

1. 서론

최근 Offshore Structure 를 비롯한 수중콘크리트 구조물의 수요가 급증하고 있으며, 국내의 여건 역시 3면이 바다로 둘러싸여 항만공사, 해양공사, 해안토목공사등 바다와 관련된 공사가 많고 내륙에서도 치수및 수리를 위한 토목공사가 대부분인 실정이다. 이러한 공사는 모두 물과 관련된 공사로 시공후 물과 접하거나 수중에서 직접 시공해야 한다.

수중 시공을 하는 경우에는 종래에는 밀얼림 상자, 포대 콘크리트, 버킷, 트레미 등의 재래 방법을 사용하였으나 강도가 낮고 타설시 골재분리 현상이 발생하는 등 많은 문제점이 야기 되었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 해외에서는 1970년대 후반에 들어 새로운 수중 콘크리트 공법 및 특수 혼화제의 개발에 착수하여 수중콘크리트 시공기술이 상당한 수준에 이르게 되었다. 그러나 아직 국내에는 수중콘크리트에 대해 체계적으로 제시된 지침서가 없고 해외의 신기술을 도입하지 않아 실제 수중 콘크리트 공사시 안정성 및 경제성이 뒤떨어진 재래공법에 의존하고 있는 실정이다.

수중콘크리트 타설은 소규모 타설과 대규모 타설로 구분할수 있으며, 소규모의 시공에서는 준비, 계획, 장비 이동등의 관점에서 보아 종래의 시공법을 응용 사용함이 경제적이므로 종래의 공법을 체계화 시키고, 대형 해양 구조물과 같은 수중콘크리트의 수요가 큰공사에서는 신공법을 적용할수 있도록 해외의 신기술을 소개함과 동시에 분석 정리 하였다.

따라서 종래의 공법에서는 비교적 많이 사용되고 있는 트레미 (Tremie) 공법과 분사주입 공법 (Injection Method)에 중점을 두었고, 신공법으로는 시보공법 (Sibo Method) 및 사베마 공법 (Sabema Method)을 비교 분석하였다.

2. 수중 콘크리트 공법의 연혁

2.1 종래의 수중콘크리트 공법

초기의 수중콘크리트 작업이란 육상시공의 경우와 같은 콘크리트 배합 설계를 하여 물에 희석되지 않도록 최대의 노력을 하는 것이었다.

즉, 밀열림 상자나 밀열림 포대를 사용하여 콘크리트를 목적한 위치까지 가능한 한 물과의 접촉을 줄여 소정의 위치에 다다랐을 때 밀을 열어 콘크리트를 배출하는 방식을 채택하였다. 또한 횡방향의 힘을 지지하지 않는 구조물의 경우에는 포대에 콘크리트를 담아 길이 방향과 마구리층으로 번갈아 쌓아 올리는 포대 콘크리트 방법을 사용하였다.

그후 시공 기술의 개발과 함께 버킷 (Bucket), 호퍼 (Hopper)등을 이용하여 콘크리트를 타설하였으며, 펌핑을 하여 물과 접촉시간을 최대한으로 줄임으로써 재료분리를 줄일수 있었다.

한편, 골재와 모르터를 분리하여 시공하는 방법이 1930년대초에 영국에서 개발되어 1950년대 독일에서 본격적으로 사용되었는데 이는 주로 하천의 호안, 항만의 방파제 및 안벽공사에 사용되었으며, 콜크리트공법 (Colcrete Method)이라 불리고 있다.

이공법은 모르터의 제조에 특징이 있으며, 보통 모르터를 제조하는 믹서와는 달리 2단계의 혼합과정으로 되어있다.

이와 유사한 신공법으로 1930년대에 미국에서 개발한 프리팩트 콘크리트 공법 (Prepacked Concrete Method)이 있으며, 이는 거푸집을 설치하여 굵은 골재를 미리 투입하고 굵은 골재의 공극을 모르타르로 채워넣는 방식으로 기존 구조물의 보수보강, 수중구조물의 기초공사 및 해양 구조물 공사등에 널리 사용되는 공법으로서 트레미 공법 (Tremie Method)과 함께 종래와 근간에 걸쳐 대량 수중콘크리트 공사에 많이 이용되고 있는 방법이다. 트레미 공법은 노르웨이에서 처음 개발한 공법으로 1881년 Loire 강의 교량 기초에 이용한 것이 최초로 시공이 되었다. 그러나 오늘날과 같은 실제적인 형태를 갖추게 된 것은 1984년 미국의 시공업자에 의해서 시도 되었으며 1912년에는 특허로 등록되었다.

2.2 수중 콘크리트의 최근 동향

최근 들어 Offshore Structure 및 수중콘크리트 구조물의 수요가 급증함에 따라 종래 수중콘크리트 타설 공법상의 문제점을 해결하기 위해서 여러나라에서 수중 콘크리트 타설의 신공법 개발에 끊임없는 연구와 노력을 기울이고 있다.

특히 서독 Sibco Group 에서 개발한 하이드로크리트를 이용하여 수중 콘크리트를 타설하는 시보공법과 스웨덴 Abentong-Sabema 사의 개발공법인 Sabema 공법 및 일본에서 개발된 여러가지 특수 혼화제를 이용한 공법등 종래 수중 콘크리트에서는 찾아볼수 없는 시공방법이 간편하고 고품질의 콘크리트를 얻을수 있는 많은 공법들이 개발되어 현재 사용되어지고 있다.

시보공법은 서독 Sibogroup 에 의해 1974년 북부독일 Mitterland 수로공사에서 사용하기 위해 수중에서도 점착력이 강한 특수혼화제를 사용한 하이드로크리트를 개발한 것을 시초로 수년간의 현장 시험 타설을 통해 1977년 부터 수중콘크리트 구조물 시공에 하이드로크리트를 본격적으로 이용하기 시작하였다.

시보공법에 사용되는 하이드로크리트는 고분자계 (Cellulose Ether) 혼화제를 첨가한 것으로서 굳지않은 하이드로크리트 (Fresh Hydrocrete) 시멘트, 세굴재 및 조굴재등 구성입자의 점착성이 높아 수중에 직접 자유낙하 (Free Fall) 시켜도 시멘트의 씻겨나감이 극히 적고, 골재 분리 현상이 발생되지 않으며, 고유동성 이기 때문에 외부 진동 없이도 자체다짐 및 수평이 이루어 지는등 여러가지 특징을 가지고 있다. 또한, 타설기법의 개발로 수심이 약 220 m 정도의 심해에서도 타설 가능하고 수중에서 약 20 cm 두께의 콘크리트 슬래브 시공도 가능하게 되었다.

사베마 공법은 콘크리트 타설장비를 특수고안하여 수중콘크리트를 타설하는 공법으로서 스웨덴 Abetong-Sabema 사에 의해 1970년대 말경 소개되어 1980년 부터 실제 시공에 이용되기 시작하였다.

사베마 공법은 타설관 끝단에 특수고안된 밸브를 부착하여 다굴절뿔 (boom) 을 이용, 펌핑에 의한 타설장비로서 대량으로 신속 정확하게 수중콘크리트를 타설하는 공법이다. 이장비를 이용하면 간단한 장비설치 및 조정과 소수인원으로 대량 타설할수 있게 되어있어 수심이 깊은 곳이나 복잡한 구조물 시공에도 용이하게 시공할수 있는 특징을 갖고 있다.

한편 일본에서는 1983년 이래, 여러 대형 건설사와 화학공업사가 공동으로 수중콘크리트 개발에 적극적으로 참여하고 있는 실정이다.

최근 일본의 수중콘크리트 개발 현황으로서는 1979년 서독 Sibom사에서 하이드로크리트에 관한 기술도입을 하여 자체적으로 기술 개량을 통해 제조된 일본 최초의 수중콘크리트인 하이드로크리트, 신일화학제의 Cellulose Eather 계 혼화제 "USCA"를 첨가한 순일본산 수중콘크리트인 Aquaconcrete (1983년 시공), 세계 최초의 수용성 Acryl 계 고분자 화합물을 주성분으로 하는 혼화제를 사용한 Seabetter (1983년 시공) 및 고분자계의 특수혼화제 "아크리스 12"를 굳지않은 콘크리트에 첨가한 Joiluc (1984년 시공) 및 K-Crete, Seacon, Marine Keep, 에루콘, 폴리믹 등의 개발품이 있다.

3. 수중 콘크리트 공법

3.1 트레미 공법

3.1.1 개요

트레미 공법은 노르웨이 연안의 지형적인 특수성 때문에 수중 콘크리트를 좀더 경제적이고 편리한 방법으로 타설하기 위해 고안된 수중콘크리트 타설 공법이다.

트레미 공법의 발달과정은 프랑스 기술자 M. Heude 가 1881년 Loire 강의 교량 기초에 목재깔기와 튜브를 이용하여 수중콘크리트를 타설한 것이 최초의 트레미 공법에 의한 시공이며, 1995년 M. Heude 가 이공법의 기술적인 사항을 구체적으로 소개함으로써 근대 트레미 공법의 선구자적인 역할을 하였다.

이것을 시초로 하여 1894년 미국의 시공업자 W. H. Ward 가 8인치 관을 사용하여 수중 타설 함으로써 오늘날 사용되고 있는 실제적인 트레미 공법의 형태를 갖추게 되었으며, 그후 미국에서 이공법을 사용하여 많은 수중 구조물 공사에 대량으로 수중콘크리트를 타설하였다. 최근에는 트레미 공법에 관한 연구가 여러나라에서 활발히 진행되고 있다.

네덜란드 TNO 연구소에서 집중적인 연구 수행 결과 CUR 보고서 (No.56)이 발간되었으며⁽¹⁾, 또한 일본등 여러나라에서는 일반적인 트레미 공법의 문제점을 보완한 NUCS 공법 (이동식 트레미 콘크리트 타설공법) 및 KDT 트레미 공법 (이중 튜브 트레미 공법)등을 응용 개발하여 사용하고 있다.^(6,7,40)

트레미 공법에 의한 수중 콘크리트 타설 방법은 교량과 안벽 기초 공사에 아주 경제적이며, 특히 이공법을 설계, 계획 및 시공에 관한 전문지식이 수반되지 않을 경우, 시공상 결정적인 결함을 초래하게 됨으로 상당한 전문기술이 요구된다⁽³⁾.

3.1.2 기본 원리

1) 트레미 방식

트레미관을 통하여 수중에 콘크리트를 타설하기 시작할때 트레미관내로 물이 들어가게 되면, 콘크리트의 골재분리 현상이 발생하여 콘크리트가 완전한 경화체가 되지 않으므로 이와같은 현상을 방지하기 위해 트레미관 하단에 그림(3.1)과 같은 장치를 부착하였다.

