

短繊維を混合した“ねばり強い”地盤改良

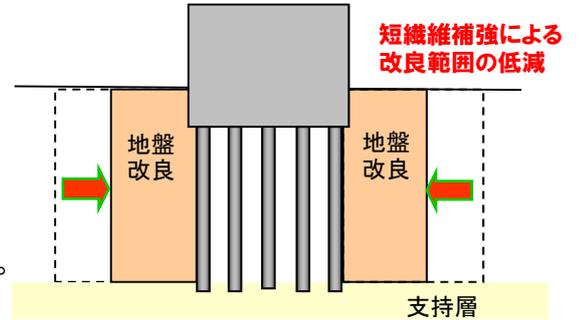
# ファイバージェット工法

## 四重管式・高圧噴射攪拌工法

### 背景

大地震によるインフラ施設の被災などを契機に、重要構造物の周辺地盤の補強や、液状化対策としても地盤改良へのニーズが高まっています。そして、高圧噴射攪拌工法を用いた地盤改良は、コンパクトな機械で構造物に近接した狭い場所でも施工できるという長所があり、このようなニーズに対応することができます。

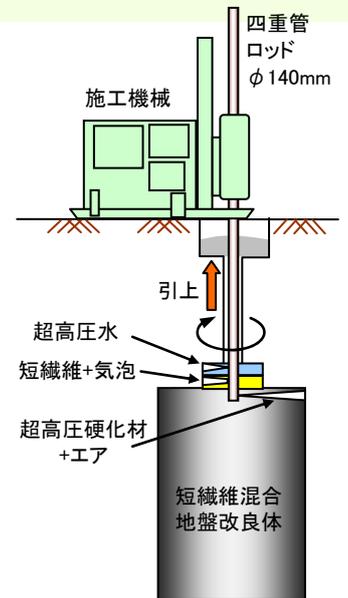
ファイバージェット工法は、高圧噴射攪拌工法に短繊維を均一に混合できる施工システムを開発することで、地盤改良体のねばり強さ（引張強度、曲げ強度、靱性）を大幅に向上させることに成功しました。そのため、従来の高圧噴射攪拌工法に比べて改良範囲を最大2～3割減らすことも可能となり、効率的な地盤改良を行うことができます。



### 工法概要

高圧水を噴射して地盤を緩めながら、滑らかなシェービングクリーム状の気泡と混合した短繊維（φ16μm × 12mmのビニロン繊維）を注入して、超高圧硬化材を噴射することで、短繊維が均一に混合された改良体を造成します。気泡は硬化材に添加した消泡剤によって消泡します。

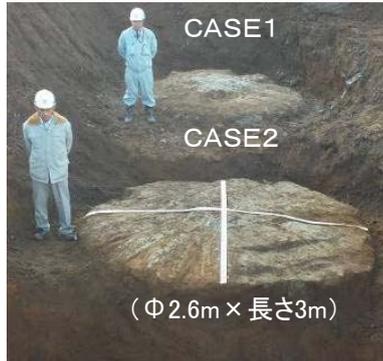
従来の高圧噴射攪拌工法の施工設備に、四重管式の特殊造成装置と「短繊維+気泡」の供給システムを組み合わせることで施工することができます。



高圧噴射のテスト



短繊維+気泡の圧送テスト



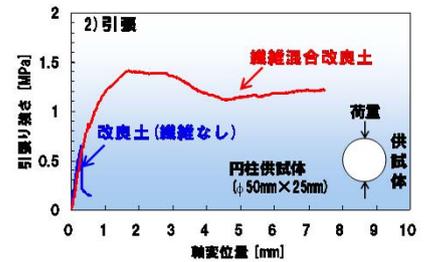
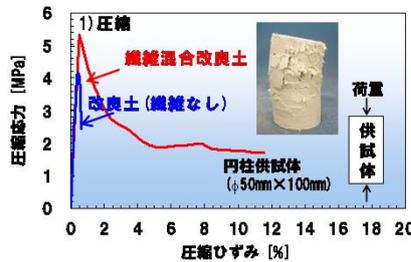
改良体の掘出し調査

