

# 포대쇄석말뚝 시공법 - Gravel Bag Pile (GBP) (0451532호)

## 1. 서론

국토의 효율적인 이용계획에 따라 그동안 개발이 제한되어 왔던 해안 및 내륙의 연약지반 활용이 점차 증가하고 있는 실정이다. 그러나 해안의 초연약 지반은 유동성이 큰 포화 점성토층이 분포하고 있어 각종 구조물의 기초로 사용하기 위하여는 침하 촉진 및 지지력 증대 등의 지반개량이 필요하며, 이에 적

합한 여러 공법중의 하나로 독일의 Mobius사에서 포대말뚝(GEC)이 개발되어 실용화 된 바 있다. 이에 당사에서는 현재 국내현장의 육상 및 해상에서 사용되고 있는 쇄석 또는 모래다짐말뚝 시공장비를 활용하여 포대말뚝을 시공할 수 있는 핵심기술을 개발하여 저렴한 비용으로 포대쇄석말뚝을 시공할 수 있는 길을 열었다.

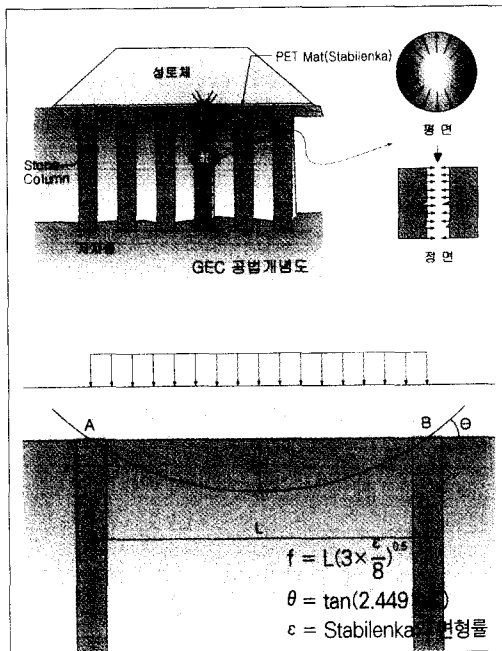


그림 1. 공법의 개요

## 2. 공법의 개요

GBP 공법은 원형의 PET MAT (Ringtrac)을 지중에 설치하고 Ringtrac에 쇄석을 충전시켜 연약지반중에 파일을 타설하여 파일의 지지력에 의해 상부 구조물을 지지하는 공법이다.

### 2.1 공법의 특징

- ▶ Ringtrac의 구속효과로 Bulging 파괴방지
- ▶ 일반 Stone Column에 비해 사용재료 감소
- ▶ 채움재는 자갈 또는 쇄석을 사용
- ▶ Ringtrac 시공으로 인한 구속효과로 원지반 점성토 강도증가

### 2.2 공법의 해석방법

GBP 공법의 설계에는 지중에 타설되는 파일을 형성하는 Ringtrac의 규격 결정과 타설된 Ringtrac을 구속시켜 균말뚝의 효과를 나타나게하는 PET Mat(Stabilenka)의 인장강도 결정이 가장 중요한 요소가 된다. 또한 Ringtrac의 채움재로 사용되는 재료(자갈, 쇄석 등)의 전단강도가 명확히 파악되어야 한다.

Ringtrac과 Stabilenka가 시공된 이후에는 GBP로 보강된 지반의 침하거동을 명확히 파악하여야 한다.

Ringtrac 설계시에는 Ringtrac 내부 충전재료의 내부마찰각과 Ringtrac의 인장강도를 고려하여 현장에 형성된 GBP 파일을 내부마찰각과 점착력을 모두 갖는 구조물로 설계를 하게된다. GBP로 보강된 구간에서 발생하는 모든 침하량은 Stabilenka의 인장강도에 의해 지지되므로 침하량은 Stabilenka의 처짐량에 의해 결정된다. 따라서 침하 설계시에는 GBP 파일간격과 Stabilenka의 인장강도가 가장 중요한 요소가 된다.

### 2.3 사용재료

Ringtrac과 Stabilenka는 상부구조물과 대상 지반조건 및 내부 충전 재료에 따라 인장강도를 달리 설계하여 사용하여야 하며 국내 적용사례를 소개하면 다음과 같다.

