

第6章 荷重の組合せと安全率

6.1 荷重の組合せと安全率

設計にあたって考慮する荷重の組合せと安全率は、類似の構造物に設計基準の定めがある場合にはそれに準拠し、ない場合には責任技術者の判断による。

【解 説】 3章で、構造物の種類によって、考慮すべき荷重の種類とその構造設計が異なることを述べた。さらに同一の構造物でも、設計に際して考慮する限界状態の種類によって、どの荷重を組合せて用いるかという点、およびそのときの安全率の取り方は異なる。3.1の条文と同様の表現でそのことを表わした。いずれの場合でも設計の基本となるのは、自重(死荷重, 固定荷重)を含む主荷重であり、実際に作用する荷重が主荷重の設計値を超過する確率は十分に小さくなるように主荷重の設計値は選ばれている。常時の静的な終局限界状態を考える場合、この設計荷重に対する安全率は現在実用設計に用いられている示方書、基準の許容応力度と限界強度の比から逆算すると、橋梁で1.7、建築物で1.5となる。

同様に各設計基準における種々の限界状態に対する荷重の組合せと安全率を許容応力度と限界強度の比から逆算し、解説表6.1~6.12に示す。ただし、解説表6.4以降においては、終局限界状態を対象として、板厚が40mm以下の構造用鋼材の保証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

解説表 6.1 道路橋の限界状態・荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	設 計 荷 重	安 全 率
終局限界状態 (部材・継手)			
1	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重	P+PP	1.70
2	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+ 温度変化の影響	P+PP+T	1.50
3	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+ 風荷重	P+PP+W	1.35
4	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+ 温度変化の影響+風荷重	P+PP+T+W	1.25
5	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+ 制動荷重	P+PP+BK	1.35
6	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+ 衝突荷重	P+PP+CO	1.00 (鋼)
7	活荷重および衝撃以外の主荷重+ 地震の影響	P-(L+I)+EQ	1.00
8	活荷重および衝撃以外の主荷重+ 地震の影響+温度変化の影響	P-(L+I)+EQ+T	1.00
9	風荷重	W	1.40
10	制動荷重	BK	1.40
11	施工時荷重	ER	1.35
使用限界状態			
	活荷重	L	1.00

注) (1) 鋼橋上部構造¹⁾の場合には、解説表6.1がすべて対象となる。

(2) 道路橋下部構造²⁾の場合には、終局限界状態の9、10および使用限界状態については考慮されておらず、施工時荷重の組合せに関し完成後の応力度が著しく低くなるときには安全率を1.15としている。

低減率と解釈して、各鋼構造物の荷重の組合せと安全率を例示している。したがって、ここでは組合せ荷重に対する設計値の調整といった配慮は考慮に入れていない。また、基準によっては、材料の限界強度として、引張強さ（破断強度）を用いている場合もあり、それらは、後出の該当章（13.3.6, 14.4.2）において、別途解説を加えている。

解説 表 6.2 鋼鉄道橋³⁾の限界状態・荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	設 計 荷 重	安 全 率
終局限界状態			
1	主荷重	P	1.60 [1.70]
2	ひとつの従荷重	LF, B, または W	1.60 [1.70]
3	主荷重+温度変化の影響	P+T	1.40 [1.50]
4	主荷重+車両横荷重	P+L _F	1.30 [1.35]
5	主荷重+制動荷重および始動荷重	P+B	1.30 [1.35]
6	主荷重+風荷重	P+W	1.30 [1.35]
7	主荷重+車両横荷重+風荷重	P+L _F +W	1.20 [1.25]
8	主荷重+制動荷重および始動荷重+風荷重	P+B+W	1.20 [1.25]
9	車両横荷重+風荷重	L _F +W	1.30 [1.35]
10	風荷重+制動荷重および始動荷重	W+B	1.30 [1.35]
11	主荷重+地震荷重	P+E	1.00
12	主荷重+温度変化の影響+地震荷重	P+T+E	1.00
13	主荷重+衝突荷重	P+M	1.00
14	地震荷重	E	1.00
15	架設荷重	E _R	1.30
疲労限界状態			
1	主荷重	P	1.00

