

鋼桁のせん断ひずみ測定と分析について

金沢大学 正員 ○城戸 隆良
金沢大学 正員 小堀 為雄

1. まえがき

既設道路橋上を通過する自動車荷重により、対象橋梁はひずみ、たわみ、振動する。その応答測定をする場合、一般に曲げひずみ、たわみ、加速度が測定の対象になるが、本研究では鋼桁橋を対象にして、従来あまり利用されていないせん断ひずみ成分の測定に着目し、理論的、実験的な検討を行っている^{1)・2)}。そのひとつの目的は、通過する自動車荷重による作用力を、橋梁の応答測定により推定する方法を検討することである。たわみ、曲げひずみによる方法も検討したが、これらによる方法には限界があり、現在、これに変わりせん断ひずみ成分の測定、分析、利用法、およびその限界や問題点の検討を進めているので報告する。

2. 測定法

本研究では、鋼桁のせん断ひずみ成分を測定する着目点は、桁の支間中央点あるいはその近辺の桁断面における中立軸位置を対象としている。また、通過する自動車は基本的に大型車1台が一定速度で通過する場合を想定して述べる。

せん断ひずみ成分は主桁の桁軸方向に対して 45° 方向の傾きのひずみ成分を測定することで得られる。その測定方法としては、図1で示すように1ゲージ法、2ゲージ法、および4ゲージ法などがある。なお、主応力を確認するには、3軸ゲージを用いる方法があるが、冗長となるのでその解析法の説明は省略する。

1ゲージ法は、単軸ゲージを桁軸に対して 45° 方向の傾きに接着し測定する。この場合、測定器の出力ひずみ値 ε_{45° とせん断ひずみ γ との関係は、 γ が非常に小さければ理論的に $\gamma = 2\varepsilon_{45^\circ}$ (rad) になる。

2ゲージ法では、2軸ゲージ(90°)を用いればよく、この場合、測定器の出力は1ゲージ法の2倍になり、出力ひずみ値 $2\varepsilon_{45^\circ}$ は γ に等しいという関係になる。

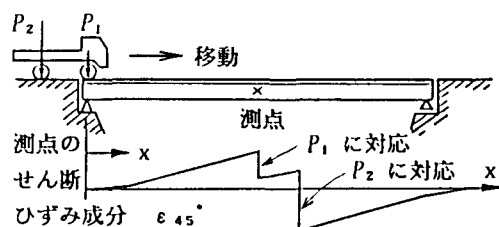
そして、4ゲージ法では、2軸ゲージ(90°)を2組用いればよく、この場合、測定器の出力は1ゲージ法の4倍になり、出力ひずみ値 $4\varepsilon_{45^\circ}$ を $1/2$ すると γ が得られる。

その他、半導体ゲージを使用することにより、見掛け上での出力を大きく得ることができる。たとえば、半導体ゲージのゲージ率を120.0とすると、真のひずみ ε と出力ひずみ ε_* との関係は、測定器の設定ゲージ率が2.0であるとすると、 $\varepsilon_* = (120.0/2.0)\varepsilon = 60.0\varepsilon$ となり、 ε の60倍で観察できることになる。ただし、この半導体ゲージはまだ高価で、単軸ゲージの10倍程度もすることと、ひずみの大きさによりゲージ率が若干変化する傾向をもっている。

このように、せん断ひずみを測定により求める方法は幾つかあるが、簡単な方法では1軸ゲージを用いる方法を利用するか、あるいは2軸ゲージを用いる。

さて、実際の鋼桁橋でどの程度の応答値を示すかについて1軸ゲージを用いる場合を検討してみる。

たとえば、文献3)により図2のように「等級一輻員一主桁間隔一主桁本数」、および、支間 L が異なる36橋の標準合成桁について、桁の中央断面を対象に、上下フランジの曲げひずみ ε_U 、 ε_L 、たわみ δ 、および、せん断ひずみ成分 ε_{45° を荷重 $P=5\text{tf}$ の通過に対して計算により求めてみた。その結果、 ε_{45° は30



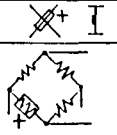
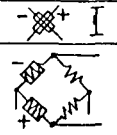
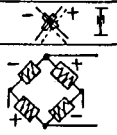
		
出力1倍	出力2倍	出力4倍
1ゲージ法	2ゲージ法	4ゲージ法

図1 測定法

μ から 17μ 程度であり、支間が短いほど大きいひずみ値を与えることがわかる。また、ひずみ値は曲げひずみの値にくらべて小さいので、出力を大きくする測定法で測定するのが望ましい。

