

第二関門道路主橋梁部の設計指針について

建設省九州国道事務所 正員 伊達要正

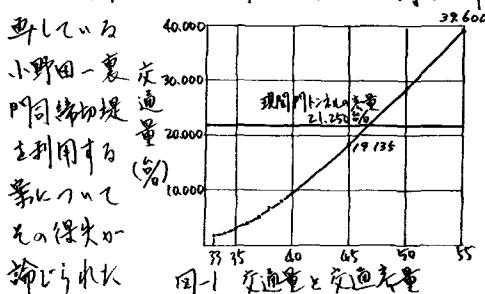
まえがき

鋼橋の設計において 150^m 以下の橋梁については鋼道路橋設計示方書（以下現行示方書という）が適用されるが、 150^m を超える橋梁を対象とする場合に比荷重のとり方や設計細目に於て必要な補正を行なわなければならないことは周知のことである。長大橋の設計荷重のうちとくに影響が大きく、かつ、現行示方書の考え方と異なった考え方をしてなければならないものに活荷重、風荷重、地盤荷重があげられる。

ここでは、関門海峡に架設新築されてから関門吊橋の上部構造の設計において用いようとしているこれら荷重の求め方、荷重の組合せ等についてお話ししたいものである。

1. 第二関門道路について

昭和33年に開通した関門国道トンネルの交通量は当初の計画走行力に上回っており、二の子と進むに早晩その交通量の限界を超えるものと推定されるに至つたので、建設省では昭和39年度より関門海峡にもう一つの道路施設を建設すべく調査を開始した。考え方から道路施設として橋梁案、トンネル案（2案）、運輸省で計画している



結果、建設省は昭和40年12月、昭和41年3月でK関門海峡に吊橋を建設することを決定し、次のように発表した。

- (1) 交通量の推計によれば昭和41年にK関門トンネルの交通量は年間の限度 21,500台を超過する。
- (2) 昭和39年度年平均日交通量 7.910%
- 昭和39年度最大日交通量 10.862%
- 昭和40年度最大日交通量 14.116%
- (3) したがつて、第二関門道路は昭和41年3月供用開始できることを建設する必要がある。
- (4) 将來の交通需要を予測するにK橋梁案よりトンネル案の事業費が他の損失を調査検討した結果、第二関門道路としては海峡部K吊橋方式、橋梁を架設する計画が最も適切である。
- (5) 本橋梁の架設に付随する道路整備と十年計画の改修を行つてすれちかに着工する必要がある。

1) 第一期計画として関門海峡の架橋(4車線)、現国道の接続する。これに要する事業費は約155億円である。

2) 第二期計画として中国製造自動車道と九州製造自動車道との接続する。これに要する事業費は取付道路として約85億円である。

以上、参考までに前述の比較を行なった際の橋梁案の主要諸元をあげると次のとおり。

延長 11.64^m (内吊橋部 1.068^m)

跨間 71.2^m 倒跨間 17.8^m

橋高 61^m 支橋高 147.1^m

下路高 4.60^m

2. 設計荷重について

設計荷重については軋荷重、沿荷重、衝撃荷重、地盤荷重、温度変化の影響、立点移動の影響、架設荷重などの検討がある。ここでひとくに問題となる沿荷重、風荷重および地盤荷重の考え方について記す。

2.1 沿荷重

(1) 床版、床組およびハンガー

床版、床組およびハンガートラック荷重T-20を載荷する場合、現行手方書では1橋につき縱方向に1台、横方向には制限が付いたものとすれども走行するものとし、閘門吊橋のうな自動車専用道路では車線ごとに考え方を重視するため沿荷重の載荷にあたっては橋幅方向に1台、橋軸直轄方向に1車線数相当する台数を同時に載荷し、それぞれの1台荷重は自己車両と隣接する側壁または車線分離帯の範囲で移動して走る形式で表わす。

(2) 神剛トラス、ケーブル、塔、アンカー

神剛トラス、ケーブル、塔およびアンカの設計に用ひた沿荷重については等分布荷重として一般に次式で表わす。

$$P = p \times K \times C$$

$\therefore K$ P : 等分布荷重 ($\text{kg}/\text{m}(\text{車線})$)

p : 基本沿荷重 ($\text{kg}/\text{m}(\text{車線})$)