기와같은 부착 장치의 방식에 따라 저개식, 플랜저식, 개폐식, 트레미등으로 나누며, 이들중 가장 일반적으로 시공하기 쉬운 방식은 플랜저식이며, 저개및 개폐식은 물의 흐름이 심한 현장이나 부력의 영향을 심하게 받아, 트레미관 하단에 추를 달아야 하는 특수한 현장 조건외에는 거의 사용되지 않고 있다(7, 8). 플랜저식 트레미에 사용 되는 플랜저는 그림 (3.2)과 같이 고무로 된것과 얇은 철판의 합성으로 된것이 사용된다

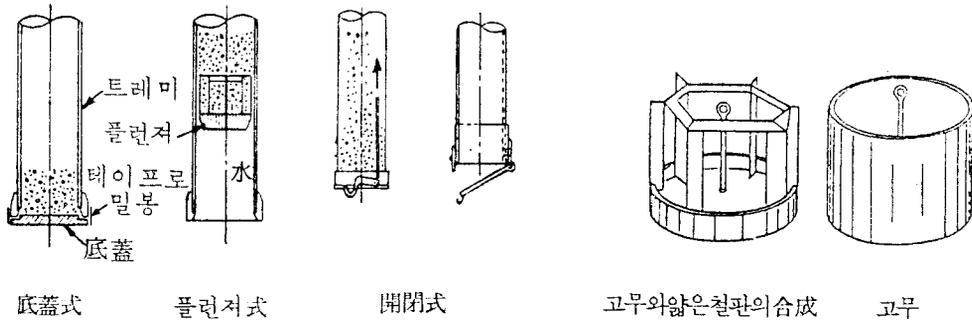


그림 (3.1) 트레미의 방식

그림 (3.2) 플랜저

2) 타설원리

트레미관에 콘크리트를 채운후 트레미관을 20-30 cm 정도 들어 올리면 관내의 콘크리트는 플랜저나 저개를 아래로 눌러 유출하게 되며 그후 호퍼(Hopper)로 콘크리트를 연속적으로 공급하여 타설한다. 이때 트레미관내로 물이 역류하는 것을 막기위해 트레미관의 하단이 초기 타설된 콘크리트속에 최소한 30 cm 이상 묻혀져야 한다(8).

콘크리트 타설면의 상승에 따라 트레미관도 상승시키면서 (1회에 약 2.0 - 0.6 m 정도 상승) 콘크리트를 연속 타설하고 트레미관의 연속적인 상승으로 콘크리트 공급이 곤란할 정도로 올라오면 연결된 트레미관을 분리하여 관의 길이를 조정한다. 콘크리트 타설의 적당한 상승속도는 시공면적에 따라 다르지만 일반적으로 0.5 - 1.0 m/hr 정도이다⁽⁸⁾.

콘크리트를 수중에서 시공할때는 공기중에서 시공할때보다 레이턴스의 발생이 심하여, 아주 세심한 주의를 기울여 시공한 경우라도 레이턴스 두께는 5-10cm 정도 되는 것이 일반적이다⁽⁷⁾.

특히 수중 콘크리트 시공에서는 기타설된 콘크리트를 가능한한 교란시키지 않고 타설하는 것이 가장 중요하기 때문에 트레미관의 수평이동을 원칙적으로 삼가야 한다⁽⁷⁾.

3.1.3 트레미 공법을 개량한 최신 공법

1) NUCS 공법

(1) 개요

NUCS 공법은 종래의 트레미관 하단에 공기로 개폐하는 특수 밸브를 장치하여 콘크리트 타설을 중단 또는 이동할수 있도록 고안된 새로운 수중 콘크리트 타설 공법이며, 트레미관 하단의 외부 3개소에 콘크리트 레벨 검지기를 부착하여 콘크리트 타설표면과 트레미관의 위치관계를

관리하고, 해상에서 콘크리트 타설 상황을 파악할수 있도록 고안된 공법이다.
 특히 새로 개발된 간이응결 경화시험기로 시공 관리를 하는등 철저한 시공 관리 체제를 채택하고 있다 (그림 3.3).

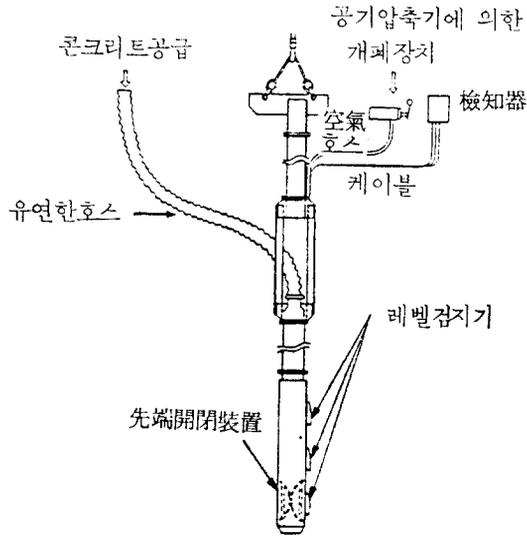


그림 (3.3) NUCS 의 構造

(2) 공법의 장점

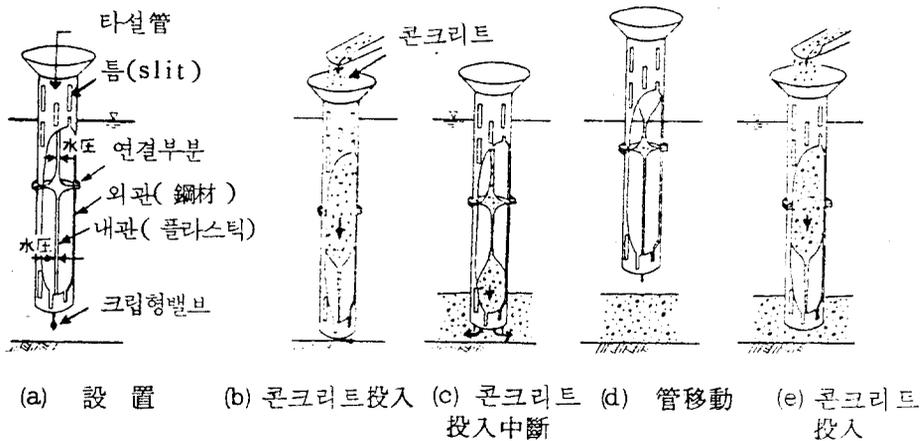
- 타설중이나 이동중에 트레미 관내로 물의 침투나 콘크리트의 수중 낙하가 없기 때문에 골재분리가 일어나지 않아 양질의 콘크리트를 타설할수 있다.
- 타설이 끝난 콘크리트로 부터 트레미관을 빼고 끼울수 있기 때문에 트레미관의 이동이 가능하며 1개당 시공 면적이 대폭 증대된다.

- 콘크리트 레벨 검지기등에 의한 품질관리, 시공 관리가 간단하며 확실한 시공을 할수 있다.
- 콘크리트의 수중낙하가 없기 때문에 주위물의 혼탁을 줄일수 있다.

2) KDT 트레미 공법 (Kajimas Double Tube Tremie Method)

(1) 개요

KDT 트레미 공법 (이중 튜브 트레미 공법)은 일본 가지마 건설에서 종래 트레미 공법의 문제점을 개선하여 수중콘크리트를 좀더 간편하고 경제적이며 양질의 수중 콘크리트를 시공할수 있도록 특수하게 고안한 공법이다. KDT 트레미관은 이중관 (내관과 외관)으로 이루어져 있으며 외관은 강재로 되어있고 물이 스며들수 있도록 여러개의 틈 (slit)을 만들어 놓았으며, 내관은 유연한 플라스틱 튜브로 되어있고 관하단에는 크립 (clip)형 밸브가 부착되어 콘크리트 타설시 물의 유입을 완전히 차단할수 있게 이루어져 있다 (그림 3.4).



그 림 (3. 4) KDT 트레미관의 構造와 打設過程

수중콘크리트 타설방법은 그림 (3.4)과 같이 공급된 콘크리트의 자중에 의해 내관과 플라스틱 튜브가 부풀리면서 관아래로 이동되고, 관하단에 부착된 크립형 밸브가 열림으로써 콘크리트 타설이 시작된다.

콘크리트 공급을 중단하게 되면 크립형 밸브가 닫히고 외관의 여러개 틈을 통해 들어온 물의 압력에 의해서 플라스틱 튜브가 편평하게 오물어 들게된다.

이와같은 원리로 고안된 KDT 트레미 공법은 공급된 콘크리트의 자중, 외관의 틈으로 들어온 물의 수압 및 관하단에 부착된 크립형 밸브의 작동에 의해 양질의 수중콘크리트를 타설할수 있는 특수트레미 공법이다.

특히, 이공법은 도크 기초 슬래브 공사 및 수로저판 철근 콘크리트 공사등의 대량 수중콘크리트 타설공사에 많이 사용되며 고강도가 요구되는 기초 슬래브 공사에 적합한 공법이다.

(2) KDT 트레미 공법의 특징

- 콘크리트 타설을 중단하고 관을 이동시킬때 내관이 편평하게 압축되기 때문에 관내로 물이 유입되지 않는다.
- 관을 이동시켜 재타설할때 관내에 물이 들어있지 않기 때문에 종래 트레미관으로 타설할때 처럼 번거로운 준비작업 없이 이동 즉시 타설할수 있다.

- 관의 설치, 이동 및 조작이 간편하기 때문에 관 한개로 넓은 범위를 타설할수 있다.
- 타설관의 내관이 내구성이 약한 플라스틱 제품이기 때문에 자주 교차해야 하는 결점이 있다 (약 1000 - 1500 m³ 타설후 교차).

3.1.4 트레미 공법에 의한 시공 예

1) Stavanger 부근의 정박장 설치공사⁽¹⁾

(1) 공사 개요

- 노르웨이 서부 해안 Fjord 지역을 가로질러 Stavanger 지역과 Skudeneshavn 사이 (약 40 km)의 운항 시설인 정박장 설치공사로 1977년 봄에 착공하여 1978년 여름에 완공하였다.
- 사적으로 축조된 방파제내에 70 m 길이의 Finger Pier 두 개를 시공하여 3군 데의 정박장을 설치하였다. 이 정박장에는 흘수가 5-8 m 정도 되는 배들이 정박할수 있는 시설이다 (그림 3.5 참조).

(2) 시공 방법

- Finger Pier 의 하중 지지는 트레미 공법으로 타설된 벽체와 기둥으로 지지되도록 시공되었다. 이때 트레미관의 타설수심은 6-11 m 정도이었다.

