

【委員会報告】

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

GENERAL PRINCIPLES FOR THE LIMIT STATE DESIGN OF STEEL AND CONCRETE STRUCTURES

鋼・コンクリート共通構造設計基準小委員会

Subcommittee on Common Design Code on Steel and Concrete Structures, JSCE

土木構造物の設計基準類を許容応力度設計法から限界状態設計法に移行させることが世界の趨勢であり、土木学会からもコンクリート構造の分野で「コンクリート標準示方書」¹⁾、鋼構造の分野で「鋼構造物設計指針」²⁾がそれぞれ限界状態設計法の書式で作成されている。設計に用いる荷重や材料強度などの基本的な事項は土木構造物を対象とする限り共通なはずであるが、鋼構造とコンクリート構造の設計基準に見られる条項には若干の差異が存在している。

このような状況に鑑み、土木学会構造工学委員会に設置された鋼・コンクリート共通構造設計基準小委員会（委員長：尾坂芳夫東北大学教授）では、昭和63年4月より調査研究活動を開始し、鋼構造とコンクリート構造の設計基準の基本事項の整合性を計ることと共通のコードの枠組みを作成することを目的に活動を行ってきた。

標記委員会では、鋼構造とコンクリート構造の分野を代表する委員の活発な討議を経て、平成元年10月の土木学会全国大会において「鋼・コンクリート共通コード作成の問題点」をテーマに研究討論会を開催し、共通設計指針の枠組みと基本事項に関して共通の理解を得た。しかしながら、共通コードとして公表するには設計荷重や安全係数の決定にあたっての考え方に若干整合していないところがみられたため、小委員会及び幹事会においてさらに慎重な審議を重ね、共通設計指針の枠組みの完成を目指した。その結果、鋼構造の分野とコンクリート構造の分野の委員の間で、共通設計指針の骨子について合意が得られたので、成果を共通設計指針（案）として公表することを現在計画している。

本報告では、近く公表を予定している鋼構造とコンクリート構造の共通設計指針（案）の一般原則について述べる。

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

1. ま え が き

本共通原則は、鋼材、コンクリートおよびその組合せによる構造物の限界状態設計にあたっての共通の基礎を定めている。本共通原則が適用の対象としている構造物は多岐にわたっているので、その適用にあたっては、原則本来の趣旨を十分考慮して、柔軟かつ適切な運用がなされなければならない。したがって、特定の構造物の設計に、本共通原則を適用する場合には、設計思想・構造モデル・設計荷重・使用材料・安全性確保の考え方・供用環境・耐用年数などの全体的な調和に注意し、修正することも必要となろう。

