

第 部門 ノックオフ機能を有する橋梁フィンガージョイントの静力学的特性と今後の課題

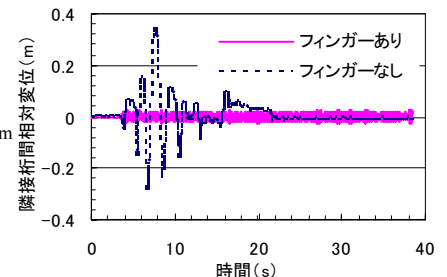
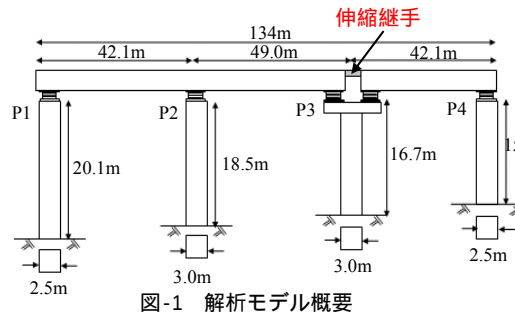
大阪市立大学工学部	学生員	○石原 和之
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	松村 政秀
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	北田 俊行
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	山口 隆司

1. 研究背景および目的

兵庫県南部地震以降、橋梁構造物は強地震動に対する安全性を確保すべく、下部構造への作用力の低減を図るため、免震化が実施されてきた。免震化を目的とした桁の連続化に伴う伸縮量増大に対応すべく、鋼製フィンガージョイント（以下、単に伸縮継手という）が採用される傾向にある。しかし、伸縮継手の破断荷重は明確でないため、橋軸直角方向の L2 地震動に対して伸縮継手が上部構造の移動を制限し、免震機能を阻害する可能性がある。本研究では、L2 地震時の伸縮継手が免震高架橋に与える影響について検討し、L2 地震時に対する免震効果を保障する、ノックオフ機能を有する伸縮継手の開発を行う。このノックオフ機能実現には、フェイスプレート取付けにスリットを設けた高力ボルトを用いることによって実現することを考え、この破断性状を載荷実験により検討する。

2. 伸縮継手間の衝突を考慮した高架橋の地震時応答解析

文献 1 の高架橋モデルを参考に、2 径間連続鋼箱桁橋に単純鋼箱桁橋が隣接する連続免震高架橋モデル（図-1 参照）を対象としている。このモデルに橋軸直角方向に L2 地震動を入力し、伸縮継手同



士の衝突による高架橋に与える影響を、時刻歴応答解析により検討する。図-2に桁間相対変位の時刻歴応答の解析結果を示す。伸縮継手同士が衝突する場合は、隣接桁間の相対変位は9割程度減少し、橋脚の応答変位が1割程度上昇しており、伸縮継手による隣接桁間の相対変位の拘束が、L2地震時の免震挙動への影響は無視できない。

3. スリット型ボルトの概要

スリット型ボルト（図-3参照）は、フェイスプレートと上フランジ境界位置のボルト軸部にスリットを設け、伸縮継手衝突時に、スリット部のせん断応力を局所的に高め、破壊強度を制御することを目的としている。また想定破断荷重の算出式を以下の式（1）に示す。

$$S_u = (\sigma_{bu} / \sqrt{3}) \cdot A_b \quad (1)$$

S_u ：想定破断荷重(kN)， σ_{bu} ：ボルト引張破断強度(N/mm²)， A_b ($\pi d^2/4$)：スリット部断面積 (mm²)

4. 実験概要

実験概要を図-4に示す。一般的にフェイスプレートの取り付けにはM22高力ボルトが用いられるが、実験には試験機の載荷容量の関係でM12高力ボルトを用いる。実験では、上フランジを想定した厚さ80mm鋼板にフェイスプレートを想定した載荷板をスリット型ボルトにより接合し、1000kN万能試験機を用いて載荷し、スリット高さh、スリット部径d、軸力の有無、列数による破断特性の影響を調べた。また、80mm鋼板、載荷板とも伸縮継手のボルト取付け部の実構造を忠実に12/22に縮小した孔あけ加工を施している。

