

Π型断面を有する連続鋼桁橋のせん断遅れ現象の特性について

オリエンタルコンサルタント 〇木村隆明
鳥取大学工学部 正員 神部俊一

1. まえがき

開断面のΠ型断面は、閉断面である単室の箱型断面に比べて面外変形に対する拘束が小さいことは明らかである。そのため開断面桁に及ぼすせん断遅れ現象の影響は、箱桁のそれと比べると小さいと考えられる。

そこで、本報告ではΠ型断面を有する開断面桁のせん断遅れ現象の特性を明らかにするために、中央径間中点に関して対称な三径間連続桁について数値計算を行ない、同じ断面諸元を有する箱桁のそれと比較・検討する。

なお、数値解析を行なうに当っては、一般化座標法に施力法的手法を導入して求めた行列表示による閉じた形の解析解¹⁾を用いた。

2. 解析手法

両端に一般化荷重 $\bar{M}^{(1)}$, $\bar{M}^{(2)}$ が作用し、等分布の一般化荷重 $\bar{Q}^*$ を満載した単純支持桁について、一般化断面力 $\bar{M}(\bar{x})$ 、一般化変位 $\bar{V}(\bar{x})$, $\bar{U}(\bar{x})$ に対する解を求めると以下のようである。

$$\bar{M}(\bar{x}) = K_1(\bar{x})\bar{M}^{(1)} + K_2(\bar{x})\bar{M}^{(2)} + K_3(\bar{x})\bar{Q}^* \quad \text{--- (1)}$$

$$\bar{V}(\bar{x}) = \hat{X}L_1(\bar{x})\bar{M}^{(1)} + \hat{X}L_2(\bar{x})\bar{M}^{(2)} + \hat{X}L_3(\bar{x})\bar{Q}^* + \frac{1}{2}\bar{x}\bar{x}(\bar{x}-\bar{x})\bar{R}^*\bar{Q}^* \quad \text{--- (2)}$$

$$\bar{U}(\bar{x}) = N_1(\bar{x})\bar{M}^{(1)} + N_2(\bar{x})\bar{M}^{(2)} + N_3(\bar{x})\bar{Q}^* \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 $\hat{X} = \alpha \bar{x}^2 \bar{x}$ 、 $\bar{M} = \hat{X} \bar{M}$ であり、 $\hat{X}$ は一般固有値問題 $\bar{H}\bar{x} = \bar{\lambda} \bar{A}\bar{x}$ の $\bar{A}$ に関して正規化されたモーダルマトリックスである、 $K_1(\bar{x})$ 、 $\dots$ 、 $N_3(\bar{x})$ は分割対角行列であるが紙面の都合で具体的な表示式を記すのは省略する。

従来の研究¹⁾によれば、せん断遅れ現象とこれに関連する垂直応力度から定まる一般化断面力とは桁軸方向に急激に減衰することが明らかにされている。それ故、不静定量としての一般化断面力を良好な精度で算定するには工夫を要する。そこで、荷重を対称荷重と逆対称荷重とに分解すれば、それぞれの載荷状態に対して両側の中間支承上断面に作用する不静定量も対称及び逆対称となり、これらを重ね合わせることで所要の目的を達することが可能になる。

不静定量は、式(3)を中間支承上断面における桁軸方向変位の連続条件を意味する関係式 $\bar{U}(\bar{x}) = \bar{U}(\bar{x})$ に適用すれば定まる。

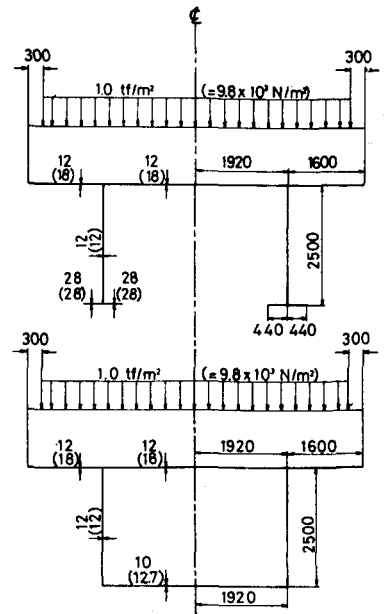


図-1 桁の諸元と載荷状態

3. 計算結果

計算に用いた桁の諸元と載荷状態を図-1に示す。括弧内の数値は補剛材の断面積を考慮に入れた換算鋼板厚である。両断面の形状・寸法は下フランジを除いて同じであり、かつ下フランジの断面積を不変にしてある。そのため、曲げ垂直応力度を支配する重要なパラメーターである曲げ剛性と図心の位置とは両断面について同じ

