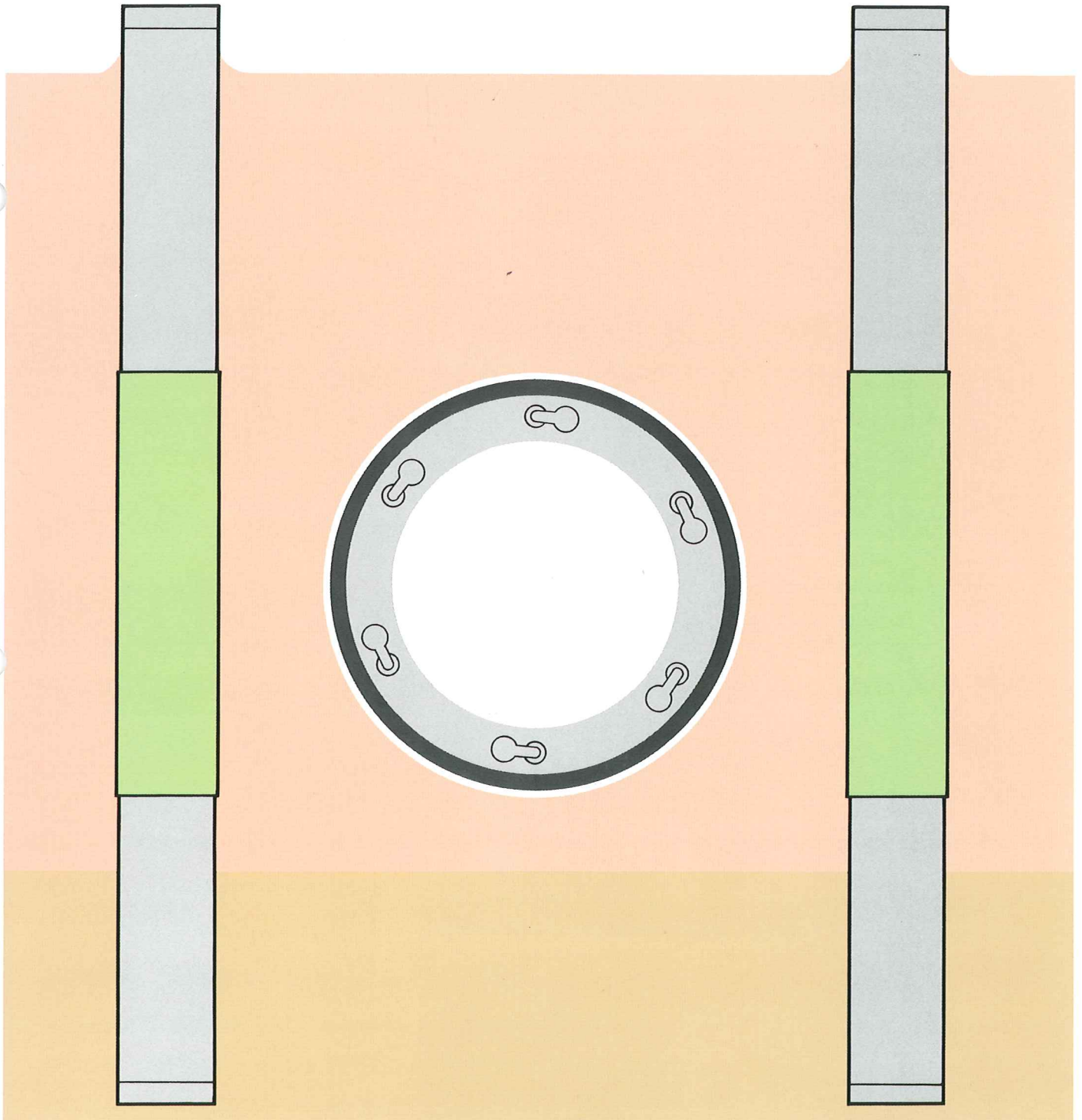


NIPPON HUME

# NH-SLパイナル

ネガティブフリクション低減杭



日本ヒューム株式会社



# ネガティブフリクション対策として、すぐれた効果を発揮するNH-SLパイプ



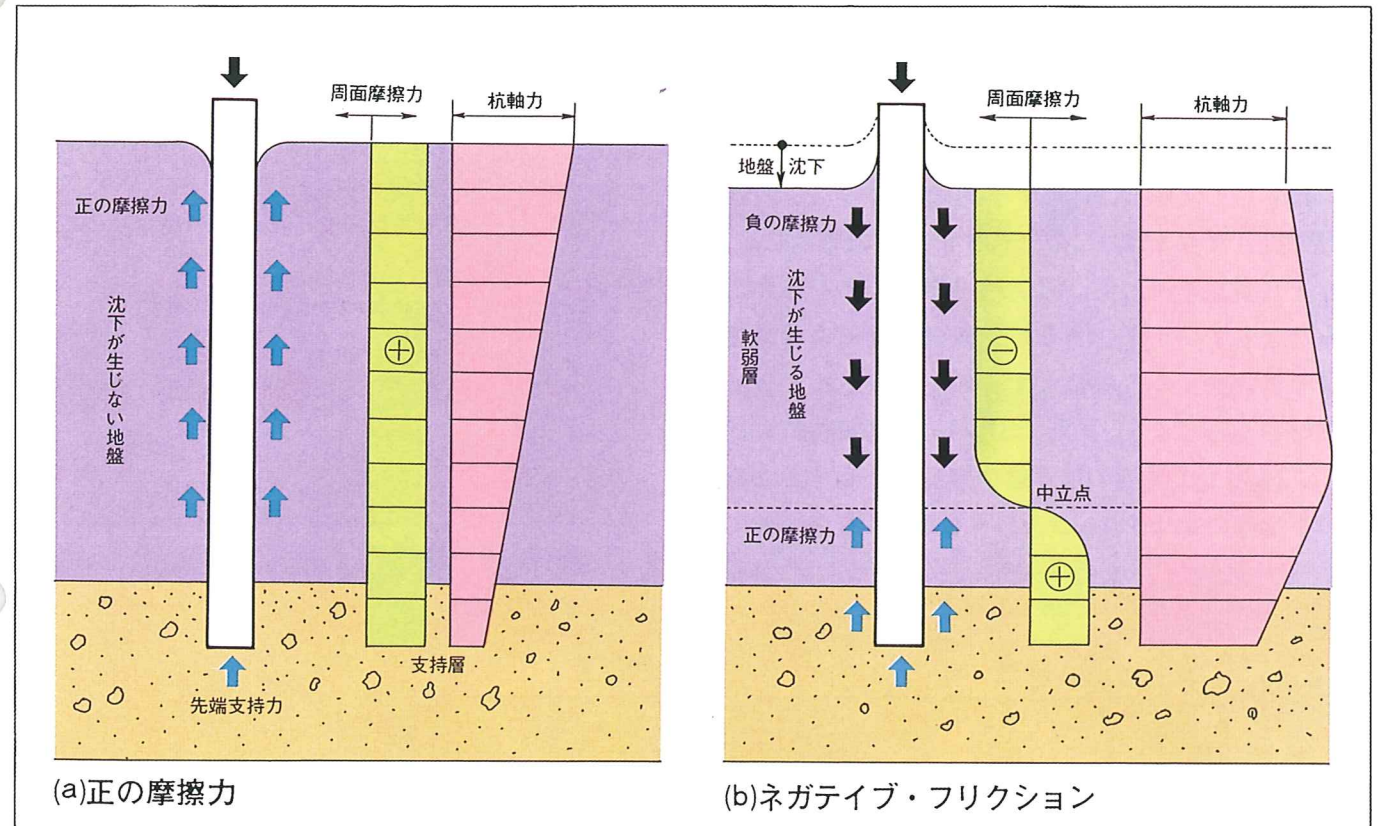
## ★目次

まえがき.....	1
NH-SLパイプの仕様.....	2
NH-SLパイプのネガティブ フリクション低減原理・その他...	4
NH-SLパイプの経済性.....	6
設計例.....	7
NH-SLパイプの製造.....	11
NH-SLパイプの施工.....	12

## まえがき

地中に打ち込まれた杭に荷重が作用すると、杭は下図(a)のように杭先端支持力と、杭周面に働く摩擦力とによって抵抗する。この場合の摩擦力は、杭を支持する方向に働き、杭の支持力にとってはプラスになる。ところが、もし杭の先端部より上方の地盤が圧密して、いわゆる地盤沈下を起こした場合には、杭には先端支持力があるため、杭は地盤と同じようには沈下せずに、沈下していく地盤の中で杭は沈下しないように抵抗することになる。

