

장대교량기초의 설계 및 시공

제 2 돌산대교 사례



권 오 성
대림산업(주)
기술연구소 과장
(kwonos1@daelim.co.kr)



송 치 용
대림산업(주)
기술연구소 차장



이 중 성
대림산업(주)
기술연구소 부장



장 영 철
대림산업(주) 여수시관내 국도
대체우회도로 현장소장

1. 개요

최근 경제규모의 확대에 따른 물동량의 급격한 증가로 원활한 수송을 위한 도로시설의 대폭적인 확충이 요구되고 있고, 사회간접자본도 이를 위해 집중적으로 투자되고 있다. 그러나 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있는데다가 국토의 70%이상이 산악지역으로 형성되어 있어 도로건설시 터널이나 교량의 수요가 많은 편이며, 근래에 와서는 그 중 안전성과 확장성이 우수하고 효율적인 교통흐름이 확보되는 교량을 선호하는 추세이다. 특히 지속적인 국토개발로 인해 유희부지 부족현상이 심화되면서 연안도서지역의 개발이 요구되고 있으며, 현재도 대부분의 대형공사가 해안지역에 집중되고 있다. 따라서 해로를 확보한 상태에서 해안을 가로지르고 깊은 해

협을 통과하기 위한 장경간 교량의 필요성이 급격히 증가하고 있다. 대규모 투자가 수반되는 이러한 장대교량의 안정성, 경제성 등을 확보하기 위해서는 상부구조뿐만 아니라 하부구조의 알맞은 선택과 최적설계·시공 및 적절한 품질관리가 매우 중요하다.

지난 30년간 교량기초분야는 큰 발전과 혁신을 이루어 왔다. 교량기초는 전통적으로 어떤 교량 상부구조물보다도 복잡하고 어려운 부분이었으며, 예기치 않은 비용이나 인명피해를 유발시켰다. 따라서 교량의 하부구조와 관련한 복잡하고 어려운 점들이 중점적으로 보완·발전되어 왔으며, 안전하면서도 경제적인 장점을 가진 새로운 기술들도 꾸준히 개발되고 있다.

또한 장대교량 하부구조 형식은 전통적인 케이슨기초(오픈케이슨, 공기케이슨), 거치식 케이슨기초,

그리고 대구경 현장타설말뚝 등으로 나눌 수 있다. 그러나, 전통적인 케이슨 기초는 수중 작업이 많아 시공상의 어려움이 크며, 특히 대심도의 작업이 불가능하다는 단점이 있다. 최근에 와서는 대구경 현장타설말뚝 시공의 일반화, 거치식 케이슨 시공기술의 발달과 맞물려 그 사용성이 쇠퇴하고 있는 경향이다.

본 고에서는 장대교량의 주탑기초로서 점차 적용 사례가 증가하고 있는 거치식 케이슨기초 및 대구경 현장타설말뚝기초의 개념에 대하여 간략히 설명하며, 현재 당사에서 시공중에 있는 여수시관내 국도 대체 우회도로(우두-종화)현장의 제2돌산대교 기초 설계·시공사례에 대해 소개하고자 한다.

2. 장대교량 기초형식

2.1 거치식 케이슨

거치식 케이슨기초는 서구에서는 GBS(Gravity Base Structure), 중국에서는 부유 케이슨, 일본에서는 설치 케이슨이라 불리우며, 약간의 평탄화 작업이 완료된 지지반 위에 기초가 놓이는 직접기초의 형태이다. 이 공법은 육지의 제작장에서 미리 제작된 케이슨이나 콘크리트 블럭 등을 예인하여, 미

리 굴착해서 평탄화 작업이 완료된 해저 지지암반에 침몰시킨 후, 내부 콘크리트 또는 모래 채움을 통해 교량 하부공을 시공하는 공법이다. 이 공법은 지지반이 비교적 저심도에 위치하며, 지반조건이 양호할 경우에 주로 시공된다.

거치식 케이슨공법이 전통적인 케이슨공법과 다른 점은, 미리 굴착된 지지층 위에 놓이는 spread footing의 개념이라는 것이다. 이 방법의 가장 큰 장점은 일반적으로 복잡하고, 기상이나 유속, 조류속 등에 의존하는 물 속에서의 작업을 줄였다는 것이다. 또한 굴착작업과 케이슨 시공작업이 독립적으로 이루어지므로, 시간과 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 거치식 케이슨의 일반적인 시공 순서는 그림 1과 같다.

2.2 대구경 말뚝기초

1990년대에 들어서서 대구경 말뚝의 굴착·시공 기술이 발달하고, 대용량 재하시험기법의 개발로 인해 말뚝 한본당 수천톤에 달하는 큰 지지력의 확인이 가능해지면서, 장대교량의 기초로서 대구경 말뚝기초의 사용이 증가하고 있다. 대구경 말뚝기초는 수심이 깊고, 지지반이 위치한 심도가 깊을 경우에 주로 사용하며, 말뚝의 재료에 따라 강관말뚝과 현장타설콘크리트 말뚝 등으로 나뉘어진다. 한편,

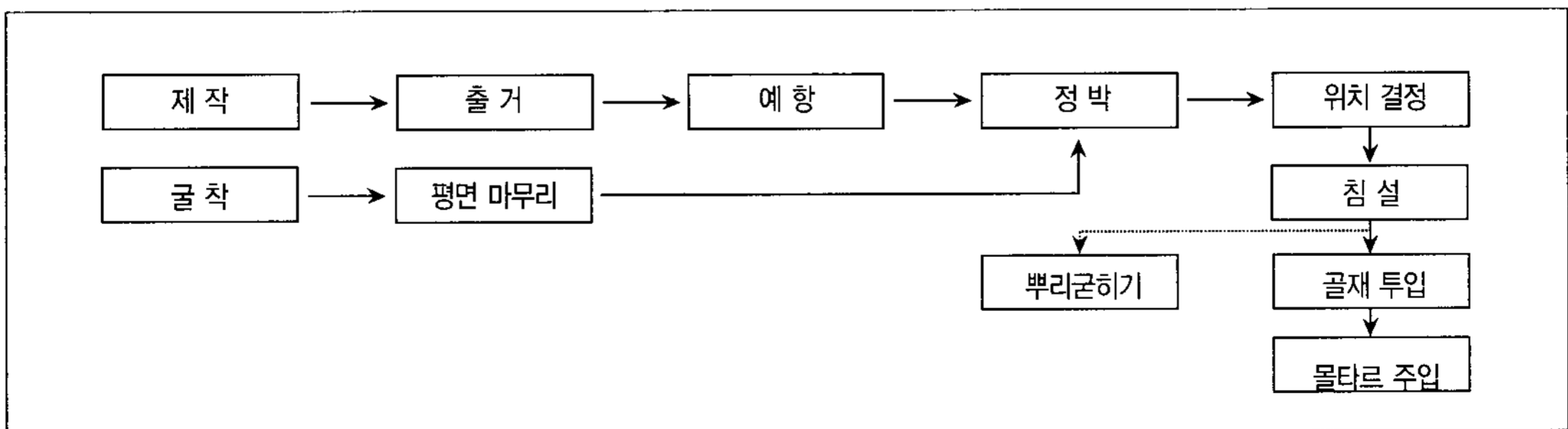


그림 1. 거치식 케이슨기초의 시공순서

장대교량기초의 설계 및 시공 - 제 2 돌산대교 사례

강관말뚝의 경우 타입식으로 시공되기 때문에 직경이 커질수록 말뚝을 근입시키 것이 어려워 선호도가 떨어지며, 현재 대부분의 대심도·대구경 말뚝기초 현장에 대구경 현장타설말뚝기초가 적용되고 있다.