ファイバージェット工法の概要

### ファイバージェット工法の特徴

#### 1. 改良体品質の向上

従来工法と比べ、引張強度と曲げ強度は最大2倍となり、圧縮強度も最大30%程度向上するなど、改良体のねばり強さが大幅に向上します。

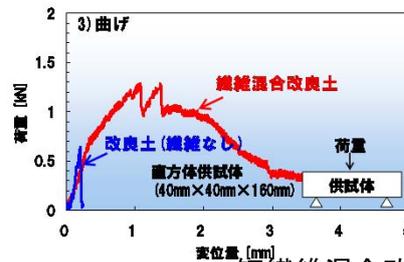


#### 2. 改良範囲・排泥の低減

改良体品質の向上により、従来工法よりも改良範囲を最大30%程度縮小できます。

#### 3. コンパクトな機械設備

通常の高圧噴射攪拌工法と同様に、コンパクトな設備で構造物に近接した施工が可能です。



曲げ試験の例

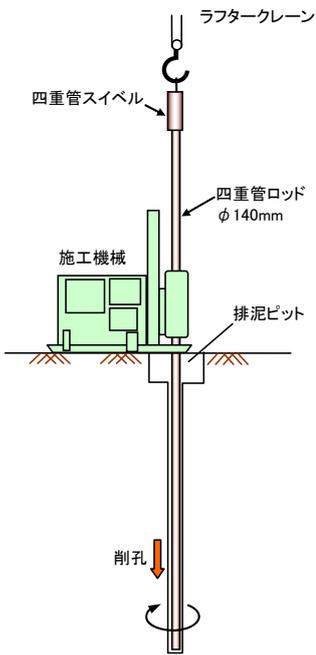


破断面の拡大写真

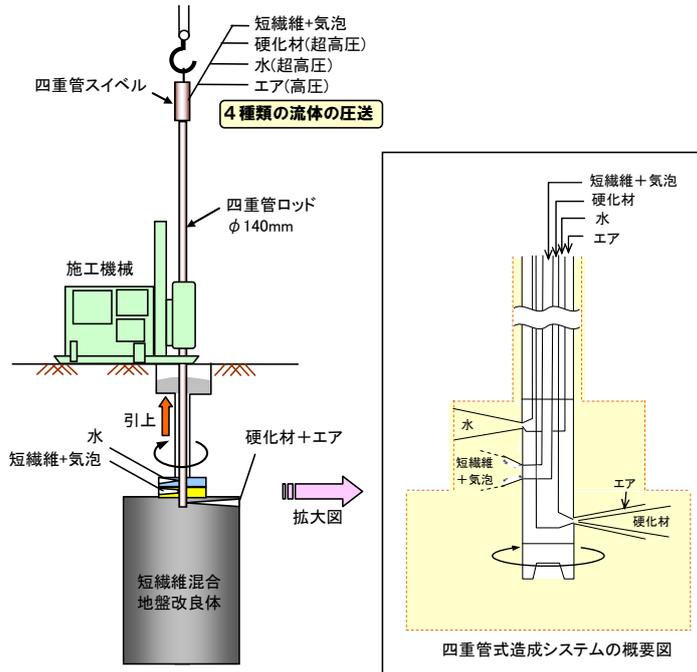
短繊維混合改良体の強度試験結果

# ファイバージェット工法の施工手順

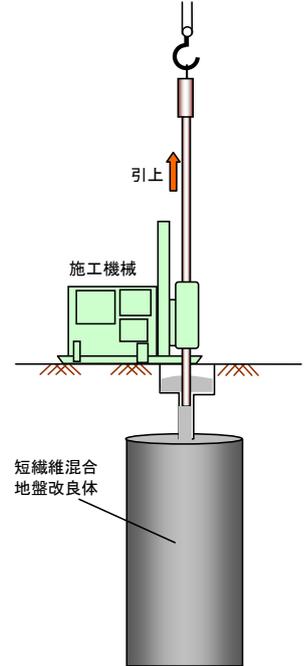
## 1. 機械設置・貫入削孔



## 2. 引抜き・造成



## 3. ロッド引抜・施工終了



# 標準施工仕様

## ■ 標準施工仕様

吐出位置	項目	吐出量	吐出圧力
上段ノズル	高压水	100 l/min	40 MPa
中段吐出口 (φ1.5インチ)	気泡	100 l/min	0.3~0.9 MPa
	短繊維	2~4 kg/min	
下段ノズル	压缩空气	6~10 Nm <sup>3</sup> /min	0.7 MPa
	硬化材	190 l/min	40 MPa

