

## 地震時水平力分散機能を有するゴム支承の構造的検討

(株) レールウェイエンジニアリング 正 保坂鐵矢\* オイレス工業 (株) 正 伊関治郎  
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正 松尾 仁 オイレス工業 (株) 正 池永雅良

### 1. はじめに

近年、鋼・複合桁橋の耐震設計において落橋しにくい連続桁化が図られている。単純桁を連続桁化し支承条件を1点固定とした場合、特定の橋脚に地震時水平力が集中することで、橋脚への危険度の集中や鋼桁本体の局部座屈等が構造上の弱点となる。そのような状況の中、連続桁の支承構造として地震時水平力分散ゴム支承を採用し、水平力を各支承および橋脚に分散させることは、橋梁全体として多くの利点を与える。しかし、地震時水平力分散ゴム支承を採用するにあたっては、大地震時においても分散機能が発揮できることが必要である。

兵庫県南部地震以降、耐震設計は暫定的な設計手法であった。最近、耐震設計手法<sup>1)</sup>が制定されたが、設計する上で要求される機能を満たす構造細目等がまだ整備されていないため、設計者の技術水準によるのが現状である。本稿では鋼・複合鉄道桁橋を例に、これまで用いた地震時水平力分散ゴム支承の機能を確保するための構造的な留意点について構造的検討を報告する。

### 2. 地震時水平力分散ゴム支承の機能

地震時水平力分散機能を発揮できるようなゴム支承の設計は、図-1に示したフローに沿って設計（照査）を行う必要があり、特に地震時水平力分散機能を有するゴム支承に必要な機能としては『ゴム支承本体の耐力』、『水平力分散機能』および『列車走行安全性』がある。

### 3. ゴム支承本体の鉛直・せん断・復元耐力

水平力分散ゴム支承が水平力作用時に必要な分散機能を発揮するためには、設計上想定したゴム支承の耐力は安定した品質を確保しなければならない。そのためには、表-1に示す常時および地震時を想定した荷重と製品として保証するせん断ひずみに対するの性能試験を実施し、所定の品質を確認しなければならない。品質には桁の寿命を考えた期間における安定した動的挙動を考慮すると共に、その鉛直・水平剛性のバラツキが設計に考慮した荷重係数以下であることも機能確保に必要な事項である。また、ゴム支承が地震時の変形に対しても安定した水平力支持機能を得るためには、ゴム支承本体が無損傷である必要があり、ゴム支承の最大せん断ひずみが製品として保証できる250%以下となることである。この時、図-2に示すように、地震時の移動量を控除した有効圧縮面積を用いて算出した圧縮応力度が所定の許容値以内でなければならない。また、L1地震時（構造物の設計耐用期間内に数回程度発生する確率を有する地震動）では列車が走行するため、支承として安定した構造系を確保するためには、移動荷重作用位置が支圧幅の中心から支圧幅の1/6以内であり、アンカーボルト

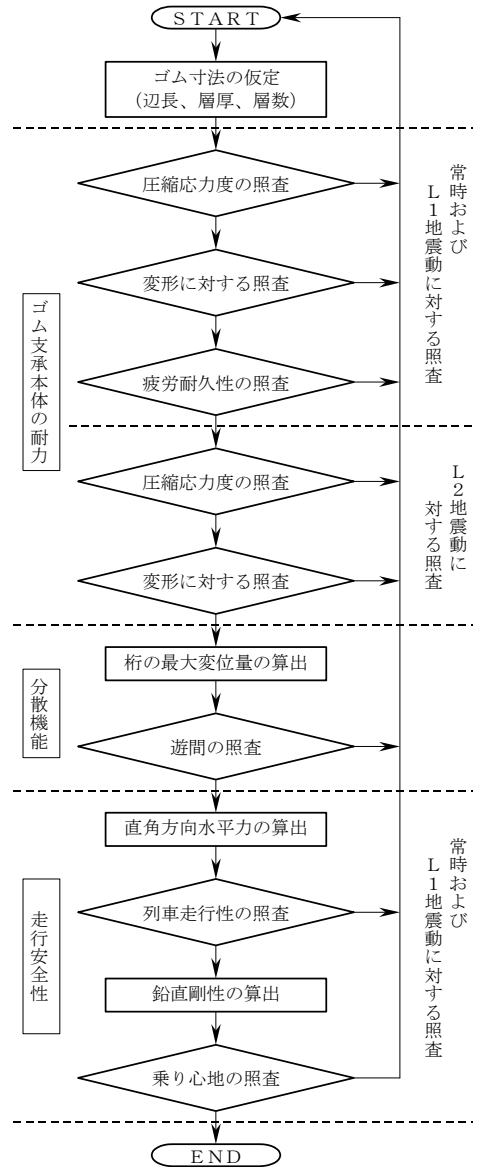


図-1 設計フロー

表-1 性能試験

常時の耐久性 (疲労圧縮性能)	回転変形下におけるせん断・圧縮疲労試験 (200 万回)	桁の回転・折れ角
	一定せん断圧縮疲労試験 (300 万回)	活荷重
	低速せん断疲労試験 (5000 回)	温度変化
地震時の耐久性	鉛直力 (死荷重+地震時活荷重) 作用下における±150%および±250%せん断変形性能確認試験	地震力