장대교량 기초의 경우 큰 연직하중을 지지해야 하므로 균말뚝의 형태로 기초가 시공된다. 한편, 대구경 현장타설말뚝기초의 설계·시공기술이 발달함에 따라 교각당 소요 말뚝본수를 획기적으로 감소시키는 것이 가능하게 되었으며, 상부로부터의 하중이 크지 않은 접속교 기초 등의 경우에 기존에 균말뚝으로 시공되던 교각기초의 공법과는 달리 푸팅(footing)없이 말뚝기초와 교각이 일체로 시공되는 단일 현장타설말뚝의 적용도 가능하게 되었다. 대구경 현장타설콘크리트말뚝의 설계 및 시공 상세에 대해서는 기존 문헌에 다수 소개된 바 있으므로 본고에서는 생략하도록 한다.

3. 제2돌산대교 기초 설계·시공사례

여수시 관내 국도대체 우회도로 건설공사는 전남

여수시 돌산읍 우두리(돌산교차로)와 전남 여수시 종화동(수정교차로)을 잇는 총 연장 1.94km, 폭원 22m 구간으로, 교량 1개소(744m), 터널 1개소(490m), 도로(709m)로 이루어져 있다. 이 중 교량 구간은 연장 464m(35+82+230+82+35)의 콘크리트 사장교와 연장 280m 의 PSC beam 형식의 접속교로 구성된다.

총 공사기간은 05년 8월~10년 8월까지 총 5년으로 계획되어 있다. 08년 1월 현재 접속교 기초 및 돌산도측 주탑기초(PY1) 시공이 완료된 상태이며, 종화동측 주탑기초(PY2)를 시공중에 있다. 과업 구간의 위치는 그림 2와 같다.

3.1 교량기초 형식선정

제2돌산대교 교량기초는 각 구간별로 현장여건 및 지반조건, 그리고 상부구조 형식 등을 고려하여 최적의 기초형식을 도출하고자 하였다. 구간별 선정된 기초형식 및 개략적인 지반조건을 그림 3에 나타내었다.

접속교 교각 중 P2P7 교각은 교각의 높이가 높지 않고, 본당 설계하중이 1,200~1,300 ton 정도로 크



그림 2. 과업구간 개요

지 않아 Footing 없이 교각과 말뚝기초가 일체로 시공되는 단일현장타설말뚝(ϕ 2.5m, 교각당 2본- π 형 교각)으로 기초형식을 선정하였다.

사장교 주탑 PY1, PY2가 위치할 지반은 당초 원안설계시 양질의 기반암이 지표하 4m 이내에 위치하는 것으로 판단하여 2기 모두 거치식 우물통기초로 기초형식을 선정하였다. 그러나 대안설계시 추가 지반조사 결과, PY2 구간은 기반암 상부에 직경 최대 1m 이상의 전석층을 기반암층으로 오인한 것으로 확인되었다. 상세지반조사 결과, 기초지반은 상부로부터 약 23m 두께의 자갈·전석층, 하부 40m 내외 두께의 풍화대(풍화토 및 풍화암)층, 기반암층으로 이루어져 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 대안설계시 대구경 현장타설말뚝기초(ϕ 2.5m, 3×5 배치)로 기초형식을 변경하였다. 구간별 대표단면은 그림 4와 같다.

3.2 단일현장타설말뚝(P2~P7)

P2~P7 교각기초 형식으로 선정된 단일현장타설말뚝은 국내에서 교각·기초 일체화 설계기법 및 설계기준이 아직 체계화되어 있지 않고 시공사례가 많지 않은 실정이다. 또한, 기둥과 기초의 일체 시공으로 기초시공시 정밀시공이 필요하고, 교각의 하중을 2본의 현장타설말뚝으로 부담하기 때문에 철저한 시공관리가 필요하였다. 상기의 사항들을 고려하여 아래와 같은 대책을 수립하고 시공시 반영하였다.

1) 시험말뚝 시공 및 재하시험

개본말뚝 시공 전 별도의 시험말뚝을 시공한 후, 축방향 정재하시험 및 수평방향 재하시험을 통해 말뚝의 지지력 및 변위에 대한 안정성을 확인하도록 하였

