

I - A 293 ゴム支承を有する RC 多径間連続高架橋の橋長決定に関する検討

山梨県新環状・西関東道路建設事務所 正会員 大森 隆
(株)建設技術研究所 正会員 土田 貴之

1. はじめに 近年、耐震性や車両走行性の向上、あるいは騒音・振動の低減の観点から、ゴム支承を用いた多径間連続高架橋の建設が増えつつある。このような多径間連続橋のゴム支承は、温度変化による桁の伸縮やコンクリートの乾燥収縮、あるいは PC 橋の場合にはクリープ変形による残留変形に対処する必要がある。しかしながら、橋長 100m 程度までの一般的な連続高架橋では、これらの残留変形を補正するために支承にスライド機構を設けて後ひずみ補正を行うことは、経済面や管理面からみても困難である。このような連続高架橋の設計においては、まず、橋長や径間割を仮定し、繰り返し計算によってゴム支承の形状や材質を決定しているのが現状である。したがって、橋長を仮定する際に、ゴム支承の形状が経済的な観点からみて合理的に設計できる範囲であるかどうかは十分に検証されていないと思われる。

そこで、本研究では、水平反力分散支承を有する径間長 17m の RC 多径間連続高架橋を対象として、経済的な橋長を決定するための基礎的資料を得るとともに、その簡易な推定手法を提案することを目的とした。

2. 経済的橋長の定義 一般に RC 橋に用いられる水平反力分散支承の諸元は次のように決定される。まず、死荷重および活荷重による支圧応力度を満足する平面形状が与えられる。次いで、全体解析モデル等を用いて乾燥収縮や温度変化による桁伸縮量、および、震度法レベルや地震時保有水平耐力法レベルの地震に対する支承のせん断ひずみを照査し、これらを満足するゴム総厚や材質が決定される。表-1 は RC 橋において設計で考慮する荷重とゴム支承の許容せん断ひずみを整理したものである。ゴム支承の形状は、支圧応力度やせん断ひずみの照査に加えて、座屈や局部せん断ひずみの照査によって決定されるものであるが、本研究ではこれらの照査は省略し、ゴム形状を決定する最も基本的な支圧応力度とせん断ひずみのみに着目することとした。

橋長が短い場合には、
支承のゴム総厚は地震
時保有水平耐力法レ
ベルの地震によるせん
断ひずみによって決定
されることが多い。しかし、
橋長の増加に伴い端部
の支承は乾燥収縮や温

表-1 ゴム支承設計に際して考慮する荷重および許容せん断ひずみ

設 計 荷 重	温度変化	震度法	保耐法 タイプⅠ	保耐法 タイプⅡ	備 考
乾 燥 収 縮 の 影 響	○	○	○	○	乾燥収縮量： 15×10^{-3}
温 度 変 化 の 影 響	○	—	—	—	温度変化量： $\pm 40^{\circ}\text{C}$
震 度 法 地 震	—	○	—	—	
保耐法地震（タイプⅠ）	—	—	○	—	
保耐法地震（タイプⅡ）	—	—	—	○	
許 容 せん 断 ひ ず み	70%	150%	250%	250%	

○：設計で考慮する荷重

度変化による桁伸縮によって決定される傾向がある。橋長の決定に際しては、支承の制作費が橋梁の建設費に占める割合が大きいことから、支承形状をできる限り小さく抑える方が経済的である。したがって、本研究ではゴム支承の形状が地震によって決定される限界の橋長を推定し、これを経済的橋長と定義した。

3. 地震時の必要ゴム総厚の推定 地震時の支承の水平変位 δ は、下部構造の剛性が支承のせん断パネ定数に比べて十分に大きければ、下部構造の剛性を無限大と考えることができ、固有周期 T に応じて式(1)より簡単に得ることができる。ここに、 k_b は震度法における設計水平震度あるいは地震時保有水平耐力法における等価水平震度である。地震時保有水平耐力法による等価水平震度を用いる場合には橋脚の許容塑性率を 3 と仮定して算出できる。また、 k_b もまた固有周期の関数であり、これは道路橋示方書 V 耐震設計編¹⁾で与えられる。また、ここで求めた水平変位 δ に対して必要なゴム総厚 Σt_g は式(2)により算出される。ここで、 γ は許容せん断ひずみであり、表-1 に示したように震度法レベルの地震に対しては 150%、地震時保有水平耐力法レベルの地震に対しては 250%である²⁾。なお、温度変化に対しては $\gamma=70\%$ である。また、固有周期 T は、上部構造の総重量を ΣW_u 、水平反力分散支承のゴム総厚を Σt_g 、ゴムのせん断弾性係数を G 、全支承の有効支圧面積の合計を ΣA とすると、式(3)により求めることができる。死荷重による支圧応力度 σ_d は、 $\sigma_d = \Sigma W_u / \Sigma A$ と置き換えることができることから、式(3)より式(4)が得られる。式(4)より、地震に対して必要なゴム総厚は、橋長や径

Key Words : ゴム支承, 多径間連続高架橋, 橋長

連 絡 先 : 〒103-8430 東京都中央区日本橋本町 4-9-11 (株)建設技術研究所 TEL: 03-3668-0451 FAX: 03-5695-1885

