

反重力すべり支承の開発 ① (開発コンセプトと概要)

阪神高速技術(株) 正会員○足立幸郎 京都大学大学院 正会員 五十嵐晃
 阪神高速道路(株) 正会員 加藤祥久 阪神高速道路(株) 正会員 篠原聖二
 オイレス工業(株) 正会員 宇野裕恵 JIP テクノロジ(株) 正会員 松田 宏

1. はじめに

兵庫県南部地震以降, 高架橋の地震に対する構造として, 免震構造や多径間連続構造が多用されてきている。免震構造は, 地震時に支承部が大きく変形しエネルギーを吸収することにより高い安全性を確保している。しかしながら, その大きな変位を許容するために維持管理上の弱点である伸縮装置が肥大化する傾向にあり, ライフサイクルコスト上の問題が潜在している。一方, 多径間連続構造は地震時の変位を拘束させることにより地震時の安全性を確保しているが, 常時に作用する温度の影響等を不静定力として構造内に内蔵するため, 多径間化を図ることが困難である。このような状況のもと, 地震時安全性を確保しつつ限定的な地震時変位にとどめ, さらに温度の影響など常時作用に対しても有利な新しい支承形式を検討したものである。

2. 反重力すべり支承 (UPSS: Uplifting Sliding Shoe)

本稿で提案する新支承形式を図-1に示す。本支承は, すべり支承を水平と斜めに配置した複合支承である。常時に対しては水平部のすべり支承で鉛直力を支持し, さらに平坦面をすべらせるアイソレーション機構を具備することで, 橋脚に摩擦力以外の力を作用させない。さらに, 地震時慣性力に対しては斜めに配置したすべり支承が機能し, 反重力方向に桁を変位させることにより橋梁全体にひずみエネルギーとして地震時エネルギーを分散させるとともに, 斜めすべり面による抵抗により多点固定構造を擬似的に構築するものである。なお, 温度変化による拘束力が生じないように水平すべり支承部には, 遊間が設けられている。図-2に本支承を用いた橋梁構造の一例を示す。

このような構造は, 多点固定構造でもなく, また免震構造や分散構造でもない, 双方の利点を有する新しいジャンルの構造として位置づけることができる。このようなジャンルのイメージを図-3に示す。応答変位を比較的自由に設定することができることが特徴であり, 地震時に対する設計の自由度は極めて大きく, 多点固定橋から長周期免震橋まで任意に容易に設定できることが期待される。経済性の観点からは汎用製品である BPB 支承を組み合わせた複合構造であることから, コストの低減が見込まれる。

なお本構造においては斜めすべり面へ移行する際の衝撃力が懸念されたが, 高架橋に適用した場合, 橋脚の塑性化による剛性低下も併せて生じるため, 橋梁全体として健全性を損なうような衝撃力は発生しない。

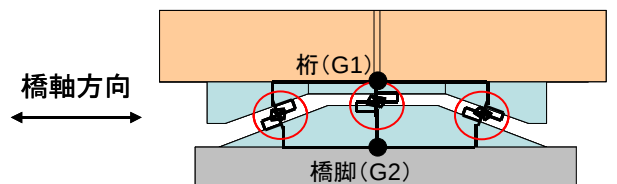


図-1 反重力すべり支承形状

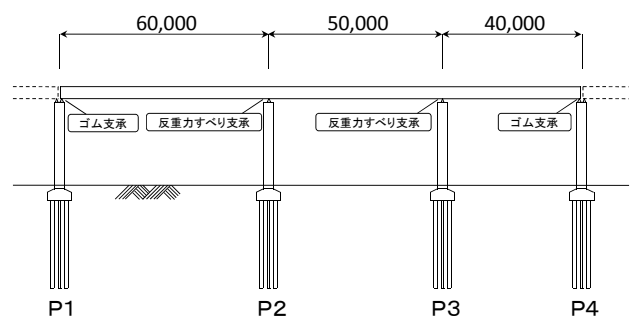


図-2 反重力すべり支承を用いた橋梁構造の一例

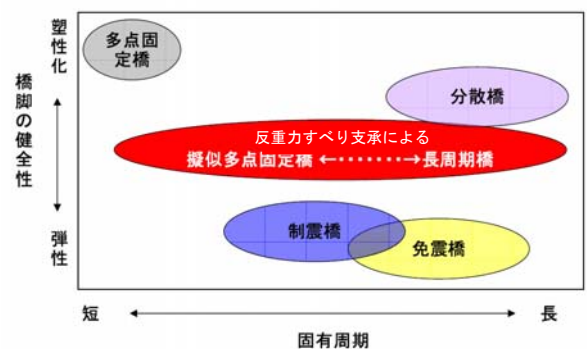


図-3 反重力すべり支承を用いた構造のイメージ

キーワード 反重力すべり支承, 多点固定構造, 免震構造, 衝撃力, 要素実験, 振動台実験, 地震応答解析
 連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町4丁目5番7号 TEL 06-6120-2203