2. 適用の範囲

本共通原則は、鋼構造とコンクリート構造物、構造物を構成する構造部材、基礎の設計に適用することができる。

一般に、本共通原則は、構造物の維持、補修において、既存の構造物の限界状態に対する照査や再設計にも適用することができる。

3. 用語の定義

本共通原則では、次のように用語を定義する。

限界状態——この限界を超えると、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。

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。

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。

<p>疲労限界状態——構造物または部材が荷重の繰返し作用により疲労損傷し、機能を失う状態。</p> <p>設計基礎変数——設計変数のうち、設計計算においてそれ以上分解して考えることのない変数、荷重・材料特性・幾何学的パラメータなど。</p> <p>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。</p> <p>永久荷重——変動がほとんどないか、変動成分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ゆるやかな荷重。</p> <p>変動荷重——変動が頻繁にあるいは継続的に起こり、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。</p> <p>主たる変動荷重——終局限界状態の照査に用いる荷重の組合せにおいて、その組合せの中で最も主要と考えられる1つ、あるいは1組の変動荷重。</p> <p>従たる変動荷重——終局限界状態の照査に用いる荷重の組合せにおいて、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。</p> <p>偶発荷重——耐用期間中に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。</p> <p>荷重の特性値——終局限界状態の照査に用いる荷重の特性値は、荷重のばらつきを想定したうえで構造物の施工中および耐用期間中に生ず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荷重の特性値は、構造物の耐用期間中に比較的しばしば生ずる大きさのもの。 疲労限界状態の照査に用いる荷重の特性値は、構造物の耐用期間中の変動状況を考慮して定めるもの。</p> <p>荷重の規格値——荷重の特性値とは別に、示方書またはその他の規程等に定められた荷重の値。</p> <p>荷重の公称値——荷重の特性値とは別に、慣用的に用いられている荷重の値。</p> <p>荷重修正係数——荷重の規格値あるいは公称値を特性値に変換するための係数。</p>	<p>荷重係数——荷重の特性値からの望ましくない方向への変動、荷重の算出方法の不確実性、荷重特性が限界状態に及ぼす影響、環境作用の変化等を考慮するための安全係数。</p> <p>設計荷重——荷重の特性値に荷重係数を乗じた値</p> <p>構造解析係数——断面力等算定時の構造解析の不確実性、構造物のモデル化の信頼性等を考慮するための安全係数。</p> <p>設計断面力——設計荷重により生じる断面力に構造解析係数を乗じた値。</p> <p>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。</p> <p>材料強度の特性値——定められた材料強度試験法による試験値のばらつきを想定した上で、試験値がそれを下回る確率がある一定の小さな値以下となることが保証された材料強度の値、またはこれと同等の値。</p> <p>材料強度の規格値——材料強度の特性値とは別に、示方書またはその他の規定等に定められた材料強度の値。</p> <p>材料修正係数——材料強度の規格値を特性値に変換するための係数。</p> <p>材料係数——材料強度の特性値からの望ましくない方向への変動、供試体と構造物中との材料特性の差異、材料特性が限界状態に及ぼす影響、材料特性の経時変化等を考慮するための安全係数。</p> <p>設計材料強度——材料強度の特性値を材料係数で除した値。</p> <p>部材係数——部材耐力の算定上の不確実性、部材寸法のばらつきの影響、部材の重要度（対象とする部材が限界状態に達したときに構造物全体におよぼす影響）等を考慮するための安全係数。</p> <p>断面耐力——設計材料強度から求められる断面の耐力。</p> <p>設計断面耐力——設計材料強度を用いて算定した部材の断面耐力を部材係数で除した値。</p> <p>構造物係数——構造物の重要度、限界状態に達したときの社会的・経済的影響等を考慮するための安全係数。</p>
--	---

4. 設計の基本

(1) 設計の目的

構造物は、その使用目的に適合し、安全でかつ経済的でなければならない。このためには、構造物または部材が施工期間中ならびに供用期間中に作用する荷重に対して適切な安全性をもち、供用時に十分な機能を発揮するように設計しなければならない。また、十分な耐久性をもつとともに、環境によく適合することにも留意しなければならない。

(2) 設計耐用期間

構造物の設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間、環境条件および構造物の耐久性能を考慮して定めるものとする。

(3) 設計の前提

設計は、工場、現場等において常に適切な管理下で施工が行われることを前提とする。

5. 限界状態設計の原則

(1) 限界状態

構造物または構造物の一部（部材）が、限界状態と呼ばれる状態に達すると供用に適さなくなり、場合によっては破壊が生じたり安定を失うことがある。この状態では、構造物はその機能を果たさなくなり、設計の目的が満たされなくなる。したがって、設計では、構造物または構造物の一部がその機能を果たさなくなり、設計の目的を満足しなくなるすべての限界状態について検討することになる。

検討すべき限界状態はいくつか考えられるが、検討方法の相違に基づいて、終局限界状態、使用限界状態および疲労限界状態の3つに区分できる。

終局限界状態は、最大耐荷能力に対する限界状態であり、表-5.1に示すような例が考えられる。

使用限界状態は、通常の使用または耐久性に関連する限界状態であり、表-5.2に示すような例が考えられる。

疲労限界状態は、繰返し荷重により疲労破壊を生じる状態である。

(2) 設計の原則

設計では、すべての適切な限界状態を考慮しなければならない。一般に、限界状態は、適切な設計変数を用いて、計算式の形で表現される。設計計算は、限界状態に達する確率がある値以下にとどめることを目的としている。しかし、その確率は必ずしも一定値ではない。荷重・構造物の応答・使用材料・構造物の重要度・供用環境・限界状態等に応じて異なる。限界状態に達した後の構造物の挙動が一定でないこと、経済性がその理由である。

