

## 해상 S.C.P 공법의 소개

## 1. 샌드컴팩션파일 ( SCP ) 공법이란 무엇인가?

SCP 공법은 지반 안에 강제적으로 단단한 모래杭을 구축하는 공법의 총칭이다. 일반적으로 SCP공법이라 하면 바이브로컴포오져공법을 가르킨다. 井森工業(株)이 행하고 있는 것도 바이브로컴포오져공법이다. (券末에 공법의 예를 첨부한다.)

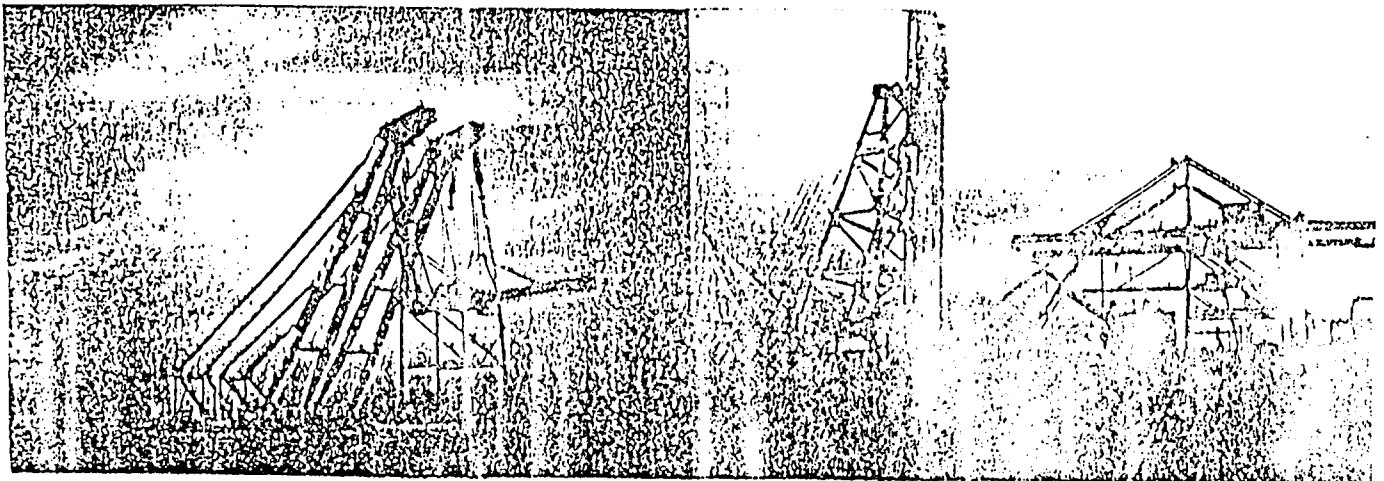
## 2. 井森工業의 SCP공법

1995년 1월 17일 새벽녘에 발생한 한신대지진(고오베지진)의 복구에 있어 크게 활약하였다.

日經컨스트럭션지(1995년 7월 28일호)에서 51호가 神戸市 東灘區 六甲아일랜드, 컨테이너 정박 岸壁의 복구공사를 하는 모습이 소개되었다.

용급 복구공사에서, 손상을 입은 캔트리크레인울 철거하고 있는 장면(사진:吉田組)

六甲아일랜드 岸壁의 본격적인 복구공사. 샌드컴팩션파일에서 지반 개량을 하고 있다.



## 3. SCP의 효과

### 사질 지반인 경우

지진 다발국인 일본에서 지하수가 높은 장소에 제각각 흩어져 있는 모래 지반에서 액상화 방지 효과가 있는 것이 실제 확인되고 있다.

그 예를 표-4에 혹은 토목학회가 한신대지진(고오베지진) 이후 조사한 결과 보고를 요약하여, 사내 신문에 게재한 자료를 그림으로 나타낸다.

## 점성토 지반인 경우

연약한 점성토 지반에 단단한 사항(砂杭)을 축조하는 것으로 모래와 점성토와의 복합 지반을 형성하여 구조물을 안전하게 유지한다.

철근 콘크리트 구조를 생각해 보자. 콘크리트 안에 철근을 파묻는 것으로 외력의 상당 부분을 철근이 담당한다. 콘크리트와 철근이 각각 담당하는 응력의 비율은 콘크리트를 1로 하면 철근은 15가 된다. 복합 지반은 이것과 비슷한 효과를 기대할 수 있다.

### 4. SCP를 시공하는 목적

연약한 지반을 공고한 지반으로 만든다.

여기에서 다소 문제가 되는 것이 연약한 지반의 정의이다.

연약한 지반이란 어떠한 지반을 말하는 것일까?

일반적인 정의를 나타낸다.

