

軟弱地盤上に 築造되는

捨石堤の施工時 沈下量 測定

金永男

(韓逸開發株) 엔지니어링 事業本部 理事, 土質 및 基礎技術士)

1. 序言

어항시설의 기본시설이 되는 파도를 막아내는 외곽시설과 어선을 안전하게 접안시킬수 있도록 하는 계류시설을 사석제를 이용하여 설치하는 경우가 많다. 이러한 사석제 형식의 어항 구조물은 구성재료의 특성상 침하량에 순응하는 까닭으로 연약한 퇴적토층이 비교적 두껍게 분포하고 있는 지역에 많이 설치하고 있다.

우리나라 연안의 크고 작은 항포구가 위치하는 지역은 대

부분이 연약한 퇴적토층이 분포하며, 특히 남해안 및 서해안은 지형의 특성상 연약한 퇴적토층이 두껍게 분포하고 있으며 퇴적기원이 오래되지 않은 극히 연약한 지층이다.

이러한 연약한 점성 퇴적토층에 사석제 구조물을 축조할 때는 제방 축조공의 진행에 따라 침하(즉시침하 및 압밀침하)가 발생된다.

점성퇴적토지반에서의 즉시침하는 지반의 탄성체로서의 침하와 흙의 횡방향의 소성유동에 의한 것을 생각할 수 있다. 그러나 점성토 지반의 횡방향유동은 지지력에 관한 안

전율의 크기에 따라 다르며 또 압밀현상과 함께 상당히 장기간에 걸친 현상으로써 정량적으로 취급하는 것은 현재는 불가능하다.

연약한 해저에 한쪽으로부터 재하하여 나가는 경우 수 10m의 표층이 소성유동을 일으키는 것은 잘 알려진 현상이지만 이것은 사석이 해저면으로 함입하는 것과 함께 시공상의 문제로서 적당히 측정하는 방법밖에 없다.

본 고에서는 연약지반상에 축조되는 사석제식 돌재 물양장, 사석제식 물량장, 사석제

방파제 및 기타 사석제 호안의 시공관리에 필요한 침하량 측정방법을 기술하고자 한다.

2. 沈下量 測定 方法

연약한 지반에 사석제 구조물을 축조와 관련된 시공관리 및 기타 유의하여야 할 사항들은 다음과 같다.

- 침하량 측정 및 예측등의 침하안정관리
- 부등침하에 따른 상치 Concrete의 시공시점 및 Joint 간격
- 수토호안의 경우 준설토

투기 순서 및 복토의 시공시점 및 방법

- Heaving된 지반의 처리
- 기타 유의사항

이중 침하량 측정 방법에 대하여 기술하고 측정결과의 이용 및 기타 항목들은 다음 기회로 미루기로 한다.

2-1 沈下量 測定 및 豫測等의 沈下 安定管理

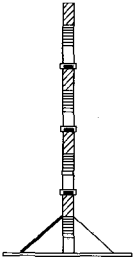
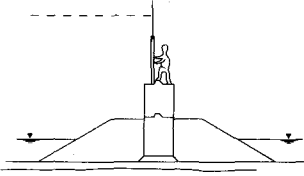
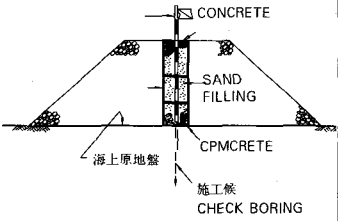
가. 침하안정관리의 목적

