

曲線橋

たわみによる影響

図-解 4.1.6 負反力が生じやすい構造および位置

(2) 都市内高速道路は架設条件や供用条件の厳しい場合が多いことから、死荷重の設定における不確かさや架設誤差の影響などを考慮して、「道示（I 共通編）4.1.2」に示される式よりも厳しい結果を与える式で負の反力を照査することを標準とした。ただし、設計値通りの死荷重バランスとなるよう計測しながら支承を据える場合には「道示（I 共通編）4.1.2」の式を使用してよいことにした。

過去には風荷重と活荷重（最大負反力のケース）の組合せによる照査を行っていたが、同時性がほぼ無いことから風荷重を考慮する荷重の組合せについては「道示（I 共通編）4.1.2」に準じてよいこととした。

4. 1. 8 支承部の耐久性

(1) 支承の鋼材の防錆は、「溶融亜鉛めっき（HDZ-55）＋熱可塑性ポリエステル樹脂塗装」を標準とする。

表-4.1.1 支承の防錆仕様

亜鉛めっき仕様		塗装仕様		
種類	付着量 (g/m ²)	種類	膜厚 (μm)	色
溶融亜鉛めっき	550g/m ² 以上 350g/m ² 以上(ボルト類) JIS H8641	熱可塑性ポリエステル樹脂塗装	200μm 以上	グレー系

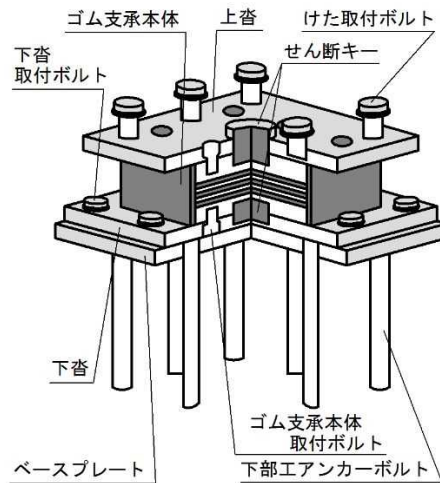
- (2) 積層ゴムは以下の条件での耐オゾン性試験に合格した厚さ 10mm の被覆ゴムを巻き立て積層ゴム本体と加硫接着し完全に一体化させる。
- 試験方法：JIS K 6259 加硫ゴムおよび熱可塑性ゴム - 耐オゾン性の求め方
 - オゾン濃度：200pphm
 - 試験温度：試験温度：40℃、-10℃の2水準
 - 試験時間：96hr
 - 引張ひずみ：80%
 - 判定基準：肉眼観察で、き裂がないこと
- (3) 固定・可動構造のゴム支承は以下の試験に合格したものをを使用すること。
- 圧縮変位確認試験：(固定・可動支承が対象)
設計最大反力載荷時の圧縮変位量が回転変位より大きいことを確認する。
(全数検査)
 - 水平変形性能確認試験（可動支承のみが対象）：
設計せん断ひずみ（最小値 70%）×1 サイクル（正負各 1 回・全数検査）
- (4) 固定・可動構造以外のゴム支承は以下の試験に合格したものを使用する。
なお、試験手順は①、②、③、④の順で実施すること。
- ① 圧縮変位確認試験：(3)と同一の試験を実施する。（全形式対象・全数検査）
 - ②-1 等価剛性・等価減衰定数確認試験：175%×10 サイクル
(免震支承・正負繰り返し・全数検査)
 - ②-2 せん断剛性確認試験：175%×3 サイクル
(水平力分散型ゴム支承・正負繰り返し・全数検査)
 - ③ 水平変形性能確認試験：250%×1 サイクル（正負各 1 回・全数検査）
 - ④ 健全性確認試験：175%×1 サイクル（正負 1 回・全数検査）

【解説】

[共 4.1.5]

- (1) 支承は伸縮継手などの漏水による金属部材の腐食損傷が多数報告されている。また、支承が腐食損傷した場合の交換作業は主桁のジャッキアップをとまなうことから、ガードレールや鋼製高欄の防食仕様を参考に、高耐久防錆仕様である熱可塑性ポリエステル樹脂塗装（飽和ポリエステル樹脂粉体塗装）を採用した。
ゴム支承の場合、防錆処理が必要な箇所は図-解 4.1.7 による。

鋼桁用 ゴム支承



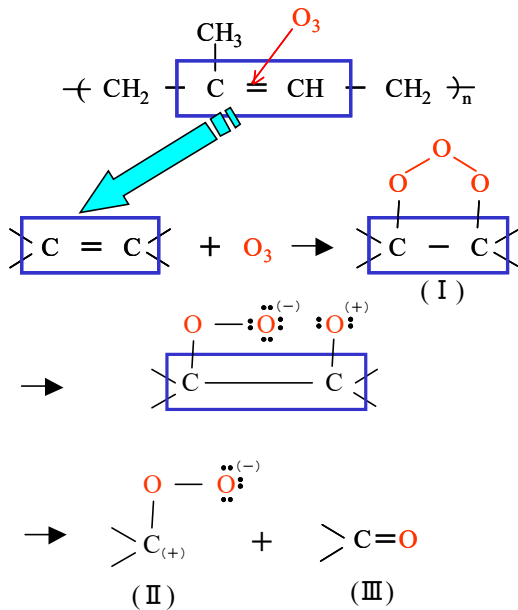
- 注) ・積層ゴム以外の着色部について、防錆処理を施す
 ・積層ゴム、アンカーボルト、積層ゴム取り付けボルトの防錆処理は不要。