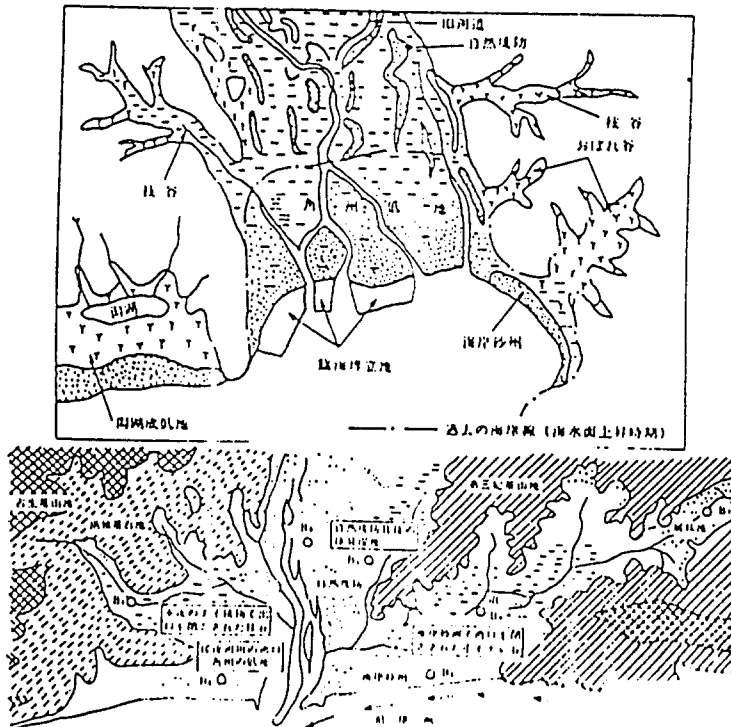


표 1-4 지진 발생시 액상화 대책 공법의 효과가 밝혀진 사례

지진명	대책 공법	구조물	참고문헌
新潟地震 (1964년)	바이브로프로테이션	석유탱커	渡辺 18)
十勝沖地震 (1968년)	바이브로프로테이션	제지공장의 시설	大崎 19)
宮城縣 沖地震 (1978년)	샌드컴팩션파일	석유탱커	石原ら 20)
日本海 中部地震 (1983년)	샌드컴팩션파일	석유탱커	土木學會 8)
멕시코 地震 (1985년)	기둥 기초	석유탱커	安田ら 2)
釧路沖地震 (1993년)	샌드컴팩션파일 및 그라벨드레이션	안벽	

### 샌드컴팩션공법이 제일 유효

금년 1월 17일 새벽녘에 발생한 한신대지진은 六甲단층계의 활단층에 의해 일어난 내륙형 지진이다. 게다가 일본에서 처음으로 대도시인 고오베에서 일어난 직하형 지진이다.

우리도 지진 발생 2주후에 현지에 도착, 한정된 시간이었지만 피해 상황을 시찰하였다.

부서질 염려가 없다고 한 구조물이 파괴되고, 잣더미가 된 끔찍한 현지 상황을 보고 피해지에게는 죄송스럽게도 내가 살고 있는 곳이 아니라서 다행이다라는 생각이 절실히 들었다.

지진이 일어난 직후 대학, 연구 기관, 학회, 기업 등이 조사단을 현지에 파견, 조사 결과를 발표하고 있다. 그 중에서 우리 회사가 적극적으로 행하고 있는 지반 개량공법의 하나인 샌드컴팩션공법이 예전부터 일찍이서 왔던 쇠시립 지반의 액상화를 방지하기 위한 대책으로서 가장 유효하나라는 실과기 노복학회에서 발표되었다.

우리 회사로서도 크게 자랑할 만한 일이며 또한 자신을 가지고 영업을 할 수 있게 되어 발표된 것을 아래에 게재하기로 한다.

지진동에 의해 모래 지반이 액상화하면 모래 입자가 물 속에서 떠 있는 상태가 된다.

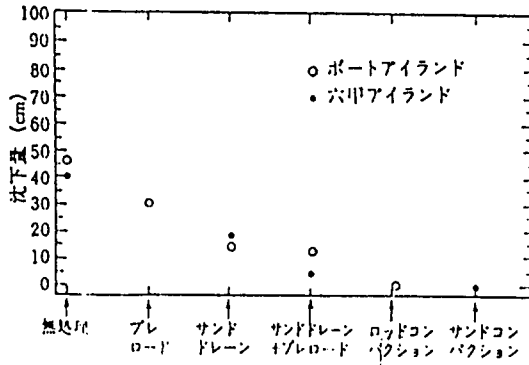
지진동이 가라앉으면 모래 입자는 침강한다. 침강하는 양이 많을수록 지반 전체로 본 경우 지표의 침하량이 많은 것이 된다.

그럼은 지진 후 지표침하량이 많은 것에서부터 적은 것으로, 왼쪽에서 오른쪽으

로 그래프를 그리고 있다.

六甲아일랜드에서 측정된 샌드컴팩션공법은 제일 오른쪽에 그려져 있으며, 지진 후 지표 침하량이 거의 "0"이었음을 나타낸다.

제일 효과가 있었음이 실증된 셈이다.