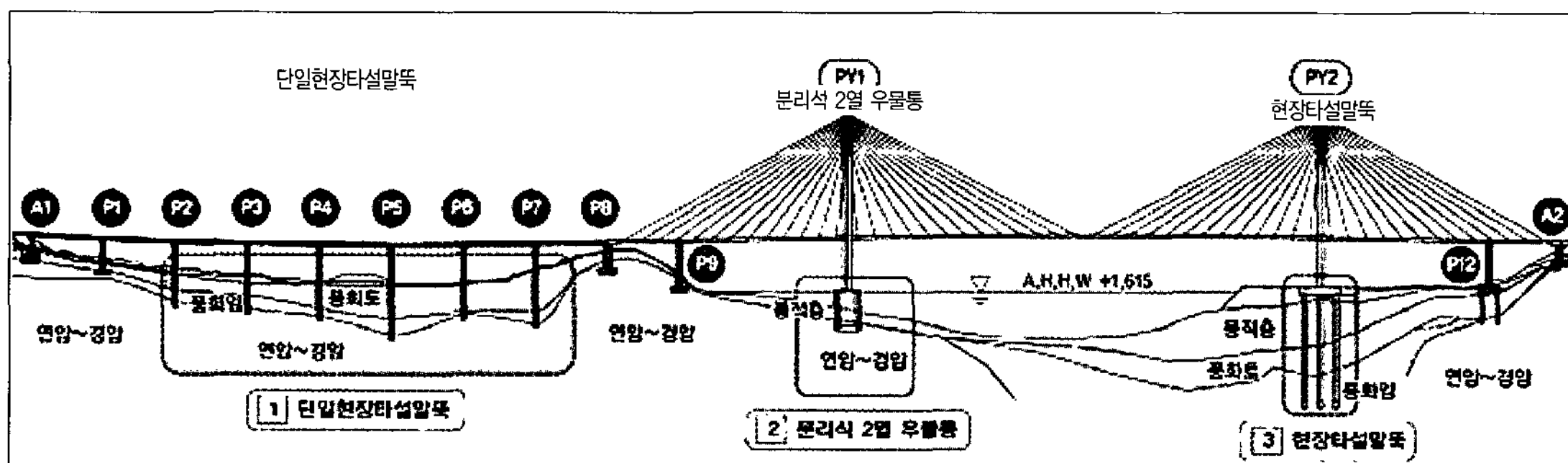


그림 3. 구간별 기초형식 및 개략적인 지반조건

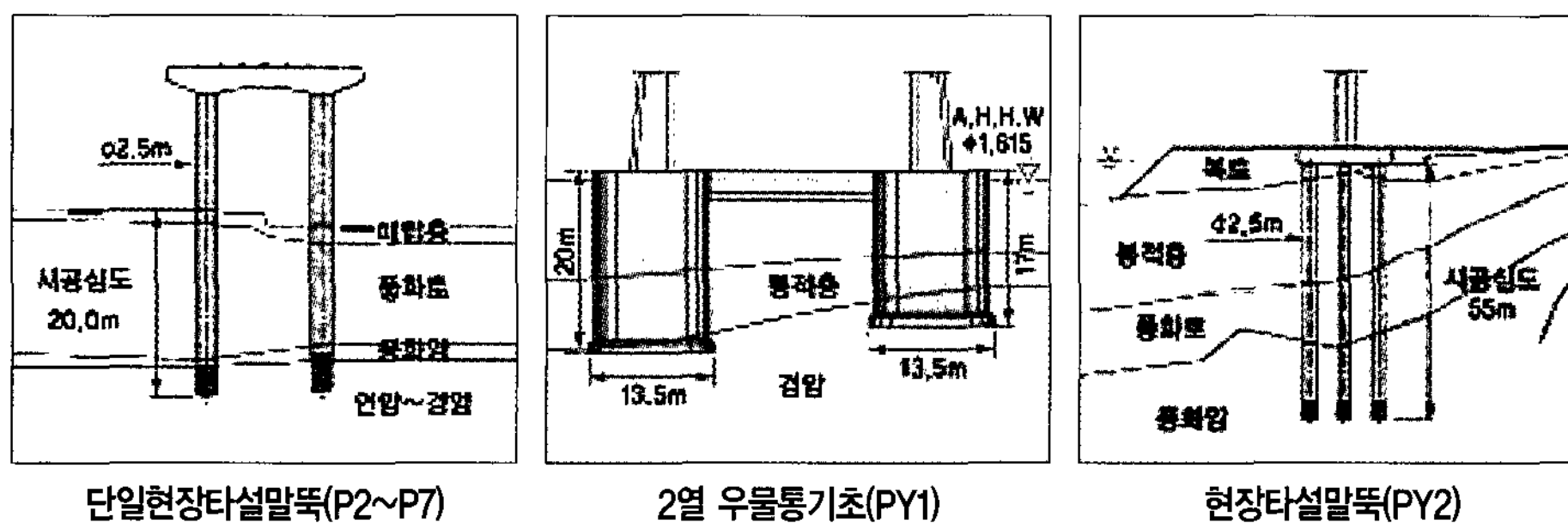


그림 4. 구간별 기초 대표단면

다. P3 교각의 중앙부에 직경 1.5m의 시험말뚝을 시공한 후 양방향 재하시험 및 축하중전이 측정을 실시하였으며, 수평재하시험의 경우 본말뚝 시공 완료 후 본말뚝을 반력말뚝으로 하여 시험말뚝에 대한 수평재하를 실시하여 연직 및 수평지지력을 확인하였다.

2) 정위치 시공

케이싱 인입시 수직도 유지를 위해 올케이싱(케이싱 오실레이터 + Hammer grab) 작업 후 RCD 굴착을 실시하였으며, 케이싱 설치 위치에 기초콘크리트 (t 40cm, 4.5×4.5m) 타설로 위치를 고정하여 케이싱의 수평거동 및 미끌림을 방지하였다.

3) 건전도시험

단일현장말뚝이 계획된 P2~P7의 12본의 말뚝 모두에 대하여 건전도시험(CSL test) 및 연직도시험(Koden test)을 실시하여 말뚝의 건전도 및 연직도를 확인하였다.

08년 1월 현재 P2~P7 단일현장타설말뚝의 시공이 완료된 상태이다(그림 5 참조).

3.3 거치식 우물통기초(PY1)

PY1 기초가 위치하는 부지의 지반조건은 그림 3에서 보는 바와 같이, 상부 약 7m 내외의 붕적토층 아래로 기반암이 출현하며, 최대 수심은 10.6m 정도로 조사되었다. 기초형식으로 [가물막이+우물통], [분리식 2열 우물통(거치식)], [트랙형 우물통(거치식)]의 3개안이 검토되었다. 그러나 강널말뚝을 이용한 가물막이 기초의 경우 상부 자갈·전석층의 최대 입경이 1m 이상으로 널말뚝의 근입이 어려우며, 수심이 비교적 깊어 수중작업 및 안정성 확보 차원의

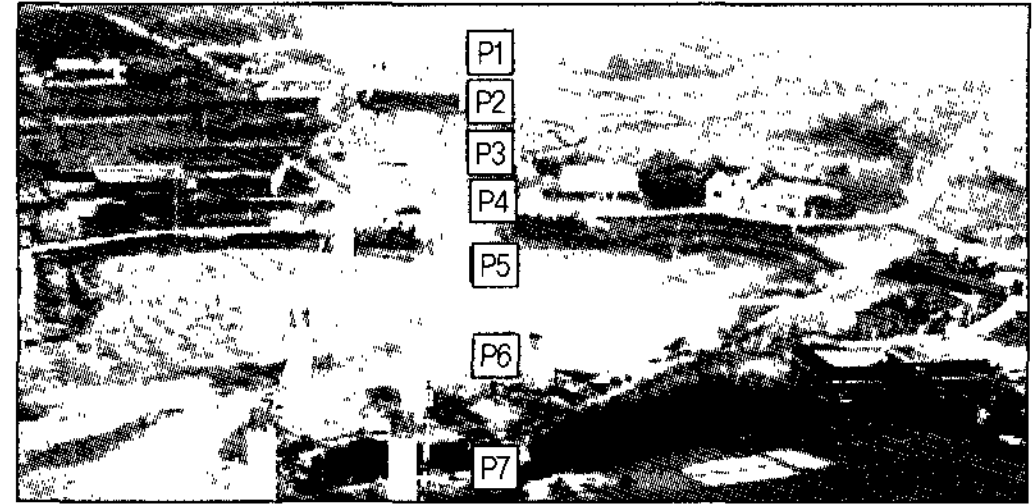


그림 5. P2~P7 접속교 교각기초 시공현황

난향이 예상되었다. 트랙형 우물통의 경우 주탑의 형상(폭 12m, 너비 40m)을 고려할 때 규모가 커져 시공성 및 경제성이 떨어지는 것으로 판단되었으며, 특히 인근 송전선 높이의 제한(37.6m)으로 인해 1,300 ton급 이상의 해상장비의 인입이 어려울 것으로 사료되었다. 따라서 기초의 규모가 상대적으로 작아 시공성이 우수하고, 주탑 형상을 고려할 때 지지력을 최대한으로 활용할 수 있는 분리식 2열 우물통(φ13.5m, 높이 각 17m, 20m)을 기초형식으로 결정하였으며, 우물통 거치 후 가로보를 타설하여 우물통간 강결하는 것으로 계획하였다. 그림 6은 우물통 시공순서 및 공정별 시공사진을 나타낸다.