図-解 4.1.7 ゴム支承の防錆処理 (着色部は熱可塑性ポリエステル樹脂塗装仕上げ)

- (2) オゾン劣化による積層ゴムのひび割れが報告されている。ひび割れが内部鋼板に達すると腐食が生じ、ゴムとの接着強度が低下する恐れがあることから、積層ゴム周囲を耐オゾン劣化性に優れた被覆ゴムで被覆することにした。オゾン劣化は、オゾンがゴム中の二重結合と反応し、最表面のゴム分子鎖を切断する現象である。分子構造が大きいオゾンは、内部に浸透せずに、最表面のみを攻撃する。小さな裂が進展し深いひび割れに至る。オゾン劣化を防ぐには、EPDM系(エチレン・プロピレン・ジエンモノマー ラバー)などの主鎖に二重結合分子鎖がないゴムなどで被覆する手法が効果的である。

耐オゾン性試験の試験条件は、首都高速道路の環境から試験温度を 40℃と-10℃の2水準とし、それ以外は長期耐久性に配慮し JIS K 6259 に示された条件で最も厳しい数値を採用した。引張ひずみ 80%は支承使用条件下における鉛直力による局部せん断ひずみと水平せん断ひずみの相乗平均とほぼ整合する。

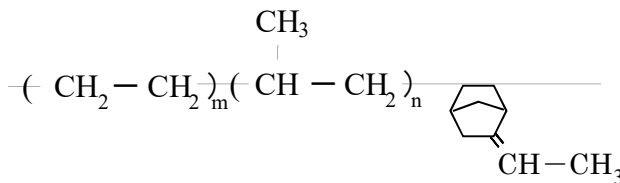
《NR の化学反応》



<解説>

- ① ゴム主鎖中の二重結合部とオゾンが反応する
- ② 上記二重結合が解かれ、オゾノイドが形成される(I)
- ③ オゾノイドは不安定なため、すぐに両性イオン(II)とアルデヒド(III)が形成される

□EPDM の化学反応》



<解説>

- ① ゴム主鎖中に二重結合がないため、オゾンは反応しない

図-解 4.1.8 NR と EPDM の化学式

(3) 圧縮変位確認試験は、上部構造の荷重の载荷により、支承部に生じる回転変位に追従することを確認するものであり、設計最大反力を载荷時の圧縮変位を測定し、回転変位以上であることを確認する。なお圧縮変位の測定値として、経験的に3回程度の载荷により測定値が安定する傾向を示すことから、3回目の値を特性値としてよい。

水平変形性能確認試験は、所定のせん断ひずみまでせん断変形させることにより、せん断変形性能を確認するものである。従来、支承形式が可動固定構造の場合、可動型ゴム支承のせん断変形性能の確認試験は規定されていなかった。そのため、設計せん断ひずみまでの変形性能を確保するため条文のように定めた。試験の際、せん断変形時に外観に異常がないか確認すること。なお、設計時に地震時移動量を考慮しない可動支承の場合、または設計せん断ひずみが70%以下の場合においても、道路橋支承便覧(改訂版)(平成16年4月)における常時の許容せん断ひずみの70%は確保していることを確認することとして、最小値を70%とした。

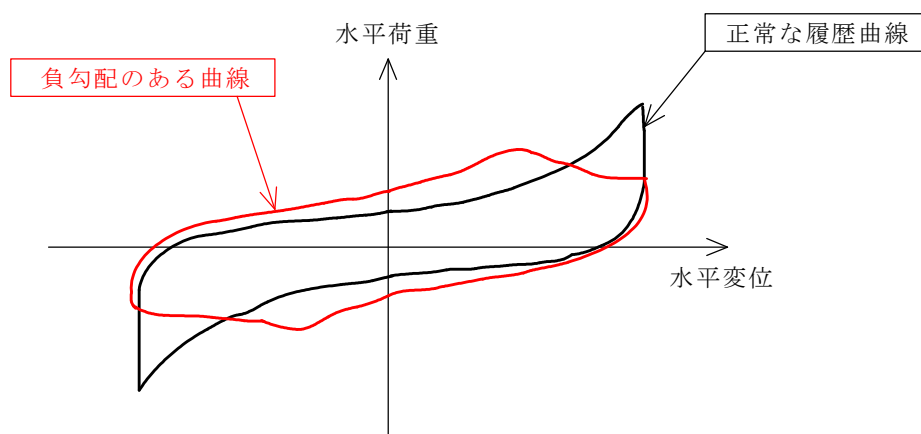
(4) ①の圧縮変位確認試験は、(3)と同一の試験であるため、試験方法については(3)の解説を参照すること。

