性等）、既往の規定や設計例の解説によって、設計上留意すべき事項を記述していく方針をとった。特に構造設計の節では多くの留意事項を、各基準、設計例の間で矛盾なくまとめた。説明的図表を多くしたのも前章と同様である。原則とする構造解析の特殊性（有限変位弾性解析）、限界状態など、PART A の設計と対比してみるのも興味深いと思われる。

#### (8) 第15章 くい・矢板構造物

鋼を用いた基礎構造として一般性の高い「くい・矢板構造物」を対象とした。この章も、専用基準を用いる前の手引書としての性格を重視し、設計の流れを示すフローチャート、説明的図表を多くするよう努めた。基本となる基準間に多少精粗の差がある場合も、現時点で統合、選択することを避け、併記するのみならず、比較表等を多く用いるようにした。また、限界状態設計法としての性格をもたせるため、断面力表示を採用した。「くいの設計」においては、道路橋示方書の下部構造編<sup>12)</sup>と港湾の施設の技術上の基準<sup>13)</sup>に主として準拠しており、また、「矢板壁の設計」では、自立式、控え式、切梁式の3種を対象として基準類を参照した。この指針の他の構造物と異なり、この章の規定は構造物にかかる荷重の算定に重要な部分が多く、限界状態は比較的単純である。こうした点も比較対照してみることができであろう。

#### (9) 第16章 海洋構造物

土木学会、建築学会の基準の普及があまり進んでおらず、国外のAPI (米)<sup>14)</sup>、DNV (ノルウェー)<sup>15)</sup>の基準による実績が多いため、これらを主として用い、国内の基準は折に触れて紹介するという構成とした。記述の対象としたのは接地式海洋構造物であり、上部構造につい

ては鋼管部材等により構成される骨組、基礎構造についてはくい基礎、重力式基礎である。手引書としての性格を重視して、説明や図表を多く加え、さらに基礎の部分についても詳しく記述したため、この指針中でも最も分量の多い章となった。PART B の他の章と同様、この章だけで独立して海洋構造物の設計の概要が理解できるようになっている。上部構造では水圧に対する設計、波力による疲労、格点部の設計に特徴があり、下部では土質定数の算定に多くの記述を費やしている。また、上部構造ではDNVの「正確率論の限界状態設計法」として知られる方法がかなり一般的となっており、それに準拠した部分も多いが、極力本指針の限界状態設計法の書式に合うよう書直しに配慮した。しかし従来から用いられている許容応力度法とDNVの基準の間には基本的な設計思想に多少の差異があるため、同じ限界状態設計法の書式で書かれているものの、他の章の条項との間に相違がみられる。

#### (10) 第17章 軽量形鋼構造物

PART B の他の章と異なり、構造物を構成する部材について述べているが、これまで比較的土木技術者に馴染みの薄かった軽量形鋼部材についての認識を広める意味で、章を加えた。本来の主旨は、軽量形鋼という薄板部材を用いた構造物において、熱間圧延鋼材を用いる場合と特に異なる点、注意を要する点についての記述を行うことであるが、橋梁床版の埋め殺し型枠として用いられるデッキプレートなどの、軽量形鋼以外の薄板部材にも適用可能なように記述するよう努めた。案の作成にあたっては建築学会の軽量形鋼構造設計施工指針<sup>16)</sup>を参照して幹事会で原案を作成後、各委員に対する意見照会により改善を行った。ねじれや局部変形の影響、せん断遅れの影響等を軸とした内容となっている。

### 3. 今後の課題

第1版の段階では、既存の基準の条項を精選・取捨選択するという基本方針に従ったため、基本的な枠組みの提示以外に、委員会として独自の条項を盛り込むところには至っていない。また参照した複数の基準に、異なった規定が定められているような場合、条文で一般的注意を述べ、あるいは条件の選択を責任技術者の判断に委ねる、といった書き方をしたうえで、解説に各基準の規定を示したところも多い。こうした方針は、第1段階としての成果が著しくバランスを失ったものとならないような配慮によるものである。しかし、こうした活動の場を通じて設計思想の整理をしていくことに対する期待も多く、たとえばPART A の力学条項のところ、独自の理念をもった条文の記述を求める声や、荷重、安全率の規定などで、実際に設計に使用できるよう、具体的な方