3. 要素実験と振動台実験による支承機能の検討

本支承は、常時の平面すべりと地震時の斜面すべりの2つのモードを有するこれまでにない構造であるため、要素実験及び振動台実験により支承の挙動を検討した。要素実験から得られた本支承の水平力－水平変位関係を図-4に示す。図中(a)部は水平部、(c)部は斜め部の挙動を示しており、(b)部は衝突力を示している。図-5には振動台実験時で得られた水平荷重/鉛直荷重と相対変位との関係を示しているが、図-4中(b)部と(c)部に相当するいわゆる「斜めすべり」部でも水平荷重/鉛直荷重は常に一定であることがわかる。すなわち、斜めすべり部では、例え衝突力が作用していても、実験した斜め角度 30° 程度であれば、支承として常にすべり挙動が確認されたこととなる。この結果を受け、平面すべり時、斜面部の乗降時それぞれの変形状態に連携した作用力－変位関係を検討し適切にモデル化することにより、振動台実験の挙動を数値解析により克明に再現できることが明らかとなった。

4. 地震応答解析による高架橋への適用に関する検討

要素実験及び振動台実験の結果をシミュレートできるモデルを適用して、図-2に示す鋼3径間連続非合成鈹桁橋を対象に、反重力すべり支承の斜め勾配が橋梁の地震時挙動に及ぼす影響について検討を行った。その結果、図-6に示すように反重力すべり支承を配置し斜め勾配の設定によりすることで、上部構造の水平変位を制御できることが判明した。その一方で、図-7に示すように、斜め勾配が大きくなるに従って、斜めすべり支承を有する橋脚の応答塑性率が大きくなること、なども明らかとなった。また、別に行った解析では、上部構造の曲げモーメントについては、対象橋梁の条件では、 15° 付近でピークとなることも判明した。このように、反重力すべり支承の適用にあたっては、斜め勾配によって変化する橋脚(P2,P3)の応答塑性率、上部構造の発生断面力のバランスに配慮する必要があることが明らかとなったが、これは換言すれば、斜め勾配の設定を変えることにより、橋梁の地震時挙動を比較的明瞭に変更できる可能性があることがわかった。

5. おわりに

今後さらなる本支承による地震応答の制御効果を明らかにすることにより、地震時及び常時における本構造の優位性を明らかにし、実橋梁への適用を行っていく予定である。

参考文献

足立ら：斜めすべり支承による位置エネルギー変換システム，第63回土木学会年次大会概要集，pp1237-1238，2008

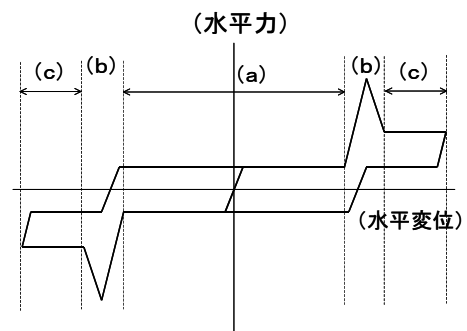


図-4 反重力支承の水平力－水平変位関係

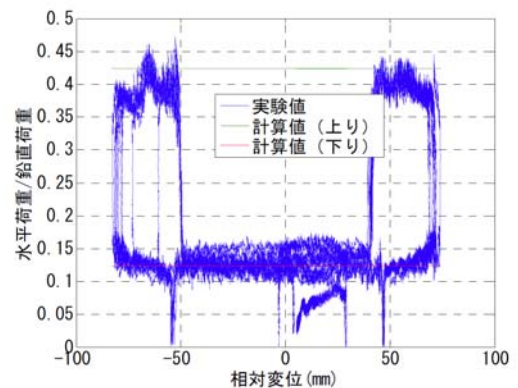


図-5 変位－水平荷重/鉛直荷重の関係

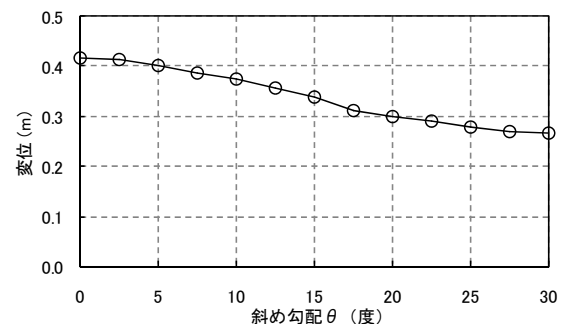


図-6 モデル橋の上部工変位と斜め勾配の関係

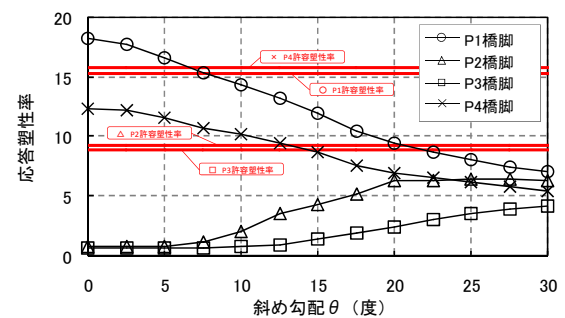


図-7 モデル橋の橋脚応答塑性率と斜め勾配の関係