여러 방법으로 다져 놓은 지반의 지진 후 침하

軟弱地盤の工学的な特徴

主な地形的 分布地域	地盤 タイプ	土層・土質 区分		記 号	土 質				
					W <sub>a</sub> (%)	e <sub>a</sub>	q <sub>v</sub> (Kg /cm <sup>2</sup> )	N 値	W <sub>sw</sub> N <sub>sw</sub>
枝 谷	泥炭質 粘土質 砂質	高 有 機 質 土 (Pt)	ビート	繊維質の高有 機質土	300 以上	7.5 以上	-	-	W <sub>sw</sub> =100kg (自沈)
			黒 泥	分解の進んだ 高有機質土					
おぼれ谷	粘土質	細 粒	有機質 土(O)	照性因A層の 下有機質	200   100	5   2.5	0.3   以下	2   以下	W <sub>sw</sub> =100kg (自沈)
			火山灰 質粘土(V)	照性因A層の下 火山灰質二次地 積粘土					
後背泥地 湖湖成低地	粘土質 砂質	粘土質 地盤	シルト (M)	照性因A層の下 ダイレタンシー 火	100   50	2.5   1.25	以下	以下	W <sub>sw</sub> =100kg (自沈)
三角州低地			粘性土 (C)	照性因A層の上 またはその付近 ダイレタンシー ホ					
臨海埋立地	砂 質 粘土質 砂質	砂 質 地盤	砂質土 (SF)	75μ 以下15~ 50%	50 ~ 30	1.25 ~ 0.8	-	10 以 下	N <sub>sw</sub> =50kg 以 下
自然堤防 海岸砂州			砂 (S)	75μ 以下15% 未満					

판단 기준: 개략적인 연약 지반의 판단 기준

構造物 種類	地盤의 狀態							判定
	土質	層 두께	N值	一軸壓縮強 度q (t/m <sup>3</sup> )	원주 支持力q (t/m <sup>3</sup> )	長期許容地 耐力 (t/m <sup>3</sup> )	含水比	
道 路			2이상	2.5이상	12.5이하			매우 연약
			2-4	2.5-5	12.5-25			연약
			4-8	5-10	25-50			보통
高 速 道 路	泥炭層		4이상	5이하			100%이상	연약 지반
	粘性土層		4이상	5이하			50%이상	
	砂質土層		10이상	=0			30%이상	
鐵 道		2m이상	0					연약 지반
		5m이상	2이상					
		10m이상	4이상					
		3m이상 그 이하에 연약 지반 없음	30이상					지지층
新 幹 線			2이상		20이하			정밀조사물 요함(침하, 파괴에대해)
			2-5		20-50			두꺼운 경우, 침하에대해 조사물 요함
			5이상		50이상			사후 조사 불필요 연약 지반으로서의 문제없음
建 築			10이상			10이하		연약 지반
필 댐			20이상					연약 지반

그러나 이것은 어디까지 참고치이며, 연약인가 연약이 아닌가는 시공이 계획되어 있는 구조물의 하중과의 상대적인 비교로 판단된다.

### 5. SCP와 다른 지반개량공법을 비교한 경우의 특징

改良手段	工法名	改良原理					改良目的								選用地盤			
		置換	壓密排水	다지기	固結	그의	壓縮性		剪斯特性				動特性	그의	砂質土	粘性土	有機質土	
							沈下量의低減	壓密沈下의促進	地盤의強度增加	미공입破潰의防止	히빙防止	트라피카빌리티의確保	液狀化의防止	變形防止				
치환	치환공법	○					○		○	○							○	○
재하중	재하성토공법		○															
	대기압공법		○						○	○	○						○	○
	지하수저하공법		○															
	버티칼드레인공법		○															
파일	그라벨드레인공법		○	○														
	샌드컴팩션공법	○	○	○			○	○		○			○			○	○	○
	진동다지기공법			○														
고결	생석회파일공법		○		○													
	심층혼합처리공법				○		○		○	○			○			○	○	○
	약액주입공법				○													
	동결공법				○													
	소결공법				○												○	
표층처리	표층혼합처리공법				○													
	표층피복공법					하중분산	○		○				○				○	○
	표층배수공법		○															
다지기	동압밀공법			○									○			○		
구조물	失판공법					구속												
	파일네트공법					직접				○				○	○	○	○	○
	파일슬라브공법					지지												
그의	窒氣浸透공법		○															
	반투막공법		○				○			○							○	○
	전기고결공법				○													
	폭파공법				○											○		
	전기충격공법				○											○		

# 설 계



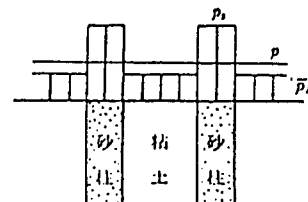
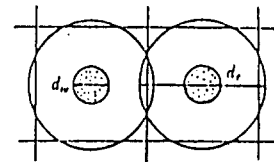
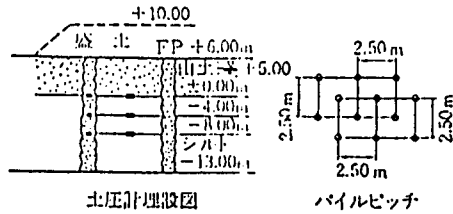
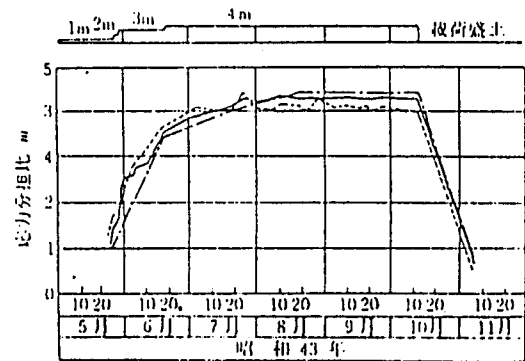
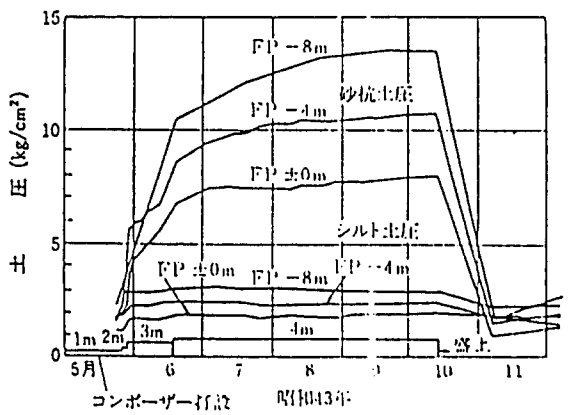
# 1. 설계 개요

SCP는 주로 경험측에 기초하여 설계가 이루어진다.

