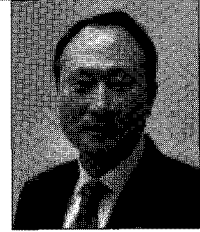


부산~거제간 연결도로 사업개요 및 주요공법

Overview and Construction Method of Busan~Geoje Fixed Link



김 제 춘*



양 보 현**

* (주)대우건설 GK사업관리팀 설계총괄 차장
 ** (주)대우건설 GK시공사업단장 상무

1. 서 론

동북아 물류거점으로 성장할 부산신항의 관문에 위치하는 두 개의 섬 거제도와 가덕도. 손에 잡힐 듯 가까이 보이지만 멀게만 느껴지던 두 섬이 꿈속의 바닷길을 지나 10분이면 도착하는 상상속의 일이 현실화되고 있다. 부산~거제간 연결도로는 부산광역시 가덕도와 경상남도 거제시 장목면을 연결하는 국지도 58호선의 연장선상에 위치하는 총연장 8.2km의 해상도로로서, 사장교 2개소를 포함한 교량 구간과 침매터널 구간으로 구성되어 있으며 현재 거가대교(가칭)로 통칭되고 있다. 교량구간의 총연장은 3.5km로, 예비항로의 기능을 수행하기 위한 사장교 구간(2주탑 및 3주탑 사장교)과 접속교 구간으로 구분된다. 주항로 확보를 위해 국내 최초로 건설되는 침매터널의 총연장은 3.7km로 가설수심 및 연장에 있어서 세계 최대의 침매터널로 계획되었다. 본 도로는 시속 80km/hr의 자동차 전용도로로 왕복 4차선으로 계획되었으며, 2주탑 사장교의 거제방향 차선은 도로의 종단선형을 고려하여 오르막 차선을 적용하였다.

민간투자사업(BTO방식)으로 진행되는 본 사업은 대우건설을 주축으로 7개사가 컨소시엄을 구성하여 설계 및 시공을 진행하고 있으며, 완공 후 40년 동안 운영하는 것으로 계획되어 있다. 설계 및 시공의 진행은 국내 최초로 Fast

Track 방식을 적용하였으며, 2003년 설계에 착수하여 올해 12월 준공을 눈앞에 두고 있다.

본 사업이 진행되는 구간은 먼바다의 파랑에 직접적인 영향을 받는 외해에 위치하여 기존의 국내 해상교량과 달리 파도 및 바람의 영향을 많이 받아 현장시공에 많은 제약조건을 가지고 있다. 사업구간의 열악한 환경조건을 극복하기 위해 최선의 설계기법과 많은 신기술·신공법을 도입하였으며, 이를 통해 구조물의 품질 및 시공안전성 확보를 위한 노력을 지속적으로 기울이고 있다. 본고에서는 부산~거제간 연결도로의 사업개요와 파급효과, 그리고 적용된 새로운 기술 및 공법에 대해 간략히 언급하고자 한다.

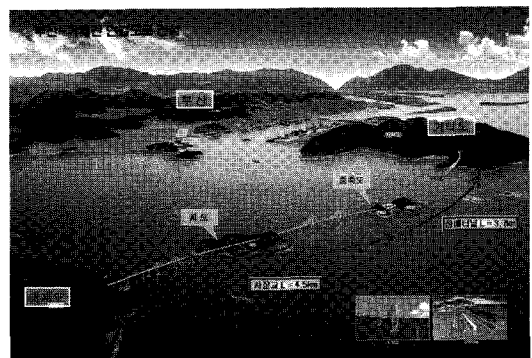


그림 1 부산~거제간 연결도로 조감도

2. 파급효과

거가대교가 개통되면 부산 사상 터미널에서 거제 터미널을 기준으로 남해고속도로를 이용해 통영을 거쳐 가는 기존 도로를 이용할 경우의 거리인 140km가 60km로 대폭 줄어들어 80km를 단축하게 된다. 이동시간은 2시간 10분에서 50분으로, 약 1시간 20분 정도 단축되며, 평상시 상습 정체 구간인 남해고속도로의 도로사정 등을 고려하면 2시간 이상의 단축 효과가 있을 것으로 예상된다. 또한 대전~통영간 고속도로와 대구~부산 고속도로가 U-type으로 연결되어 거제도 인근 및 부산 강서지역 공단의 산업물동량의 신속한 처리가 가능하고 남해고속도로 교통량 분산에 큰 효과가 있을 것으로 예상된다.