- ▶ Ringtrac :  $\phi$  800mm, 10/20 tf/m ~ 10/30 tf/m
  - 길이방향 극한 인장강도 > 10 tf/m (Polyester 사 사용)
  - 원주방향 극한인장강도 > 20 or 30 tf/m (Poly Vinyl Acetate사 사용)
  - 원주방향 2% 신율시 인장강도 : 7 or 8.5 tf/m 이상

- ▶ Stabilenka : 40/20 tf/m
  - 길이방향 극한 인장강도 > 20 tf/m
  - 원주방향 극한 인장강도 > 40 tf/m
- ▶ 채움재 : 쇄석 :  $\phi$  16mm 이하

### 2.4 시공심도

본 공법은 국내에서 시공된 적이 없는 신공법으로 국내현장 시공시 발생될 수 있는 여러 가지 문제점들의 발생을 최소화하도록 독일 등 유럽일대의 여러 국가에서 시공사례에 의하면 시공심도가 2.5m~17m임을 고려할 때, 본 공법의 적용 최대 시공심도는 15m내외로 한정함이 바람직하다.

### 2.5 시공장비

#### 1) 육상시공장비 개략도

육상시공장비 개략도는 그림 2와 같다.

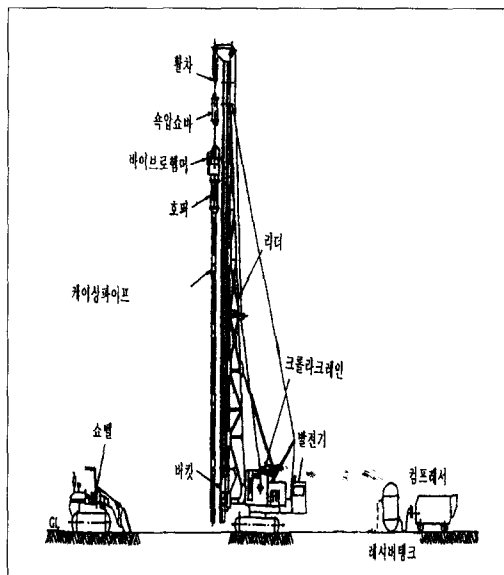
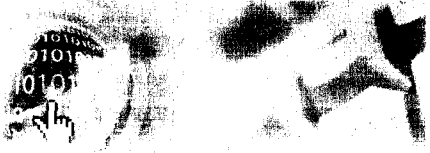


그림 2. 육상시공장비 개략도



신기술 신공법

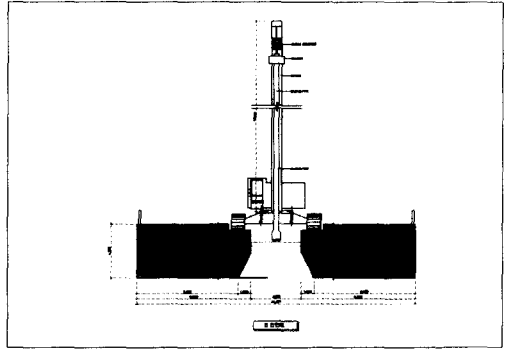
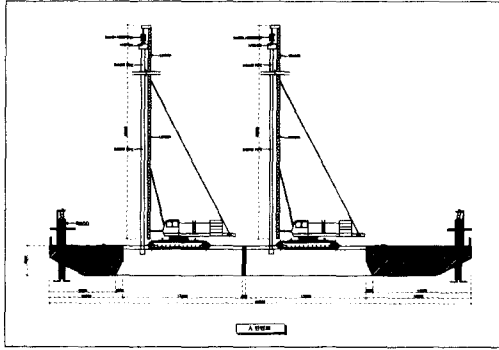


그림 3. 저수심 해상 시공장비

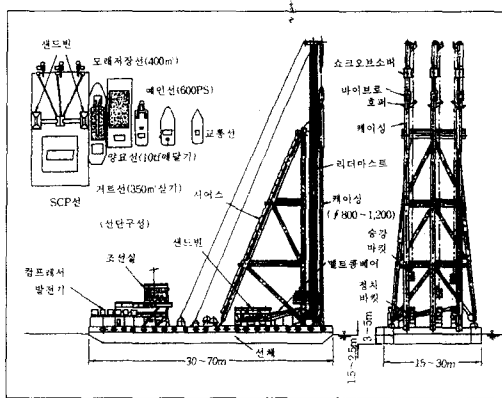


그림 4. 일반 해상 시공장비

2) 해상 시공장비 개략도

(1) 저수심 해상 시공장비

최저 작업흘수가 1.8M이상만 확보되면 특수제작된 작업선위를 향타장비가 주행하면서 쇄석말뚝을 연속시공을 하고 조수간만의 차를 이용하여 선박을 이동시키는 시공장비로 수심이 낮은 해저지반에 별도의 준설작업 없이 적용할 수 있는 공법으로 그림 3과 같다.

