低摩擦すべり支承を有する模型連続桁橋の実験的研究

九州大学大学院　正会員　○山﨑智彦　　九州大学大学院　フェロー　大塚久哲
オイレス工業（株）　正会員　田中弘紀　　九州大学　学生会員　西田壮宏

１．研究目的と背景

現在の新しい形式の支承の中で，低摩擦すべり支承のみを用いた橋梁の研究は少なく，低摩擦すべり支承を有する橋梁の実用化に向けての知見が十分に得られていない状態である．そこで本研究では，低摩擦すべり支承を有する連続桁橋において，橋脚の曲げモーメントが低減される事を実証し，制振デバイスによる桁の変位制御の有効性についても検証する．

２．実験概要

本研究に使用する写真１に示す低摩擦すべり材の摩擦係数は速度・面圧依存性を有しており，大きくなるほど摩擦係数が小さくなる傾向を示している．面圧40N/mm²で高速時に0.02ほどの摩擦係数となる．実験設備の関係で，大規模な実験が実施できないため，表１に示す材料を用いてスパン500mm，橋脚高さが800mmの３径間連続桁橋の模型供試体を作成した．本実験では桁の重量3.7KNと小さいため，すべり材の受圧面にグリスを塗ることで0.07から低摩擦すべり支承に相当する摩擦係数0.03を実現した．基本的振動特性を把握するためにひずみゲージを全橋脚・橋台基部と橋脚天端部のH鋼両フランジ部（計12枚）に，加速度計と変位計を桁，P1・A1天端部，振動台に設置した．実験には動ひずみ計（DSW-30A）を使用し，時間間隔0.01秒で計測した．

写真１　低摩擦すべり材

表１　使用材料の諸元

	材料	断面形状	諸本法 (mm)	個数
桁	鋼	矩形	1600*600*50	1
橋台	鋼	I形	100*100*6*8*875	2
橋脚	鋼	I形	100*50*5*7*875	2
パラペット	鋼	板形	100*100*7	2
橋脚固定治具	鋼	アングル	100*75*7*1600	2
鋼板（振動台と設置）	鋼	板形	1600*600*16	1
低摩擦すべり材	繊維強化樹脂	円形	φ30	4

まず，低摩擦すべり支承を用いることで，橋脚の曲げモーメントが低減されることを実証する．表２に示す制震デバイスを設置しない状態での支承条件による違いによる変化について検討した．振動台を用いて種々の振幅と周期を持った正弦波を入力加振することで実験を行った．実験ケースは表３に示す．

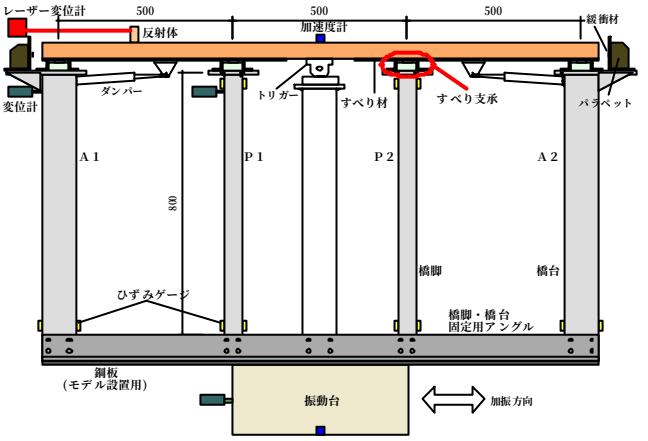


図１　模型供試体及び計測位置

次に，制震デバイスによる桁の変位制御の有効性について検証する．１本約200Nの抵抗力を有するダンパーを橋台部に設け，表４に示すダンパーの抵抗力変化にともなう橋梁の応答の違いについて検討した．支承条件はモデル３とする．今回の模型モデルはより実橋梁に近い形を目指して設計する．そのため，ずれ防止のための水平抵抗力111KNのトリガーを桁中央に設置し，桁の大変形時の落橋防止のために橋台にパラペットと厚さ5mmのゴム緩衝材を設置して，桁の衝突を考慮した．

３．実験結果及び考察

ａ）支承条件の影響

支承条件の違いによる変化について検討する．ケース13～18の最大入力加速度2.5m/s²の場合を例に挙げる．

図２にケース16モデル３の桁と橋脚Ｐ１天端の振動台との相対変位の時刻歴応答を示す．モデル0,1（図省略）では桁と橋脚天端が連結しているため応答がほぼ同じであるのに対し，モデル３では，支承部ですべり現象が発生し，桁の応答が一方向に推移していることが分かる．