その結果、杭は(b)のように沈下していく地盤から、(a)とは逆な向きの摩擦力、すなわち地盤と一緒に杭が引き下げられるような下向きの摩擦力を受ける。このように地盤が沈下することによって、そこにある杭が引き込まれるように働く下向きの摩擦力が「ネガティブフリクション」(Negative Friction)であり、「負の摩擦力」とか「下向きの摩擦力」などともいわれている。



ネガティブフリクションが働くということは、いいかえれば杭に沈下した地盤の一部がぶらさがっていると考えるのもよいであろう。したがって、ネガティブフリクションは杭に対して、荷重と同じ作用することになり、打ち込まれた杭は、建物の荷重を支える余裕がなくなり、杭体の中立点付近で破壊したり、杭の先端が支持層へめり込んだりして、結果的には杭頭が大きく沈下し、これによって建物に不同沈下

が起きやすくなる。

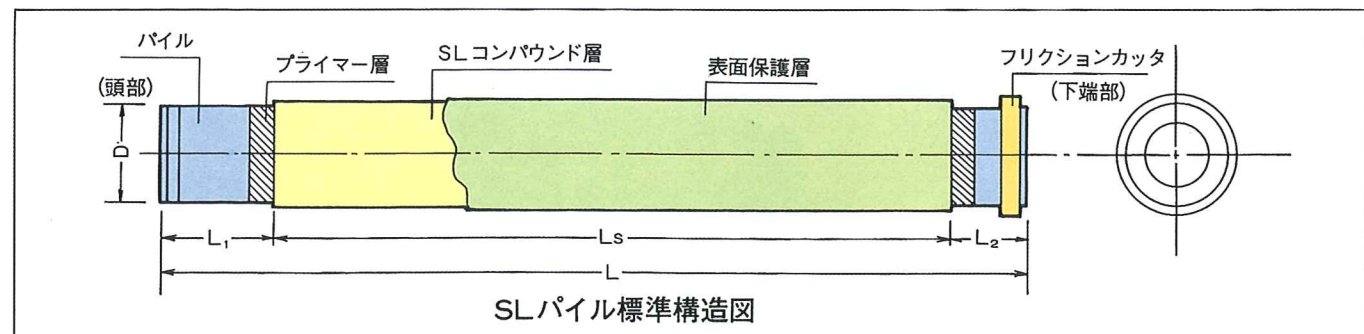
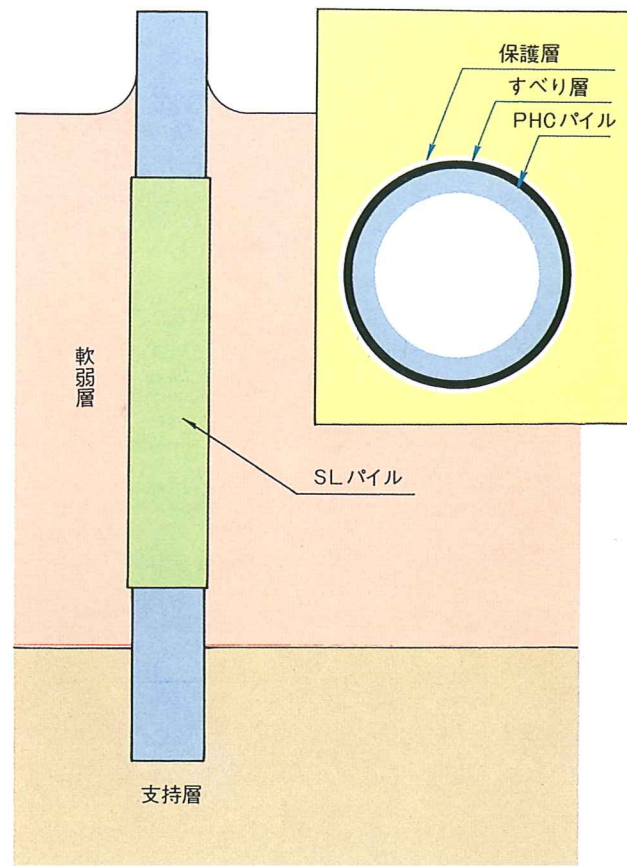
- この対策としては、
- ①杭径を大きくする
  - ②杭本数を増す
  - ③二重管杭にする