일반적으로 침하관측에는 침하가 예상되는 지반에 축조된 구조물의 침하량 혹은 현재 축조중에 있는 구조물의

〈표-1〉 관측방법의 특성비교

특성	구분	Level(측점)에 의한 방법	액체 침하 게이지에 의한 방법
장 점		<ul style="list-style-type: none"> ○ 풍량의 영향이 적다. ○ 제작 설치비가 저렴하다. ○ 유지관리가 용이하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정이 용이하다. ○ 정도가 높다. ○ 육상 또는 Barge에서 사석이나 토사를 해중에 투기하여 제체(堤體)를 형성할 때 갑작스런 기초침하로 인하여 발생하는 재료의 소성침하량을 측정할 수 있다.
단 점		<ul style="list-style-type: none"> ○ 장애물이 있으면 곤란하다. ○ 측정과의 거리가 멀면 관측이 불가능하거나 정도가 떨어진다. ○ 부분적인 침하발생시 확인이 곤란하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도변화로 인한 액체비중의 변화 및 관내 액체내의 공기의 유입으로 인한 액체 기둥의 불연속면등으로 인하여 측정오차를 유발시킨다. ○ 해수중에 오랫동안 매설되어 있을 때의 신뢰성에 문제가 있다. ○ 충격 또는 급작스런 하중증가로 인한 기계의 손상우려가 있으며, 침하량이 큰 경우의 측정은 불가능하다. ○ 계측장비가 고가이다. ○ 별도의 전문기술자의 관리가 필요하다.
비 고		일반적으로 많이 사용된다.	현실적으로 비소성 연약토 분포 지역에서만 적용 가능하며 실용성이 작고 개선의 여지가 많다.

〈표-2〉 침하 측정 구조의 특성비교

측점기구	침 하 판	침하 관측용 BLOCK	침 하 통
구조도			
특성 및 장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설치가 간편하고 널리 사용됨. ○ 작업용 Barge와 충돌 및 사석투하등으로 망실이 많으며 유지관리가 곤란함. ○ 침하판과 침하봉의 연결성의 확인이 곤란. ○ 장기 압밀침하 관측시 부식의 우려가 있음. ○ 접지면적에 따른 침하량의 과소평가 우려가 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리가 확실하며 망실의 우려가 없음. ○ 소규모 공사에서는 별도의 BLOCK 제작등으로 인해 시공성 불량. ○ 각 BLOCK마다 연결시 BLOCK의 기울어짐등으로 시공성 불량. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리가 확실하며 망실의 우려가 없음. ○ 별도의 BLOCK제작이 불필요하며 기성품 사용. ○ 각 BLOCK마다 연결시 BLOCK의 기울어짐 등으로 시공성이 불량. ○ 필요시 호안하부의 자연시료 채취가 가능.

침하량을 일정기간 계속하여 측정하는 것이다.

연약지반에 있는 항만구조물 공사의 시공관리를 위한 침하관측은 이상침하의 발견 등에 의한 구조물의 안전성 확보 및 실측침하량과 예상침하량과의 비교검토를 통하여 공사를 안전하고 능률적으로 수행하며, 시공물량을 확인하고자 시행된다.

나. 침하량 측정방법

침하량 측정방법에는 관용적으로 시행하고 있는 수준측량에 의한 방법과 Sensor등을 이용한 계측기계에 의한

방법이 있다.

이 관측 방법의 특성을 비교하면 다음 〈표-1〉과 같다.

1) 수준 측량 방법

수준 측량기(Level), 침하판 등의 관측점, 표척등을 사용하여 연직방향의 변위(침하량)를 측정하는 방법으로 관용적으로 널리 사용되고 있다.

가) 수준측량에 의한 침하량 측정

전술한 침하량 측정방법중 일반적으로 많이 사용되고 있는 수준측량에 의한 방법에 대하여 보다 상세하게 기술하

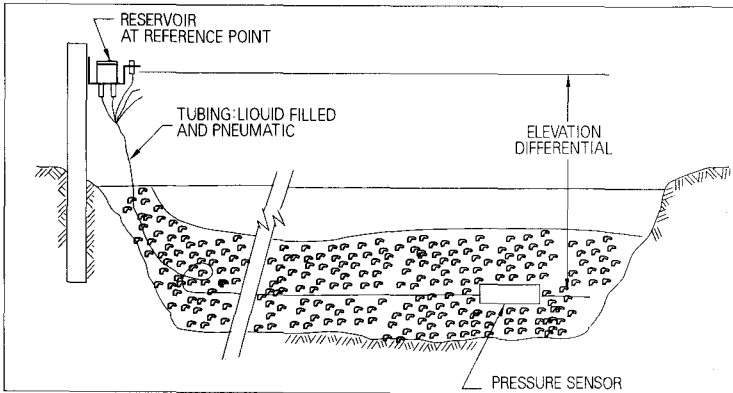
면 다음과 같다.

