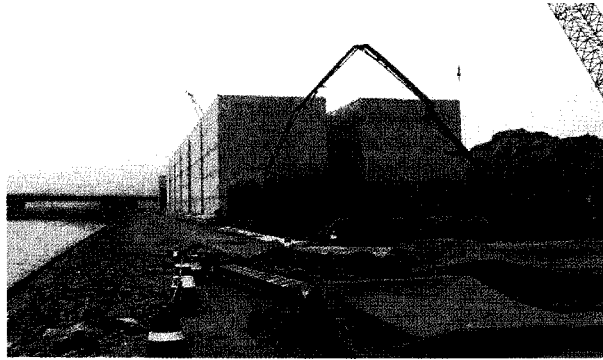


케이슨공법 (caisson method) 안전



대한산업안전협회 건설안전본부 변상균 대리

케이슨이란?

건조물의 기초부분을 만들기 위한 공법으로 잠함공법(潛函工法)이라고도 한다. 우선 기초가 될 케이슨을 만들고, 그 속의 토사(土砂)를 굴착하면서 케이슨을 가라앉혀 기초를 만든다. 항만공사에 있어서 케이슨은 방파제, 안벽, 호안, 물양장 등에 널리 이용되는 주요 구조물 중의 하나로서 케이슨은 육상에서 제작하여 해상의 필요한 위치로 예방해서 속채움을 실시한다.

1. 케이슨 제작·진수

케이슨은 필요에 따라 크기가 다양하며, 제작장은 크게 케이슨 제작 후 진수방식 및 제작장 특성에 따라 사로식, Dock식, 인양식으로 구분할 수 있다.

1. 제작

케이슨 제작은 케이슨의 크기, 진수방법에 따라 제작 및 진수설비가 달라지며 최근에는 케이슨이 대형화 되면서 제작설비가 기계화되는 경향이 있다.

케이슨은 해중에 설치하는 것으로 철근부식을 방지하기 위하여 콘크리트의 다짐, 시공이음처리 등 철저한 품질관리와 제작설비의 대형화에 따른 철저한 안전관리가 요구되고 있다.

2. 진수

진수란 선박을 제작하여 처음으로 바다에 띄우는 것을 의미한다. 콘크리트 케이슨도 진수방법에 의하여 거치하고 있다.

선박 등을 건조할 때는 해안선에 직각으로 비스듬히 레일을 깔고 그 위에서 선체를 만들거나, 조선소의 육상독(드라이 독)·해상독(부양식 독)에서 선체만을 만들고 일단 진수한 후에 기관을 설치하고 부속시설을 설치한다.

이렇게 하는 것은 진수시의 선체 중량이 완성시의 중량에 비해 작기 때문에(완성시 무게의 70~80%) 진수가 쉽고 마무리 공사에 편리하기 때문이다.

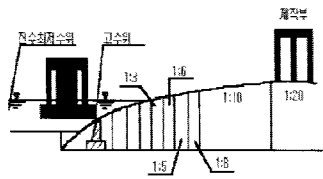
가벼운 소형의 경우 기중기로 들어올려 물 위에 옮겨 띄우거나, 하부에 굴림대를 넣어서 비탈면을 따라 밀어내어 물 위에 띄우는 것이지만, 중량이 큰 것은 간단히 되지 않으므로 중량을 이용해서 경사진 받침대 위를 활강(滑降)시켜 진수시킨다. 이때 앞쪽이 먼저 물에 들어가도록 하는 것이 안전하기 때문에, 특별한 경우 선체를 옆 방향으로 활강시킬 때 외에는 앞쪽방향으로 진수시킨다.

가. 진수공법 선정시 고려할 사항

- (1) 케이슨의 크기
- (2) 케이슨 제작 및 진수 수량
- (3) 공기, 공사비
- (4) 설치 위치의 지형 및 자연조건
- (5) 설치 장소까지의 거리와 운반 방법으로 적절한 진수공법 선택

나. 케이슨 진수공법의 종류

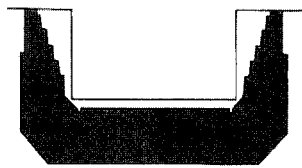
- (1) 경사도에 의한 진수
 - ① 경사로 각부의 경사도
 - Cassion 제작부 - 1 : 20
 - Cassion 진수부 - 경사를 급하게 하여 경사로 길이를 짧게 함.
 - 최종부의 경사 (안전하게 진수) 1:3.5~7
 - ② 경사로 선단부 세굴 방지 대책 강구부에서 0.05mm 이하, 외벽에서 0.15mm 정도이다. 0.2mm 이상에서는 보수를 필요로 한다.