K : 橋軸方向の沿荷重の減率

C : 車線数による沿荷重の減率

橋軸方向の沿荷重の減率 K は以下、建設省土木研究所の実験、東京都内4車線道路の各車線上に分布した自動車流の実測結果より次の式が得られる。

$$50 \leq l \quad K = 0.32 + \frac{170}{200+l}$$

まことに車線数による沿荷重の減率はつれて同じ実測結果より次の値が得られる。

2車線	100%
3車線	90%
4車線	80%

1橋につき、基本沿荷重を $2,000 \text{ kg}/\text{m}(\text{車線})$ とする次の式に表わされる。

$$\begin{aligned} P &= p \times K \times C \\ &= n \times 2,000 \times 0.8 \times \left(0.32 + \frac{170}{200+l}\right) \\ &= n \times 1600 \times \left(0.32 + \frac{170}{200+l}\right) \end{aligned}$$

$n: K$ $l: \text{中央全開長}$

$n: \text{車線数}$

この式によって表わされた沿荷重を対象とする却体に最大荷重が位置に載荷する。

(3) 管理路、分離帶、地盤、衝撃

管理路: $11,350 \text{ kg}/\text{m}^2$ の等分布荷重を、分離帶上に現行手方書に規定されたトラック荷重T-20を載荷し、地盤、高欄につきは現行手方書の規定に付して設計する。

2.2 風荷重

(1) 設計風速

風荷重を求めるにはまず設計風速を決める必要がある。設計風速は基本風速 (10 分間平均風速 と表現され 100 年期特值) に対する構造物の高さによる補正を行ふ。次後 λ は水平表面積係数、 β は補正を行はれたもの。

高度による風の補正を行はうに以下の式を用ひる。

$$T_B = T_{10} \left(\frac{\lambda}{10} \right)^{\frac{1}{3}}$$

T_B : 地表面以上 z における風速 (m/sec)

T_{10} : 基本風速 (m/sec)

λ : 吊構造部; 神剛トラス中央点下部以下

ケーブルおよびハンガー: 神剛トラス中央点下部と塔頂点の中央部附近。

塔: 塔全体 $0.65 \sim 1.0$ 附近。

次に吊構造部、ケーブルおよびハンガーは水平方向に垂れ構造部およびハンガーは水平方向に垂れ構造物に対しては設計風速

支承の場合、基本風速に対して高さ比より補正を行なう後さらに水平長さより補正係数を算出し求めろ。(補正係数有り)

塔に付しては水平長さ補正を行なわぬか設
計風速を求める場合に基本風速に対して高さ
比より補正を行なう後さらに鉛直長さより補正
係数を算出し求めろ。(補正係数有り)

現在設計風速に関する基本風速の算定式と
指標式の別を記載しておき、開門海峡
における風特性を検討するところにて述べ
るが、これは一般に、開門海峡、開門公平地帯
 $n \rightarrow 6$ 、森林地帯 $n \rightarrow 3.5$ 、都市地域では
 $n \rightarrow 2.5$ と見らるべ。

(2) 構造物上作用する風荷重

構造物の橋軸方向と正橋軸直角方向の風荷
重として垂直力の抗力成分の計算式を示す
がこれ。单位風速(m/sec)をもとと

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A$$

$$\therefore P : \text{空気密度 } 0.125 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

V : 設計風速 (m/sec)

C_d : 抗力係数

A : 構造物横投影面積 (m^2)

主橋脚斜めの風に対する風荷重を求める解
析を行なうことは今後技術的問題である
が如く、一般の check load は、たとえ方を
上り風向に求めた場合橋軸直角方向と正橋軸
方向の風荷重により応力の増加が $\sqrt{2}$ の倍数
増加して求められる。

沿岸部上部構間に $1.5 m$ の位置: 150 kg/m の風
荷重を橋軸直角方向に作用させ、半架掛時:
船の自重と架設時: $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ の風速を用いて架設
中の構造物の風に対する風荷重分布と橋脚等の
影響を検討せよ。

2.3 地盤反応

吊橋上部構造の設計荷重は橋軸直角方向
と正橋軸方向の地震動に対して、上部構造

基部(主塔基部、ヤードル支点部)に最大加速度
の地震動が作用した場合の吊橋上部構造の
応答と求めた修正高さ地盤動に対する下部
構造の影響部と構造部の固有振動に対する震動
の増幅を考慮して補正系数の作用、鉛直方向の
地震動に対しては地震動に対する下部構
造の影響を考慮する必要はない。 α として上部
構造基部の最大加速度の地震動が作用した場
合の修正高さの系数をとる。