그리고, 사질지반과 점성토 지에서 설계방법이 다르다.

**사질토 지반:** 단단하지 못한 모래 지반을 다짐으로써 주로 액상화 방지를 기대한다. 모래 지반을 다져 주어 단단치 못한 모래 지반의 밀도를 증대시키고, 간격을 감소시킨다. 큰 지지력을 기대할 수 있음과 동시에 침하량도 감소한다. 급속히 전단된 경우 다이레이탄시 현상으로 팽창하려 한다. 이 때 모래 입자간의 간격에는 負의 간격압이 발생, 결과로서 모래 입자간의 유효응력의 증대를 초래한다.

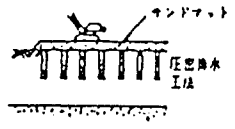
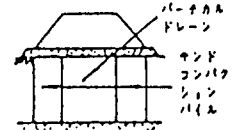




**점성토 지반:** 연약한 점성토 지반에 모래杭을 시공함으로써 복합 지반으로써의 효과를 기대한다. 복합 지반으로서의 효과를 실측한 자료를 다음과 같이 표시한다.



現場における応力集中の実測例(北川)  
(福山埋立地の例)

점성토가 지닌 외력이 작아짐으로써 압밀 침하량도 상당 부분 저감된다.

## 2. 구체적인 이용

	沈下對策	安全對策		그림 예
沈下 促進	壓密排水工法	트라 피카 빌리 티	表層處理工法 (예:샌드마트工法)	 샌드 매트 압밀배수 공법
	버티컬드레인공법	構 造 物 의 安 全	샌드컴팩션파일공법	 퍼카탈 드레인 샌드 컴팩 션 파일
	盛土荷重載荷工法		壓縮盛土工法 혹은 샌드컴팩션파일공법	 盛土 荷重載荷 샌드 컴팩 션 파일
	盛土荷重載荷工法, 버티컬드레인공법		-	 盛土 荷重載荷 퍼카탈 드레인
버티컬드레인공법	緩速載荷工法		 1차 2차 3차 퍼카탈 드레인	
沈下 減少	샌드컴팩션파일공법		深層混合處理工法	 沈下 減少 샌드 컴팩 션 파일

### 3. 설계

항만 구조물에 대하여 구체적으로 설계를 추진할 경우 다음 기준에 따라 행한다.  
「港灣施設の技術上の基準, 同解説, 平成元年 6月」社団法人 日本港灣協會」이하 技術基準이라 칭한다.

#### 3-1. 사질지반

기술기준(상) 제1부 제5편 기준 7.5 샌드컴팩션파일공법(사질토 지반을 대상으로 한 경우)에 따라 요점을 설명한다.

- 1) 대상으로 한 사질토 지반에 건설 설계가 행해진 구조물의 하중을 확실히 한다.
- 2) 지지력, 침하, 액상화에 대하여 안정적인가를 검토한다.
- 3) 2)에서 안정적이지 못한 경우 대책을 검토한다.

많은 대책 공법이 있지만 최적의 대책 공법으로써 SCP공법이 선정되었다고 한다.

#### 3-2. 점성토 지반

기술기준 (상) 제1부 제5편 기초 7.6 샌드컴팩션파일공법(점성토 지반을 대상으로 한 경우)에 따라 요점을 설명한다.

- 1) 대상으로 한 점성토 지반에 건설 설계가 이루어지고 있는 구조물의 하중을 확실히 한다.
- 2) 지지력, 압밀침하에 대해 안정적인가를 검토한다.
- 3) 2)에서 안정적이지 못한 경우 대책을 검토한다.

많은 대책 공법이 있지만 최적의 대책 공법으로써 SCP공법이 선정되었다고 한다.

### 4. 지반 조사

기술 기준(상) 제1부 제2편 제11장 토질에 따라 요점을 설명한다.

## 후기

금번에 작성한 설계 자료는 설계에 대한 기준을 표시한 것이다.  
실제 설계에 있어서는 그 나라의 지반과 설계 기준 등에 준하는 설계를 행하여야  
함은 당연한 일이다. 또한, 여러분이 이제껏 경험하신 귀중한 지식 위에 한층 좋  
은 건물을 지을 수 있기를 기원합니다. 이 자료가 다소나마 참고가 되었으면 합  
니다. 설계에 관하여 문의하실 분은 아래로 연락 주십시오.

井森아스텍(株) 기술부 大内光徳

E-MALL : oouchi@mxp.meshnet.or.jp

TEL : 0820 - 23 - 3535

FAX : 0820 - 23 - 0488

## 바이프로컴포오져공법

이 공법은 컴팩션공법의 대표적인 것으로 가장 많이 이용되고 있다.