- 2개의 Finger Pier 사이의 연결부분은 타설된 벽체위에 철근 콘크리트로 된 상판 슬래브를 덮어 배를 정박시킬수 있는 시설및 정박장의 램프(Ramp) 시설을 겸하도록 하였다.
- 트레미관으로 타설된 벽체가 조류에 의한 수평력에 견딜수 있도록 케이슨(돌로 채움)으로 벽체 부분을 보강하였으며, 벽체와 기둥시공등 벽체두께는 최소 60 cm 이상되게 하였고 기둥은 직경 75 cm 로 시공하였다 (그림 3.6 참조)

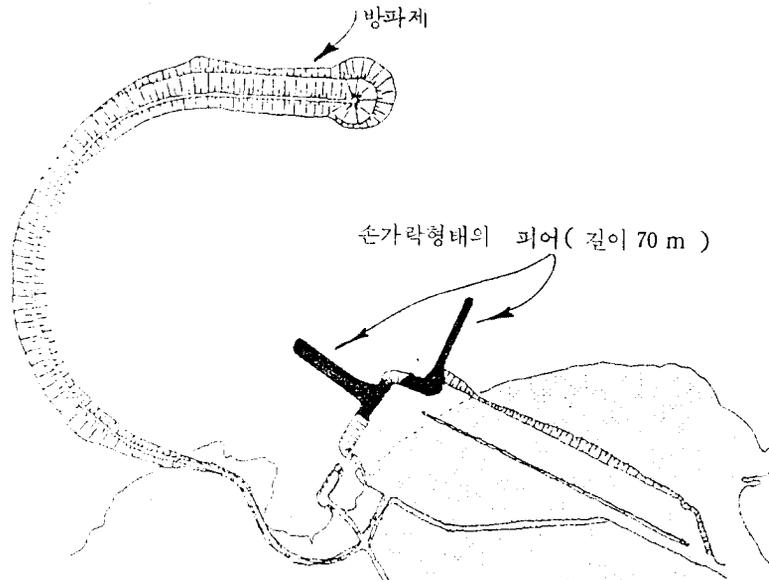


그림 (3.5) Stavanger 부근의 정박장 平面圖

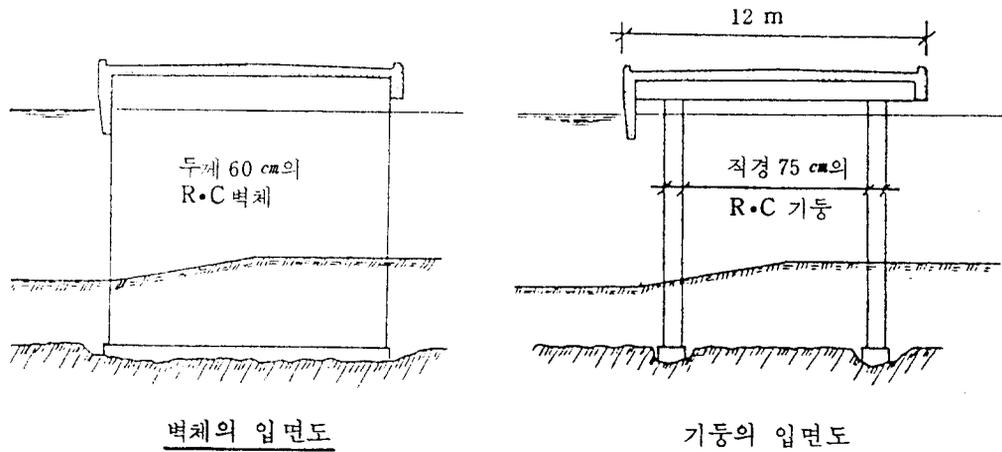


그림 (3.6) 트레미工法으로 打設된 벽체와 기둥

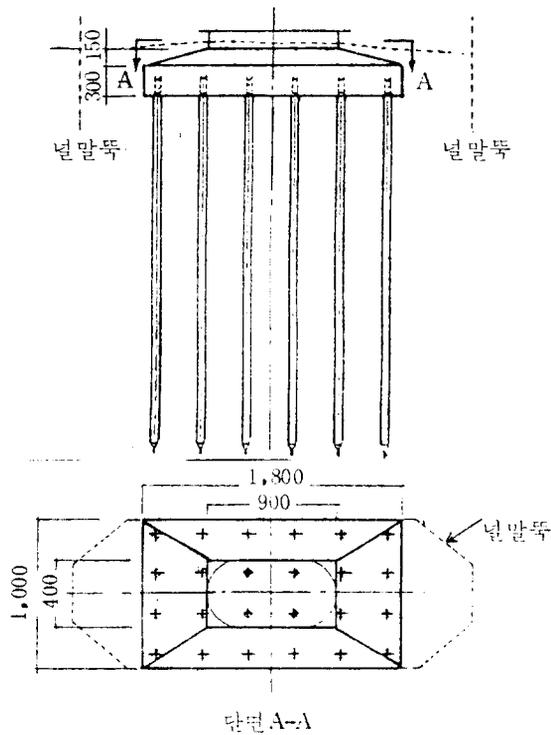
2) Sörstraumen 교 기초공사⁽³⁾

(1) 공사 개요

- 노르웨이 Tromso 시에 있는 Kvenang (250 m 폭)을 횡단하는 고속도로에 설치된 교량의 기초공사이다.
- 교량길이 440 m (주경간: 120 m, 접속경간: 25-30 m)
- 수심은 약 8 로 트레미 공법으로 콘크리트를 타설하여 시공하였다.

(2) 시공 방법

- 해저지반이 연약하여 24개의 강재파일을 박고 그위에 교각기초를 두께 3m, 넓이 10 x 18m로 시공하였다. (그림 3.7 참조)
- 시공 지점은 조류속도는 약 4-5 m/sec 로 콘크리트 타설시 가능한한 조류의 영향을 줄이기 위해 거푸집 주위에 널막뚝 (Sheet Pile)을 박고 시공하였다.



단면 A-A

3.2 프리팩트 콘크리트 공법

3.2.1 개요

거푸집 속에 굳은 골재를 미리 투입하고 골재사이의 공극을 모르터로 채우는 주입공법에는 프리팩트 콘크리트 공법과 콜크리트 공법이 있다.

프리팩트 콘크리트 공법은 일반적인 모르터에 혼화재료를 혼합하여 모르터의 유동성 및 점착성을 좋게하고 팽창성을 갖도록 하여 골재와의 부착력을 증대시켜 충분한 강도를 발현하게 하는 시공법이며, 거푸집 속에 미리 굳은 골재를 채우고 압력을 가해 모르터를 주입하는 방식이다.

프리팩트 콘크리트 공법에서는 공극의 절대치수, 모르터의 주입 방법 및 모르터의 성질 등에 따라 콘크리트의 강도 및 내구성이 다르게 된다. 보통 프리팩트 콘크리트라 하면 시멘트에 분산제와 알미늄 분말을 혼합한 모르터를 주입하여 만든 콘크리트를 말하며, 인트루죤에이드 (Intrusion aid) 를 사용하여 만든 프리팩트 (Prepakt) 콘크리트도 이 범주에 속한다. 또한 완전한 시공과 현장조건에 따라 모르터를 제조하는 과정에서 특수한 혼화재료를 첨가하기도 한다.

이와같은 프리팩트 콘크리트 공법의 적용범위는 다음과 같이 대별된다.

- 수중 콘크리트 공사
- 매스 콘크리트 공사
- 콘크리트 구조물 및 석조구조물의 보수공사
- 프리팩트 콘크리트 말뚝

3.2.2 시공

1) 시공순서

시공전의 현장시험 - 모래의 입도분포 및 세립율, 비중, 단위중량, 현장배합에 의한 수량 보정과 흐름치, 모르타의 팽창과 블리딩 측정, 굵은 골재의 입경, 비중, 공극률, 단위중량등.

- 프리팩트 콘크리트는 일반적으로 그림 (3.8) 에 표시한 요령에 의해 시공한다.

(1) 콘크리트 타설 예정위치의 지반고르기 작업을 한다.

(2) 육상에서 거푸집을 조립한후, 시공현장에 기증기선 등을 이용하여 운반하고 (1)의 예정위치에 고정시킨다.

(3) 거푸집의 저면 및 측면의 주위에 모르타가 새지않도록 방지공을 실시한다.

(4) 거푸집에 조골재를 투입하고, 그것과 병행하여 주입관 및 검사관을 설치한다.

(5) 육상의 모르타 플랜트 혹은 현장부근에 정박시킨 바지선의 모르타 플랜트와 주입관을 모르타 수송관과 연결한다.

- (6) 모르터를 펌프로 압송하여 조골재 사이의 공주를 채운다.
- (7) 주입완료후, 주입관 및 검사관을 뽑아내고 소정의 기간동안 양생시킨다.
- (8) 거푸집을 떼어낸다.

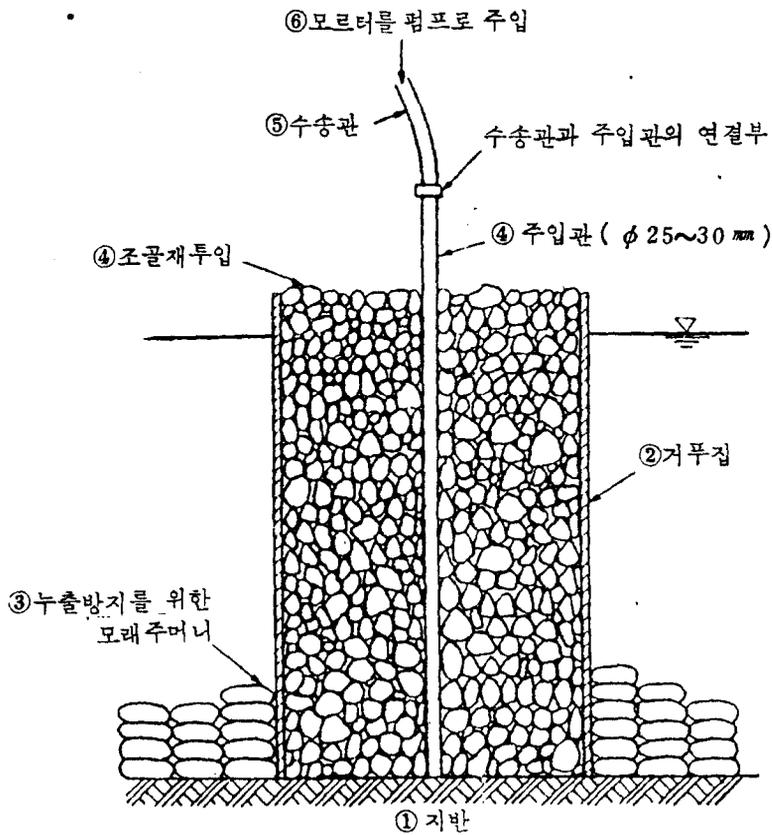


그림 (3.8) 프리패트 콘크리트의 일반적인 施工法

2) 주입관의 배치

주입 파이프의 배치에 일정한 규격을 정하지 않았으나, 시공 기술자의 판단에 의해 간격과 높이를 계획하고 굵은 골재를 주입하기전에 배치를 완료한다. 주입파이프의 내경은 25-38 mm 의 강관으로 간격은 보통 1.0 - 2.0m 로 하며, 지그 재그로 배치한다. 주입파이프의 배치와 모르터 주입시에는 다음과 같은 사항을 고려한다.