(2) 일반 해상 시공장비

일반 해상 시공장비는 그림 4와 같다.

3) 장비주요부분 구조도

- (1) 쇼바장치 : 바이브로함마의 진동력을 흡수
- (2) Vibro Hammer : 편심모멘트에 의하여 케이싱파이프를 지중에 관입하며 투입된 쇄석을 조밀하게 다진다
- (3) 호퍼 : 벨트콘베이어 및 스킵버킷에 의하여 공급된 쇄석을 저장한다.
- (4) 안내날개 : 포대내에 투입되는 쇄석량을 안내 날개의 회전수에 의하여 통제하며 소요의 쇄석이 공급되면 자동으로 회전을 멈추어 공급을 차단한다
- (5) 게이트 : 쇄석투입이 종료되어 케이싱 인발시 케이싱 내압을 채우기 위하여 에어가 공급되면 자동으로 닫혀 케이싱 내의 내압을 유지시킨다.
- (6) 에어공급밸브 : 케이싱내에 에어를 공급한다.
- (7) 에어배기밸브 : 케이싱내의 에어를 밖으로 배출한다
- (8) 보조 깔대기 : 포대중앙으로 쇄석이 흘러가도록 유도한다
- (9) 깔대기 : 포대상부를 깔대기에 끼워서 묶어줌으로서 삽입된 포대를 하부로부터 위로 들어 올린다
- (10) 윈치모터 : 와이어에 의하여 연결된 깔대

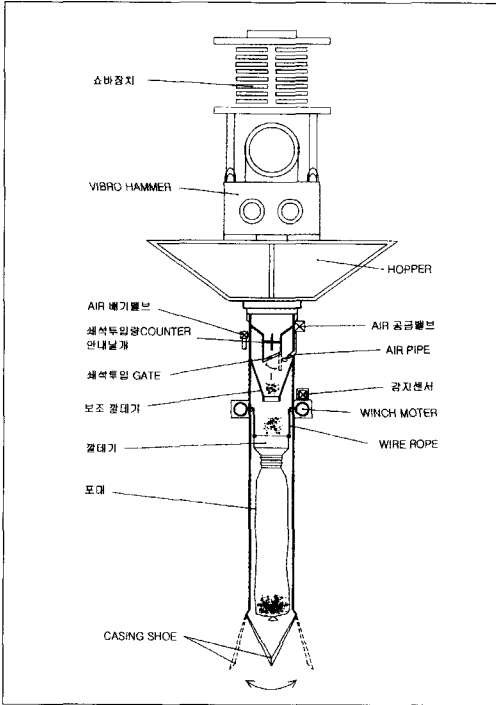


그림 5. 장비주요부분 구조도

기를 들어 올리고 내린다. 센서가 연결되어 깔대기의 위치가 파악된다.

- (11) 선단 슈 : 케이싱 끝단의 개폐장치로 슈의 자중에 의하여 관입시는 닫혀지고 인발시에 열리게 된다.

## 2.6 시공방법

### 1) 육상에서의 시공법

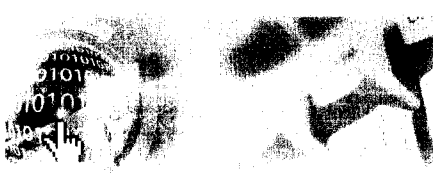
- (1) 깔대기를 케이싱 하단으로 하강시킨 후 소요의 길이로 제작된 포대를 깔대기에 연결한다.
- (2) 윈치 모터를 작동하여 깔대기와 포대를 케이싱 내에서 충분히 위로 들어 올린다.
- (3) 쇄석을 공급하여 포대하부에 쇄석을 30~50cm 채운 후 쇄석으로 채워진 포대 끝단이 케이싱

선단에 정확하게 일치되도록 한다.

