

I-B351 単支間任意形状桁の分散支承支持構造に関する基礎的研究

佐賀大学理工学部 学生員 錦織真樹 正会員 後藤茂男²正会員 井嶋克志¹ 正会員 帯屋洋之³

1. まえがき

ピンローラー支承により支持された単支間の斜橋および曲線橋の中には、震度法を超える地震を受けた場合、支承部の破壊が生じ落橋を招くものがある。これは支承の破壊により、パラベットによる拘束を逃れる方向の桁変位が増大することが原因であり、このような橋梁に対して仕方書では落橋防止システムの設置を義務付けている。本研究は、支承剛性が明確な分散支承を使用することにより、支承破壊そのものを防止し落橋を防ぐ方法についての基礎的研究を行ったものである。研究手順として分散支承剛性と桁の振動モード特性の関係を求め、衝突事象の単純なモデル化を用いた地震応答計算により分散支承支持の有効性について考察を行った。

2. 解析理論

桁の重心位置を原点とし、重心の変位を u, v, θ とする。また、支承 i の位置を (x_i, y_i) 、支承剛性を k_i とすると、桁の水平面内の自由運動方程式は次式で示される。

$$M \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & l_r^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{\theta} \end{Bmatrix} + K \begin{bmatrix} 1 & 0 & -y_s \\ 0 & 1 & x_s \\ -y_s & x_s & l_k^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ \theta \end{Bmatrix} = 0 \quad (1)$$

ここに、 M は桁の質量、 K は分散支承剛性の総和である。また、 (x_s, y_s) は剛心位置、 l_r は回転半径、 l_k は剛性に関する回転半径であり、これらは次式で表される。

$$x_s = \frac{\sum x_i k_i}{K}, y_s = \frac{\sum y_i k_i}{K}, l_k = \frac{\sum l_i^2 k_i}{K} \quad (2)$$

ここで、 l_i は重心から分散支承 i までの距離である。

従って、剛心が重心に一致すれば、桁の並進と回転は独立となる。また、回転運動は重心回りであるから、並進方向の外力を生じる地震動による回転は生じず、桁とパラベットの衝突によってのみ回転が生じる。

一方、剛心が重心に一致しない場合、桁の振動は並進のみのモードと2つの回転が連成するモードとなる。ここで、回転中心 $(x_{c2}, y_{c2}), (x_{c3}, y_{c3})$ は次式で与えられる。

$$x_{c2, c3} = \frac{x_s}{1 - \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{l_k^2}{l_r^2} \mp \sqrt{\left(1 - \frac{l_k^2}{l_r^2} \right)^2 + \frac{4l_s^2}{l_r^2}} \right\}}, y_{c2, c3} = \frac{y_s}{1 - \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{l_k^2}{l_r^2} \mp \sqrt{\left(1 - \frac{l_k^2}{l_r^2} \right)^2 + \frac{4l_s^2}{l_r^2}} \right\}} \quad (3)$$

このように変位モードの操作には剛心位置の設定が重要であることが判る。また、ピンローラー支承の橋梁が落橋の可能性を有するのは、桁形状にパラベットによる拘束を受けない並進方向あるいは回転中心が存在するためである。これらの領域は図2、図3に示すように桁両端のパラベットラインが平行であるか否かによって異なる。並進モードの方向が非拘束方向と一致しない、さらに、回転中心が非拘束回転中心領域に入らない回転モード特性を持てば、衝突時の撃力の影響を除いては、パラベットによる有効な拘束を得る可能性がある。地震応答計算に用いる分散支承構造として、パラベットが平行となる斜桁、パラベットが平行でない典型としての曲線桁をとりあげ、それぞれが4支承で支持される場合に対して、重心と剛心が一致する支承剛性値、上記のモードの拘束条件を利用できる支承剛性値を求めた。