- 굵은 골재의 조립율과 최소입경 및 공극율: 핏치를 적게한다.
- 주입 모르터의 흐름값: 흐름값이 크면 핏치를 적게한다.
- 굵은 골재의 건조상태: 육상공 사시에 건조된 굵은 골재가 모르터의 혼합수를 흡수하므로 핏치를 적게한다. 수중공 사시에는 흐름치가 마찰저항 감소로 크게 되므로 핏치를 크게한다.

3.2.3 거푸집

1) 일반 사항

프리팩트 콘크리트 공사의 거푸집은 주입 모르터의 누출방지가 가장 중요하다. 또한 굵은 골재의 채움과 모르터 주입시에 생기는 측압에 거푸집이 견딜수 있는 강도를 가져야 한다.

주입 모르터의 모래 최대 입경이 2.5 mm 이하이고

배합율이 1:1 인 경우를 생각하면, 모래의 규정입도의 상한계 치후 (조한계)를 취해도 0.15 mm 이하의 점유율이 55% 이하

계수치 (세한계)를 취하면 80% 가 되므로 일반 콘크리트의 거푸집 개념으로는 모두 누출되어 버리고 만다. 또 측압은 타설상승속도로 부터 검토하여 지주등을 설치하여 거푸집 붕괴가 일어나지 않도록 하여야 한다.

일반 콘크리트 구조물 공사와는 달리 벽, 기초등의 상부를 개방상태로 시공하지 않고 상부에도 거푸집을 만들어 재하중을 주어 콘크리트의 자유 팽창을 억제하여 강도저하를 방지하는 경우가 있다. 이 상부 거푸집은 구조물의 설계목적에 합치되도록 표면 마무리의 유무에 따라 방법이 달라진다.

거푸집의 종류는 목재 거푸집, 강재 거푸집 및 공사 목적에 맞게 개량한 특수 거푸집으로 나눌수 있다.

2) 모르타의 누출방지공 (50)

주입 모르타는 유동성이 크므로 응결시간도 길기 때문에 미세한 공극를 통해서도 유출이 용이하다. 그러므로 거푸집 연결틈 및 거푸집과 기초면과의 틈에서 유출이 일어나지 않도록 해야 한다. 유출을 방지하는 방법은 다음과 같은 것이 있다.

- 목재 거푸집은 연결부위를 요철식으로 한다.
- 목재 거푸집의 판넬연결은 표면에 포를 붙인다.
- 강재 거푸집은 연결부위를 가능한 한 적게하고 용접으로 연결한다.

- 거푸집과 거푸집을 연결할 경우에는 방킹재로서 마포를 쓰거나 스펀지판 (두께 1 cm 정도), 아스팔트 피치 혹은 고무 시이트 (rubber sheet 두께 3 mm 정도)를 끼우고 볼트로 조이거나 고무벨트로 묶는다 (그림 3.9)

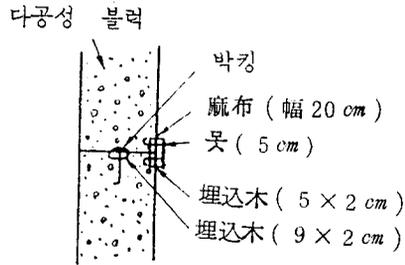


그림 (3.9) 셀룰러블럭을 사용한 모르터의 누출방지시공

3.2.4 시공 관리

프리팩트 콘크리트는 수중에 공사하는 경우가 많으며, 모르터 주입 완료 후에 소정의 모르터 품질이 확실히 조골 재속에 충전되었는가의 여부를 확인하는 것이 어렵다. 그러므로 시공중의 관리가 중요하며 신중한 품질관리를 하여 소요의 품질을 갖는 균일한 프리팩트 콘크리트를 타설하도록 하여야 한다. 품질관리 항목은 표 3.1에 간단히 표시하였다. 관리항목은 각각 목적이 상이하어 앞 항목에 대해 계속해서 관리시험을 실시한다 해서 반드시 효과가 있다고 할수 없다. 공사의 규모, 구조물의 중요도, 시공조건등에 결부된 시험항목을 선정하는 것이 필요하다. 일반적으로 모래의 표면수, 모르터의 유동성 및 팽창율, 모르터 주입량, 프리팩트 콘크리트의 강도등을 확실히 하지 않으면안된다.

表 (3.1) 프리팩트 콘크리트의 品質管理

	分類	項 目	試驗方法 또는 管理方法	主 要 目 的
施工 中의 品質 管理	使用材料	모래의 粒度 모래의 表面水 各 材料의 溫度變動	溫度測定	모르터가 所定의 流動性 및 膨脹性을 갖는가를 管理
	모 르 터	콘시스텐시 膨脹率 블리딩率	流出率試驗 膨脹率試驗 블리딩率試驗	所定의 品質을 갖춘 모르터의 연속적 생산상태에 대한 관리
	注入管理	注入모르터의 流動 경사(打設높이)	檢知計	施工量의 確認 및 재료분리가 발생하지 않는 경사를 檢토
		모르터注入量	配合 배치 數 記錄	모르터량의 確認 및 거푸집누출에 대한 檢토
注入모르터의 溫度		溫度測定	모르터의 流動性 및 膨脹性에 대한 관리	
施工 後의 管理	壓縮強度	모르터 프리팩트 콘크리트	프리팩트 콘크리트의 壓縮強度試驗	所定의 強度를 갖는 콘크리트가 생산되는지를 管理

3.3 콜크리트 공법

3.3.1 개요

콜크리트 콘크리트 공법은 주입공법의 하나로서 시공과정이 프리팩트 콘크리트 공법과 유사하나 모르터를 생산하는 과정이 다소 다르다. 콜크리트 공법의 기본원리는 적용범위에 따라 각기 다른 혼합비율로 혼합 제조한 특수 모르터의 생산에 있다. 콜크리트 모르터는 배합하는 과정에서 화학적인 첨가물을 가하지 않아도 모르터의 유동성이 매우 우수하다.

이공법은 1930년 영국에서 S. Morgan Pickersgill 및 J. G. Gammon 에 의해 개발되었으며, 1954년 이래, 독일에서 수리분야 및 구조물 건설분야에 사용하였고, 하천의 제방, 해안 보조구조물,

발전소 및 원자로의 대형기초, 옹벽, 교각, 지하구조물 등에 이르기 까지 적용범위가 광범위하다.

콜크리트 모르터의 배합은 믹서내에서 두작업과정을 거치며 대부분의 믹서는 작업을 신속히 하기위해 믹서내부에 2개의 믹서드럼을 갖추고 있다. 우선 물과 시멘트를 잘 혼합하여 작은 구멍 (slot)을 통해 압력을 가하여 빠른 속도로 통과시켜 큰 전단력과 마찰력에 의해 결합재가 잘 분포되고 충분히 포화되도록 한다. 이렇게 하여 제조된 겉 모양의 수경성 제품을 코로이드 모르터라 하며, 화학적 추가물을 첨가하지 않아도 유동성이 좋고 장기간 재료 분리를 일으키지 않는다. 필요에 따라 다음 혼합과정에서 모래의 입경이 0/2 - 0/4mm 인 결합재-물 혼합에 입경 8 mm 까지의 모래와 분말로 된 혼화재 (화산재, 플라이 애쉬)를 추가 혼합한다.

콜크리트 모르터는 배합과정에서만 물과 결합하며 수중에서 재료 분리를 일으키지 않는 특성을 갖고 있다. 또한 우수한 유동성으로 펌프 효율이 높고 내구성이 좋으며 굳은 후에는 불투수성이 된다.

3.3.2 모르터 제조

콜크리트 공법의 특징은 콜로이드상의 모르터를 생산하는 데 있으며 모르터의 제조는 그림 3.10 과 같은 믹서로 한다.

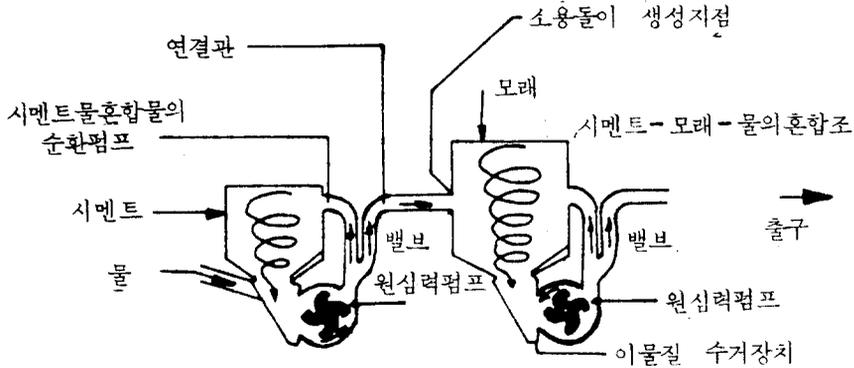


그림 (3.10) Colcrete 믹서

왼쪽에 있는 믹서로 물과 시멘트를 잘 혼합하고, 물과 시멘트의 혼합체에 0/8 mm 의 모래를 투입하여 오른쪽의 믹서로 다시 혼합한다. 혼합시간은 전과정에 걸쳐 1-2분 정도로 한다.

충분히 혼합된 모르터는 높은 유동성과 낮은 침전성을 갖으며 전체적으로 균등한 품질을 갖는다. 모르터에 화산재, 플라이 애쉬 및 그밖의 혼화재를 첨가할 경우에는 첫번째 믹서인 왼쪽 믹서에 투입하고, 경량 골재와 같은 기타 첨가물의 혼합은 오른쪽의 믹서에서 한다.

3.3.3 콜크리트 모르터 및 콘크리트의 특성

1) 콜크리트 모르터

콜크리트 모르터는 물, 결합재 및 모래를 특수 믹서에서 혼합시켜 생산한다. 이때 모래의 최대입경은 4 mm 이나 일반적으로 0/2 mm 인 자연상태의 모래를 사용한다.

이공법의 특수한 점은 코로이드상의 균일한 콘시스턴스와 유동성을 갖는 모르터에 있으며, 물 시멘트비의 범위는 보통 0.5 - 0.65 사이에 있다.

콜크리트 모르터는 재료 분리를 일으키지 않으며 높은 유동성 때문에 코로이드 특성과 점착성이 저해되지 않고 가는관이나 호스를 통해 먼거리 수송 및 높은 위치의 공급이 가능하다.

2) 콜크리트 수중 콘크리트

수중에 사석을 쌓고 공극에 모르터를 주입하였을 경우에도 우수한 결합력을 나타내며, 유속이 큰 지역의 모르터 주입 시공역시 가능하다. 유속이 커서 수중작업이 곤란할 경우에는 콜크리트를 이용한 필터매트를 설치하거나 시이트 파일 (Sheet Pile) 또는 카퍼댐 (Coffer Dam)을 축조하여 유속의 영향을 피한다.

