

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

西日本高速道路(株)関西支社 正会員 ○安里 俊則 野田 翼 西田 峻
(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3750m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。

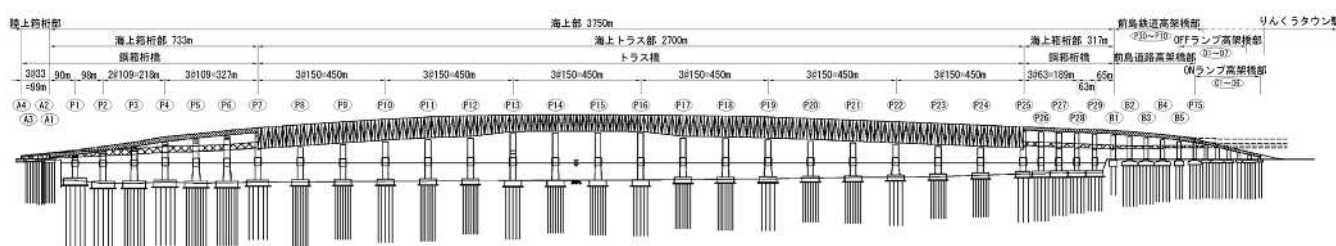


図-1 橋梁一般図

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□1620mm×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、低面圧下での緩速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) 鉛プラグ本数を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(ウ)の試験結果を報告する。なお、

(ア)(イ)については紙面の都合上、別稿³⁾にて報告する。試験体製作および試験はオイレス工業(株)にて実施した。

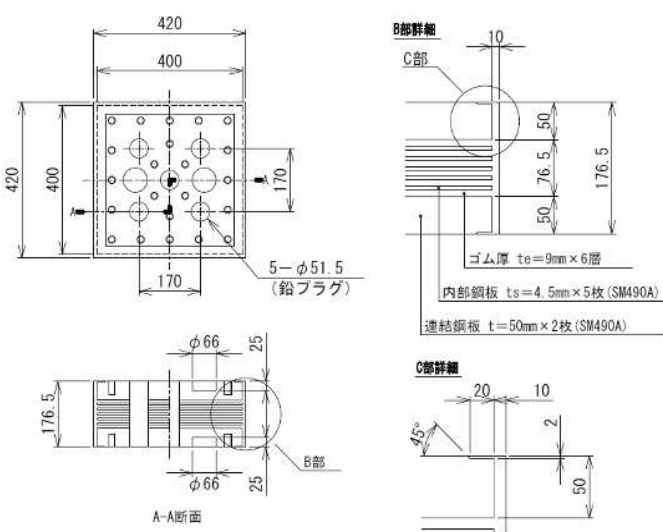


図-2 試験体

キーワード 免震, 鉛プラグ入り積層ゴム支承, 低面圧, せん断疲労試験

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

2. 試験内容

関空連絡橋の使用条件に基づいた面圧下でのせん断疲労試験を行い、疲労試験前後の性能値を確認する。試験体を図-2、試験体諸元を表-1に示す。使用した試験機の能力は、鉛直荷重：動的±2MN、鉛直ストローク±200mm、水平載荷：動的±400kN、水平ストローク±250mmである。試験条件を表-2に示す。疲労試験の面圧は実橋の死荷重面圧である1.5MPaとし、加振回数は支承便覧⁴⁾の試験方法を参考に、実橋の平均日最高・最低温度の差の平均値から100年分の入力エネルギーを求め、それと等価となる振幅回数を±35%変位から算出した結果、820回とした。なお、1000回まで加振を実施した。性能確認試験はNEXCO試験方法の条件で、疲労試験前、820回加振後、および1000回加振後の3回実施した。

3. 試験結果

疲労試験前後の性能確認試験における等価剛性、等価減衰定数の変化率を求めた。なお、等価剛性、等価減衰定数は、温度補正を実施している。結果を表-3に示す。ここで、 K_{eq} ：等価剛性、 h_{eq} ：等価減衰定数、値：補正後値、変化：疲労試験前からの変化率を示す。初期値に対する等価剛性の変化は10%以内⁴⁾で、耐久後も等価剛性・等価減衰定数ともに所定の性能を満たしている。性能確認試験における水平荷重-水平変位関係を図-3に示す。1000回後の第5サイクルにおけるせん断力-せん断ひずみの履歴ループの切片荷重の変化は小さく、履歴性状も安定している。疲労試験後、鉛がゴム体に徐々に入り込む状況も確認できるが、疲労試験がエネルギー吸収性能に与える影響は小さい。なお、実橋に使用するLRBではゴム体内部に中間プレートを配置し、鉛の拘束効果を高める構造を採用している。

4. まとめ

低面圧作用下におけるLRBのせん断疲労試験を、実橋100年相当の条件下で行った結果、所定の疲労耐久性能を有していることが確認できた。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をいただきました。ここに謝意を記します。

参考文献

- 1) NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験法：東日本・中日本・西日本高速道路株式会社，令和2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) 西田ほか：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，土木学会第78回年次学術講演会，令和5年8月
- 4) 道路橋支承便覧：公益社団法人日本道路協会，平成30年12月

表-1 試験体諸元

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

表-2 試験条件（疲労試験）

項目	試験条件
試験温度	23℃±2℃で試験開始
試験面圧	1.5MPa(224.4kN)
水平加振変位	±35%(±18.9mm)
水平加振周期	180秒
加振波形	正弦波
加振回数	820回加振後に1000回まで実施

表-3 性能確認試験結果

試験 順番	回数	開始時 温度 (℃)	実測値		補正後					
			k_{eq} (kN/mm)	h_{eq} (%)	K_{eq} (kN/mm) 【設計値3.6】			H_{eq} (%) 【設計値15.2】		
					値	変化	対設計比 ≤±10%	値	変化	対設計比 +0%以上
1	疲労試験前	22.5	3.653	17.56	3.648	—	1.3	17.52	—	15.2
3	820回後	23.2	3.773	18.41	3.775	1.03	4.9	18.43	1.05	21.3
5	1000回後	21.6	3.677	17.8	3.69	1.01	2.5	17.69	1.01	16.4

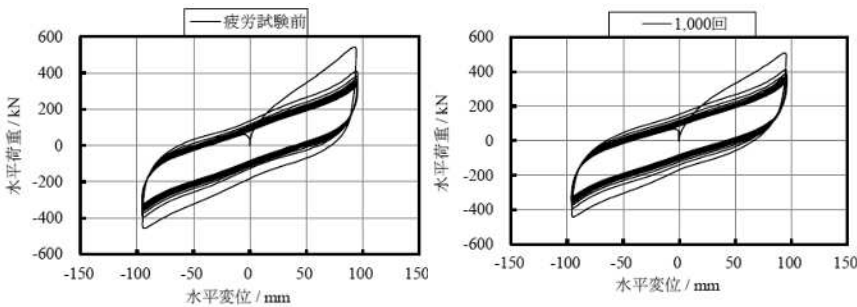


図-3 水平荷重-水平変位関係