

6 条 許容応力度

〔下線部は修正した改定箇所、~~二重取消線~~は削除した箇所を示す〕

【本文案】

鉄筋とコンクリートの許容応力度は、通常の場合、表 6.1, 6.2 および表 6.3 による。

表 6.1 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

	長 期			短 期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
普通コン クリート	$\frac{1}{3}F_c$	—	$\frac{1}{30}F_c$ かつ $\left(\underline{0.49} + \frac{1}{100}F_c \right)$ 以 下	長期に対する 値の 2 倍	—	長期に対する 値の 1.5 倍
軽量コン クリート 1 種およ び 2 種			普通コンクリートに対する値 の 0.9 倍			

〔注〕 F_c は、コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) を表す。表 6.2 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

	長 期		短 期	
	引張および圧縮	せん断補強	引張および圧縮	せん断補強
SR235	<u>155</u>	<u>155</u>	235	235
SR295	<u>155</u>	<u>195</u>	295	295
SD295A および B	<u>195</u>	<u>195</u>	295	295
SD345	<u>215</u> (*195)	<u>195</u>	345	345
SD390	<u>215</u> (*195)	<u>195</u>	390	390
<u>SD490</u>	<u>215</u> (*195)	<u>195</u>	<u>490</u>	<u>490</u>
溶接金網	<u>195</u>	<u>195</u>	<u>**295</u>	295

〔注〕 *D29 以上の太さの鉄筋に対しては()内の数値とする。

**スラブ筋として用いる場合に限る。

表 6.3 鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度 (N/mm²)

	長 期		短 期
	上 端 筋	その他の鉄筋	
異形鉄筋	$\frac{1}{15} F_c$ かつ $\left(0.9 + \frac{2}{75} F_c\right)$ 以下	$\frac{1}{10} F_c$ かつ $\left(1.35 + \frac{1}{25} F_c\right)$ 以下	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <表を全面差し替えた> </div> 長期に対する <u>値の</u> 1.5 倍
丸 鋼	$\frac{4}{100} F_c$ かつ 0.9 以下	$\frac{6}{100} F_c$ かつ 1.35 以下	

- [注] 1) 上端筋とは曲げ材にあってその鉄筋の下に 300mm 以上のコンクリートが打ち込まれる場合の水平鉄筋をいう。
- 2) F_c は、コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) を表す。
- 3) 異形鉄筋で、その鉄筋までのコンクリートかぶりの厚さが鉄筋の径の 1.5 倍未満の場合には、その鉄筋の許容付着応力度は、この表の値に「かぶり厚さ/鉄筋径の 1.5 倍」を乗じた値とする。

【解説案】

(1) 本規準における許容応力度の意義

本規準では、~~従来の規準どおり~~長期・短期許容応力度を設定したいわゆる許容応力度設計の形をとっている。すなわち、与えられた荷重・外力に基づき、弾性体とみなした部材の剛性に従って、場合によってはコンクリートのひび割れや、断面の塑性を考慮した塑性剛性を部分的に認めながら応力計算を行い、得られた応力による部材各部の断面の応力度が、対応する各種の許容応力度を超えないように断面寸法や曲げ補強筋量あるいはせん断補強筋量を決定するという方法をとっている。

長期の許容応力度は、荷重が長期間持続する荷重であることを考えて、建物の長期間使用に対して支障をきたさないという条件の確保を基本的な要求として、その値が定められている。一方、短期の許容応力度は、主として地震力、まれに風圧力による応力に対して、終局強度を確保することを基本的な要求としてその値が定められている。ただし、二次設計を行う場合には、柱と梁については短期荷重に対して安全性の検討を行う必要はなく、短期許容応力度は修復性に対する検討に用いられる。

しかし、いずれの場合も、鉄筋コンクリート部材はコンクリートと鉄の複合材料であり、コンクリートのひび割れ、圧縮に対する弾塑性性とクリープ、鉄筋の降伏以後の完全塑性などの効果で、断面内において複雑な応力分布を示すので、設計でチェックされる弾性体としての応力度は見掛けの応力度であり、真の応力度とは直接関係のではないものであることに注意しなければならない。したがって、本規準で規定された許容応力度によって算出される断面の許容耐力（曲げモーメント・軸方向力・せん断力）が、荷重・外力による部材の設計応力とどのような関係にあるかをチェックするものとして、許容応力度が意義をもつものと考えられたい。~~本規準で規定された~~