(I) 우물통 제작

우물통 제작은 주탑시공 위치 인근에 물양장을 조성한 후 제작하는 방안, 대형 바지선에서 제작하는 방안, Floating Dock(F/D)에서 제작하는 방안이 검토되었다. 검토 결과, F/D 상에서 우물통을 제작할 경우, 인근 여수항에 정온수역이 존재하여 부선상 제작이 가능하며, 또한 우물통 제작 및 진수시 F/D의 침하로 부력이 발생하여 인양중량이 감소함에 따라 1,300 ton 크레인으로도 우물통 거치가 가능한 것으로 판단되었다. 그러나 실제 거치시에는 F/D 침수 후 선행거치 우물통 기초의 인양시 전도의 위험성으로 인해 1,500 ton 급 플로팅크레인을 사용하여 F/D

를 침수시키지 않고 인양거치하였다.

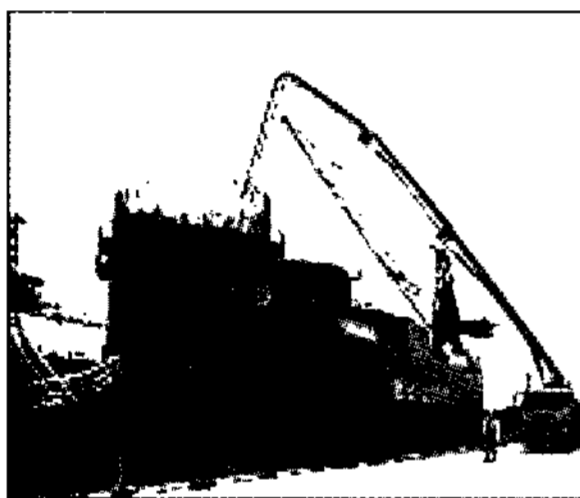
민원, 우물통간 거치심도의 차이 등으로 인해 공사가 계획보다 상당기간 지연되었다.

(2) 굴착 및 면정리

우물통기초는 기반암인 경암에 근입시키도록 계획되었으므로 암에 대한 수중발파작업이 필요하였다. 발파공법으로는 인근 지장물 거리에 따라 차별화된 발파패턴 설계가 가능한 진동제어발파를 선정하였으며, 장약공은 수상 플랫폼에서 크롤러 드릴로 천공하는 것으로 결정하였다. 발파영향을 고려한 제어발파를 수행하였으나, 인근 전복양식장 등에서의

(3) 우물통 인양, 거치

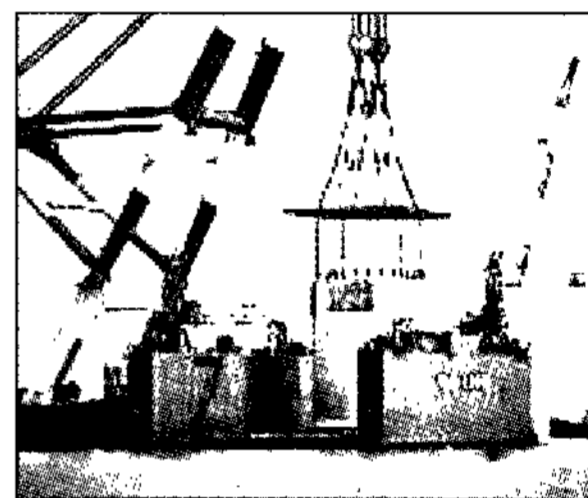
우물통 인양 및 거치에는 각각 4,000 톤급 F/Barge(백석호) 및 1,500 톤급 F/Crane(태흥호)가 사용되었으며, 2,000HP 급 예인선과 750HP 급 보조예인선을 이용하여 바지를 인양하였다. 태흥호의 진입로에 송전선로가 위치하여 진입에 어려움이 있어, 송전선로 인상을 바지 및 크레인을 추가로 적용