진동하는 공간에 파이프를 넣고 빠는 사이클에 의해 연약 지반 중에 지름이 두꺼운(700-2,000mm) 압축된 砂杭을 다수 조성하여 지반의 안정화를 꾀하는 공법이다.

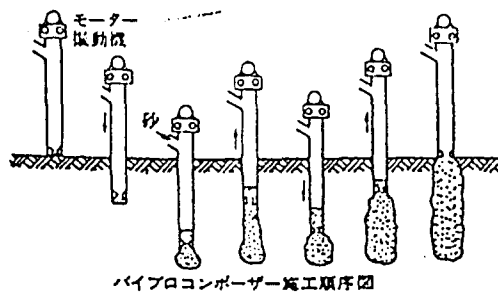
일본의 복잡한 토질 구성에 대응하여, 사질토에도 점성토에도 적용할 수 있도록 고안된 것이며, 각각의 지반에 대한 효과를 간단히 들어보면 느슨한 사질 지반에 대해서는

- ① 모래의 진동 압입에 의해 지반을 한계 간격비 이하로 다져, 지진 발생 시에 지반의 유동화를 방지한다.
- ② 견고히 다져진 砂杭과 맞물려 지반의 전단 저항을 증대시킨다.
- ③ 압축침하(접촉침하)가 거의 없어진다.

또는 연약한 점성토에 적용시킨 경우에는

- ① 모래의 진동 압입에 의해 직경이 큰 砂杭이 조성되어 복합 지반이 형성되고, 지반의 전단 저항이 증대하여, 지지력의 증가, 미끄럼 파괴의 방지에 도움이 된다.
- ② 압밀침하가 저감되어, 잔류침하가 조기에 안정화된다.

적용례로서 건물, 공장, 탱커의 기초등 지지력 개선을 대상으로 한 것과 고성토의 미끄럼 파괴, 침하방지, 혹은 광석야드, 비행장 등 광대한 기초 지반의 안정화, 게다가 호암, 岸壁의 안정화 등에 이용된다.



## 아코콘솔리더공법 (메카트로닉콘솔리테이션 시스템)

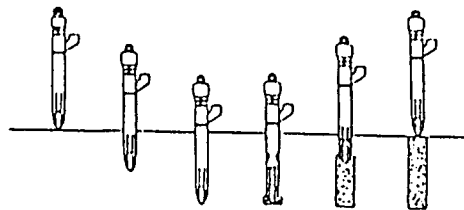
이 공법은 샌드컴팩션의 일종으로 지반 개량의 고품질화를 꾀하는 메카트로닉콘솔리테이션 시스템(자동제어식 토질 안정 공법)의 일환으로서, 다져진 砂杭을 조성하는 바이프로컴포오져공법에서 발전한 공법이다. 연약 지반의 복잡한 토성 변

화에 대하여 다져진 砂杭의 소요 지름, 강도를 조성하는 공정에 있어서 변화시키는 일을 가능하게 한 공법이다.

土性에 격차가 있는 연약 지반에 杭이 일정한 시공을 거치면 개량 후의 지반은 土性의 격차를 지닌 채로 개량되어, 소요의 개량 목표에 대해 과부족 발생이 예상된다. 이에 반해 본 시공은 피드로마틱장치(센서)를 장비한 시공기를 이용해 시공시에 原지반의 토성의 격차를 받아들여, 그 토성변화에 대응한 다져진 砂杭을 조성함으로써, 설계사양에서 요구되는 개량 목표를 균일하게 만족시킬 수 있다. 또한 砂杭의 조성 공정을 연속적으로 행하기 위해 조성 속도도 빠리, 완전 자동화 시공도 가능하다. 적용예로서 컴포오져공법과 같이 느슨한 사질토 지반과 점성토 지반의 양쪽에 이용되고, 건물, 탱커, 高盛土 등의 기초 지반의 지지력 증강, 미끄럼 파괴와 침하의 방지, 계다가 護岸, 岸壁의 안정화 등 다목적으로 이용된다.

### 첨단 진동식 샌드컴팩션파일공법 (NTK공법)

본 공법은 케이싱선단에 바이브레이터를 장착한 선단 진동식의 대표적인 공법으로 아래에 나타난 우수한 장점을 가지고 있다.



N. T. K 工法施工順序圖

- ① 杭의 재료가 되는 모래에 직접 선단바이브레이터의 수평 진동을 가하기 위해 밀도가 높은 砂杭을 조성할 수 있다.
- ② 砂杭등의 조성 수법이 심플하기 때문에 주위의 연약토의 흐트러짐을 억제한다.
- ③ 뽑아 낸 길이, 관내 모래량, 배수 모래량 등을 한눈에 알 수 있는 심플한 관리 시스템을 채택하고 있기 때문에 시공 관리가 용이하다.

