# 3.3 地盤変状の影響を受ける道路橋の耐震安全対策技術に関する研究①

研究予算:運営費交付金(一般勘定) 研究期間:平23~平27 担当チーム:橋梁構造研究グループ 研究担当者:石田雅博,西田秀明,谷本俊輔

【要旨】

本研究は,傾斜地等に立地する道路橋を対象として,地震による大きな地盤変状で下部構造自体が大きく移動す る事象に対して,地震時に道路橋に影響を及ぼすような変状を起こしやすい地盤条件の判定手法や大きな地盤変 状が構造物の安全性に及ぼす影響を明らかにし,構造物の耐震安全性を高めるための方策を提示することを目的 としたものである。

平成25年度は、地すべり等の要因に伴い地盤変状を生じる可能性がある斜面上に設置された道路橋の組杭基礎 に対して、地盤変状の規模と組杭基礎の諸元の違いが基礎の安定性に及ぼす影響について基礎的検討を行った。

キーワード:道路橋,地盤変状,すべり力,組杭深礎基礎

#### 1. **まえがき**

大規模な地震に対する道路橋の耐震性は,既往の地震 被害の経験や研究開発の成果を踏まえて技術基準の改定 や既設橋に対する耐震補強の対策がなされた結果,着実 に向上してきている。しかし,地震時に大きな地盤変状 の影響を受ける場合については,地盤変状の範囲・規模 やこれが橋に与える影響について十分な知見がないこと から,現行の設計体系にはほとんど反映されていない。 このため,地震時に大きな地盤変状の影響を受ける道路 橋は,安全性はもとより,復旧,復興の長期化などによ り地域経済に大きな損失を及ぼしかねない甚大な被害を 生じる可能性がある。

例えば、平成16年新潟県中越地震や平成20年岩手・ 宮城内陸地震をはじめ、近年の地震被害の特徴に、特に 山地や丘陵の急峻な地形に立地した道路橋が、過去に滑 動した経験がない基礎岩盤の初生すべりや地盤の大きな 変状により落橋、段差、移動等の被災事例が多く見られ ている。このため、あらかじめ十分な調査を行い大きな 斜面変状が生じるような箇所を避けて架橋することが基 本であるが、条件によっては、地盤変状を生じうる箇所 に架橋せざるを得ない場合も考えられる。しかしながら、 このような場合に地震時に大きな地盤変状を受ける道路 橋の耐震安全性を確保するために必要となる手法は確立 されていない。

以上のような背景から、本研究では、地盤変状の影響 を受ける道路橋の耐震安全性を確保するために必要とな る方策を提示し、耐震設計基準や震前対策等に反映して いくことを目的とする。

平成25年度は、地すべり等の要因に伴い地盤変状を生 じる可能性がある斜面上に設置された道路橋の組杭基礎 に対して、地盤変状の規模と組杭基礎の諸元の違いが基 礎の安定性に及ぼす影響について基礎的検討を行った。

#### 2. 斜面上に設置された組杭基礎の試算条件

下部構造形式として,橋台と橋脚を対象とし,標準的 な条件下で設計された深礎基礎周辺の斜面が地震等に起 因するすべり(地盤変状)を生じた際の基礎への影響を 試算するための条件を設定した。以下に詳細を示す。

## 2.1 橋台組杭基礎

#### 2.1.1 基本モデル

試算に用いた橋台基礎は、斜面上の深礎基礎設計施工 便覧<sup>1)</sup>(以下、「深礎便覧」)の橋台の組杭深礎基礎の設 計計算例に示されている基礎を基本モデルとして、道路 橋示方書・同解説IV 下部構造編<sup>2)</sup>に基づいて試設計を 行った。図-1に基本モデル図、表-1に基本モデルの設計 条件を示す。

#### 2.1.2 試算モデル

**表**-2 に試算で考慮したパラメータを示す。パラメータ は、基礎構造、斜面傾斜、風化層中のすべり層厚、風化 層の地盤定数(c,  $\phi$ )である。風化層の地盤定数は、 $\phi$ 成分が卓越する砂岩を想定した土層と、c 成分が卓越す る泥岩を想定した土層の2ケースとし、N 値 30 相当の地 盤定数の値を深礎便覧に記載されている推定式(1),(2) より算定した。

