

第4章 許容応力度

4.1 一般

- (1) 許容応力度は、4.2から4.4までに規定する値とする。
- (2) 4.2から4.4までに規定しない許容応力度は、材料や構造の力学的性質、材料の強度のばらつき等を踏まえ、(1)項に規定する許容応力度と同等以上の安全度を持つように設定しなければならない。
- (3) コンクリート橋の設計に用いる許容応力度は、荷重の組合せに応じて表-4.1.1に示す割増し係数を乗じた値とする。
- (4) プレストレストコンクリート構造のコンクリートの許容引張応力度および許容斜引張応力度は、(3)項の規定にかかわらず、割増してはならない。
- (5) プレストレストコンクリート構造のプレストレッシング直後の許容応力度は、(3)項の規定にかかわらず、割増してはならない。
- (6) PC鋼材または連続繊維緊張材の許容応力度は、(3)項の規定による場合においても、PC鋼材の降伏点の90%、または連続繊維緊張材の設計基準強度の80%以下の値とするものとする
- (7) 施工時荷重として施工時の風荷重又は地震の影響を考慮する場合の割増し係数は、表-4.1.1の値にかかわらず、架橋地点の条件、施工中の構造系等を考慮して、適切に定めなければならない。

表-4.1.1 許容応力度の割増し係数

荷重の組合せ	割増し係数
1)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)	1.00
2)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+温度変化の影響(T')	1.15
3)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+風荷重(W)	1.25
4)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+温度変化の影響(T') +風荷重(W)	1.35
5)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+制動荷重(BK)	1.25
6)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+衝突荷重(CO)	1.50
7)活荷重および衝撃以外の主荷重+地震の影響(EQ)	1.50
8)風荷重(W)	1.20
9)施工時荷重(ER)	1.25

原則として、「道路橋示方書Ⅲ コンクリート橋編」に準じるものとする。

- (6) PC鋼材または連続繊維緊張材の許容応力度は、(3)項の規定により割増しすることができるが、設計荷重作用時にPC鋼材または連続繊維緊張材が破断することを防ぐため、許容応力度の上限値としてPC鋼材の降伏点の90%、または連続繊維緊張材の設計基準強度の80%の値を規定した。

4.2 コンクリートの許容応力度

- (1) 鉄筋コンクリート構造に対するコンクリートの許容圧縮応力度は、表-4.2.1の値とする。また、プレストレストコンクリート構造に対するコンクリートの許容圧縮応力度は、表-4.2.2の値とする。
- なお、二軸曲げが作用する場合の許容曲げ圧縮応力度は、表-4.2.1および表-4.2.2の値に1.0N/mm²を加えた値とする。

表-4.2.1 鉄筋コンクリート構造に対する許容圧縮応力度(N/mm²)

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度			
		21	24	27	30
1)曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0
2)軸圧縮応力度		5.5	6.5	7.5	8.5

表-4.2.2 プレストレストコンクリート構造に対する許容圧縮応力度(N/mm²)

応力度の種類			コンクリートの設計基準強度			
			30	40	50	60
プレストレス直後	曲げ圧縮応力度	1)長方形断面の場合	15.0	19.0	21.0	23.0
		2)T形および箱形断面の場合	14.0	18.0	20.0	22.0
	3)軸圧縮応力度		11.0	14.5	16.0	17.0
その他	曲げ圧縮応力度	4)長方形断面の場合	12.0	15.0	17.0	19.0
		5)T形および箱形断面の場合	11.0	14.0	16.0	18.0
	6)軸圧縮応力度		8.5	11.0	13.5	15.0

- (2) プレストレストコンクリート構造に対するコンクリートの許容引張応力度は、表-4.2.3の値とする。

また、従荷重および従荷重に相当する特殊荷重を考慮した場合のプレストレストコンクリート構造に対するコンクリートの許容引張応力度は、表-4.2.4の値とする。ただし、施工時荷重に施工中の風荷重又は地震の影響を考慮する場合の許容引張応力度は、表-4.2.4の値にかかわらず、架橋地点の条件、施工中の構造系等を考慮して、適切に定めなければならない。

表-4.2.3 プレストレストコンクリート構造に対する許容引張応力度(N/mm²)

応力度の種類			コンクリートの設計基準強度				
			30	40	50	60	
曲げ引張 応力度	1)プレストレス直後		1.2	1.5	1.8	2.0	
	2)活荷重および衝撃以外の主荷重		0	0	0	0	
	主荷重および 主荷重に相当 する特殊荷重	3)床版		0	0	0	0
		4)プレキャストセグメント橋における セグメント継ぎ目		0	0	0	0
		5)その他の場合		1.2	1.5	1.8	2.0
	6)軸引張応力度		0	0	0	0	