しかしながら、すべての限界状態が設計計算のみによって検討されるわけではない。経済性をそこなうこと

表-5.1 終局限界状態の例

終局限界状態の例	内 容
断面破壊の終局限界状態	構造物の部材の断面が破壊を生ずる状態
剛体安定の終局限界状態	構造物の全体または一部が、一つの剛体の構造物として転倒その他により安定を失う状態
全体安定の終局限界状態	全体座屈等により構造系全体が安定を失う状態
メカニズムの終局限界状態	不静定構造物がメカニズムへ移行する状態

表-5.2 使用限界状態の例

使用限界状態の例	内 容
変形の使用限界状態	変形が構造物の正常な使用状態に対して過大となる状態
変位の使用限界状態	安定、平衡を失うまでには至らないが、正常な状態で使用するには変位が過大となる状態
ひびわれの使用限界状態	ひびわれにより美観を害するか、耐久性または水密性や気密性を損ねるかとする状態
損傷の使用限界状態	構造物に各種の原因による損傷が生じ、そのまま使用するのが不適當となる状態
振動の使用限界状態	振動が過大となり、正常な状態で使用できないか、不安の念を抱かせるかとする状態
有害振動発生の使用限界状態	周辺構造物に有害振動を伝播し、不快感を抱かせる状態

なく、安全性が確保されるときには、構造細則の規定によって限界状態に対する要求を満たすことができる。化学的变化や生物的变化の構造物に及ぼす影響については設計計算とは関係が少なく、別の形で規定されるべき一つの例である。

6. 設計変数

(1) 一般

一般に考慮すべき限界状態を表現する計算式は、設計変数によって表現される。設計変数は、数量化できる物理量であり、その多くはランダム変数と考えられる。設計変数のうち、基本的な変数は、荷重・材料および土の特性・幾何学的パラメータである。

特定の構造物においては、環境条件も設計変数に含めて考えることがある。

(2) 荷 重

a) 荷重の定義

構造物または構造物の一部（部材）に、応力や変形を起こさせるすべての作用を荷重と定義する。これは、荷重が下記のように直接荷重と間接荷重に区分されることに起因している。

直接荷重：構造物に作用する集中荷重あるいは分布荷重の集合

間接荷重：構造物における強制変形の原因となる作用

荷重には鉛直方向に作用するものもあれば、水平方向に作用するものもある。その作用位置、作用荷重の数も変化し、単独に作用する荷重はきわめて少ない。

それらはしばしば、ある程度統計的に従属している。設計では、設計計算を単純化するため、従来から互いに相関の大きな荷重は従属性の大きい荷重として一つの荷重とみなし、相関が低い荷重は独立とみなして取り扱われており、特に問題は生じていない。

b) 荷重の分類

荷重は、作用する頻度、持続性および変動の程度によって、一般に永久荷重、変動荷重、偶発荷重に分類される。

- (1) 永久荷重：その変動がきわめてまれか、平均値に比して無視できるほどに小さく、持続的に作用する荷重、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、その変動が極めてゆるやかな荷重であり、死荷重・プレストレスト力等がある。コンクリートの乾燥収縮およびクリープ・鋼材のリラクゼーション等の影響も永久荷重と同様に扱える。
- (2) 変動荷重：変動が頻繁あるいは継続的に起こり、平均値に比して変動が無視できない荷重であり、活荷重・温度変化の影響・風荷重・雪荷重等がある。
- (3) 偶発荷重：設計耐用期間中に作用する頻度がきわめて小さく、その継続時間も短い。作用するとその影響が非常に大きい荷重であり、地震の影響・暴風時の風荷重・衝突荷重等がある。

