

関西国際空港連絡橋 鉛プラグ入り積層ゴム支承の面圧補正式確認試験および温度上昇確認試験

西日本高速道路(株) 関西支社 正会員 ○西田 峻 安里 俊則 野田 翼
(株)IHI インフラシステム 中村 隆志 引口 学 吉山 純平

1. 目的

関西国際空港連絡橋（以下、関空連絡橋）は 1994 年（平成 6 年）に開通した大阪府泉佐野市のりんくうタウンと関西国際空港島を結ぶ、橋長 3,750m の道路・鉄道併用橋であり、関西国際空港島の唯一の陸上アクセスを担っている。海上中央部は鋼トラス橋で、空港島・前島側は鋼箱桁橋である。上部構造は、上に道路（6 車線）、下に鉄道（複線）が走る 2 階建て構造で、さらに電気・ガスなどのライフライン全てがこの橋を利用している。図-1 に橋梁一般図を示す。

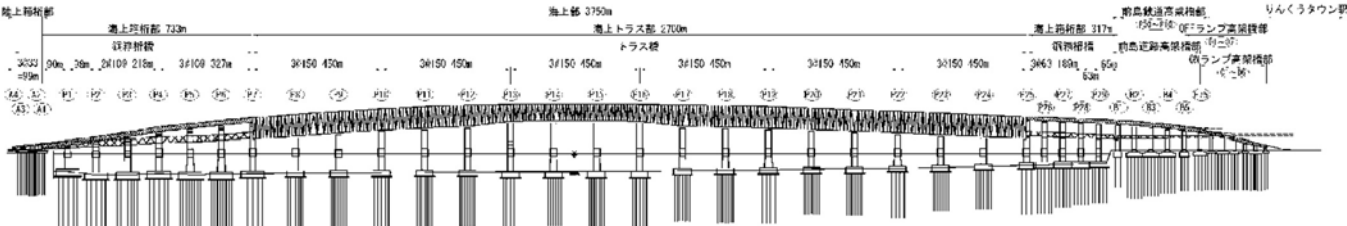


図-1 橋梁一般図

本橋に対し、時刻歴応答解析による耐震性能評価を行った結果、固定・可動支承、および下部構造の耐力超過が確認された。よって、部材耐力を向上させる補強方法だけでなく、免震化や制震化といった全体構造系を変化させる大規模地震対策案を検討した結果、鋼トラス橋および一部鋼箱桁橋において上部構造の補強が比較的小規模となり、構造が成立する鉛プラグ入り積層ゴム支承（以下、LRB）を用いた免震構造を採用した。

LRB の諸元は、1 支点あたり最大で□1,620 mm×2 個となり、特に端支点部は死荷重時面圧が低くなる傾向（最小 1.5MPa）にあることから、以下(1)～(3)の課題があった。

(1) 実製品の出荷試験機では 1.5MPa での性能確認試験ができないため、NEXCO 試験方法¹⁾の面圧依存性試験に基づき面圧補正の検討を行ったが、載荷面圧が 3, 6, 9, 12MPa の 4 プロットであり、低面圧領域への補正ができない。

(2) 繰返し加振により鉛プラグの温度が上昇し、降伏荷重が低下する傾向にある。

(3) 既往の研究²⁾では、低面圧下での繰返しせん断変形試験を実施した結果、鉛にき裂が発生した知見がある。これらの課題に対して、以下の試験を実施した。

(ア)面圧補正式確認試験

(イ)鉛本数を 4 本、および 5 本とした LRB の繰返し加振による温度上昇確認試験

(ウ) 低面圧作用下における LRB のせん断疲労試験

本稿では、上記(ア)(イ)の試験結果を報告する。なお、(ウ)は、別稿³⁾にて報告する。試験体製作および試験はオイ

表-1 試験体諸元

タイプ	鉛4本タイプ	鉛5本タイプ
上下鋼板平面寸法(mm)	400×400	400×400
内部鋼板平面寸法(mm)		
ゴムせん断弾性率 (kN/mm)	1.2	1.2
ゴム1層厚(mm/層)	9	9
ゴム層数(層)	6	6
内部鋼板厚(mm/枚)	4.5	4.5
鉛プラグ径(mm)	57.5	51.5
鉛プラグ本数(本)	4	5
鉛比率(%)	6.9	7
1次形状係数	10.39	10.39
2次形状係数	7.41	7.41
等価剛性(kN/mm)	3.599	3.600
等価減衰定数(%)	15.20	15.24

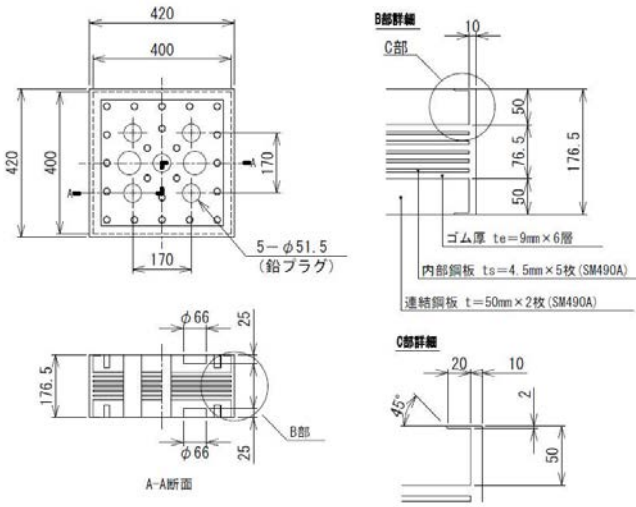


図-2 試験体（5 本タイプ）

キーワード 免震, 鉛プラグ入り積層ゴム支承, LRB, 低面圧, 温度上昇
連絡先 連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-1 3 西日本高速道路(株)関西支社 TEL06-7713-5886