## ■ 標準設計有効径

項目		施工条件と標準設計有効径		
対象地盤	砂質土:N値	N ≤ 15	15 < N ≤ 30	30 < N ≤ 50
	粘性土:粘着力 kN/m <sup>2</sup>	C ≤ 10	10 < C ≤ 30	30 < C ≤ 50
造成時間(引上時間)		15分/m	15分/m	15分/m
標準設計有効径		2.8 m	2.6 m	2.4 m

注1) 砂礫土と腐植土については、事前に十分に検討して設定する。

注2) 改良深度について30m以下を標準とし、30mを超える場合は十分に検討して設定する。

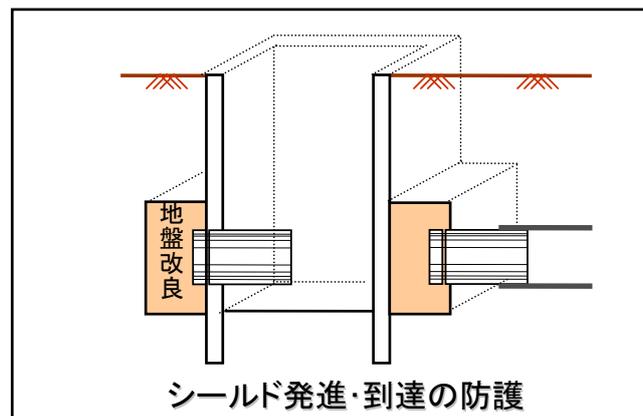
