

第 1 章 総則

1.1 適用範囲

本指針は、一般的な鋼構造物の設計に適用する。

【解 説】 構造物は、従来より、鋼構造物・コンクリート構造物・木構造物など、主として用いられる材料によって分類されている。本指針においても、慣例に従い、鋼を主たる使用材料とする広い範囲の構造物を適用の対象としている。多くの構造物には、それぞれ独自の設計基準が構造物を設計するために存在しているが、これらの基準は特定の構造物を対象として作成されているため、そのどれにも当てはまらない構造物を設計する場合に困難を伴うことがある。本指針は、このような対象を特定しない一般的な鋼構造物の設計に対する指針を示したものである¹⁾。

本指針が適用の対象としている鋼構造物は多岐にわたっているので、本指針の規定のみでそれらの構造物の設計が可能であるとは限らない。したがって、本指針の適用にあたっては、規定本来の主旨を十分考慮して、柔軟かつ適切な運用がなされなければならない。構造物の用途に応じた特殊な事情のある場合や、設計・施工の精度、供用環境等に関連して特別な配慮が必要な場合には、責任技術者の判断により、あるいは類似の構造物に関する既存の設計基準が存在するときには当該設計基準の思想を考慮した上で、構造物全体に共通した基準に変換し、安全性の確認等が行われねばならない。ここに、類似の構造物とは、構造形式・荷重・使用材料・発注者の性格・設計上の安全性確保の考え方・供用環境・耐用年数などが類似している構造物を指す。

1.1.1 設計の原則

構造設計においては構造物の安全性、使用性、経済性、環境との調和等を考慮するとともに、製作、運搬、現場施工、検査、塗装、維持管理、補修などに注意して設計するものとする。このため、設計にあたっては、強度、変形、安定性、耐久性、施工性、保守、美観、騒音、振動などについて十分検討する必要がある。

【解 説】 本条文は構造設計の際の基本的な考え方と注意事項を示したものである。

1.1.2 設計図書

設計図書の作成にあたっては、類似の構造物に関する設計基準に定めのある場合にはそれに準拠し、ない場合には可能な限り対応する JIS 規格に従うものとする。

【解 説】 1.1.1 で述べた設計の原則を守りつつ設計を行うことは設計の基本であるが、設計に際しては、設計者の意図が製作する技術者や施工に従事する技術者等に十分理解され、設計者の意図にあった構造物が設計されるように配慮しなければならない。通常、設計・製作・施工・補修などの作業における設計者の意図は、製図の規則に従って表示された図面によって伝達される。したがって、図面を作成する立場からも、図面の内容を読みとる立場からも、図面の表示方法はできる限り共通の規則に準拠する必要がある。

本指針では、対象とする構造物によって図面の表示方法が異なる場合を想定し、条文のように定めた。

一般には、JIS Z 8302「製図通則」とJIS A 0101「土木製図」に準拠し、土木学会制定の「土木製図基準」等を参考に図面を作成するのがよい。

JIS規格によれば、共通かつ基本的な事項は、図面の大きさ、投影法、尺度、線の種類・太さ・用法・文字および数字の表示方法、作図の通則、寸法・断面形・部材の相対位置の表示方法などである。

1.1.3 関連する基準

本指針の定めがない事項については、類似の構造物に関する基準類によるものとする。

【解説】 本指針は鋼構造物を設計する場合の共通した基本事項である材料の規格、設計荷重の種類、構造解析の方法、材料の強度、限界状態の照査、構造細目などについて定めたものであり、必ずしも特定の構造物だけを対象としていない。したがって、構造物によっては、関連する基準類に準拠する必要がある。