~~各種許容応力度の変遷は、1991 年版本規準にまとめられているので参照されたい。~~

ところで、1999 年版でのコンクリートと鉄筋の許容応力度の数値は、その後改正された建築基準法施行令第 90 条や平成 12 年建設省告示第 1450 号に規定された数値とわずかに異なっていた。これは SI 単位系に移行した際の数値の丸め方の違いによって生じており、工学的には特に意味はないことから、本規準の今回改定において政令や告示の数値に整合させることとした。

なお、コンクリートの短期許容せん断応力度は建築基準法施行令第 91 条および平成 12 年建設省告示第 1450 号第 1 第 2 号の規定により長期に対する値の 2 倍と規定され、また鉄筋のコンクリートに対する短期許容付着応力度は異形鉄筋にあつては平成 12 年建設省告示第 1450 号、丸鋼にあつては平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（平成 19 年国土交通省告示第 625 号により追加）の規定により長期に対する値の 2 倍としているが、本規準ではそれぞれ長期に対する値の 1.5 倍としており、整合していない。これは、本会の計算規準では昭和 22 年(1947)版から昭和 37 年(1962)版まで短期は長期に対する値の 2 倍としていたが昭和 46 年(1971)版において長期に対する値の 1.5 倍と改めたのに対し、建築基準法施行令は昭和 25 年(1950)に本会の規準と同じく長期に対する値の 2 倍としながら本会の改定に追従せず当時のまま長期に対する値の 2 倍としていることによるものであり、当然のことながら、本規準に定める許容耐力式を使用する場合には、法令および告示の規定にかかわらず本規準に規定する許容応力度を用いる必要がある。

(2) コンクリートの許容圧縮応力度

コンクリートの許容圧縮応力度は、コンクリート強度のばらつき、クリープ、繰返し荷重、動的荷重の影響などを考慮しながら、曲げや曲げ圧縮を受ける断面の設計で、適切な寸法と配筋が行われるように決められるべきものである。許容応力度の決定は、断面の弾性応力分布を仮定しているため、ヤング係数比 n の値と関連をもっており、その決め方と意義については 12 条「曲げ材の断面算定における基本仮定」の解説を参照されたい。

本規準では、許容圧縮応力度 f_c は従来どおり次のように決められている。

$$\text{長期 } f_c = \frac{1}{3} F_c, \quad \text{短期 } f_c = \frac{2}{3} F_c$$

ここに F_c は設計基準強度で、その構造物で設計荷重が加わりうる時期（通常、材齢 4 週とする）に確保すべきコンクリートの圧縮強度であり、コンクリートの各種許容応力度の基本になるものである。打設すべきコンクリートは、JASS 5 に従って強度のばらつきを考慮して F_c に標準偏差などの修正を行い調合強度を定めたものでなければならない。

(3) コンクリートの許容引張応力度

コンクリートの引張強度は、圧縮強度のおよそ 1/10 内外で非常に小さく、また、その乾燥収縮ひずみは、引張破壊ひずみを上回ることがあり、変形を拘束されている材では常にひび割れ発生を予期しなければならない。そこで、純粹引張材あるいは曲げ材の引張側では引張強度は無視することとし、許容引張応力度については規定しない。特殊な構造物の場合、例えば、サイロ・水タンクなどでコンクリートの引張強度を期待する場合は、1 条「適用範囲」の解説にも記したように本規準の適用範囲外であるが、これらでは、適当適切に許容引張応力度を定めることが必要である。

(4) コンクリートの許容せん断応力度

曲げとせん断の組合せ応力によって生じる引張主応力(すなわち斜張力)がある値に達すると、材軸に斜めにせん断ひび割れが生じる。

せん断ひび割れ発生後は、部材のせん断剛性が低下し、特にせん断補強筋量が少ない場合には靱性に乏しく、破壊を起しやすいため、長期設計荷重時に対してはせん断ひび割れの発生はできるだけ避けたい。

