

標識用鋼管柱の腐食耐力と転倒衝撃力

広島工業大学 正会員

○佐藤 誠

朝日精版印刷(株)

真鍋 智寛

1. はじめに

17年前の1985年に広島市佐伯区三筋川にかかる御観橋のたもとに設置された広域避難場所を示す標識が、基部の腐食が原因で平成14年2月中旬に倒壊し信号待ちで停車中のタクシーを直撃した。

そこで本研究では、以下の2点について検討する。

- (1) 標識柱の倒壊の原因としての、腐食減肉と降伏応力の関係を、自重のみの場合と風圧が作用した場合について検討すること。

- (2) 標識柱が転倒して車を衝撃した時の衝撃力を推定すること。

2. 標識の概要¹⁾

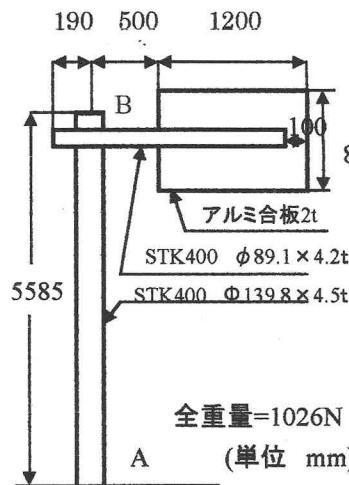


図 2.1 標識の概要



図 2.2 標識の写真

対象とする標識とその概要を図2.1,2.2に示す。

支柱の重量は821N、梁部の重量は154N、標識板(厚さ2mm)の重量は51Nであった。これらの総重量は約1026Nであり、標識の重心位置は基部より高さ3.36mの位置にある。また鋼管の材質はSTK400で、降伏応力は $\sigma_y=240\text{N/mm}^2$ 、極限応力は $\sigma_u=400\text{N/mm}^2$ である。

3. 倒壊時の応力解析

一般に、棒部材が軸圧縮力で破壊する場合は座屈応力を考えるのが普通であるが、本研究の場合は、支柱基部近傍の肉厚が局所的に腐食減肉して圧壊したと考えるのが適当であり、座屈による破壊とは考えない。したがって、以下では減肉に伴なう支柱基部の偏心圧縮に対する圧縮応力の最大値すなわち最

小主応力を考える。

(1) 標識に風圧が作用しない場合

この場合の基部の応力状態は、自重による軸応力 σ_N と曲げ応力 σ_B を合計した圧縮応力 σ_C となる。

(2) 標識板に平行に風(0~30m/s)が当たる場合

この場合の圧縮応力は、標識柱に風圧が作用して発生する曲げ応力と自重による曲げ応力、軸応力を合計したものになる。

(3) 標識板に垂直に風(0~30m/s)が当たる場合

この場合は、自重による応力に加え標識柱および標識板に垂直に風が当たることで発生する曲げ応力、およびねじりモーメントによって支柱基部に発生するせん断応力 τ から最小主応力 σ_2 を検討する。

4. 解析結果と考察

図4.1に前記(1),(2)の場合についての最小主応力 σ_2 と肉厚および σ_y , σ_u の関係を示す。ただし、風速0m/sは自重のみの応力を表す。

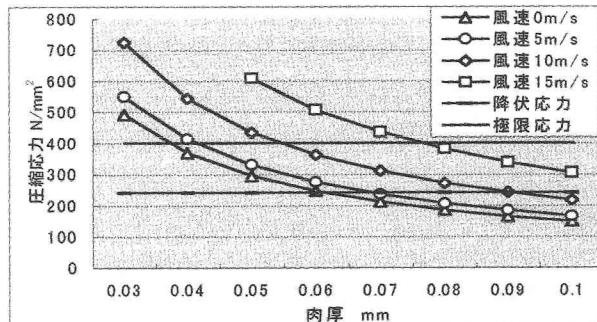


図 4.1 支柱基部の最小主応力(平行風向)

(1) 風圧を考えない場合(自重のみ)

降伏応力を超える肉厚は0.06mmで標識の倒壊時の転倒方向は車道側である。この肉厚に対する腐食速度は平均すると0.26mm/年となる。一般に、鋼材の腐食速度は穏やかな環境で0.05mm/年、厳しい環境で0.2mm/年程度とされており²⁾、この標識のあった環境はより厳しい環境下にあったといえる。実際、この標識は三筋川の川岸で河口から約1kmにあり、終始海風を受ける環境にあった。

(2) 風圧が標識に平行に作用した場合

風速10m/sでは降伏応力を超える肉厚は0.09mmで、倒壊時の転倒方向は車道側である。この時応力

は自重のみによる応力の1.4倍程度である。

台風並みの風速25m/sでは、降伏応力を超える肉厚は0.2mmであった。

(3) 風圧が標識に垂直に作用した場合

風速10m/sでは降伏応力を超える肉厚は0.15mmで、最小主応力が降伏応力に達して倒壊する時の転倒方向は車道と平行である。この時応力は自重のみによる応力の2.6倍程度である。なお、風速6m/s以下では、車道側に倒壊する。これらの関係を図4.2に示す。