나) 측정구조

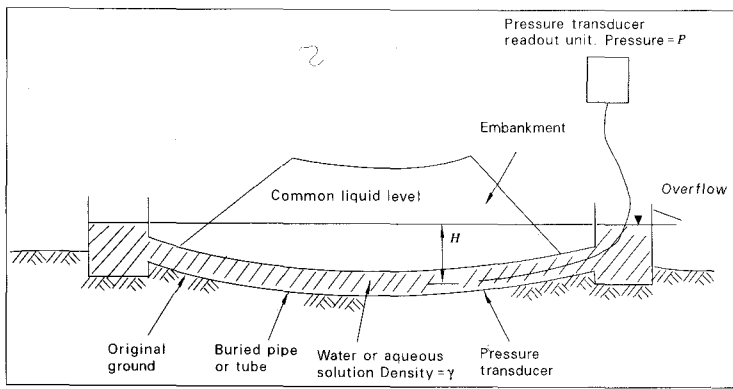
침하량(연직방향의 변위)측정은 침하판이나 침하관측용 Block등을 사용하여 측정할 수 있다.〈그림-3〉은 현재 국내의 어항공사에서 사용되고 있는 침하판이며, 〈그림-4〉는 일본에서 사용되고 있는 침하 관측용 Block이다.

2) 액성침하 게이지에 의한 방법

측점과 기준점 사이의 수두의 변화를 측정하여 침하량을 구하는 방법을 이용한 것으로 〈그림-1〉과 같다. 기준점과



〈그림-1〉 액체침하 게이지에 의한 침하량 측정원리



〈그림-2〉 액체가 차있는 Pipe 속으로 Transducer가 이동하는 전단면 액체 침하 게이지

침하량을 측정하고자 하는 측정점 사이는 가는 관으로 연결되어 액체가 들어가 있으며, 측정점에 대응하여 액압이 변화하므로 이 압력의 변화를 측정하면 수두차를 결정할 수 있고 수두차는 마노미터로 직접 측정하거나 압력 Transducer로 압력을 측정하여야 수두로 환산한다. 이러한 원리를 이용하여 액체 침하계는 제방의 침하량, 또는 제방 아래 기초지반의 침하량측정에 광범위

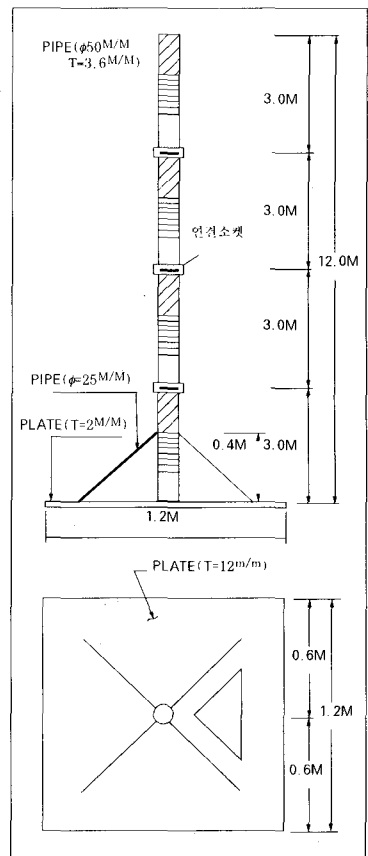
하게 쓰인다.

이 액체침하 Gauge는 한점의 측정점에 대한 침하량을 시간의 변화에 따라 측정할 수 있도록 고안된 일점 침하계와 호안이나 제방아래에 수평방향으로 Pipe를 묻고 그속으로 탐침이 〈그림-2〉와 같이 왕래하면서 전단면의 침하를 측정할 수 있는 전단면 침하측정 Gauge등이 있다.

