

分散支持された斜桁および曲線桁の衝突事象を考慮した地震応答

佐賀大学○学生会員 奥山 功 正 会員 井嶋克志
 正 会員 後藤茂男 学生会員 錦織真樹
 正 会員 帯屋洋之

1. まえがき

ピン・ローラー支承により支持された斜桁や曲線桁の中には、地震時に支承の破壊により橋台による拘束を逃れる桁変位が増大し落橋に至る可能性を有するものがある。このような場合、落橋防止装置の設置および桁掛かり長を大きく取ることが義務付けられるようになった。しかしながら、本来靱性が大きい積層ゴム支承などをピン・ローラー支承に変わり使用し支承破壊を防止すると共に、桁の温度伸縮のため設定される遊間を緩衝材等により埋め、橋台による桁変位の拘束が行われれば、落橋に至る崩壊を経済的に防止できる可能性がある。桁と橋台の衝突を認めることは、特に免震支承において、桁と橋台を衝突させない設計方針に対するものであるが、橋台への桁の衝突の配慮がなされれば、本来遊間が小さく、桁質量もそれ程大きくない中小規模橋梁に対して有効な方法と思われる。

このような観点から、本研究は、掛け違い部のない分散支持された桁について、地震時衝突事象における1次応答とも言うべき剛体運動から、支承最大変形量や橋台への桁撃力を求めることにより遊間を小さく取ることの効果を考察したものである。桁の弾性変形の影響、橋脚の影響、橋台の桁との衝突による破壊事象などは考慮していないが、これらの影響を無視しても定性的には問題ないと思われる応答事象が得られた。

2. 桁の運動方程式と衝突事象のモデル化

桁の質量を M 、慣性モーメントを J 、重心の変位を u, v, θ 、入力地震加速度の2成分を $\ddot{\phi}_u, \ddot{\phi}_v$ とすれば、桁の運動方程式は、

$$\begin{bmatrix} M & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & J \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{\theta} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_u & 0 & -k_u y_s \\ 0 & k_v & k_v x_s \\ -k_u y_s & k_v x_s & k_\theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ \theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -M\ddot{\phi}_u \\ -M\ddot{\phi}_v \\ 0 \end{Bmatrix}$$

ここに、 k_u, k_v および k_θ はそれぞれの方向の桁変位に対するバネ定数、 (x_s, y_s) は剛心位置である。

本研究では、桁変位の自由振動特性と橋台による拘束効果の関係を調べるため、桁変位モードの設定が容易となる、 $k_u = k_v$ としている。これは、橋脚のない単支間構造あるいは橋脚天端の水平剛性に方向性がない場合の橋梁に相当する。この場合、重心と剛心が一致しなければ、2つの回転モードとこれらの回転モードの中心を結ぶ線上を並進運動するモードの自由振動特性を持つことになる。

桁衝突位置の衝突前後における速度の変化率によって、桁と橋台との衝突事象をモデル化している。

3. 衝突を考慮した桁の地震応答と考察

桁の衝突応答を左右するファクターは、遊間量、衝突前後の速度の変化率、桁の自由振動特性、桁形状である。しかし、桁形状においては、桁長自身は問題でなく、桁隅角部の相互の位置関係と、重心から桁衝突位置までの距離と桁の回転半径の比が問題となる。本研究では、図1および2に示される斜桁、曲線桁について応答計算を行った。使用した地震波は、神戸海洋気象台で記録されたEWとNS成分であり、斜桁では橋台バラベットの方向をNS成分、曲線桁では桁対称軸をNS成分とし、EWとNS成分が同時に入力するものとした。本計算では、橋台と桁との衝突前後における速度の変化率は、橋軸方向は-0.3、橋軸直角方向は0.3としている。

図1および2には、遊間を1cmとした入力加速度そのままの応答最大変位状態も示しているが、図3および4の結果から、地震時衝突応答では単に一つの応答計算だけで現象を考察できないことが判る。