- (4) 케이싱을 소요의 깊이로 관입시킨다. 이때 케이싱내로 점토 등 이물질이 들어 오지 않도록 2~3kg/cm<sup>2</sup> 정도의 내압을 유지시킨다.
- (5) 바이브로 합머를 작동시켜 케이싱에 진동을 가하면서 안내 날개를 회전시켜 포대내에 쇄석을 일정량 공급하며 충분히 다진다.
- (6) 깔대기까지 쇄석공급이 완료되면 케이싱내에 내압을 가한 후 케이싱을 인발한다. 이때 시공관리 계기를 통하여 깔대기가 따라 올라 오지 않도록 잘 관리해야 한다.
- (7) 케이싱이 지표에 올라오면 포대를 깔대기와 분리시킨 후 다음지점으로 이동한다.

### 2) 해상에서의 시공법

- (1) GPS를 이용하여 쇄석말뚝 설치지점에 선박을 정위치 시킨다.
- (2) 케이싱을 선박위에 올린 후 내부의 깔대기를 케이싱 하단으로 하강시킨 후 소요의 길이로 제작된 포대를 깔대기에 연결한다.(이때 포대와 깔대기의 연결부위를 특수 제작된 조임 밴드를 사용하여 조임 강도를 일정하게 조절하므로서 포대 쇄석기동 조성 완료단계에서 포대와 깔대기의 분리가 원활하도록 하여야 한다)
- (3) 윈치 모터를 작동하여 깔대기와 포대를 케이싱 내에서 충분히 위로 들어올린다.
- (4) 쇄석을 공급하여 포대하부에 쇄석을 30~50cm 채운 후 쇄석으로 채워진 포대 끝단이 케이싱 선단에 정확하게 일치되도록 한다.
- (5) 케이싱을 소요의 깊이로 관입시킨다. 이때 케이싱내로 점토 등 이물질이 들어오지 않도록 2~3kg/cm<sup>2</sup> 정도의 내압을 유지시킨다.
- (6) 바이브로 합머를 작동시켜 케이싱에 진동을



## 신기술 시공법

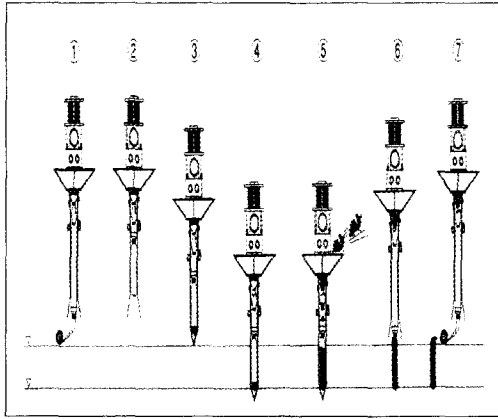


그림 6. 육상에서의 시공법

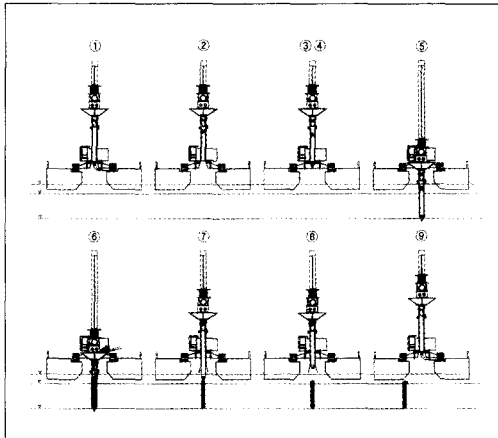


그림 7. 해상에서의 시공법

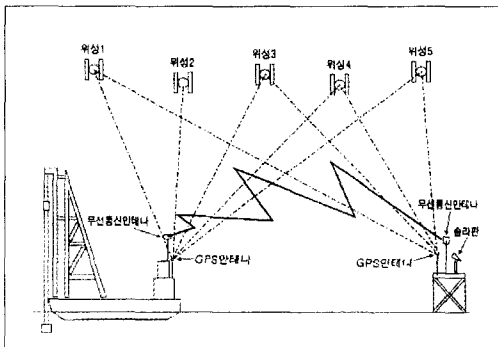


그림 8. 시공위치 측량

가하면서 안내 날개를 회전시켜 포대내에 쇄석을 일정량 공급하며 충분히 다진다.