向を示すことを求める声などは、小委員会の審議の席でも、アンケート調査の場でも数多くみられた。「実用性」と「教科書性」への要求を両立させることは必ずしも容易ではないものの、これらのさまざまな要求を適切に、かつ実質的に取り入れて、内容を改善させていくためにも、第2版に向けての計画づくりが早急に進められなければならないと思われる。

ここではまず、第1版を作成してみたの各章ごとの反省点、課題となる点等から挙げていくことにする。PART Aは、ある程度は汎用基準としての実用性が必要であるが、条文間の整合性・適用範囲など検討すべき点は多い。用語の定義1つとってみても、橋梁で自明のことが一般論として通用しないことはいくらかでも挙げられる。たとえば「主要部材と二次部材」、「連結、継手、接合、格点（隅角部）」といったことの区別、「部材」の定義など、基準として完備するために必要と思われるのに、判断を下しきれなかったことも多い。このため総則における用語の定義に詳細さが欠けた点もあろう。5章で材料の強度、6章で荷重の組合せと安全率を与える必要から、2章で取り上げた材料の範囲が限定されたことも、利用できる設計の選択枝を広げるという指針の理念からすると不本意なことであった。特殊な材料を取り込むための方策も課題であろう。荷重（の組合せ）、安全率といった問題では、その方面の専門家と鋼部材の専門家が協議するなどして最新の調査・研究の成果を取り込み、対象構造物に応じた考え方を示すことが課題と思われる。構造解析の章では計算機利用の高度化を踏まえて、より複雑な構造解析を設計者に委ねることの可能性が検討されるべきであろう。これは、たとえば10章の骨組構造の、部材の有効座屈長の規定でも検討課題に挙げられた点である。5章の材料の強度、7章の限界状態の照査、以下8、9、10、11の各章は設計者の関心の対象となる主要部分でもあり、研究成果の受け皿という当初の方針を生かす意味でも、次の段階で独自性のある条項案を入れていく必要があるが、特に板の限界状態のとらえ方と設計法、疲労限界状態の照査法等が課題として挙げられる。このほか、リベット継手の扱い、縦長トラスの扱い等も課題となっている。全体的にまだ残る橋梁色を薄めていくのも課題といえよう。

PART Bの各章に移ると、まず12章では、すでに土木学会鋼・コンクリート合成構造小委員会で作成に着手している「鋼・コンクリート合成構造設計のガイドライン」との関係をどのようにしていくかの問題がある。12章独自の問題としては、混合構造物、あるいは、非金属系材料、アルミ合金等の非鉄金属材料を組合せに用いた複合構造など適用範囲を広げていく可能性の検討、その他新しい規定や研究成果の導入、材料ごとの限界状態と

全体の限界状態の関係の明確化、橋梁色、建築色のある表現の一般化などがある。13章でも、研究成果の反映による独自性のある基準の作成が課題だが、今回記述した範囲では、板要素の限界状態の考え方と安全率の関係づけ、限界状態設計の考え方の浸透、有限要素法による構造解析の積極的導入等が指摘できる。また、貯槽の中でサイロに関する記述をいまいし充実させたい。14章でも一般構造物を目標としながら、橋梁色が残り、一般性と具体性に欠ける面が残っている。この章の役割はケーブルを主要な構造要素とする構造物全体の設計法の記述であるが、部材（構造要素）としての個々のケーブルに関する研究がいま以上に一般化して、7章、8章の中に一定の記述が載ることが望ましいであろう。その意味で、章単独としてのみならず、他章にも影響を及ぼすような発展が期待される。15章は、従来鋼構造物としての性格を顧みられることの比較的少なかった基礎構造物を他種のものと同様に並列させたことに意義があると思われるが、今後とも、構造技術者の観点から重点的に研究が進められ、成果を取り入れた指針が作られることが期待される。その際、鋼と比較してはるかにばらつきの大い土質の条件や施工の条件の問題を、設計上どのように扱うか、基準として示す場合の書き方がどうなるか、などの点が今後に残された重要課題と考えられる。16章は他と異なって、海外の基準中心に準拠して進めてきたため、これらの基準に予想されている構造物の使用目的が偏っているのみならず、国内基準と基本的な考え方の相違があり、設計手法、安全率の大きさなどの面で、整合性をとっていく必要がある。土質定数など、日本近海での適用に際し問題となる点は多々ある。基礎の部分では15章に述べたと同様の問題があると考えられる。17章では一応必要事項は網羅したものと考えられるが、記述の独自性、理解を助けるための図表や説明の整備等、改善の余地はまだあるものと考えられる。

