

UPSSを用いた橋梁における 不静定力が耐震性に及ぼす影響評価

土田 智¹・松田 泰治²・足立 幸郎³・
宇野 裕恵⁴・佐藤 知明⁵・五十嵐 晃⁶

¹学生会員 熊本大学大学院 自然科学研究科 社会環境工学専攻 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2-39-1)

E-mail:117d8822@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学大学院 自然科学研究科 社会環境工学専攻教授 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2-39-1)

E-mail:mazda@kumamoto-u.ac.jp

³正会員 阪神高速道路株式会社 大阪管理部 保全技術課長 (〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25)

E-mail:yukio-adachi@hanshin-exp.co.jp

⁴正会員 オイレス工業株式会社 免制震事業部 技師長 (〒108-0075 東京都港区港南1-6-34)

E-mail:h.uno@oiles.co.jp

⁵正会員 JIPテクノサイエンス株式会社 システム技術研究所 主任研究員
(〒532-0011 大阪市淀川区西中島2-12-11)

E-mail:tomoaki_sato@cm.jip-ts.co.jp

⁶正会員 京都大学 大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 准教授 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail:igarashi.akira.7m@kyoto-u.ac.jp

多径間連続構造の耐震性向上策の一つとして、反重力すべり支承 (Uplifting Slide Shoe : UPSS) が提案されている。UPSSは常時状態の橋桁の温度収縮を水平面部のすべりで対応し、地震時には上沓が下沓をすべり上がることで、水平変位を鉛直変位 (位置エネルギー) に変換させ、水平方向の応答を低減するものである。本研究では、ゴム支承、UPSSを用いた多径間連続橋を対象に、温度変化等に起因する桁伸縮による不静定力の影響を考慮した地震応答解析を行い、応答結果を比較、検討することで、UPSSの有効性を明らかにした。

Key Words : Uplifting slide shoe, inclined slope, clearance, temperature changes, statically indeterminate

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋梁の耐震性・走行性の向上等を目的として多径間連続構造が多数採用され、地震に対する応答低減や反力の分散、橋桁の温度桁伸縮を吸収する機能を前提としたゴム支承などが使用されている。しかし、これらの支承は地震時に大変位を生じさせるため、伸縮装置が大型化し、維持管理・コスト等の面で問題となっている。また、多径間連続構造は常時の温度影響による不静定力が作用するため、連続化にも限界がある。そのため温度の影響を受けた状態でも、耐震性を損ないにくい新たな支承の開発が望まれている。このような問題を解決するため、水平面部と両端の勾配部にすべり材を設置するすべり支承が提案されている。このタイプの支承は「反重力すべり支承 (Uplifting Slide Shoe : UPSSの

略称)」と呼ばれている¹⁾⁴⁾。本研究では、はじめに単柱橋脚モデル、単径間モデルを作成し、UPSS及び橋脚の動的挙動について検討する。次にUPSSを設置した12径間モデルに対し、温度変化等による不静定力を作用させた状態で時刻歴応答解析を行い、既往研究のゴム支承⁵⁾⁶⁾と動的応答低減効果を比較することで、UPSSの有効性を検討した。

2. 解析モデルによる検討

(1) 対象橋梁

本研究では、図-1に示す多径間連続橋 (橋長480mの12径間連続PC箱桁橋) を検討対象とした。道路橋示方書同解説V耐震設計編で規定される地域区分AのII種地盤

において設計された道路橋である⁸⁾。既往研究で検討されているゴム支承は、レベル2地震動に対して最大変形時にせん断ひずみが250%以下となるように諸元を決定し、温度変化等による桁の伸縮を考慮した解析的検討では、両端橋脚上のゴム支承の初期せん断ひずみが0%から70%までを10%刻みで仮定し、検討されている⁹⁾。橋脚断面形状は矩形のRC橋脚であり、レベル2地震動に対して動的解析による最大応答塑性率が $\mu=3$ 程度となるように断面諸元を決定した。橋脚基部の曲げモーメントと回転角の関係を表-1に、橋脚断面形状及び橋脚断面の諸元を図-2、表-2に示す。

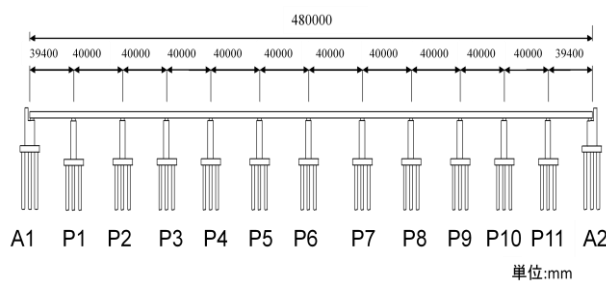


図-1 12 径間連続 PC 箱桁橋

表-1 橋脚基部の曲げモーメントと回転角の関係

	ひび割れ時	初降伏時	終局	
			Type I	Type II
曲げモーメント (kN・m)	39862	140812	160113	179005
回転角 (μ rad)	67.8	865.3	15678	30194

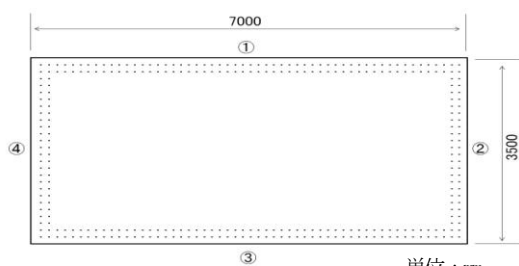


図-2 橋脚断面形状

表-2 橋脚断面の諸元

基準辺	かぶり (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋 総断面積 (cm^2)	鉄筋 ピッチ (mm)
①	150	D35	55	526.130	150
③	150	D35	55	526.130	150
①	250	D35	55	526.130	150
③	250	D35	55	526.130	150
②	150	D35	26	248.716	350
④	150	D35	26	248.716	350
②	250	D35	26	248.716	350
④	250	D35	26	248.716	350

(2) 解析モデルと解析条件

まず基礎的検討モデルとして、図-3に示す12径間連続PC箱桁橋の骨組み解析モデル（以後、12径間モデル）からP1橋脚を抜き出し、単柱橋脚骨組解析モデル（以後、単柱橋脚モデル）、単径間骨組解析モデル（以後、単径間モデル）を設定した。単径間モデルは、左側の橋脚をP1、右側の橋脚をP2とし、橋脚の構造諸元、死荷重反力は両モデルとも同じ値を設定した。その骨組解析モデルを図-4,5に示す。橋脚は非線形の2次元はり要素とし、橋脚基部に弾塑性回転ばねを設けた。これらの復元力特性として武田モデルを用いた。桁は線形の2次元はり要素で、基礎は道路橋示方書に基づき、水平、鉛直、回転および水平と回転の連成ばねでモデル化し、部材の減衰定数は桁を3%、橋脚を2%、基礎を10%とした。減衰タイプはRayleigh減衰とし、第一基準振動数と第二基準振動数の組み合わせは、橋脚基部において過大な粘性減衰を示さないように1次の固有振動数と50Hzの組み合わせを採用した⁷⁾。数値計算法はNewmark- β 法 ($\beta = 0.25$) で、時間刻みは0.0001秒とした。検討用の入力地震波は、道路橋示方書に示されるType II-II-1～II-II-3の標準波3波を使用した。