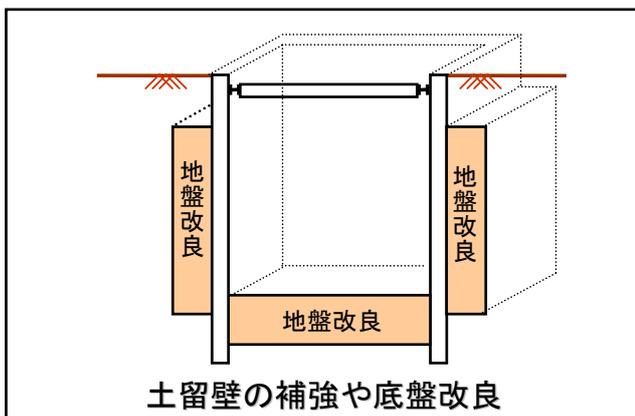
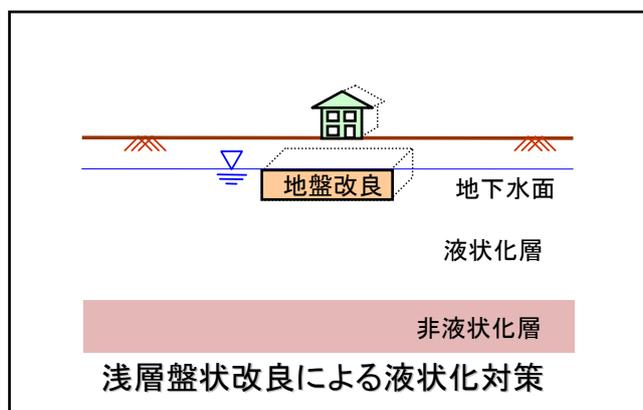
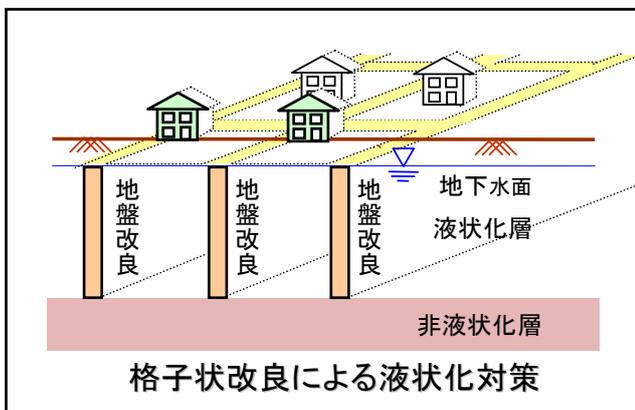
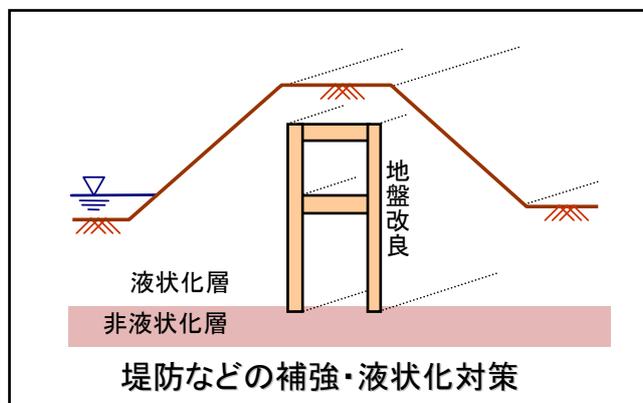
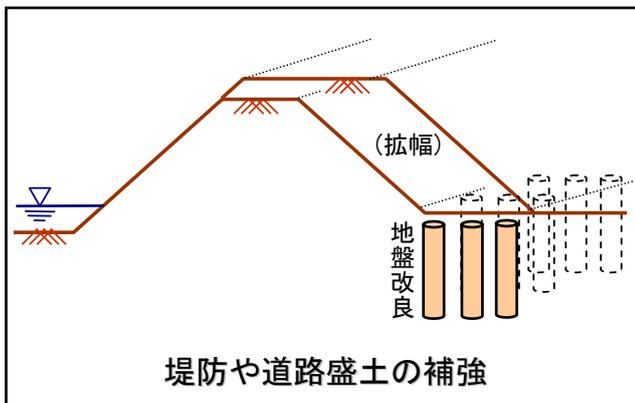
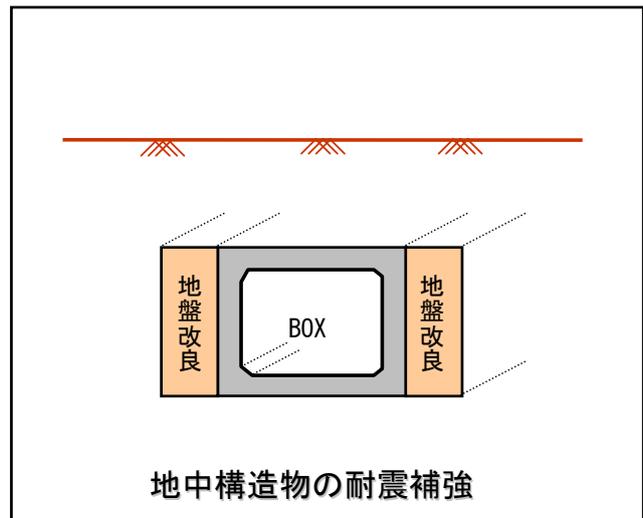
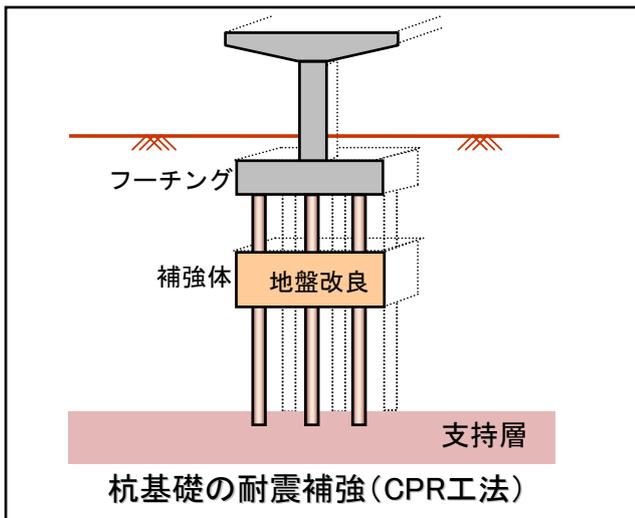
## ■ 改良体の設計基準強度