また、せん断ひび割れが発生しても、ひび割れ幅が拡大しないようにせん断補強筋を配置すべきである。この補強計算の要否を判定する目安として、許容せん断応力度が定められている。梁に関する実験によれば、せん断ひび割れ強度 (τ_c) には、コンクリート強度 (σ_B) のほか、曲げモーメントとせん断力の比を有効せいで除した値 ($M/(Qd)$) および断面寸法が関係する。~~すなわち~~そこで、長期に対しては、せん断ひび割れを発生させないことを前提として、 $M/(Qd)=3$ における τ_c のほぼ下限として $(0.50.49 + F_c/100)$ (N/mm^2) をとった。この値によれば、従来の値 $F_c/30$ は、 F_c が ~~21.4~~21.0 N/mm^2 以下では、十分に安全なので、 $F_c/30$ はそのまま残すことにした。

また、短期に対しては、せん断ひび割れは予期するが、せん断補強筋比が 0.1% の場合では破壊しないことを条件に $M/(Qd)=3$ における τ_u の下限値をとった。また、ここに定めた短期許容せん断応力度は、耐震壁のせん断ひび割れ強度(実験値)のほぼ下限値にも相当することが解図 19.1 中の実線 ($0.05 \sigma_B$ は $1.5 \times F_c/30$, $0.75 + 0.015 \sigma_B$ は $1.5 \times (0.49 + F_c/100)$ と読み替える)で示されていることから、長期に対する値の 1.5 倍としてよいと考えられる。

以上の記述は $F_c \leq 36 \text{ N/mm}^2$ の場合のものであるが、 $36 \text{ N/mm}^2 < F_c \leq 60 \text{ N/mm}^2$ の範囲においても本許容応力度で安全側の評価を与えることが確認されている¹⁾。

軽量コンクリートの許容せん断応力度は、普通コンクリートに比べて 0.9 倍と低減させているが、これは、梁および柱の比較実験結果^{2)~5)}から導かれたものである。

(5) 鉄筋の許容応力度

i) 鉄筋の長期許容応力度

鉄筋の長期許容応力度は、使用性の確保を目標とし、長期荷重下で引張側のコンクリートひび割れ幅を大きくしないことと、鉄筋降伏点に対する一定の安全率をもたせるという観点より表 6.2 のように定めた。

ひび割れ幅に関しては、内外に多くの研究^{6),7)}がある。一般に、鉄筋応力が一定であれば、梁の引張側における鉄筋 1 本当たりのコンクリート断面積が大きいほど、コンクリートかぶりが厚いほど、鉄筋径が太いほど、また付着強度が低いほどひび割れ幅は大きくなるといわれている。また一方、ひび割れ幅の制限としては、

建物外面では 0.2~0.25 mm

建物内面では 0.3~0.4 mm

程度の値が示されることが多い^{8),9)}。

海外ではひび割れ幅の算定式と許容ひび割れ幅を与えて、長期応力をチェックするような規準も見られる。しかし、本規準では、~~ひび割れ幅制御のために規定が複雑になることをさける目的~~

~~本文~~、表 6.2 のように各種鉄筋に対する値を定めた。

太径の鉄筋では、付着強度が相対的に低くなり、ひび割れ幅が大きくなることを考慮して、許容応力度を厳しく制限した。これにより、最大ひび割れ幅は普通の場合 0.3 mm 程度には制御されると考えられる。

SD490 については、近年高強度鉄筋を使用した部材の実験資料も蓄積されてきており、また平成 13 年国土交通省告示 1024 号において許容応力度および材料強度が定められたのでこれによった。

溶接金網は、一般に径が細く、また、付着も丸鋼よりは異形鉄筋に近いので、 $f_t = (2/3)\sigma_y$ および ~~200~~195 N/mm² のうち小なるほうとして、~~200~~195 N/mm² に決められている。なお、梁・スラブについて乾燥収縮の影響も考慮した設定最大ひび割れ幅 (0.1, 0.2, 0.3 mm) に対する鉄筋応力の算定図、その曲げモーメントの略算法が付 7 に示されているので参照されたい。

ii) 鉄筋の短期許容応力度

鉄筋はその降伏点まで、ほぼ弾性的に変形し、規格降伏点 235~490 N/mm² の鉄筋に対して降伏ひずみ ϵ_y は $0.12 \sim 0.30 \times 10^{-2}$ 程度で、これはコンクリートの圧縮強度時のひずみの $0.15 \sim 0.30 \times 10^{-2}$ (普通コンクリート)、 $0.15 \sim 0.36 \times 10^{-2}$ (軽量コンクリート) にほぼ対応しており、また降伏後は著しく大きい延性をもっている。また、通常的设计で使われる程度の鉄筋量の梁や柱では、その終局強度時には、鉄筋はいずれも降伏することが実験的にも理論的にも認められている。このように、鉄筋コンクリート部材として、鉄筋の降伏点は、引張にはもちろん圧縮にも十分に利用できる応力であり、このような理由から、短期許容応力度は、一般には JIS に定められた最小の規格降伏点の値いっぱいにとっている。