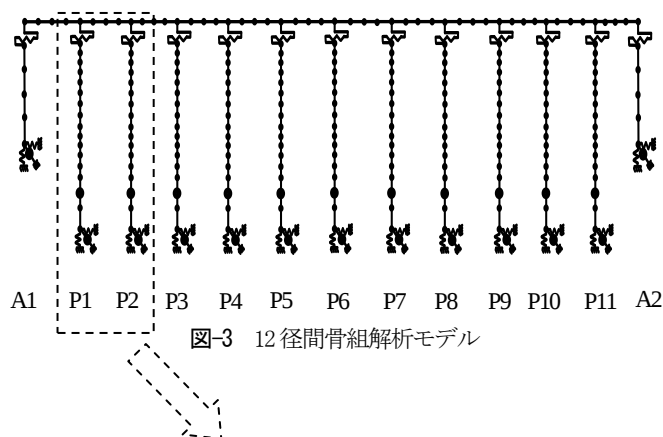


図-3 12 径間骨組解析モデル



図-4 単柱橋脚骨組解析モデル

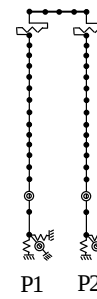


図-5 単径間骨組解析モデル

(3) UPSSのモデル化

UPSSの挙動を表現するための解析モデル²⁾を図-6に示す。UPSSの水平面および左右の斜面には、それぞれの局所座標系における鉛直ならびに水平方向のばねを1組として計3組が配置される。またそれぞれのばねは、図-7に示すように、すべり面方向に対しては完全弾塑性型の非線形ばねとし、すべり面法線方向に対しては圧縮のみに抵抗する非線形特性を有するばねである。表-3にすべり面方向、すべり面法線方向に使用するばねの剛性値、及びすべり材の摩擦係数を示す。またUPSSの斜面角度は5度から30度まで5度刻みに変化させ、検討した。

本解析では、12径間モデルのすべての橋脚、橋台に同じ斜面角度のUPSSを一樣に設置し、すべての橋脚、橋台に設置するUPSSの遊間を0mmとし多点固定とした。これを疑似多点固定モデルと呼ぶ。さらに、中央のP6橋脚に設置するUPSSのみ遊間を0mmとして1点固定とし、他の橋脚、橋台に設置するUPSSの遊間は、温度変化等により生じた桁伸縮量を考慮して設定した。これを疑似1点固定モデルと呼ぶ。本論文では、これら2つのモデルについて検討する。

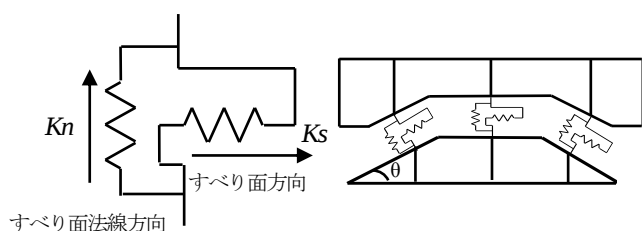


図-6 UPSSの解析モデル

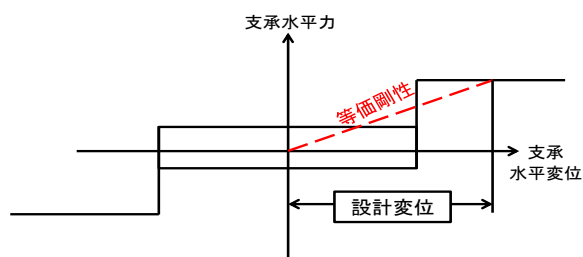


図-8 固有値解析時の等価剛性の設定

3. 解析方法

(1) 固有値解析

固有値解析時のUPSSのばねの剛性値は、図-8に示すように応答変位に基づく等価剛性値³⁾を設定した。等価剛性より求めた固有値解析の結果を用いて時刻歴応答解析を行い、応答変位を±10%以内に収束させた。

(2) 静解析

温度変化等による桁の伸縮は、図-9に示すように桁両端に温度荷重等の不静定力と等価な節点力を与え、桁の収縮を圧縮の節点力と与えることで表現した。表-4に疑似1点固定モデルにおける各橋脚、橋台に設置するUPSSの遊間の長さを示す。表の左側に示す節点力は、既往研究よりP1,P11橋脚のゴム支承の初期せん断ひずみが0%から70%まで10%刻みに達した時の節点力を示している⁵⁾。この節点力をUPSSを設置したモデルに作用させ、その時の桁伸縮量に施工誤差15mmを考慮したものをUPSSの標準温度時での遊間長さとした。ここで、節点力0kN時の疑似1点固定モデルのUPSSの遊間は、疑似多点固定

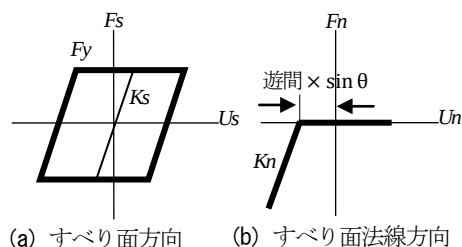


図-7 ばね要素の非線形特性

表-3 解析モデルの諸元

すべり面法線方向Kn	1.887×10^7 kN/m
すべり面方向Ks	0.726×10^7 kN/m
すべり材摩擦係数	0.05

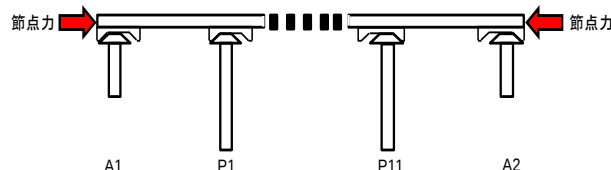


図-9 節点力のイメージ図

表-4 疑似1点固定モデルに設置するUPSSの遊間

ゴム支承の初期せん断ひずみ (%)	初期せん断ひずみ相当の節点力 (kN)	各橋脚、橋台に設置するUPSSの遊間(mm)						
		A1,A2	P1,P11	P2,P10	P3,P9	P4,P8	P5,P7	P6
0	0	15	15	15	15	15	15	0
10	31802	50	44	38	32	27	21	0
20	63605	84	73	61	50	38	27	0
30	95407	119	102	84	67	50	32	0
40	127210	153	130	107	84	61	39	0
50	159012	188	159	130	102	73	44	0
60	190814	222	188	153	119	84	50	0
70	222670	257	217	177	136	96	55	0