本指針作成の第一の意義は、すでに述べたことであるが、既存の設計基準を広い範囲の鋼構造物に適用可能な形にまとめたことである。次いで、従来から用いられてきた許容応力度法による設計基準を、内容の本質を変えずに境界状態設計法の書式に書き変えたことである。この書き換えによって基準の内容が変わることはないが、内容について誤解を受けやすい書式から、内容が理解しやすくなっている。設計基準を境界状態設計法の書式に改めるのが、世界のすう勢となっているが、一般に境界状態設計法の書式に改めることと、条項の内容の変更とが同時に併行して行われることが多く、設計に携わる技術者の間に混乱を生じているのも事実である。設計基準の内容を変更するにあたって、まず現行の基準の内容を正確に理解することが重要であるのは当然のこと



である。近年の設計に対する信頼性理論の成果を取り入れ、限界状態設計法の書式で基準を整備するには、まず現行の書式の内容を変更せず限界状態設計法の書式に改め、ついで条項の内容を改訂する2段階のステップを踏むことが、混乱を避け、基準を改訂する最良の方法ではないかとの考えにより本指針は作成されている。

既存の基準を1つにまとめ、限界状態設計法の書式で統一して書き表わしたことにより、各基準間の考え方の混乱や、異なった鋼構造物に対する設計基準間での考え方の相違が理解されやすくなったものと考えている。今後本指針も含め、鋼構造物の設計基準を限界状態設計法に変更し、内容のより一層の改善をするにあたって、今回の指針がその出発点となるとともに大きな役割を果たすものと期待したい。

今までに蓄積された研究の成果のうち、いまだ設計基準に反映されていないもの、さらには今後の研究成果を、取り入れるに容易な容器を作るのも本指針作成の趣旨である。限界状態設計法の書式で、汎用的な鋼構造物の設計指針を作成できたことは、この趣旨に沿うものと考えている。本指針の第2版には、これらの成果を取り入れ、内容的により充実したものとなることを期待したい。

これらのほかに、全体的な反省点として、記述が十分に練られておらず、理解しにくいところが残っている可能性があること、SI単位系の使用を時期尚早として見送ったことなども併せて述べておく。

今後の展望として考えなければならないことは、本文の最初に述べた委員会設立の主旨に沿った形での第2版を実現するための組織とスケジュールづくりが第一である。同時に、土木鋼構造の設計技術者のおかれている現状と未来——多様化と競争に象徴される——の認識を広めるための地道な啓蒙活動であろう。

謝 辞：本指針をとりまとめるに際し、委員会とし

て公式、非公式に外部の方から多くのご指導、ご助言を頂いた。深甚な謝意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

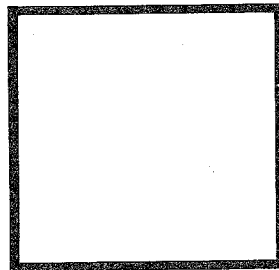
- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編，Ⅱ鋼橋編），1980年2月。
- 2) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1983年4月。
- 3) 日本建築学会：鋼構造設計規準，1973年5月。
- 4) 西野文雄・佐藤尚次・長谷川彰夫：許容応力度法の内容と問題点—限界状態設計法および安全性照査の観点から見て—，橋梁と基礎，Vol.12，No.12およびVol.13，No.1，1983年12月，1984年1月。
- 5) 西野文雄（代表者）：鋼橋および鋼橋部材の非弾性不安定挙動と設計基準に関する研究，文部省科学研究費補助金（総合研究A，課題番号57350028）研究成果報告書，1984年3月。
- 6) 電気学会：送電用支持物設計標準，1983年4月。
- 7) 本州四国連絡橋公団：鉄骨鉄筋コンクリート構造設計指針・同解説，1977年8月。
- 8) 日本建築学会：鋼管コンクリート構造計算規準・同解説，1980年2月。
- 9) 水門鉄管協会：水門鉄管技術基準，1981年11月。
- 10) 日本鋼構造協会：建築構造ケーブル設計施工指針・同解説，JSSC，1983年11月。
- 11) 本州四国連絡橋公団：上部構造設計基準・同解説，1980年6月。
- 12) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編，Ⅳ下部構造編），1980年5月。
- 13) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1979年3月。
- 14) American Petroleum Institute：API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, 15th Ed., 1984.
- 15) Det Norske Veritas：Rule for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures, 1977.
- 16) 日本建築学会：軽量形鋼構造設計施工指針・同解説，1974年10月。