(1) 上部構造	形式	3 径間連続 PC ラーメン橋			
	支間割	59.100m+100.000m+5	59.100m		
	幅 風	全幅員 9.700m			
	活荷重	B 活荷重			
	支持条件	橋軸:弾性支持,直角	1:固定支持		
(2) <b>下部構造</b>	橋台	逆T式橋台			
	基礎	組杭深礎基礎(土留め	)構造:ライナープ	<sup>^</sup> レート)	
		公称径=2.500m, 設計	径=2.450m		
	使用材料	$\sigma_{ck} = 24 \text{N/mm}^2$ , SD345(基礎)			
(3)橋台壁基部における作用外力					
			常時	レベル1地震時	
		V (kN)	3,580	2,830	
		H (kN)	960	2,700	
		M (kN · m)	970	3,880	
		※試設計方向は、橋軸方向とする。			
(4) 重要度の区分	B 種の橋				
(5)地域区分	A2 地域(地域別補正係数 C <sub>Z</sub> =C <sub>IZ</sub> =C <sub>IIZ</sub> =1.0)				
(6) 設計水平震度	$k_{h}=0.25, k_{hg}=0.20$				
(7) 地盤条件	Ⅱ種地盤				

表-1 橋台の基本モデルの設計条件



図-1 橋台の基本モデル図

風化層(砂岩)

c=0.155(N 值) <sup>0.327</sup>	$(kgf/cm^2)$ [×98.1kN/m <sup>2</sup> ]	$\left  \right\rangle$
$\phi = 5.10 \text{Log} (\text{N} \text{ (i)})$	+29.3 (度)	$\int (1)$

風化層(泥岩)

c=0.165(N值) <sup>0.606</sup>	$(kgf/cm^2)$ [×98.1kN/m <sup>2</sup> ]	ໄທ
$\phi = 0.888 Log$ (N値)	+19.3(度)	f (2)

2.1.1 及び 2.1.2 に示した条件に基づき, 試設計した結 果を表-3に示す。

# 2.1.3 すべり力の評価

斜面にすべりが生じた場合, すべり面以浅の構造躯体 には,変位量に応じた土圧が作用するものと考えられる。

地震動による斜面のすべり変位量を予測することは難し いが,一方で,一定以上の大きな変位が生じると,下部 構造の背面側のすべり土塊は極限状態に至り、受働土圧 が発揮されるものと考えられる。そこで、本検討におい ては、すべり面以浅の土の受働土圧をすべり力として評 価し、すべり面以深の地盤に基礎が固定された状態でこ れが作用するものと考えて解析を行うこととした。なお,



図-2 橋台におけるすべり力の概要図

表-2 橋台の試算で考慮したパラメータ

			概	要
基礎構造	■ 単列組抗深礎基礎:1×2			
	■ 複数列組杭深礎基礎:2×2			
斜面傾斜	■ 20°			
	■ 40°			
風化層中の	■ 2.5m (風化層中の 25%)			
すべり層厚	■ 5.0m (風化層中の 50%)			
風化層の	風化層の地盤定数を以下のとおり2種類考慮する。			
地盤定数	地區夕	φ	с	供 老
	地宿石	(°)	$(kN/m^2)$	1曲 方
	風化層(砂岩)	40	50	¢成分が卓越する土質
	風化層(泥岩)	20	130	c 成分が卓越する土質

この考え方は、護岸近傍で液状化に伴う流動化が生じる 場合,液状化層及び上方にある非液状化層から基礎が受 ける作用を受働土圧として評価する <sup>3)</sup>方法と同様である。 すべり土塊の平面的な広がりは、フーチングに剛結され