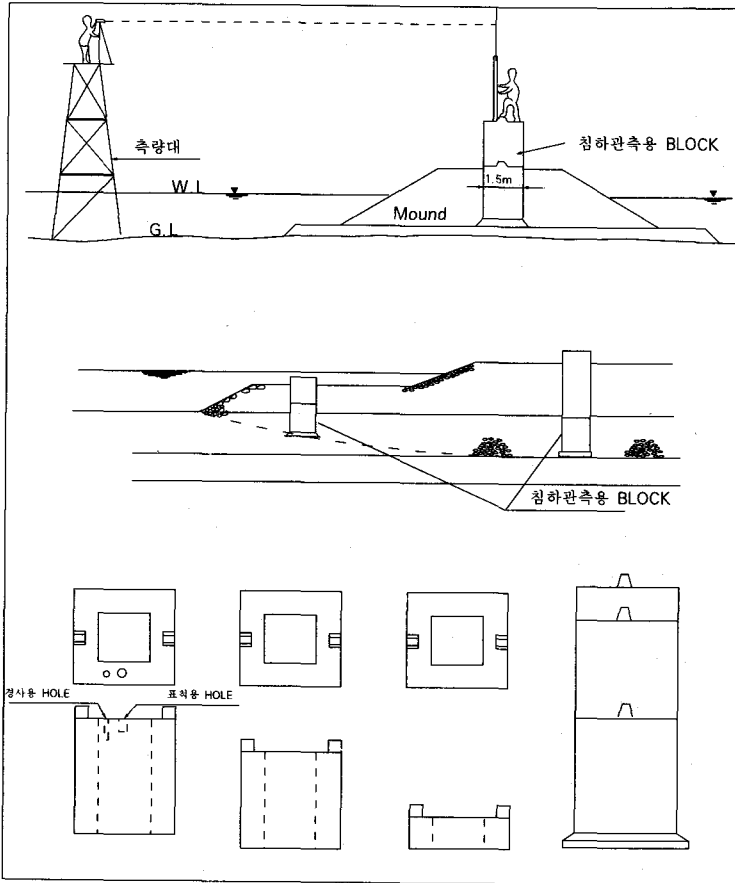
〈그림-3〉의 침하판은 국내에서 널리 사용되고 있는 방

법으로 아주 간편하게 설치할 수 있는데 반하여 작업용 Barge의 충돌 및 투하시는 사석으로 망실이 많아 유지관리가 어렵고 또 저판과 침하봉 사이의 용접부가 확실하게 연결되어 있는지의 확인이 어려운 단점이 있다.

특히 침하판의 강성이 작을 경우 소성유동 등으로 인해 휘어져서 침하량이 과소평가될 우려가 있을 뿐 아니라 접지면적이 상대적으로 작아져



〈그림-3〉 침하판 상세도(현재 일반적으로 사용중)



〈그림-4〉 침하관측용 BLOCK(일본예)

서 관측된 침하량이 과소평가 될 수 있다.

〈그림-4〉의 침하관측용 Block 은 침하판보다 강성이 좋고 보다 확실한 유지관리를 할 수가 있는 반면에 소규모의 공사에는 Block의 제작을 설치 하는데 따른 번거로움이 있으며, 가공공정이 다소 까다로울 것이다.

침하관측용 Block 형상치수는 사석이나 모래의 투입에 의한 전도 및 1개 투입길이

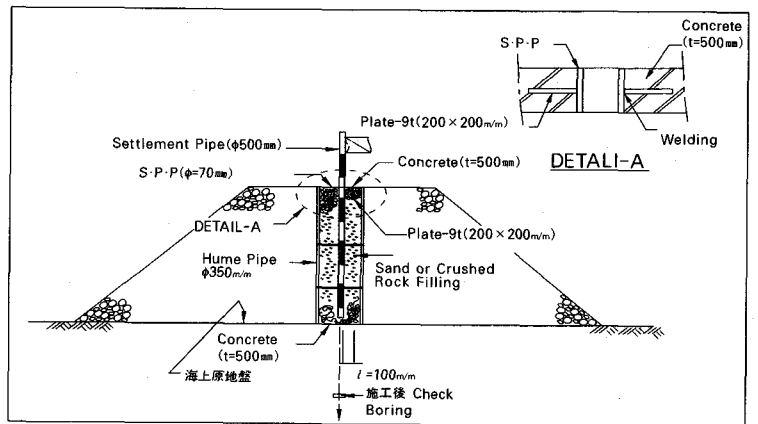
등을 고려하여 Block의 하중과 Block주위 재하상황에 따라 큰

차이가 생기지 않도록 Block의 높이, 중공의 크기 및 Footing의 치수를 정하여야 하며, 〈그림-4〉에서 보는 바와같이 사석면이나 재하사면의 상승에 따라 순차적으로 쌓아야 한다.