モデルと区別するため、施工誤差15mmをUPSSの遊間とし、解析を行うものとする。

4. 簡易モデルによる検討

同じ構造諸元の橋脚を用いた単柱橋脚モデル、単径間モデルに対して、以下の4項目の結果について評価する。

- (a)：上部構造の最大応答変位
- (b)：橋脚天端の最大応答変位
- (c)：UPSSの最大水平変位
- (d)：最大応答塑性率

単柱橋脚モデル、単径間モデルの各橋脚に作用する死荷重反力は10,244kNであり、両モデルに設置するUPSSの遊間は0mとする。

(1) 解析結果

図-10に入力地震波Type II-II-3のUPSSの斜面角度5度から30度まで5度刻みに斜面角度を変化させた際の解析結果を示す。解析結果の最大値はすべて絶対値の値である。凡例のケース左側は解析モデル、右側は橋脚を示している。解析結果より、UPSSの斜面角度が大きくなると(a)上部構造の最大応答変位、(c)UPSSの最大水平変位は減少傾向にあり、一方で(b)橋脚天端の最大応答変位、(d)最大応答塑性率は増加傾向にあることが確認された。また(a)上部構造の最大応答変位は、同じ構造諸元であるのにも関わらず、両モデルの解析結果で一致せず、斜面角度20度では0.16mの応答の差が見られる。また単径間モデルにおいて、(b)橋脚天端の最大応答変位、(d)最大応答塑性率では、斜面角度20度以上、(c)UPSSの最大水平変位では、斜面角度15度以上で両橋脚の最大値が一致していないことが確認できる。

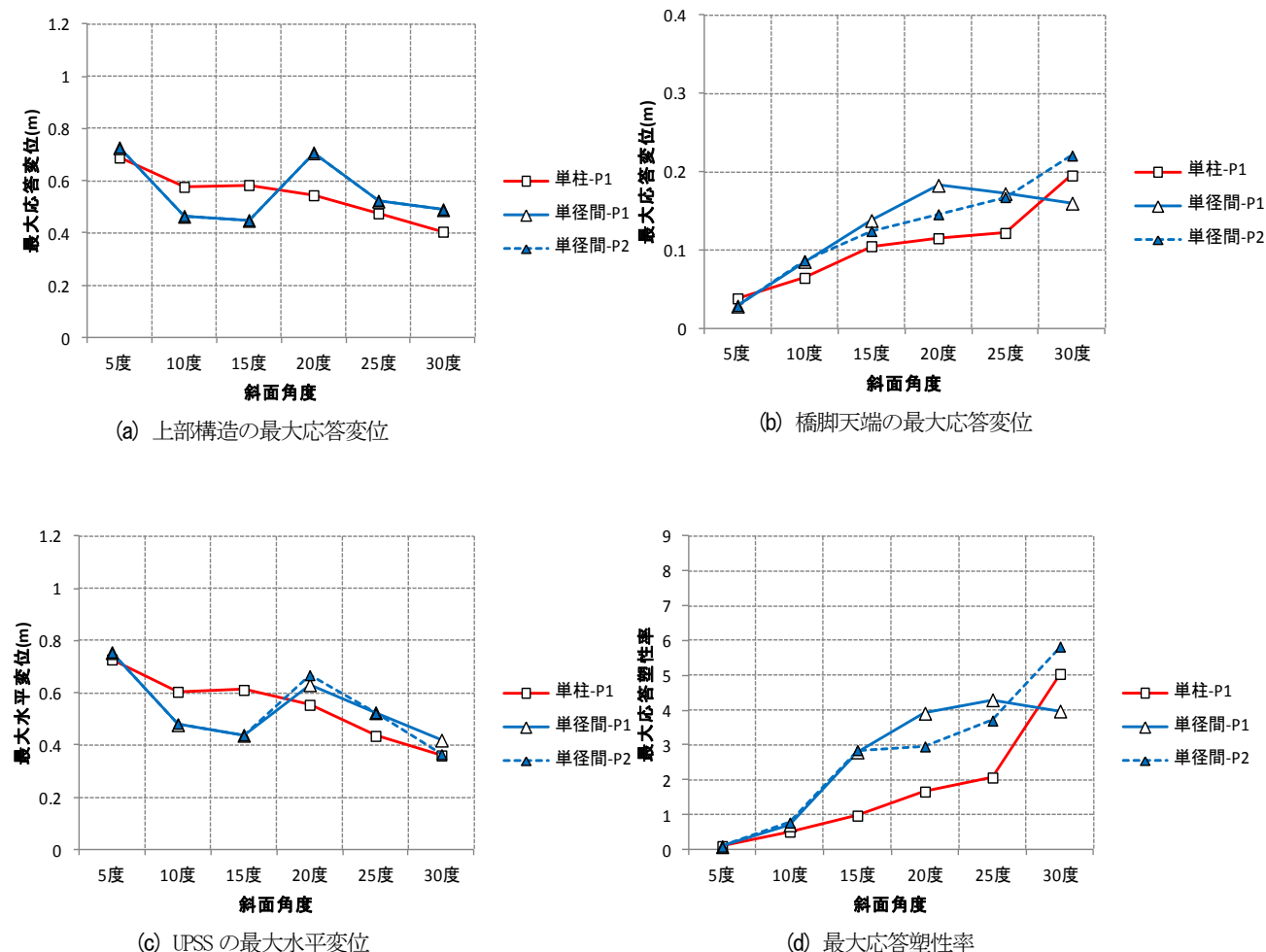


図-10 斜面角度に伴う最大値の変化(Type II-II-3)

図-11に入力地震波Type II-II-3の斜面角度30度のUPSSを設置した単径間モデルにおけるUPSSの水平変位、橋脚天端の応答変位、橋脚基部の回転角の時刻歴を示す。グラフは4秒から10秒までの時刻歴を示す。(a)UPSSの水平変位の時刻歴では、5秒付近から両橋脚のUPSSの水平変位の変動が異なることが確認できる。(b)橋脚天端の応答変位の時刻歴では、P1,P2橋脚ともに5秒付近で負の方向に増大し、P1橋脚で-0.220mとP2橋脚よりも応答が増大していることが確認できる。また(c)橋脚基部の回転角の時刻歴でも同様に、同時刻におけるP1橋脚の回転角が増大しているのが見られる。よって5秒付近で両橋脚のUPSSのすべり状態が変化したことにより、橋脚の応答が変動したと考えられる。

図-12に入力地震波Type II-II-3の斜面角度30度のUPSSを設置した単径間モデルにおけるP2橋脚に対するP1橋脚

の相対軸力、橋脚天端の鉛直方向の相対変位を示す。グラフは図-11より、応答の変動が大きい4.5秒から5.5秒までを示す。(a)橋脚天端の軸力の時刻歴では、応答の変動が大きい5秒付近で、橋脚天端に作用する軸力の変動が大きいことが確認できる。また(b)橋脚天端の鉛直方向の相対変位の時刻歴でも同様に、5秒付近で鉛直上向きに変位しており、P2橋脚よりP1橋脚が鉛直上向きに橋脚が変位している。よって、両橋脚のUPSSのすべり上りにより、橋脚に作用する軸力が変動したと考えられる。

