

ダブル球面すべり支承を有する橋梁の活荷重時挙動に関する研究

宇都宮大学 学生員
正会員

○ 竹内小織
NGUYEN MINH HAI

正会員
フェロー会員

藤倉修一
中島章典

1. はじめに

我が国では、免震支承として積層ゴム支承が一般的に用いられているが、近年発生した大地震において積層ゴム支承の損傷が確認されたことから、別のタイプの新たな免震支承の開発が重要となっている。アメリカでは1990年代より、球面すべり支承が免震構造に適用されている。球面すべり支承とは、凹形球面上にスライダと呼ぶ可動体を設置してすべらせる振り子型の免震装置であり、振り子運動による復元機構と摩擦力による減衰機構を有している。固有周期はすべり面の球面半径のみで決まるため長周期化が容易であり、すべり面とスライダの直径により限界変形量の調整が容易にできるなどの利点がある¹⁾。

球面すべり支承は免震支承であるため、これまでに地震時の挙動に関する研究が主に行われている。しかしながら、支承は上部構造から伝達される荷重を確実に下部構造に伝達すること、活荷重、温度変化等、たわみによる回転変位に対して適切に作動する機能が求められる²⁾。球面すべり支承を我が国の橋梁構造物へ適用するためには、常時設計荷重時において支承としての機能を果たすことは重要である。

そこで本研究では、常時設計荷重の中の活荷重に着目し、2基のダブル球面すべり支承で支持された橋梁模型桁に集中荷重を載荷し、活荷重作用時における支承部の挙動を再現した。支承部のたわみ角及び水平変位による、球面すべり支承への影響及び橋梁構造物における支承部の挙動を調べることで、活荷重時における球面すべり支承の挙動を明らかにすることを目的とする。

2. 実橋梁解析

活荷重に対する球面すべり支承の挙動を実験で再現するために、まずは実橋梁解析を行った。対象橋梁は支間34m、車道部幅員8m、歩道部幅員3mの非合成単純プレートガーダー橋である。設計荷重は道路橋示方書²⁾に規定されているB活荷重である。鋼桁を梁要素として35節点、34要素に分割し、支点部を固定支持と可動支持とした。支間中央部の幅10mに43.45kN/m、その他の部分に11.27kN/mの活荷重を載荷し、その結果、支承部のたわみ角は0.00485radであった。また、支間中央部がたわみの許容値57.8mmに達する時の支承部のたわみ角は0.00532radとなった。

3. 試験体概要

本研究では、2基の球面すべり支承で支持された鋼梁に対して支間中央に集中荷重を与え、実橋梁の活荷重時における支承部のたわみ角を再現した。スライダの強度を考慮して活荷重時にスライダの面圧が30MPa程度になるようにスライダの直径を決定した。鋼梁は許容たわみに達する時のたわみ角以上を再現できる断面及び長さを選んだ。

本研究で使用したダブル球面すべり支承を図-1に示す。凹状に球面加工したすべり面を有するコンケイブプレート(材質 SUS304)が上下にあり、その間に上下凸状に球面加工されたスライダを配置する。スライダ(材質 SS400)は上下面をすべり面と同じ球面半径に加工していて、その表面にはPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)すべり材を貼り付けている。

