

서해대교 사장교 기초와 주탑시공 Foundations and Pylons to Seahae Grand Bridge



全 俊 秀*
Chon, Chun Su

* 토질및기초기술사,
(주) 대우엔지니어링 부사장.

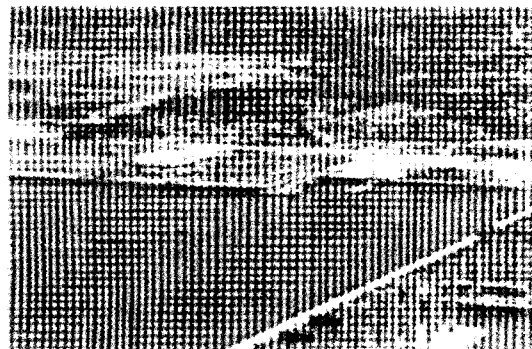


서해대교(사진1)는 서해안 고속도로 구간중 아산만을 남북으로 연결하는 총연장 7.31km의 왕복 6차선 교량으로서 설계속도가 120km/hr로 국내 최장의 세계적 규모의 사장교(주경간 470m, 연장 990m)와 FCM(연장 500m), PSM(경간장 60m, 연장 5,820m)으로 구성되어 있다.

총 공사비는 6,300억으로 1993. 11 공사 착수하여 2000년 12월 준공을 목표로 하고 있으며 한국도로공사에서 발주하여 감리업무는 대우엔지니어링에서 수행하고 있으며 시공은 사장교 구간은 대림산업, FCM 구간은 LG건설에서 시공하고 연 투입인원 300만명, 연 투입 장비수 45만대의 대규모 공사이다.

사장교 구간은 상부구조는 강합성 구조로 5만톤의 선박출입이 가능하도록 통과높이가 62m이고 콘크리트 주탑은 182m로 60층 빌딩높이에 해당하며 올림픽 대교의 높이 88m와 비교하면 그 규모를 짐작할 수 있다. 1998. 12월 현재 주탑 2개중 1개(PY1)는 169m, 또 다른 하나(PY2)는 133m 까지 시공하고 있으며 이 주탑의 시공에 적용한 3가지 공법에 대해서 기술하

고자 한다.



