

I - B154

分散支持された斜桁および曲線桁の地震時衝突事象における遊間の影響

佐賀大学理工学部 学生会員 奥山 功 正会員 井嶋 克志
正会員 後藤 茂男
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って橋台による拘束を逃れる桁変位が増大し、その結果落橋に至る可能性を有するものがあり、兵庫南部地震以後落橋防止装置の設置および桁懸かり長を大きくとることが義務付けられるようになった。一方、ピン・ローラー支承に変わり本来靱性が大きい積層ゴム支承などを用い、桁変位を橋台により抑制することで、中小規模橋梁の落橋に至る崩壊を経済的に防止できる方法が考えられる。分散支承を用い遊間を狭くすることは、桁と橋台の衝突を許容することを意味し、特に免震支承において、桁と橋台を衝突させない現行の設計方針に対するものである。しかし、桁の橋台への衝突の配慮がなされれば、本来遊間が狭く、桁質量もそれほど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次応答ともいうべき桁の剛体運動から、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することの効果を考察したものである。

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 、桁重心の変位を 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、地震動を受ける桁の剛体運動方程式は

$$\begin{bmatrix} M & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & J \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{\theta} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_u & 0 & -k_u y_s \\ 0 & k_v & k_v x_s \\ -k_u y_s & k_v x_s & k_\theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ \theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -M\ddot{\phi}_u \\ -M\ddot{\phi}_v \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

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先端の水平剛性に方向性がない場合の橋脚に相当する。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。

桁の衝突事象は、衝突が発生した桁隅角部の速度の変化を式(2)によってモデル化し、このとき、桁重心速度と撃力の関係は式(3)によって表される。

$$\left. \begin{aligned} \dot{u}_p^+ &= e_u \dot{u}_p^- \\ \dot{v}_p^+ &= e_v \dot{v}_p^- \end{aligned} \right\} \quad (2) \quad \left. \begin{aligned} S_u &= M \dot{u}^+ + M \dot{u}^- \\ S_v &= M \dot{v}^+ + M \dot{v}^- \\ -S_u y_p + S_v x_p &= J \dot{\theta}^+ - J \dot{\theta}^- \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、バラベクトルに平行および直交する成分を反発係数は e_u, e_v 、撃力は S_u, S_v で表し、 x_p, y_p は重心を原点とし、橋台方向を X 軸としたときの衝突した桁角部の座標位置である。

3. 衝突を考慮した桁の地震時応答と考察

使用した地震波は、兵庫南部地震神戸海洋気象台記録の NS, EW 成分であり、斜桁では橋台平行方向を NS 成分、曲線桁では桁対称軸を NS 成分とし、NS, EW 成分を同時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変化率は、橋軸方向は -0.5、橋軸直角方向は 0.5 としている。また、減衰定数は積層ゴム支承のヒステリシスとして 2% を用いる。

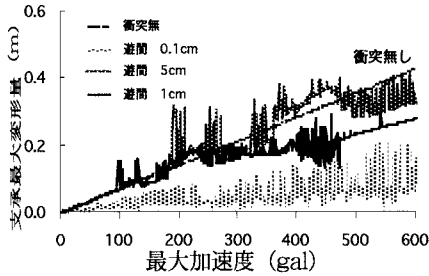


図1. 斜桁支承最大変形量に及ぼす遊間の影響

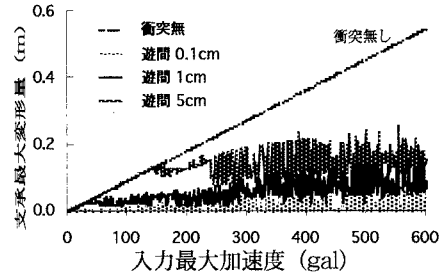


図3. 曲線桁支承最大変形量に及ぼす遊間の影響

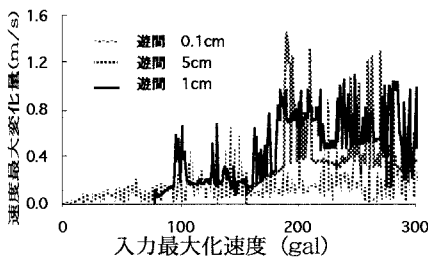


図2. 斜桁の衝突時橋軸方向速度最大変化量

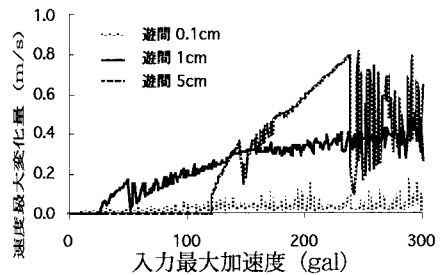


図4. 曲線桁の衝突時橋軸方向速度最大変化量

図1から図4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支承の最大変形量および桁の衝突時速度最大変化量を示している。図より、わずかな入力加速度の変化で応答は大きく異なることが判る。この現象は、2方向入力のみでなく、一方向入力でも発生し、また、反発係数の変化による違いも見られなかった。

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場合の数倍にもなり、入力加速度の増加と共に、衝撃によるエネルギー吸収と衝突事象における短周期化により、衝突無しの場合に比べ、桁の応答変位すなわち支承変形は確実に小さくなる。

図には、桁と橋台との遊間量を0.1cm、1cmおよび5cmの比較を示している。図より、衝突が発生する地震入力加速度以上では、遊間量が大きい程、支承最大変形量も衝突最大速度も大きくなる。本理論では、衝突事象を式(2)および(3)のように衝突時の応答に線形性が成り立つモデルとしている。したがって、桁の運動方程式から衝突モデルまで、遊間量による基準化が可能となり、この基準化のもとに、遊間量が2倍になれば、応答も2倍となる。このことは、図1から4に示される応答最大値は非常に複雑であるが、遊間量に基づく相似性が厳密に成り立つことを意味する。

したがって、遊間を大きく取るほど、衝突が発生した場合に危険となる。図2および図4に示される、最大速度変化量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取ることができない、あるいは非常に不経済となる場合、むしろ遊間は非常に小さくすることにより、支承変形を抑制し、かつ桁撃力も低減できる。

(キーワード) 分散支持支承, 衝突, 遊間

(連絡先) ☎ 840 佐賀市本庄町1番地 ☎ 0952-28-8579 / FAX0952-28-8190