

Zur Berechnung der Pylonen der Rheinbrücke

Duisburg-Neuenkamp

(Duisburg-Neuenkampのライン橋の塔の計算について)

著者	誌名							ページ	図数	表数	抄録	査読	
F. Tschemmerneegg	Der Stahlbau, 1971, 11.							337 343	10	5	松田正弘 日本橋梁	松川昭夫 大阪市土木局	
分類	1	2	③	④	⑤	6	7	8	⑨	10	11	12	備考
	一般	計画	設計	解析	構造	製作	材料	ケーブル	架設	実験	耐風	その他	
関連ある番号に○印を, 特に詳細なものに◎印を付けた。													

1. 序 文

斜張橋の塔は, 座屈に対して十分に安全性をもつような剛性をもたねばならない。鋼造用高張力鋼 N-A-XTRA 70 (降伏点 $\sigma_y = 70 \text{ kg/mm}^2$) を使用することによって, 塔の曲げ剛度を減じることができ, よって橋軸方向におけるケーブルの動きから生じる塔の曲げモーメントが著しく減少した。

比例限界の高い N-A-XTRA 70 に対し, 塔の計算を行い, 極限応力, Engesser の座屈応力および安全率, また DIN 4114 による λ (細長比) に関する ω 値を与えている。

2. N-A-XTRA 70 を用いた塔の設計

2.1 概要と構造系の説明

塔は橋桁において, 橋軸直角方向には塔横シャイベに強固に剛結され, 自由端を上方にもつ棒と考えることができる。橋軸方向にも, 強固に剛結されている。横方向の塔の拘束は強く, 橋軸方向には橋桁の弾性変形によって, 弾性的に拘束されていると考える。不静定系の自重による応力状態は, ある範囲で自由に選定でき, 自重のもとでの塔は軸力が作用し, 曲げモーメントを受けないように考えることができる。

塔②の位置の最も短いケーブルを側スパン側で直接後方に定着する工法は, 基礎の施工が困難であったため, 実施されなかった。このため, 両方の塔の構造は異なっている。

以下に, GHH Strekrade 社の静力学計算の応力照査方法を示す。

2.2 II 次理論による塔に対する応力照査

主荷重状態が設計に対して決定的なケースとなり, 立体構

造系は, 次の2つの平面系に分解された。

- 1) 橋軸に直角な鉛直面内の系
- 2) 橋軸に沿う鉛直面内の系

このような分解は, 構造系に対してフックの法則が適用され, 軸力が両平面における計算において等しいとき許容される。なんとなれば, 重ね合わせの法則が応用できるからである。

DIN 4114 に基づいて, $\nu_{Kr} = 1.71$ の安全率を有する場合の荷重に対して応力を計算する。応力は次式によって計算する。ただし, N^* は表から引用する。

$$(\text{コーナーの応力}) \quad \sigma^* = \alpha \frac{N^*}{F} + \beta \frac{0.9 M_{I, Z-Z}^*}{W_{Z-Z}} \leq \sigma_F$$

塔の横断面と静定系による係数 α および β は,

$$\text{横方向に対し,} \quad \alpha = \frac{N^*/F + M_{II, x-x}^*}{N^*/F}$$

$$\text{橋軸方向に対し,} \quad \beta = \frac{M_{I, Z-Z}^*}{M_{II, Z-Z}^*}$$

ここに, * : ν_{Kr} 倍の荷重のもとでの断面力, I : I 次理論に基づく, II : II 次理論に基づく。

原著には, α 値 (横方向) および β 値 (長さ方向) について計算されている。

横方向には, 塔のサドル支承からくる反力および塔自重が, 集中荷重となって軸力を生ずる。橋軸方向には, 完全載荷橋梁に対し ν_{Kr} 倍の荷重をもって, I 次理論と II 次理論により最大軸力および最大曲げモーメントを計算する。I 次理論に基づく着目点モーメントの影響面, II 次理論に基づくモーメントの増加を考慮した影響面を使用する。

ケーブル力の増加が起こる位置において生ずる応力 $\Delta \sigma$ を

塔の荷重による応力に重ね合わせねばならない。増加の応力は近似的に、

$$\Delta \sigma = \sigma'' - \sigma' = \frac{\Delta N}{2} \left[\frac{1}{F_m} - \frac{1}{F} \right]$$

から決定される。ただし、 F_m は塔における ΔN が共に作用する横断面積、 F は塔の横断面積である。

最終の応力の重ね合わせは次のように求める。

$$\sigma = C_1 \cdot N + C_2 \cdot M_{1, Z-Z} + \Delta \sigma \leq \sigma_{zul}$$