構造物の設計では、これらの荷重を、限界状態と検討事項に応じて、適切な組合せのもとに考慮しなければならない。

(3) 材料および土の特性

材料の特性およびそのバラツキを考慮した特性値は、JIS等で定められた試験、既に認められた方法で実施された試験結果または調査結果に基づいた現場計測のいずれかにより決定される。JIS等で規格値が定められている場合は、その値を特性値に、定められていない場合には試験値がその値を下回る確率がある一定の小さな値となる値を特性値とする。

(4) 幾何学的パラメータ

幾何学的パラメータとは、構造物・部材・断面の形状、大きさおよび全体配置等を指す。幾何学的パラメータの平均値からの偏差が、構造物の挙動と耐荷能力に大きな影響を及ぼすときには、これらのパラメータはバラツキを持つ、ランダム変数と考えなければならない。しかしながら、通常幾何学的パラメータのバラツキは、荷重や

材料特性のバラツキに比べて小さいと考えられ、設計においては定められた値として扱われる。

7. 構造解析・設計計算

(1) 一般

設計過程における計算は、荷重効果(力やモーメントのような断面力)を求める構造解析と限界状態(部材の抵抗値である断面耐力)を求める計算とから成る。構造物の全体座屈の検討では、設計手法によっては、構造解析と耐力算定計算との区別ができなくなる場合があり得る。

(2) 設計計算

構造解析においては、構造物の形状、支持条件、荷重条件、考慮すべき限界状態に応じて、適切な解析モデルを設定するものとする。

終局限界状態を検討するための断面力等の算定には、一般に線形解析が用いられるが、使用する材料と構造物の応答によっては、幾何学的非線形解析、材料的非線形解析、塑性理論等が適用される。ただし、線形解析以外の方法を用いる場合には、その解析方法の妥当性を確かめなければならない。

使用限界状態の検討に用いる断面力等の算定には、線形解析を用いてよい。

疲労限界状態の検討に用いる断面力等の算定は、線形解析に基づくことを原則とする。

(3) 設計計算書

設計計算書には、構造物または部材の安全性・使用性等を検討した計算の仮定条件と結果を明示しなければならない。また、設計計算は、最終段階で有効数字3桁が得られるように行うことを原則とする。

8. 安全係数による設計

(1) 一般

安全係数による設計法は、設計変数に割り当てられた安全係数を用いて、設計の不確実性を考慮する設計法である。

限界状態の検討の過程で、設計基礎変数(荷重・材料特性・幾何学的パラメータ)に割り当てられた値を特性値と呼ぶ。

a) 荷重と材料強度の設計値

(1) 設計荷重 F_d

設計荷重 F_d は、荷重の特性値 F_k に荷重係数 γ_f を乗じた値で表わされる。

$$F_d = \gamma_f F_k$$

ここに、荷重 γ_f は、荷重の特性値からの望ましくない方向への変動、荷重の算出方法の不確実性、荷重特性が限界状態に及ぼす影響、環境条件の変化等を考慮して定

めるものとする。荷重に関して、特性値とは別の体系の規格値または公称値が定まっている場合には、それらの特性値は、規格値または公称値に修正係数を乗じた値で表わされる。荷重の特性値と荷重係数の具体的数値は、8.(2) に述べられている。

(2) 設計材料強度 f_d

設計材料強度 f_d は、材料強度の特性値 f_k を材料係数 γ_m で除した値で表わされる。

$$f_d = f_k / \gamma_m$$

ここに、材料係数 γ_m は、材料強度の特性値からの望ましくない方向への変動、供試体と実構造物中との材料特性の差異、材料特性が限界状態に及ぼす影響、材料特性の経時変化等を考慮して定めるものとする。材料強度に関して、特性値とは別に規格値が定まっている場合は、それらの特性値は、規格値を修正係数で除した値で表わされる。材料強度の特性値と材料係数の具体的数値は、8.(3) に述べられている。