부산과 거제가 연결되어 발생하는 경제 효과로는 부산 신항만, 주변 공단, 거제 조선산업 등과 연계되어 산업 물동량 처리와 관련된 물류 비용을 크게 줄일 수 있을 것이며, 관광, 쇼핑 등의 활성화로 1조 2,000억 원 이상 시장규모가 증가하여 지역 경제 활성화에 크게 기여할 것으로 예상된다. 특히 앞으로 몇 년간 관광수요 급증으로 인한 효과는 향후 거가대교를 중심으로 부산과 거제를 연계하는 새로운 관광 명소로서의 명성을 만들어 갈 것이다.

3. 거가대교 주요 구조물 및 공법

3.1 2주탑 및 3주탑 사장교

교량으로 계획된 Lot1, Lot2 구간은 그림 2와 같이 부예비항로와 주예비항로의 기능을 확보하기 위해 주경간 2@230m의 3주탑 사장교와 주경간 475m의 2주탑 사장교를 적용하였다. 최적의 설계 및 공법 결정을 위해 구조적 안전성, 시공성, 경제성 및 경관미 등에 대한 가치평가(Value Engineering)를 주변 환경을 고려하여 수행하였으며 그 결과를 설계에 반영하였다. 특히 주탑 형상은 경관분석 결과

를 반영하여 일반적인 직선형이 아닌 곡선형 다이아몬드 주탑을 적용하였다. 곡선형 주탑은 세계적으로도 드문 특수한 형상으로 시공상에 어려움이 있으나 거가대교의 차별화된 상징성을 표현하는데 부족함이 없을 것이다.

3.2 최신의 내구성 설계기법 적용

기존의 강도 위주의 콘크리트 설계와는 다르게 구조물의 성능을 기반으로 실제 구조물의 거동 및 각종 실측자료를 사용하여 구조물이 강도 확보는 물론 염해에 의한 부식에도 안전하도록 최신의 내구성 설계방식인 Duracrete 기준을 적용하여 구조물의 내구연한을 100년 이상 확보하였다. Duracrete에 의한 내구성 설계의 기본적인 목표는 염화물 침투 및 탄산화 등의 열화메카니즘에 대하여 목표내구수명 동안 구조물이 일상적인 유지관리 하에서 충분한 안전도를 확보하는데 있으며, 기본적인 설계개념은 콘크리트 구조설계기준인 하중저항계수설계법(LRFD)과 일관성을 같이하고 있다. 이러한 개념하에 특정사용기간 즉, 목표내구수명 동안에 구조물의 각종 열화인자에 저항하도록 재료배합 및 구조상세를 결정하고, 이를 적용하는 절차로 수행된다.