### 멀티컴포오져공법

이 공법은 컴팩션파일공법의 일종으로 표층의 지반 개량을 능률적으로 수행하는 것을 목적으로 한 비교적 짧은 (4m이하) 砂杭을 아주 간단한 시공 기계로 조성하는 공법이다. 미리 부설한 샌드마트의 모래를 특수한 프레임으로 효율적으로 땅속에 박고 소정의 심도까지 관입하면 빼내고 쳐서 넣는 일을 지표면까지 반복

하여, 砂杭을 조성하는 시공이 용이하며, 게다가 1대의 크레인 및 진동기에 多連(3-4連)의 프레임을 세트하여 동시에 많은 수의 砂杭을 조성할 수 있으므로 시공 능률이 높고 저렴하다. 도로, 철도의 노상, 도로의 안정, 창고나 공장, 탱커의 기초 등 얇은 연약 지반의 개량에 사용된다.

### 쇄석杭공법 (논프로컴포오져공법)

이 공법은 컴팩션파일공법의 일종으로서, 파일의 재료로 쇄석, 자갈, 혹은 광재(제철 때 생기는 찌꺼기) 등을 이용해서 砂杭보다 강한杭을 만듦으로서 버팀목 효과를 한층 효과적으로 하여는 공법이다. 시공 방법은 올케이싱 굴삭기에 의해 소정의 깊이까지 들어간 후, 케이싱튜브를 넣고 빼면서 필요한 monken으로 쇄석을 다지는 동작을 반복하여 지표면까지 쇄석杭을 조성한다. 이 공법은 논프로컴포오져공법이라 불리며, 주위의 지반과 구조물에의 영향이 염려될 경우에 많이 사용된다.

시공 예로서는 철도, 도로의 盛土 기초 지반의 진동 방지, 미끄럼 파괴 방지, 침하저지 및 탱커 등의 중량 구조물의 기초 공법으로서 이용된다.

공사비용은 각각의 조건에 따라 다르지만 직시공에서는 18,000-20,000円/m(₩ 1,000)이다. (63년 3월)

### OFB공법

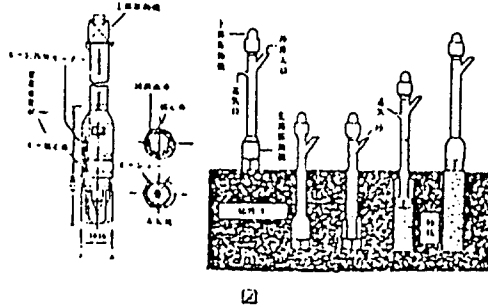
본 공법은 샌드컴팩션파일공법의 일종으로 특수한 선단 형상을 한 케이싱을 이용, 진동수 혹은 충격 에너지를 이용한 연약한 지반 안에 모래를 압입하여 砂杭을 조성하고, 砂杭 주위의 지반을 다지는 것이다. 느슨한 사질토 지반의 개량에 큰 효과를 발휘하는 공법으로 점성토 지반에도 적용된다. 다진 정도와 砂杭의 지름의 관리 등 각종의 시공 관리, 설계 시스템을 구비, 빈틈없는 품질관리를 행할 수 있게 되어 있다. 따라서 깊이 방향에 지반의 성상이 다르다고 해도, 각각의 지반에 필요한 강도까지 개량할 수 있다.

본 공법의 특징은 케이싱선단형상에 있다. 또한 선단형상이 다른 여러 종류의 케이싱이 준비되어 있다. 그러므로 다음 점들이 특필된다.

- ① 박을 때와 다지기를 할 때에 있어서 케이싱선단의 폐색도가 크기 때문에 다지기 효과가 크고 또한 그 에너지를 효과적으로 이용할 수 있어 경제적이다.
- ② 케이싱을 박아 넣을 때에도 상당한 다지기 효과를 얻을 수 있으며, 원래 지반이 가진 강도를 유효하게 이용할 수 있다.
- ③ 진동과 소음을 낮추고 싶을 때에는 그에 적합한 형상의 선단을 이용할 수 있다.

## TSCP공법

본 공법은 진동다지기공법의 일종으로 케이싱 상부의 진동기에 의해 수직진동 이외에 선단부 주변에 달린 4개의 진동기에 의해 수평 진동을 병용하고, 케이싱을 빼낼 때 6개의 방사상 진동 날개 사이에서 계속 모래를 배출하여 다져 주고, 砂杭을 연속적으로 조성하는 것으로 수직 진동만의 경우와 비교하여, 보다 신속, 정확하게 砂杭을 조성하려는 공법이다.



## 스트롱샌드파일 공법(SSP)

스트롱샌드파일 공법은 연약지반 개량 공법 중에서 샌드컴팩션파일공법의 일종으로 많은 시공 실적을 가지고 있으며, 복잡한 토층조건에 대응할 수 있는 대표적인 공법이다.

공법의 특징은 케이싱파일의 하단에 장착한 바이브로트로 배출된 모래를 연속 동시에 직접 다져, 단단한 砂杭을 지반 안에 조성하는 것으로 시공의 목적은 점성토에서는 복합 지반을 조성하여 전단 저항력의 증대와 잔류침하의 조기 안정을 꾀하고 사질토에서는 흙입자의 간격비를 저하 지지력의 증대와 지진 발생시의 액상화 방지를 기대하는 것이다.

품질관리는 砂杭의 형성 상태를 눈으로 확인할 수 없기 때문에, 시공 관리에 의해 집중 관리를 행하고 신중히 공사를 실시하여, 결과도 오실로로 검토할 수 있다.