開門附近に想定される地震による地震の水平
加速度としては $0.15 g$ 、鉛直最大加速度としては
 $0.075 g$ が考へられる。

3. 材料と部材の許容応力度

3.1 鋼板および鋼管

部材の設計に用ひる鋼材の設計基本強度は

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_u}{\beta} \text{ で表わされる。}$$

$\therefore \sigma_0$: 設計基本強度

σ_u : 材料の强度限界(MPa)

β : 鋼種によって決まる係数

以下に(1)降伏強度比と設計製作上の大き
さの規制(年次)によるものとし、(2)は
主に橋正門法施工の用意、腐蝕の影響や
維持補修の困難性等と鋼種の選択とに
より生ずる材料固有の因子による強度
が既に導入されたものである。(3)は法
規で示す設計基本強度以上とし、(4)中
に材料固有の因子による強度が既に
既に考慮してあるため(1)に近い。

鋼種と係数 β

	鋼種	β
非調質鋼	SS41, SM41, SS50, SM50 HT 36/50	1.00
調質鋼	HT 50/60	1.05
	HT 63/70, HT 70/80	1.15

上回りの引張り抵抗はもとより、

3.2 平行線ヤーテル用索線

ヤーテルの設計に考慮する索線の設計基本強度

$$f_{st} = \frac{50}{1.2} \text{ で表わされる。}$$

ここで σ_0 : 全伸びの半分に相当する荷重

3.3 総重量の組合せと設計許容応力度

(1). 橋脚下アーチ、塔、ヤーテルアンカー部材

a. 許容応力度

設計許容応力度を f_{st} とすれば

$$f_{st} = \frac{50}{\gamma}$$

ここで γ : 安全率、たとえ車両荷重の組合せ

に対する許容応力度を f_{st} とする。

表-1 総重量の組合せと許容応力度の算出表

設計対象	総重量の組合せ	許容応力度の算出(%)
補剛構造	D+(SE)+T+L	0
	D+(SE)+T+TWT	35
	D+(SE)+T+LWT+TWT	25
	D+(SE)+T+LEQ+EQ	45
横構	ER	35
	TW	35
	EQ	45
ハシガード	D+T+L+I	0
ヤーテル	D+T+L	0
塔	D+(SE)+T+L	0
	D+(SE)+T+TWT	35
	D+(SE)+T+LWT+TWT	25
	D+(SE)+T+LEQ+EQ	45
ヤーテル脚	ER	35
	D+T+L	0
	D+TWT	25
	D+T+EQ	35

上記総重量の組合せの充てん状況を示す。

D: 地盤反力、L: 沿線荷重、T: 温度変化

LWT: 風荷重載荷時の沿線荷重、TWT: 寒期時風荷重

LEQ: 地盤荷重載荷時の地盤反力、WT: 沿線荷重載荷時の風荷重

EQ: 地盤反力、ER: 墓設時の荷重、I: 御竿

SE: 単点荷重影響係数 - 1.0 で計算する場合

蓄時荷重として取扱いが付加される。

軸方向荷重、曲げ引張、曲げ圧縮、せん断、支承反応力强度等は、材料力学計算書の强度規範等を参考のうえ方を準用する。

② ヤーテル

蓄時と荷重の組合せは、材料力学によるヤーテルの許容応力度 f_{st} は

$$f_{st} = \frac{50}{\gamma}$$

ヤーテルの弹性係数は $2,000,000 \text{ kg/cm}^2$ とす。

③ ハンガード

蓄時と荷重の組合せは、ハンガードの許容応力度は保延強度の $1/4$ とす。ハンガードの弹性係数は $1,400,000 \text{ kg/cm}^2$ とす。

(4) 荷重の組合せは、設計許容応力度を除し、総重量の組合せは、材料力学計算書の算出表を用いて算出する。

参考文献

第一回門道路の調査(昭和39年度)より開示されたが、市橋架設の前提としてこの調査の結果と昭和40年度からとててす。したがって、木橋に於ける荷重を含めた設計上の問題は、この昭和40年度までの建設を行なわれて現在木橋田園連絡橋の調査の成果を十分に活用していきたいと思われる。今後も既述したように各所に現れると予想されるのである。また地域は、途中の特殊性に因るか、あるいは設計上反映しないことになる。

参考文献

・木橋田園連絡橋特種調査第1次報告書

昭和40年5月

・土木研究所資料 木橋田園連絡橋特種調査

材料强度調査

調査会員 No.24, No.35, No.195

昭和40年