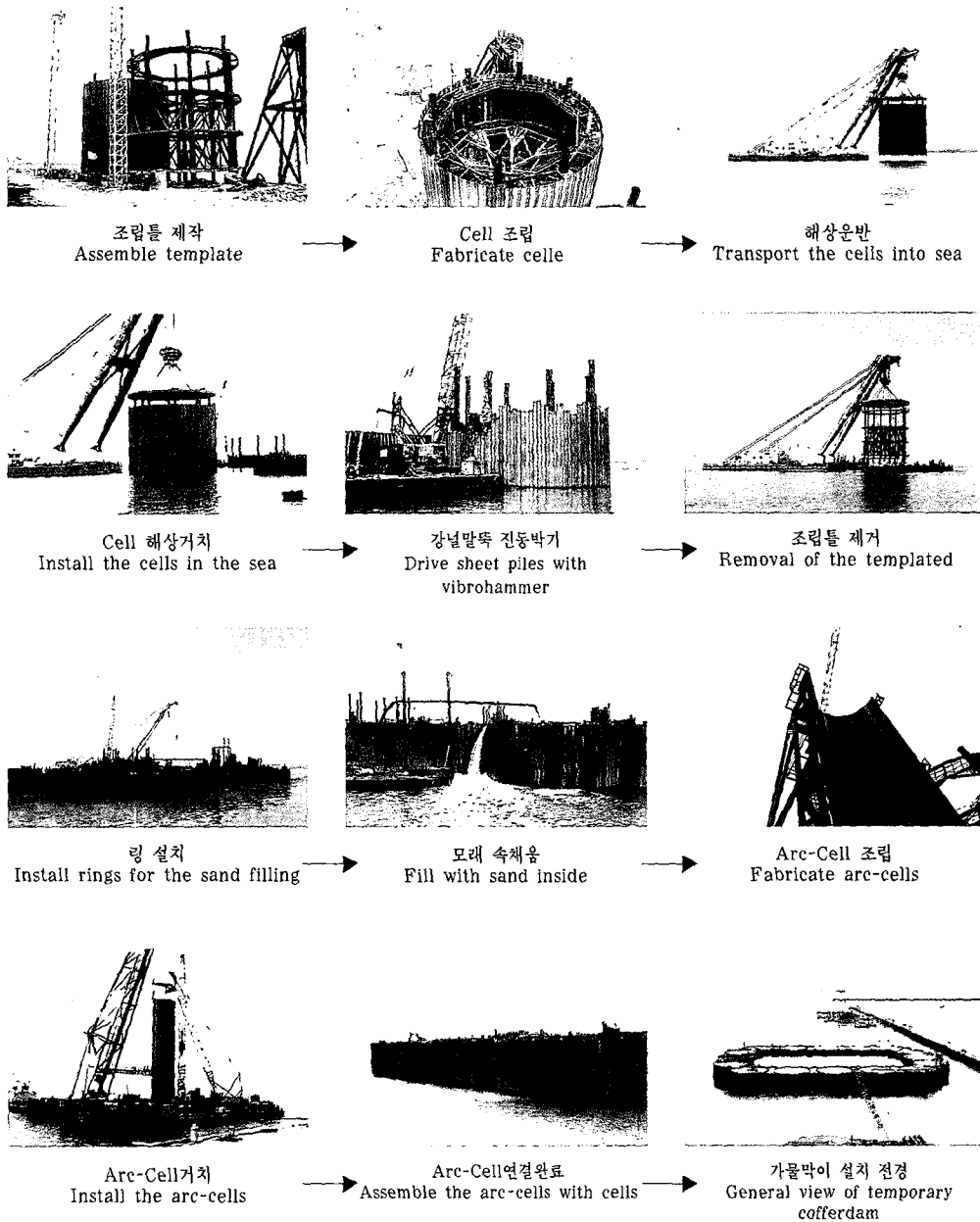
(사진 1) 서해대교 공사 전경

(1) Cell 가물막이 공법<사진2>

철근 콘크리트 직접기초는 66m×28m, 높이 34m로 국내 최초로 Cell식 가물막이 공법을 적용하여 해수를 차단하고 그 내부를 엄지말뚝공법으로 지지층까지 굴착 시공하였다.

가물막이 Cell은 지름 25m의 Cell 16조와 Cell을 연결하는 Arc Cell로 구성되고 각 Cell은 폭 500mm Sheet Pile 156개가 연결된 구조이다.

Sheet Pile은 유속 2.5m/sec의 조류력으로 인하여 개개로 향타시 자립이 불가능하므로 육상에서 조립틀을 제작하여 이를 가이드로하여



〈사진 2〉 Cell 가물막이 시공순서

Sheet Pile을 연결한후 해상으로 운반하여 조립틀을 지지대로 하여 각 널말뚝을 향타하고 조립틀을 제거한 즉시 수압에 견디도록 Cell 내부에 임시 Ring Jack을 설치하여 Cell 내부에 모래속채움을 하는동안 Cell을 안정화 시킨다. 모래

채움이 끝나기 직전 Ring Jack을 제거하고 모래채움을 종료한 후 Arc Cell로 Cell과 Cell을 연결하여 가물막이를 완성한다.

(2) 주탑 Slip Form〈사진3〉

사장교 주탑은 중공변단면으로 오스트리아

GBG사에서 제작한 Slip Form을 이용하여 시공하고 있다.