基礎構造         複数別の組杭         単列の組杭         単列の組杭           個比層中の マペリ層厚         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m           個比層中の マペリ層厚         0.25m, 5.0m         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m           基礎用         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●         ●							
経動機器         20°         20°           単化層の の名種         2.5m.5.0m         2.5m.5.0m         2.5m.5.0m           基礎名文び の名種         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           動活の         0.2500m         0.2500m         0.2500m         0.2500m           副活防         砂岩         第250217-32.4         0.220217-32.4         0.250100.6-44.4         0.05010.6-44.4           したり目9150-2.4         0.250217-32.4         0.220217-32.4         0.25010.6-44.4         0.05010.6-44.4           し199150-2.4         0.199150-2.5         0.20110.6-44.4         0.05010.6-44.4         0.05010.6-44.4           がら用いた使用のた ロシンドロシント         199150-2.5         0.00110.6-44.4         0.05010.6-44.4         0.05010.6-44.4           がら用いたた         199150-2.5         0.20110.6-44.4         0.050110.6-44.4         0.05010.6-44.4           がらい用いたた         199150-2.5         0.20110.6-44.4         0.050110.6-44.4           がらい用いたた         199150-2.5         0.25015.0         0.25010.6-44.4           日日の日の         0.250.5         0.500         0.500           原した         0.25017.8-44.4         0.05017.8-44.4         0.05017.8-44.4         0.05017.8-44.4           10381617.8-44.4         0.25017.8-44.4         0.25017.8-44.4         0.25016.0-2.4		基礎構造	複数列	の組杭	単列の組杭		
留在 用         現化用 の出程         2.5m.5.0m         2.5m.5.0m           現化用 の出程         砂岩         運名         砂岩         運名           調売         載示向鉄筋: D256217-52.本         セン同鉄筋: U256217-52.本         D226217-32.本         地方向鉄筋: D226217-52.本         D2500m         レー14.00m           連席         地方向鉄筋: D196150-2.本         D226217-32.本         セン防補強鉄筋: U256217-52.本         D22610-2.4         地方向鉄筋: D22610-2.4         D22610-2.4         地方向鉄筋: D22610-2.4         D26100.0-44.4         EXAUNIARISES         D196150-2.4           水構造概要図         単立の単立の         単立の単立の         単立の単立の         レード・ローク         EXE         D26100.0-44.4         EXE         D26100.0-2.4         D196150-2.4         D26100.0-44.4         EXE         D26100.0-44.4         EXE         D26100.0-44.4         EXE         D26100.0-44.4         EXE         D26100.0-44.4         EXE         D36104.0-60.0         EXE <t< th=""><th>試</th><th>斜面傾斜</th><th colspan="2">20°</th><th colspan="2">20°</th></t<>	試	斜面傾斜	20°		20°		
株式根容区         日本の日期         日期	算	風化層中の	2 5m 5 0m		2 5m 5 0m		
間化器         創社器         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           整礎程及び         02500m         02500m         02500m         02500m         02500m           建建品         能方向鉄筋:         D259217-32 木         地方向鉄筋:         D259217-32 木         0259100-6-44 木         0259100-6-44 木           199150-2 木         199150-2 木         1019150-2 木         0259101-32 ホ         0259100-2 木         0259100-6-44 木           構造機要図         単方向鉄筋:         D259100-2 木         199150-2 木         0199150-2 ホ         0199150-2 ホ         0250150-2 ホ	条	すべり層厚	2. 011, 0. 011		2. 011,	0. MI	
の岩種         の名         の名         の名         の名         の名         の名           基礎長 び         0.2500m         0.2500m         0.2500m         0.2500m         0.2500m           25827         0.259217-32 A         0.259217-32 A         0.259217-32 A         0.259100-6-44 A         0.259100-6-44 A         0.259100-6-44 A         0.259100-6-44 A         0.259100-2 A         0.259100-2 A         0.29150-2 A         0.29150-2 A         0.29150-2 A         0.29150-2 A         0.29150-2 A         0.99150-2 A	IT	風化層	砂岩	泥岩	砂岩	泥岩	