- 注) (1) 表中 5, 8, 10 において、複線軌道の場合は、「制動荷重または始動荷重」は列車の進行する方向によって部材に大きな影響を与えるように、制動荷重と始動荷重の組合せを考える。また、このときの安全率は、表中の値を 0.93 倍した値となる。
- (2) 表中 11 および 12 の組合せでは、主荷重にロングレール縦荷重を考えない。
- (3) 表中 1 から 10 までにおいて、SM 58 および SMA 58 の鋼材を用いる場合と座屈に対して限界状態の照査を行う場合には [] 内の値を用いるものとする。

解説表 6.3 鋼構造建築物⁴⁾の限界状態・荷重の組合せ・安全率

	荷重の組合せ	設計荷重	安全率
終局限界状態（長期荷重の場合）			
1	固定荷重+積載荷重	G+P	1.50
2	固定荷重+積載荷重+積雪荷重	G+P+S	1.50
終局限界状態（短期荷重の場合）			
3	固定荷重+積載荷重+積雪荷重	G+P+S	1.00
4	固定荷重+積載荷重+風圧力	G+P+W	1.00
5	固定荷重+積載荷重+積雪荷重+風圧力	G+P+S+W	1.00
6	固定荷重+積載荷重+地震力	G+P+K	1.00
7	固定荷重+積載荷重+積雪荷重	G+P+S+K	1.00
疲労限界状態			
1	積載荷重	P	1.50
使用限界状態			
1	積載荷重	P	1.00

注) (1) クレーンによって支持構造部分に生ずる応力は、応力の組合せに際して積載荷重による応力として算定する。
 (2) 2台以上のクレーンが同時に支持構造部に影響を与える場合は、クレーンによる応力の組合せは、実状を考慮し、実際作業上起こりうる組合せのうちで最も不利な場合をとる。
 (3) 柱継手・柱脚の算定に対しては、暴風時・地震時の応力の組合せの場合に積載荷重を無視した組合せについても考慮する。
 ただし、鋼構造建築物の材料強度は、本指針5章の材料の強度と若干異なるので、解説表6.3の適用にあたっては十分配慮する必要がある。

解説表 6.4 送電用鉄塔⁵⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷重の組合せ	安全率
1	平常時：固定荷重+風荷重+氷雪荷重+架渉線張力荷重	1.50
2	強風時：固定荷重+風荷重+氷雪荷重+架渉線張力荷重	1.00
3	着雪時：固定荷重+氷雪荷重+架渉線張力荷重あるいは固定荷重+風荷重+氷雪荷重+架渉線張力荷重	1.00
4	作業時：固定荷重+氷雪荷重+架渉線張力荷重	1.50

解説表 6.5 水圧鉄管⁶⁾の荷重の組合せ・安全率

(a) 露出管の場合

	荷重の組合せ	安全率
1	管内満水時：内圧+管の自重+管内水の重量+温度変化	1.80
2	管内充水時：管内水の重量	1.20
3	管内空虚時：排水時外圧	1.20

(b) 埋設管の場合

	荷重の組合せ	安全率
1	管内満水時：内圧+温度変化	1.80
2	管内空虚時：外圧	1.20

解説 表 6.6 石油パイプライン⁷⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
1	主荷重	2.00
2	主荷重+風荷重	1.60
3	主荷重+雪荷重	1.60
4	主荷重+温度変化の影響	1.60
5	主荷重+地震の影響	1.20
6	主荷重+他工事の影響	1.35
7	主荷重+設置時の影響	1.10

解説 表 6.7 海底パイプライン⁸⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
1	主荷重	2.00
2	主荷重+風圧力	1.60
3	主荷重+波力及び流れの力	1.60
4	主荷重+地震力	1.20
5	主荷重+投げようによる衝撃荷重	1.35
6	主荷重+温度変化の影響	1.60
7	主荷重+敷設時の荷重	1.10
8	主荷重+他工事による影響	1.35