(1987.6.29・受付)

---

投稿論文  
**Paper**

**STRUCTURAL  
ENGINEERING/  
EARTHQUAKE  
ENGINEERING**



**JAPAN  
SOCIETY  
OF  
CIVIL  
ENGINEERS**

**Vol.4, No.2, October 1987**

## AIMS AND SCOPE

STRUCTURAL ENGINEERING/EARTHQUAKE ENGINEERING is a biannual journal of high quality articles in all the fields of engineering mechanics, structural engineering and earthquake engineering. The journal is part of the Proceedings of JSCE\*, the official technical journal of the Japan Society of Civil Engineers, but will be open to all contributors. All inquiries concerning the Journal should be addressed to :

Editorial Committee

Structural Engineering/Earthquake Engineering

Japan Society of Civil Engineers

Yotsuya 1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160 JAPAN

---

\*The Proceedings of JSCE in Structural Division are also published biannually and, in addition to the papers in this STRUCTURAL ENGINEERING/EARTHQUAKE ENGINEERING, contain the papers in Japanese, the translated titles of which are listed at the end of this journal.

## EDITORIAL BOARD

- Y. Fukumoto (Osaka University, Osaka) : Editor-in-Chief
- T. Nishioka (University of Tsukuba, Ibaraki)
- Y. Yoshida (Tokyo Institute of Technology, Tokyo)
- F. Sakai (Kawasaki Heavy Industries, Co, Ltd, Tokyo)
- H. Terada (Yokogawa Bridge works, Ltd, Chiba)
- E. Watanabe (Kyoto University, Kyoto)
- H. Watanabe (Saitama University, Saitama)
- H. Kawakami (Saitama University, Urawa) : Secretary
- K. Konagai (University of Tokyo, Tokyo) : Secretary

## SUBSCRIPTION

Subscription is made as a standing order-yearly renewable basis. Annual subscription price for two issues per volume is US \$ 30.00. Price includes the postage by surface mail. Subscription orders should be addressed to the Editorial Committee given above.

## CITATION FOR REFERENCES

Structural Engineering/Earthquake Engineering, Vol.4, No.2, October 1987, Japan Society of Civil Engineers (Proc. of JSCE No. 386/I-8)(Pages should be referred to the right-bottom of each page including alphabetical s.)

## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- 1) The Editor-in-Chief will be pleased to receive contributions from all parts of the world. Manuscripts for publication should be submitted to the Editorial Committee given above.
- 2) Types of articles desired are original research papers, technical notes, reviews and discussions.
- 3) Language is to be English, and it is required that all submitted manuscripts be written in clear, concise English.
- 4) The maximum length of a paper is 10 pages in the printed appearance.
- 5) Manuscripts should be typewritten, double spaced, 12 words/line, 25 lines/page, and on one side of paper only. The approximate maximum length of manuscripts in this form is 25 pages including tables and figures reduced by 70 % in length. They must be submitted in quadruplicate : the original and 3 copies to facilitate review.

- 6) Abstract of 150 words should be provided on the first page of the paper.
- 7) Illustrations should be drawn in black ink on white paper, and should be numbered in Arabic numerals in order of appearance in the text, where they are referred to as Fig. 1, Fig. 2, etc. . Tables should be typed on separate sheets including legends. They should be numbered in sequence in Arabic numerals, where they are referred to as Table 1, Table 2, etc. . All illustrations and tables must have captions which should be typed on a separate sheet of paper.
- 8) References should be numbered in order of appearance in the text and listed on a separate sheet. Literature references must consist of names and initials of all authors, title of paper referred to, (abbreviated) title of periodical and the volume, year and first and last page numbers of the paper. They can be referred to in the text by superposed numbers.

