

第 3 章 荷 重

3.1 荷重の種類

架設計算にあたっては次の荷重を考慮するものとする。

1. 基本鉛直荷重 (P_0)
2. 風 荷 重 (W)
3. 地震荷重 (EQ)
4. 温度変化の影響 (T)
5. 照査水平荷重 (H_0)
6. 衝 撃 荷 重 (I)
7. 摩 擦 力 (F)
8. 不均等荷重 (U)
9. 予想される特殊な荷重 (S)

【解 説】 構造物を架設する際に、通常考えなければならない荷重の種類を列挙した。これらは必ずしも全部考慮する必要はなく、架設する構造物の種類や架設の工法、時期、期間等の諸条件を検討することにより、適宜選定することができる。

その他、土圧、波圧、衝突荷重等の特殊な荷重が作用すると予想される場合には、必要に応じてそれを考慮しなければならない。

3.2 荷重の組合せ

架設の計算は次の荷重の組合せのうち、最も不利な組合せについて行うことを原則とする。

1. $P_0 + H_0 + T + F + U + S$
2. $P_0 + H_0 + T + I + F + U + S$
3. $P_0 + W + T + F + U + S$
4. $P_0 + EQ + T + F + U + S$

ここで、 P_0 ：	基本鉛直荷重	S ：	予想される特殊な荷重
H_0 ：	照査水平荷重	I ：	衝 撃 荷 重
T ：	温度変化の影響	W ：	風 荷 重
F ：	摩 擦 力	EQ ：	地震荷重
U ：	不均等荷重		

【解説】ここでは、架設中、同時に作用する可能性のある荷重の組合せを列挙した。最も不利な荷重の組合せは、各荷重の作用頻度やそれが構造物および各部材に与える影響が、構造物の形式、架設工法等の諸条件により異なるため、一律に判定することは難しい。したがって、架設の計算にあたっては、架設の条件等を十分に検討し、不利となる荷重の組合せを的確に選定しなければならない。

なお、この指針では荷重の各組合せに対する安全率、許容応力の割増しは第4章に規定している。

3.3 基本鉛直荷重

基本鉛直荷重は、本体構造物、仮設構造物、および架設機材等の重量とし、各架設段階ごとに算定するのを原則とする。

なお、架設中に積雪が予想される場合には、架設地点の実状に応じて雪荷重を考慮するものとする。

【解説】架設中、構造物に当然作用すると考えられる鉛直方向の荷重として基本鉛直荷重を規定した。基本鉛直荷重は架設計算の基本となるもので、各架設段階ごとに十分な精度で算定しなければならない。

積雪を考慮する必要がある場合は、架設地点の既往の最大積雪量、積雪の頻度、雪の性質等を調査して適切な雪荷重を決定しなければならない。雪の単位重量は、地域や季節などにより異なるが大体の目安としては下記のようなものである。

降りたての雪	150 kg/m ³
やや落着いた雪	300 kg/m ³
圧縮された雪または多量に水を含んだ雪	500 ~ 700 kg/m ³

3.4 風荷重

風荷重は、架設する構造物の形状、架設の条件等を考慮して定めるものとする。

風荷重は、水平荷重とし、考えている部材に最も不利な応力が生じるように負載するのを原則とする。

また、架設する構造物や部材が風により振動するおそれのある場合は、必要な対策を講じなければならない。

【解説】風荷重は、本指針が対象とする構造物が広範囲にわたり、一律に規定するのが困難なため、架設時設計風速による風圧力と構造物の有効投影面積を基本にして算出するのを原則とした。

構造物の単位面積当りに作用する風圧力 P (kg/m²) は、空気密度 ρ (一般に0.125 kg・s²/m⁴が使われている)、設計風速 v_D 、および抗力係数 C_D を用いて次式により計算する。

$$P = \frac{1}{2} \rho C_D v_D^2 \quad \dots\dots\dots (3.4.1)$$

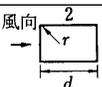
この場合、架設時の設計風速は、架設地域の過去における強風記録統計をもとにして、架設期間と所要の安全

性（非超過確率）から再現期間およびこれに対応する再現期待値としての基本風速を求め、それに、架設現場の地形、高度等の環境補正、架設する季節による補正、架設する構造物の規模による補正等を施して定めるのが望ましい。

なお、具体的な算定方法と計算例は、付属資料Iに示したので参照されたい。

また、抗力係数は、特殊な構造物の場合は風洞実験を行って求めるのが望ましいが、一般には、表 3.4.1 を参考にして定めてよい。

表 3.4.1

断面形状		抗力係数	断面形状		抗力係数
風向 → ○	円形断面	1.2	風向 → 	矩形 (()は r>d/12のとき)	1.5(1.1)
→ 	平板またはそれに近い形状	2.2	→ 	正方形 (")	2.1(1.5)
→ 	平板またはそれに近い形状	1.8	→ 	1 長方形	2.7
→ 	正方形 (対角線方向)	1.5	→ 	1 長方形 (()は r>d/29のとき)	2.3(2.1)