시공 예는 공항, 항만, 도로, 건물, 탱커, 주택은 여러 분야에 걸쳐 근래에 도심도 시공도 육상에서 40m, 해상에서 60m가 가능하게 되었다.

## 쇄석컴팩션파일공법

이 공법은 샌드컴팩션파일공법과 같은 시공방법으로 모래 대신에 쇄석 혹은 자갈을 이용한 공법이다. 단단한 쇄석杭을 조성하기 때문에 砂杭의 경우보다 더 큰 지지력을 기대할 수 있다.

적용례는 도로, 철도의 성토기초지반의 진동 방지, 미끄럼 파괴 방지, 침하저지



및 탱커, 호안 등의 중력 구조물의 기초 공법으로 이용된다.

### 케미코컴포오저공법

이 공법은 강화컴팩션파일공법의 일종으로 케미코라임과 모래 및 다른 배합재료를 진동하는 주공관을 이용하여 연약지반 안에 강제 압입하여, 케미코라임의 흡수, 발열, 팽창 및 모래와의 결합 작용을 이용하여, 지반 개량을 꾀하는 공법이다. 중결재에 사용되는 케미코라임의 효과로서는 흡수 작용에 동반하는 탈수 효과, 케미코라임의 팽창 작용에 의한 수평 방향의 압밀 효과, 화학반응에 동반하는 파일의 고결 효과 등을 들 수 있다. 이 공법의 적용례로서는 도로, 철도의 성토 기초의 안정, 미끄럼 파괴의 방지 및 침하 저지 또는 굴삭시에 있어서 허빙 방지 등에 이용된다.

### 슬러파일공법

이 공법은 강화컴팩션파일공법의 일종으로 중결재에 철강 산업 폐기물인 광제와 시멘트의 혼합물 혹은 잠재 수경성을 가진 용광로 수재 등을 주재료로 하여 이용된다. 컴포오저공법과 無筋콘크리트杭공법의 특징을 결합한 연약 지반 개량 공법이다.

적용례로서는 침하 저지를 목적으로, 탱커, 공장, 야드 그 외 구조물의 기초, 침하 저지와 기초 지반의 조기 안정을 기대할 수 있으며, 철도로의 지반, 도로 성토의 기초 등에 이용된다.

### 샌드시멘트파일공법

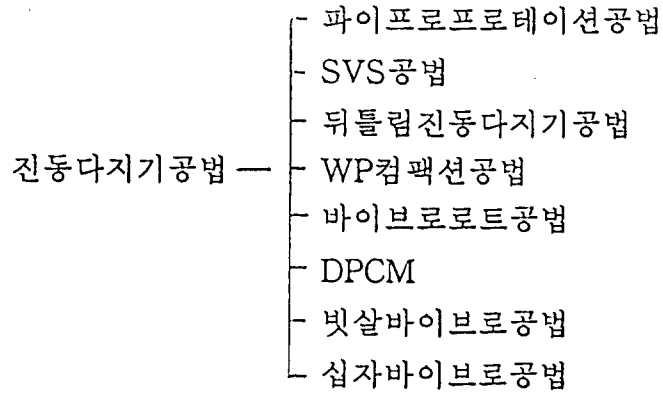
이 공법은 강화컴팩션파일공법의 일종으로 파일의 중결재인 모래, 자갈 등에 시멘트를 첨가하여, 중결재 안의 시멘트가 물과 반응하여 응결 경화해 강도가 큰 파일을 조성하는 공법이다.

시공법은 반죽한 중결재를 케이싱 파이프에 투입, 물을 가하면서 파일을 조성한다. 또 파일의 직경은 성토 등의 하중을 파일에 의해 많이 분담시키기 때문에 하중이 연약 지반에 직접 전달되는 것을 막고, 침하를 대폭 감소시킬 수 있다.

이 공법의 시공 예는 泥炭性 연약 지반에 있어 성토, 築堤의 침하 저지, 미끄럼 방지에 이용된다.

## 진동다지기공법

본 공법은 지반 개량공법의 하나로, 느슨한 모래 지반을 다지기에는 진동을 주는 것이 가장 유효하다라는 원리를 응용한 것으로, 다음 표에 나타난 공법이 개발되고 있다.



각 공법은 지반 중에 관입 룯트를 넣고, 상하 진동과 수평 진동, 뒤틀림 진동을 가하면서 지반을 다지는 것이다. 본 공법의 설계에 있어서는 룯트의 관입점을 중심으로 하여, 진동 다지기의 영향이 상호 겹쳐지도록 정삼각형 배치를 취하는 것이 보통이다.

시공에 있어서는 지표면 부근을 다지는 것이 곤란하므로 본 공법의 시공 후, 로울러 등에 의한 轉壓을 충분히 행할 필요가 있는 점과 목표한 개량 효과를 얻을 수 있는가의 시공 관리 시험을 행하는 것 등에 유의해야 한다.

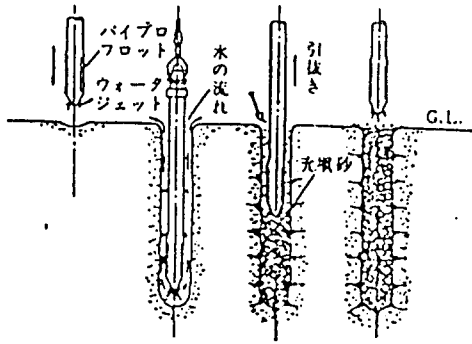
더욱이 본 공법은 지반 개량을 위해 진동, 충격력을 사용하는 점에서 최근의 환경 공해 문제를 발생시키는 점도 충분히 생각할 수 있다. 따라서 지반을 다질 때 진동에 의한 영향을 고려한 계획이 필요하다.