鉄道橋、地震時水平力分散機能、列車走行性、耐震、鉛直・水平剛性、支圧

\* 〒231-8315 横浜市中区本町6丁目50番地1 横浜アイランドタワー TEL 045-222-9083 FAX 045-222-9102

の支圧有効幅は図-2のようになる。

#### 4. 分散機能

水平力分散ゴム支承はゴムのせん断変形により、上部工（橋梁）の慣性力を下部工（橋脚）に伝達するため、設計で考慮している『地震時分散機能』を発揮するためには、ゴム支承のせん断変形機能を満たす遊間を有する構造、つまり移動制限装置若しくは水平脊に必要な遊間を確保することが必要である。

道路橋においては、大型の伸縮装置を用いることにより桁の遊間をある程度大きく確保することが可能ではあるが、鉄道橋（特に高速で走行する新幹線用橋梁）では軌道の構造上（スラブ軌道の場合）、確保できる桁の遊間が制限される。したがって、水平力分散支承を用いて水平力分散設計を行っても、その機能を十分発揮できるだけの構造を形成していなければ、設計上想定している水平力の分散効果は得られないことになる。この遊間量確保のために、連続桁の桁長や径間数の制限が生じることになるので、注意を要する事項である。

ゴム支承本体の水平剛性（前項でのゴム支承本体の耐力）は設計計画と品質確認試験の比較を行い、各橋脚の水平力分散機能とのシミュレーションにより支承本体および橋脚耐力の検証を行うことも忘れてはならない品質管理事項である。

#### 5. 走行安全性

鉄道橋において、L1地震動に対しても耐震性能I<sup>1)</sup>を満足させる必要があるため、常時はもちろんのこと、L1地震動に対しても列車の走行に悪影響を及ぼすような変位を生じさせない必要がある。『列車走行安全性』を確保するには、列車走行時の軌道直角方向変位の拘束および鉛直変形の制限が必要である。

尚、水平力分散ゴム支承を用いた鋼鉄道橋においては、高速列車が走行载荷する場合の動的影響を求めるため、図-3に示す鉛直剛性を用いたシミュレーションを行い、ゴム支承の列車走行性（乗り心地）の確認を行っている<sup>2)</sup>。

#### 6. おわりに

水平力分散ゴム支承の水平剛性は比較的安定した品質を確保することができる。しかし、L2地震動に対して水平力分散機能を発揮するための遊間を確保しておく必要があり、L2地震動以前にゴム支承の変形を拘束してしまうのは問題である。このような場合、橋梁全体としては支承条件を1点固定とした場合と同じ挙動を示し、上部工のみならず下部工に多大な被害を与え、第一の使命である落橋防止を確保できない恐れもある。

また、鉛直剛性は列車の走行安全性および乗り心地に大きく関与することであるが、道路橋においては余り重要視されていないため、鉛直剛性等に関する支承の研究・開発が遅れている。そのため、採用する上では実績のある製品とするのが良いと思われる。これらゴム支承本体の品質が確保されていることは必要であるが、前述のように遊間に加えて大地震時の支圧が確保され、支承本体が安定することも大切である。

最後に、最近、経済性の観点から免震支承としてエネルギー吸収を評価するような設計も見られるが、エネルギー吸収の品質確保およびバラツキ等を見極めてから採用する必要があると共に、上部工の設計者のみならず下部工の設計者と共同開発すべき事柄で、支承本体だけで開発が完了するもので無い敏感な構造であると考えられ、採用に当っては十分な研究と構造系ごとの十分な試験的構造採用が必要であると考えられる。以上、耐震設計仕様およびゴム支承本体の品質マニュアル等試行錯誤の中で設計を進めている地震時水平力分散ゴム支承は、現在安全側の検討で行っているため、一日も早い合理的設計、品質管理および維持管理手法が求められている。

#### 参考文献

- 1) たとえば、鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計,1999.10
- 2) 光木,保坂,松浦,市川,松尾：ゴム支承を用いた連続合成桁の高速車両走行性に関する研究,土木学会,第52回年次学術講演会講演概要集, I-B226,pp452-452,1997.9
- 3) 保坂,市川,伊関,池永：鋼鉄道橋に使用するゴム支承の実験的研究,構造工学論文集,Vol.43A,pp1153-1162,1998.3

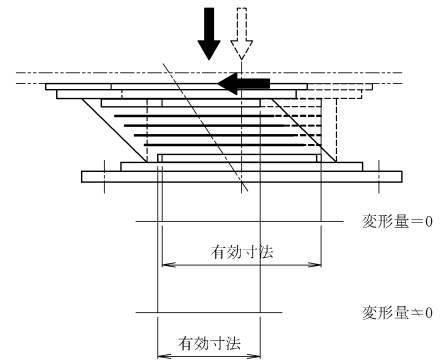


図-2 有効圧縮面積

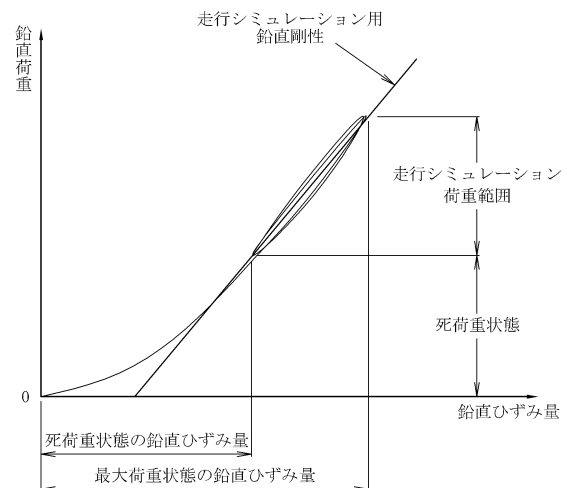


図-3 走行シミュレーション用鉛直剛性