等のネガティブ・フリクションを低減する工法がありますが、杭表面にすべり層として特殊なアスファルトを塗布したSLパイプが安全であり、かつ、経済的な杭といえます。



## NH-SLパイルの仕様

NH-SLパイルは、杭表面にすべり層としてシェル石油(株)が開発したSLコンパウンド(特殊なアスファルト)を塗布したものであり、アスファルトのもつ粘弾性特性を利用して、ネガティブ・フリクションを低減する杭です。この特殊なアスファルトは、粘弾性体の代表的材料であり、杭打ち時のように荷重が瞬間的に作用する場合には弾性体となり、地盤沈下のような遅い動きに対しては粘性体となります。すなわち、杭打ち時のような速い動きには非常に大きなせん断抵抗が働き、すべり層がずれることなく打込めるのです。また、地盤沈下のような遅い動きに対してはせん断抵抗は小さくなり、すべり層が地盤沈下に応じて変形し、ネガティブ・フリクションの低減が可能となります。このアスファルトの厚みには、設計上必要な厚みと傷、打込時の摩耗しるを加えた厚みとなっています。さらに、直射日光による温度上昇でアスファルトが軟化するのを防ぐため、表面保護材を塗布します。また、SLパイル打設時におけるSLコンパウンド層のはく離・摩耗を防止するため、杭の下端部にフリクションカッタを取付けてあります。



SLぐい製品仕様の主なものをまとめてみますと――

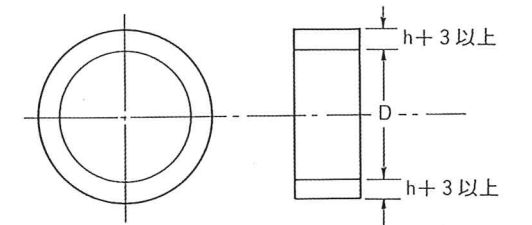
- ①プライマーはSLプライマー、すべり層材料はスリッレイヤーコンパウンド(Bグレード)を使用する。
- ②貯蔵を考慮して、表層材料は原則として水性白色塗料を使用する。
- ③打込み時の損傷防止対策として、すべり層最下端に保護金具として鋼製リングを取り付ける。
- ④すべり層の厚さは、設計厚さに2mmの厚さを加えた値とする。
- ⑤すべり層の管端末塗布範囲は、製造および施工上の諸要素を考慮して定める。

## ●SLパイル標準規格表

外径 D mm	厚さ T mm	長さ L m	無塗布 L <sub>1</sub> m	SL塗布 L <sub>s</sub> m	無塗布 L <sub>2</sub> m	フリクションカッタ
400	65	7～15	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	地盤状況に応じて 形状、寸法をきめる。
450	70	7～15	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	
500	80	7～15	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	
600	90	7～15	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	
700	100	7～15	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	
800	110	7～13	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	
1,000	130	7～11	1.0	L-(L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.5	

〈注〉

- 1.長さLは、1mとびとします。
- 2.L<sub>1</sub>寸法については、標準値を示しましたが、設計条件により変更に応じます。
- 3.SLコンパウンドの塗布厚さは、6mmを標準としておりますが、必要に応じて厚くすることも可能であります。
- 4.フリクションカッタの形状、寸法については、地盤状況にあったものを使用するものとします。ただし、フリクションカッタの厚さは、設計SLコンパウンド層厚より3mm以上厚くし、幅は90～300mmの範囲で決定するものとします。



D: 杭の外径 (mm)  
h: SLコンパウンド層の厚さ (mm)

〈フリクションカッタ参考図〉





## NH-SL パイルネガティブフリクション低減原理

アスファルトは粘弾性体の代表的な材料であり、これをスチフネスという概念と結びつけて力学的に解析し、理論的に体系づけられたものがSLパイルであります。一般的にアスファルトはつぎのような特性をもっています。

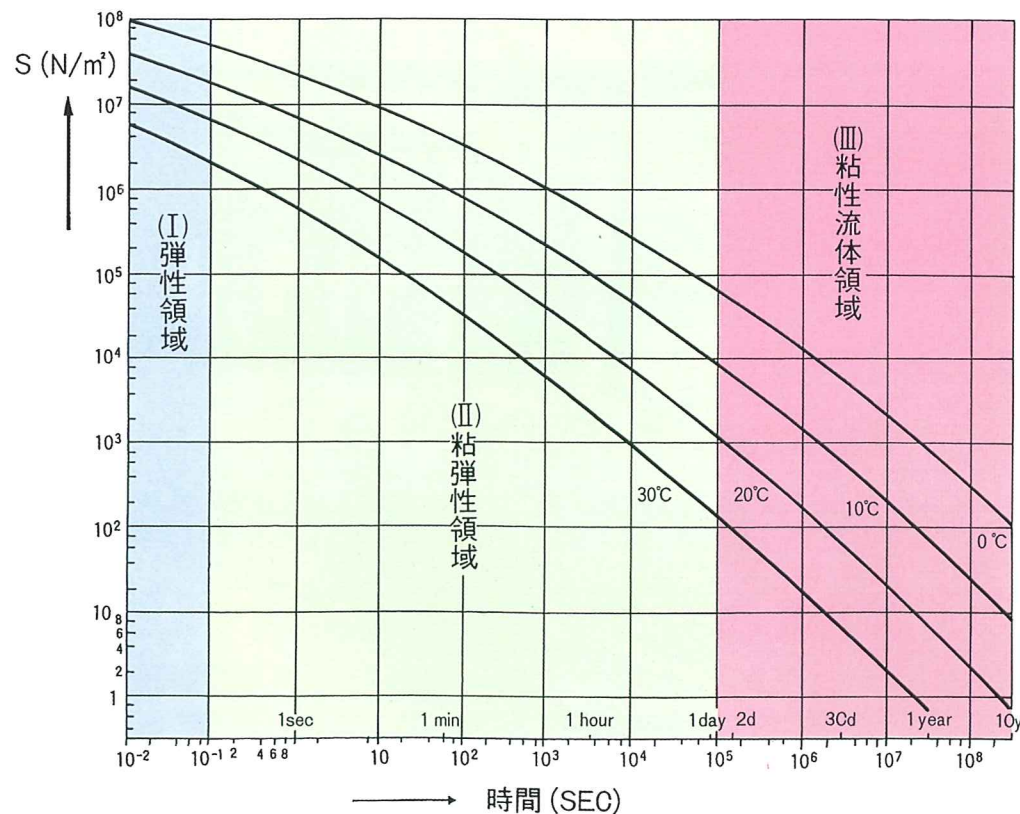
- ①温度(T)、載荷時間(t)によりその力学特性が著しく異なる。
- ②載荷時間(t)が非常に小さな範囲では、アスファルトの挙動は大部分弾性的であり、時間が長くなるにしたがって粘性流体としての挙動を示す。
- ③中間の載荷時間では粘弾性挙動を示すが、杭に利用する場合には、弾性体、粘性体として理論的な構成をし、力学的解析を行なう。