本規準による鉄筋の許容引張応力度で決まる許容耐力は、梁でも柱でも、その終局強度に比べて強度的にはせいぜい 1 割程度の安全率しかもたないが、鉄筋が許容応力度すなわち降伏点に到達後、圧縮側のコンクリートが圧壊して完全に耐力を失うまでには十分な降伏変形があり、いわゆる十分な靱性が確保されることになっている。靱性を安全率の一要素と考えれば、降伏点の値を短期許容応力度に採用して十分に安全である。

溶接金網を梁・柱の主筋に用いることについては、十分な研究がないので、~~せん断補強に用いる場合を除いては、短期の許容応力度(引張・圧縮)は決めていない~~本規準では取り扱わない。また、4 条解説(4)にも記述があるが、スラブ筋としては利用するので、短期に対して協力するスラブに溶接金網を用いる場合の短期許容引張応力度を定めている。この場合以外はあばら筋・壁筋などせん断補強筋としてのみ利用されることから、せん断補強に用いる場合の短期許容引張応力度を定めている。

iii) せん断補強筋の許容応力度

先にも述べたように、長期の許容応力度は、荷重が長期間持続する荷重であることを考えて、建物の長期間使用に対して支障をきたさないという条件の確保を基本的な要求として、その値が定められている。一方、短期の許容応力度は、主として地震力、まれに風圧力による応力に対して、終局強度を確保することを基本的な要求としてその値が定められている。これは、1968 年十勝沖地震で鉄筋コンクリート造建築物の柱にせん断破壊が生じたことに対する反省として、1971

年のせん断設計法の改定で取り入れられた考え方であり、構造物の極限応力状態メカニズム時に対してせん断破壊をさせないような強度を確保するもので、短期許容せん断力の算定式としては部材の終局せん断耐力算定式を許容応力度設計体系の体裁にあうように修正した式を用いている。

なお、二次設計を行う場合には上記のような終局強度の確保が二次設計で検証されることから、今回の改定では、二次設計を行う場合の短期許容応力度設計の意義が短期に対する修復性の確保を目標としているとして、従来と同じ値の短期許容引張応力度を使用して残留せん断ひび割れ幅が一定程度以下におさまるように柱と梁の短期許容せん断力の算定式を規定している。

(6) 鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度

i) 許容付着応力度の再定義

1999 年版本規準では、1991 年版までの曲げ付着検定を廃止し平均付着応力度による検定方法に改定した。1999 年版における許容付着応力度の数值は、異形鉄筋の付着割裂強度に関わるものとして与えられており、16 条で修正係数を乗じて使用していたものである。

今回の改定では、曲げ材の引張鉄筋の付着に関する設計は、長期に対する使用性ならびに短期に対する修復性の確保を目標とした許容付着応力度による検討と、付着割裂破壊に対する安全性の確保を目標とした付着割裂強度による検討を行うこととした。このため、長期に対する使用性ならびに短期に対する修復性の検討では、1991 年版での許容付着応力度以下であることを確認することとし、これを表 6.3 に示した。また、付着割裂破壊に対する安全性の検討では、1999 年版で掲げていた許容付着応力度を 16 条中に「付着割裂の基準となる強度」として掲載した。

重ね継手についても、原則として表 6.3 の許容付着応力度以下となることを確認する。ただし、付着割裂破壊の恐れがある場合には、16 条でさらに継手長さの検討も行うこととした。

ii) コンクリートのかぶり厚さが薄い場合の異形鉄筋の許容付着応力度の低減

異形鉄筋では、対象とする鉄筋までのコンクリートのかぶり厚さが相対的に薄い場合には、本規準で想定する付着強度が発揮されるまでにかぶりコンクリートの割裂が先行する恐れがある。そこで、その鉄筋までのコンクリートかぶりの厚さが鉄筋の径の 1.5 倍未満の場合には、表 6.3 の注 3)により許容付着応力度を低減させるものとする。特に、太径の異形鉄筋を用いる場合に注意が必要といえる。