(그림 1) 경사로의 중단도(구배예시도)

(2) 건선거 (Dry Dock) 에 의한 진수

- ① 진수작업이 용이 하고 재료 운반이 용이
- ② 한번에 여러개 또는 거대한 케이슨 제작이 가능
- ③ 건선거 제작완료후 선박 건조 수리용으로 활용
- ④ 긴 공기와 많은 공사비 소요
- ⑤ 대규모 공사 장기간 공사에 적합



(그림 2) 드라이도크

※ 드라이 도크(DRY DOCK: 乾船渠)란 선박의 건조 시에 필요한 구축물로서 갑문(Dock Gate)을 이용하여 물을 가두기도 하고 바다로 빼 내기도 할 수 있는 작업장인데, 물을 빼낸 드라이도크 내에서 선박을 조립·완성하여 배를 진수한다.

도크 시설이 나오기 이전에는 육상에서 배를 건조하여 레일이나 통나무 등을 이용하여 배를 바다로 굴러서 넣는 방식이었으나, 선박 및 작업자들이 위험에 노출되고, 선박이 대형화 되면서 그 한계가 드러나 오늘날 대형선박은 대부분 도크를 이용하며, 그 크기가 조선소의 규모를 결정한다.

(3) 부선거 (Floating Dock) 에 의한 진수

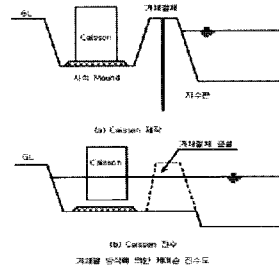
- ① 부선거를 제작장 부근으로 예인 선체를 부상시킨후 그위에서 케이슨 제작
- ② 부선거를 진수지점으로 예인하여 부선거를 침강시켜 케이슨을 부상시킴
- ③ 소량 제작일 때는 인근 접안시설 이용 가능
- ④ 다량 제작시에는 공기와 건조비가 많이 소용
- ⑤ 진수 수심이 깊은 곳까지 예인해야함
- ⑥ 제작장에 접안설비가 갖춰진 넓은 작업장이 필요

(4) 사상진수(砂上進水)

- ① 계획상 준설할 모래 지반위에 케이슨 제작장을 조성하여 그위에서 케이슨을 제작하고 모래바다를 해면으로부터 준설하면 일정수심이 될때 케이슨 부상
- ② 토질이 사질이고
- ③ 장래 항로나 追地 등 준설을 할 砂上에 케이슨을제작
- ④ Pump 준설선 (Dredger) 으로 준설을 하여 수심이유지되면서 케이슨이 부상하여 진수되는 방법
- ⑤ 문제점으로는 침수가 되기 쉽고, 준설중에서도 진수가 되어 준설장비의 대기 시설이 필요
- ⑥ 우리나라 적용은 목포 신항, 동해항

(5) 가체절 방식에 의한 진수

- ① 수심이 얇은 항만이나 해안을 가물막이하여 제작장을 조성하고 케이슨을 제작한 후 가물막이를 절개하여 케이슨을 부상시킴
- ② 시공순서 : 가체절 시공→Cassion제작→가체절 제거→진수
- ③ 진수시 유속작용으로 Cassion이 전도되어 침수가 되는 경우도 있으므로 유의
- ④ Cassion 제작되면 최저수위가 되는시기에 가체절 내에 주수를 하면 내의 수위차가 같게 되고 일정 수위가 유지 될 때 진수



(그림 3) 가체절 방식에 의한 진수

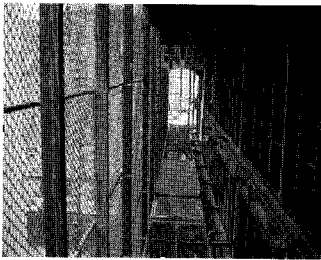
(6) 기중기선에 의한 진수

- ① 제작장에 인접하여 기중기선이 접안할 수 있는 호안이나 물양장이 필요
- ② 케이슨 기중기선에 의하여 진수되므로 필수적으로 기중기선이 작업할수 있는 수면과 수심이 필요
- ③ 케이슨 제작장은 기중기의 권상 능력이 가능한 범의 길이 (37.5m)가 미치는 범위내에 있어야 한다
- ④ 기중기선은 설악호 권상능력 2,000ton 삼성호 권상능력 3,000ton
- ⑤ 시공은 케이슨 자체를 기중기선으로 권상한 상태에서 예인선으로 예향하여 현장까지 운반 진수