図-13に斜面角度30度のUPSSを設置した単径間モデルの振動モードを示す。振動モードは、表-5の固有値解析結果より、有効質量が水平、鉛直方向ともに100%となる9次の振動モードまで示す。表-5より、水平方向は1次の振動モード、鉛直方向は6次の振動モードの有効質量が高いことから、それぞれの方向に

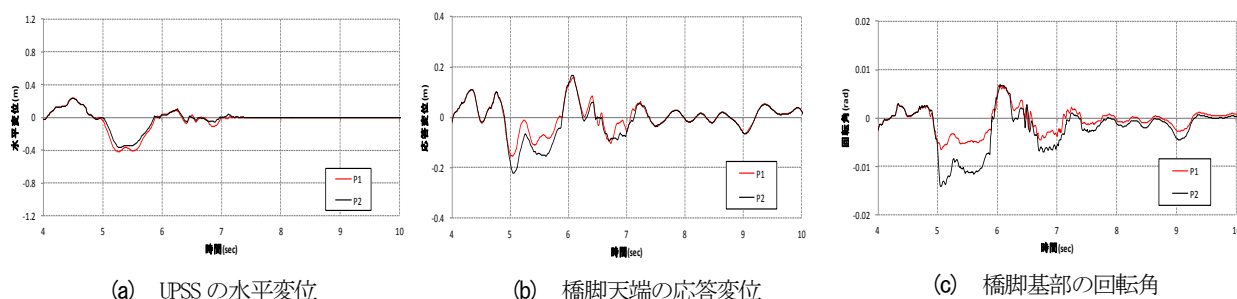


図-11 斜面角度 30 度の UPSS を設置した単径間モデルの応答波形

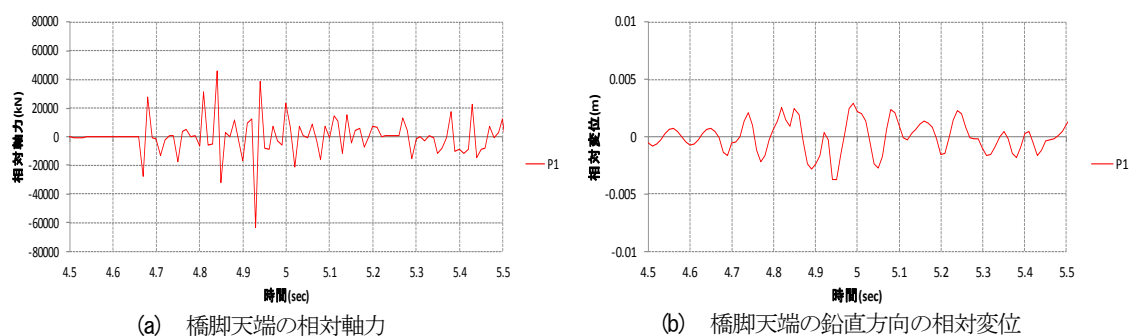


図-12 斜面角度 30 度の UPSS を設置した単径間モデルの P2 橋脚に対する P1 橋脚の相対軸力と橋脚天端の鉛直方向の相対変位

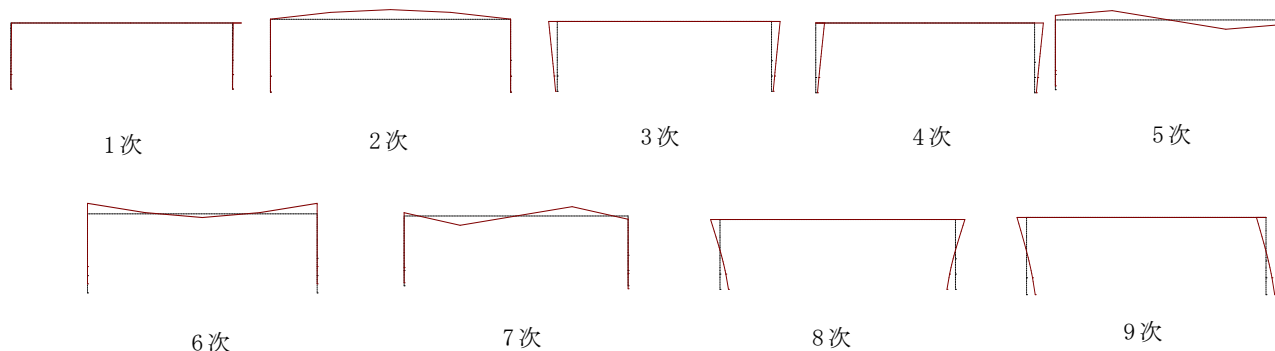


図-13 斜面角度 30 度の UPSS を設置した単径間モデルの振動モード

とが確認できる。また図-13より、2次は桁のたわみによる振動モード、6次は地盤ばねによる鉛直方向の振動モードが表れている。

図-14に橋脚天端の軸力のフーリエスペクトルを示す。図よりフーリエスペクトルは、2.246Hzで卓越していることから、2次の振動モードが表れていると考えられる。またP1橋脚は8.643Hz、P2橋脚は7.910Hzで2番目にフーリエスペクトルが卓越している。これは、表-5の固有値解析結果より、6次と5次の振動モードによるものであると考えられる。

図-15に上部構造の鉛直方向応答加速度のフーリエスペクトルを示す。図よりフーリエスペクトルは、P1橋脚で8.643Hz、P2橋脚で9.814Hzで卓越しているのが確認できる。これは、表-5より6次と7次の振動モードによるものであると考えられる。以上より、単径間モデルにおける橋脚の応答の差異は、UPSSは軸力に依存するため、UPSSのすべり上りによる鉛直方向の応答及び桁のたわみによって、両橋脚の軸力が変動し、UPSSのすべり状態が変化したからであると考えられる。

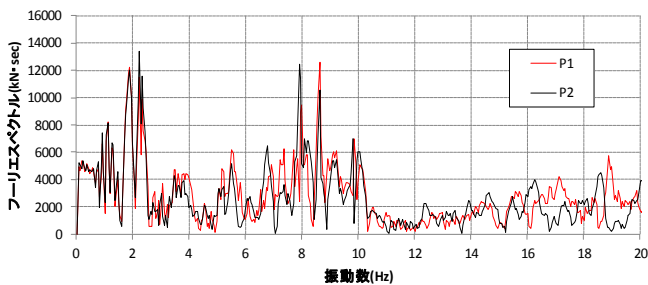


図-14 橋脚天端の軸力のフーリエスペクトル

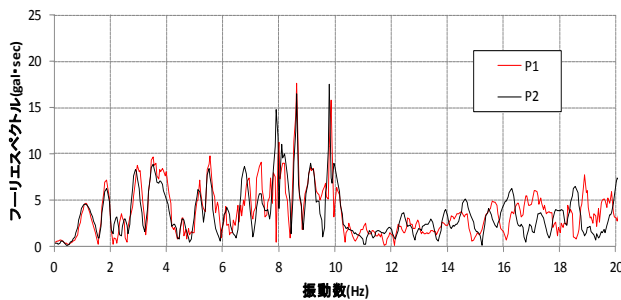
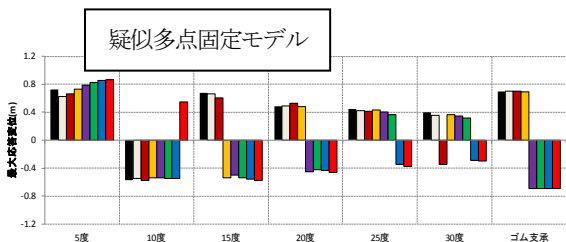