(7) 깔대기까지 쇄석공급이 완료되면 케이싱 내에 내압을 가한 후 케이싱을 인발한다. 이때 시공 관리 계기를 통하여 깔대기가 따라 올라오지 않도록 잘 관리 해야 한다.

(8) 케이싱이 지표에 올라오면 원치모터를 작동시켜 깔대기에서 포대가 자연스럽게 분리되도록 한다.

(9) 포대와 깔대기가 분리되면 케이싱을 선박위로 들어올린 후 다음지점으로 이동한다.

## 3. 시공관리

### 3.1 시공위치 측량

육상에서의 시공은 광파기등 측량기기를 이용하여 타설 지점을 표시하며 해상에서는 위성위치측정 시스템(GPS)을 이용한다. 그림 8과 같다.

### 3.2 시공현황 표시 모니터

DAS(Data Acquisition System)장치에 의하여 지중 및 케이싱 내에서의 포대 쇄석말뚝의 조성현황이 운전실의 모니터에 실시간 그래픽 화면으로 표시되며 각종 시공정보가 관리된다. 따라서 시공자는 모니터를 관찰하면서 DAS에서 지시되는 메시지에 따라 단순히 조작만하면 원하는 고품질의 쇄석말뚝이 시공된다.

#### 1) 시스템 구성

시스템 구성은 그림 9와 같다.