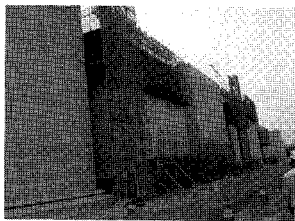
(7) Syncrolift에 의한 진수

- ① Syncrolift 설치하여 후면의 레일 대차 위에서 케이스를 제작하고 케이스를 플랫폼에 실어 실수면에 하강시켜 진수
- ② 시설규모에 따라 대량 제작이 가능
- ③ 임시제작 설비로서는 공기가길고 공사비가 많음
- ④ 우리나라에서 시공한 경험이 없음

3. 안전조치 사항



- (1) 케이스 제작시 내·외부 거푸집, 철근조립, 콘크리트 타설, 케이스 수직승강시 및 케이스 인양을 위한 조그금구 연결작업 등에 추락재해 예방을 위한 대책이 강구되어야 한다.
- (2) 거푸집작업시 추락방지를 위한 추락방지망 및 작업발판의 설치
- (3) 철근 조립작업 중 추락위험을 방지하기 위하여 작업형태에 맞는 작업대를 제작하여 설치 사용.
- (4) 케이스가 다중 격실로 이루어진 경우 철근 조립작업시 격실 벽체 철근을 넘어서 다른 작업구간으로 근로자가 이동하여야 하므로 추락재해를 예방하기 위한 이동방법 강구
- (5) 바지선 및 해상에서 근로자가 작업하는 경우 역사사고에 대비하여 구명복을 반드시 착용



- (6) 케이스 상·하 수직이동용 Working Tower가 높아질수록 발생할 수 있는 전도 및 주변장비와의 충돌, 추락재해를 예방하기 위한 벽이음, 아우트 리거, 주변 충돌방지 안전조치 실시
- (7) 케이스 인양용 조그금구 연결작업은 추락높이가 가장 높은 케이스의 최상부에서 이루어짐에 따라 추락재해 위험이 높으므로 예방을 위하여 케이스 격실 내부 및 작업발판 주변으로 추락방지망을 설치하고 근로자는 안전대 착용후 작업 실시

(8) 대형 기중기를 이용한 케이스 등 중량물 인양·취급시 정격하중 준수 및 와이어로프 등 달기기구의 안전을 확보하여야 한다.

(9) 가설전기시설에 대한 감전재해 예방조치를 하여야 한다

① 가설전기용량 검토

② 분·배전반 안전조치 및 가설전선의 지중 또는 가공 설치

(10) 케이스 제작장에 타워크레인이 설치되어 있는 경우 다음의 안전조치 사항을 확인하여야 한다

① 설계완성 및 자체검사 실시

② 주행 크레인에 대한 상호 간섭 배제 및 주행로 단부 Stopper 설치

③ 주행 Rail의 변형, 침하 방지조치

(11) 케이스 제작장에 대한 다음의 안전조치 사항을 확인하고 점검하여야 한다.

① 안전통로 확보 및 작업발판설치

② 케이스 제작과정에서의 근로자 안전대책

③ 제작장의 침하 방지조치

④ 강풍에 대한 안전대책

(12) 기타 안전조치로는 케이스를 인양하여 진수시키는 경우 러그형식의 철근(현수철근)정착상태와 콘크리트의 부착응력이 중요하므로 시공에 주의.

II. 케이스 이동 및 설치

케이스를 제작한 후 설치장소로 예항하거나 회항하여 설치하게 된다.

※ 예항 : 항행거리가 25해리 이하 또는 1평수구역내 항행

회항 : 항행거리가 25해리 이상 항행

케이스를 예항하거나 회항하는 경우 항로의 기상 및 해상 등을 충분히 검토한 후에 실시해야 한다.

1. 예항·회항방법

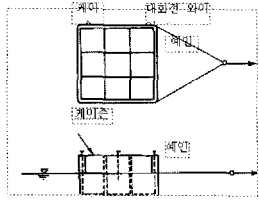
가. 케이스의 예항 방법에는 대회전 로프방식, 예항환방식, 기중기 선방식, 압선방식 등이 있으며, 장거리 예항인 경우에는 대부분 케이스의 흡수선 이하 부근에 2중으로 감싸 묶어 예항하는 대회전 와이어로프방식이 사용된다.

나. 케이스 예항 중 사고가 발생하면 공사기간이나 경제적 측면에서 손해가 막대하므로 사고예방에 특히 주의해야 한다.

다. 특히 해상조건을 사전 검토하고 예항속도를 준수하도록 하고 케이스를 대각선 방향으로 예인하는 경우에는 케이스가 사행하여 위험하므로 피해야 한다.