(1) 우물통 제작



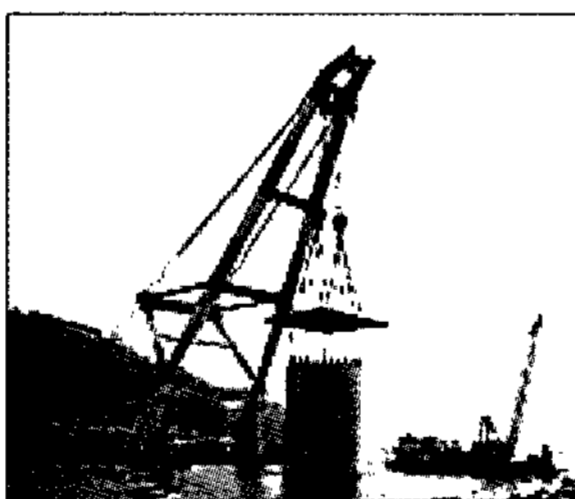
(2) 거치장소 굴착정리



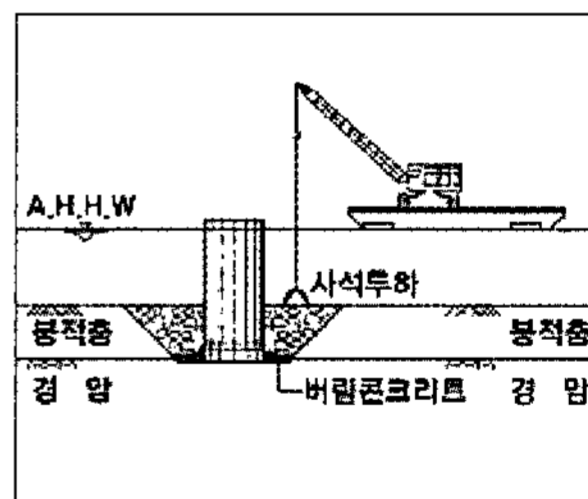
(3) 우물통 운반



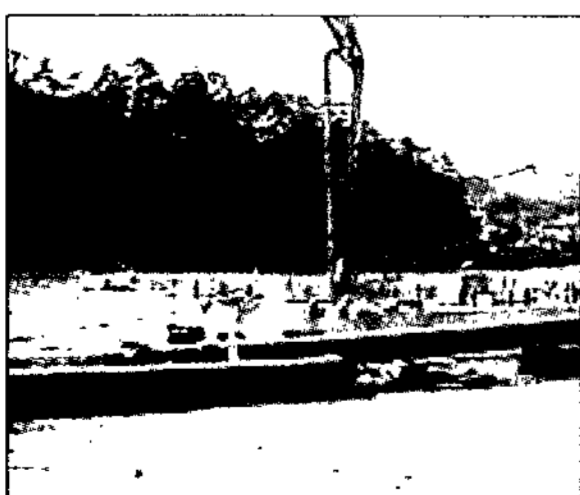
(4) 우물통 운반 - 송전선 인상



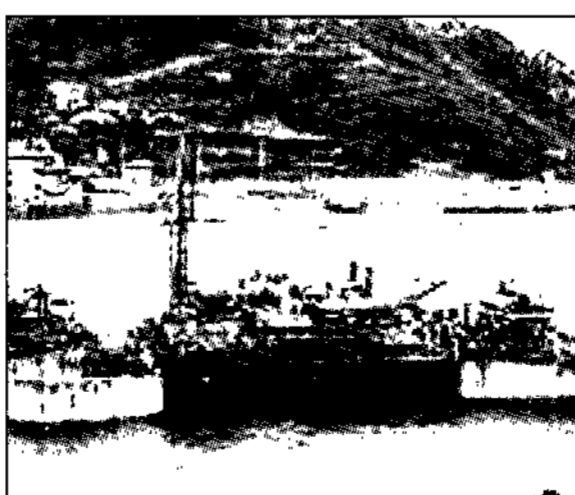
(5) 우물통 거치



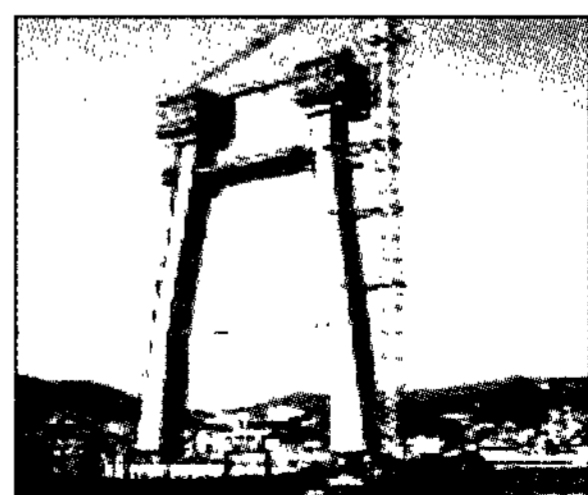
(6) 되메우기(세굴방지공)



(7) 수중콘크리트타설 및 속채움



(8) 가로보 및 상부슬래브 시공



(9) 주탑 시공

그림 6. 분리식 2열 우물통 시공순서

하였다(그림 6 참조). 특이사항으로, 2기의 우물통을 연결하기 위한 가로보 설치방향을 맞춰야하므로 거치작업이 일반 우물통보다 어려웠다.

(4) 되메우기

기초굴착 되메우기 형식은 깊은 수심에 설치가 용이하고 발파암의 유용이 가능한 사석식으로 계획되었다. 다만, 우물통과 굴착면간의 밀착을 위한 그라우팅시 우물통 외측으로 주입재가 유출되는 것을 방지하기 위하여 굴착면 상부 일부 구간은 버림콘크리트를 타설하는 것으로 하였다.

(5) 속채움 콘크리트

수중 콘크리트 타설로 인한 재료분리를 방지하기 위해 하부 3m 구간에 대해서는 수중불분리 콘크리트를 타설하였으며, 이후 부력선까지 수중콘크리트 타설, 잔여구간은 모래채움하는 것으로 계획하였다. 그러나 설계시 우물통과 속채움콘크리트간의 일체화를 위한 우물통 shoe 가 누락되어 접촉면의 미끄러짐이 발생할 우려가 있어 전 구간에 대해 콘크리트 채움을 실시하는 것으로 변경시공하였다.

(6) 하부 그라우팅(toe grouting)

속채움콘크리트 타설후에도 사석마운드와 케이슨 구체간 공극이 존재하므로, 우물통벽체 타설 전 설치된 그라우팅용 파이프를 통하여 고압 그라우팅을 실시하였다.

3.4 대구경 현장타설말뚝(PY2)

전술한 바와 같이, PY2 기초 설치구간의 지반조건은 상부 23m 두께의 전석층이 분포하며, 하부로 풍

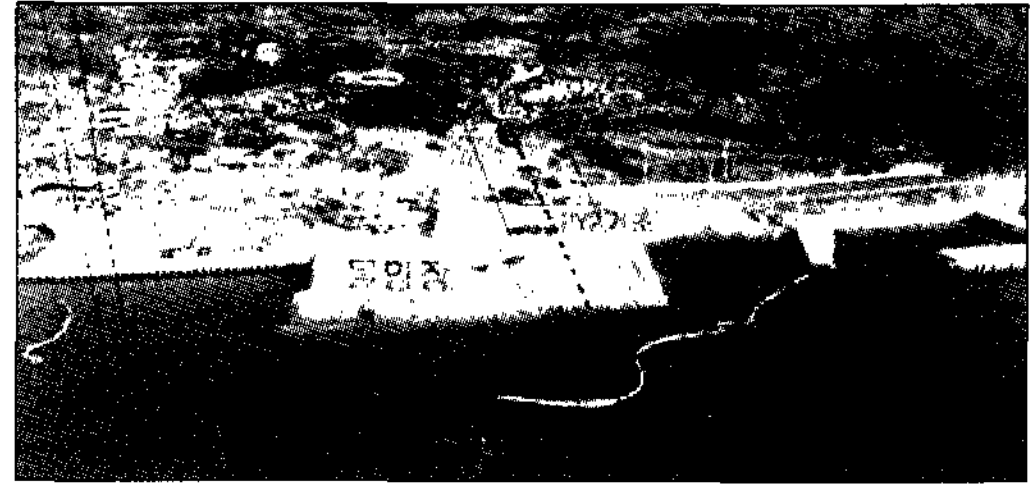


그림 7. PY2 기초타설을 위한 물양장 조성

화토 및 풍화암의 풍화대가 40m 이상으로 깊게 분포하는 것으로 나타나, 대심도시공성이 우수한 대구경 현장타설말뚝을 적용하는 것으로 결정하였다. PY2 구간의 최대 수심은 3.9m 정도로 Sep Barge에 의한 해상시공이 불가하여 현장 복토 후 육상에서 기초를 시공하는 것으로 계획하였다(그림 7 참조).