Slip Form은 별도의 인양장비 없이 기초 구체에서부터 주탑 단면내부에 설치되어있는 Steel Rod를 지지대로하여 Jack을 이용하여 Slip-up시키는 구조로 주탑에 Anchor를 설치하여 거푸집을 가설하는 Climbing Form과는 다르게 Anchoring을 위한 주탑의 소요강도가 필요하지 않으므로 연속시공이 가능하여 시공이음이 없고 별도의 콘크리트 양생기간이 필요치 않으므로 공기를 단축할 수 있다. 주탑 Leg의 상단 양끝에 설치된 Slip Form은 Lattice Girder로 연결되어 있으며 Lattice Girder 위에는 철근을 적재하여 철근 운반시간을 단축할 수 있도록 하였다.

콘크리트 배합은 시멘트량의 약 20% 정도에 해당하는 Flyash를 시멘트 대신 사용하여 수화열을 억제하였으며 시멘트량 감소로 수축균열 억제 및 장기 강도 증가로 내구성을 향상시켰다. 또한 Flyash의 Ball Bearing 효과로 콘크리트의 유동성을 개선하고 Slump를 18cm로하여 콘크리트 표면 및 Workability 향상과 자원 재활용으로 인한 환경오염 감소효과를 증대시켰다.

Slip-up은 하절기에는 3.0~3.5m/day의 속도로 시공이 가능하고 봄·가을에는 1.8~2.2m/day 정도이나 주탑에 PT강봉 정착구 등의 매입물이 많아 배근작업 시간이 길어지는 경우에는 지연형 유동화제를 사용하여 양생을 늦추어야 하는데 이는 Slip-up 시간과 양생정도가 적절하지 않은 경우 콘크리트 표면이 좋지 않기 때문이다.

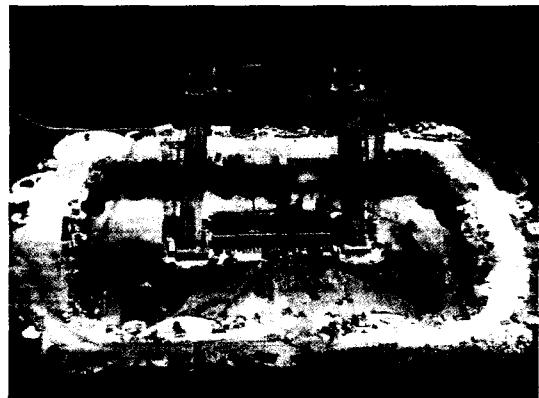
Slip Form의 횡방향 안정을 위해서 Slip Form이 굳은 콘크리트를 최소 45cm정도 감싸도록하여 Curing Front (굳은 콘크리트와 굳지않은 콘크리트의 경계면으로 작업자가 직경 13mm의 강재를 콘크리트 속으로 관입시킬 수 있는 최대 깊이의 면을 의미)의 깊이가 Slip Form의 상단에

서 80~85cm가 되도록 관리하고 있다.

Slip Form의 1 Stroke는 2.3cm로 약 20~40분 간격으로 조정하고 1회 콘크리트 타설높이는 15cm ~ 20cm로 관리하고 있으며 4 Stroke당 1회씩 유압잭을 이용하여 교축직각 방향으로 기울기를 조정하고 교축방향의 단면변화는 Spindle을 이용하여 2~4 Stroke당 1회 정도 조정한다.

연직높이는 광파기를 이용하여 1일 2회 관리하고 주탑의 기울기는 Laser를 이용하여 연속적으로 관리한다. Slip-up용 유압잭은 각 주탑 Leg에 최대 24개 (12 ton 잭 6개, 6 ton 잭 18개)개가 있으며 각 유압잭의 작동오차에 의한 Slip Form의 기울어짐은 50cm Slip-up마다 자동적으로 조정하도록 되어있는데 각 유압잭에 Level Device를 설치하여 50cm의 Slip-up이 끝난 유압잭은 다른 유압잭의 Slip-up이 종료될 때까지 작동으로 유압이 차단되도록하여 조정한다.

연직 주철근은 지름 35mm로 겹이음이 길고 겹이음시 순간격이 작아 콘크리트 타설을 개선하기 위해서 나사이음을 사용하였으며 Slip Form에 주철근 간격 유지용 Guide Frame을 부착하여 주철근의 간격 및 피복을 관리할 수 있도록 하고 Slip Form 상단에는 천막 및 배수홀을 만들어 약 20mm/hr의 우천시에도 작업이 가능하도록 하였다.