## 바이브로프로테이션공법

바이브로프로테이션공법이란 진동을 이용한 사질 지반 개량 공법의 일종으로 빗살 바이브로공법, 십자 바이브로공법 등과 비교, 검토되는 것으로 이들이 상하 진동을 이용하는 데에 반해 바이브로프로테이션공법은 수평 방향의 진동을 이용하고 있다.

바이브로프로테이션공법은 느슨한 사질 지반 안에 바이브로프로로트라 불리는 봉모양의 진동기를 선단으로부터의 물 분사와 진동 작용을 이용하여 소정의 깊이까지 관입하고, 그 다음에 횡대 방향의 물 분사로 모래 지반을 포화시키면서 진동과 물을 짜내는 효과에 의해 지반 다지기를 행하며, 기체 주위에 생성되는 빈 공간에는 모래, 자갈, 광재 등을 투입하여 진동의 전달과 압입의 효과를 증대시키면

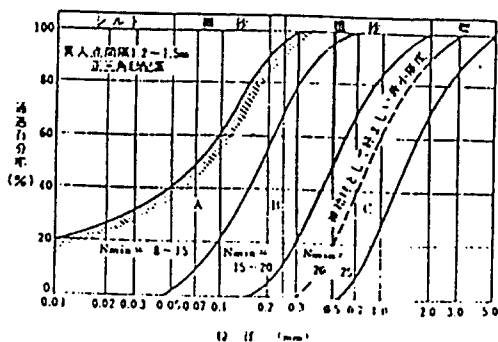
서 서서히 바이브로프로트를 끌어 올려 지표면을 다져 준다. 이때에 지반 안에 바이브로파일이라 불리는 다져진 골재의 杭형체로 조성되는데, 이것이 개량된 지반과 일체가 되어 복합 지반을 형성하고, 지반 전체로서의 안정도를 개선시킨 공법이다.(그림의 다지기 작업 순서 참조)



(a) 관입 개시 (b) 관입 완료 (c) 다진 골재 충전 (d) 다지기 완료

게다가 공사 기간이 짧고 공사비가 싼 이점에서 각종 탱커, 건물 구조물, 활주로, 도로, 저탄장 등의 기초 지반의 개량 등에 널리 이용되고 있으며, 특히 지진 발생 시 액상화 방지에 현저한 효과를 가지고 있다. 그러나 시공 심도는 8m가 한계이며, 또한 실트분의 함유량이 많은 지반에서는 개량 효과가 적어 적용 한계가 있기 때문에 그 방법의 채택에 있어서 전문가에게 상담을 의뢰하는 것이 바람직하다. 바이브로프로테이션공법의 지반 다지기 효과와 원 지반의 입도(입자의 크기)와의 관계에 대해서는 다음의 표를 참조하시오.

原 지반의 입도와 다진 후의 최소N치의 관계(7.5HP형)



이 자료는 소형기에 관해 얻어진 것으로 관입점의 간격은 1.2-1.6m가 표준으로 되어 있지만 최근의 대형기의 출현으로 인해 한층 효과적인 시공을 할 수 있게 되었으며, 관입점의 간격도 1.75 - 2.0m 가 이용되고 있다는 보고가 있었다. 그러나, 다지기 효과는 그 현장의 토지 성질에 크게 좌우되기 때문에 가장 적절하고 경제적인 계획을 행하기 위해서는 현장에서 시험 시공을 행할 필요가 있다. 바이브로프로테이션공법의 작업일 1일당의 시공 능률은 원 지반의 토지 성질, 개량 효과, 시공 심도 및 작업 조건 등에 따라 크게 변화하지만, 대략 170-200m/일 정도이다. 또 지반 개량 공사비는 시공 능률 이외에 입수가 가능한 보급 재료의 가격에 좌우되며 특히 지역적 변동도 크기 때문에 현장마다 정확히 산출하는 것이 바람직하다.

### **KF컴팩션공법(바이브로롯드공법)**

이 공법은 다지기 공법의 일종으로 표층의 모래를 지반 안으로 진동 압입하여, 느슨한 사질 지반을 다지기 위한 공법으로, 각종의 특수 압입롯드와 그 작동 사이클에 특징이 있다.

즉 이 공법에서는 롯드선단에 의한 지반 다지기보다 오히려 롯드 측면에 의해 지반을 다지도록 측면으로 개량 목적에 대응하는 돌출부를 가진 異形特殊롯드를 사용한다. 또한 작동 사이클(롯드의 관입, 빼냄)은 항상 지표면 혹은 지표면 근처까지 빼내고, 재관입을 행하는 방식을 취한다. 시공 능률은 200-250m/일로 높고, 개략적인 공사비는 현지 모래를 사용한다고 하면 직접 공사비는 1,400-1,700円/m이다.

이 공법의 시공 예로서 모래 및 모래, 자갈 지반의 도로, 노상, 창고, 탱커의 기초와 각종 야드 등의 개량에 많이 이용되고 있다.