図-15 上部構造の鉛直方向応答加速度のフーリエスペクトル



5. 12径間モデルによる検討

ゴム支承、UPSSを用いた12径間モデルにおいて、温度変化等による桁の伸縮が動的解析の応答結果に与える影響、及びゴム支承とUPSSの応答低減効果について検討した。直接積分法による時刻歴応答解析に基づき、上部構造（桁中央）、橋脚天端、UPSS及びゴム支承の最大水平変位、最大応答塑性率の応答評価を行った。

5.1 上部構造の最大応答変位

図-16に入力地震波Type II - II-3の上部構造の最大応答変位を示す。上部構造の最大応答変位は桁中央の最大変位とする。両モデルともに斜面角度が大きくなると、応答変位は減少傾向にあることが確認できる。また斜面角度5度、10度を除くUPSSは、不静定力の増加に伴い応答変位は減少傾向にある。これは斜面角度が大きくなると橋脚基部の塑性化が進み、減衰が増加したからであると考えられる。またゴム支承と比較すると、斜面角度5度、10度を除いてすべての不静定力のケースにおいて、ゴム

表-5 斜面角度 30 度の UPSS を設置した
単径間モデルの固有値解析結果

	振動数 (Hz)	固有周期 (sec)	減衰 (%)	有効質量(%)	
				水平 方向	鉛直 方向
1次	0.605	1.654	0.759	53	0
2次	2.249	0.445	3.102	0	21
3次	4.161	0.240	9.033	0	0
4次	4.165	0.240	9.000	36	0
5次	7.835	0.128	7.141	0	0
6次	8.558	0.117	9.210	0	79
7次	9.789	0.102	5.195	0	0
8次	17.421	0.057	8.771	0	0
9次	17.421	0.057	8.771	11	0

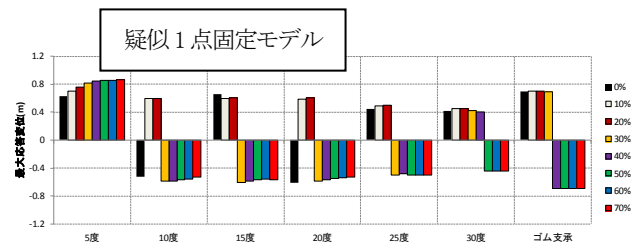


図-16 上部構造最大応答変位 (Type II - II-3)

支承よりも応答変位が低減され、疑似多点固定モデルの斜面角度30度のケースでは、最大応答変位は0.302mと最も応答変位が低減されていることが確認された。

5.2 橋脚天端の最大応答変位

図-17に入力地震波Type II-II-3のP1,P11橋脚の橋脚天端の最大応答変位を示す。解析結果より、両モデルはUPSSの斜面角度が大きくなると、橋脚天端の最大応答変位は増大し、疑似1点固定モデルよりも疑似多点固定モデルの方が応答変位は増加する傾向にある。これは疑似多点固定モデルは、すべての橋脚、橋台のUPSSの遊間を0mとするため、疑似1点固定モデルよりも温度変化等の不静定力により、初期状態で橋脚に抵抗力が作用しているからであると考えられる。また不静定力によって最大値の符号が変化し、応答変位が減少、あるいは増加しているケースが見られる。これは、地震動により生じ

る最大値の向きと節点力の向きが逆に作用しているため、不静定力が増加するとある点で符号が変化し、応答変位が増大するからであると考えられる。この解析結果の傾向は、ゴム支承でも同様に確認できる。

5.3 UPSSの最大水平変位

図-18に入力地震波Type II-II-3のP1,P11橋脚に設置するUPSSの最大水平変位とゴム支承の最大変形量の結果を示す。解析結果より、斜面角度が大きくなるとUPSSの最大水平変位は減少傾向にあることが確認された。一方で、ゴム支承同様、温度変化等による不静定力の増加に伴い、UPSSの最大水平変位は増大する傾向にある。また不静定力の増加に伴い、UPSSの最大水平変位は減少し、ある点で符号が変化し、水平変位が増加する場合が見受けられる。これは、上記の橋脚天端の最大応答変位のケースと同様の理由である。

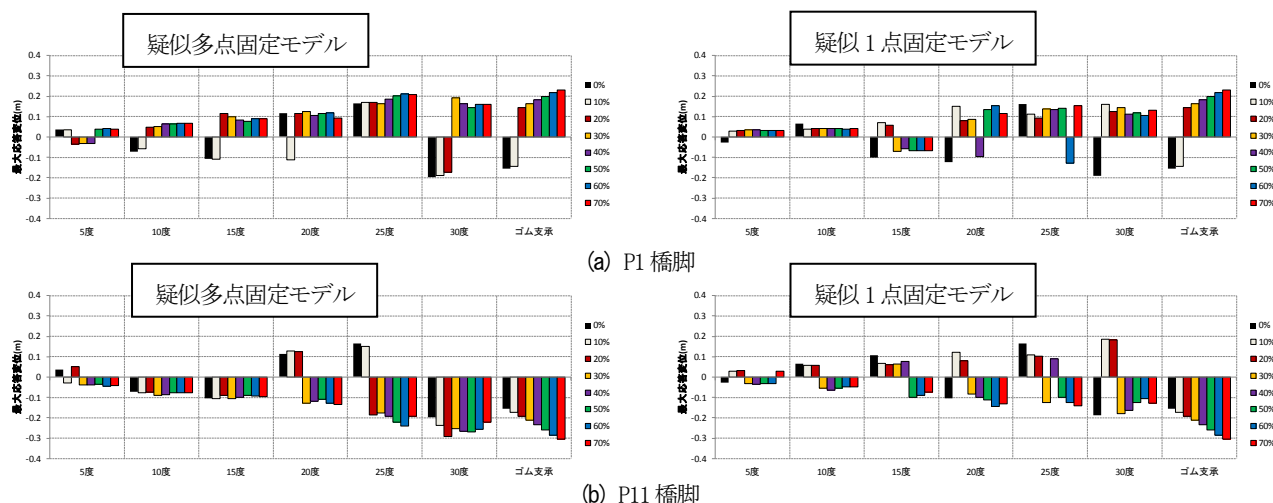


図-17 橋脚天端最大応答変位 (Type II-II-3)

