技術紹介

既設構造物の液状化対策
～静的圧入締固め工法（CPG 工法）～

みらい建設工業㈱　足立（Adachi）　雅樹（Masaki）

1．はじめに

災害に強い安全な国土づくりの一環として、各種施設の耐震化が推進されており、特に、港湾や空港等では、大規模地震発生時に避難者や緊急物資等の輸送の拠点としての役割を果たす必要があるため、重点的に耐震化が行われている。しかし、構造物が存在する場合には、対策が困難となることが多かった。

本報文では、既設構造物の液状化対策として、特殊な施工条件下で対応可能な静的圧入締固め工法（以下、CPG工法）およびその施工事例を紹介する。

2．CPG工法

2．1　工法概要

CPG工法は、注入材を地盤内に圧入し、周辺地盤を締固める液状化対策工法である[1]。CPG工法は、薬液注入のように注入材を割裂や脈状に注入して地盤を固結する工法とは異なり、形成された固結体が周辺地山を圧縮強化する締固め工法である（図―1）。このことから、低流動性のモルタルを使用して注入点付近で地盤を押し広げて固化することが重要である。

2．2　特徴

CPG工法には、以下の特徴がある。

（1）静的な圧入締固め

専用ポンプを用いた静的な圧入により、無振動・低騒音で地盤を締固めることが可能である。

（2）コンパクトな機械設備

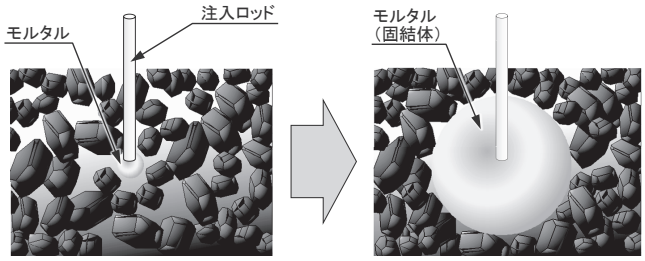
施工個所には小型のボーリングマシンと注入管リフト装置を設置するだけなので、上空制限がある場所や、建物内部等の狭い作業空間でも施工が可能である。

（3）硬質地盤も貫通可能

小口径（外径73㎜）により削孔および注入を行うので、改良対象層の上部に硬質の地盤や固化盤などが存在していても、容易に貫通することができる。

（4）土層に応じた改良率が設定可能

注入量の変更により土層ごとに最適な改良率を設定できるので、経済的な設計が可能である。また、改良する土層の中間に改良を必要としない層が存在する場合、「中抜き」で対応することが可能である。



図―1　CPG 工法による締固め模式図

表―1　注入材の標準配合（1㎥あたり）[1]

材料		配合量	備考
CPG 骨材		1,360kg	絶乾状態
固化材	高炉セメントB種	160kg	
	普通ポルトランドセメント		
	マグネシウム系固化材		
水		426kg	参考値

2．3　注入材

ＣＰＧ工法では、固化材、ＣＰＧ骨材および水を一定量配合（表―1）したモルタル状の低流動性注入材を用いる（写真―1）。注入材の水分量はスランプ試験により管理する。管理値としては7cm以下であるが、スランプ値はできるだけ小さい方が望ましく、一般的には3～5cm程度を用いる。

3．ＣＰＧ工法の施工機械

3．1　主な機械構成

図―2に、標準的な機械構成を示す。使用する機械は、プラント設備と施工エリアで使用する機械で構成される。

プラント設備は、注入材を混練しオーガ式のミキシング装置により連続的に注入材を供給できるＣＰＧプラント、電動モータにより油圧ポンプを作動させる単動式複筒ピストンポンプで注入材を圧送・圧入するＣＰＧポンプおよび削孔するための削孔プラントで構成される。

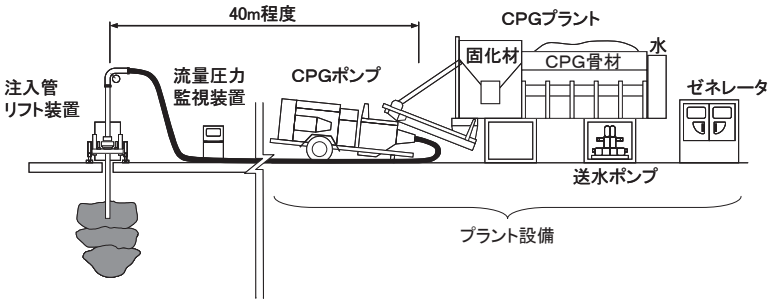
施工エリアで使用する機械は、削孔時に使用するボーリングマシンと、注入時に使用する注入管リフト装置および注入量（単位吐出量、積算流量）および注入圧力を連続的に計測し、データファイルとして記録する装置である流量圧力監視装置（写真―2）で構成される。