解説 表 6.8 水門扉⁶⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
1	常 時：自重+静水圧+泥圧+波圧+浮力+風荷重+雪荷重+温度変化による影響+流水による水圧変化及びこれに起因する振動による荷重増加と閉閉力または水圧	2.00
2	地震時：自重+静水圧+泥圧+波圧+浮力+水圧+雪荷重+地震時動水圧+地震時慣性力	1.35

注) 終局限界状態における安全率は、高圧水門扉の場合には表中の値を 14 % 増加させ、常時使用状態にない水門扉の場合には表中の値を 11 % 減少させるものとする。

解説 表 6.9 LNG 地上式貯槽⁹⁾の荷重の組合せ・安全率

(a) 内槽の場合

内槽の場合の荷重の組合せと安全率は、13.3.6 によるものとする。

(b) 外槽の場合

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
長期荷重の場合		
1	通常運転時：自重+内外槽間ガス圧力+保冷材圧力+積雪荷重	1.50
短期荷重の場合		
1	地震時：自重+内外槽間ガス圧力+保冷材圧力+積雪荷重+地震荷重	1.00
2	強風時：自重+内外槽間ガス圧力+保冷材圧力+積雪荷重+風荷重	1.00
3	保守・点検時：自重+内外槽間ガス圧力+保冷材圧力+積雪荷重+活荷重	1.00
4	気密試験時：自重+試験荷重	1.00

解説表 6.10 鋼管矢板基礎¹⁰⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
1	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重	1.70
2	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+温度変化の影響	1.50
3	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+風荷重	1.35
4	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+温度変化の影響+風荷重	1.25
5	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+制動荷重	1.35
6	主荷重+主荷重に相当する特殊荷重+衝突荷重	1.00
7	活荷重および衝撃以外の主荷重+地震の影響	1.15
8	活荷重および衝撃以外の主荷重+地震の影響+温度変化の影響	1.00
9	施工時荷重	1.15

解説表 6.11 開削トンネル¹¹⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
1	地表上の荷重+地表上の活荷重による衝撃の影響+土被り荷重+土圧+水圧+浮力+トンネル内の荷重	1.70
2	地表上の荷重+地表上の活荷重による衝撃の影響+土被り荷重+土圧+水圧+浮力+トンネル内の荷重+温度変化および乾燥収縮の影響	1.50
3	地表上の荷重+地表上の活荷重による衝撃の影響+土被り荷重+土圧+水圧+浮力+トンネル内の荷重+地震の影響	1.15

注) 施工時の場合には、施工時の状態、期間を考慮して安全率を低減することができる。

解説表 6.12 海洋鋼構造物¹²⁾の荷重の組合せ・安全率

	荷 重 の 組 合 せ	安全率
完成時の場合		
1	常時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重	1.70
2	暴風時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重	1.15
3	地震時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重+地震の影響	1.15
4	船舶衝突時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重+船舶衝突力	1.05
施工・架設時の場合		
1	常 時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+施工および架設時荷重	1.30
2	暴風時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重+施工および架設時荷重	1.05
3	地震時：上部工からの荷重+死荷重+浮力または揚圧力+土圧+温度変化の影響+静水圧+流水圧+波圧+風荷重+地震の影響+施工および架設時荷重	1.05

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) 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。
- 3) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説（鋼鉄道橋），1983年4月。
- 4) 日本建築学会：鋼構造設計規準，1973年5月。
- 5) 電気学会：送電用支持物設計標準，1983年4月。
- 6) 水門鉄管協会：水門鉄管技術基準，1981年11月。
- 7) 日本道路協会：石油パイプライン技術基準（案），1974年3月。
- 8) 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。
- 9) 日本ガス協会：LNG地上式貯槽指針，1981年12月。
- 10) 日本道路協会：鋼管矢板基礎設計指針，1984年2月。
- 11) 土木学会：開削トンネル指針，1977年1月。
- 12) 土木学会：海洋鋼構造物設計指針（案）解説，1973年8月。