基礎長式び         0 2500mm         0 2500mm           基礎長         (-14.00m         (-14.00m         (-14.00m         (-14.00m         (-15.00m)         (-16.44 x)         (-16.44 x) </th <th></th> <th>の岩種</th> <th>Į</th> <th></th> <th><b>2</b>24</th> <th><i>"</i>0石</th>		の岩種	Į		<b>2</b> 24	<i>"</i> 0石	
基礎表         L=14.00n         L=15.00n           配筋         軸方向鉄筋: D29217-32 本 せん町補強鉄筋: D199150-2 本         軸方向鉄筋: D222217-32 本 せん町補強鉄筋: D199150-2 本         動方向鉄筋: D389160.6-44 本 せん町補強鉄筋: D222150-2 本         動方向鉄筋: D389160.6-44 本 せん町補強鉄筋: D222150-2 本         D39150-2 本           構造概要図		基礎径及び	φ25	OOmm	φ25	OOmm	
遊 市     軸方向鉄筋: 205916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 0199150-2 本     助方向鉄筋: 205916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 0199150-2 本     動方向鉄筋: 030916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 025916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 025916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 025916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 0259150-2 本     動方向鉄筋: 039916.0 - 44 本 せん断補強鉄筋: 0259150-2 本       構造概要図	構造諸元	基礎長	L=14.00m		L=15.00m		
酒     配筋     D258/21/-32 本     D228/21/-32 本     D238/160.6-44 本     D38/160.6-44 本       USB/150-2 本     D198/150-2 本     D198/150-2 本     D198/150-2 本     D38/160.6-44 本     USB/160.6-44 本       構造概要図     工具     工具     工具     工具     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L     L <thl< th=""> <thl< th=""> <thl< th="">     L</thl<></thl<></thl<>		配筋	軸方向鉄筋:	軸方向鉄筋:	<b>軸方向鉄筋</b> :	軸方向鉄筋:	
地位     世人断補強致防: D19@150-2本     世人断補強致防: D19@150-2本     世人断補強致防: D2@150-2本     世人断補強致防: D2@150-2本       構造概要図     工業構造 電気の     工業業 電気の     世人断補強致防: D2@150-2本     日2@150-2本     日2@150-2本       構造概要図     工業     工業業 電気の     工業業 電気の     工業業 電気の     日2@150-2本     日2@150-2本       構造概要図     工業     推進業高の     工業業 電気の     工業     日2@150-2本     日2@150-2本       構造概要図     工業     複数別の組抗     単列の組抗       構造概算     複数目の組充     単列の組抗       構造概算     25000m     2.5m, 5.0m       展記     砂岩     定告       構造概算     砂岩     定告       構造概算     砂岩     定告       構造概算     000     2.5m, 5.0m       構造概算     000     2.5m, 5.0m       展示     取力向数筋: D300144,0-06 A     D300157       D300144,0-06 A     セム断補強致筋: D300144,0-06 A     D300144,0-06 A       D300144,0-06 A     セム防補強致筋: D300144,0-06 A     D300144,0-06 A       D300144,0-06 A     セム防補強致筋: D300144,0-06 A     D300144,0-06 A       D300144,0-06 A     セム防補強致筋: D300144,0-06 A     D300144,0-06 A       単力的数結     四級     200       構造概要図     200     200       構造概要図     200     200       構造概要図     200     200			D25@21/-32本	D22@21/-32本	D38@160.6-44 本	D35@160.6-44 本	
構造概要図         D198150-2 本         D198150-2 x         <	10	Herry?	せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	
構造概要図     基礎構造     複数列の組札     単列の組札            新面傾斜           40°           40°             該			D19@150-2本	D19@150-2 本	D22@150-2 本	D19@150-2 本	
基礎構造         複数列○組杭         単列○組杭           採面傾斜         40°         40°           風化層の すべり層厚         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m           風化層 の岩種         砂岩         泥岩           基礎径及び 基礎長         0.25m, 5.0m         0.25m, 5.0m           基礎名         砂岩         泥岩           動力向鉄筋:         0.250, 0m         0.250, 0m           口20, 00m         1.20, 00m         1.20, 00m           市方向鉄筋:         0.380; 157, 8-44 本         1.056; 157, 8-44 本           10380; 157, 8-44 本         1.056; 157, 8-44 本         1.058; 167, 8-44 本           10380; 157, 8-44 本         1.058; 157, 8-44 本         1.058; 167, 8-44 本           10380; 157, 8-44 本         1.058; 157, 8-44 本         1.058; 167, 8-44 本           10380; 157, 8-44 本         1.058; 157, 8-44 本         1.058; 167, 8-44 本           1059; 150-2 本         1.099; 150-2 本         1.0229; 150-2 本           109; 150-2 本         1.099; 150-2 本         1.0229; 150-2 本         1.099; 150-2 本           109; 100-2 本         1.099; 100-2 本         1.099; 100-2 本         1.099; 100-9; 2.80; 000           109; 100-2 本         1.099; 100-9; 2.80; 000; 100; 000; 000; 000; 000; 000; 0	样	<b>觜造概要</b> 図		崔鐘層 dt			