これらの関係を示したのが〈図-1〉であります。

SLパイルは、杭打設時の検討を(I)の弾性領域で行ない、塗布杭の貯蔵時流出の検討、ネガティブフリクション低減の機能を(III)の粘性流体領域で行ないます。

すなわち、杭打設時のように荷重が瞬間的に作用する場合には弾性体となり、非常に大きなせん断抵抗が働き、すべり層がずれることなく打込めます。また、地盤沈下のように荷重の作用が遅い動きに対しては粘性体となり、せん断抵抗が小さくなり、すべり層が地盤沈下に応じてずれ、ネガティブフリクションの低減が可能となります。

〈図-1〉 SLコンパウンドBグレードのスチフネス係数関係図



## 残留ネガティブフリクションの大きさ

SLパイルはネガティブフリクションを効率よく低減します。ただし、非常に小さな残留ネガティブフリクションは、杭に荷重として作用します。

この残留ネガティブフリクションの大きさは、地盤の沈下量、すべり層の厚さ、地中温度（ほぼ年間平均気温）、載荷時間等により変化しますので、設計の際はぜひご相談ください。

すべり層内に発生するせん断応力、すなわち、杭に伝達されるネガティブフリクションの大きさは、次式によって示されます。(図-2参照)

$$\tau = \frac{d \cdot s}{3h}$$

ここに、

$\tau$ : すべり層のせん断応力 (tf/m<sup>2</sup>)

$s$ : すべり層材料のスチフネス係数 (tf/m<sup>2</sup>)

$d$ : 地盤沈下量 (m)

$h$ : すべり層の厚さ (m)

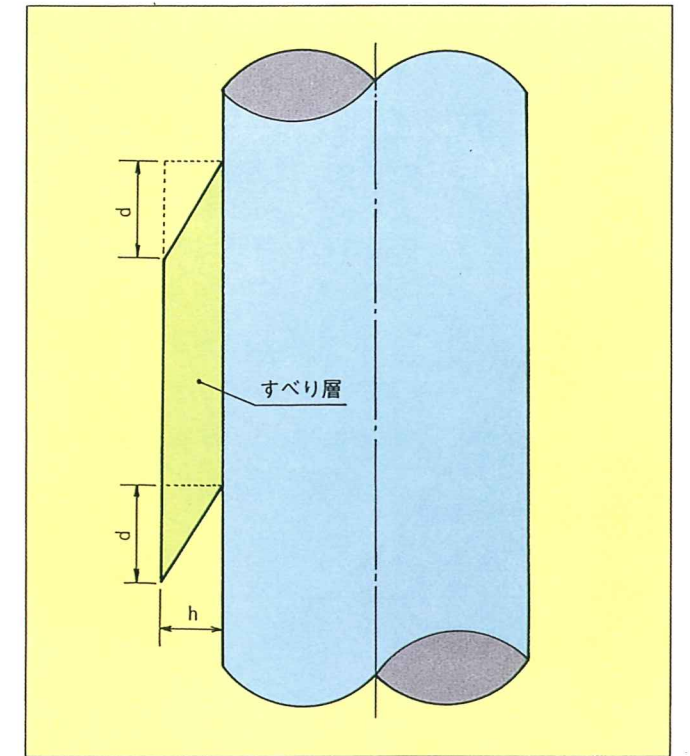
たとえば—①地盤の沈下量: 20cm/年

②すべり層の厚さ: 6mm  
(設計厚さは4mm)

③地中温度: 10°C

④載荷時間: 1年

〈図-2〉 すべり層のせん断変形



—の場合、スリッレイヤーコンパウンド(Bグレード)を使用すると、スチフネス係数Sは0.008tf/m<sup>2</sup>であり、杭に伝達されるせん断応力度は0.13tf/m<sup>2</sup>となりますので、残留ネガティブフリクションを0.2tf/m<sup>2</sup>として設計すれば安全です。