レス工業(株)にて実施した。

2. 面圧補正式確認試験

試験体は図-2 に示す鉛 5 本タイプを使用する。試験体諸元を表-1 に示す。試験面圧は 0.5,1.5,3,6,9,12MPa の 6 ケースとした。水平加振は変位 $\pm 175\%$ 、周期 2.0 秒の正弦波を 11 波とし、試験インターバルは 8 時間以上とした。試験結果を図-3 に示す。

各面圧での等価剛性、等価減衰定数の 6MPa 時の値に対する変化率から、線形近似式を用いて補正式を求めた。なお、等価剛性、等価減衰定数は、温度補正を実施した。6MPa 時に対する 1.5MPa 時の変化を近似式から求めると、等価剛性は-0.1%、等価減衰定数は-4.1%となった。

等価剛性補正式 $K_{eq}(1.5\text{MPa 時}) = K_{eq}(\text{実測値}) \times (0.0003 \times 1.5 + 0.9969) / (0.0003 \times \text{試験面圧} + 0.9969)$

等価減衰定数補正式 $h_{eq}(1.5\text{MPa 時}) = h_{eq}(\text{実測値}) \times (0.0092 \times 1.5 + 0.9457) / (0.0092 \times \text{試験面圧} + 0.9457)$

3. 温度上昇確認試験

試験体は図-2 に示す 5 本タイプ、および四隅に配置した 4 本タイプを使用する。試験体諸元を表-1 に示す。熱電対は鉛中心付近に 4 本タイプは鉛 1 本に、5 本タイプは中央の鉛と外側の鉛 1 本に設置した。性能確認試験は面圧 6MPa、水平加振は変位 $\pm 175\%$ 、周期 2.0 秒の正弦波を 11 波とした。

試験結果を図-4 に示す。加振時の挙動及び温度上昇傾向は、ほぼ同等であり鉛の総断面積が等しければ、本数の違いの影響は小さい。一方、加振後の鉛の温度回復は、5 本タイプが優位な結果となった。

4. まとめ

面圧補正式について、性能確認試験結果より低面圧領域への補正式を求めた結果、等価剛性・等価減衰定数の変化は小さいことを確認した。また実製品での品質管理は、出荷検査結果に対し既存の温度補正、周期補正に加え、基準面圧 6MPa での試験結果に対し、求めた補正式を用いて各橋脚の設計面圧で補正を行うこととする。

鉛本数の違いによる影響について、性能確認試験を実施し、温度上昇や特性値の差はほとんどなく同程度であることが確認出来た。一方、加振後の鉛の温度回復状況は、5 本タイプが優位な結果となった。今回の試験は、実製品の 1/4 スケールの縮小試験体であり、熱影響は一般に寸法の 2 乗で影響してくることから、実製品上では、より優位と考えられる。最後に、本検討は、「関西国際空港連絡橋 大規模地震対策設計・施工検討委員会」での成果の一部である。各委員の方々には貴重なご意見いただきました。ここに謝意を記します。

参考文献

- 1) NEXCO 試験方法, 平成 29 年 7 月。
- 2) 篠原・林・足立・長弘・河内山・五十嵐・高橋: 鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LRB) に緩速繰返しせん断変形が及ぼす影響の評価, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 平成 30 年 8 月。
- 3) 安里ほか: 関西国際空港連絡橋 鉛プラグ入り積層ゴム支承の低面圧下でのせん断疲労試験および土木学会第 78 回年次学術講演会, 令和 5 年 8 月

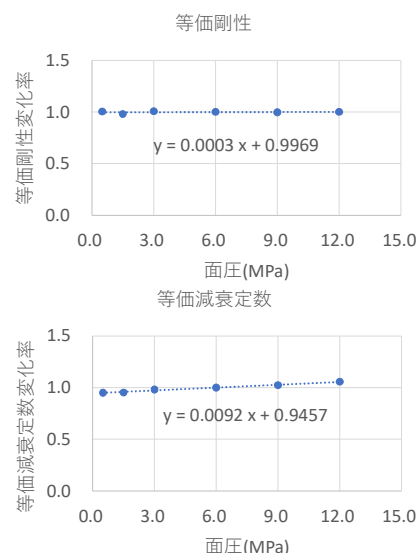
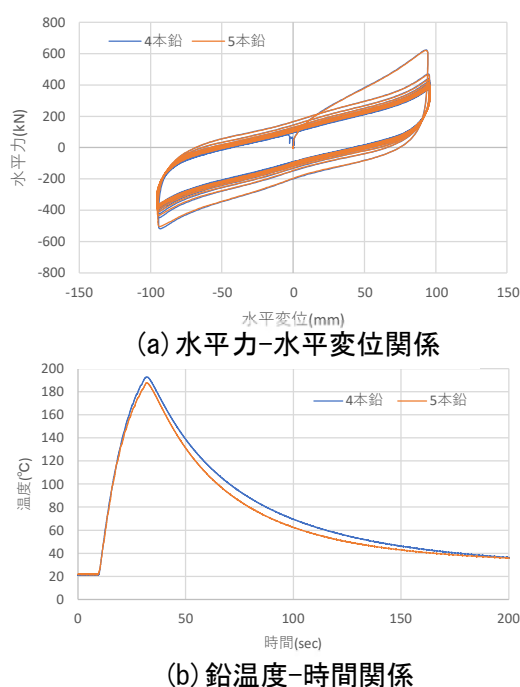


図-3 面圧補正式確認試験結果



(a) 水平力-水平変位関係
(b) 鉛温度-時間関係
図-4 温度上昇確認試験結果