국내의 대구경 현장타설말뚝은 연암이상의 양호한 암반에 근입하여 선단지지말뚝의 형태로 시공하는 것이 일반적이나, 당 현장의 경우 기반암 출현심도가 70m 이상이며, 물양장 복토두께를 고려할 경우 기반암인 연암에 도달하기 위한 말뚝의 길이는 80m 이상이 되어 시공성이 떨어질 것으로 판단되었다. 또한 최근의 연구에 의하면 풍화토·풍화암에 근입된 현장타설말뚝은 주변지지력이 상당히 크게 발현되는 것으로 보고되고 있으며, 특히 당 현장의 경우와 같이 풍화대의 심도가 깊을 경우 연암에 근입하여 말뚝을 시공한다면 매우 보수적인 설계가 되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 당 현장에서는 풍화대의 주변 및 선단지지력을 반영하는 마찰말뚝의 형태(풍화암 근입심도 15m 내외, 말뚝 길이 55m)로 기초형식을 결정하였다. 단, 풍화토 및 풍화암에 근입된 말뚝의 지지력 설계방법은 현재 국내외적으로 체계화되어 있지 못하며, 시공사례도 많지 않으므로, 다음의 사항을 반영하여 공사를 진행하는 것으로 계획하였다.

1) 본말뚝 시공 전 시험말뚝 시공 및 양방향 재하시험 수행

(1) 시험말뚝 시공

본말뚝 시공 전 시험말뚝을 시공하여 풍화대소켓 장대 현장타설말뚝의 시공성을 확인하며, 양방향재하시험을 통해 풍화암의 지지력을 도출한 후 본말뚝 설계에 반영하는 것으로 계획을 수립하였다. 시험말뚝은 본말뚝과 비교하여 근입깊이 및 시공방법은 동일하나 직경을 1.5m로 줄인 축소말뚝으로 시공하였다.

시험말뚝 시공 방법으로, 풍화암이 출현하는 심도 30m 내외까지 올케이싱 공법을 적용하고 잔여 구간은 나공상태에서 RCD 장비를 이용하여 굴착 중 공벽이 붕괴되어 공내로 슬라임이 차오르는 상황이 발생하였다. 이에 보호케이싱을 5m 정도 추가적으로 삽입하고 내부의 슬라임을 제거한 후 RCD 굴착을 재수행하였으나 재차 공벽붕괴가 발생하였다. 이에 대한 대책으로 말뚝 전 길이에 대해 올케이싱 공법을 적용하여 굴착을 완료하였다. 굴착 완료 및 철근망 삽입 후 콘크리트 타설 결과, 설계콘크리트 물량에 비해 70% 이상이 추가로 소요되어 공벽 붕괴 및 토사함몰이 심각했던 것으로 나타났다.

굴착 중 공벽붕괴로 인한 지반 연약화 현상은 필연적으로 말뚝 지지력의 감소를 가져오며, 인접한 말뚝의 지지력에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 향후 본말뚝 시공시에도 전 구간 올케이싱을 적용하는 것으로 변경하는 것이 타당하다고 판단되었다.

(2) 양방향재하시험을 통한 설계지지력 확인

시험말뚝에 대한 재하시험을 위하여 말뚝 선단에서 4m 상부에 양방향 재하시험재를 설치하였다. 유압잭 위치를 말뚝선단에서 상향으로 이동한 이유는, 말뚝선단이 풍화암에 위치하는 당 현장의 특성상 재

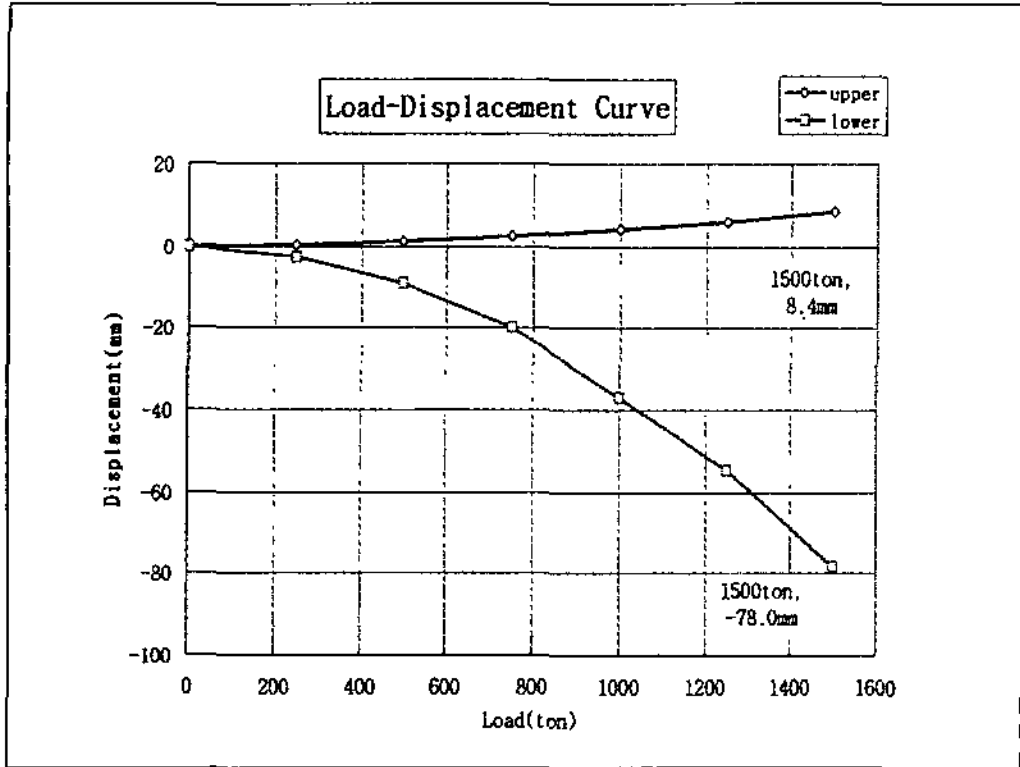
하시험 중 선단부의 침하량이 과다하여 유압잭의 스트로크(최대 10cm)를 초과할 경우 시험이 조기 종료될 우려가 있기 때문이다. 본말뚝의 설계하중(1,645 tons), 그리고 시험말뚝이 본말뚝에 비해 축소된 말뚝임을 감안할 때, 유압잭 용량 2,000 ton(양방향 4,000 ton) 내외이면 설계하중의 확인은 충분히 가능할 것으로 판단되었으나, 시공실적이 많지 않은 국내 풍화대소켓 현장타설말뚝 지지력에 대한 자료 축적을 목적으로 최대 4,000 ton(양방향 8,000 ton) 용량의 고유압 재하장치를 사용하여 풍화대 지반의 극한지지력을 확인할 수 있도록 시험을 계획하였다. 또한 시험말뚝 재하 중 말뚝의 심도별 축하중 분포 및 하중전이 기구를 분석하기 위하여 깊이별로 진동현식 스트레인 게이지를 설치하고 하중전이 계측을 수행하였다. 그림 8은 시험말뚝에 대한 재하시험 결과를 보여준다.