즉 현장에서 설치지점까지 예항경로는 전장에 걸쳐서 수심측량을

실시하여 해도를 작성하고 이 해도에 의해서 여유 수심, 여유수평거리, 끝배에 필요한 예방면적을 검토하여야 한다



라. 예방 및 회항시 아래 사항을 준수하여야 한다.

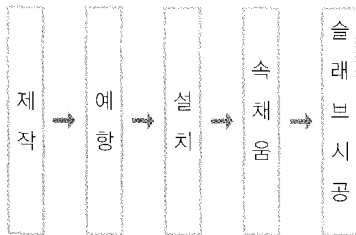
- (1) 케이스 내부의 물은 완전히 배수시켜야 한다.
- (2) 케이스의 회전 와이어로프는 부심 부근에 2겹으로 감고 모서리에는 고무판 또는 목재를 끼워 케이스를 보호한다.
- (3) 회항에 사용되는 끝배에는 반드시 무선기기 등 통신시설을 갖추어야 한다.
- (4) 도중 기항 후 다시 출항할 때는 케이스의 큰 회전로프가 풀렸는가의 여부 및 파손, 경사상태 등을 검사하고 이상이 있는 경우 즉시 조치하여야 한다.
- (5) 케이스 전면에 가파니 등을 수면까지 늘어뜨려 놓으면 파력이 약화되어 회항에 도움이 된다.

2. 예인선 및 와이어로프

가. 예인선의 속도는 2~3노트가 표준이다. 너무 속도를 빠르면 케이스 안쪽이 수중으로 침몰될 수 있으므로 주의해야 하며 예(회)항중에 기상이 악화될 경우에 대비하여 대피할 수 있는 System을 갖추어야 한다.

나. 케이스 중량별 예인선 준비 및 와이어로프는 항내에서는 200m 이내, 항외에서 원거리 항행의 경우 450~500m 정도가 적당하다.

3. 케이스 설치



가. 케이스를 예방하여 설치위치에 고정하고 속채움 후 상부 슬래브를 시공하는 과정을 말하며, 이는 작업의 단절 없이 연속공정으로 시공 되어져야 한다.

나. 케이스의 설치방법은 크게 케이스를 예방해서 속채움 후 침강하여 소정의 위치에 설치하는 방법과 크레인 등으로 달아 내리면서 설치하는 방법으로 크게 구분할 수 있다.

다. 예방에서 설치하는 경우 설치장소까지 예방하고 케이스내에 해수를 주입하여 침강시키게 되는데 균형을 유지하기 위하여 케이스 격실간 수두차이는 가급적 1m 이내로 하는 것이 필요하다.

케이스를 거치할 때 주의사항을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 기초높이, 케이스의 높이와 조위와의 관계는 침설의 난이에 크게 영향을 미치게 되므로 거치 할 때에는 이에 주의하여야 한다.
- (2) 케이스가 정확하게 범선에 맞도록 케이스의 침설에 앞서 받침을 놓던가 말뚝을 박아 두는것이 좋다. 또 바닥다짐의 받침이 설계된 경우에는 이것을 이용하여 위치의 정확을 기하여야 한다.
- (3) 첫번째 케이스를 거치할 때에는 인도받침을 범선방향 및 그것과 직각방향으로 설치하는 것이 좋다.
- (4) 거치 후에 위치를 수정하는 것은 쉽지 않으므로 특히 주의하여야 한다
- (5) 거치시에는 작업원 상호간에 연락을 긴밀히하고, 거치를 되풀이하지 않도록 주의하여야 한다.

4. 안전조치 사항

가. 케이스의 설치작업은 파랑이나 조류의 영향을 받을 때가 많아서 기상·해양조건이 좋은 시기를 선정해서 설치할 필요가 있다.

나. 속채움이나 콘크리트 덮개의 시공이 완료되지 않은 상태에서는 파랑에 대해 극히 불안정하므로 설치에서 속채움·콘크리트 덮개까지의 일련의 작업을 신속하게 완료시키는 공정계획을 세워 해당지역의 해상·기상조건에 맞는 시공방법 및 작업용 선박기계를 선정할 필요가 있다.

5. 안전 점검 항목

- (1) 케이스 상부 작업발판 및 함내 추락방지시설 설치 여부
- (2) 크레인선 달기구의 손상, 변형 등 점검 유무
- (3) 원치 설치시 와이어로프의 손상, 변형 등 점검유무
- (4) 신호자 선임 및 신호체계 수립 여부
- (5) 물주입시 케이스 경사로 인한 전락방지 대책 여부
- (6) 토사운반, 투입 작업계획 수립 여부
- (7) 작업계획 수립(방법,순서) 여부 및 작업원 주지상태 ☺