3) 콜크리트 필터 콘크리트

콜크리트 필터 콘크리트는 콘크리트 제조 기술상의 합당한

규정에 따르며 투수성을 갖는 다공성 콘크리트로 생산한다. 골재의 크기는 2, 4, 8 및 16mm 인것을 사용하며 단위 시멘트량의 범위는 $240-400 \text{ kg/m}^3$ 정도이다. 해안의 파도 및 파랑에 의한 침식에 대해 안정성을 보장하기 위해 혼화제를 첨가하기도 한다. 쿨크리트 필터 콘크리트의 강도는 일반적으로 5 N/mm^2 에 달하고, Darcy 법칙에 따른 투수 계수는 약 $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 정도이다. 시공 시의 콘시스턴스는 필터 설치위치 및 골재 상태에 따라 좌우된다. 필터 콘크리트의 적용범위는 하천 및 항만의 수로에 대한 사면 및 방파제이다.

4) 쿨크리트 콘크리트

골재의 크기가 40 mm 이상인 기투입된 굵은 골재의 공극을 쿨크리트 모르타르로 채워서 콘크리트를 만든다. 이 경우 쿨크리트 모르타르는 물의 중량의 2배에 달하므로 간극공간의 물을 배제시키며, 굵은 골재와 결합하여 수축이 적고 발열량이 적은 수밀한 콘크리트를 만든다.

5) 쿨크리트 그라우팅

그라우팅용 특수 쿨크리트를 사용하며 미세한 틈을 채운다. 이용 범위가 일반적인 시멘트 그라우팅보다 광범위하다.

3.3.4 시공

1) 사면 사석 쌓기 (Steinverguss)

해안 보호를 위해 사면에 사석을 붙이고 사석 사이의 공간을 콜크리트 모르타르로 완전히 채워 유수를 차단한다 (그림 3.11.)

이때 규격이 큰 돌을 이용하여 사면을 보호하는 것은 비경제적이므로 직경이 약 15 cm 인 작은 돌을 사면에 쌓는다.



그림 (3.11) 사면 사석 쌓기

2) 투수성 호안공 (Steinverklammerung)

호안공의 비탈면에서 사석을 쌓고 전체를 일체화한 사면 사석 쌓기와 달리 사석사이의 공간을 부분적으로 채우므로 투수가 가능하게 하며 지하수압과 수로측의 수압차가 발생하지 않도록 한다 (그림 3.12)

이때 사면의 미립자의 유실을 방지하기 위해 필터매트를 설치한다. 이와같은 구조물은 운하의 종단면, 사면및 하천의 저면이 세굴되지 않도록 하기위해 축조된다.



그림 (3.12) 사면사석쌓기 (부분채움)

3) 쇄석 호안 보호공 (Schottereingussdecken)

사면 사석쌓기 완전채움 및 부분채움의 중량은 600 kg/m^2 에 달한다. 이와같은 중량을 요하지 않는 호안보호공 즉, 수면 변화부분위의 사면보호공사를 위해 쇄석 호안공을 시공한다. (그림 3.13)



그림 (3.13) 쇄석호안보호공 : 쇄석입경 80 ~ 120 mm, 單位面積當 콜크리트타설량 40ℓ/m²(施工後 10년경과, 독일 Weger 강)

4) 콜크리트 매트

콜크리트 콘크리트 매트는 1965년 개발되어 현재까지
 특허로 되어 있으며, 이중겹으로 된 합성 섬유 의 파열강도는
 120 KN/m² 에 이른다. 콜크리트 매트의 내부는 콜크리트
 모르타르로 채우며, 매트 두께는 매트를 구성하고 있는
 한 단면의 면적과 인장강도가 8 KN/m² 인 폴리에스터
 막대 (간격 유지대)에 의해 결정된다.

그림 (3.14)는 콜크리트 매트의 종류를 나타내고 있다.
 콜크리트 매트의 시공은 기상조건에 관계없이 시공 가능하며
 난공사의 수중시공도 가능하다. 현장에 펼쳐놓은 합성
 섬유의 내부에 호수를 통해 콜크리트 모르타르를 주입한다.

콜크리트 콘크리트 매트 설치는 경사도가 1:1인 경사까지 사용할수 있으며 매트의 크기는 원하는 크기로 조정하여 공급할수 있다.

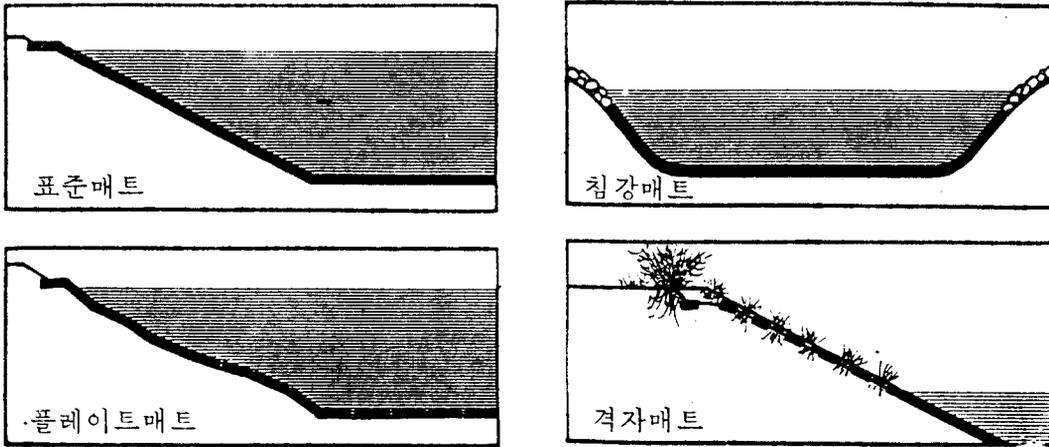


그림 (3.14) 콘크리트 매트의 種類

사용 용도에 따라 콜크리트 콘크리트 매트는 재료적인 특성, 즉 투수 계수, 유연도 및 중량을 다르게 한다. 콜크리트 매트의 두께는 토압의 대소에 따라 변하며, 그 범위는 10-40 cm 이다. 단위 면적 중량은 220 kg/m^2 - 880 kg/m^2 로 점착성이 우수하다. 또한 콜크리트 매트는 영구적인 구조물로서 해수에 강하며 유해물을 함유한 물에서도 성질의 변화가 둔감하다.

3.4 시보 공법 (Sibo Method)

3.4.1 개요

수중 콘크리트 구조물의 수요가 급증함에 따라 종래 수중 콘크리트 시공상의 문제점, 즉 트레미관 (Tremie Pipe), 콘크리트 펌프 (Concrete Pump), 및 버킷 (Bucket) 등을 사용하여 일반 콘크리트로 시공하였는데, 특히 굳지않은 콘크리트 (Fresh Concrete)가 주위의 물에 씻겨 골재가 분리되는 것과 같은 시공상의 문제점을 해결하기 위해 구미 여러나라 및 일본등에서 끊임없는 연구와 노력을 기울이고 있다.

특히 서독 "Sibo Group"에서는 종래 수중 콘크리트 시공상의 문제점을 거의 완벽하게 해결한 수중 콘크리트 하이드로 크리트 (Hydrocrete)를 개발하여 특허를 얻었으며, 1974년 북부독일의 Mitterland 수로공사에 하이드로 크리트를 최초로 사용하였다. 그후 수년간의 현장 시험 타설을 통해 1977년 부터 수중 콘크리트 구조물 시공에 본격적으로 이용하기 시작하였으며, 1978년 캐나다, 토론토, Ontario 호의 Bruce 원자력 발전소의 수중구조물에 하이드로크리트를 대량 시공하였다.

최근에는 고강도 콘크리트가 요구되어지는 해양 구조물에 사용하기 위해 특수 고강도 하이드로크리트가 개발되어 노르웨이 시공사 (Norwegian Contractors)에 의해 노르웨이의 "Statfjord C 플랫폼" 시공에 사용되어 졌다 (32, 43)

근간에는 하이드로크리트를 개발한 서독뿐만 아니라 노르웨이, 영국, 일본등 여러나라에서 서독으로 부터 기술을 도입하여

자체적인 기술 개량을 통해 하이드로크리트를 수중구조물공사에 대량 이용하고 있으며, 또한 시공 기술도 개발되어 수심 약 220 m 아래에서도 시공 가능함은 물론 수중에서 약 20 cm 두께의 콘크리트 슬래브 시공도 가능하게 되었다.

이와같이 하이드로크리트는 종래 수중 콘크리트 시공상의 문제점을 거의 완벽하게 해결한 신기법으로서 종래의 수중콘크리트 개념을 없애고 좀더 새로운 시야에서 수중 콘크리트 시공을 할수 있게 되었다.

3.4.2 하이드로크리트의 특성(25-36)

하이드로크리트는 고분자계 (Cellulose Ether 계) 혼화제를 첨가한 것으로서 일반 콘크리트에서는 전혀 찾아볼수 없는 특수한 특징을 지니고 있다. 주요한 특징은 다음과 같다.

- 1) 그 주요 특징으로는 혼화제 (UWB)의 효과에 따라 굳지않은 하이드로크리트 (Fresh Hydrocrete)로 인해 시멘트, 세골 재 및 조골 재 등 구성 입자의 점착성이 높아 수중에 직접 자유 낙하 (Freefall)시켜도 시멘트의 씻겨나감이 극히 적고 골재 분리 현상이 발생되지 않는다. 또한 타설 직후 굳지않은 상태에서 유수나 파랑의 영향으로도 골재 분리 현상이 발생되지 않으며, 타설시 파속 3 m/sec 까지는 영향을 받지않고 타설할수 있다.

- 2) 하이드로크리트는 유동성이 우수하기 때문에 외부 진동 없이도 자중에 의해 자체적인 다짐과 수평이 이루어져 조밀하고 균질한 구조물을 시공할수 있다.
- 3) 하이드로 크리트는 동결현상 (Freezing)에 대한 저항성이 크며, 투수 기능이 있는 투수성 콘크리트를 수중에 직접 타설하여 시공할수 있으며, 모르타와 시멘트플 (paste) 형태로도 사용할수 있다.
- 4) 수중콘크리트 타설시 주위의 물이 혼탁되지 않고 깨끗한 상태에서 시공할 필요가 있을 경우, 종래 수중콘크리트 시공법 (트레미관, 콘크리트 펌프, 버킷공법)과 조합시켜 시공하면 더욱 좋은 결과를 얻을수 있다.
- 5) 하이드로크리트는 수중에서 약 20 cm 두께의 얇은 슬래브를 넓은 면적에 시공 가능하고, 점착력이 우수하기 때문에 약 220 m 의 깊은 수심에서도 시공이 가능하다.