그림 8에서 알 수 있는 바와 같이 재하하중 1,500 ton일 때의 유압잭 하판의 하향변위는 7.8cm 로 유압잭의 스트로크인 10cm 에 근접하였으며, 다음 하중단계인 1,700 ton 재하시 침하량이 허용 스트로크를 초과하여 시험이 종료되었다. 시험말뚝의 변위가 과다한 이유는 나공부 RCD 굴착시 과다한 공벽붕괴로 인한 지반교란, 말뚝길이(58.5m)가 길어 선단부 슬라임의 확실한 제거가 어려웠던 점 등을 들 수 있다. ϕ 1,500 시험말뚝 시험결과로부터 추정된 본말뚝(ϕ 2,500)의 허용연직지지력은 1,690ton 으로 설계하중 1,650 ton 을 약간 상회하는 수준인 것으로 나타났다.

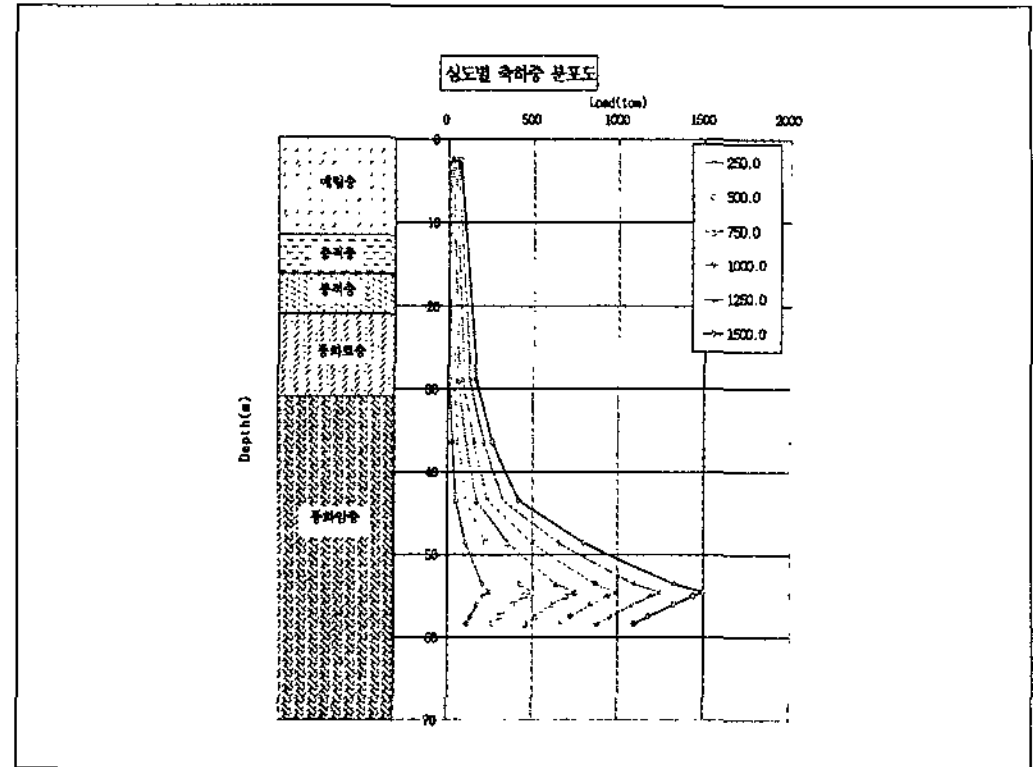
2) 공벽붕괴 방지방안

현장타설말뚝 시공을 위한 굴착대상층은 나공으로 굴착시 공벽붕괴의 우려가 큰 붕적층(자갈 및 전석)과 풍화토층이 30m 내외의 두께로 분포하고 있

장대교량기초의 설계 및 시공 - 제 2 돌산대교 사례

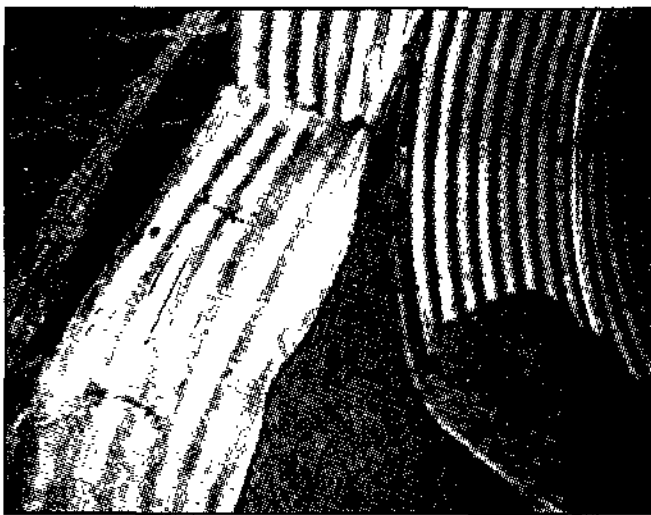


(a) 하중 - 변위 곡선

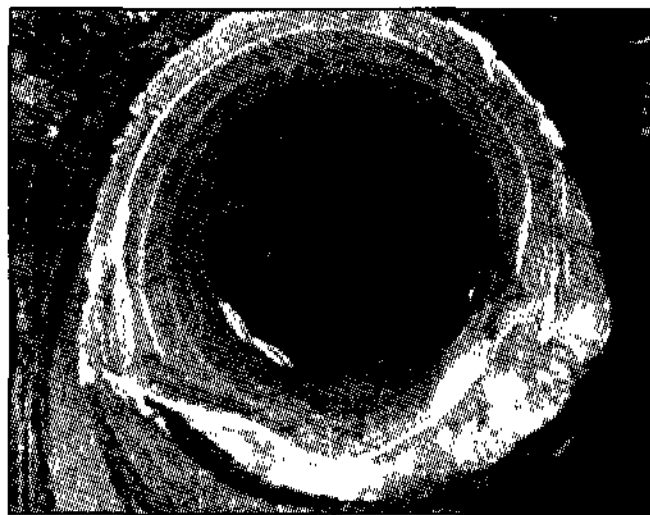


(b) 축하중 분포 곡선

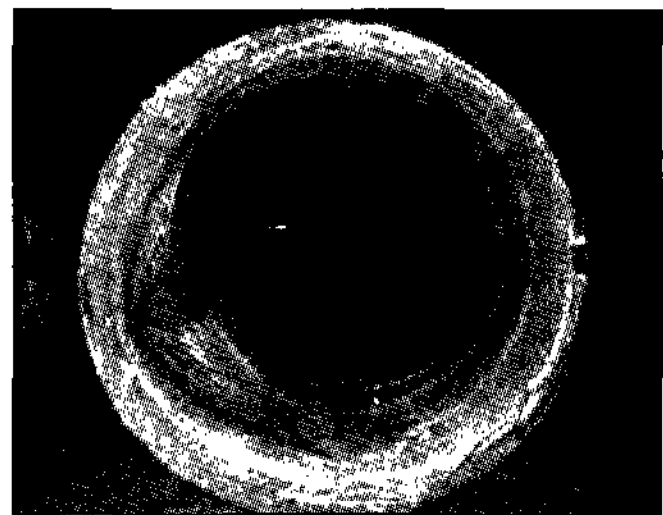
그림 8. 시험말뚝 재하시험 결과



(a) 주름관 파손



(b) 주름관 변형



(c) 주름관 중심선 이탈

그림 9. 공벽붕괴 방지용 희생주름관 하자 현황

다. 공벽붕괴 방지를 위해 풍화암상단까지 케이싱을 사용하여 굴착을 수행하며, 굴착 완료 후 케이싱 인발 전 희생주름관을 건입하여 공벽붕괴를 방지함으로써 말뚝의 건전도를 확보하는 것으로 시공계획을 수립하였다. 공벽보호의 목적으로 희생강관이 아닌 희생주름관을 사용한 것은 강재의 재료비를 절감하기 위한 것으로 판단된다. 그러나 실제 시공시 주름관 삽입 후 콘크리트 타설 중 그림 9에서 보는 바와 같이 주름관의 변형 및 손상, 그리고 콘크리트 타설 압에 의해 주름관이 떠오르는 문제 등이 발생하였다.

일반적으로 주름관, 희생강관 등 영구적인 보호케이스는 기초지반이 연약하여 말뚝체의 형성이 어려

을 경우, 유속이 빨라 시멘트 입자의 유실이 우려되는 경우에 사용하게 된다. 당 현장의 경우는 후자의 이유로 희생주름관이 적용된 것으로 사료된다. 한편, 현장타설말뚝 시공시 희생주름관의 사용은 시공상의 어려움 및 복잡성으로 인해 시공기간이 지체 또는 일시 중지되는 사례가 본 현장 이외에도 다수 보고되고 있으며, 이에 따른 지반 교란 및 말뚝 지지력 감소의 우려 그리고 특히 말뚝 건전도에 문제가 발생할 가능성이 커 필자는 희생주름관의 사용을 추천하지 않는다. 희생주름관 하자에 대한 대책으로, 토사의 입경이 커 투수계수 및 유속이 클 것으로 예상되는 상부 15m 내외의 전석층 구간에 대해서만 희생주름관

을 적용하거나, 상기 구간에 대한 수중불분리 콘크리트 사용하는 등의 설계 변경을 실시할 예정이다.