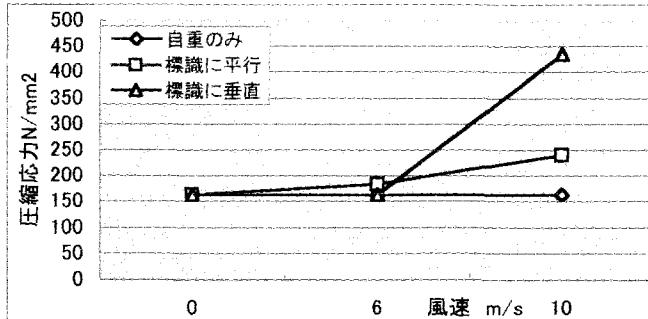


図4.2

5. 転倒衝撃力

(1) 衝撃力

標識が転倒して車を衝撃する状態は図5.1に示すように、支柱基部Aを中心回転しながらS点で車を衝撃すると考える。また、標識柱は剛体棒であり、衝撃によって車が弾性的に変形する弾性衝撃とする。

一般に、バネ定数kの被衝撃体を質量Mの剛体が高さhからの自由落下で衝撃する時、衝撃速度をV₀として、衝撃体の運動エネルギーが被衝撃体のポテンシャルエネルギーに変換されると考えると式(5.1)が得られる。

$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{kW_d^2}{2} - MgW_d \quad (5.1)$$

ここにW_dは衝撃点の動的変位であり、gは重力の加速度である。

したがって

$$W_d = \frac{Mg}{k} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \frac{kv_0^2}{Mg^2}} \right\} \quad (5.2)$$

$$= W_s \left\{ 1 + \sqrt{1 + \frac{kv_0^2}{Mg^2}} \right\} \quad (5.3)$$

となる。ここにW_sはMgによる静的変位である。

長さL、質量Mの剛体棒の回転慣性はI_r=ML²/3であるから、この棒の一端を回転中心として重心G

がh₁だけ落下すると、衝撃速度は

$$v_0 = \sqrt{6gh_1} \quad (5.4)$$

で得られる。したがって、衝撃力Fは

$$F = kW_d \quad (5.5)$$

で求められるが、ばね定数kを正確に推定するのが困難である。そこでトヨタクラウンのばね定数³⁾40N/mmをもとに、k=20,40,60,100N/mmの範囲で検討した。

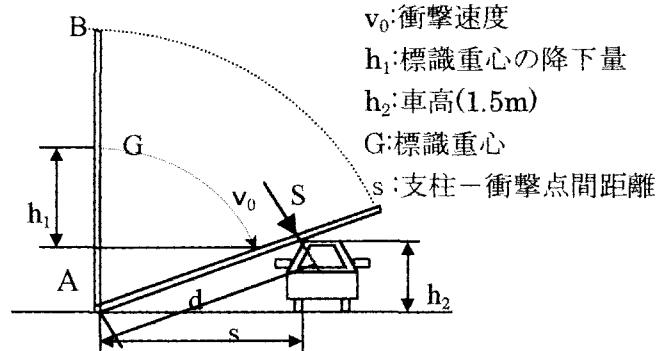


図5.1 標識柱の転倒と車への衝撃状態

(2) 倒壊時の衝撃応答

図5.2にMを標識の全質量として、s=3m,4mの場合のばね定数と衝撃力の関係を示す。sも正確な値は不明であるが、支柱基部から歩道縁石までが2.05mであることから推定した値で、s=3m,4mに対してそれぞれv₀=10.5m/sと11.4m/sとなる。

ばね定数が20N/mmの時に比べ100N/mmのときの衝撃力は2.2倍程度になる。

支柱車体間の距離がs=3mの時に比べs=4mの時では衝撃力は8%程度大きい値となる。

結局、今回の倒壊事故での車への衝撃力は20kN～40kN程度であったと推定される。

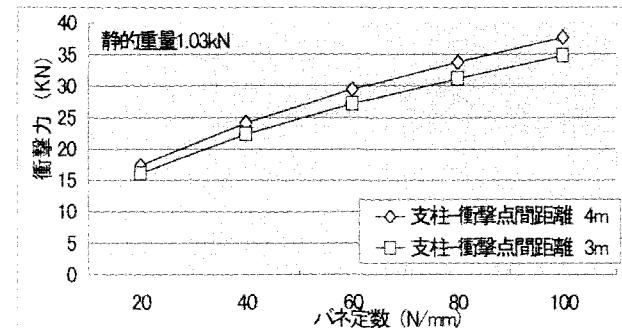


図5.2 バネ定数と衝撃力

6. 参考文献

- 1)広島市消防局,標識柱の概要
- 2)建築雑誌,vol.117,No.1494,p18,2002.
- 3)トヨタ HP,サスペンション資料