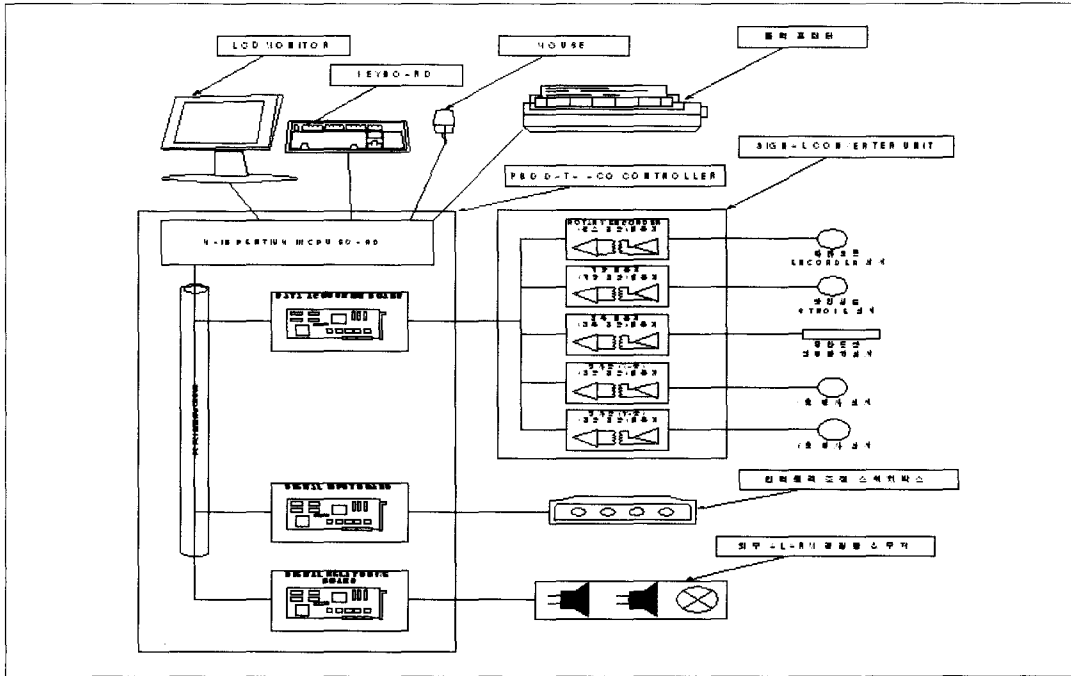


그림 9. 시스템 구성

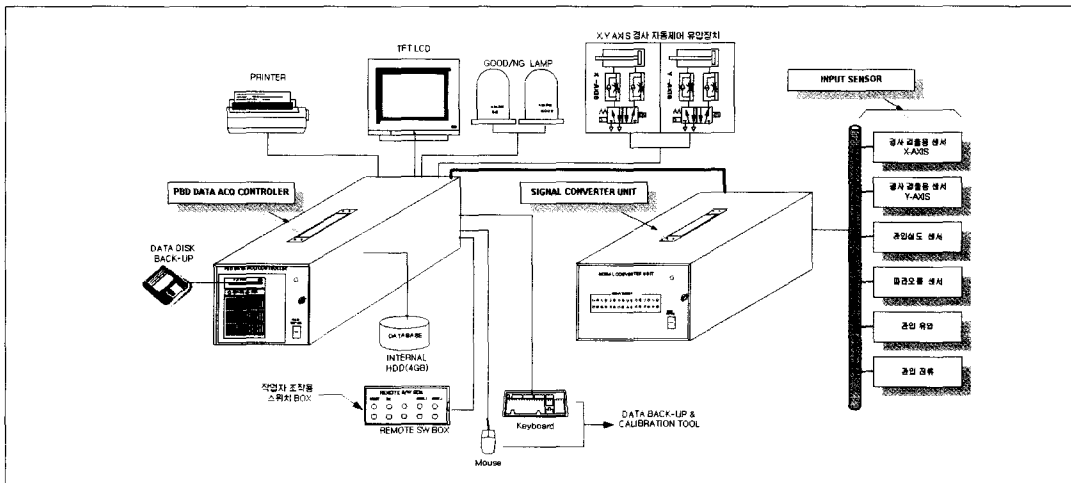


그림 10. 시스템 계통도

2) 시스템 계통도

시스템 계통도는 그림 10과 같다.

3) 모니터 화면

모니터 화면은 그림 11과 같다.



신기술 신공법

4) 자동기록 장치

자동기록장치는 시공과정의 모든 자료가 실시간

으로 입력되고 저장되어 필요에 따라 원하는 대로 출력을 할 수 있다. 그림 12와 같다.

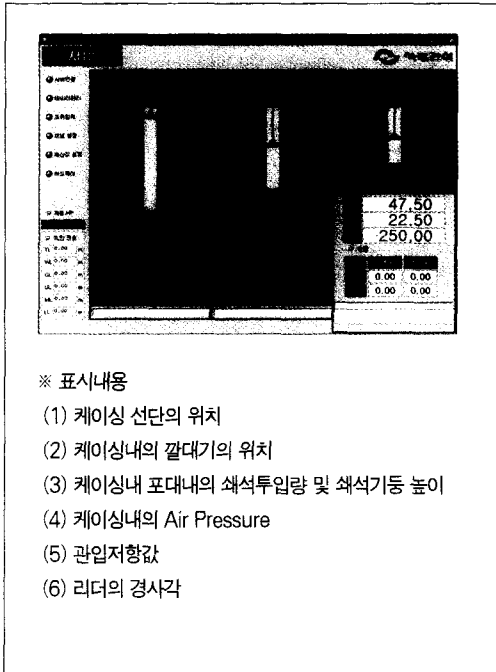


그림 11. 모니터 화면

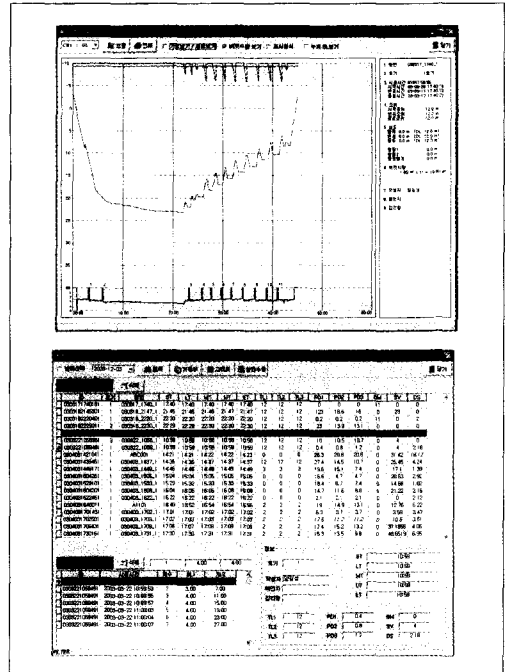


그림 12. 자동기록 장치

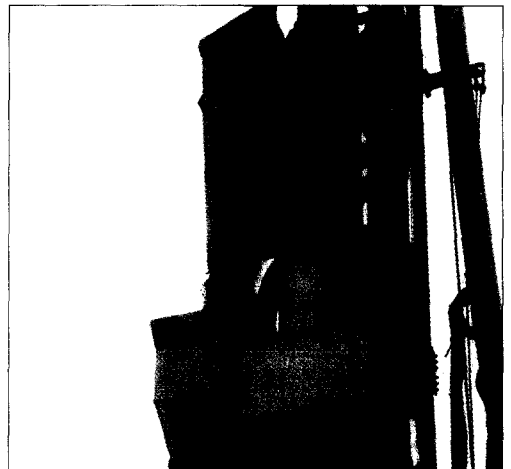


그림 13. 육상 시공 장비

## 4. 시공 장비사진

### 4.1 육상 시공 장비

육상 시공 장비는 그림 13과 같다.