b) 断面力と断面耐力の設計値

(1) 構造解析 S と設計断面力 S_d

断面力を求める構造解析は、適切な解析モデルを用いて、正しいことが確かめられた方法で行うものとする。断面力を算定する関数 S としては、荷重および部材の剛性を期待値としたときに、断面力の期待値を算定する関数を選ぶものとする。このとき、設計断面力 S_d は、構造物の施工中および設計耐用期間中に発生すると想定される荷重の組合せのうち、構造物および各部材に不利な影響を与える荷重組合せについて、各設計荷重 F_d をもとに構造解析によって算出された断面力 $S(F_d)$ に、構造解析係数 γ_a を乗じ、それらを加え合わせたものとする。

$$S_d = \sum \gamma_a S(F_d)$$

ここに、構造解析係数 γ_a は、構造解析の不確実性、構造物のモデル化の信頼性等を考慮して定めるものとする。ここでいう不確実性とは、主として構造解析に用いられる仮定の妥当性、構造解析に用いる構造形状に関連する諸係数の誤差に起因するものである。したがって、構造解析に用いられる仮定が妥当であり、必要に応じて諸誤差の影響が何らかの方法、あるいは限界状態の評価で考慮されており、構造物が十分に安全であることが経験的に分かっている場合には、 γ_a を 1.0 としてよい。

(2) 耐力算定式 R と設計断面耐力 R_d

断面耐力を求める理論は十分確立しているとは限らないため、材料強度が確定量であったとしても、断面耐力を十分な信頼性を持って確定量として決定するのが困難な場合が多い。このため、断面耐力を算定する関数 R として、材料強度を期待値としたときに、断面耐力の期

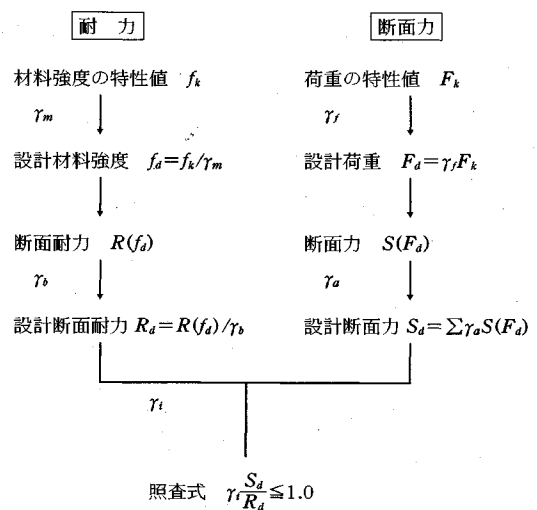


図-8.1 断面破壊に対する安全性の検討

待値を算定する関数を選ぶものとする。このとき、設計断面耐力 R_d は、実構造物の耐力がそれを下回る確率が十分小さいものとし、必要な数の設計材料強度 f_d から耐力算定式を用いて算出された断面耐力 $R(f_d)$ を部材係数 γ_b で除したものとする。

$$R_d = R(f_d) / \gamma_b$$

ここで、部材係数 γ_b は、部材耐力の計算上の不確実性、部材寸法のばらつきの影響、部材の重要度、すなわち対象とする部材がある限界状態に達したときに構造物全体に与える影響等を考慮して定めるものとする。ここでいう不確実性とは、主として耐力算定式自体のばらつき、算定式に用いる部材断面形状に関する諸係数の誤差および耐力に及ぼす影響度に起因するものである。したがって、部材係数 γ_b は、耐力算定式、全体構造系の中の対象部材の役割、部材形状の誤差や残留応力が耐力に及ぼす影響度などを総合的に考慮して決められる。

c) 限界状態に対する安全性の検討

(1) 終局限界状態に対する検討

部材の終局限界状態に対する検討は、設計断面力 S_d の設計断面耐力 R_d に対する比に構造物係数 γ_r を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行うものとする。

$$\gamma_r \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0$$

ここに、構造物係数 γ_r は、構造物の重要度、限界状態に達したときの社会的・経済的影響を考慮して定めるものとする。構造物係数 γ_r は、一般に 1.0~1.2 としてよい。

通常の設計において対象となる限界状態は、断面破壊

表—8.1 設計荷重の組合せの例

限界状態	設計荷重の組合せ
終局限界状態	永久荷重+主たる変動荷重+従たる変動荷重
	永久荷重+偶発荷重+従たる変動荷重
使用限界状態	永久荷重+変動荷重
疲労限界状態	永久荷重+変動荷重