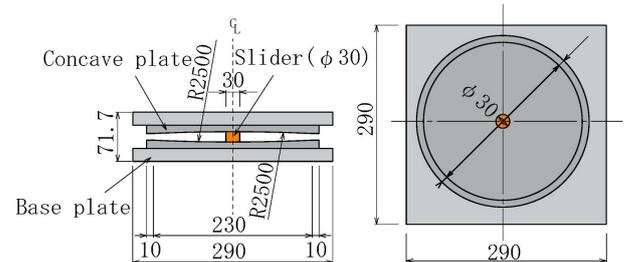


図-1 ダブル球面すべり支承試験体

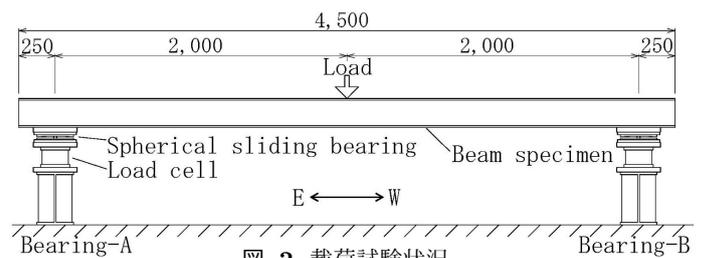


図-2 荷重試験状況

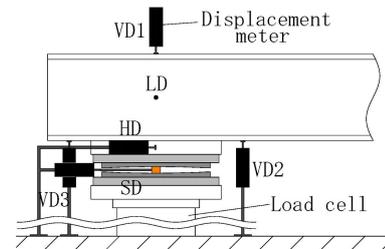


図-3 計測位置

表-1 実験ケース

ケース	スライダ	上部構造	水
1	中央	中央	なし
2	外側 5mm	中央	なし
3	中央	東側 5mm	なし
4	東側 5mm	東側 5mm	なし
5	中央	中央	あり

支承試験体の寸法は図-1に示すように、支承全体の外形寸法は290×290mm、高さは71.7mmである。すべり面の直径は230mmであり、スライダは直径30mmとした。また、すべり面及びスライダの球面半径はともに2500mmである。

梁試験体には、高さ200mm、幅200mm、ウェブ厚8mm、フランジ厚12mmの断面を有する長さ4.5mのH型鋼を使用した。

4. 実験方法

荷重試験状況を図-2に示す。鋼梁を2基の球面すべり支承で支持し、支間中央に集中荷重を与えた。たわみ角は実橋梁の活荷重載荷時のたわみ角0.00485radとし、さらに、活荷重によるたわみの許容値に達する時のたわみ角0.00532radを超える荷重を載荷した。載荷方法は20kN、50kN、100kNの繰り返し漸増載荷とし、各ケースに試験体をセッティング後100kN(0.01rad程度)まで載荷し、除荷した場合を1回目、その後そのままの状態にて計測のイニシャルをとり、さらに一連の載荷サイクルを行った場合を2回目とする。東

Key Words: 免震構造, ダブル球面すべり支承, 活荷重, 荷重試験

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 Tel.028-689-6227

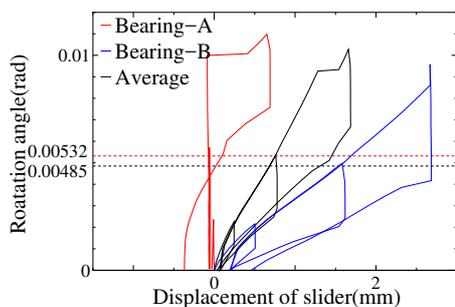


図-4 たわみ角—スライダ変位関係
ケース 1(1回目)

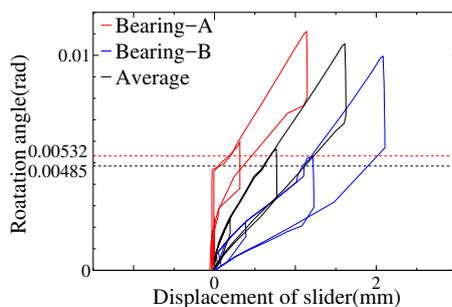


図-5 たわみ角—スライダ変位関係
ケース 1(2回目)

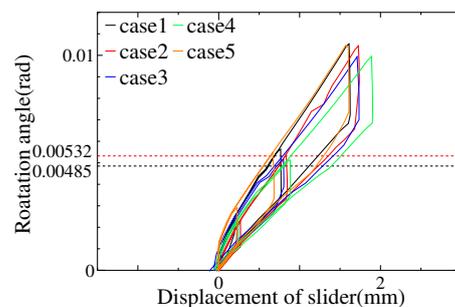


図-6 たわみ角—スライダ変位平均関係
ケース 1~5(2回目)

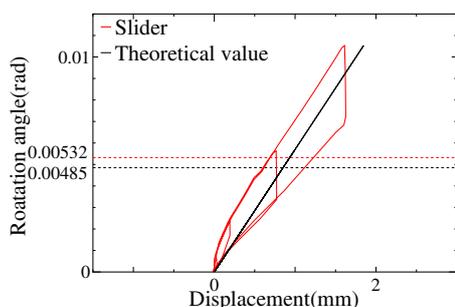


図-7 変位比較 ケース 1(2回目)

側を支点 A, 西側を支点 B とする。

実験ケースを表-1 に示す。施工時や使用時に起こりうる状況を想定し、スライダがプレート中央にある場合だけでなく、スライダや上部構造が中央にない場合、プレートに水が溜まっている場合の 5 ケースを行った。