支承最大変形量 9.0 cm

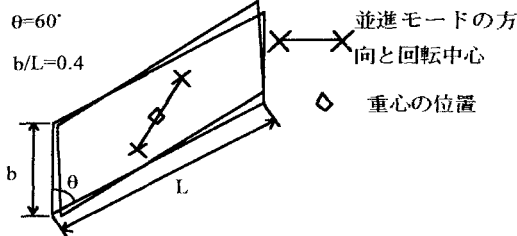
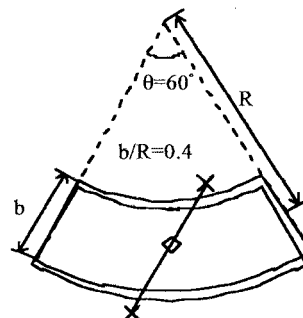


図1 数値計算に用いた斜桁と応答変位の一例



支承最大変形量 22.4cm

図2 数値計算に用いた曲線桁と変位の一例

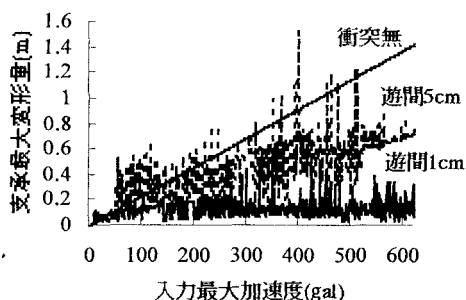


図3 斜桁支承最大変形量に及ぼす遊間の影響

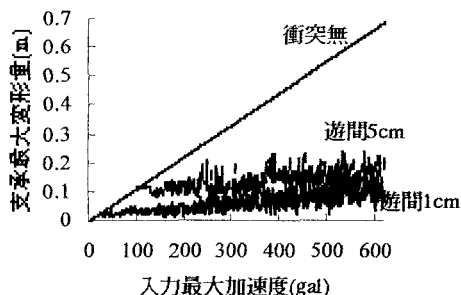


図4 曲線桁支承最大変形量に及ぼす遊間の影響

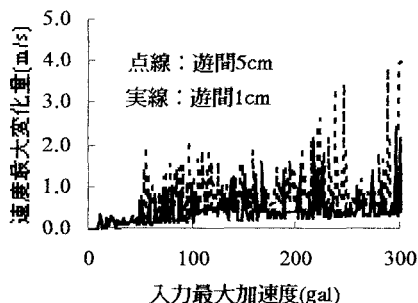


図5 斜桁の衝突時橋軸方向速度最大変化量

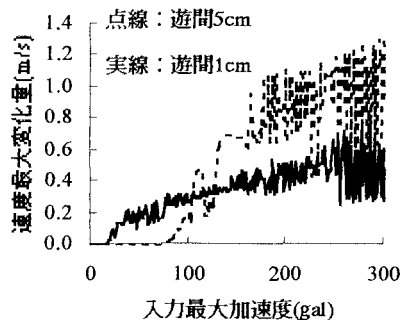


図6 曲線桁の衝突時橋軸方向速度最大変化量

図3から図6は、EW成分の最大加速度を1galの刻みで増加させ、これと同じ割合でNS成分も大きくしたときの桁の応答最大値を示している。わずかな入力加速度の変化で応答は大きく異なる。この現象は、一方向入力でも発生する。

桁と橋台の衝突が発生する臨界入力加速度近傍では、遊間の大きさに関わらず、支承変形は衝突無しの数倍にもなり、入力加速度の増加と共に、衝突によるエネルギー吸収と短周期化により、衝突無しの場合に比べ支承変形は小さくなる。このことは、遊間を大きく取るほど衝突が発生した場合、危険となることを示している。図5および6の応答値に桁質量を掛ければ、橋台に作用する力積としての桁撃力を得るが、遊間を大きく取るほど、衝突が発生した場合の撃力は大きくなる。したがって、完全に衝突が発生しない遊間をとることができない、あるいは非常に不経済となる場合、寧ろ遊間を非常に小さくすれば、支承変形を抑制し、桁撃力も低減できる。