本指針を作成するにあたって、主として参照した基準は下記のものである。

- (1) 道路橋示方書・同解説 (I 共通編, II 鋼橋編), 1996年12月 (日本道路協会)
- (2) 鉄道構造物等設計標準・同解説, 1992年11月 (鉄道総合技術研究所)
- (3) 鋼構造設計規準, 1973年5月 (日本建築学会)
- (4) 送電用支持物設計標準, 1979年11月 (電気学会)
- (5) 水門鉄管技術基準, 1981年11月 (水門鉄管協会)
- (6) 石油パイプライン技術基準 (案), 1974年3月 (日本道路協会)
- (7) 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 1989年2月 (日本港湾協会)
- (8) LNG地上式貯槽指針, 1981年12月 (日本ガス協会)
- (9) 鋼管矢板基礎設計指針・同解説, 1984年2月 (日本道路協会)
- (10) 開削トンネル指針, 1977年1月 (土木学会)
- (11) 海洋鋼構造物設計指針 (案) 解説, 1973年8月 (土木学会)
- (12) アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針案, 1977年11月 (軽金属協会)
- (13) コンクリート標準示方書 (設計編・施工編), 1991年9月 (土木学会)
- (14) 高力ボルト接合設計施工指針, 1983年7月 (日本建築学会)
- (15) クレーン鋼構造部分の計算基準 (JIS B 8821), 1976年5月 (日本規格協会)
- (16) Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings, 1978年8月 (AISC)
- (17) 鋼構造塑性設計指針, 1975年11月 (日本建築学会)
- (18) 鋼管構造設計施工指針・同解説, 1990年1月 (日本建築学会)
- (19) 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 1987年6月 (日本建築学会)
- (20) 鋼管コンクリート構造計算基準・同解説, 1980年2月 (日本建築学会)
- (21) 水管橋設計基準, 1981年3月 (日本水道鋼管協会)
- (22) 水道施設設計指針・同解説, 1977年5月 (日本水道協会)
- (23) 圧力容器の構造・同解説 (JIS B 8243), 1981年3月 (日本規格協会)
- (24) 鋼製石油貯槽の構造 (全溶接製) (JIS B 8501), 1985年2月 (日本規格協会)
- (25) ケーブル構造設計指針・同解説, 1994年6月 (日本建築学会)
- (26) 建築構造ケーブル設計施工指針・同解説 (JSS IV04), 1983年11月 (日本鋼構造協会)
- (27) 鋼構造架設設計指針, 1978年5月 (土木学会)
- (28) 道路橋示方書・同解説 (I 共通編, III 下部構造編), 1994年2月 (日本道路協会)
- (29) 道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編), 1996年12月 (日本道路協会)
- (30) 道路土工一施工指針, 1986年11月 (日本道路協会)

- (31) 建築基礎構造設計基準・同解説, 1974年11月(日本建築学会)
- (32) 海洋建築物構造設計指針(固定式)・同解説, 1985年4月(日本建築学会)
- (33) Rules for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures, 1989年(DNV)
- (34) API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, 1990年1月(API)
- (35) 軽鋼構造設計施工指針・同解説, 1985年10月(日本建築学会)
- (36) 鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説, 1990年2月(日本建築学会)

1.2 用語の定義

本指針では、次のように用語を定義する。

- (1) 責任技術者に関するもの
 - 1) 責任技術者：鋼構造物の建設に責任を持つ技術者。
- (2) 限界状態に関するもの
 - 2) 限界状態：この限界状態を超えると、構造物または部材が設計された機能を果たさなくなる状態。
 - 3) 終局限界状態：構造物または部材が破壊したり、大変形、大変位等を起こし、機能や安定を失う状態。
 - 4) 使用限界状態：構造物または部材が過度の変形、変位、振動等を起こし、正常な使用ができなくなる状態。
 - 5) 疲労限界状態：構造物または部材が荷重の繰り返し作用により疲労損傷し、機能を失う状態。
- (3) 荷重に関するもの
 - 6) 荷重：構造物または部材に、応力や変形を起こさせるすべての作用。
 - 7) 永久荷重：変動がほとんどないか、変動が持続的成分に比べて無視できるほど小さい、あるいは変動成分が持続的成分に比べてある大きさを持つ場合にもその変動が極めて緩やかな荷重。
 - 8) 変動荷重：変動が頻繁に、あるいは繰り返して継続的に起こり、かつ変動成分が持続的成分に比べて無視できないほど大きい荷重。
 - 9) 主たる変動荷重：終局限界状態の照査に用いる荷重の組み合わせにおいて、その組み合わせの中で最も主要と考えられる一つ、あるいは一組の変動荷重。
 - 10) 従たる変動荷重：終局限界状態の照査に用いる荷重の組み合わせにおいて、主たる変動荷重や偶発荷重と組み合わせて付加的に考慮すべき変動荷重。
 - 11) 偶発荷重：設計耐用期間中にはほとんど作用しないが、作用すれば重大な影響を及ぼす荷重。
- (4) 設計に関するもの
 - 12) 設計耐用期間：設計時において、構造物または部材が、その目的とする機能を十分果たさなければならないと規定した期間。
 - 13) 安全率：所要の安全性を確保するための係数。
 - 14) 設計荷重：設計において基準とする荷重。終局限界状態の照査に用いる設計荷重は、荷重の組み合わせ、荷重のばらつきを想定した上で構造物の施工中及び耐用期間中に生ずると想定される最大または最小荷重の期待値。使用限界状態の照査に用いる設計荷重は、構造物の耐用期間中に比較的しばしば生ずると想定される大きさの最大または最小のもの。疲労限界状態の照査に用いる設計荷重は、構造物の耐用期間中の変動