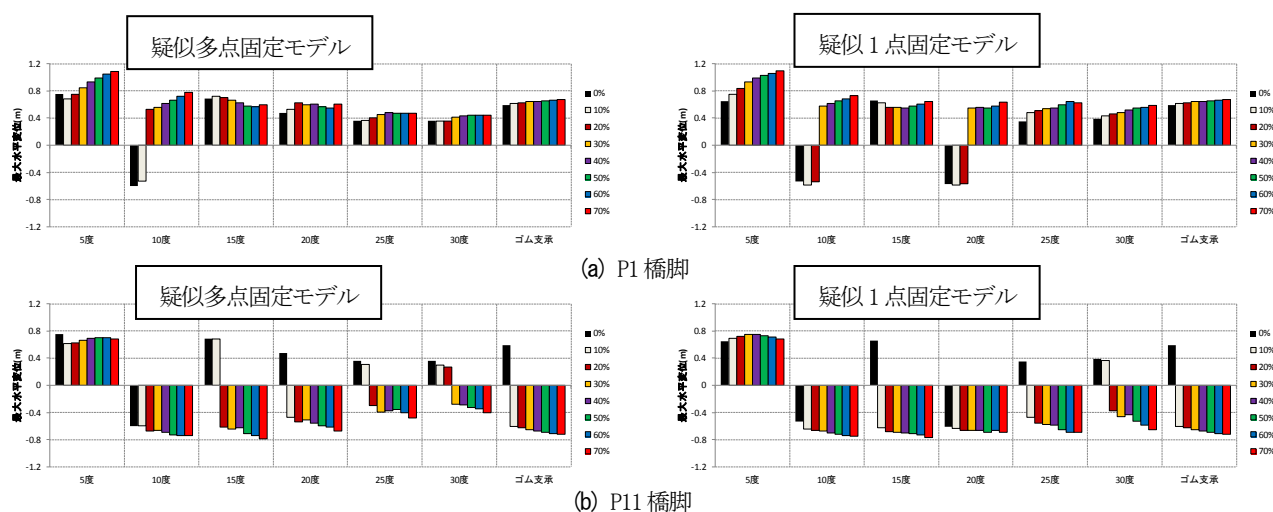


図-18 支承最大水平変位 (Type II-II-3)

5.4 最大応答塑性率

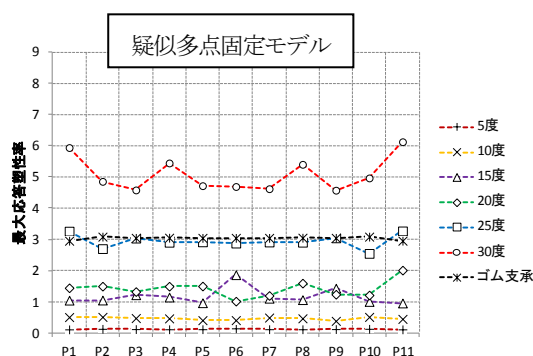
図-19に入力地震波Type II-II-3のゴム支承，疑似多点固定モデル，疑似1点固定モデルの各斜面角度及び不静定力を作用させた解析ケースにおける各橋脚の最大応答塑性率の結果を示す．解析結果はすべて絶対値の値とする．

まずUPSSの各斜面角度で解析結果を比較する．両モデルともにUPSSの斜面角度が大きくなると最大応答塑性率は増加する傾向にあることが確認された．また斜面角度5度，10度のUPSSを設置した場合では，最大応答塑性率はすべての不静定力のケースにおいて $\mu = 1$ を超えていないため，橋脚基部の塑性化は生じないことが確認できる．斜面角度25度以上のケースでは，各橋脚の最大応答塑性率の結果の変動が大きくなり，例えば，斜面角度25度の疑似1点固定モデルでは，(g)初期せん断ひずみ60%相当の不静定力を作用させた時のP1橋脚の最大応答塑性率は1.9であるが，(h)初期せん断ひずみ70%相当の不

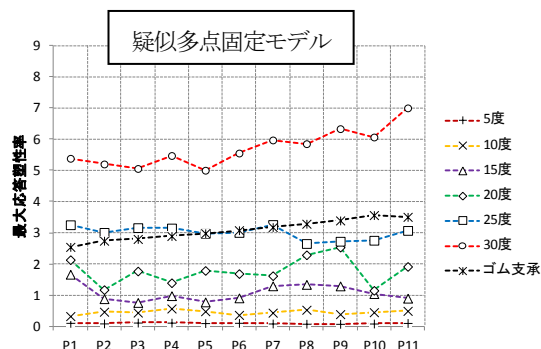
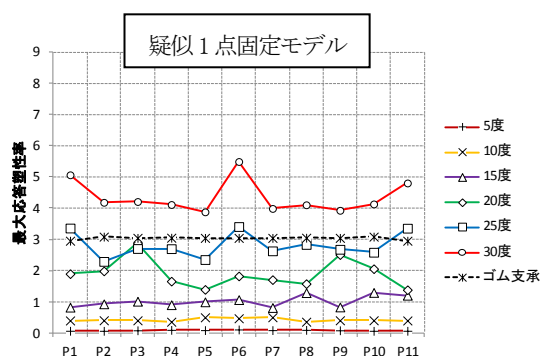
静定力を作用させた場合では，最大応答塑性率は3.9と増大している．

次に疑似多点固定モデルと疑似1点固定モデルの各不静定力における結果を比較する．疑似多点固定モデルは不静定力の増加に伴い，ゴム支承同様P11橋脚の応答塑性率が增大する傾向にあることが確認された．また疑似1点固定モデルでは，UPSSの斜面角度20度以上のケースでは，中央に位置するP6橋脚の最大応答塑性率が増加する傾向にあることが確認できる．これは，P6橋脚のUPSSの遊間は0mであるため，地震時の水平力がP6橋脚に集中したからであると考えられる．

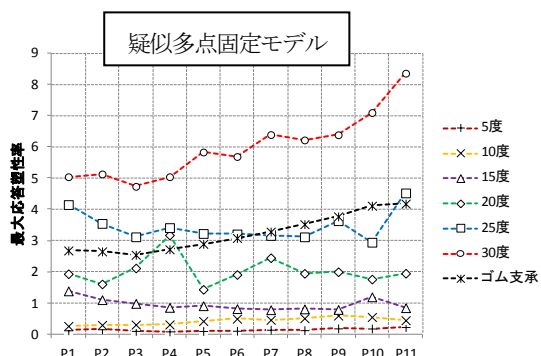
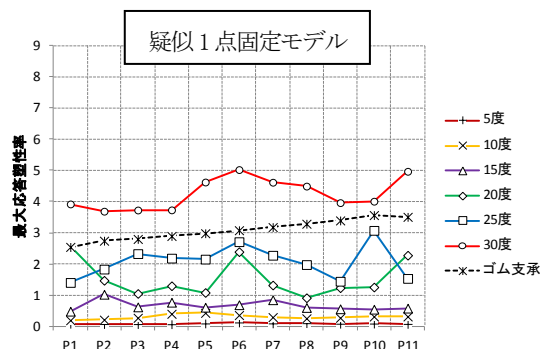
最後にゴム支承とUPSSの応答を比較する．疑似多点固定モデル，疑似1点固定モデルともに，斜面角度20度以下のUPSSを設置することで，ゴム支承よりも応答塑性率が低減されているが，斜面角度25度以上では，ゴム支承と同様に不静定力の増加に伴い，応答塑性率が增大する傾向にある．