## SLコンパウンドの塗布厚さの決定

残留ネガティブフリクションから決まるSLコンパウンド塗布厚さは、次のようになります。

$$h = \frac{d \cdot S}{3\tau}$$



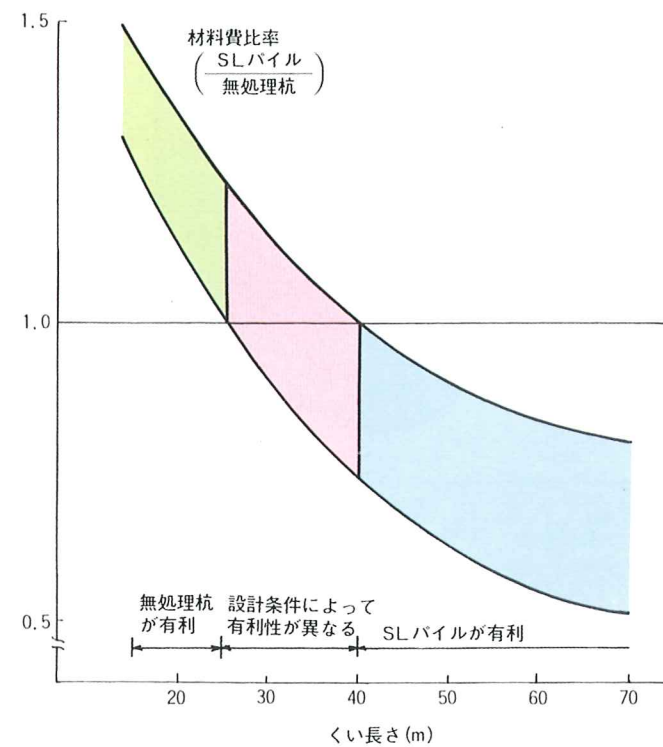
# 経済性・安全性にすぐれたNH-SLパイル

## NH-SLパイルの経済性

NH-SLパイルは、杭に作用するネガティブ・フリクションを90%程度低減することができますので、無処理杭にくらべて杭本数が少なくすみますから、材料費、施工費の面から経済的になります。ただし、SLパイルの経済性は軟弱層の性状と厚さに

よって異なり、軟弱層が厚くなる程、その効果は大きく、一般的には、杭長が40m以上になると経済的になり、25~40mの範囲では、地盤条件、上載荷重等により経済性が異なります。

〈図-3〉 杭長さ と 材料費比率



● SLパイルと無処理杭の経済比較 (次頁の設計例の杭比較)

	杭の仕様			杭本数	SLパイル m <sup>2</sup>	フーチング m <sup>2</sup>	材料費 (千円)			施工費 (千円)	合計 (千円)	比 %
	CPS	6t	φ600×10m				杭材	SL加工	フーチング			
SLパイル	CPS	6t	φ600×10m	39	1250	129.6	22,776	4,134	4,082	5,000	35,992	100
	PHC	A種	φ600×43m	39								
無処理杭	CPS	6t	φ600×10m	56	-	178.2	32,704	-	5,613	6,530	44,847	125
	PHC	A種	φ600×43m	56								

## 設計例

### 建築構造物の杭基礎

#### 1. 概要

この設計々算例は鉄骨造3階建て、一部平屋構造の建物で1階は店舗で2階および3階は事務所となっている。この一区画部の基礎杭の比較を行なう。建物の柱下基礎用軸力、柱、梁の配置を図-4に示します。

#### 2. 地盤の概要

この敷地は臨海埋立地で埋立て深さが12mで、その下部に旧海底地盤の沖積粘性土が厚く堆積している地域にある。地盤条件と杭との関係を図-6に示します。

#### 3. 杭の許容支持力の計算式

基礎杭にPHCパイルを使用し、SLパイルと無処理杭との比較を行なう。

##### 1) 杭の許容支持力の計算式

$$Ra_1 = \frac{1}{3} \left\{ R_{up} + \psi \left( \frac{N_s}{5} L_s + \frac{q_u}{2} L_c \right) \right\} \dots (1)$$

$$R_{up} = 30 \bar{N} A_p$$

$$Ra_1' = 2 \times Ra_1 \dots (2)$$

$$Ra_2 = [f_c (1 - \alpha - \mu) - (\sigma_{ce})] \times A_e \times 10^{-3} \dots (3)$$

$$Ra_2' = [s_f (1 - \alpha - \mu) - (\sigma_{ce})] \times A_e \times 10^{-3} \dots (4)$$

$$Ra_3 = \frac{R_{up} + R_F}{1.2} - P_{FN} \dots (5)$$

$$Ra_4 = s_f \cdot A_e \times 10^{-3} - P_{FN} \dots (6)$$

ここに、

$Ra_1, Ra_1'$  : 地盤から決まる長期及び短期許容支持力(tf)

$Ra_2, Ra_2'$  : 杭材から決まる長期及び短期許容支持力(tf)

$Ra_3$  : N・Fより求めた地盤から決まる許容支持力(tf)

$Ra_4$  : N・Fより求めた杭材料から決まる許容支持力(tf)

$\bar{N}$  : くい先端地盤の設計N値 (先端より下方1d、

上方へ4dの間の実測N値の平均 d: 杭径)

$A_p$  : 杭支端面積 (m<sup>2</sup>)

$\psi$  : 杭の周長 (m)

$N_s, L_s$  : 圧密層より下の砂質土N値及び層厚 (m)

$q_u, L_c$  : 圧密層より下の粘性土の一軸圧縮強さ及び層厚 (tf/m<sup>2</sup>, m)

$f_c, s_f$  : 杭材の長期及び短期許容圧縮応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{ce}$  : 有効プレストレス ( $f_c, s_f$ に有効プレストレスが考慮されている時は考えなくてよい) (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 継手による低減率 (溶接継手1ヶ所当り5%)

$\mu$  : 細長比の低減率

$$\mu = \frac{L}{d} - n \quad (\%)$$

L : 杭長 (m)

d : 杭径 (m)

n : PHC杭 85

$A_e$  : 杭の断面積 (cm<sup>2</sup>)

$P_{FN}$  : ネガティブフリクション (N・F) (tf)

$R_F$  : ポジティブフリクション (tf)

$$P_{FN} = \lambda \psi \int_0^{L_n} \tau dZ \dots (7)$$

$$R_F = \lambda \psi \int_{L_n}^L \tau dZ \dots (8)$$

$\lambda$  : 杭先端形状による係数 1.0~0.8

$\tau$  : 杭周面の摩擦強度 (tf/m<sup>2</sup>)

$L_n$  : 杭頭から中立点までの距離

L : 杭の全長

##### 2) ネガティブフリクションについての検討事項

i) 中立点深度  $L_n$

○摩擦杭及び先端N値20以下の不完全支持杭

$$L_n = 0.8 L_a$$

○砂または砂礫層中への支持杭

$$L_n = 0.9 L_a$$

○岩盤または硬質土丹層への支持杭

$$L_n = 1.0 L_a$$



La: 摩擦杭にあっては全長

支持杭にあっては圧密沈下層下底深度

$$\beta_i = \frac{A_G}{A_s}$$

AG: 杭1本当り負担範囲

As:  $\gamma_e$ を半径とする円の面積

$\ell_p$ : 杭芯間隔

ii) 摩擦力度  $\tau$

砂質土  $\tau = 3 + \frac{N_s}{5}$

粘性土  $\tau = \frac{q_u}{2}$

$\tau = 0.3 \bar{\sigma}_z$  (地盤沈下)

or 0.4 (盛土による地盤沈下)