状況を考慮して定めるもの。

- 15) 設計基準強度：設計において基準とする材料強度。材料強度の下限値で、その非超過確率が目標とする非超過確率に一致するもの。
 - 16) 材料強度の規格値：この指針以外の構造物に関する設計基準またはその他の規定により定められた材料強度の値。
 - 17) 試験法係数：試験方法、供試体の抽出方法、供試体と構造物との材料特性の差異、材料特性の経時変化等を考慮し、材料強度の規格値、保証値を設計材料強度に変換するための係数。
 - 18) 部材強度係数：部材強度の設計値を決めるための係数。部材強度の設計値の非超過確率を目標とする非超過確率を上回らないようにするための係数。
 - 19) 設計断面力（設計応力、設計モーメント）：係数倍（安全率倍）された設計荷重により計算される断面力（応力、モーメント）。
 - 20) 線形解析：材料の応力-ひずみ関係を線形と仮定し、構造物の形状変化による効果を無視する理論による解析方法。
 - 21) 設計断面耐力（設計強度、設計終局モーメント）：部材の強度である断面耐力（強度、終局モーメント）の設計値で、その設計値の非超過確率が目標とする非超過確率を上回らない大きさのもの。
- (5) 部材に関するもの
- 22) 主要部材：この部材の破壊が、構造物全体の安定や機能を失わせたり、構造物全体の破壊に結びつくような部材。
 - 23) 二次部材：主要部材以外の二次的な機能を持つ部材で、この部材の破壊が、構造物全体の安定や機能を失わせたり、構造物全体の破壊に結びつかない部材。

【解説】 本指針で対象としている鋼構造物は多岐にわたっているため、ここでは各章で共通に使用されている用語の定義のみを記述した²⁾。

1.3 記号

本指針で用いた主な記号を以下に列挙する。ただし、一般的な使われ方をされている記号のみを示す。

- A：断面積 (cm²)
- A_c：圧縮フランジの総断面積 (cm²)，あるいは、板厚中心線の囲む面積 (cm²)
- A_g：総断面積 (cm²)
- A_n：純断面積 (cm²)
- A_e：有効断面積 (cm²)
- A_w：腹板の総断面積 (cm²)
- a：板の固定縁間距離 (cm)，あるいは、溶接の有効のど厚 (cm)
- b：圧縮フランジ幅 (cm)，板の固定縁間距離 (cm)，あるいは、自由突出幅 (cm)
- D：部材の外径 (cm)
- d：鋼管の外径 (cm)
- E：ヤング係数 (kgf/cm²)
- E_s：鋼材のヤング係数 (kgf/cm²)
- E_c：コンクリートのヤング係数 (kgf/cm²)
- e：応力方向に測った最小縁端距離 (cm)
- F：材料強度の規格値 (kgf/cm²)
- F_u：鋼材の設計基準強度 (kgf/cm²)