~~i) 本規準では、1991 年版までの曲げ付着検定を廃止し、設計鉄筋応力を発揮するために必要な長さを確保する方法に付着検定方法を改定した。これは鉄筋の全付着長さに対する平均の付着応力度の検定を行うことを意味している。これにともない異形鉄筋では最も不利となる周辺コンクリートの割裂を伴う付着破壊形式に対する既往の研究成果を反映させ、平均付着応力度としての許容付着応力度を新たに規定している。異形鉄筋の付着割裂強度はコンクリート強度、型枠内での鉄筋の位置に加えて鉄筋配置、横補強筋量に依存して変化することが判明している。本条に示された異形鉄筋の許容付着応力度は、曲げ材の引張鉄筋に対するものである。表 5 中の式は、鉄筋間のあきと最小かぶり厚さの 3 倍のうち小さい方が鉄筋径の 2 倍となる場合に対応する許容付着応力度を示したものである。これより鉄筋間のあきやかぶり厚さが小さい場合には許容応力度は小さくなり、横補強筋が配されていればその拘束効果による付着強度の上昇を見込むことができる。したがって表 5 の値は 16 条に定められる鉄筋配置、横補強筋効果に関する修正係数~~

~~とあわせて使用される許容応力度であることを注意を要する。~~

~~ii) 一般に高強度コンクリートほど付着強度は高いが本規準の適用範囲である $F_c = 60$ N/mm^2 までのコンクリートでは、その上昇は圧縮強度の平方根に比例する。本条の許容付着応力度はこの関係を安全側にコンクリート強度の 1 次関数に書き直したものである。~~

~~iii) 本規準より、丸鋼は曲げ補強鉄筋として用いないことを基本とすることに改めた。したがって、丸鋼は溶接金網として用いられるほか、せん断補強筋、横補強筋等に用途が限定され、丸鋼を曲げ補強鉄筋とする場合の付着検定、定着検定の必要がないため許容付着応力度は削除することとした。曲げ補強筋以外の用途に丸鋼を用いる場合には定着の確保のみが検定の対象となり、必ず端部フックとすることは 1991 年版の本規準のとおりであるが、許容付着応力度を用いた計算によらず、構造規定で常用の定着長やフックの仕様によることで対応が可能であり、17 条にこれを規定している。~~

~~iv) 本条の許容付着応力度は、重ね継手の重ね長さの算定に対しても用いられる。また、フックつき定着の定着長さの計算、今回の改定で新たに加わった柱梁接合部の通し筋の定着検定にも用いられる。いずれもこの許容付着応力度に、16、17 条で定められる影響因子を考慮する修正係数を乗じることによって物理的な意味のある値となる。~~

- 1) 例えば 香田伸次・黒瀬行信・山野辺宏治・金本清臣・超高強度鉄筋コンクリート造架構の構造特性 (その 2 柱実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1994).
- 2) 黒正清治・鈴木貞男・深井 豊・軽量骨材を用いた鉄筋コンクリートばりのせん断破壊試験報告・日本建築学会論文報告集, 号外 (昭 41.10).
- 3) 広沢雅也・山田国正・池田昭男・軽量骨材を用いた鉄筋コンクリート柱の破壊試験報告, その 1, その 2, 日本建築学会論文報告集, 号外 (昭 42.10).
- 4) 荒川 卓・鉄筋コンクリートばりの許容せん断応力度とせん断補強について, コンクリートジャーナル (昭 45.7).
- 5) 日本建築学会・高強度人工軽量骨材コンクリートを用いた建築物の設計と施工 (1992).
- 6) 森田司郎・ひび割れ幅制限で定まる鉄筋の長期許容応力度, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭 43).
- 7) 鈴木計夫・大野義照・プレストレスト鉄筋コンクリートはりの曲げひび割れ幅に関する研究 (その 1,2); 日本建築学会論文報告集, 第 303, 305 号 (1981).
- 8) 日本建築学会・鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ対策 (制御設計・施工) 指針 (案)・同解説 (1999/2006).
- 9) 日本建築学会・プレストレスト鉄筋コンクリート (Ⅲ種 PC) 構造設計・施工指針・同解説 (1986/2003).