に対するものであり、他の限界状態が問題となることは比較的少ない。断面破壊に対する限界状態を例に安全性検討の流れの概念を図—8.1に示す。

(2) 使用限界状態に対する検討

構造物または部材は、設計耐用期間中の使用目的に適合する十分な機能を保持しなければならない。この場合、必要とされる機能には、所要の安全性の他に、使用上の快適性、水密性、美観等の使用性と設計耐用期間中に十分使用に耐えることができる耐久性等がある。設計にあたっては、これらの使用目的に適合する使用限界状態を設定し、適切な方法によって必要な検討を行わなければならない。使用限界状態としては、一般に、変位・変形、ひびわれ、振動等に対する使用限界状態が考えられる。

(3) 疲労限界状態に対する検討

荷重の中で、変動荷重の占める割合が大きく、その作用頻度が大きい場合には、疲労に対する安全性の検討を行わなければならない。

(2) 荷重の特性値、荷重係数、設計荷重およびその組合せ

a) 一般

- (1) 構造物の設計では、施工中および設計耐用期間中に作用する永久荷重、変動荷重および偶発荷重を、限界状態と検討事項に応じて、適切な組合せのもとに考慮しなければならない。
- (2) 設計荷重は、荷重の特性値に荷重係数を乗じて定めるものとする。
- (3) 設計荷重は、それぞれの限界状態に対して、一般に表—8.1に示すように組み合わせるものとする。

構造物の設計において永久荷重と組み合わせる変動荷重は、一つだけを対象とすることは少なく、同時に複数を考慮するのが一般的である。しかし、同時に作用し得る変動荷重であっても、最大値の期待値が同時に起きる可能性は一般に小さいと考えられるので、複数の変動荷重を組み合わせる場合には、何らかの設計値の調整を行うことが合理的設計のために必要となる。

本共通原則では、終局限界状態の検討に用いる設計荷重の組合せにおいて、変動荷重を主たる変動荷重と従たる変動荷重に区分し、8.(2)b)で示すように、主たる変動荷重の特性値は最大値の期待値とし、従たる変動

荷重の特性値は、主たる変動荷重または偶発荷重との組合せに応じて適切な大きさを定めるものとする。

ここで、すべての変動荷重は、主たる変動荷重にも従たる変動荷重にもなり得る。それゆえ、一方を「主たる」とし他方を「従たる」とした場合は、荷重の組合せとしては常にその逆も有り得る。ただし、一方により設計が定まることが明らかな場合には、他方の組合せに対する検討を省略することができる。

偶発荷重は、設計耐用期間中に作用する頻度が極めて小さいが、作用するとその影響が非常に大きい荷重であり、変動荷重との組合せを考える場合には、一般に、従たる変動荷重との組合せを考慮すればよい。

使用限界状態および疲労限界状態の検討に対しては、変動荷重を主・従に区分する必要がないので、「変動荷重」とすることができる。

設計荷重の組合せに関する以上の基本的考え方に基づけば、終局限界状態の検討に用いる設計断面力 S_d は、一般に次式により表わすことができる。

$$S_d = \sum \gamma_{ap} \cdot S_p (\gamma_{fp} \cdot F_p) + \sum \gamma_{av} \cdot S_v (\gamma_{fv} \cdot F_v) + \sum \gamma_{aa} \cdot S_a (\gamma_{fa} \cdot F_a)$$

ここに、 F_p ：永久荷重の特性値

F_v ：主たる変動荷重または偶発荷重の特性値

F_a ：従たる変動荷重の特性値

$\gamma_{fp}, \gamma_{fv}, \gamma_{fa}$ ：荷重係数

S_p, S_v, S_a ：断面力を求めるための関数

$\gamma_{ap}, \gamma_{av}, \gamma_{aa}$ ：構造解析係数

b) 荷重の特性値

- (1) 荷重の特性値は、検討すべき限界状態について、それぞれ定めなければならない。
- (2) 終局限界状態の検討に用いる荷重の特性値は、次により定めるものとする。