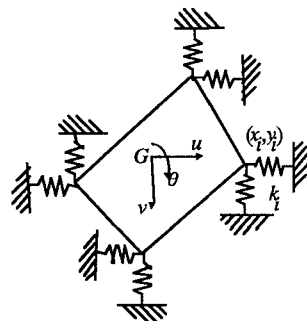


図1. 分散支承桁モデル

key words 分散支持、落橋防止、単支間橋梁、衝突

☎ 840 佐賀市本庄町1番地 ☎ 0952-28-8579, -8577², -8581³ FAX0952-28-8190

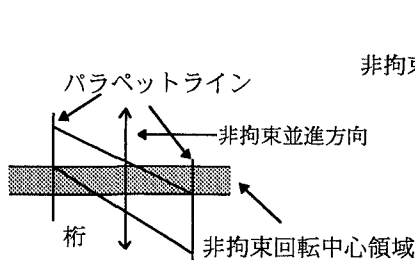


図2. パラペットが平行な場合

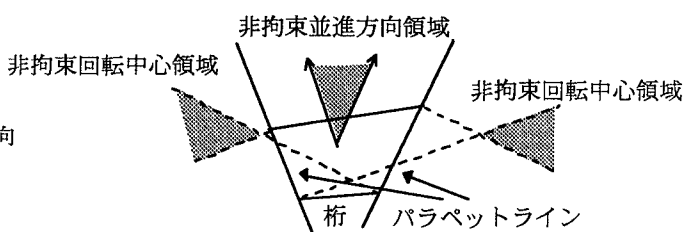


図3. パラペットが平行でない場合

3. 地震応答計算結果および考察

解析に用いた入力地震波は兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測したNS成分(最大加速度 820gal)であり、減衰定数は、積層ゴム支承として一般的に用いられている 2%を並進モードに対する減衰とした。解析手法は直接積分による時刻歴応答解析とし、数値積分はニューマークの β 法、積分時間は1/2500秒とした。図4、図5では剛心と重心を一致させた剛性値を用いた場合を点線、回転中心モードの中心が非拘束領域に入らない剛性値を用いた場合を実線で示した。また、縦軸は桁隅角部最大変位、横軸は地震波の入射角であり、斜橋ではパラペットに平行な方向から、曲線橋では対称線方向から、地震による加振方向を 30° 刻みに変えた。

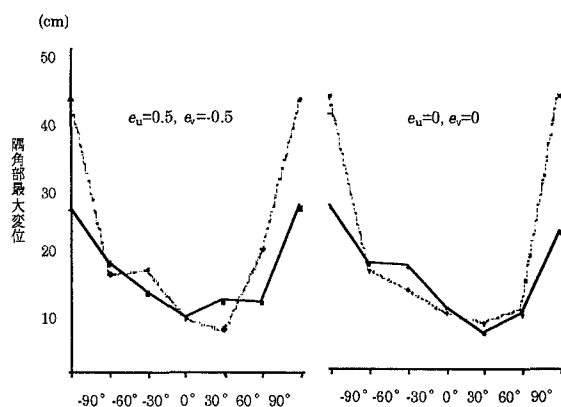


図4. 斜橋の地震応答(斜角 60° , 斜長20m)

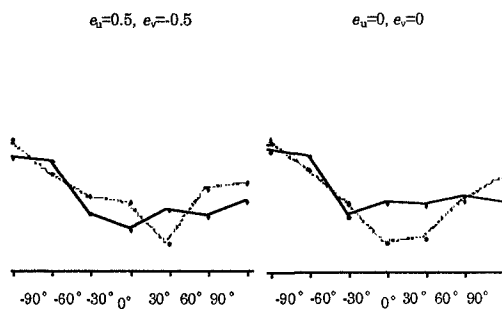


図5. 曲線橋の地震応答(曲率半径 $R=60\text{m}$, 幅員 $b=6\text{m}$, $\theta=10^\circ$)

上図よりモードの制御によるパラペットの拘束効果がそれほど有効でないことが判る。しかし、衝突事象による減衰効果が現れ、全く衝突がない場合に比べ桁隅角部の変位は小さくなる。すなわち、斜桁のパラペットライン方向の加振では、剛心と重心が一致する場合(点線)、加振方向の変位のみが発生しパラペットによる拘束を受けず最大変位は40cm以上となる。一方、衝突が確実に発生するパラペットラインに直交する方向の加振では約10cmの最大変位となる。また、地震時に常に回転変位を行う支承構造の場合(実線)では、パラペットライン方向の加振でも衝突が生じ、最大変位は衝突がない場合の約半分になっている。曲線橋においても並進モードの固有周期および減衰定数は同一であるので、衝突が発生しなければその最大変位は40cm以上となるが、あらゆる方向の加振による衝突が発生するため最大変位は半分以下になっている。従って、今後は衝突事象を考慮した更なる研究を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 森口繁一、初等力学、倍風館、pp156~234