$\bar{\sigma}_z$ : 地盤の鉛直有効応力

iii) 群杭効果

群杭の各杭に作用するN・Fは群杭の効果を考慮して単杭のP<sub>FN</sub>を低減して求める。

等価重量負担半径 ( $\gamma_e$ ) は、

$$\gamma_e = \left( \frac{d \cdot P_{FN}}{\bar{\gamma} \cdot \psi \cdot L_n} + \frac{d^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ m}$$

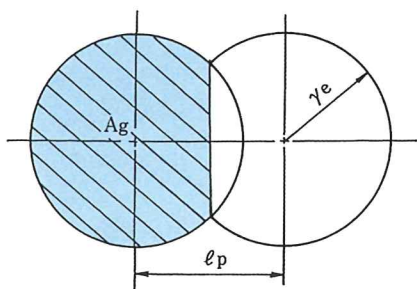
d: 杭の直径 (m)

$\psi$ : 杭の周長 (m)

$\bar{\gamma}$ : 中立点までの土の有効単位体積

重量の平均値 (t/m<sup>3</sup>)

低減係数  $\beta$



低減係数一般式

単杭  $\beta = 1.0$

2本杭  $\beta = 1 - 0.318 \cos^{-1} e + 0.318 e \sqrt{1 - e^2}$

3本杭  $\beta = 0.833 - 0.318 \cos^{-1} e + 0.318 e \sqrt{1 - e^2} + 0.184 e^2$

4本杭  $\beta = 0.75 - 0.318 \cos^{-1} e + 0.318 e \sqrt{1 - e^2} + 0.318 e^2$

5本杭  $\beta = 0.75 - 0.318 \cos^{-1} e + 0.318 e \sqrt{1 - e^2} + 0.159 e^2$

$$e = \frac{\ell_p}{2 \gamma_e}$$

3) 設計用数値及び計算結果

i) 杭材の諸元

地震時水平力、軟弱地盤条件等を考慮して杭種を決定した。

上杭: CPSパイル 外径600mm 鋼管厚 $t_s=6.0$ mm

中・下杭: PHCパイル 外径600mm A種

杭長:  $L=10$ m (上杭) +  $43$ m (中・下杭) =  $53$ m

ii) 許容支持力

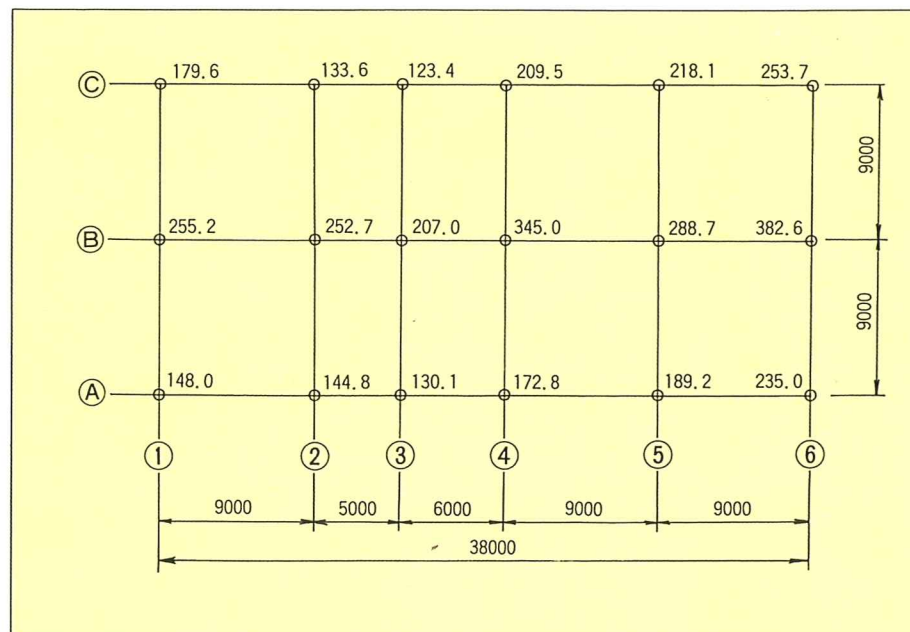
SLパイル及び無処理杭の長期許容支持力を表-5に示します。

SLパイルの設計用負の摩擦力度  $\tau=0.2$ t/m<sup>2</sup>として計算しました。

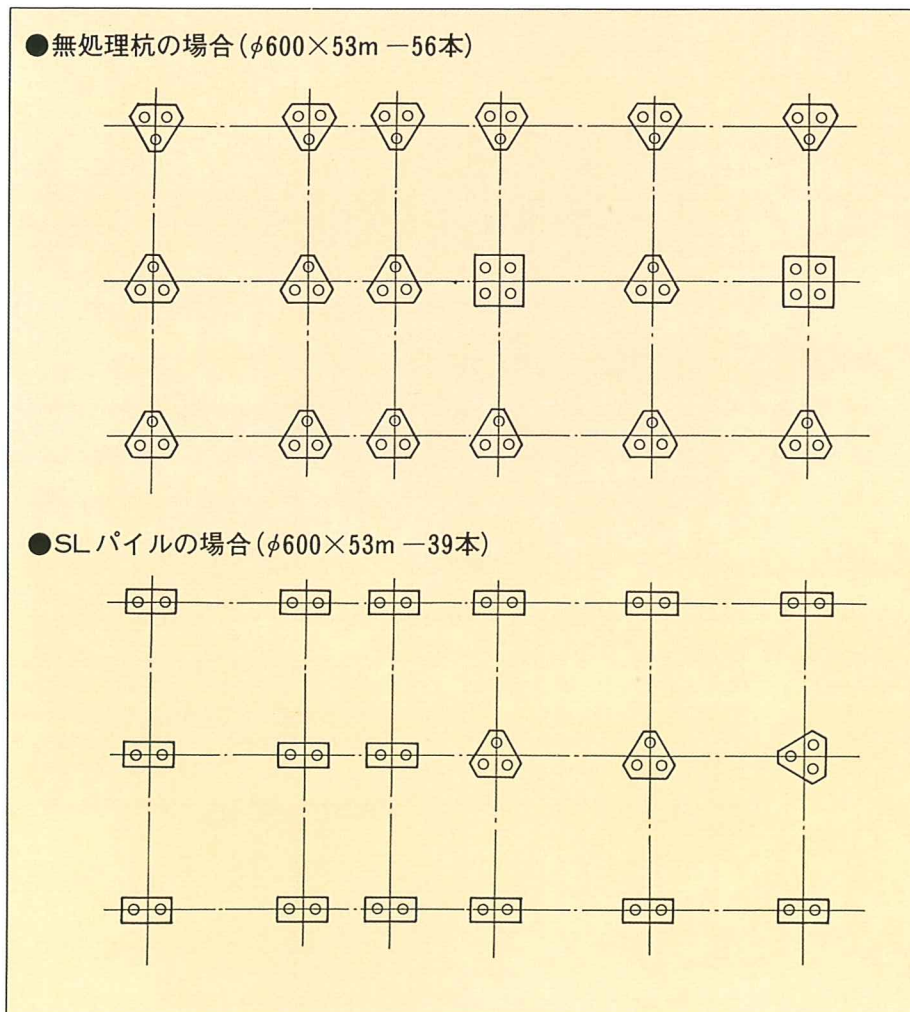
〈表-1〉許容支持力の算定表

		$30 \cdot N \cdot A_p$ (N=38)	$\psi \sum f_i l_i$	Ru	Ra <sub>1</sub> (地盤)	Ra <sub>2</sub> (杭材)	Pfn	Rf	$\frac{R_{up} + R_f}{1.2}$	Ra <sub>3</sub>	Ra <sub>4</sub>	設計支持力 Ra(t/本)
φ600 SLパイル	単杭	322.3	97.6	419.9	140.0	202.0	248.5	147.8	391.7	143.2	227.3	140.0
	単杭						482.7			0	0	0
φ600 無処理杭	2本杭						342.2			49.5	133.6	49.5
	3本杭						271.3			120.4	204.5	120.4
	4本杭	238.5	153.2	237.3	140.0							

〈図-4〉基礎用軸力一覧



〈図-5〉杭伏図









## NH-SLパイルの施工

SLパイルの施工は、PHCパイルと同様に行なえますが、ネガティブ・フリクションに対し、その機能を有効に発揮させるため、次の注意事項を考慮する必要があります。

- (1)現場保管時に、直接地面に置くことはさけて、枕木に置き、枕木の位置は、未塗覆部分とし、アスファルト層が損傷しないよう取扱ってください。
- (2)杭建込みの際、地面を引きずることは避けてください。
- (3)杭打込み位置に敷砂利等がある場合は、これを取り除いてから、打込んでください。
- (4)冬季気温0℃以下では、アスファルトは脆くなり、ひび割れや剥離が生じやすくなるので、気温0℃以上の時間帯に打込み作業を行ってください。
- (5)施工する地盤の土質構成を十分調査・把握し、適合した工法を採用してください。