永久荷重、主たる変動荷重および偶発荷重の特性値は、施工期間または設計耐用期間を上回る再現期間における最大荷重の期待値とする。ただし、永久荷重において小さい方が不利な場合には、最小荷重の期待値とする。

従たる変動荷重の特性値は、主たる変動荷重または偶発荷重との組合せに応じて、適切に定めるものとする。その特性値は、主たる変動荷重の特性値より低い水準の値に設定してよい。

(3) 使用限界状態の検討に用いる荷重の特性値は、設計耐用期間中に比較的しばしば生じる大きさとし、検討事項に応じて定めるものとする。すなわち、使用限界状態の検討事項としては、変位・変形、ひびわれ、振動などの検討があるが、検討事項によって特性値が異なってもよいことを意味している。たとえば、コンクリートの耐久性に対するひびわれの検討において、活荷重の影響が大きくない場合には、その特性値を小さく設定する

表—8.2 荷重係数 γ

限界状態	荷重の種類	荷重係数
終局限界状態	永久荷重	1.0~1.2 または 1.0~0.8 (小さい方が不利となる場合)
	主たる変動荷重	1.1~1.2
	従たる変動荷重	1.0
	偶発荷重	1.0
使用限界状態	すべての荷重	1.0
疲労限界状態	すべての荷重	1.0

ことができる。一方、ひびわれの発生を許さない場合の検討においては、最大使用荷重を特性値とすることも考えられる。

このように、使用限界状態の検討に用いる特性値は、検討事項に応じて適切に定めるものとする。

(4) 疲労限界状態の検討に用いる荷重の特性値は、設計耐用期間中の変動状況を考慮して定めるものとする。

(5) 荷重の規格値または公称値が特性値とは別に定められている場合には、荷重の特性値は、その規格値または公称値に荷重修正係数 ρ_f を乗じた値とする。

c) 荷重係数

荷重係数 γ は、一般に表—8.2 により定めてよい。

(1) 終局限界状態に対する荷重係数

i) 永久荷重

永久荷重のうち、死荷重の変動は、材料の単位重量の変動、構造物の断面寸法の変動・その施工目標値と設計値の差などの相乗効果によるものである。構造物中の個々の部分の固定死荷重については、ばらつきが小さいと考えられるので、荷重係数は施工目標値と設計値の差や公差を考慮して定めてよい。外装材、高欄、舗装、添架物などの付加死荷重については、将来の変動を予測して定めてよい。

ii) 主たる変動荷重

主たる変動荷重の特性値は、施工期間または設計耐用期間を上回る再現期間における最大荷重の期待値としている。このため、設計耐用期間中の検討に対する荷重係数は、一般に 1.1~1.2 とし、荷重の性質に応じて定めてよい。また、施工期間中の検討に対する荷重係数は、これよりやや大きい値とするのがよい。

iii) 偶発荷重

偶発荷重は、設計耐用期間中に作用する頻度が極めて小さい荷重であり、その特性値を適切に定めることを前提として、荷重係数は一般に 1.0 としてよい。

(2) 使用および疲労限界状態に対する荷重係数

荷重係数は、終局限界状態の検討において意味を持つものであるが、荷重の設計値を 8.(1) a) に示すように定義したため、使用限界状態および疲労限界状態の検討に対しても、形式的に荷重係数を導入するがその値は 1 となる。

(3) 材料、材料強度の特性値、材料係数

a) 一般

(1) 鋼材あるいはコンクリートの品質は、設計上の必要性に応じて、引張強度あるいは圧縮強度に加え、その他の強度特性、ヤング係数その他の変形特性、熱特性等の材料特性によって表わされる。