解面傾斜         40°         40°           風化層中の すべり層厚         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m           風化層 の岩種         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           の岩種         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           内岩種         03000m         42500m         03000m         1=20.00m           基礎径及び         0380157.8-44本         1=20.00m         1=20.00m         1=20.00m           日節         軸方向鉄筋: D380157.8-44本         1050157.8-44本         10380144.0-60本         10550144-60本           セん断補強鉄筋: D250150-2本         D190150-2本         D380144.0-60本         1059144-60本         10190150-2本           D190150-2本         D190150-2本         D190150-2本         D190150-2本         1909150-2本           単本         レーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー	= <del>+</del>	基礎構造	複数列	の組杭	単列の組杭		
発作         風化層中の すべり層厚         2.5m, 5.0m         2.5m, 5.0m           風化層 の岩種         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           構造 注記         基礎長 正筋         単方向鉄筋: D38@157, 8-44 本 せん断補強鉄筋: D25@150-2 本         助方向鉄筋: D38@157, 8-44 本 せん断補強鉄筋: D19@150-2 本         軸方向鉄筋: D38@144.0-60 本 せん断補強鉄筋: D22@150-2 本         軸方向鉄筋: D35@144-60 本 せん断補強鉄筋: D19@150-2 本           構造概要図         単式の 単式の価         単式の 単式の 価         単式の 単式の 価         単式の 単式の 価         単式の 単式の 単式の 価         単式の 単式の 単式の 価         単式の 単式の 単式の 価           構造概要図         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単式の 価         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単面         単面         単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の 単面         単式の         単面         単面         単式の         単式の         単面         単面         単面         単面         単式の         単面         画         画面         画の         画の         通面	算	斜面傾斜	40°		40	0	
風化層 の岩種         砂岩         泥岩         砂岩         泥岩           基礎径及び 基礎長	条 件	風化層中の すべり層厚	2. 5m, 5. Om		2. 5m, 5. 0m		
基礎径及び 基礎長         000000000000000000000000000000000000		風化層 の岩種	砂岩	泥岩	砂岩	泥岩	
基礎長         L=20.00m         L=20.00m           軸方向鉄筋:         助38@157.8-44本         軸方向鉄筋:         助38@157.8-44本         地方向鉄筋:         D38@144.0-60本         地方向鉄筋:         D38@144.00本         地方向鉄筋:         D38@144.0-60本         せん断補強鉄筋:         D19@150-2本         D19@150-2 ホ         D19@15		基礎径及び	\$\$\$00mm		$\phi$ 3000mm		
選売     軸方向鉄筋: D38@157.8-44本 せん断補強鉄筋: D25@150-2本     軸方向鉄筋: D35@157.8-44本 せん断補強鉄筋: D19@150-2本     軸方向鉄筋: D38@144.0-60本 せん断補強鉄筋: D19@150-2本     軸方向鉄筋: D38@144.0-60本 せん断補強鉄筋: D22@150-2本     助うの鉄筋: D35@144-60本 せん断補強鉄筋: D19@150-2本       構造概要図     構造概要図          •	構	基礎長	L=20.00m		L=20.00m		
・            ・            ・            ・            ・            ・            ・            ・            ・            ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・            ・          ・	造	配筋	軸方向鉄筋:	軸方向鉄筋:	軸方向鉄筋:	軸方向鉄筋:	
技術     世ん断補強鉄筋: D25@150-2本     世ん断補強鉄筋: D19@150-2本     世ん断補強鉄筋: D19@150-2本     世ん断補強鉄筋: D22@150-2本     世ん断補強鉄筋: D22@150-2本       構造概要図     構造概要図	話		D38@157.8-44本	D35@157.8-44本	D38@144.0-60本	D35@144-60本	
構造概要図         D25@150-2本         D19@150-2本         D22@150-2本         D19@150-2本           構造概要図	10		せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	せん断補強鉄筋:	
構造概要図 構造概要図			D25@150-2 本	D19@150-2本	D22@150-2 本	D19@150-2本	
4, VVV ,	構造概要図			E 結局 (t) ■ 1 (砂治、泥冶) 数岩 CL <u>定礎杭 &amp; 2500</u> L=20.0m		崔维陽 dt 風化層 D (砂岩, 泥岩) 軟岩 GL <u>深礎杭 &amp; 3000</u> L=20.0m	