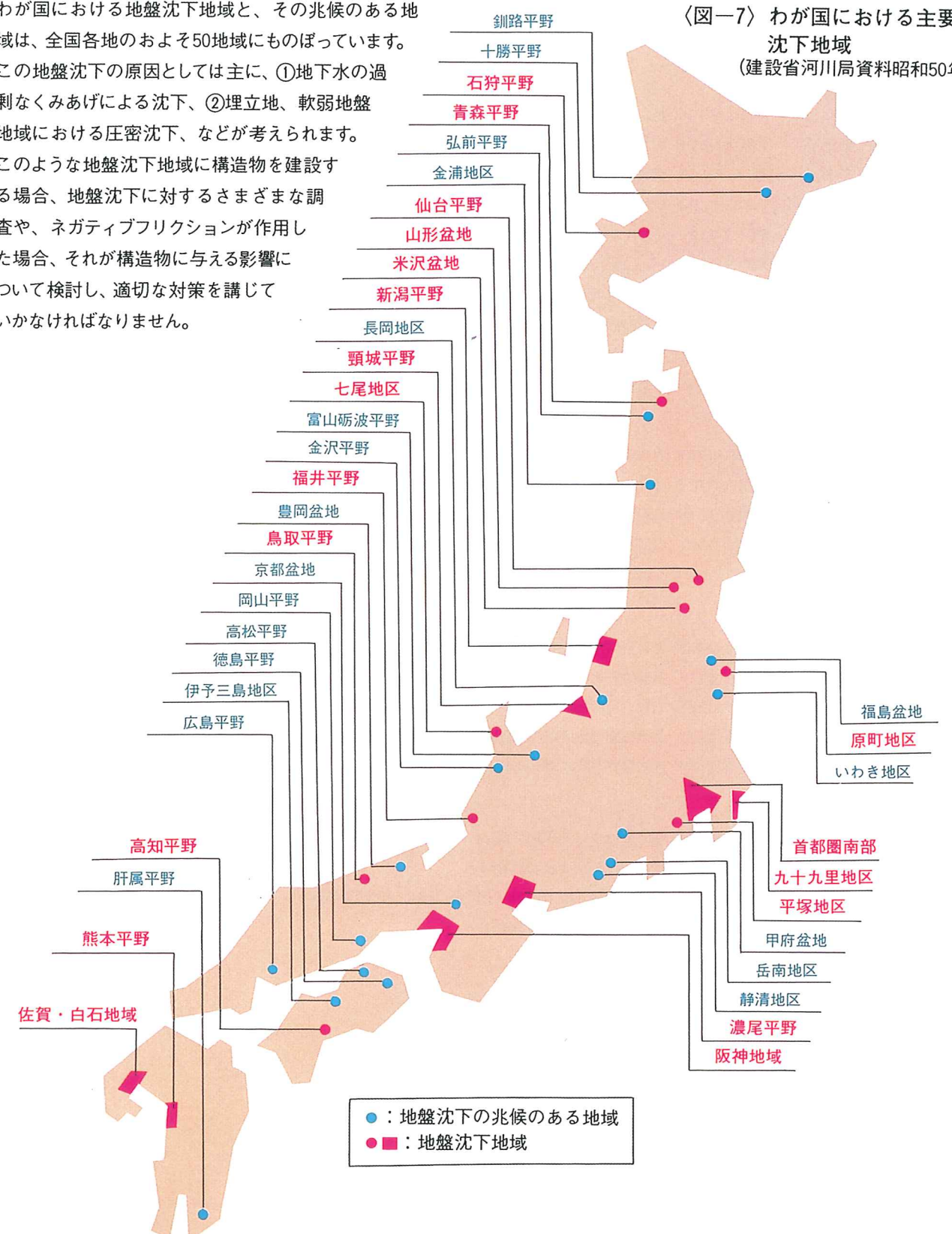


# 地盤沈下に対処し、 ネガティブ・フリクションを考慮する地域…

## 全国で50地域にもおよぶ地盤沈下地域

わが国における地盤沈下地域と、その兆候のある地域は、全国各地のおよそ50地域にもおよんでいます。この地盤沈下の原因としては主に、①地下水の過剰なみあげによる沈下、②埋立地、軟弱地盤地域における圧密沈下、などが考えられます。このような地盤沈下地域に構造物を建設する場合、地盤沈下に対するさまざまな調査や、ネガティブフリクションが作用した場合、それが構造物に与える影響について検討し、適切な対策を講じていかなければなりません。

〈図-7〉 わが国における主要地盤沈下地域  
(建設省河川局資料昭和50年3月)







日本ヒューム株式会社  
<http://www.nipponhume.co.jp>

本社	〒105-0004 東京都港区新橋5丁目33番11号	TEL.東京 (03) 3433-4111(大代)
技術研究所	〒360-0161 熊谷市万吉3300番地	TEL.熊谷 (048) 536-5431(代)
東京支社	〒105-0004 東京都港区新橋5丁目33番11号(新橋NHビル2F)	TEL.東京 (03) 3437-2601(代)
府中営業所	〒183-0011 東京都府中市白糸台2丁目66番3号	TEL.府中 (042) 302-5553(代)
横浜営業所	〒231-0005 横浜市中区本町6丁目52番地(横浜エクセレントVII)	TEL.横浜 (045) 226-1691(代)
川崎営業所	〒213-0033 川崎市高津区下作延1358番地1号(スノーヴァ溝の口-R246内)	TEL.川崎 (044) 814-2367(代)
千葉営業所	〒260-0027 千葉市中央区新田町6番6号(荒井ビル)	TEL.千葉 (043) 243-1049(代)
北関東営業所	〒330-0061 さいたま市浦和区常盤9丁目34番17号(本多ビル)	TEL.さいたま (048) 833-5007(代)
熊谷営業所	〒360-0161 熊谷市万吉3300番地	TEL.熊谷 (048) 536-3710(代)
茨城営業所	〒310-0804 水戸市白梅3丁目7番5号(ブルーハイツ101号)	TEL.水戸 (029) 224-4701(代)
東北営業所	〒980-0011 仙台市青葉区上杉6丁目2番17号(大興上杉ビル2F)	TEL.仙台 (022) 727-5333(代)
熊谷工場	〒360-0161 熊谷市万吉3300番地	TEL.熊谷 (048) 536-0343(代)
大阪支社	〒550-0004 大阪市西区鞆本町1丁目7番25号(TK鞆本町ビル)	TEL.大阪 (06) 6479-2020(代)