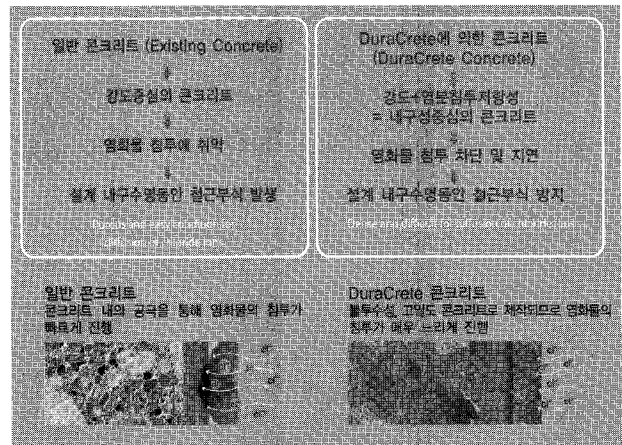


그림 3 Duracrete 설계 개념

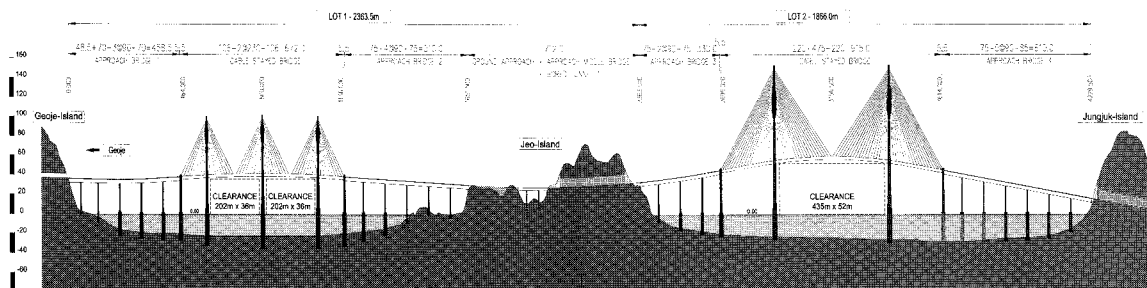


그림 2 교량구간 종단면도

3.3 프리캐스트 공법 및 기초 그라우팅

본 교량은 시공 환경이 열악한 외해조건을 고려하여 구조물의 품질확보, 공기단축 및 환경오염 최소화 등을 위해 기초 케이슨, 교각, 바닥판 등 주탑을 제외한 모든 부재를 제작장에서 미리 제작한 후 해상장비를 이용하여 운반 및 거치하는 프리캐스트 공법을 적용하였다. 국내 최초로 도입되는 프리캐스트 케이슨과 교각은 열악한 시공환경에서의 현장시공을 최소화하고 육상 제작을 통해 구조물의 품질과 시공성을 확보할 수 있는 최적의 공법이라 할 수 있다.

프리캐스트 교각의 연결부 처리방법은 그림 4에 간략히 나타내었으며, 임시패드 위에 거치된 프리캐스트 케이슨 저면과 원지반 사이에는 그림 5와 같이 그라우트를 주입하여 지반과 케이슨을 일체화하는 기초 그라우팅 공법을 적용하여 상부하중을 지반에 고르게 분포시켜 기초의 구조적 안전성을 확보하였다.

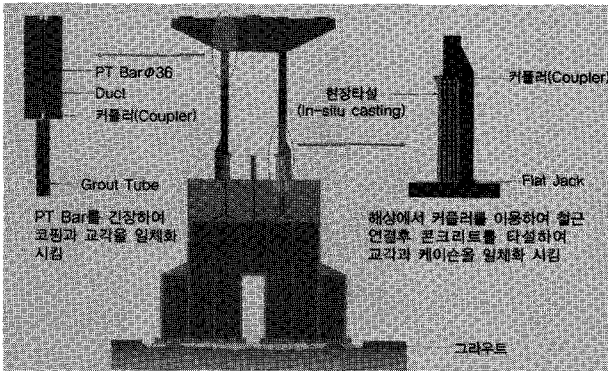


그림 4 프리캐스트 교각 연결 개념도

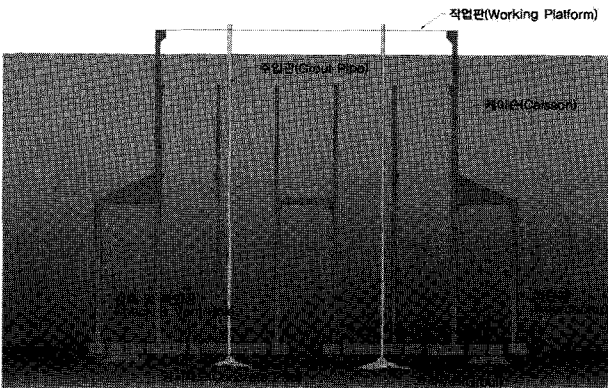


그림 5 케이슨 기초 그라우팅 개념도

3.4 바닥판 합성 대블록 가설공법

최대 90m지간의 국내 최장의 소수주형교를 적용한 접속교는 강형과 바닥판을 육상 제작장에서 일체화시킨 후 해

상크레인을 이용하여 1경간씩 가설현장으로 운반하여 설치하는 바닥판 합성 대블록 가설공법을 적용하여 품질확보와 더불어 시공성 및 구조적 효율성을 크게 향상시켰다.

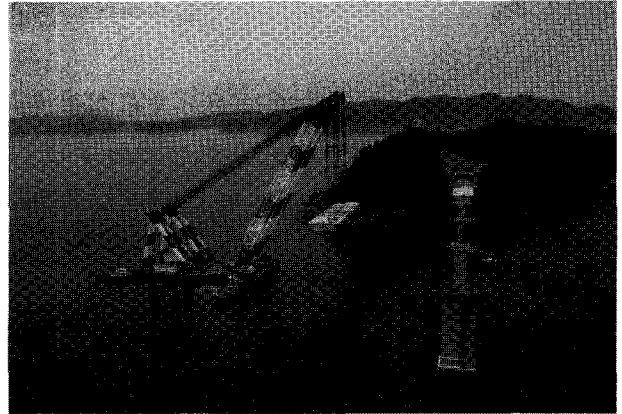


그림 6 접속교 상판 대블록 가설공법

3.5 국내 최초의 침매터널

주변 항만 이용 선박의 안전한 통항을 위한 주향로 확보를 위해 도입된 침매터널공법은 국내 최초의 해저터널공법으로서 육상 Dry Dock에서 제작한 거대한 합체를 부력을 이용해 설치 지점까지 예인 운반하고, 미리 굴착해 놓은 트렌치에 침설시킨 후에 합체사이의 수압차를 이용하여 접합한 다음 되메우기 및 보호공으로 매설하여 해저터널을 완성하는 공법이다.