3.4.3 시공 예

하이드로크리트를 이용한 실제 적용분야는 운하, 호안공사, 수문공사, 교각보강공사, pipe line 기초와 보수공사, 안벽 개량공사, 발전소 취수공사등 다양하게 이용되며, 향후 북해 유전개발을 위한 플랫폼 설치에 대량 이용할 계획이 추진중에 있다.(33-36, 43)

아래에서는 몇가지 시공 예를 소개한다.

1) 플랜트 시설 기초공사

이공사는 서독 프랑크 푸르트의 화학공장 플랜트 시설 기초공사로 1979년 시공하였으며, 바닥기초를 하이드로크리트로 타설함으로써 완전한 수밀성과 양압에 견딜수 있도록 저항중량이 요구되는 공사이다.

구조는 그림(3.15)과 같이 강제 토류판을 설치하여 하이드로크리트를 수중 시공하였다.

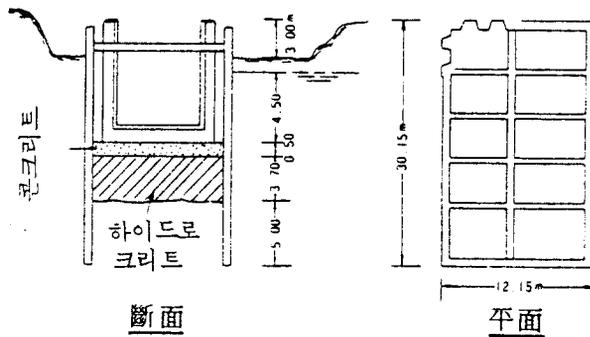


그림 (3.15) 平面 및 斷面圖

2) 운하의 호안 보호공사

서독 Osnabruck 에 위치한 중앙운하는 근래들어 이운하를 이용 하는 선박들이 1000 - 2000톤 급으로 대형화됨에 따라 종래의 운하폭과 수심을 늘리는 공사와, 선박에 의해 발생되는 파력에 견딜수 있도록 호안을 개량하는 공사를 하였다. (1978년 시공)

시공은 파력에 견딜수 있도록 호안의 비탈면을 보호하기 위해 20-25 kg 의 조약돌 (표석) 을 사용하여 약 40cm 의 두께로 깔았으며, 조약돌의 이동 및 조약돌의 아래부분이 침식, 함몰되지 않도록 하이드로크리트를 조약돌 사이에 채워넣어 조약돌을 고정시켰고 이시공에는 특수 작업선 (길이 20m , 폭 10m 인 쌍동식 작업선) 이 사용되었다 (그림 3.16)

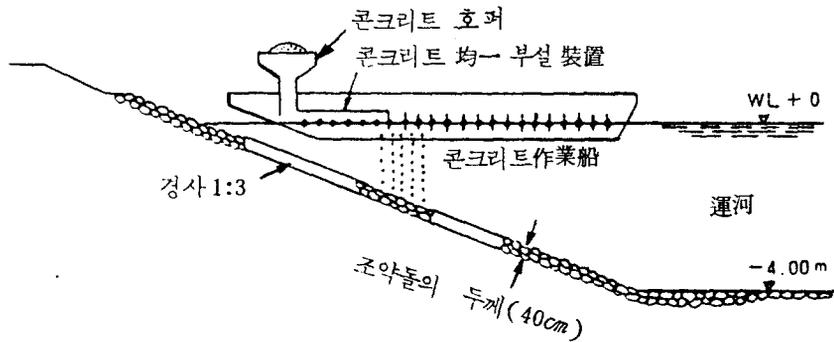


그림 (3.16) 施工 概略圖

3) 북해의 플랫폼모형 설치공사

축척 1/4의 플랫폼 모형을 북해의 수심 약 35m 에 설치하여 하이드로크리트로 고정시켰다.

플랫폼 기초는 정육각형 RC 구조로서 함브르크 조선소에서 제작하여 기초하단의 가장자리를 해저 지반위에 거치시킨후 기초와 해저사이에 하이드로크리트를 주입, 타설하여 고정시켰다. (그림 3.17)

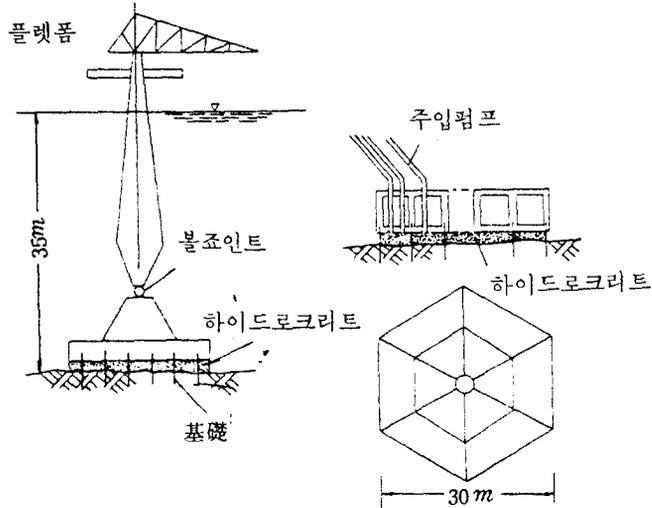


그림 (3.17) 模型 플랫폼의 施工例

4) 고각 보강 공사

서독 Osnabruck 에 있는 중앙역 고각보강공사로 1920년 석조로 시공한 고각 기초 일부분의 세굴 부분을 보강하고, 고각구체가 빙해의 영향으로 파손되는 것을 막기위해 하이드로크리트를 사용하여 1974년에 보강, 시공하였다 (그림 3.18)

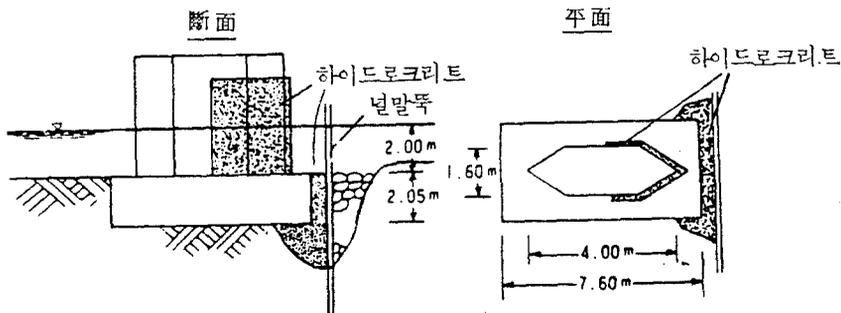


그림 (3.18) 平面 및 斷面圖

3.5 사베마 공법

3.5.1 개요

사베마 공법은 수중콘크리트 타설 공법으로 종래 이용되어 오던 트레미 공법을 스웨덴 국립 도로국이 개량하여 단점을 보완하고 사베마사가 더욱 연구 개발하여 특허를 얻은 공법이다.

이공법은 1970년대 후반에 소개되었으며, 1980년에서 1982년까지 약 150여개의 수중콘크리트 구조물을 성공적으로 시공함으로써, 특수혼화제 개발에 의한 공법이 아닌 장비개발에 의한 신공법으로 등장하였다.

사베마 공법의 특징은 굳지않은 콘크리트로 부터 시멘트 유출을 방지하기 위해 타설관 하단에 특수 설계된 밸브를 부착하고 타설 속도를 높이기 위해 장소이전이 용이한 다굴절법을 이용하였다는 것이다. 이렇게 함으로써 수중 콘크리트 타설시 가장 문제가 되었던 재료분리 현상을 막을수 있으며 타설관을 별도로 설치하지 않고서도 수중콘크리트를 타설할수 있게 되었다.

또한 장비 개발에 의한 공법이므로 소요인력을 줄일수 있으며 관리및 조정이 편리하다. 이공법은 주로 교량의 기초공사에 사용되며 도선장, 도크등의 항만시설 및 호안공사에도 적용 가능하다.

3.5.2 공법 원리

타설관 하단에 고정시킨 특수 밸브의 작동은 공기작동방식으로 개폐하며 다굴 절뚝 (boom)에 연결하여 종방향 및 횡방향 이동이 자유롭다. 타설관 하단에 부착된 밸브는 그림 (3.19) 과 같은 구조로 되어있다.

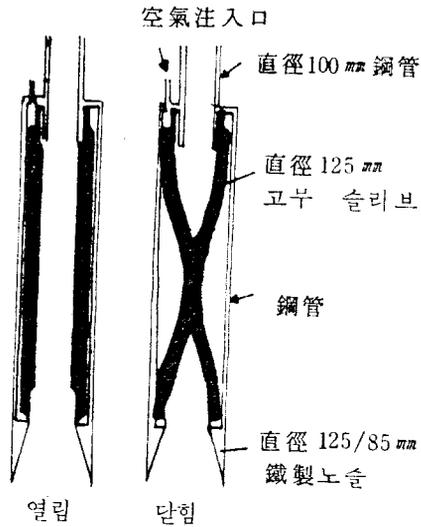


그림 (3.19) 펌핑봄의 打設밸브

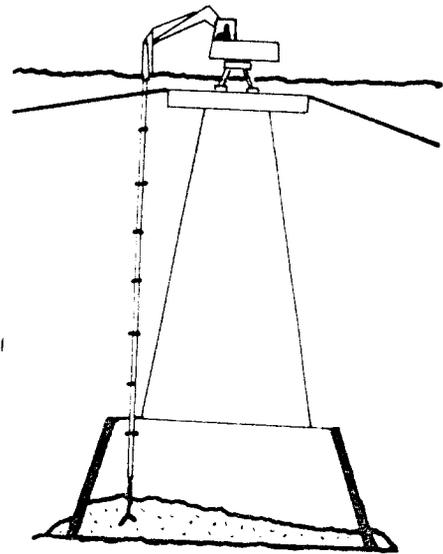


그림 (3.20) 水中콘크리트 打設

고도의 측정장비와 조정술로 작업자는 거푸집내에서 밸브가 작동하는 위치를 정확하게 파악할수 있고, 콘크리트의 두께도

측정할수 있으며, 콘크리트 펌프로써, 타설속도를 조절할수 있다. 또한, 자유자재로 콘크리트 타설 및 중단이 가능하다. 육상이나 해상 바지선 위에 설치된 타설장비는 콘크리트 펌프, 공기압축기, 다굴절마스트 (Articulated Mast)로 구성되어 있다. 다굴절 마스트는 타설관과 밸브에 연결되어 있고 밸브에는 펌프의 진동을 줄여주는 조정팔 (Adjustable Arm)이 있다. 콘크리트는 육상에서 배합하며 육지로 부터 멀리 떨어진 해상타설인 경우 이동식 믹서기에 콘크리트를 담아 물위에 있는 바지선에 옮겨 싣는다. 그리고 콘크리트를 폐밸브 (Closed Valve)까지 타설관을 통하여 펌핑 시킨후 타설위치에 타설관을 내려놓아 타설을 시작한다. 타설은 거푸집 바닥에서 시작하여 위로 실시한다. 즉, 기타설된 콘크리트가 새로 타설한 콘크리트를 밀어 올린다. 그렇게 되면 콘크리트슬러지와 다른 부유물질이 콘크리트 표면으로 올라온다.

