

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

従来、道路橋の耐荷力試験として静的载荷試験がよく行われる。しかし、この試験の実施においては通行止めが必要となり、通行止めが容易でない路線では困難になる。これに代える方法として、試験車を走行させ、対象橋の動的応答を測定する動的走行試験の方法がある。この方法によれば通行止めの実施時間は短縮されるか、またはほとんど通行止めをしないで行うことができる。本報告では、道路桁橋の動的応答解析および動的走行試験結果のデータ処理について、1台の試験車が走行する場合を基本に基礎的な検討を示す。

2. 動的応答解析の結果の有効ケタに関する検討

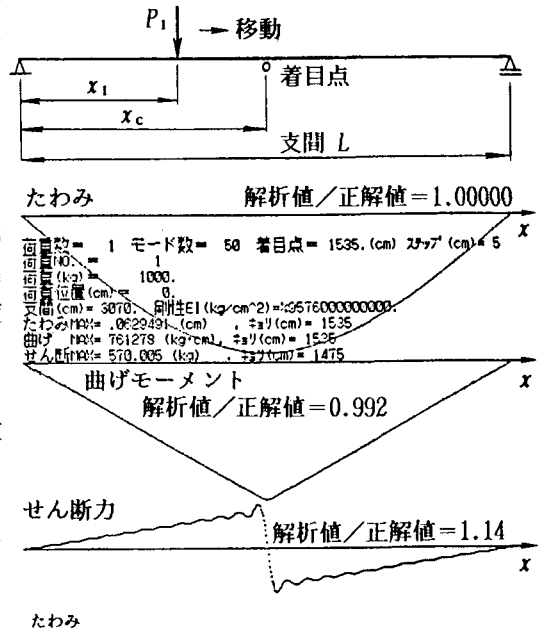
1台の自動車が行走する場合の桁橋の動的応答解析を行う場合、モーダル解析により行い、動的応答の傾向を求めることが多い。その場合、応答計算で採用したモード次数により応答結果の有効ケタを考慮しなければならない¹⁾。静的成分について検討した結果、たわみ応答について採用モード次数を1次のみとした場合では、着目点を支間中央とすると静的解析の結果に対して-1.45%の誤差となった。さらに上位のモード次数を採用し重ね合わせていくと上位2ケタから3ケタと計算結果の精度があがる。しかし、微分していくことによって得られる曲げモーメント、あるいはせん断力を求めようとすると単精度の計算では図1のようにモード次数を50次まで重ね合わせても十分な値が得られないことがわかる。このように、解析結果の精度を高めるためには多くのモード次数の重ね合わせが必要となり、多大な演算時間を要するため、一般にたわみ応答のみを求め、モード（振動モード）次数は高々3次程度まで採用する場合が多い。

3. 動的走行試験の結果のデータ処理について

1台の試験車が通過するときの桁橋の動的応答は図2のような波形が得られる。これは、3本主桁の合成桁（支間30.7m）上を3軸のトラッククレーンが通過した場合の支間中央付近の各桁下フランジの曲げひずみとたわみ、そして中桁の振動加速度の波形である。本報告ではひずみとたわみのデータ処理に着目した検討例を示す。

データ処理はサンプリング時間間隔とデータ数を決めてA-D変換を行いデジタルデータとしてパソコンで処理することが多い。処理の考え方は次のようである。

図2の各波形 $y(t)$ は静的成分 y_s と動的成分 y_d お



たわみ

$$y(x_c, x_1) = \frac{2 P_1 L^3}{\pi^4 E I} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} \sin \frac{n \pi x_1}{L} \sin \frac{n \pi x_c}{L}$$

曲げモーメント

$$M(x_c, x_1) = \frac{2 P_1 L}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{n \pi x_1}{L} \sin \frac{n \pi x_c}{L}$$

せん断力

$$Q(x_c, x_1) = \frac{2 P_1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \frac{n \pi x_1}{L} \cos \frac{n \pi x_c}{L}$$

図1 荷重 P_1 通過時の着目点 x_c 、移動位置 x_1 の桁の静的成分のモード解析値の検討（最大値に関する検討）
（正解値：静的解析による最大値の結果）

よび雑信号 n の合成により成り立っていると仮定する。

$$y(t) = y_s + y_a + n \quad \dots\dots\dots(1)$$

式(1)で n は振幅が小さく高い振動数のノイズであるとする。ローパスフィルターを通すことにより減衰できる。この操作により式(1)の n は除去される。そして、 y_s と y_a に分離する方法であるが、ウィンドウ関数を用いてローパスフィルター効果を形成し、分離できると考える。その場合、時間領域でフィルター処理を行う。