08년 2월 현재 총 15본의 기초 말뚝 중 4본의 본말뚝 시공을 완료하였으며, 기 시공된 시험말뚝 및 본말뚝에 대한 건전도 시험을 실시하여 말뚝의 건전도를 확인한 후 잔여 말뚝을 시공할 예정이다.

4. 요약 및 제언

본 고에서는 장대교량의 주탑기초로서 점차 적용 사례가 증가하고 있는 거치식 케이슨기초 및 대구경 현장타설말뚝기초의 개념에 대하여 간략히 설명하고, 현재 당사에서 시공중에 있는 여수시 관내 국도 대체 우회도로(우두-종화)현장의 제2돌산대교 기초 설계·시공사례에 대해 소개하였다.

- 1) 최근 큰 하중을 지지하는 장대교량의 기초형식으로 ① 수중작업을 최소화하고, 굴착작업과 케이슨 시공작업이 독립적으로 이루어져 시간과 비용의 장점이 있는 거치식 케이슨기초 ② 대심도 연약지반상에서 적용성이 뛰어난 대구경 현장타설말뚝기초의 사용이 증대되고 있다. 반면, ③ 전통적인 케이슨 기초(오픈케이슨, 공기케이슨 등)는 수중 작업이 많아 시공상의 어려움이 크며, 특히 대심도의 작업이 불가능하다는 단점으로 인해 그 사용성이 쇠퇴하고 있는 실정이다.
- 2) 제2돌산대교 접속교 교각 중 P2~P7 교각은 교각의 높이가 높지 않고, 본당 설계하중이 작아 Footing 없이 교각과 말뚝기초가 일체로 시공되는 단일현장타설말뚝(ϕ 2.5m, 교각당 2본- π 형 교각)으로 기초형식을 선정하였다. 또한 단일현장타설말뚝의 국내 설계기준이 아직 정립되어 있지

않고 시공사례가 많지 않은 실정을 감안하여 철저한 시공관리 및 각종 시험을 시공 전·후에 실시하여 기초의 안정성 및 건전도를 확인하였다.

- 3) 주탑기초 중 PY1 기초는 수심이 비교적 깊은 반면, 지지층 심도가 얇은 현장 조건을 고려하여 분리식 2열 우물통(거치식)으로 기초형식을 채택하였다. 분리식 2열 우물통(거치식)의 경우 트랙형 우물통(1본, 거치식)에 비해 지반지지력을 최대로 활용할 수 있으며, 시공성이 우수한 것으로 판단되었다. 공정별 시공상세 및 유의사항에 대해 본문에 정리하였다.
- 4) PY2 기초 설치구간의 지반조건은 상부 23m 두께의 전석층, 하부 풍화대가 40m 이상으로 깊게 분포하는 것으로 나타나, 대심도 시공성이 우수한 대구경 현장타설말뚝을 적용하였다. 본 구간은 수심이 얇아 해상시공이 불가하여 현장 복토 후 육상에서 기초를 시공하는 것으로 계획하였다. 또한 말뚝을 연암 이상의 지지층에 근입시킬 경우 말뚝 길이가 80m 이상이 되어 시공성이 떨어지고 보수적인 설계가 될 것으로 판단되어 풍화암에 말뚝선단을 위치하는 마찰말뚝의 형태로 설계가 수행되었다.
- 5) 08년 1월 현재, 접속교 교각기초 및 PY1 우물통 기초의 시공이 완료된 상태이며, PY1 주탑시공과 PY2 현장타설말뚝 기초의 시공을 병행하여 진행중에 있다.
- 6) 분체계심층혼합처리공법의 시공 이후 개량체와 구조물의 거동을 실측한 연구는 아직 실시되지 못한 상황이며, 배합비에 따른 강도자료도 아직 미비한 상황이다. 따라서 앞으로 적용되는 현장에서는 이러한 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.