보통 콘크리트 에서는 콘크리트 내부에 부유물질이 남아있는 경우가 많지만 사베마 공법에서는 거의 없다.

복잡한 시공인 경우에는 수중 비디오 카메라를 잠수부가 사용 할수도 있다. 수중 콘크리트 타설장면이 그림(3.20) 과 같다.

3.6 기타 공법

3.6.1 밀열림 상자 및 밀열림 포대 공법

밀열림 상자 및 밀열림 포대를 이용하여 수중콘크리트를 타설하는 방법은 콘크리트를 가능한 물과 접촉되지 않도록 하기 위해 상자나 포대를 이용하여 타설하는 방법으로 가장 원시적인 수중콘크리트 타설공법이다.

타설과정은 로프로 연결된 밀열림 상자나 포대에 단위 시멘트량 370 kg 정도 그리고 슬럼프치 10-15 cm 의 콘크리트를 담아서 수저의 타설위치에 내린후 밀을 열어 콘크리트를 타설한다.

이때 밀열림의 조작용 잠수부가 행하는 경우와 작업원이 수면상의 비계에서 행하는 경우가 있다.

3.6.2 포대 콘크리트 공법

올이 거친 합성수지류나 황마로 된 용량 0.03 m^3 이상의 포대에 슬럼프치가 7-12 cm 정도 되게 배합한 콘크리트를 약 2/3정도 채우고 그 입구를 꼭 묶어 콘크리트가 굳기전에 수중에 쌓아 시공하는 방법이다.

시공법은 다음과 같다.

- 용량 0.03 m^3 이상의 포대를 준비한다. 포대의 크기는 시공순서, 잠수부의 작업능력, 포대재료의 강도등을 고려하여 정하는데 주로 올이 거친 합성수지류나 황마로 만든 포대를 사용한다. 이때 유해물이 붙어있는 포대를 사용해서는 안된다.

- 포대용량의 2/3 정도 콘크리트를 채워 그 입구를 묶는다.
콘크리트를 포대용량의 2/3 정도 채우는 이유는 콘크리트
자중에 의해 포대가 자유롭게 변화하여 인접포대와 서로
잘 정착되도록 하기위한 것이다.
- 잠수부가 포대를 길이와 마구리층으로 번갈아 쌓는다.
번갈아 쌓는 이유는 포대전체를 일체로 작용시키기 위한
것이며 특히 필요에 따라 철근을 사용하여 일체를 확실히 한
시공에도 있다.

3.6.3 버킷 공법

이공법은 물이 들어오지 않게 제작한 버킷에 공기중에서 배합한
콘크리트를 채워 타설지점으로 서서히 내려 타설하는 공법으로
대규모 안벽공사등에 주로 사용하는 공법이다.

이공법의 타설 순서는 다음과 같다.

- 버킷 전부의 타설구가 정상적으로 개폐되는지 확인한다.
- 배합된 콘크리트를 버킷에 담고 버킷으로 물이 유입하지
않도록 완전히 밀봉한후, 수중 타설위치까지 내린다.
- 버킷이 타설위치에 도달하면 버킷 저부의 타설구를 열어
콘크리트를 타설한다.

3.6.4 호퍼 (Hopper)공법

호퍼공법은 네델란드에서 널리 사용되고 있는 공법으로 이공법은 굳지않은 콘크리트를 특수 제작한 호퍼에 담아서 가능한 물과의 접촉을 줄이며 수중에 콘크리트를 타설하는 공법으로서 그 순서는 다음과 같다.

- 공기중에서 굳지않은 콘크리트를 호퍼에 담는다.
- 호퍼를 타설 예정지점위로 이동시킨다.
- 호퍼문을 타설지점 위에서 열어 타설을 시작한다.

3.6.5 펌핑 공법

펌핑공법은 성능이 우수한 콘크리트 펌프를 개발하여 이를 수중 콘크리트 타설에 이용한 공법으로서 직경이작은 타설관을 통해 콘크리트를 펌핑하여 타설하는데 주로 타설관으로는 강관이나 호스를 사용한다. 이공법의 타설 순서는 다음과 같다.

- 콘크리트 타설관이나 수심이 깊은 곳에서 호스를 부착하여 연장시킨 다음 수중에 잠강시킨다.
- 타설관은 펌프boom)을 이동시켜 수중 타설현장에 위치시킨다.
- 관이나 호스속에 물과 공기를 배출시키기 위해 펌핑을 하여 압축시킨 다음 콘크리트를 주입하여 펌핑시킨다.
- 콘크리트를 타설한다.

3.6.6 수압밸브식 공법 (Hydraulic Valve Method)

이 공법은 수중 콘크리트 타설시 발생하기 쉬운 골재분리현상을 방지하기 위해 중요한 구조물 시공에 사용토록 개발된 공법이다. 수압밸브식 공법은 네델란드의 Gouda 에 있는 International Foundation 회사가 개발한 공법으로 정확한 시공을 요하는 철근 콘크리트 슬래브 (Slab) 및 보 (Beam) 등의 수중구조물에 많이 사용되는 공법이다. 이공법에 사용되는 수압밸브장치 및 타설방법은 다음과 같다.

1) 수압 밸브 장치의 구조

수압밸브 장치의 구조는 윗부분에 위치한 깔대기에 공급된 콘크리트를 튜브로 이동시키고, 깔대기에 연결된 유연성 제품으로 된 튜브는 콘크리트를 재료 분리없이 밑바닥까지 이동시키며 튜브 하단에 부착된 강제 원통관은 타설지점에 튜브의 고정 및 튜브를 보호하는 역할을 하며, 강제 원통관은 사슬로 연결되어 타설깊이에 따라 항상 조절할수 있게 되어있다.

나) 타설 방법

- 타설기구를 실은 배를 타설지점위에 정박시킨다.
- 사슬을 이용하여 강제원통관을 수저 타설 예정지점에 위치시킨다.

- 깔대기 안에 채워진 콘크리트는 콘크리트덩이가 되어 유연성을 지닌 튜브를 통하여 천천히 밑으로 내려가면서 타설이 된다. (그림 3.20)
- 콘크리트가 채워지지 않은 튜브는 외부 수압에 의해 압축이 되고 이때 튜브는 콘크리트의 자중, 외부압력 및 튜브와 콘크리트 사이의 저항력등이 발생된다 (그림 3.21b)
- 타설하는 동안 외부수압이 튜브를 압축하면 콘크리트가 공모양 (그림 3.21 a)으로 되어 그림에서 처럼 타설된다

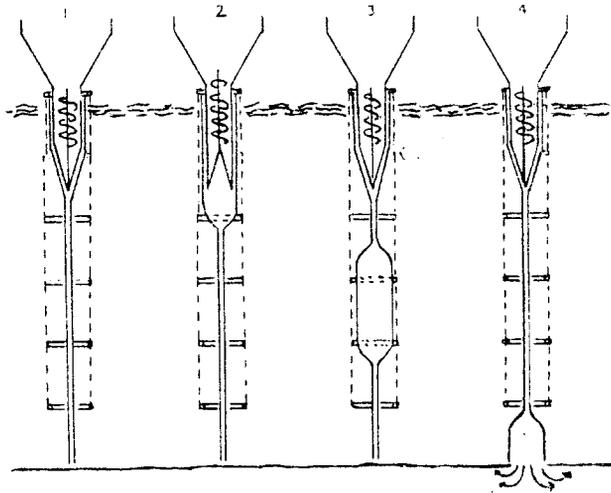


그림 (3. 20) 水壓밸브工法の 打設過程

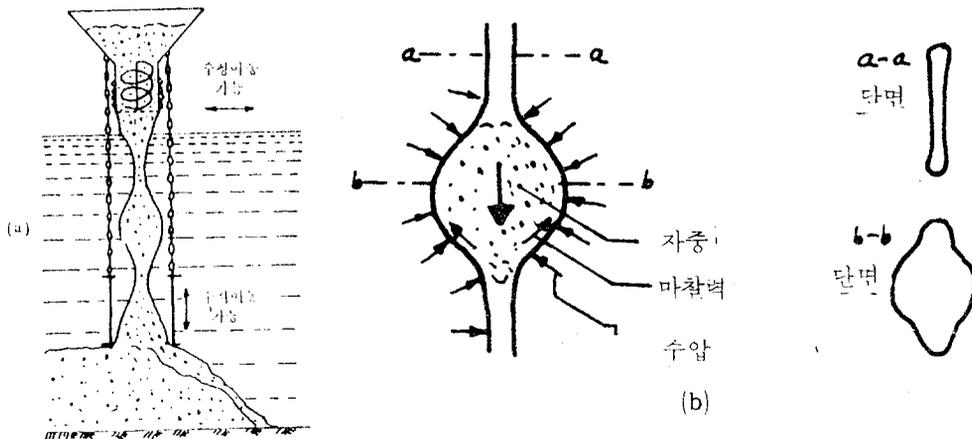


그림 (3. 22) 水壓밸브工法の 原理

4. 공법비고

구분	중 래 공 법						신 공 법			
	민원인 상차 및 포대중법	포대콘크리트 공법	여기 공법	오며 공법	방임 공법	수압 배반시 공법	주 입 공 법	드 레 이 공 법	사 예 마 공 법	시 보 공 법
공법개발년도 및 개발국							1947 미국	1985 노르웨이	1970년대 후반 스웨덴	1974 서독
타설 방법	콘크리트 담요 미연리 상차나 포대를 타설 위치까지	콘크리트를 채운 포대를 그대로 쌓아올림	콘크리트를 담은 버킷을 타설 위치까지 내려서 타설	오며 타설	콘크리트 펌프에 호스를 연결하여 타설지점까지 내려서 타설	특수 고안된 수압 배반식 관용 이용 하여 타설	프리캐스트와 타설 방법 동일	드 리 이 간을 타설 위치까지 내린 후 용하여 콘크리트 타설	특수 고안된 콘크리트 타설장치 (콘크리트 펌프의 끝부분으로 된 특수장비)를 이용하여 타설	직접성이 강한 특수 혼합재를 용이한 마이드로크리트를 타설 지점에 직접 수송 타설
타설시 문제점	본리 연상이 많이 발생하여 양생부 낙은 강도치로 낙타남.						콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남
각 공법의 특징	가장 원시적인 방법이나 강도가 요구 되지 않는 소규모 공사등에 많이 사용	수직이 양면이며 오목이 양면 경우엔 적함	시공법이 용이 하며 수직력을 크게 받은 기초 공사에 적합	수직이 양면이며 오목이 양면 경우엔 적함	수직이 양면이며 오목이 양면 경우엔 적함	수직이 양면이며 오목이 양면 경우엔 적함	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남
장 점		마도의 연상이 심한곳에서 타설 가능	마도의 연상이 심한곳에서 타설 가능	마도의 연상이 심한곳에서 타설 가능	마도의 연상이 심한곳에서 타설 가능	마도의 연상이 심한곳에서 타설 가능	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남
단 점	강도가 매우 낮다	만족과 같은 단면이 물론 구조물이나 용출 사용인 구조물 시공에 부적합	만족과 같은 단면이 물론 구조물이나 용출 사용인 구조물 시공에 부적합	만족과 같은 단면이 물론 구조물이나 용출 사용인 구조물 시공에 부적합	만족과 같은 단면이 물론 구조물이나 용출 사용인 구조물 시공에 부적합	만족과 같은 단면이 물론 구조물이나 용출 사용인 구조물 시공에 부적합	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남
비		바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남
비		바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	바닥층에는 공사 및 최근 콘크리트 구조물 공사엔 부적합하며 연속 시공이 불가능	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남	콘크리트 연상이 다소 발생하여 보충의 강도치로 낙타남