なお橋梁の場合、最近、本州四国連絡橋耐風設計基準において構造の形式を勘案した抗力係数として次のような値が提案されている。

表 3.4.2

構造部分		抗力係数	備考
橋梁	トラス構造 単橋床	$1.1\sqrt{3/(2\phi)}$	角形部材よりなる2面トラス補剛吊構造部で、 $0.2 \leq \phi \leq 0.45$ の範囲に適要
	複橋床	$1.2\sqrt{3/(2\phi)}$	
構造	充腹構造	$2.1 - 0.1(B/D)$	$8 \geq B/D \geq 1$ の場合
		1.3	$B/D > 8$ の場合

ここに、 ϕ ：充実率、B：桁幅、D：桁高

架設時の風荷重の決め方については、従来、特に定められた方法はなかったが、過去に建設された大規模な橋梁では架設期間を考慮して完成構造物の設計風荷重の半分を目安にしている例がある。

風荷重は、原則として架設する構造物の風上側軸線に直角水平方向に作用する等分布荷重とし、考えている部材に最も不利な応力が生じるように負載することとした。ただし、風向き方向に部材が重なっている場合でも、風下部材に相当な風圧が予想されるときには、風下側にも風荷重を負載するものとする。

可とう性に富む構造物部材のように、架設中、風により振動が生じるおそれのあるものについては、十分な対策を講じておく必要がある。この具体策としては、構造物、部材の断面形状を変える方法と、耐風索を張るなどして補強する方法とがあるが、一般には後者が多く用いられている。

このほか、構造物の形状や架設の条件によっては、斜風や吹き上げ、吹き下ろしの風により危険な状態が生じる場合もあるので注意を要する。

なお、平穏な日を選び短時間内に作業を終了することができる場合には、特に風荷重を考慮する必要はない。

3.5 地震荷重

地震荷重は、基本鉛直荷重に架設時設計震度を乗じたものとし、集中荷重として検討の対象とする構造物の重心に水平方向に載荷するものとする。

架設時設計震度は、完成構造物の設計震度と架設の諸条件を考慮して定めるのを原則とする。

【解説】 地震荷重は、道路橋耐震設計指針にならって基本鉛直荷重に震度を乗じて求め、検討の対象とする構造物の重心位置に水平方向のみに作用するものとした。ただし、水平面内での作用方向は一律には決めがたいので、考えている部材に最も不利な応力が生じるように、適宜選定しなければならない。

架設時の設計震度については、架設の工法、架設の段階での構造物の応答特性、架設期間、架設される構造物の重要度等を勘察し、完成した構造物の設計震度を補正して算出する方法が建設省土木研究所において研究されている。

なお、最近では石油タンク、パイプライン等も道路橋耐震設計指針にならって架設地域、地盤、構造物の重要度等を考慮して設計されるようになっている。参考として同指針を 付属資料Ⅱ に示した。

3.6 温度変化の影響

温度変化の影響は、それにより構造物部材に生じる変形もしくは応力として考慮するものとする。

温度変化の範囲と膨張係数は、架設する構造物の形状や架設条件を検討したうえで、実状に応じて定めることとする。

【解説】 架設計算に際して考慮すべき温度変化の範囲は、架設する構造物の形状、架設時の気象条件、および工法等の架設条件により異なり、また、必ずしも一律に規定する必要もないので、これらの条件を検討したうえで、実状に応じて適宜定めることとした。

高次の不静定構造物の閉合を含むような特殊な架設では、昼夜の温度差は 30 deg、日光直射部分と日陰部分の温度差は 15 deg として検討している場合が多いが、一般の架設条件のもとではこの値は低減してよい。

計算に用いるべき線膨張係数は、たとえば道路橋示方書では次のように規定されている。

- 1) 鋼橋における鋼の線膨張係数は 12×10^{-6} とする。
- 2) コンクリート橋における鉄筋およびコンクリートの線膨張係数は 10×10^{-6} とする。
- 3) 鋼とコンクリートの合成桁橋における鋼およびコンクリートの線膨張係数は 12×10^{-6} とする。