表-4.2.4 従荷重および従荷重に相当する特殊荷重を考慮した場合の
プレストレストコンクリート構造に対する許容引張応力度(N/mm²)

応力度の種類	コンクリートの設計基準強度			
	30	40	50	60
1)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP) +温度変化の影響(T')	1.7	2.0	2.3	2.5
2)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+風荷重(W)	2.2	2.5	2.8	23.0
3)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP) +温度変化の影響(T')+風荷重(W)	2.2	2.5	2.8	3.0
4)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+制動荷重(BK)	2.2	2.5	2.8	3.0
5)主荷重(P)+主荷重に相当する特殊荷重(PP)+衝突荷重(CO)	-	-	-	-
6)活荷重および衝撃以外の主荷重+地震の影響(EQ)	-	-	-	-
7)風荷重(W)	2.0	2.3	2.6	2.8
8)施工時荷重(ER)	2.2	2.5	2.8	3.0

(3) せん断力を考慮する場合の、プレストレストコンクリート構造に対するコンクリートの許容斜引張応力度は、表-4.2.5の値とする。

表-4.2.5 プレストレストコンクリート構造に対する許容斜引張応力度(N/mm²)

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度			
		30	40	50	60
活荷重及び衝撃以外の主荷重	1) せん断力のみ又はねじりモーメントのみを考慮する場合	0.8	1.0	1.2	1.3
	2) せん断力とねじりモーメントをともに考慮する場合	1.1	1.3	1.5	1.6
衝突荷重又は地震の影響を考慮しない荷重の組合せ	3) せん断力のみ又はねじりモーメントのみを考慮する場合	1.7	2.0	2.3	2.5
	4) せん断力とねじりモーメントをともに考慮する場合	2.2	2.5	2.8	3.0

(4) コンクリートの許容付着応力度は、直径32mm以下の鉄筋および本マニュアルで取り扱う連続繊維補強材に対して表-4.2.6および表-4.2.7の値とする。

表-4.2.6 許容付着応力度(N/mm²)

応力度の種類	コンクリートの設計基準強度						
	21	24	27	30	40	50	60
1)丸鋼	0.70	0.80	0.85	0.90	1.00	1.00	1.00
2)異形棒鋼	1.40	1.60	1.70	1.80	2.00	2.00	2.00

表-4.2.7 許容付着応力度(N/mm²)

応力度の種類	コンクリートの設計基準強度	
	21	30
1)CFCC (CS-)	1.20	1.50
2)NACCストランド (CS-)	0.40	0.50
3)FiBRA (AB-)	0.75	0.95
4)テクノーラ (AD-)	1.15	1.45
5)ネフマック (CL-)	-	-

(5) コンクリートの許容押抜きせん断応力度は、表-4.2.8の値とする。

表-4.2.8 許容押抜きせん断応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
1)鉄筋コンクリートの場合	0.85	0.90	0.95	1.00	1.20	1.40	1.50
2)炭素繊維製補強筋を用いた場合	0.70	0.75	0.80	0.85	-	-	-
3)アラミド繊維製補強筋を用いた場合	0.55	0.60	0.65	0.70	-	-	-

(6) コンクリートの許容支圧応力度は、式(4.2.1)により算出する値とする。

$$\sigma_{ba} = \left(0.25 + 0.05 \frac{A_c}{A_b} \right) \sigma_{ck} \quad \dots \dots \dots (4.2.1)$$

ただし、 $\sigma_{ba} \leq 0.5\sigma_{ck}$

ここに、 σ_{ba} : コンクリートの許容支圧応力度 (N/mm²)

A_c : 局部荷重の場合のコンクリート面の有効支圧面の面積 (mm²)

A_b : 局部荷重の場合の支圧を受けるコンクリート面の面積 (mm²)

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

原則として、「道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編」に準じるものとする。

(1) 設計基準強度80N/mm²までの高強度コンクリートを用いたプレキャストはり部材に適用される許容曲げ圧縮応力度を表-解4.2.1に示す。

表-解4.2.1 高強度プレキャストコンクリートはり部材の許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

応力度の種類	コンクリートの設計基準強度		
	70	80	
プレストレス直後	1)長方形断面の場合	26.5	30.0
	2)T形および箱形断面の場合	25.5	29.0
その他	1)長方形断面の場合	23.0	27.0
	2)T形および箱形断面の場合	22.0	26.0

(3) せん断力を考慮する場合の、プレレストコンクリート構造の許容斜引張応力度を示した。なお、ねじりについては連続繊維補強材を用いた部材においてねじりを考慮しないことから、ここでは取り扱わないものとする。