5. 결론

수중콘크리트 시공법중 종래 공법인 밀얼림 상자, 밀얼림 포대, 포대콘크리트 버킷 (bucket) 및 호퍼 (hopper) 등을 이용한 수중콘크리트 타설공법은 가장 재래적인 타설공법으로서 소규모 공사 및 가설구조물 공사 등에 사용되어 졌으며 좀더 높은 강도가 요구되는 구조물 및 대규모 공사에서는 수압발브식 공법, 콜크리트 공법, 프리팩트 공법 및 트레미 공법등을 많이 사용하였다.

이러한 종래 공법중 특히 프리팩트 공법 및 트레미 공법은 최근에 가장 많이 사용되어지는 공법으로서 프리팩트 공법은 기존구조물의 보수보강공사 및 수중구조물 기초공사등 대단위 면적의 수중공사에 적합한 공법이고 트레미 공법은 교량 기초, 안벽 기초 및 블록 축채움 공사 등에 적합한 공법이다.

그러나 최근 해양개발로 인하여 공사규모가 대형화되고 높은 강도의 복잡한 수중구조물 시공이 요구되어 짐에 따라 종래 수중콘크리트 시공법상의 문제점을 해결한 시보 공법, 사베마 공법 및 기타 특수 혼화제를 이용한 공법등이 개발되었다. 이 신공법중 사베마 공법은 특수 고안된 타설장비로서 콘크리트를 타설하는 공법으로서 장비설치가 간편하고 소수인원으로 대량 타설할수 있으며 다굴절 boom 이 수평 수직으로 자유롭 게 움직일수 있어 수심이 깊은 곳이나 복잡한 구조물 시공에 적합하고 대량으로 신속 정확 하게 타설할수 있는 공법이다.

또한 시보공법 및 기타 특수 혼화제를 이용한 공법은 고분자계 특수 혼화제를 첨가하여 수중에서도 우수한 점착력을 갖도록 한것으로서 수중에 직접 자유 낙하 (free fall) 시켜도 골재분리현상이 발생되지 않아 해저 구조물공사 및 고강도 수중구조물 공사 등에 적합한 공법이다.

이러한 공법을 채택함에 있어서는 현장조건, 시공조건, 환경조건 및 공사규모등을 고려하여 종래 공법과 신공법중 가장 적합한 공법을 선정하여야 하며, 특히 대규모 공사나 고강도가 요구되어지는 복잡한 수중 구조물 공사에서는 최근에 개발된 시공법을 사용하여 시공하는 것이 경제적인 측면이나 기술적인 측면으로 볼 때 바람직 하다.

6. 参 考 文 献 (References)

- [1] J.H. Creed, 1978, "Tremie Method Used for Underwater Concreting in Two Major Projects on Norway's West Coast", Ocean Eng. Inf. Cent, Vol.1, Norway, p.320-335.
- [2] Netherland Committee for Concrete Research, 1973, "Underwater Concrete", HERON, Vol.19, No.3, Netherland.
- [3] Erik Lie, 1982, Nordisk Betong (Casting of Concrete Underwater in Norway), Norway, p.167-169.
- [4] J.A. Derrington, 1975, "Concrete for North Sea Structures", Civil Engineering, p97.
- [5] Christer Svensson, 1979, "A Testing Method for Concrete to be Cast Underwater, Quality Control Conc. Structure, Vol.2, Sweden, p.141-147.
- [6] ENR, 1975, "Double-Tube Tremie Pipe Assures Quality of Underwater Concreting", Eng. News-Rec., July 3, USA, p.18-19.
- [7] 關博, 大友忠典, 1983, コンクリート工學 (水中コンクリートの最近の動向), 日本, p.4-13.
- [8] 赤塚雄三, 關博, 1976, コンクリート工學 (水中コンクリート工法), 日本, p.12-21.
- [9] 建設部, 1982, "水中콘크리트", 콘크리트標準示方書, p.468-497.
- [10] 林炳祚外 3人, 1983, 最新土木施工法, 治廷文化社.
- [11] 李石贊, 金亨洙, 1972, 土木施工學, 理工圖書出版社.
- [12] 權鎮東, 金生彬, 1984, 土木材料學, 慶文出版社.
- [13] 프리팩트 콘크리트의 設計와 施工, 1981, 建設部.
- [14] 프리팩트 콘크리트 大量急速施工方法, 1977, vol.7~12, 海外建設.

- [15] 文翰英, 1982, “流動化 콘크리트에 대한 基礎研究”, 大韓土木學會, vol.2, No.2.
- [16] 文翰英, 崔在眞, 1983, “베더믹스트 콘크리트의 品質改善을 위한 研究”, 大韓土木學會, vol.3, No.4.
- [17] 海外建設, 1980, 建設技術綜合資料集 (I), p.64~125.
- [18] Walter Monnet, Bernhard Dartsch Und Kurt W. Wehefritz, 1980, Colcrete-Beton in Wasserbau, Beton-Verlag, Düsseldorf, Deutschland.
- [19] U. J. Counto, 1964, “The Effect of the Elastic Modulus of the Aggregate on the Elastic Modulus, Creep and Creep Recovery of Concrete”, Mag. Conc. Res., V.4 No.48.
- [20] R.D. Browne and R. Blundell, 1971, “The Behavior of Concrete in Prestressed Concrete Pressure Vessels”, paper presented at the first SMIRT Conference-Berlin-20/24th September 1971.
- [21] British Standards Institution, CP110-Code of Practice for the Structural Use of Concrete.
- [22] A.M. Neville, Properties of Concrete, Pitman Press.
- [23] O.Valenta, 1970, The Permeability and Durability of Concrete in Aggressive Conditions, Proc. Dexeime Congres des Grands Barrages, Montréal, p.103-107.
- [24] J.Mulji, Properties of Concrete (Permeability to Liquids and Gases), Taylor Woodrow Technical Note No 1120, England.
- [25] Test Report, 1979, “Hydrocrete Test Report”, Hannover University-The Official Materials Testing Office for the West German Building Industry, West Germany.
- [26] D.Freese, U.Grotkopp and W.Höfig, “Underwater Construction New Method of Using Cement-Bound Building Materials”, Osnabrück, West Germany.

- [27] Test Report, 1981, "Hydrocrete Test Report", Pruftechnik, Osnabruck-West Germany.
- [28] Test Certificates, 1981, "Hydrocrete Test Certificates", Taylor Woodrow Research Laboratories, England.
- [29] Test Certificates, 1982, "Hydrocrete Test Certificates", Mc Alpine Laboratories, England.
- [30] Test Report, 1982, "Hydrocrete Test Report", Norwegian Contractors, Norway.
- [31] Test Report, 1982, "Hydrocrete Test Report", Ing.F. Selmer A/S, Norway.
- [32] Construction Report, 1983, "Hydrocrete Used Construction Examples", Underwater Concrete Limited, Norway.
- [33] Hydrocrete 技術資料, 1980, "Hydrocrete", 三井石油化学工業(株)・鹿島建設(株)・海上工事(株), 日本, p.1~19.
- [34] 田村富雄, 1983, " 實しい水中 コンクリート工法の確認実験報告", 三井建設技術研究所報 第7号, 日本, p.23-31.
- [35] " 1年足らずで水中コンクリートを8グループが企業化", 1984, 工業時事通信(海洋開発版) 第1506号, 日本, p.1-5.
- [36] "新しい水中コンクリートの開発研究", 1981, 鹿島建設技術研究所年報, 日本, p.7-14.
- [37] M. Remmer K.R. Henriksen, 1982, "Advanced Concreting Underwater at Large Bridge Site in Denmark" Nordisk Betong 2-4, Norway, p.20-27.
- [38] CM & E, September 1974, "Underwater Construction(Placing Concrete Underwater)", p.72-73.

- [39] Y.Nakahara, T.Ohtomo and S.Yokota, 1976, "Development of New Method for Underwater Concreting (KDT Tremie Method)", Kajima Institute of Construction Technology Report, No.22, Japan.
- [40] Y.Nakahara, T.Ohtomo and S.Yokota, 1974, "New Method of Underwater Concreting with the KDT Tremie Pipes", Annual Report of Kajima Institute of Construction Technology, Vol.23, Japan.
- [41] Louis C.Schoewert and Henri F.Hillen, 1972, "Underwater Transporting of Concrete with the Hydro-Valve", Journal of American Concrete Institute, Sept. 1972, USA, p.584-588.
- [42] DIN 1045, Dec.1978, "Concrete for placing Underwater (Underwater Concrete)", § 6,5,7,7, W/Germany.
- [43] D.Freese, "Underwater Concrete", Prüftechnik, F.E.P. GmbH & Co. KG Osnabrück, West Germany.
- [44] G.BruX, 1977, "Unterwasserbeton nach dem Hydroventil-Verfahren", Zement und Beton, 22. Jahrgang Heft 4, W/Germany, p.130-132.
- [45] P.C.Hewlett, 1982, "Admixtures for Economic Concrete", Journal of Concrete, Dec.1982, England, p.19-21.
- [46] Lawrence R.Roberts, 1982, "Cure Temperature Reduction by Use of High Range Water Reducing Admixtures Part I & II", Journal of Concrete, Aug.& Sep.1982, England, p.36-39 & p.10-13.
- [47] ハイドロクリート技術開発チーム, 1982, 新しい水中コンクリートの開発研究 (ハイドロクリートのノーブリージング特性に関する基礎実験), 鹿島建設技術研究所年報 第30号, 日本, p.1~8.
- [48] セメント・コンクリート No.427, Sep.1982, 日本, p.2-115.
- [49] 建設部, 1981, 混和材料
- [50] 赤塚雄三・關博, 1975, 現代建設實務大系 (水中コンクリートの施工法), 鹿島出版會, 日本.