(2) 材料強度の特性値 f_k は、大部分の試験値がその値を下回らないことが保証される値とする。

(3) 設計材料強度 f_d は、材料強度の特性値 f_k を材料係数 γ_m で除した値とする。

(4) 材料強度の規格値 f_n が、その特性値とは別に定められている場合には、材料強度の特性値 f_k は、その規格値 f_n を材料修正係数 ρ_m で除した値とする。

b) 鋼材

(1) 材料強度の特性値

① 鋼材の引張降伏強度の特性値 f_{yk} および引張強度の特性値 f_{uk} は、引張試験によるそれぞれの強度に基づいて定めるものとする。

引張試験は、JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」による。

② JIS 規格の鋼材の特性値 f_{yk} および f_{uk} は JIS 規格値の下限值としてよい。また、設計に用いる鋼材の断面積は、公称断面積とする。

③ 鋼材の圧縮降伏強度の特性値 f'_{yk} は、鋼材の引張降伏強度の特性値 f_{yk} に等しいものとしてよい。

④ 鋼材のせん断降伏強度の特性値 f_{vuk} は、一般に次式により求めてよい。

$$f_{vuk} = f_{yk} / \sqrt{3}$$

⑤ 鋼材の支圧降伏強度の特性値 f_{avk} は、一般に次式により求めてよい。

$$f_{avk} = 1.5 f_{yk}$$

(2) 材料係数

鋼材の材料係数 γ_s は、終局限界状態の検討においては、一般に 1.0~1.05 としてよい。疲労限界状態の検討においては、一般に 1.0~1.05 としてよい。また、使用限界状態の検討においては、一般に 1.0 としてよい。

c) コンクリート

(1) 材料強度の特性値

① コンクリート強度の特性値は、原則として材令 28 日における試験強度に基づいて定めるものとする。ただし、構造物の使用目的、主要な荷重の作用する時期および施工計画等に応じて、適切な材令の試験強度から定めてもよい。

圧縮試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」による。

引張試験は、JIS A 1113「コンクリートの引張強度試験方法」による。

曲げ試験は、JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」による。

- ② JIS A 5308に適合するレデーミクストコンクリートを用いる場合には、購入者が指定した呼び強度を、一般に圧縮強度の特性値 f'_{ck} としてよい。
- ③ コンクリートの付着強度および支圧強度の特性値は、適切な試験により求めた試験強度に基づいて定めるものとする。
- ④ コンクリートの曲げ強度、引張強度、付着強度および支圧強度の特性値は、一般の普通コンクリートに対して、圧縮強度の特性値 f'_{ck} （設計基準強度）に基づいて、それぞれ適切な式を用いて求めてよい。

(2) 材料係数

コンクリートの材料係数 γ_c は、一般に、終局限界状態および疲労限界状態の検討においては1.3、使用限界状態の検討においては1.0としてよい。

謝辞：本委員会報告の作成にあたっては、鋼構造委員会およびコンクリート委員会の委員の方々から貴重なご意見・ご指摘を賜りました。記して感謝の意を表します。いただきましたご意見・ご指摘につきましては、出版を予定している設計指針（案）の中で反映させていただく

予定です。

鋼・コンクリート共通構造設計基準小委員会構成 (50音順・敬称略)

委員長 尾坂芳夫

委員 相原 功, 家村浩和, 井畔瑞人, 池田尚治, 大塚昭夫, 岡村 甫, 川島一彦, 川村国夫, 阪本謙二, 佐藤尚次, 田辺忠顕, 名取悦郎, 二羽淳一郎, 西野文雄, 野口 博, 原 光夫, 藤野陽三, 星野邦男, 前川宏一, 三木千寿, 水口和之, 村越 潤, 依田照彦, 涌井 一
(平成4年4月現在)

参 考 文 献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（平成3年版），設計編，1991年9月。
- 2) 土木学会：鋼構造物設計指針，1987年11月。
- 3) 鉄道総合技術研究所：鋼・合成構造物設計標準に関する委員会報告書，1991年3月。
- 4) 鉄道総合技術研究所：コンクリート構造物設計標準に関する委員会報告書，1991年3月。
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編，Ⅱ鋼橋編，Ⅲコンクリート橋編），1990年2月。
- 6) ISO 2394：General principles for the verification of the safety of structures，1973。

（文責：尾坂芳夫・依田照彦／1992.4.9受付）