거가대교 침매터널은 경험 많은 외국의 기술자들도 확신하지 못할 정도로 나쁜 시공조건을 많이 가지고 있으며, 이러한 악조건이 많은 신기록을 만들어낸 계기가 되었다. 거가대교 침매터널의 신기록 5개를 살펴보면,

첫째, 침매터널의 수심으로 거가대교 침매터널은 최대 수심 48m로 설계당시 세계 최대 수심으로 계획되었다.

둘째, 외해조건을 들 수 있다. 기존의 침매터널이 파도의 영향이 거의 없는 내해에 건설된 것과 달리 거가대교는 먼 바다에서 들어오는 파랑의 영향을 직접적으로 받는 외해에 위치하고 있어 설계 및 시공시 각별한 주의가 요구된다.

셋째, 합체의 규모로 거가대교 침매터널은 18개의 콘크리트 박스를 바다 속에서 연결해 건설하였는데, 하나의 박스 규모가 길이 180m, 무게 45,000톤 이상으로 규모면에서 세계 최대라고 볼 수 있다.

넷째, 지반조건으로, 일반적인 침매터널이 지반보강 없이 건설되는 반면 거가대교 침매터널은 30m정도의 초연약 지반 위에 건설되어 터널의 안전성 확보를 위해 선진화된 지반보강 공법을 적용하였다.

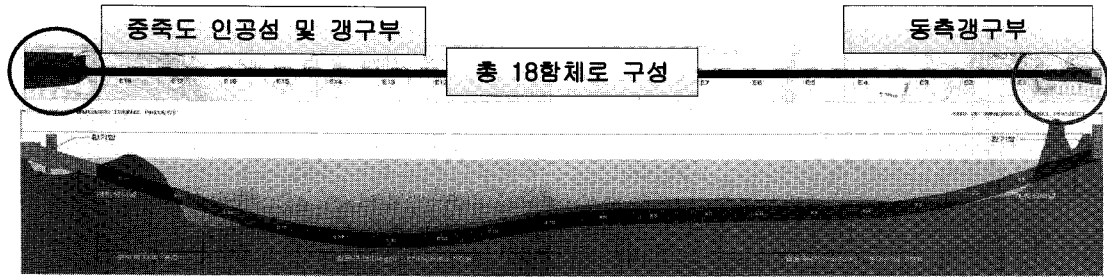


그림 7 침매터널 종단면도

다섯째, 2중 지수재 설치로 최대 수심과 외해조건 등을 고려해 누수에 대한 안전성 확보 차원에서 모든 연결부에 최초로 2중으로 지수재를 설치하였다.

본 구간에 적용된 침매터널 종단면도와 주요 구조물은 그림 7과 같다.

3.6 세그멘탈 시스템

거가대교 침매터널의 단일 합체는 지수재와 전단키만으로 구성된 8개의 세그먼트로 연결된 활절구조이다. 강제연결과는 달리 활절구조로 연결된 침매합체는 모멘트와 하중의 전달을 차단하여 합체길이 방향으로 최소 철근량만을 가지고 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 계획하였다.

3.7 대단면 일괄타설 합체제작

거가대교 침매터널은 최대수심 48m구간에서도 콘크리트만으로 수밀성을 확보하기 위하여 제작시 엄격한 품질관리가 요구된다. 이에 제작초기 수화열에 의한 관통균열을 제어하기 위하여 종방향으로 22.5m의 세그먼트를 일괄타설 공법(약 2,300m³/seg)으로 계획하였다. 일괄타설을 위한 이동식 거푸집을 별도로 설계하였으며, 한 개의 세그먼트 타설시간은 24시간 이상 소요되었다.