間長によらず、死荷重による支圧応力度とゴムのせん断弾性係数が適切に仮定できれば、固有周期より一義的に決定できることがわかる。図-1 は、耐震設計上の地盤種別をⅡ種地盤、地域別補正係数を $c_2=1.0$ 、橋脚の許容塑性率を $\mu_a=3$ 、死荷重による支圧応力度を $\sigma_a=30\text{kgf/cm}^2$ 、支承のせん断弾性係数を $G=12\text{kgf/cm}^2$ として必要ゴム総厚と固有周期を図化したものである。同図より、固有周期が長くなると水平変位が増大し、必要なゴム総厚も大きくなることわかる。なお、同図は設計水平震度や等価水平震度の下限値も考慮して算定したものである。

$$\delta = k_h \cdot \left(\frac{T}{2.01}\right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma t_e = \frac{\delta}{\gamma} \dots\dots\dots (2)$$

$$T = 2.01 \sqrt{\left(\Sigma W_u \cdot \frac{\Sigma t_e}{G \Sigma A}\right)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Sigma t_e = \left(\frac{T}{2.01}\right)^2 \cdot \frac{G \Sigma A}{\Sigma W_u} = \left(\frac{T}{2.01}\right)^2 \cdot \frac{G}{\sigma_u} \dots\dots\dots (4)$$

4. RC 多径間連続高架橋の橋長決定 図-2 は、温度変化、震度法レベルの地震、地震時保有水平耐力法レベルの地震に対して、必要なゴム総厚を縦軸とし、橋長を横軸として整理したものである。同図は表-1 の荷重条件より算定している。また、ここでは、地震時の必要ゴム総厚は固有周期を $T=1.0\text{sec}$ として算定している。同図より、温度変化に対して必要なゴム総厚は橋長の増加と共に比例的に増加していることがわかる。また、本研究では後ひずみ補正を行わないとしていることから、地震時にも乾燥収縮による桁の収縮が考慮され、橋長の増加とともに必要ゴム総厚が若干増加している。同図より、経済的橋長は支承形状が温度変化と地震時保有水平耐力法レベルの地震によってほぼ同時に決定される境界であり、本研究で設定した条件のもとでは200m 程度である。すなわち、17m の径間長に対しては、12 径間程度までが経済的に連続化できる範囲といえる。

5. おわりに 近年では、免震支承や水平反力分散支承等のゴム支承の採用によって、連続径間数を増やす傾向があるため、本研究で提案したような手法を用いて、経済的な観点からも適切な橋長を検討していく必要があると思われる。また、多径間の連続化は耐震性や走行性の向上のみではなく伸縮装置や落橋防止構造の省略による経済性の向上にも寄与することから、ここで推定できた経済的橋長は、これらの工費を考慮すると若干長くなると思われる。また、詳細は省略するが、Ⅰ種地盤のように、想定した固有周期域の地震時保有水平耐力レベル（タイプⅡ）の地震時の設計水平震度が小さくなる場合には、経済的橋長はⅡ種地盤より短くなる傾向も得られている。本研究では下部構造の剛性を無限大として簡易に検討を行ったが、基礎構造を含めた下部構造の剛性を適切に評価できれば、本研究の精度はさらに向上できると思われる。また、本研究で提案した手法は、鋼橋や PC 橋にも適用可能である。ただし、鋼橋では局部せん断ひずみの影響や温度変化量も大きいこと、PC 橋ではクリープ変形の影響に留意する必要がある。また、免震支承や水平反力分散支承等のゴム支承を用いた橋梁に対しては、静的な解析法は動的解析と比べると精度が低いことが指摘されているため、動的解析の結果を反映させることによって、本研究の精度をさらに向上できると考えられる。

- 参考文献** 1) 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，日本道路協会，1996.12
2) 道路橋の免震設計法マニュアル（案），建設省土木研究所，1992.3

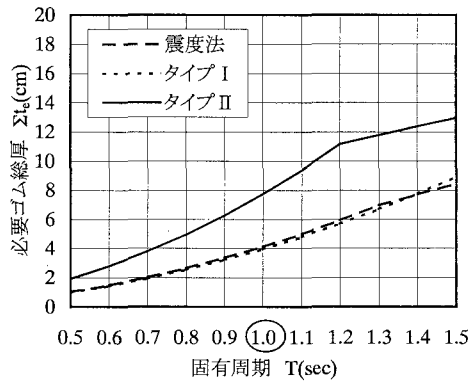


図-1 必要ゴム総厚と固有周期の関係

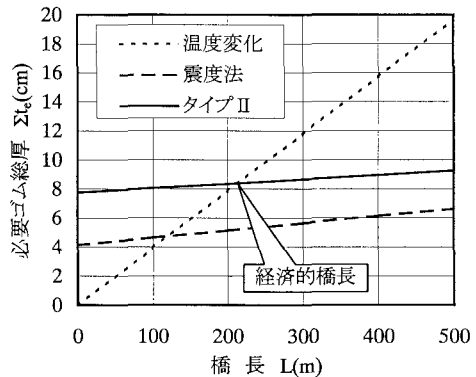


図-2 必要ゴム総厚と橋長の関係