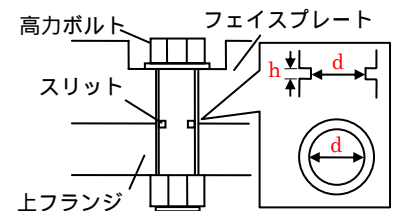


図-3 スリット型ボルト構造概要

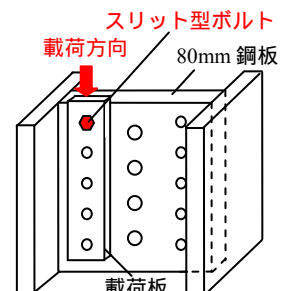


図-4 実験概要

5. 実験結果

表-1 実験パターンとその結果

試験体名	d (mm)	h (mm)	列数	軸力 (kN)	想定破断荷重 (kN)	破断荷重 (kN)	破断荷重制御率 / (%)	破断変位 (mm)
d0h0	スリットなし		1	0	70.1	75.32	107.4	4.14
d1h2-1	11.5	1.2	1	0	65.2	70.3	107.8	5.20
d1h2-2			1	62.4	65.2	70.3	107.8	3.32
d2h1-1			1	0	53.3	62.5	117.3	2.32
d2h1-2	10.4	0.6	1	62.4	53.3	62.3	116.9	2.12
d2h2-1			1	0	53.3	61.8	115.9	3.60
d2h2-2			1	0	53.3	60.2	112.9	3.14
d2h2-3		1.2	1	62.4	53.3	58.2	109.2	2.60
d2h2-4			2	0	106.6	119.2	111.8	3.76
d2h2-5				0				4.54
d2h2-6			3	0	159.9	181.0	113.2	5.97
d2h2-7				0				5.17
d2h2-8				0				4.86
d2h3-1		1.8	1	0	53.3	61.8	115.9	5.15
d2h3-2			1	62.4	53.3	59.4	111.4	3.24
d3h2-3	9.3	1.2	1	0	42.7	47.9	112.2	3.37

表-1 に実験パターンとその結果をまとめて示す。ボルトの破断荷重は、最大荷重点と定義し、同様に破断変位も最大荷重時の変位としている。破断荷重はいずれのパターンでも想定破断荷重に比べ 1 割程度の差であり、スリット部径による破断荷重の制御は精度良くできている。スリット高さ、軸力の有無による破断荷重への影響は見られない。また、ボルト列数を 2, 3 列と増やした場合には、それぞれ破断荷重は 1 列の場合の 2, 3 倍となった。ただし、2 列目の変位が大きく、各列が個別に破断した可能性も考えられる(図-5 参照)。また図-6 からスリット高さと破断変位に相関が認められる。

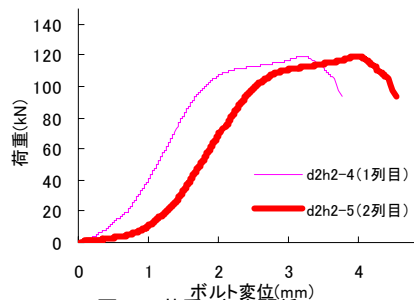
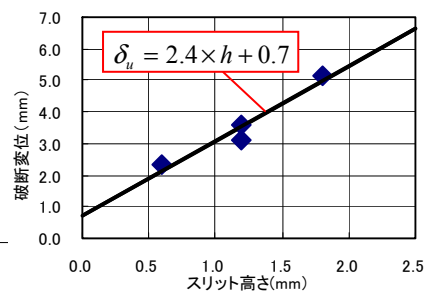


図-5 荷重-変位関係 (d2h2-4, 5)

図-6 スリット高さhと破断変位 δ_u の関係

6. 弾塑性有限変位解析による破断メカニズムの検証

スリット型ボルトの破断メカニズムを検証するため、実験で用いた 12/22 縮小型の試験体名 d2h2 を有限要素でモデル化し、塑性有限変位解析を行った。図-7 にせん断応力の分布図を示す。図より、スリット部にせん断応力が集中していることが確認できる。したがって、スリット型ボルトは、スリット部に作用せん断応力度のみが局所的に作用する構造であるため、スリット破断荷重制御にばらつきが少ないことがわかる。

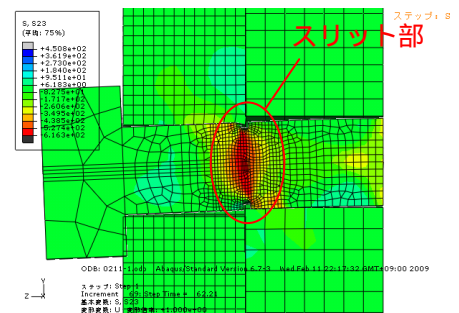


図-7 せん断応力分布

7. まとめ

本研究では、伸縮継手同士の地震時衝突による、免震高架橋への地震時応答挙動の影響を検証するとともに、その対策としてロックオフ機能を有する伸縮継手用高力ボルトのスリット形状等による破断特性への影響を、載荷実験により検討した。その結果、以下に結論を得た。(1)伸縮継手が隣接桁間の相対変位を大きく拘束するため、免震高架橋に与える影響は無視できない、(2)破断荷重はいずれも想定破断荷重と 1 割程度の差であり、スリット部径による破断荷重の制御は比較的精度が良い、(3)スリット高さと破断変位の相関が認められる、(4)軸力の有無で破断荷重制御率に差はない、(5)2, 3 列の場合、破断荷重も 2, 3 倍と列数倍となる。

8. 今後の課題

ロックオフ機能を有する伸縮継手開発のため、今後以下のことが課題となる。(1)常時におけるスリット部への応力集中による疲労破壊の検討、(2)ロックオフ後の伸縮継手の車両走行妨害に対する防止策の検討(3)スリット型ボルトの各個撃破による伸縮継手のロックオフ荷重の低下

謝辞 本研究では、科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号 20246077)の助成を受けました。ここに記し謝意を表します。

参考文献 1) (社)日本鋼構造協会・(社)土木学会：橋梁システムの動的解析と耐震性, 2000.4