6. 결 언

부산~거제간 연결도로는 자연환경이 열악한 외해에 건

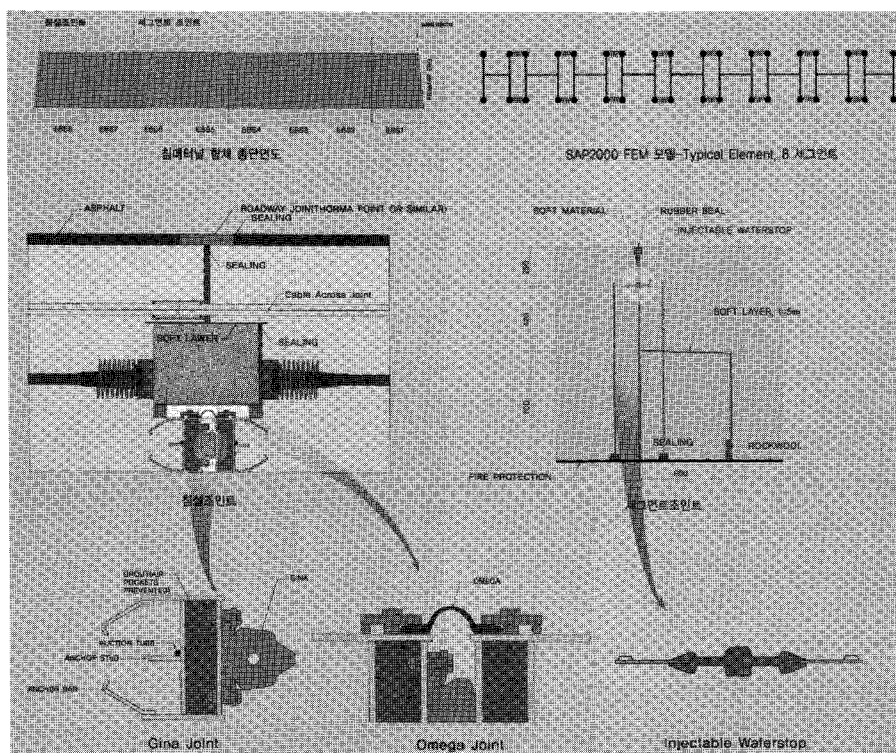


그림 8 세그멘탈 시스템 개요

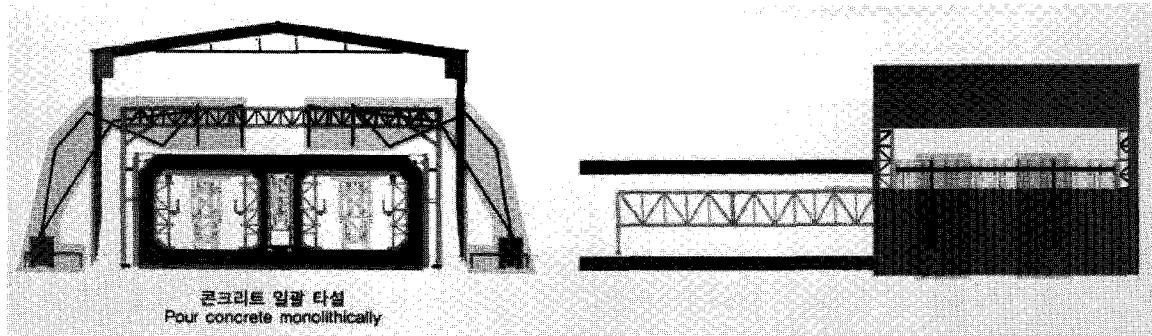


그림 9 세그먼트 일괄타설 공법

설되는 해상도로로서 설계단계에서부터 시공에 이르기까지 모든 단계에서 구조물의 안전성, 시공성 및 품질확보를 위해 많은 노력을 필요로 하는 국내 최대의 건설공사이다. 또한 부산신항, 마산항 및 진해항 등 대형 선박의 통항이 빈번한 지역에 건설되어 유사시에도 원활한 선박통항이 가능한 특수 구조물이 요구된다. 당사에서는 이러한 환경조건과 기능적 요구조건을 극복하기 위해 세계 최대의 침매터널과 2주탑 및 3주탑 사장교를 적용하였으며, 최신의 설계기법과 더불어 프리캐스트 케이스 및 교각, 해상기초그라우팅, 정밀 자갈포설장비 등, 국내 최초의 다양한 첨단

기술을 도입하여 세계적인 토목 구조물로서 손색이 없는 해상 연결도로를 건설하고 있다. 또한 문화의 도시 부산과 청정 자연을 간직한 거제를 연결하는 본 사업의 성공적 완수는 사회, 문화, 경제적 측면에서의 새로운 가치 창출과 더불어 국내 건설기술이 비약적으로 발전하는 계기가 될 것임을 믿어 의심치 않으며, 올해 12월 완공을 앞두고 서서히 그 위용이 드러나고 있는 본 사업이 성공적으로 마무리되는 그 날, 우리는 세계적인 해상도로를 달리는 즐거움을 만끽할 수 있을 것이다. [R]

[담당 : 김명한, 편집위원]