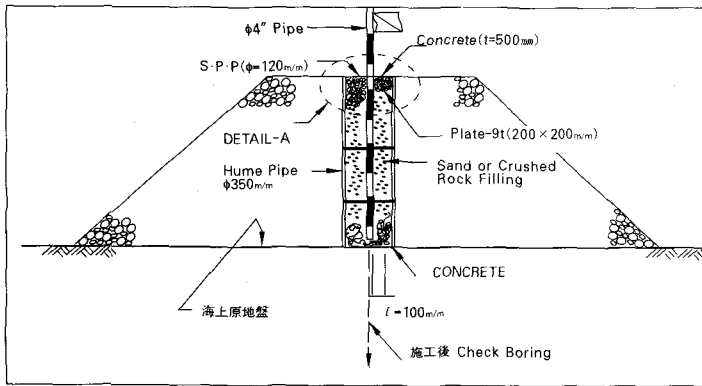
〈그림-5〉 및 〈그림-6〉은 원통형 Hume Pipe를 사용하여 침하관측용 Block으로 대체하는 방법이다. 이때 Hume Pipe 1개의 크기는 Block Hoe 등에 의해 설치가 가능하도록 직경 350mm 길이 2.5m(중량 258 kg/EA)의 것을 사용하는 것이 효율적이다. 〈그림-6〉과 같이 모래 또는 사석등을 채우고 침하봉만을 설치하거나 필요시 호안 하부의 시료가 채취 가능하도록 직경 4"(100mm) 이상의 Pipe를 설치하여 두는 방법이다.

2-2 축점 설치 간격

일반적으로 침하관측의 축



〈그림-5〉침하통 설치도(침하봉 설치도)



〈그림-6〉 침하통 설치도(시료채취용 Pipe 설치형)

점은 적어도 시공연장 150~200m마다 1개소씩 설치하여야 하지만 침하관측의 중요도 토질변화의 상황, 시공속도, 공사규모등을 고려하여 간격을 정하여야 한다.

2-3 관측방법 및 관측시간의 간격

수준 측량(Level측량)에 의하여 각 측정의 표고를 작성한다. 관측시간의 간격은 관측결과를 연속적인 곡선으로 작성될 수 있도록 하여야 한다. 하중이 재하된 직후는 간격을 조밀하게 하고 그 이후에는 서서히 간격을 두는 것이 좋다.

또한 구조물의 안정이나 재하중에 대해 검토하여야 하며 위험하다고 생각되는 기간중에는 매일 관측을 하지 않으면 안된다.

2-4 DATA의 정리

관측 DATA는 현장의 목적

에 대응해서 정리해야 하겠지만 일반적으로 각 측정마다 시간 - 재하중 - 침하량곡선으로 Graph을 작성해서 정리하도록 한다. 또 이후에 DATA 해석을 위해서 측정부근의 재하상황 Check Boring등의 결과도 모아서 정리하며, 압밀 침하측정은 장기에 걸쳐 시행하는 경우가 많기 때문에 후에 DATA 해석에 지장을 주지 않도록 정리하여 보관하여야 한다.

3. 結 言

지금까지 어항시설물에서 자주 이용되는 사석제식 구조물의 침하량 측정방법에 대하여 알아보았다.

이러한 현실적으로 구조물 자체가 불안정하여 원호활동 또는 Block형태의 파괴등이 발생될 때는 현실적으로 적용이

곤란하다.

여기에 기술된 방법을 이용하여 측정 방법이 보다 용이하고 정도가 높아지기를 바라는 마음이다. 침언하건데 측정된 자료의 신뢰성이 낮을 경우 그 자료를 이용하여 분석한 결과 역시 신뢰도가 낮다는 점이다. 따라서 무엇보다도 측정자료의 신뢰도를 높이는 방안을 꾸준히 개발하여야 될 것이다. ㉔

〈참고문헌〉

1. 부산항 건설 사무소(1980) 동삼동 호안공사 사석침하량 확인조사 보고서.
2. 일본 항만협회(1971). 항만조사지침.
3. NAVFAC(1982). Design Manual 7.1 - Soil Mechanics, NAVFAC DM 7.1. U.S Department of Navy, Washington D.C.
4. NAVFAC(1982). Design Manual 7.2 -Foundation and Earth Structures, NAVFAC DM 7.2. U.S Department of Navy, Washington D.C.
5. 건설부(1986). 구조물 기초설계기준.
6. Olson, R.E. (1977). Consolidation Under Time Depent Loading, J. Geotech. Eng. D.V, ASCE, 103(GT 1).
7. Terzaghi, K. and Peck, R.P(1967), Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York.
8. David J.D'Appolonia and Harry G. Poulos(1971) Charled C. Ladd Initial Settlement of Structures on Clay, ASCE, SM10, Oct.