(4) 連続繊維補強材の付着特性に関する研究は、各補強材ごとに個別に行われており、同一条件下で各種の補強材の付着特性を比較検討した例は比較的少ない。特に、コンクリート強度の影響は、個別に行われた研究結果によると、補強材によって影響度の高いものと比較的影響度の少ないものがあり、補強材の多様な形状、形態に関連して統一的に定義することが困難なようである。また、同一条件下での各種の補強材の付着特性の比較検討はコンクリート強度が30N/mm²以上の状態で行われており、コンクリート強度の影響には着目していない。

そこで、コンクリート強度が30N/mm²以上の状態で各種の連続繊維補強材の付着特性を比較した結果に基づき、すべり量が0.05mmにおける付着応力度を安全率6で除した値を30N/mm²における許

容付着応力度とした。また、より安全を考慮して 30N/mm^2 以下における許容付着応力度は、コンクリート強度の影響を $2/3$ 乗で補正して求めたものとした。ただし、このようにして求めた許容付着応力度は、異形鉄筋の許容付着応力度を上回らないものとする。

ここで、ネフマック (CL-) については、付着機構が異なるため許容付着応力度の考えはない。

- (5) 連続繊維補強材を用いた面部材の押抜きせん断耐力は鉄筋を使用した面部材の耐力にくらべて低いことが既往の実験で確認されている。また、この低下の度合いは補強材の剛性に影響されると考えられるので、炭素繊維製とアラミド繊維製の補強材を用いた場合で分けて記述した。なお、許容応力度は炭素繊維製の補強材を使用した場合で鉄筋を使用した場合の $82\sim 85\%$ 、アラミド繊維製の補強材を使用した場合で $65\sim 70\%$ に相当する。

ここで、設計基準強度 30N/mm^2 を超えるコンクリートに連続繊維補強材を用いた場合の許容押抜きせん断応力度は、面部材としての採用例が少ないことから、今回は規定していない。今後の採用にあたっては、押抜きせん断に関する実験などを行い、その性能をあらかじめ確かめておく必要がある。

4.3 補強筋の許容応力度

4.3.1 連続繊維補強筋の許容応力度

(1) 連続繊維補強材を補強筋として用いる場合の許容応力度は、本マニュアルで取り扱う連続繊維補強材に対して表-4.3.1の値とする。

表-4.3.1 連続繊維補強筋の許容応力度(N/mm²)

応力度、部材の種類		連続繊維補強筋の種類	CFCC	リードライン	NACC ストレート*	FiBRA	テクノーラ D7.4 (D13)	ネフマック CLタイプ* (CLMタイプ)
		引張 応力 度	1) 一般の部材	930	480	535	465~502	720(600)
2) 床版および支間 10m以下の床版橋	700		360	401	349~377	540(450)	420(360)	
3) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	930		480	535	465~502	720(600)	560(480)	
4) 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値	930		480	535	465~502	720(600)	560(480)	
5) 連続繊維補強筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合の基本値	930		480	535	465~502	720(600)	560(480)	
6) 圧縮応力度		0	0	0	0	0	0	

(2) 曲げに対する設計を行う場合は、(1)によるほか、5.2.4および5.2.5の規定に従うものとする。

(1) 1)一般の部材における連続繊維補強筋の許容引張応力値の値は、各種連続繊維補強筋の長期耐久性を考慮して定めたもので、設計基準強度の40%程度とし、表-4.3.1の応力度、部材の種類のうち、2)、3)、4)および5)以外の場合の一般の鉄筋コンクリート部材の設計に用いられるものである。

なお、死荷重のみが作用するときの連続繊維補強筋の応力度は1)の55%以下とするのが望ましい。

2)床版および支間10m以下の床版橋は活荷重による応力変動幅が大きく、しかも繰返し荷重が載荷され非常に苛酷な荷重状態にさらされており、有害なひびわれ発生が生じる割合が高い。

一般に床版および床版端の破損は引張鉄筋の破断による場合は少なく、コンクリートに生じたひびわれが繰返し荷重によって大きくなり、最終的にコンクリートの剥離や脱落に至る場合が多い。そのため、一般の鉄筋の許容応力度を基にして定められた値よりも小さな値を採用している。したがって、鉄筋よりも弾性係数が小さく引張強度の高い連続繊維補強筋で補強した場合は、鉄筋使用時よりもさらに一般の連続繊維補強筋の許容応力度を基にして定められた値よりも小さな値とし、1)の75%程度とした。

3)水中および地下水位以下に設ける部材に関しては、連続繊維補強筋が腐食する環境にはないことを考慮して、一般の場合と同様とした。

4)荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合は4.1(2)項の規定により許容応力度を割増すが、その時の基本となる値を示したものである。表-4.3.1の応力度、部材の種類1)、2)および3)の部材についても荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合には4)の値が適用される。これらの荷重は作用する時間が短く、コンクリートのひびわれなどの影響を