写真―1　注入材

写真―2　流量圧力監視装置

3．2　施工手順

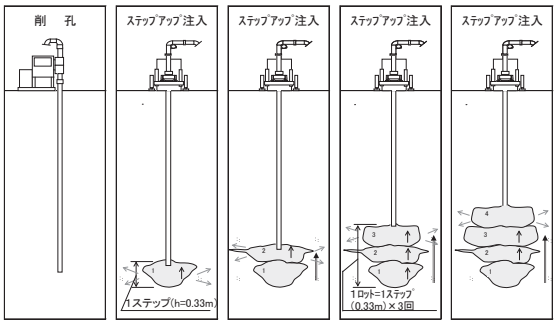
図―3に、標準的な施工手順を示す。まず、ボーリングマシンにより、注入ロッドを用いて削孔する。所定の深度まで削孔が完了した後、注入ロッドは地中に残置しておき、ボーリングマシンと注入管リフト装置を入れ替える。その後、ＣＰＧプラントで作られた低流動性注入材をＣＰＧポンプにより圧送し、ロッド先端より地盤中に圧入する。所定量の注入が完了した後、注入管リフト装置により1ステップ33cm分を引き上げ、次ステップの圧入を行う。このロッドの引き上げと注入材の圧入の作業を、所定深度分が完了するまで繰り返す。



図―2　標準的な機械構成

4．特殊な施工条件下での施工実施例

ＣＰＧ工法は、定置式のプラント設備（図―2）を標準としている。しかし、既設構造物の液状化対策を行う場合、さまざまな施工上の制約を受けることが多く、標準的なプラント設備では対応できないことがある。このような条件下でも現場に見合った対応することが可能である。



図―3　施工手順（ボトムアップ方式）

以下に、供用中の誘導路で適用した事例[2]を紹介する。

既設舗装直下では、航空機の運航がない夜間に施工を行い、翌朝、航空機の運航に支障がないよう日々復旧を行う必要がある。

供用中の誘導路におけるCPG施工の特徴として、以下の2点がある。

・車載式プラント設備
・防護キャップの使用

（1）車載式プラント設備

図―4に車載式プラント設備を示す。車載式プラント設備は、28tクラスのセミトレーラ上に、CPGプラント、発電機、高圧洗浄機を積載したものである。CPGポンプは、注入機材を運搬する注入機材車や、削孔用の削孔車により牽引し、施工エリアに設置する。

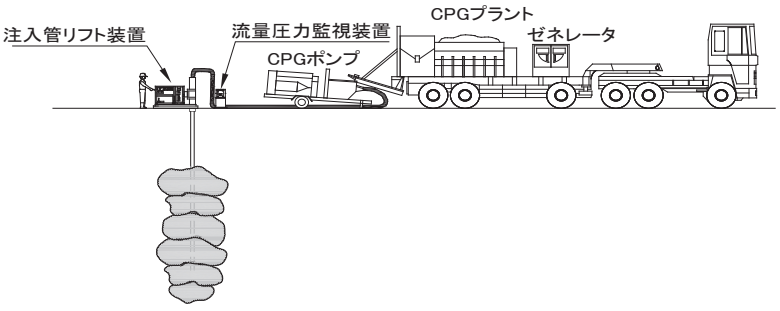
車載式プラントにすることにより、日々の夜間制限時間内での作業が可能となる。また、作業時間内であっても緊急着陸時には、施工機械を退去させ、早急に開放することも可能である。

（2）防護キャップ

通常、舗装版がある個所では、事前にφ100㎜のコアカッターによる削孔を行う。しかし、日々開放する必要がある誘導路では、舗装に孔を開けた状態にしておくことはできない。そこで、φ190㎜の鋼製の蓋（防護キャップ）を用いて施工を行っている。

防護キャップは、航空機荷重に耐用できる鋼製のふたで、開閉できる構造となっている（写真―3）。設置手順は、φ200㎜のコアカッターにより舗装版の削孔を行った後、超速効性の無収縮モルタルにて基面調整を行い、エポキシ樹脂を用いて防護キャップを固定する。

写真―3　防護キャップ



図―4　車載式プラント設備の例

5．施工実績

岸壁背面・直下、堤防直下、空港下部、建築構造物基礎、ボックスカルバート下部、地下タンク基礎、中継ポンプ基礎などでの施工実績があり、2012年度3月末で、港湾・海岸（43件）・空港（30件）・河川（20件）・陸上（16件）、合計109件である。

6．おわりに

CPG工法は、その特徴であるコンパクトな施工機械や機動性を生かし、さまざまな制約条件下で実績を伸ばしている。既設構造物に対する液状化対策を行う場合は、施工条件の制約だけでなく、構造物への影響も考慮する必要がある。

今後、さまざまな施工条件に対応するだけでなく、構造物への影響を低減するための検討をしていきたいと考える。

（参考文献）
（1）㈶沿岸技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル（2007）
（2）新坂孝志・足立雅樹：静的圧入締固め工法（CPG工法）による既設構造物直下の液状化対策―空港・港湾・建築物への施工事例―、土木施工、（VOL.52 No.12 pp.58-61 2011）

（みらい建設工業㈱　技術部　課長）