- G : せん断弾性係数 (kgf/cm²)
 g : ボルトの応力直角方向の間隔 (mm)
 h : 高さ (cm)
 I : 断面 2 次モーメント (cm⁴)
 J : サンプナンのねじり定数 (cm⁴)
 K : 有効座屈長係数
 k : 座屈係数
 L : 部材長 (cm)
 l : 部材の有効座屈長 (cm), 圧縮フランジの固定点間距離 (cm), あるいは, 溶接の有効長 (cm)
 M_d : 設計曲げモーメント (kgf · cm)
 M_{bu} : 設計終局曲げモーメント (kgf · cm)
 M_E : 横ねじれ座屈モーメント (kgf · cm)
 M_{eqd} : 設計等価換算曲げモーメント (kgf · cm)
 P_d : 設計軸方向力 (kgf)
 P_{cu} : 設計軸方向圧縮耐力 (kgf)
 P_{cul} : 局部座屈を考慮した設計圧縮耐力 (kgf)
 P_{tu} : 設計軸方向引張耐力 (kgf)
 p : ボルトの応力方向の間隔 (mm)
 Q_c : 局部座屈を考慮するための有効断面積係数
 R : 幅厚比パラメーター
 R_d : 抵抗の設計値
 R_m : 無次元化部材強度の平均値
 r : 部材の断面 2 次半径 (cm), あるいは, 鋼管の半径 (cm)
 S : すみ肉溶接のサイズ (mm)
 S_d : 荷重効果の設計値
 V_d : 設計せん断力 (kgf)
 V_u : 設計せん断耐力 (kgf)
 t : 板厚 (cm)
 W : 弾性断面係数 (cm³)
 Z : 塑性断面係数 (cm³)
 α : 板の縦横寸法比, 初期不整係数
 β : 応力比
 δ : 構造物または部材のたわみ (m), 変位 (cm)
 δ_d : 構造物または部材のたわみの限界値 (m)
 λ : 細長比パラメータ, あるいは, 有効幅 (cm)
 μ : ポアソン比, あるいは, すべり係数
 ν : 安全率
 σ_{cd} : 設計圧縮応力度 (kgf/cm²)
 σ_{cul} : 設計局部座屈強度 (kgf/cm²)
 σ_{td} : 設計引張応力度 (kgf/cm²)
 σ_{md} : 設計曲げ応力度 (kgf/cm²)
 τ_d : 設計せん断応力度 (kgf/cm²)
 τ_u : 設計せん断強度 (kgf/cm²)
 ϕ : 部材強度係数
 ϕ_t : 試験法係数
 ψ : 応力勾配

ω : そり関数 (cm^2)

【解 説】 土木学会では、単位表示は国際単位系を基本とし従来単位系をかつこ書き併記することになっている。これは、国際的統一方針のもとに、単位表示が国際単位系 (SI 単位系) に移行する状況に対応するためのものである。本指針においても、これにならって、質量と力を明確に区別する方針をとっている。すなわち、質量には kg を用い、力の意味で用いている荷重・重量などの重量キログラムの場合には kgf を、応力の場合には kgf/cm^2 の表示を採用している。

1.4 設計の基本

- (1) 設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間と環境条件および構造物の耐久性能を考慮して定めることを原則とする。
- (2) 設計においては、考えられるすべての限界状態について安全性の照査を行うものとする。ここに、照査する限界状態は、終局限界状態、使用限界状態、疲労限界状態に区分するものとする。
- (3) 限界状態に対する照査は、原則として、設計材料強度と設計荷重ならびに安全率を用いて行うものとする。

【解 説】 (3) について^{2),3),4),5)}

ここでは、簡単のため、同一材料よりなる部材に荷重が作用している場合を例にとり、静的強度に関する終局限界状態について説明を行う。構造物の設計法の歴史を振り返るまでもなく、構造物の安全性の照査は、最大値と想定される荷重に対する荷重効果 S (断面力あるいは応力) と確率的に見て十分安全と思われる抵抗値 R (断面力あるいは応力) とを比較して、

$$S \leq R \quad (\text{解1.1})$$

が成り立つように行うことが自然であり、合理的である。すなわち、十分大きな荷重に対する荷重効果 S と十分小さな抵抗値 R とを比較して安全性を確保しようという考え方である。

しかしながら、確率統計の理論に基づいて荷重効果 S や抵抗値 R を十分安全側にとったとしても、設計から施工に至るまでのあらゆる段階における未知の要因を S や R の中に含ませることはできず、無知係数とも呼べるような安全率 ν ($\nu \geq 1$) を考えることの必然性が多くの事故例を教訓に提案された。そして、式 (解1.1) の安全性照査式をさらに安全側に持ってゆくため、 S と R との間に一定の比で表される安全率を確保するという表現

$$S \leq \frac{R}{\nu} \quad (\text{応力で示せば、}\sigma \leq \sigma_a = \sigma_u / \nu : \sigma_u = \text{材料強度の保証値}) \quad (\text{解1.2})$$