Structural Engineering/Earthquake Engineering, ISSN 0289-8063 © 1986, Japan Society of Civil Engineers, Yotsuya 1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160. Printed in Japan. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, without the prior written permission from the Society. The Society is not responsible for any statement made or opinion expressed in the Journal.

**Sole distributor**

**MARUZEN CO.,LTD.** EXPORT DEPARTMENT

P. O. Box 5050, Tokyo International 100-31, Japan

Telex : J26517 MARUZEN Cable : MARUYA Tokyo FAX : Tokyo 274-0283

### ORDER FORM

Date: \_\_\_\_\_

Please enter a subscription for:

Standing order from volume \_\_\_\_\_  I enclose the remittance

Only volume \_\_\_\_\_  Please send invoice

Name: \_\_\_\_\_

Affiliation: \_\_\_\_\_

Mailing Address: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(Please type or print)

Please send your order to:

Maruzen Co., Ltd. Export Dept. P. O. Box 5050 Tokyo International 100-31 Japan

Signature \_\_\_\_\_

---

# STRUCTURAL ENGINEERING/EARTHQUAKE ENGINEERING

Vol.4, No.2, October 1987

JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

---

## CONTENTS

• Paper •

- Group Theoretic Description of Bifurcation Behavior of Axisymmetric Regular-Polygonal Truss Domes  
*By Kiyohiro IKEDA and Kunio TORII* 237s
- Group Theoretic Study of Bifurcation Points of Truss Dome Structures  
*By Kiyohiro IKEDA and Kunio TORII* 249s
- Natural Frequency of a Fill Dam by Means of Two Dimensional Truncated Wedge Taking Shear and Bending Moment Effects into Account  
*By Norimitsu KISHI, Sumio G. NOMACHI, Ken-ichi G. MATSUOKA and Tetsukazu KIDA* 259s
- An Inelastic Finite Displacement Formulation of Thin-Walled Members  
*By Akio HASEGAWA, Kithsiri K. LIYANAGE, Masaru NODA and Fumio NISHINO* 269s
- The Theory of Curved, Multi-Cell Box Girder Bridges under Consideration of Cross-Sectional Distortion  
*By Tsuneo USUKI* 277s
- An Analysis of Fatigue Crack Growth from Browholes in Longitudinal Welded Joints  
*By Chitoshi MIKI, Takeshi MORI, Kenji SAKAMOTO and Toshimi SASAKI* 289s
- Elliptic Integral Solutions for Extensional Elastic with Constant Initial Curvature  
*By Yoshiaki GOTO, Tokiharu YAMASHITA and Sei MATSUURA* 299s
- Durability of Composite Girders with Prestressed Precast Concrete Slabs under Moving Vehicle  
*By Hiroshi NAKAI, Hirofumi TAKENAKA and Hiroshi KITA* 311s
- On Minimum Weight Design of Pedestrian Bridges Taking Vibration Serviceability into Consideration  
*By Hiroyuki SUGIMOTO, Yasuo KAJIKAWA and Garret N. VANDERPLAATS* 321s
- Analysis of Sway Bracing Members in Composite-Girder Bridges  
*By Nobutoshi MASUDA, Chitoshi MIKI, Hiroyuki KASHIWAGI and Hiroshi KAIDOH* 331s
- Stress Reduction Factor for Fatigue Assessment of Highway Bridges  
*By Chitoshi MIKI, Toshiyasu TOYOFUKU, Yoji YOSHIMURA and Jun MURAKOSHI* 341s
- Dynamic Failure of Structures with Structural Instability  
*By Akinori NAKAJIMA, Shigeru KURANISHI and Hidehiko ABE* 351s
- Modelling Cyclic Plasticity of Structural Steels  
*By Masaru MINAGAWA, Takeo NISHIWAKI and Nobutoshi MASUDA* 361s
- Fatigue Crack Growth in Highway Bridges  
*By Chitoshi MIKI, Jun MURAKOSHI and Masahiro SAKANO* 371s
- The Effect of Frequency Characteristics and Duration of Input Earthquake Motion on the Energy Response of Structures  
*By Kiyoshi HIRAO, Tsutomu SAWADA, Yoshifumi NARIYUKI and Syuji SASADA* 381s
- Earthquake Source Characteristics Inferred from the Statistically Analyzed Spectra of Strong Motions with Aid of Dynamic Model of Faulting  
*By Makoto KAMIYAMA* 391s
-