考慮する必要が少ないので、基本となる連続繊維補強筋の許容応力度は設計基準強度に対し、約2.5の安全率を考慮して定めたものである。なお、二軸曲げが作用する場合には、円形状の断面を除いて、表-4.3.1 4)に示す許容応力度の基本値を10%割増してよい。ただし、従荷重および従荷重に相当する特殊荷重を考慮する場合の割増し係数を乗じたときの連続繊維補強筋の許容応力度は設計基準強度の65%以下とする。

5) 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を計算する場合は、鉄筋の降伏点を考慮して定めていたが、連続繊維補強筋には降伏点がなく、また付着強度も異形鉄筋に比べて低いのでこの場合の許容応力度は低めに設定するべきであるが、その場合には7.6で規定する継手長が短くなるため安全側を考慮して1)と同様とした。なお、ネフマックについては、重ね継手長あるいは定着長の算出方法が異なるので、これらを算出する場合の基本値についてはこれを削除した。

6) 連続繊維補強筋の圧縮補強筋としての補強効果は極めて少なく、場合によっては著しく部材の耐力を低下させることにもなるため、原則として圧縮に対する許容応力度は考慮しないことにした。

(2) 連続繊維補強筋を用いた鉄筋コンクリート部材の、曲げに対する設計を行う場合は、連続繊維補強筋自体の応力度を許容値以下とするだけでなく、5.2.4および5.2.5においてコンクリートに発生するひび割れ幅に制限を設けることにより、過大なひび割れの発生による部材性能の低下を防止することとした。

4.3.2 鉄筋の許容応力度

補強筋を鉄筋のみ、または連続繊維補強筋と同時に使用する場合は、鉄筋コンクリート構造およびプレストレストコンクリート構造に対する許容応力度は、直径32mm以下の鉄筋に対して表-4.3.2の値とする。

表-4.3.2 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類等		鉄筋の種類			
		SD345	SD390	SD490	
引張 応 力 度	1) 活荷重及び衝撃以外の主荷重	100	100	100	
	2) 荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を考慮しない場合の許容応力度の基本値	一般の部材	180	180	180
		床版及び支間長10m以下の床版橋	140	140	140
	3) 荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を考慮する場合の許容応力度の基本値	桁の軸方向への配置	200	230	290
		その他	200	200	200
4) 鉄筋の重ね継手長又は定着長を算出する場合の許容応力度の基本値	200	230	290		
5) 圧縮応力度	200	200	200		

「道路橋示方書Ⅲコンクリート編」では、活荷重および衝撃以外の主荷重に対する許容応力度が新たに規定された。その目的は、ひび割れによる鋼材の腐食に対する耐久性の向上であり、連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物であっても、補強筋の一部または全部に鉄筋が使用されている場合は、本条文に従うものとした。

4.4 緊張材の許容応力度

4.4.1 連続繊維緊張材の許容応力度

プレストレストコンクリート構造に対する連続繊維緊張材の許容引張応力度は、表-4.4.1の値とする。

表-4.4.1 連続繊維緊張材の許容応力度

応力度の状態	許容引張応力度	備考
1)プレストレッシング中	0.80 σ_{pu}	σ_{pu} :連続繊維緊張材の 設計基準強度(N/mm ²)
2)プレストレッシング直後	0.70 σ_{pu}	
3)設計荷重作用時	0.60 σ_{pu}	

連続繊維補強材は大きな持続荷重を長時間作用させた場合に、静的耐力以下でクリープ破壊することがあり、この時のクリープ破壊耐力は繊維の種類によって異なる。そこで、本マニュアルで扱う連続繊維緊張材の許容引張応力度を規定するため、各種試験を行った。ここで、クリープ破壊耐力は、設計耐用年数100年を想定したクリープ破壊限界荷重である。

連続繊維緊張材の設計荷重作用時の許容引張応力度は、上記実験結果を参考にしてクリープ破壊耐力時の応力度(全緊張材で0.6Pu以上)に比べて安全側に小さく設定した(0.6Pu)。したがって、本許容引張応力度は、本マニュアルで扱う連続繊維緊張材のクリープ破壊に対しても安全側の規定となっている。

4.4.2 PC鋼材の許容応力度

プレストレストコンクリート構造に対するPC鋼材の許容引張応力度は、表-4.4.2の値とする。

表-4.4.2 PC鋼材の許容応力度

応力度の状態	許容引張応力度	備考
1)プレストレッシング中	0.80 σ_{pu} 又は0.90 σ_{py} のうち小さい方の値	σ_{pu} :PC鋼材の 引張強さ(N/mm ²) σ_{py} :PC鋼材の 降伏点(N/mm ²)
2)プレストレッシング直後	0.70 σ_{pu} 又は0.85 σ_{py} のうち小さい方の値	
3)設計荷重作用時	0.60 σ_{pu} 又は0.75 σ_{py} のうち小さい方の値	

原則として、「道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編」に準じるものとする。