がナビエによって提案された。その後材料の進歩と相まって、長い間式 (解1.2) が許容応力度設計法の照査式として使われてきた。

鋼構造物設計指針第1版では、限界状態設計法のフォーマットが明確になるように、許容応力度設計法において抵抗値の側に含まれていた安全率 ν を抵抗値から独立させ、式 (解1.2) を変形し、

$$\nu \frac{\sum S(F_d)}{R(f_d)} \leq 1 \quad (\text{解1.3})$$

の形の限界状態照査式を作成した⁵⁾。ここに、 F_d ：設計荷重， f_d ：材料強度の保証値， S ：荷重効果， R ：抵抗値， ν ：安全率である。式（解1.3）が土木学会基準である鋼構造物の限界状態設計法の照査式の基本形であり，この限界状態設計法の照査式が現行の許容応力度設計法によるものと等価であることは周知の通りである¹⁾。

一方，土木学会が作成したコンクリート構造物の限界状態設計法では，

$$\gamma_i \frac{\Sigma \gamma_a S(\gamma_f F_k)}{1/\gamma_b R(f_k/\gamma_m)} \leq 1 \quad (\text{解1.4})$$

の形の安全性照査式が用いられている²⁾。ここに， F_k ：荷重の特性値， f_k ：材料強度の特性値， S ：荷重効果（断面力）， R ：抵抗値（断面耐力）， γ_f ：荷重係数， γ_a ：構造解析係数， γ_m ：材料係数， γ_b ：部材係数， γ_i ：構造物係数である。この式はISOの国際規準に準拠したものであり，式（解1.3）に見られる安全率 ν を5つの係数に割り振り，技術の進歩にあわせて安全性を確保するための係数を変更しやすくした点に特徴がある。

式（解1.3）と式（解1.4）を比較すると本質的な差異はなく，不確定要因について，どちらがきめ細かく対応できるフォーマットであるかという点だけである。つまり，歴史的背景を考慮すれば，式（解1.2），（解1.3）ともに，荷重効果の設計値 S_d と抵抗の設計値 R_d を比べて（安全性を照査するとき用いる値を設計値と呼ぶ），

$$S_d \leq R_d \quad (\text{解1.5a})$$

あるいは

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (\text{解1.5b})$$

が成立すれば，安全性の確保ができていると考えていることに他ならない。設計値として S_d と R_d をどのように決めるかという点が変わっているだけである。たとえば，鋼構造物とコンクリート構造物の限界状態設計法の学会基準である式（解1.3）と式（解1.4）はそれぞれ，鋼構造物については，

$$S_d = \Sigma \nu S(F_d) \quad , \quad R_d = R(f_d) \quad (\text{解1.6a})$$

とおき，コンクリート構造物については，

$$S_d = \Sigma \gamma_i \gamma_a S(\gamma_f F_k) \quad , \quad R_d = \frac{1}{\gamma_b R(\frac{f_k}{\gamma_m})} \quad (\text{解1.6b})$$

とおけば，見かけ上，式（解1.5）の形で表現できる。荷重効果と抵抗のそれぞれの設計値をどのように定め，安全率をどのように評価するかが設計フォーマットの違いによって現れているのである。

そこで鋼構造物設計指針第2版では抵抗値に関する最新の成果を取り入れ，鋼構造終局強度研究小委員会の成果³⁾を積極的に利用することを前提に，抵抗の設計値 R_d を

$$R_d = \phi r R_u \quad (\text{解1.7})$$

と表す。ここに、 r ：無次元化部材強度の平均値、 R_d ：抵抗値の下限値、 ϕ ：部材強度係数である。すなわち、1より小さい部材強度係数 ϕ を導入して、抵抗の設計値の確率的扱いを容易にする。ここに、部材強度係数を $\phi \leq 1$ とした理由は、低めの（小さな）抵抗値を取っているという意味を明確に表現するためである。