### 4.2 해상 시공 장비

#### 1) 저수심 시공 장비

저수심 시공 장비는 그림 14와 같다.

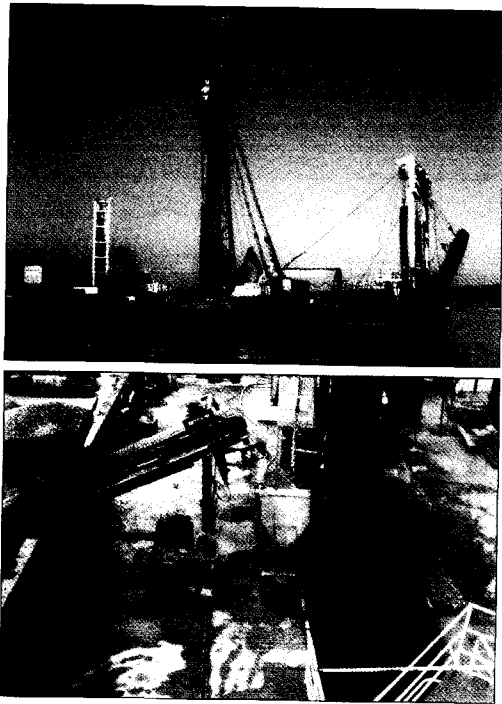


그림 14. 저수심 시공 장비

#### 2) 일반 해상 시공 장비

일반 해상 시공 장비는 그림 15와 같다.

기술개발자 : 석정건설주식회사 대표 김백영

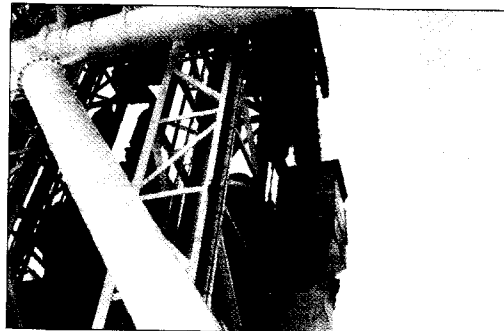
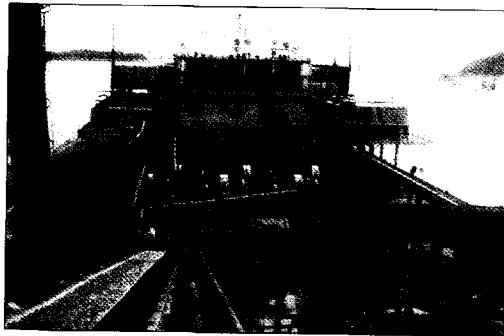
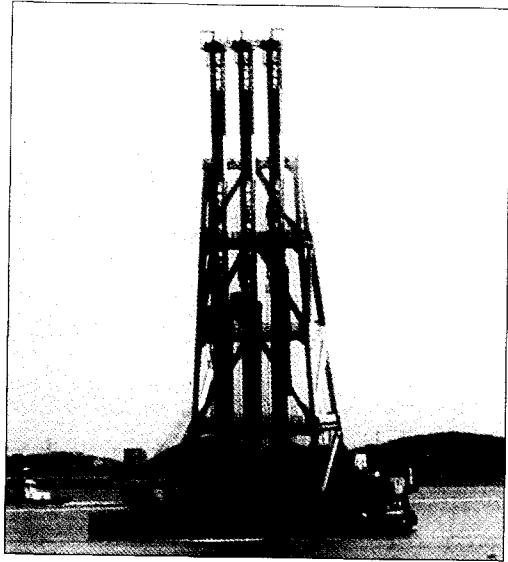


그림 15. 일반 해상 시공 장비

연 락 처 : 공무 정성묵 과장

TEL : 02) 3471-9995 FAX : 02) 3471-6623