3. 分析法

大型車が一台走行して行く場合、図3のような波形が得られる。理論的に、せん断応力 τ とせん断力 S およびせん断ひずみ γ との静的な関係は、

$$\tau = SQ/(bl) \quad (1)$$

$$\gamma = \tau/G \quad (2)$$

よって、 S と γ は

$$S = Gbl\gamma/Q \quad (3)$$

ここに、

Q : 桁断面中立軸に関する上側断面（または下側断面）の断面一次モーメント

I : 全断面の中立軸に関する断面二次モーメント

b : 中立軸における断面での幅（腹板厚）

G : 桁材料のせん断弾性係数

また、単軸ひずみゲージによる1ゲージ法での測定ひずみ値 ε_{45° と γ との関係は、

$$\gamma = 2\varepsilon_{45^\circ} \quad (4)$$

である。よって、式(3)に式(4)を代入することにより、通過していく自動車荷重による桁への作用力を推定することが可能になる。

たとえば、図3の結果に対して $G=8.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$, $b=0.9\text{cm}$, $I=4.460 \times 10^6 \text{ cm}^4$, $Q=2.43 \times 10^4 \text{ cm}^3$, $\gamma_1=2 \times 8 \times 10^{-6}$, $\gamma_2=2 \times 18 \times 10^{-6}$ であるとする、 $P_1 \approx 2140\text{kgf}$, $P_2 \approx 4820\text{kgf}$ と計算される。しかし、理論上での推定値であり、実際は基準荷重を通過させたときの値をキャリブレーション値として比較するのがよいと考える。

4. あとがき

せん断ひずみ成分の測定により、通過車両による桁への作用荷重の大きさを推定する方法について述べた。せん断ひずみ成分の測定法の実験的な確認は、実験室内で100mm高さのH形鋼の単純桁で比較的単純な荷重状態について行ってみたが、理論値と数%程度の誤差で作用荷重の推定ができた。しかし、実橋での確認実験では図3のように動的な振動成分を含んだ時間軸上での処理になり、また、種々の通行状態を呈するため、データ処理の方法を検討することが今後の課題である。

参考文献 1) 城戸・上村・小堀：既設橋梁の応答測定法に関する一考察，昭和62年度中部支部発表，I-28

2) 城戸・小堀：鋼桁橋のせん断ひずみ測定法とその利用法に関する一考察，第43回年次概要集I-215

3) 建設省道路局監修：道路橋標準設計図集(2)，日本道路協会，昭和38年

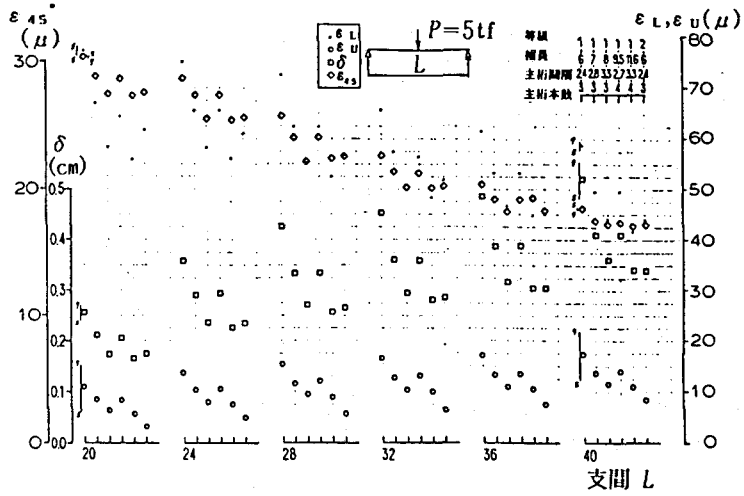


図2 合成桁³⁾での計算値 (荷重 $P=5 \text{ tf}$ 荷重時)

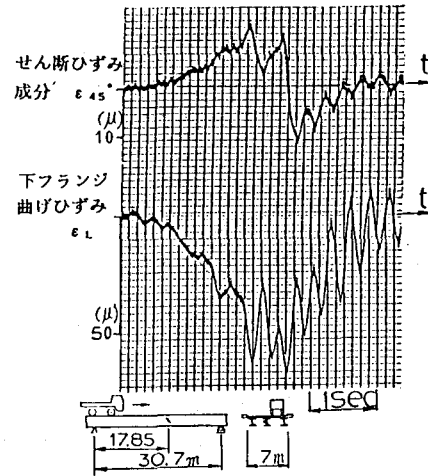


図3 大型車一台走行時での応答波形