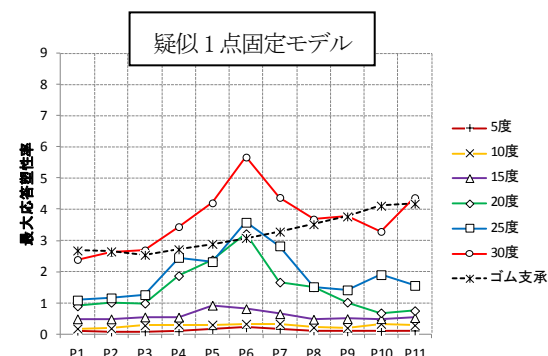
(a) 初期せん断ひずみ 0%相当の不静定力作用時

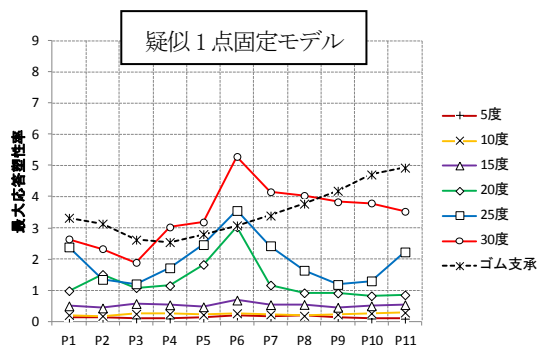
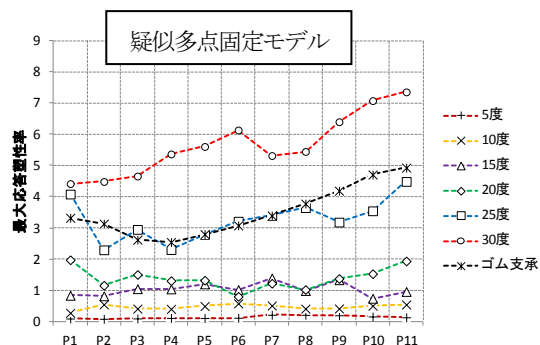


(b) 初期せん断ひずみ 10%相当の不静定力作用時

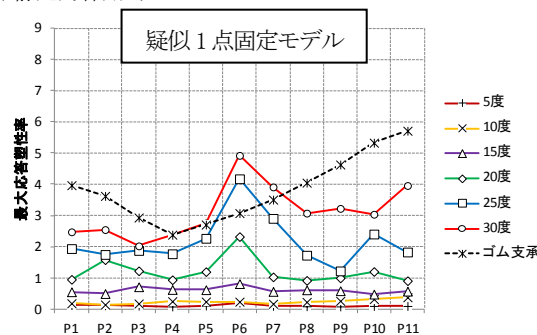
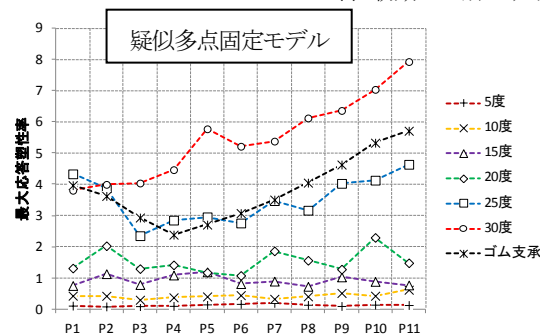


(c) 初期せん断ひずみ 20%相当の不静定力作用時

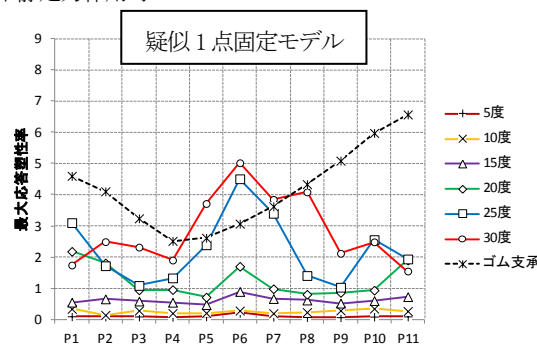
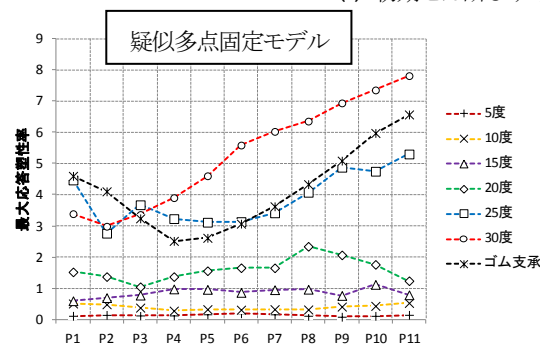




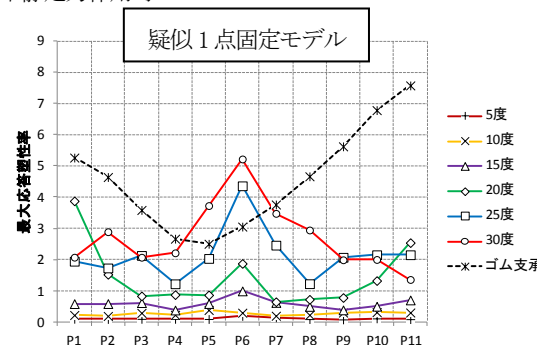
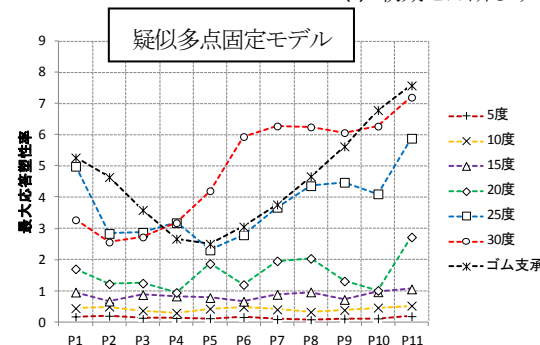
(d) 初期せん断ひずみ 30%相当の不静定力作用時