である。以下において、閉断面の場合の計算結果を Case 1、閉断面の場合のそれを Case 2 とする。次式 $\hat{M} = \bar{A}^{-1} \bar{M}$ によって定義される物理量 $\hat{M}$ を用いると無次元化された垂直応力度 $\bar{\sigma}$ は $\bar{\sigma} = \bar{\epsilon} \hat{M}$ と表わすことができ、面外方向変形モード（一般化座標） $\bar{\epsilon}$ に比例する成分に分解できる。従って、 $\hat{M}$ は垂直応力度に対してこれらの成分がどのくらい関与しているかを表わす物理量である。そこで図-2 に物理量 $\hat{M}$ の桁軸方向の分布状態を示す。ここに、 $\hat{M}_1$ 、 $\hat{M}_2$ はそれぞれ垂直応力度に寄与する成分のうち曲げに起因する成分と、上フランジのせん断遅れ現象に起因する成分によって定まる物理量である。

次に、ウェブ上端における垂直応力度の桁軸方向の分布状態を図-3 に示す。破線は慣用曲げ理論に基づいて算定された値を表わしている。これらの値は左側の中間支承上断面の上フランジにおける慣用曲げ理論値で無次元化されている。

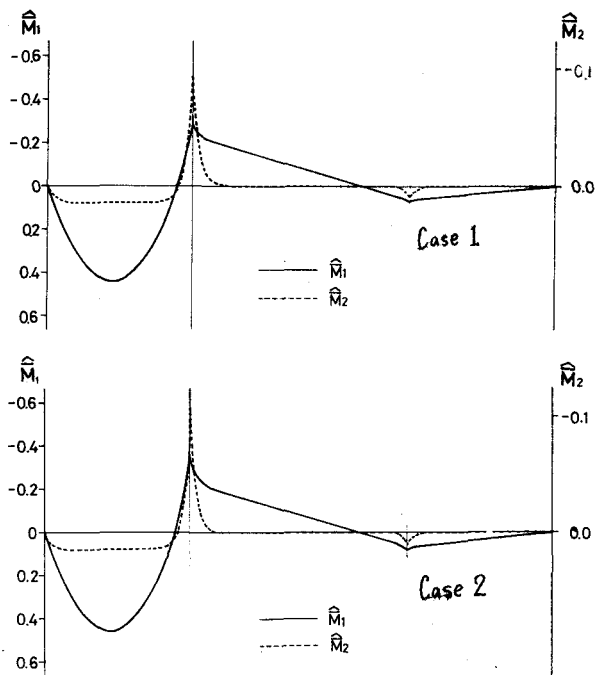


図-2 $\hat{M} = \bar{A}^{-1} \bar{M}$ の桁軸方向分布

4. 考察

閉断面桁のせん断遅れ現象の桁軸方向への減衰状態は予想に反して閉断面桁のそれと同様の傾向を示すことが明らかになった（図-2）。しかし、このせん断遅れ現象の影響によって、左側の中間支承上断面で垂直応力度は慣用曲げ理論値に比べて閉断面の場合、48%，閉断面の場合 60% 大きくなっている（図-3）。このことから、断面諸元を同じにしても閉断面桁のせん断遅れ現象の影響は、閉断面桁のそれと比べて 10% 程度小さいことが分かった。

参考文献

- 1) 神部俊一，藤井洋宣：多室断面を有する連続箱桁の一般化座標法によるマトリックス構造解析，第 27 回 構造工学シンポジウム，1981, Feb., pp. 221 ~ 228

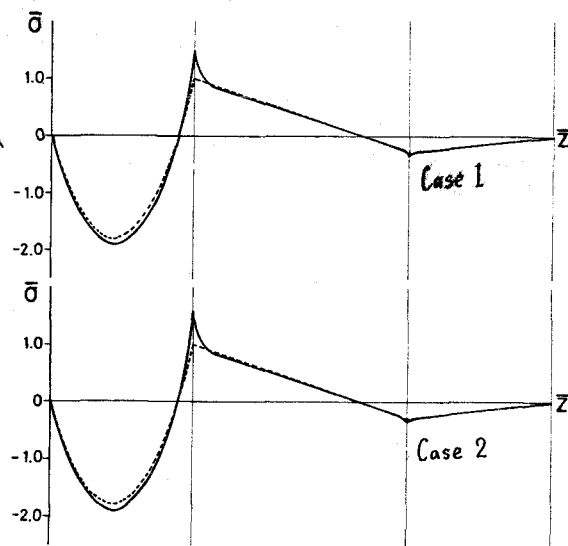


図-3 無次元化垂直応力度 $\bar{\sigma}$ の桁軸方向分布