〈사진 3〉 주탑 Slip Form 시공전경



(3) Heavy Lift<사진4>

Cross Beam의 시공은 동바리를 사용하는 경우 높이가 60m로 현실적으로 경제성이 없기 때문에 Cross Beam의 하부슬라브 부분을 주탑기초에서 Precast로 미리 제작한 후 주탑의 Cross Beam 시공위치 상단에 Lifting Jack을 설치하고 Strand를 Precast에 연결하여 인양하는 Heavy Lifting System을 도입하였다.

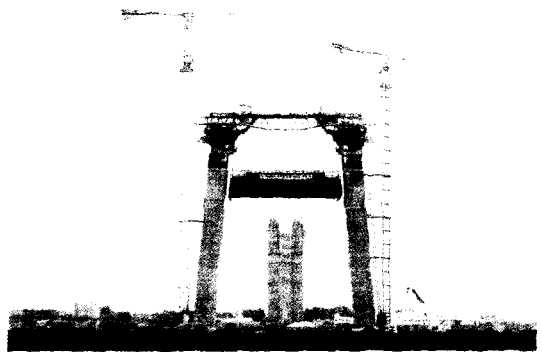
Precast 중량은 930ton으로 그 내부에 물 140ton을 채운 후 Precast 양 끝단에 Strand를 8개씩 연결하고 이를 주탑에 설치된 70ton Jack에 한 개씩 연결하고 바닥에서 수 cm 인양하여 Heavy Lifting System의 안정성을 확인한 후 물을 배수하고 약 2m/hr의 속도로 Lifting을 하며 풍하중에 의해서 흔들거림이 크게 발생할 때 고정할 수 있도록 별도의 고정용 Tie를 설치하였다.

Lifting시 Precast는 자중 및 추후 타설될 상단 부분의 하중에 의해서 별도의 보강이 필요하여 가설하중을 고려한 텐던을 추가하였으며 주탑은 교축직각 방향으로 기울어져 있기 때문에 Lifting시 Precast 자중에 의해서 주탑이 교축직각방향으로 약 1.0cm의 변형이 발생된다.

Lifting 종료 후에 주탑과 Precast사이에 유압잭과 스크류 잭을 이용하여 주탑의 변형을 회복시킨 후 주탑부의 철근과 Precast부의 철근을 나사이음으로 연결한 후 Precast와 주탑사이의 Joint Con'c타설을 완료하고 별도의 동바리구조 없이 Precast 상단부분을 타설하여 Cross Beam 시공을 종료한다

Lifting Jack과 Strand는 Joint Con'c 타설 완료후에도 Lifting시의 하중이 제거되지 않은 상태이기 때문에 Strand를 바로 절단하여 Lifting

Jack을 제거할 수 없다. 따라서 Pot 모양의 Sand Jack을 Lifting Jack 하단에 설치하고 Joint Con'c 타설 완료 후 Sand Jack에 설치된 Silica Sand 유출구를 통하여 Sand를 유출시켜



<사진 4> Heavy Lifting 전경

Sand Jack의 높이를 낮추어 Strand에 작용하는 응력을 제거하여 Heavy Lifting System을 철거할 수 있도록 하였다.

서해대교 건설공사는 국내 처음으로 도입하여 성공적으로 수행한 Cell식 가물막이 공사, 단면의 변화가 많은 주탑에 Slip Form 적용 및 Cross Beam의 Heavy Lifting 등 신공법 채택을 통하여 국내 건설기술 수준의 제고및 국제 건설기술 경쟁력을 강화하고 있으며, 동북아 시대를 이끌어갈 서해 교역의 관문으로서 서해안 국가공단 물동량의 원활한 수송과 일일생활권 및 관광명소로서 서해안 시대를 여는데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

(원고접수일 1998. 12. 24)