②-1 の 175%×10 回の等価剛性・等価減衰定数試験は支承の剛性および減衰性能（免震支承の場合）の確認が目的であり、10 回の平均値を等価剛性、等価減衰定数として、等価剛性は設計値に対し±10%以内、等価減衰定数は設計値以上であることを確認する。

②-2 のせん断剛性確認試験は、3 回目の値をせん断剛性として、設計値に対し±10%以内であることを確認する。なお、水平力分散支承は、設計上ほぼ下限値となる等価減衰定数である 0.03 を用いれば特に減衰機能の確認を行う必要はないため、減衰機能の確認試験は規定していないが、0.03 より大きな値を用いて設計する場合は、減衰機能の確認について、別途行う必要がある。その際、せん断剛性と同じく 3 回目の値を特性値として確認する。

③の 250%×1 回の水平変形性能確認試験は、鋼板-ゴム・被覆ゴム-積層ゴムの接着性能の確認が目的であり、供試体に死荷重相当を載荷し、せん断ひずみが総ゴム厚の 250%以上であることを確認するものである。本要領より、積層ゴムの許容せん断ひずみは 200%以下としたが、200%変形時にゴムのハードニングの影響を最小限に留め安定して機能させるため、水平変形性能確認試験は 250%で実施することにした。また、外観確認については、肉眼観察で、き裂がないことを確認する。

④の 175%×1 回の健全性確認試験は、③の試験にて支承内外部の損傷が発生していないかの確認を目的として実施する。試験は 175%×1 回の履歴曲線の形状確認及び外観確認にて判定する。履歴曲線の形状確認は、履歴曲線に負勾配（ひずみが増大しているのに、応力が減少する）がなければ健全と判断して良い。支承内部に座屈、接着不良などの損傷がある場合は、履歴曲線の一部に負勾配が発生することから、負勾配がないことを確認することにより、健全度を評価することとした。なお、負勾配は試験機へ試験体を固定する際のガタや滑り等により生じる場合もあるため、こうした状況も踏まえて履歴曲線の形状を確認する。



不健全な（負勾配のある）履歴曲線の例

なお、試験手順については、ゴム支承に250%ひずみのような大きな変形を与えると、短期的に剛性が低下することが確認されていることから、②の試験を実施した後に、③の試験を実施することとした。ゴム支承の剛性が低下してから初期の剛性への回復は、かなりの時間を要するため、現場への設置に当たっては、検査後十分な時間的余裕を考慮する必要がある。

既往の積層ゴムは設計変位を満足せず、鋼板とゴムの層間で剥離した損傷や積層ゴム本体が破断した損傷が報告されており、また被覆ゴムと積層ゴム本体は確実に加硫接着されていることが必要なことから、表-解4.1.1における可動固定構造以外の支承形式については、使用する支承がせん断変形性能を有し、被覆ゴムと積層ゴム本体が加硫接着していることを全数確認してから使用することにした。

4. 1. 9 支承の維持管理

- (1) 原則としてタイプA支承はタイプB支承に交換する。
- (2) パッド型ゴム支承は使用しないこととする。設置済みのパッド型ゴム支承についてはピンチプレート下面と上沓上面の遊間以上の高さの抜けだし防止を設ける。

【解説】

- (1) H14 道示ではレベル1地震動により生じる水平力および鉛直力に対しては支承部の機能を確保できるが、レベル2地震動により生じる水平力に対しては、変位制限構造と補完しあって抵抗する構造をタイプA支承と定義していた。しかし、支承部の点検や維持管理のために支承部周辺は可能な限り複雑な構造としない方がよいこと、都市高速道路である首都高速道路の場合、地震によりタイプAの支承が損傷した場合にその部材や破片が落下し、第三者被害が生じないよう特に配慮が必要であることから、タイプA支承については箱桁橋などに設置されている比較的大きな物も含め、レベル2地震動に対して支承部の機能を確保するタイプB支承に交換することにした。特にピボットローラーなどのローラー支承が破損すると橋脚上に飛散したローラーが余震で落下してくる場合がある。そのため、余震が収束するまで現場に近づけなくなり復旧作業着手が遅れた事例が報告されていることから他のタイプA支承よりも優先してタイプB支承に交換することが必要である。
- (2) 東北地方太平洋沖地震では首都高速道路のパッド型ゴム支承の積層ゴムが高さ6.0mmの抜けだし防止を乗り越えてはみ出す事象が生じたことから、今後は採用しないこととし、設置済みの支承については抜けだし防止の高さをピンチプレート（上下方向の移動ストッパー）下面と上沓上面の遊間以上の値とすることにした。したがって、既存のパッド型ゴム支承で抜け出し防止の高さが不足しているものについては現場でベースプレートにフラットバー等を溶接することで、地震時におけるゴム部の抜けだしを防止することにした。