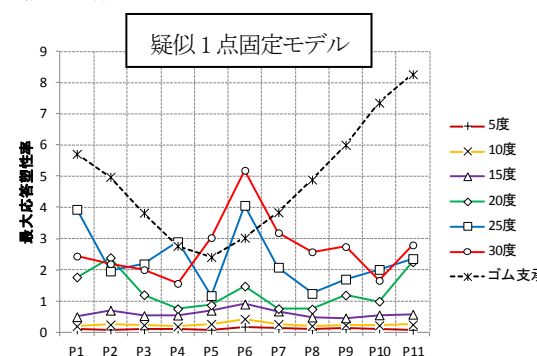
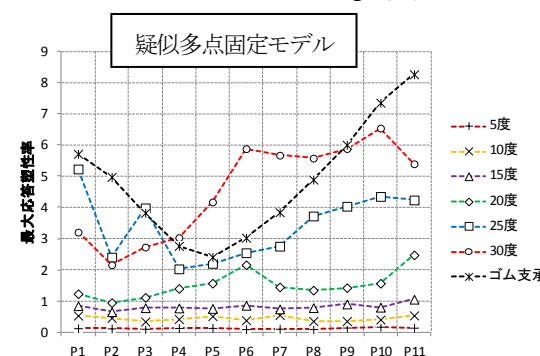
(e) 初期せん断ひずみ 40%相当の不静定力作用時



(f) 初期せん断ひずみ 50%相当の不静定力作用時



(g) 初期せん断ひずみ 60%相当の不静定力作用時



(h) 初期せん断ひずみ 70%相当の不静定力作用時

図-19 最大応答塑性率 (Type II-II-3)

6. 結言

本研究では、UPSSの有効性を検討するため、12径間モデルから橋脚を抽出し、単柱橋脚モデル、単径間モデルを作成し、UPSS及び橋脚の応答について検討した。また温度変化等の影響による不静定力が生じた12径間モデルにおいて、UPSSとゴム支承をそれぞれ一様に設置し、時刻歴応答解析を行い、応答低減効果の比較を行った。以下に得られた結果を列挙する。

- (1) UPSSのばねは軸力に依存するため、UPSSのすべり上りにより、橋脚の鉛直方向の応答及び桁のたわみが生じ、UPSSの軸力が変動することで、橋脚の応答に変化が生じる。
- (2) UPSSの斜面角度を大きくすることで、上部構造の応答変位、UPSSの水平変位を低減することができるが、一方で橋脚天端の応答変位、応答塑性率が增加する。
- (3) UPSSはゴム支承同様に、不静定力と同じ向きに応答が生じた場合、不静定力の増加に伴い変形が増加するが、それぞれの向きが違う場合には不静定力が増加するに伴い、最大値が減少した後、ある点で符号を変えて増加に転じる。
- (4) 不静定力の増加に伴い、UPSS、ゴム支承は端支点到近いほど支承の変位量が增大する傾向にある。
- (5) UPSSの斜面角度5度、10度は疑似多点固定モデル、疑似1点固定モデルともにすべての橋脚において塑性化は生じない。斜面角度25度以上のUPSSを設置した両モデルでは、各橋脚の応答塑性率の変動が大きくなり、疑似多点固定モデルでは、ゴム支承と同様に両端の橋脚の応答塑性率が増大し、疑似1点固定モデルでは、P6橋脚を中心に応答塑性率が増大する。

本研究では多径間連続橋を対象に、UPSSとゴム支承を設置した場合の温度変化等による不静定力が及ぼす影響について比較した。解析結果より、斜面角度20度以下のUPSSはゴム支承よりも不静定力の増加に伴う応答塑性率の影響が小さく、斜面角度25度以上になるとゴム支承と同様に影響を大きく受けるため、耐震性が損なわれる可能性がある。また端支点到近いほど支承の変位量が

大きくなり、ゴム支承は許容せん断ひずみを満足させなければならないが、UPSSは移動可能量を大きくすることで対処することができる。以上より、UPSSはゴム支承よりも応答低減効果は高いと考えられる。本研究では、同じ斜面角度のUPSSを一様に設置し解析を行ったが、例えば応答塑性率が大きくなる橋脚には、斜面角度の小さいUPSSを設置し、また応答変位が大きくなる場合には斜面角度を大きくするなど、斜面角度の異なるUPSSを設置することで、応答低減効果を高めることができると考えられる。

今後は、斜面角度の異なるUPSSを用いて、一様に設置した場合よりも応答低減効果を上げるUPSSの設置方法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 五十嵐晃, 森本慎二, 加地淳志, 樋口匡輝, 足立幸郎, 河内山修, 佐藤知明: 反重力すべり支承の動的挙動の振動台実験による検討, 土木学会地震工学論文集, pp.426-433, 2010.2
- 2) 松田宏, 佐藤知明, 五十嵐晃, 足立幸郎, 横川英彰: 反重力すべり支承③-1(反重力すべり支承を有する橋の耐震解析モデルの構築), 土木学会第64回年次学術講演概要集, pp.797-798, 2009.9
- 3) 篠原聖二, 足立幸郎, 加藤祥久, 五十嵐晃, 宇野裕恵, 宮崎貞義, 松田宏, 佐藤知明: 反重力すべり支承の開発④-1(鋼3径間連続非合成鉄桁の地震時応答特性), 土木学会第64回年次学術講演会概要集, pp.803-804, 2009.9
- 4) 宇野裕恵, 宮崎貞義, 五十嵐晃, 足立幸郎, 松田宏: 反重力すべり支承の開発④-2(温度変化を考慮した地震時応答), 土木学会第64回年次学術講演会概要集, pp.805-806, 2009.9
- 5) 松田泰治, 宇野裕恵, 宮本宏一, 柚木浩一: 多径間連続橋の地震時挙動に及ぼす温度荷重の影響に関する研究, 応用力学論文集, Vol.11, pp.1081-1090, 2008.8
- 6) 松田泰治, 宇野裕恵, 宮本宏一, 柚木浩一: 温度による桁の伸縮を考慮した橋梁の応答評価に関する一考察, コンクリート工学年次論文, Vol.30, No.3, pp.1039-1044, 2008.7
- 7) 宇野州彦, 松田泰治, 大塚久哲: ゴム支承を用いた反力分散構造の減衰評価に関する一考察, 第8回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.61-68, 2005.
- 8) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 2002.3

(?受付)

EVALUATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE CHANGE TO DYNAMIC BEHAVIORS OF HIGHWAY BRIDGE USING UPLIFTING SLIDE SHOES

Tomo TSUCHIDA, Taiji MAZDA, Yukio ADACHI,
Hiroshige UNO, Tomoaki SATO and Akira IGARASHI

Recently, application of rubber bearing to multi-span continuous bridge became popular. But this design caused the increasing size of expansion joint and problem operation and maintenance. Therefore, the Uplifting Slide Shoe (UPSS) is proposed to deal with the thermal expansion and contraction of bridge girders. This paper presents the result of dynamic response analysis of multi-span continuous bridges with rubber bearing and UPSS considering the effect of temperature by nodal force at the end of a girder. From the result, UPSS has the effective of response suppression more than rubber bearing.