計測位置を図-3 に示す。支承の下にロードセルを設置し、軸力を測定した。また、高感度変位計 (CDP) を用いて、支承の中心から東西に 200mm の位置の鉛直変位 (VD2, VD3) からたわみ角を算出し、下プレートに対する上プレートの水平変位 (HD) を上プレート変位とし、上プレートの側面中心位置で計測した。下プレートに対するスライダの水平変位 (SD) をスライダ変位とし、高感度変位計 (CDP) の先端に十分な剛性を有する細長い鋼管を取り付け計測した。

5. 実験結果及び考察

(1) たわみ角—スライダ変位関係

スライダの支点外側への変位を正として、ケース 1 のたわみ角—スライダ変位関係の 1 回目及び 2 回目载荷についての実験結果を図-4, 図-5 にそれぞれ示す。横軸はスライダ変位、縦軸は支承部のたわみ角である。点線は実橋梁解析より求めたたわみ角であり、黒は活荷重時のたわみ角、赤はたわみの許容値に達する時のたわみ角である。黒線は支点 A, B の平均値である。図-4 によれば、1 回目载荷の除荷後に残留変位がある。これは、試験体セッティング時にスライダとプレートの間になんらかの生じているずれが、一連の载荷サイクルでなくなり、スライダとプレートがある位置に収まったためであると考えられる。一方、図-5 に示す 2 回目载荷では、1 回目载荷でこのずれが解消され、残留変位なく元の位置に戻っている。

図-6 は各ケース 2 回目の支点 A, B の平均値をまとめたたわみ角—スライダ変位関係である。図-6 の 2 回目载荷の前に 1 回目载荷を行っているが、ケース 2~ケース 4 ではセッティング時にずらした 5mm よりも 1 回目载荷後の残留変位が小さく、除荷後にプレートの中心に戻ることはなかった。しかし図-6 に示すように、ケース 1 と同様にある位置にスライダが収まることで 2 回目では原点志向型の履歴となった。下プレートに水を入れた状態で载荷した

ケース 5 でも、他のケースと同様の挙動を示しており、スライダが水に濡れていることによる影響はなかった。

また、ケース 1 の 2 回目载荷である図-5 では、スライダが動き出す点や最大変位など支点 A と支点 B で挙動にばらつきが見られた。しかし、各ケースの支点 A と支点 B の平均である図-6 を見ると、すべてのケースでほぼ同様の挙動を示した。

(2) スライダ変位と理論値の比較

図-7 に赤線でケース 1 におけるたわみ角—平均のスライダ変位関係を示す。さらに、試験体を単純支持の梁と理想化して、桁がたわむことによる可動支点の水平変位の理論値を黒線で示す。

スライダ変位と理論値を比較すると、理論値のたわみ角—変位関係は線形であるが、実験で得られたたわみ角—スライダ変位関係は、载荷し始め及び除荷し始めの段階ではスライダが動いていない。载荷すると、始めはスライダが動き出さず、あるたわみ角を超えると支点外側へ変位を始め、除荷においてはこの現象が顕著に表れている。これは、スライダとすべり面との摩擦による影響であると考えられる。桁がたわむことにより支承部には鉛直力だけでなく水平力も作用する。この水平力がスライダとすべり面の間に作用する摩擦力を超えることによってスライダがすべり出すと考えられる。

6. まとめ

本研究では、2 基のダブル球面すべり支承で支持された橋梁模型桁に対して载荷試験を行い、以下の結果を得た。

1. スライダがプレート中央にある場合、ずらした場合いづれも、载荷 1 回目の後には残留変位があるが、スライダがある位置に収まることによって 2 回目は原点志向型のたわみ角—スライダ変位関係となる。
2. たわみ角—スライダ変位関係は、支点ごとに挙動のばらつきが見られたが、平均するとどのケースもほぼ同じような挙動を示した。
3. 球面すべり支承が桁のたわみによる回転及び水平変位を受けると、スライダは摩擦の影響を受け、载荷し始め及び除荷し始めは動かず、あるたわみ角を超えると動き始める。

謝辞

本実験の実施にあたっては、新日鉄住金エンジニアリング株式会社の山崎伸介氏、野呂直以氏からは多大なご支援を頂きました。ここに記して厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 中村ら：球面すべり支承 NS-SSB の開発, 新日鉄住金エンジニアリング技報, Vol.6, pp.28-35, 2015.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説, pp.16-pp.99, 2012.3.