この場合、 $C_1 = \frac{\alpha}{F}$, $C_2 = \frac{\beta \cdot 0.9}{W_{Z-Z}}$

は表から計算し、固定荷重による軸力は表から引用、交通荷重による応力は、モーメント影響面から計算する。

2.3 溶接継手に対する応力照査と座屈照査

溶接継手に対する許容応力度としては、降伏応力度の比

$$\sigma_{F, N-A-XTRA} / \sigma_{F, St52-3} = 1.94$$

で割増した St52-3 に対する溶接継手の許容応力度を使用している。

この方法の妥当性は Darmstadt 工科大学での、N-A-XTRA70 を用いた多くの実験により確認されている。

主として圧縮をかける塔においては、塔の軸に平行に走っている鉛直のすみ肉溶接継手は、曲げから生ずるせん断応力が小さいために、すべて壁厚さに関連して最小ののど厚を用いて施工されている。力の導入領域だけは、その継手が補強されている。塔壁の座屈安全率は、DIN 4114 Bl. 1, 17.6 条に基づき行う。塔細長比 $\lambda = 5.9$ に対し、 $\nu_K = 2.49$ であ

2.4 架設の計算

架設中塔はケーブルのサドルの領域で弱くなっている。そ

れは、塔の前面壁に大きな開孔部があるからである。これによる塔の曲げ剛性の減少は、架設中の大きな変形に対して好都合であった。サドル支承附近においては、すべての方向に座屈安全性を保つように、技術的に必要な考慮が払われる。

Ⅱ次理論に基づき、架設の状態に対して、応力照査を行い、単一横断面に対する付加的な安定性照査をする。この場合 ν_{Kr} は 1.35 である。

$$\sigma = \alpha \frac{N}{F} + \beta \cdot 0.9 \frac{M_{1, Z-Z}}{W_{Z-Z}} + 0.9 \frac{M_{wind}}{W_{x-x}} + \frac{\Delta M_i}{W_{x-x, i}}$$

ここに、 M_{wind} : ケーブルと塔に対する横方向風荷重

ΔM_i : 塔前面壁の開孔部領域に生ずる付加モーメント

3. N-A-XTRA70 に対する耐荷応力度、座屈および許容圧縮応力度の決定

細長比 λ に基づく座屈係数 ω 値、耐荷応力度、Engesser の座屈応力および安全率を DIN 4114 によって決定する。

4. 総括

塔の横断面と静力学系とに関係する係数 α と β を用いると、Ⅰ次理論による核点モーメントに対する影響面を適用して、Ⅱ次理論によるモーメント増加量を知ることができる。

N-A-XTRA70 を使用したために、St-52 を用いた塔の重量に対し、41% の重量節減になった。このうち、34% はより高い降伏点のため、また 7% は曲げ剛度の減少によるものである。このような大きな塔に降伏点の高い構造用鋼を使用することは、断面寸法が縮小できるので美観もよく、橋梁幅員を小さくできるなどの利点がある。

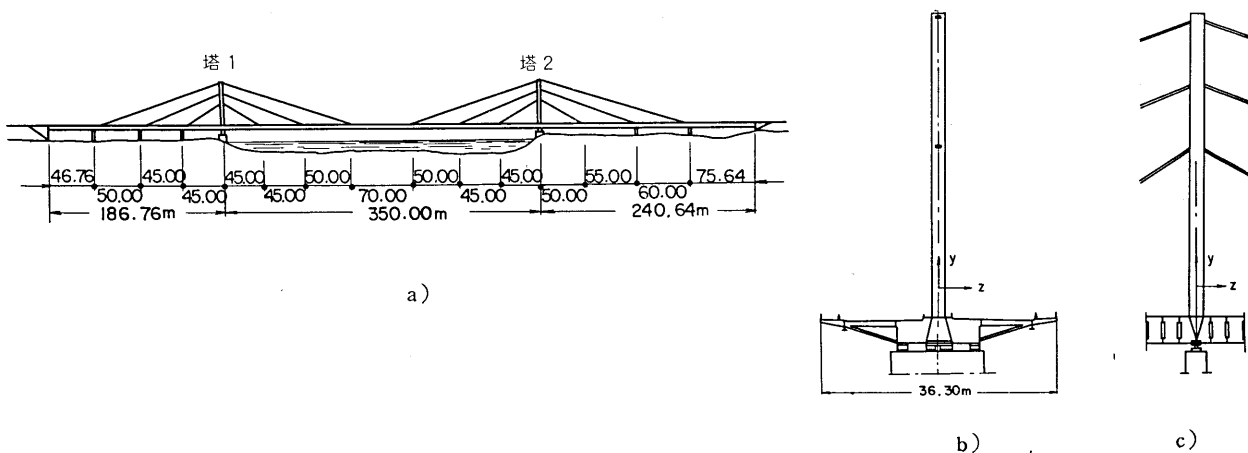


図 4.1 一般図