なお、鋼床版箱形断面部における舗装前の温度分布の実測例を図 3.6.1 に示す。

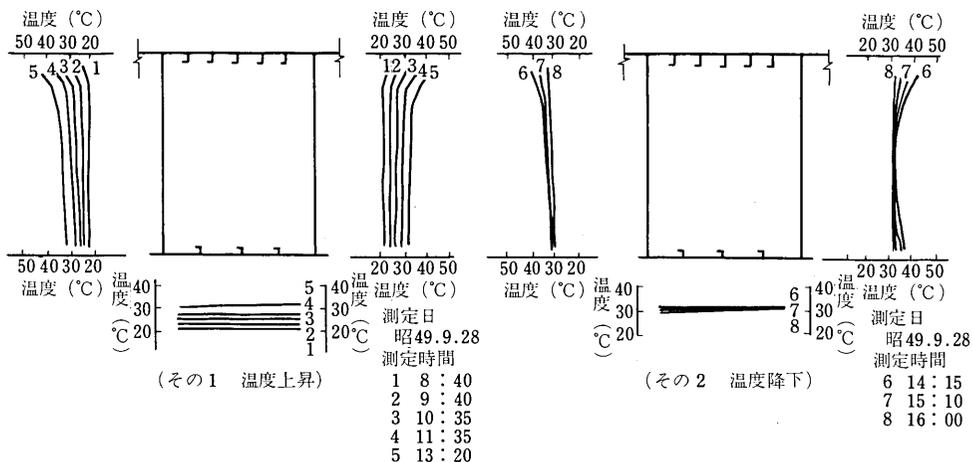


図 3.6.1 温度分布の時間的推移（建設省木曽川橋梁 9月末測定）

3.7 照査水平荷重

照査水平荷重は、基本鉛直荷重に適切な係数を乗じたものとし、集中荷重として構造物の重心に水平方向に作用するものとする。

【解説】 水平荷重は、鉛直荷重に比べて不確定な要素が多く、明確に算出することが困難な場合が多い。このため、特に水平荷重が予想されない架設条件のもとでも、安全を図る意味で、必要最小水平荷重として照査水平荷重を考慮するものとした。

基本鉛直荷重に乗じる係数は、架設する構造物の形状、架設工法等を検討して適宜定めることとした。なお、通常の架設ではこの係数を 0.05 としている例があるが、この場合、照査水平荷重は水平震度 0.05 の地震荷重に等しく、更に一般の道路橋の示方書によれば、15 m/s 前後の風による荷重に相当するものとして取り扱われている。

3.8 衝撃荷重

吊込器具等の設計にあたっては衝撃荷重を考慮するものとする。

衝撃荷重は、吊込部材重量に衝撃係数を乗じたものとし、吊込部材重量に加えて検討するものとする。

【解説】 吊込器具等（たとえば、吊金具、吊材、受け台、巻上機等）の設計にあたっては、工法等の架設条件にかかわらず、すべて衝撃荷重を考慮しなければならない。

衝撃係数は、クレーン構造規格に規定されているものについてはそれによればよいが、同規格の適用範囲外のものについては、諸条件を検討して適切な値を選定しなければならない。

なお、一般的な吊込条件のもとでは、衝撃係数は 0.2 とする場合が多いようである。

通常の架設の場合は、本体構造物に対して衝撃荷重を考慮する必要はないが、吊込む部材の重量が大きい場合

などの特殊な架設条件のもとでは検討の必要が生じることもあるので注意を要する。

3.9 摩 擦 力

摩擦力は、摩擦面に垂直方向に作用する荷重に摩擦係数を乗じたものとする。

摩擦係数は、摩擦面の形状等を調査し、検討の対象とする構造物に不利になるように値を選定するものとする。また、引出し、横びきなどのひかえ索等の設計にあたっては摩擦力を期待してはならない。

【解 説】 摩擦係数は、摩擦面の形状、材質等により大きく異なるので、施工前に実験を行って求めるのが望ましい。実験が不可能な場合には諸条件を検討して決めなければならないが、参考として摩擦係数の一例を表 3.9.1 に示す。また、摩擦力には不確定な要素が多いため、安全を図る意味で、検討する構造物に対して不利となるように摩擦係数を選定することとし、更に引出し、横引きのひかえ索等の重要な構造要素の設計にあたっては摩擦力を期待してはならないこととした。

表 3.9.1 -(1) 金属の室温、大気中の運動固体摩擦係数

摩 擦 片	摩 擦 面	μ
Pb, Mo, Ni, Ag, Zn ホワイトメタル ケルメット, マグノリア りん青銅, Cu-Cd	軟 鋼	0.40 } 0.30 ~ 0.35
軟 鋼	軟 鋼	} 0.35 ~ 0.40
硬 鋼	硬 鋼	