硬化材	土質	一軸圧縮強度 qu (MN/m <sup>2</sup> )	粘着力 C(MN/m <sup>2</sup> )	付着力 f(MN/m <sup>2</sup> )	曲げ引張強度 (MN/m <sup>2</sup> )	変形係数 E <sub>50</sub> (MN/m <sup>2</sup> )
標準タイプ	砂質土	3.5	0.65	1/3C	C	350
	粘性土	1.5	0.50			150

注3) 曲げ引張強度は従来工法(短繊維なし)の2倍を標準とする。

注4) 標準以外の強度を用いるときには事前に室内配合試験等を行って確認する。

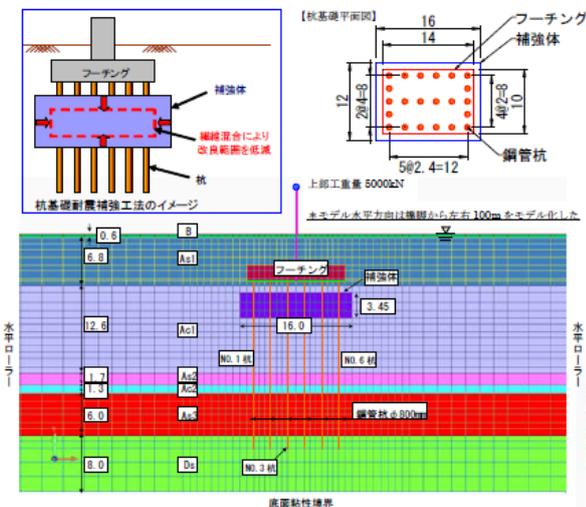
# 適用例



# 動的FEM解析による効果の確認

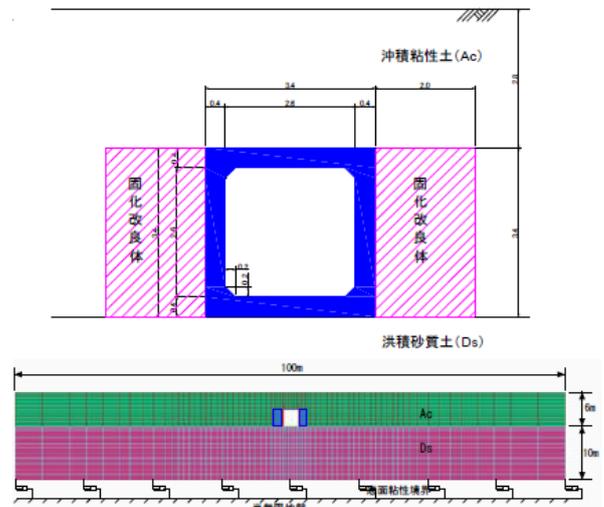
## 1. 杭基礎構造物の耐震補強 (CPR工法)