フィルター効果の作成は次のように行う。測定された波形 $y(t)$ をフィルター効果と等価な重み関数(ウィンドウ関数) $w(\tau)$ に通し、移動平均(合積)によって

$$Y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} y(\tau) w(t - \tau) d\tau \quad \dots\dots\dots(2)$$

で得られる $Y(t)$ がフィルター通過後の結果、つまり式(1)の y_s を与えるものとする。ただし、 $w(\tau)$ は

$$\int_{-\infty}^{\infty} w(\tau) d\tau = 1 \quad \dots\dots\dots(3)$$

として正規化したウィンドウを用いるものとする。

この方法により分離できるのは、たわみ波形でかつ静的成分 y_s と動的成分 y_a の周期成分が離れている場合に有効であるが、両者の周期がきわめて近い場合は分離が困難である。たとえば試験車が高速走行し、かつ支間が短い場合であり、実用的に最も必要とする場合に利用が困難になる。したがって、上記の方法はある程度ゆっくり走行するか、または支間の長い場合に利用できる。

次に、ひずみ波形については、図3のように静的成分はほぼ直線的な折れ線に変化する。しかし、フィルターを通した結果はなめらかな線になるので、その折れ点の推定は外挿して求める。このように、静的成分と動的成分に分離し、データ解析が行える²⁾。さらに耐荷力の判断に有用なデータとして、静的成分の波形を基に検討を行える。なお、荷重が測点上を通過する時点を測定する方法としてせん断ひずみを測定し推定することができる。

4. あとがき

本報告は桁橋の動的応答について解析的な立場から、静的成分の解析結果の精度に関する一検討を示した。また、動的走行試験より得られるたわみとひずみ波形のデータ処理の方法に関する検討例を示した。今後、より具体的な方法について検討を進めて行く予定である。

- 1) 城戸・小堀：道路橋の動的応答のデータ解析に関する一考察、昭和61年度中部支部研究発表会 I-13、1987-3
- 2) 城戸・小堀：実交通下における桁橋のたわみ応答の調査例、第41回年次大会 I-190、1986-11

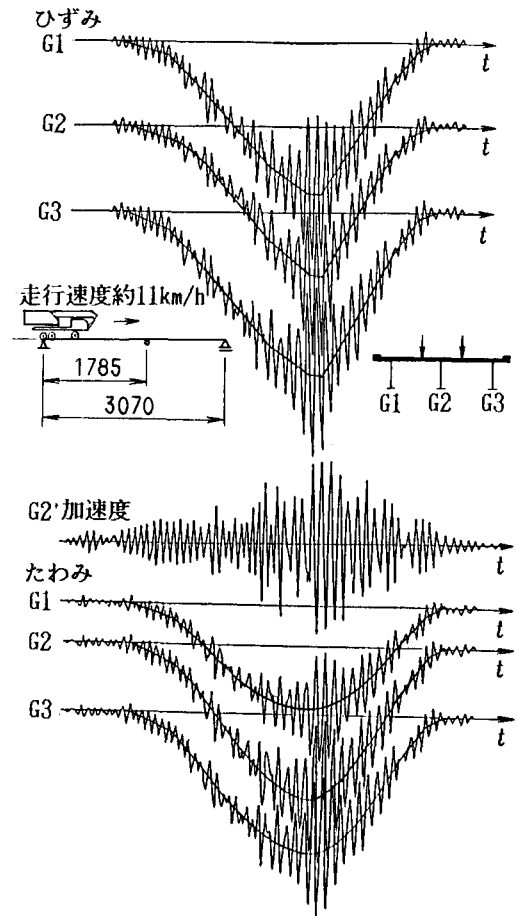


図2 動的走行試験による桁の応答の測定例

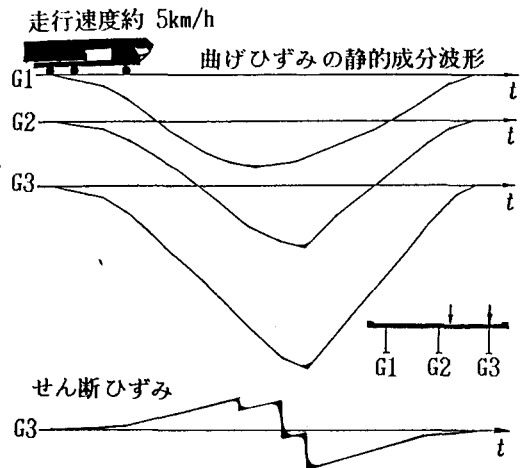


図3 ゆっくり走行するときの曲げひずみとせん断ひずみ波形の例