備考: いずれも比較的低速の値で、静止摩擦係数に近いと考えられる。表面のよごれは比較的少ない。

出典: 機械工学便覧, 丸善

表 3.9.1 -(2) 非金属の室温、大気中の固体摩擦係数

摩 擦 片	摩 擦 面	μ_0
石 (れんが)	石 (れんが)	0.6 ~ 0.7
石	金 属	0.3 ~ 0.4
石	土	0.5 (乾) ~ 0.3 (湿)
土	土	0.25 ~ 1.0
木	木	0.5 (乾) ~ 0.2 (湿)
木	石	0.4
木	金 属	0.6 (乾) ~ 0.2 (湿)
ゴ ム	ゴ ム	0.5
ナ イ ロ ン	ナ イ ロ ン	0.15 ~ 0.25
テ フ ロ ン	テフロン (鋼)	0.04

出典: 機械工学便覧, 丸善

表 3.9.1-(3) 潤滑油の摩擦係数

潤滑剤	μ_0		粘度 ポアズ (20°C)
	軟鋼/ 鋳鉄	軟鋼/ 鉛青銅	
ベ イ ヨ ン 油(M)	0.213	0.234	1.65
F.F.F. シリンダ油(M)	0.193	0.236	19.5
スピンドル油(M)	0.183	0.262	0.55
バルボラインシリンダ油(B)	0.143	—	~15.0

注：()内のMは鉱油，Bは混成油を意味する。
出典：機械工学便覧，丸善

表 3.9.1-(4) ころがり摩擦係数， f_{cm}

回 転 体	ころがり面	f_{cm}
鋳 鉄 (軟 鋼)	鋳 鉄 (軟 鋼)	0.02 ~ 0.04
軟 鋼	木	0.15 ~ 0.25
焼入鋼のころ，または玉	鋼 の 環	0.0005 ~ 0.001
軟 鋼	軟 土	7.5 ~ 12.5
空 気 入 り タ イ ヤ	よ い 道 路	0.05 ~ 0.055
空 気 入 り タ イ ヤ	わ る い 道 路	0.1 ~ 0.15
む く ゴ ム タ イ ヤ	よ い 道 路	0.1
む く ゴ ム タ イ ヤ	わ る い 道 路	0.22 ~ 0.28

ここに， μ ：動摩擦係数， μ_0 ：静摩擦係数
出典：機械工学便覧，丸善

3.10 不均等荷重

構造物や架設機材を3点以上で多点支持する場合は，各支持点の相対変位を不均等荷重として考慮するものとする。

不均等荷重は，各支持点の相対変位がないと仮定して算出した支持反力に適切な係数を乗じて求めるのを原則とする。

【解 説】 構造物や架設機材を多点支持する場合や，その状態で打上降下作業を行う場合には，各支持点に相対変位が生じ予想以上の反力が特定の支持点に生じることがあるのでこの規定を設けた。

不均等荷重の大きさは，支持条件，作業条件等により大きく異なるので，その算出にあたっては十分な検討が必要である。なお，通常のベント架設等においては，計算に用いる係数は次のものを採用している場合が多い。

剛な構造物を多点支持した状態で打上降下作業を行う場合

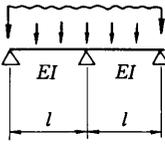
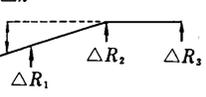
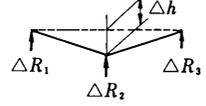
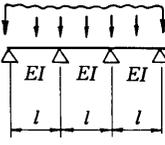
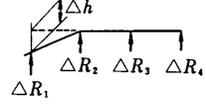
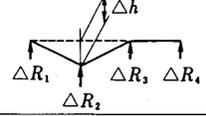
{	単動ジャッキ	0.5 ~ 1.0
	連動ジャッキ	0.1

剛な構造物を多点支持した場合 0.2

(ただし，大規模な沈下はそのつど修正するとしたとき)

参考として，連続ばりの支点沈下による支点反力の増大量を表 3.10.1 に示す。

表 3.10.1 支点沈下による支点反力の増大量

		Δh 沈下したときの支点反力の増大量 (ΔR)			
		ΔR_1	ΔR_2	ΔR_3	ΔR_4
		$-\frac{3EI\Delta h}{2l^3}$	$3\frac{EI\Delta h}{l^3}$	$-\frac{3}{2}\frac{EI\Delta h}{l^3}$	
		$\frac{3EI\Delta h}{l^3}$	$-\frac{6EI\Delta h}{l^3}$	$\frac{3EI\Delta h}{l^3}$	
		$-\frac{8EI\Delta h}{5l^3}$	$\frac{18EI\Delta h}{5l^3}$	$-\frac{12EI\Delta h}{5l^3}$	$\frac{2EI\Delta h}{5l^3}$
		$\frac{18EI\Delta h}{5l^3}$	$-\frac{48EI\Delta h}{5l^3}$	$\frac{42EI\Delta h}{5l^3}$	$-\frac{12EI\Delta h}{5l^3}$