短繊維を混合することで杭基礎周りの固化改良体(補強体)の体積を70%まで低減できることを確認しました。



## 2. ボックスカルバートの耐震補強

短繊維を混合することで地中構造物周辺の地盤改良の範囲を86%に低減できることを確認しました。



構造物および固化改良体の耐震性能照査結果

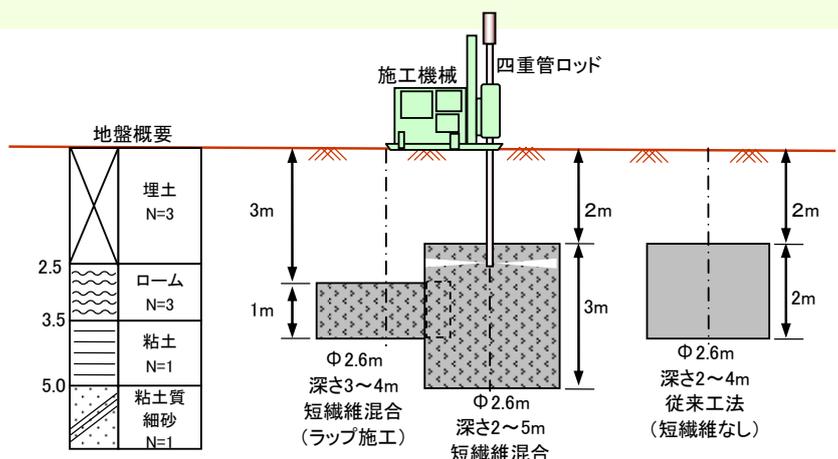
	単位	構造物A:杭基礎				構造物B:単ボックス共同溝			
		無補強	繊維なし	繊維あり	0.65	無補強	繊維なし	繊維あり	0.85
補強体体積比	-	-	1.00	0.70	0.65	-	1.00	0.86	0.85
最大曲げモーメント $M_{max}$	kN・m	1590.7	1192.4	1203.8	1227.3	158.2	136.2	132.1	132.4
降伏曲げモーメント $M_y$	kN・m	1204				140			
判定	-	$M_{max} > M_y$ NG	$M_{max} < M_y$ OK	$M_{max} < M_y$ OK	$M_{max} > M_y$ NG	$M_{max} > M_y$ NG	$M_{max} < M_y$ OK	$M_{max} < M_y$ OK	$M_{max} < M_y$ OK
最大せん断応力 $\tau_{max}$	kN・m <sup>-2</sup>	-	166.0	266.0	164.2	-	150.2	202.3	205.0
補強体せん断強度 $\tau_f$	kN・m <sup>-2</sup>	-	700	910	910	-	700	910	910
判定	-	-	$\tau_{max} < \tau_f$ OK	$\tau_{max} < \tau_f$ OK	$\tau_{max} < \tau_f$ OK	-	$\tau_{max} < \tau_f$ OK	$\tau_{max} < \tau_f$ OK	$\tau_{max} < \tau_f$ OK
最大引張応力 $\sigma_3$	kN・m <sup>-2</sup>	-	173.7	263.1	170.4	-	196.4	393.8	404.0
引張強さ $\sigma_t$	kN・m <sup>-2</sup>	-	200	400	400	-	200	400	400
判定	-	-	$\sigma_3 < \sigma_t$ OK	$\sigma_3 < \sigma_t$ OK	$\sigma_3 < \sigma_t$ OK	-	$\sigma_3 < \sigma_t$ OK	$\sigma_3 < \sigma_t$ OK	$\sigma_3 > \sigma_t$ NG

入力地震動：兵庫県南部地震・神戸海洋気象台地盤上波形

# 試験施工結果

安藤ハザマ技術研究所(つくば市)の屋外実験場で実大施工実験を実施し、繊維なしの従来工法との品質比較も行いました。これまでは高圧噴射攪拌工法の細いロッド内を通して繊維を送ることは難しいとされていましたが、新開発の四重管ロッドを使用して、短繊維をシェービングクリーム状の気泡と混ぜることでスムーズに圧送することに成功しました。

<施工時期:2012年10月、改良径:φ2.6m>



# お問合せ先

安藤ハザマ 技術本部 技術研究所 TEL. 029-858-8813 (三反畑: sandambata.isamu@ad-hzm.co.jp)  
 土木事業本部 技術第二部 TEL. 03-6234-3672 (足立: adachi.yuji@ad-hzm.co.jp)  
 東興ジオテック 東京地中支店 技術部 TEL. 03-6436-4290 (佐久間: takaosakuma@toko-geo.co.jp)

CPR工法研究会 事務局 〒305-0822 茨城県つくば市苅間515-1 TEL:029-856-0283 メール: info@cpr-m.jp