岡山営業所	〒700-0901 岡山市本町10番22号(本町ビル)	TEL.岡山 (086) 235-8891(代)
広島営業所	〒730-0016 広島市中区鞆町13番14号(新広島ビル)	TEL.広島 (082) 223-3401(代)
高松営業所	〒760-0018 高松市天神前10番5号(高松セントラルスカイビルディング)	TEL.高松 (087) 835-9609(代)
尼崎工場	〒660-0086 尼崎市丸島町32番地	TEL.大阪 (06) 6416-4201(代)
名古屋支社	〒450-0002 名古屋市中村区名駅3丁目25番9号(堀内ビル)	TEL.名古屋 (052) 581-1311(代)
三重営業所	〒510-8114 三重県三重郡川越町亀崎新田58番地	TEL.四日市 (0593) 64-8880(代)
岐阜営業所	〒501-0225 瑞穂市祖父江46番81号	TEL.岐阜 (058) 329-5025(代)
金沢営業所	〒920-0025 金沢市駅西本町6丁目12番10号(エクセレント駅西102号)	TEL.金沢 (076) 233-3605(代)
三重工場	〒510-8114 三重県三重郡川越町亀崎新田58番地	TEL.四日市 (0593) 65-2126(代)
福岡支社	〒812-0034 福岡市博多区下呉服町2番29号(栗原工業ビル3階)	TEL.福岡 (092) 283-5155(代)
北九州営業所	〒808-0075 北九州市若松区赤岩町2番1号	TEL.北九州 (093) 791-0026(代)
熊本営業所	〒862-0962 熊本市田迎6丁目11番10号(企業連ビル4階 株式会社YUKI内)	TEL.熊本 (096) 334-8205(代)
九州工場	〒808-0075 北九州市若松区赤岩町2番1号	TEL.北九州 (093) 791-0026(代)
札幌支社	〒060-0042 札幌市中央区大通西4丁目1番地(道銀ビル)	TEL.札幌 (011) 231-8141(代)
函館営業所	〒040-0036 函館市東雲町5番11号(寺井ビル)	TEL.函館 (0138) 24-0501(代)
旭川営業所	〒070-0035 旭川市五条通3丁目1295番1号(セジュールウィルモアA-101号)	TEL.旭川 (0166) 23-2291(代)
苫小牧営業所	〒059-1372 苫小牧市勇払132番地	TEL.苫小牧 (0144) 56-1850(代)
苫小牧工場	〒059-1372 苫小牧市勇払132番地	TEL.苫小牧 (0144) 56-0226(代)
函館工場	〒042-0904 函館市庵原町162番地1号(東洋コンクリート株式会社内)	TEL.函館 (0138) 58-4112(代)