## 表-3 橋台の試算モデルの設定結果

た複数本の組杭深礎基礎において後列杭からの広がりの みを考慮し、前列杭と後列杭で等分にすべり力を分担す るものとした。すべり層は表層の風化層とし、基礎背面 の受働抵抗力がすべり面上方 1/3H (H: すべり層厚)の 位置で基礎に集中荷重として作用するものとして与えた。 また、受働抵抗力の算定にあたっては、すべり土塊上方 の裏込め土及び崖錐層の重量を考慮した。図-2 にすべり 力の概要図を示す。図-2 中の  $\alpha$ はすべり面の角度(°)で、 すべり土塊の受働状態における極限平衡条件を満たす角 度とした。 $\beta$ はすべり面の広がり角(°)で、土砂・軟岩 に一般的に用いられている $\beta=30+\phi/3$ (°)( $\phi$ :地盤の せん断抵抗角(°))を採用した。なお、本検討において は、地震動による慣性力との重ね合わせは考慮していな い。

(1) 上部構造	形式	5 径間連続講 I 桁橋 40.000m×5				
	支間割					
	幅員	全幅員 12.000m				
	活荷重	B 活荷重				
	支持条件	橋軸:弾性支持,直角:固定支持				
(2) 下部構造	橋脚	張出式橋脚				
	基礎	組杭深礎基礎(土留め構造:モルタルライニング)				
		※試設計モデルは、風化層中の基礎となることから、ライナープ				
		レートを想定する。				
		公称径=2.500m, 設計径=2.500m				
	使用材料	$\sigma_{ck}=24$ N/mm <sup>2</sup> , SD345(基礎)				
(3)橋台壁基部における作用外力						
			橋軸方向	橋軸直角方向		
		橋脚の終局水平耐力 Pu(kN)	4,800	6,200		
		等価重量 W(kN)	9,524	6,724		
		※試設計方向は、橋軸方向とする	Do			
(4) 重要度の区分	B 種の橋					
(5) 地域区分	A2 地域(地域別補正係数 Cz=C1Z=CIZ=1.0)					
(6)設計水平震度	レベル1地震時:k <sub>h</sub> =0.20, k <sub>hg</sub> =0.16					
	レベル 2 地震時(タイプ I ): k <sub>hc</sub> =0.40, k <sub>hg</sub> =0.50					
	レベル2地震時(タイプII): $k_{hc}$ =0.51, $k_{hg}$ =0.80					
	基礎の設計に用いる設計水平震度: k <sub>hp</sub> =0.55					
	※橋軸方向	橋軸方向				
(7) 地盤条件	I種地盤					





## 2.2 橋脚組杭基礎

### 2.2.1 基本モデル

試算に用いた橋脚基礎は、深礎便覧の参考資料の橋脚 の組杭深礎基礎の設計計算例に示されている基礎を基本 モデルとし、道路橋示方書・同解説IV 下部構造編<sup>20</sup>に 基づいて試設計を行った。図-3に基本モデル図、表-4に 基本モデルの設計条件を示す。

#### 2.2.2 試設計モデル

橋脚の試算で考慮したパラメータを表-5に示す。また、 パラメータに応じた試算モデルの設定結果を表-6に示す。

図4 橋脚におけるすべり力の概要図

## 2.2.3 すべり力の評価

すべり力の評価方法は橋台と同じとする。図4にすべり力の概要図を示す。



#### 表-6 橋脚の試算モデルの設定結果

#### 3. 試設計結果及び考察

図-5 及び図-6に、橋脚・複数列組杭ですべり層厚が 2.5m、斜面の傾斜角が20°のときの(降伏耐力又は終局 耐力/すべり力)を基準としたときのそれぞれの(降伏 耐力又は終局耐力/すべり力)の比を示す。なお、降伏 時は、基礎本体の引張側の90度の円弧内に含まれる全て の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達するときとし、終局時は、 基礎本体の圧縮縁において、コンクリートひずみが終局 ひずみに達するときとした。