図３にケース16モデル３の桁の加速度の時刻歴応答を示す．モデル0,1（図省略）では応答加速度が約5m/s²と振動台加速度の

表２　支承条件　制震デバイス無し）

	A1	P1	P2	A2	備考
モデル0	すべり	固定	固定	すべり	二点固定
モデル1	すべり	すべり	固定	すべり	一点固定
モデル2	すべり	すべり	すべり	すべり	従来のすべり支承
モデル3	すべりグリス	すべりグリス	すべりグリス	すべりグリス	低摩擦すべり支承

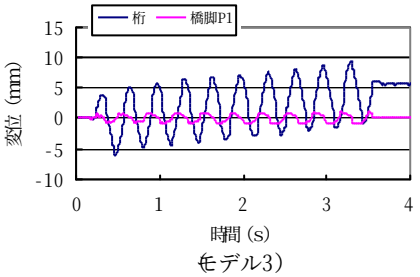
表４　モデル3での制震デバイス条件
（ゴム緩衝材，トリガー有り）

ケース	設置状態	総合抵抗力 (N)	入力波振動数 (Hz)	入力加速度 (m/s²)
1	片側1本	200	2.2	3.0
2			3.3	
3	両側1本	400	2.2	
4			3.3	
5	両側2本	800	2.2	
6			3.3	

表３　実験ケース

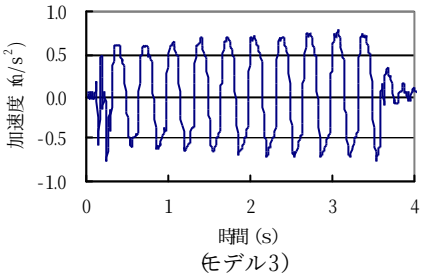
ケース	周期 (s)	振動数(1/s)	目標加速度 (m/s²)	入力波振幅 (mm)	実加速度(m/s²)
1	0.1	10.0	0.5	0.13	0.2
2	0.15	6.7		0.28	0.4
3	0.225	4.4		0.64	0.4
4	0.3	3.3		1.14	0.42
5	0.375	2.7		1.78	0.36
6	0.45	2.2		2.56	0.4
7	0.1	10.0	1.5	0.38	0.7
8	0.15	6.7		0.85	1.5
9	0.225	4.4		1.92	1.4
10	0.3	3.3		3.42	1.5
11	0.375	2.7		5.34	1.2
12	0.45	2.2		7.69	1.5
13	0.1	10.0	2.5	0.63	1.8
14	0.15	6.7		1.42	2.1
15	0.225	4.4		3.21	2.4
16	0.3	3.3		5.70	2.4
17	0.375	2.7		8.91	2.1
18	0.45	2.2		12.82	2.3
19	0.1	10.0	3.5	0.89	3.2
20	0.15	6.7		1.99	3
21	0.225	4.4		4.49	2.9
22	0.3	3.3		7.98	3
23	0.375	2.7		12.47	2.9
24	0.45	2.2		17.95	3
25	0.1	10.0	4.5	1.14	3.7
26	0.15	6.7		2.56	3.8
27	0.225	4.4		5.77	3.8
28	0.3	3.3		10.26	4

キーワード　低摩擦すべり支承，振動実験，連続桁橋
連絡先　〒812-8581　福岡市東区箱崎6-10-1　092-642-3268



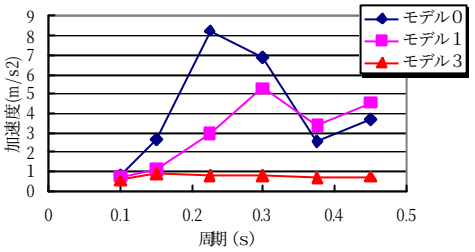
(モデル3)

図２　桁と橋脚天端の相対変位の時刻歴応答

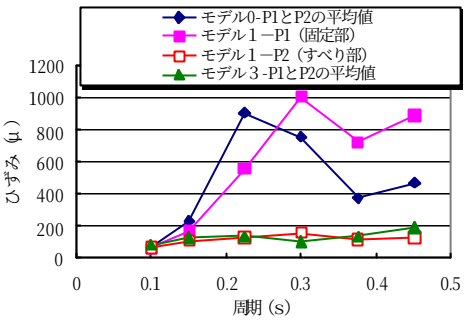


(モデル3)

図３　桁の時刻歴応答加速度



(a)桁加速度



(b)橋脚基部のひずみ

図４　モデル0,1,3における各数値の最大値

2倍程度であった．これは共振現象が起こったためである．それに対しモデル３では0.6m/s²となり振動台加速度の0.25倍と応答が大きく低減されている．これは，支承部から桁には摩擦力0.7m/s²以上伝達されないためである．