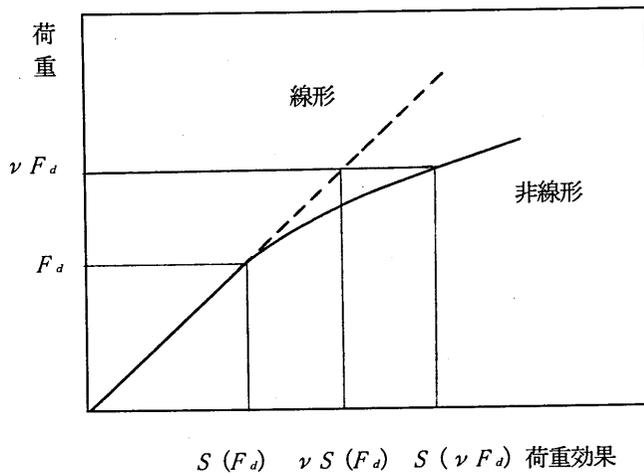
さらに、安全率を荷重効果の側に持ってゆき、荷重効果の設計値 S_d を

$$S_d = \Sigma \nu S(F_d) \quad (\text{解1.8})$$

と表すことにする。ここに、 F_d ：設計荷重、 S ：荷重効果、 ν ：安全率である。線形構造解析を前提とするときには、設計値は式（解1.8）で問題なく処理でき、安全率の意味が設計フォーマット上もはつきりするのであるが、非線形構造解析を利用する場合には、解説図1.1から明らかなように、荷重効果 S は ν 倍された設計荷重 F_d に対して計算された値の方が大きくなり、前述したように安全率の持つ役割が荷重効果と抵抗値との間に一定の比率の安全性を確保させることであることに注意すれば、

$$S_d = S(\nu F_d) \quad (\text{解1.9})$$

とした方が妥当な荷重効果の設計値を与えるので、設計荷重ベクトル F_d を安全率倍（ ν 倍）した値に対して荷重効果を計算することが合理的である。もちろん線形構造解析の場合には式（解1.8）と式（解1.9）は同じになるので式（解1.9）は式（解1.8）を含むことになる。



解説図1.1 荷重と荷重効果の関係

以上をまとめれば荷重効果が一つの場合、安全性照査の基本式は

$$S_d \leq R_d \quad (\text{解1.10a})$$

あるいは

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (\text{解1.10b})$$

とかける。ここに、

$$R_d = \phi r R_u \quad \text{あるいは,} \quad R_d = R_u \quad (\text{解1.11a})$$

$$S_d = S(\nu \mathbf{F}_d) \quad (\text{解1.11b})$$

である。ここに、 r ：無次元化部材強度の平均値、 R_u ：抵抗値の下限值、 ϕ ：部材強度係数（1以下の数値となる）、 \mathbf{F}_d ：設計荷重ベクトル、 ν ：安全率、 S ：荷重効果（断面力、応力など）である。

一般的な荷重状態を考えると、荷重効果（たとえば、断面力）が一つの力やモーメントで表されることは少なく、いくつかの断面力が構造部材に生じることが想定される。この場合には荷重効果とそれに対応する抵抗値の次元を合わせなければならず、式（解1.10a）では、整合性がとれなくなることがあり得るので、このときには式（解1.10b）の形を採用することが適切である。すなわち、複数の荷重効果（断面力）が生じるときには、

$$\sum_{i=1}^n \frac{S_{di}}{R_{di}} \leq 1 \quad (\text{解1.12})$$

と拡張するのがよい。この式は、それぞれの項が単独に存在するときも安全性の確保が保証され（ $S_{di}/R_{di} \leq 1$ を指す）、式（解1.9b）を含んでいる点で一般性を有している。また、このときには荷重効果および抵抗値の設計値は、それぞれ複数の材料の関数となることに注意されたい。なお、具体的な限界状態の照査式については、6章を参照されたい。

参考文献

- 1) 土木学会鋼構造設計指針小委員会：鋼構造設計指針，PART A 一般構造物，土木学会，1987年11月。
- 2) 土木学会鋼・コンクリート共通構造設計基準小委員会：鋼構造とコンクリート構造の限界状態設計法に関する共通の原則，土木学会論文集，No.450/I-20, pp.13-20, 1992年7月。
- 3) 土木学会鋼構造終局強度研究小委員会：鋼構造物の終局強度と設計，土木学会，1994年7月。
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，丸善，1992年10月。
- 5) 西野文雄・佐藤尚次・長谷川彰夫：限界状態設計法に対する一解釈，橋梁と基礎，Vol.23, No.3, 1989年3月。