複数列の場合と単列の場合の違いに着目すると,単列 に比べて複数列の場合の降伏耐力及び終局耐力が大きい ことから,単列よりも複数列の場合の方がすべり力に対 する安全性が相対的に高くなる。特に,斜面傾斜が大き く,すべり層厚が厚いほどその差は顕著に表れている。 また,斜面傾斜の違いに着目すると,傾斜角が大きくな るほど,すべり力が大きくなることから,安全性が低く なる傾向を示している。傾斜角 20°,すべり層厚 2.5m の ケースでは,橋台単列及び複数列における比に大きな違 いはないが,同ケースで傾斜角 40°では橋台単列と複数 列の比は 1.5 倍程度となり,この傾向は,すべり層厚 5.0m のケースでも同様である。これらの傾向は、砂岩,泥岩 の違いによらず確認できる。 また,橋脚の場合においても,橋台と同様に,傾斜角 が大きく,すべり層厚が厚くなるほど比が大きくなる。

すべり層の地盤条件(砂岩・泥岩)の違いによる影響 は、すべり層厚 5.0m,傾斜角 40°の橋台単列ケースで顕 著な違いが確認できた。これは、深礎基礎の設計断面は 砂岩及び泥岩によらずほぼ同様の断面剛性となるが、例 えば、橋台複数列(傾斜角 40°,すべり層厚 5.0m)にお いて、砂岩の場合は115,730kN,泥岩の場合は86,662kN であり、泥岩の場合のすべり力は砂岩の場合のすべり力 の75%程度となる影響によるものと考えられる。同ケー スにおける複数列杭の場合、すべり力は同様に75%程度 となるが、深礎基礎の断面剛性がすべり層が砂岩の場合 に比べて泥岩の場合は85%程度となることから、単列基 礎ほど顕著な相違は見られなかった。また、橋脚におい ては顕著な相違は見られなかった。

## 4. **まとめ**

本研究で得られた結果は次の通りである。

 複数列の場合と単列の場合に着目すると、すべり力 に対する安全性は、複数列の組杭深礎基礎の方が相 対的に高いことがわかった。特に、斜面傾斜が大き く、すべり層厚が厚いほどその差は顕著に表れる。

#### 3.3 地盤変状の影響を受ける道路橋の耐震安全対策技術に関する研究



斜面傾斜の違いに着目すると、橋台、橋脚に関わらず、傾斜角が大きいほどすべり力に対する安全性は低いことがわかった。

なお、本研究における地盤変状を考慮した斜面上に設 置された組杭基礎の安定性の試算は、基礎に作用するす べり力については、図-2及び図-4に示したように、単列 及び複数列の組杭基礎(後列杭のみに作用)ともに同様 のすべり力を考慮し、作用させるすべり力は受働土圧相 当と仮定して行っている。しかしながら、設定したすべ り力の作用幅及び大きさは仮定したものであるため、こ の妥当性について、模型実験等により基礎に作用する土 圧を計測により、実際に基礎に影響する地盤変状の範囲 を確認するなどの検討が今後必要であると考えられる。

# 参考文献

 (社)日本道路協会:斜面上の深礎基礎設計施工便覧,2012.4
 (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説IV 下部構造編, 2012.3

 (社)日本道路協会:道路橋示方書・同開設V 耐震設計編, 2012.3

# RESEARCH ON THE COUNTERMEASURES FOR PREVENTING THE DAMAGE OF A ROAD BRIDGE CAUSED BY MOVEMENT OF THE GROUND BY EARTHQUAKE (1)

Budged : Grants for operating expenses General account Research Period : FY2011-2015 Research Team : Bridge and Structural Technology Research Group Author : ISHIDA Masahiro NISHIDA Hideaki TANIMOTO Shunsuke

Abstract : The purpose of this research is to propose the countermeasures for preventing the damage of road bridges caused by movement of the ground such as landslide, liquefaction induced ground flow by an earthquake.

In FY2013, analytical studies were carried out to evaluate safety performance of the drilled pile foundation which located on the slope and might be induced by movement of ground. The results were as follows.

a) ASafety performance of the drilled pile foundation with multi rows piles was superior to that of with the single row .

b) When the drilled pile foundation was constructed on the slope covered by the weathering layer, the layer which consists of the mudstone was relatively safer than that of the sandstone.

Key words: road bridge, movement of the ground , slip force, drilled pile foundation