図４にケース13～18のモデル0,1,3においての桁の加速度と橋脚基部の曲げひずみの最大値を示す．加速度からモデル0,1では共振現象が起こっているのに対しモデル３では周期に関わらず共振していない．これは，桁のすべり現象が発生する前後で周期特性が変化することが考えられる．桁と固定した橋脚基部ひずみから，0.3sの共振時のにおいて過大なひずみが発生している．モデル３と比較すると応答はモデル０の15%，モデル１の10%であり，大きく曲げモーメントが低減されることが実証された．橋台部の曲げひずみは，どのモデルもあまり差が無くモデル３橋脚部の30%程度と小さくなった．これは，橋台の断面二次モーメントが橋脚の約10倍であり，作用する軸力が1/2であり，摩擦力が小さいためである．

b）制震デバイスの影響

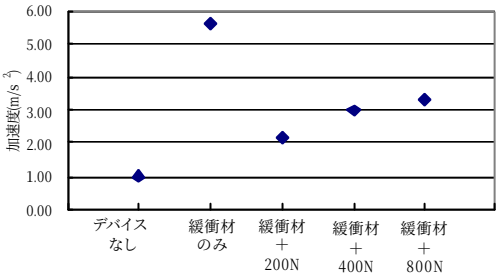
モデル３制震デバイス設置による変化について検討する．図５に最大加速度3.0m/s²，振動数2.2Hzの入力波10波加振時の桁の加速度と変位，橋台・橋脚基部の曲げひずみの最大値を示す．

桁の加速度は，衝突時に大きな加速度が生じているが，ダンパー設置することで衝突が抑えられている．ダンパーの抵抗力が大きくなると，加速度が増しているが，これは，ダンパーの抵抗力が桁に伝わるためである．

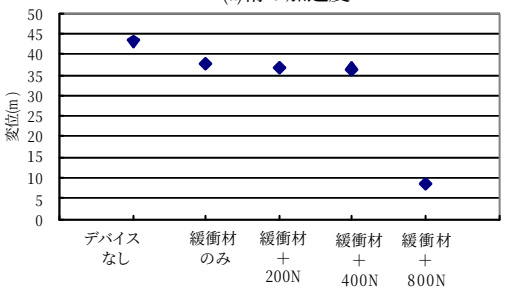
桁の変位から，ダンパーの抵抗力を大きくすることで桁の変位を低減できることが実証された．

橋台・橋脚基部のひずみから，桁衝突時に橋台へ大きなひずみが生じているが，ダンパー設置により抑えられている．橋脚基部ひずみの差がないことから制震デバイスによる影響が無いことが明らかとなった．

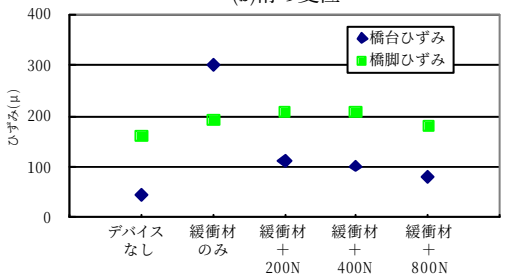
よって，橋台部に制震デバイスを設置しても，橋脚にかかる曲げモーメントを大きく低減できるという低摩擦すべり支承の利点を失わないことが明らかとなり，桁を制御することの有効性が実証できた．



(a)桁の加速度



(b)桁の変位



(c)橋台・橋脚基部のひずみ

図5　制震デバイスの設置による変化

４．結論

低摩擦すべり支承を有する橋梁は，摩擦力以上の力が桁に伝達されないため，桁の応答加速度が一定であり，曲げモーメントが低減されていた．また，制震デバイスを設置しても橋脚基部の曲げひずみには影響が無かった．

以上の結果から，低摩擦すべり支承を有する橋梁は，桁の応答を制御しても有効な橋梁システムだと考えられる．また，制振デバイスを橋脚に設置すると，摩擦力以上の力が生じ橋脚の応答が大きくなるため，橋台に変位制御機構を設置する方が良いと考えられる．

参考文献

1)大塚久哲，田中弘紀，横川英彰，金山，清水晋作，夏青:
低摩擦すべり支承を有する連続桁橋の耐震性に関する一考察，構造工学論文集，Vol.51A,pp613-620,2005.3
2)大塚久哲，清水晋作，田中弘紀，横川英彰:
低摩擦すべり支承を用いた連続桁橋の耐震性向上策の提案，地震工学論文集，Vol.128,2005.8