

인천 해저터널 계획



박광준
정회원, (주)대정컨설턴트 대표이사



김인균
정회원, (주)대우엔지니어링 부사장

1. 사업개요

인천 해저터널 타당성 조사 사업은 인천직할시 공영개발사업단에서 발주하고, (주)대우엔지니어링에서 수주하여 1992년 6월 ~ 1994년 2월(용역 중지기간 8개월 포함) 까지 수행된 국내 최초의 대단위 해저터널 계획에 관한 타당성 조사 용역이었다. 본 타당성 조사용역은 신국제공항과 해양 종합관광단지 개발사업이 추진되는 영종도와 인천 및 수도권간의 원활한 접근성을 위한 연육방안을 강구하기 위하여 실시되었으며, 주요과업으로는 현황조사, 노선대안 검토, 최적노선 선정, 해저터널공법의 기술 및 경제적 타당성 검토가 포함되었다.

2. 연육교통수요 분석

영종도 개발과 관련하여 외부로부터 유입되는 교통량(첨두시) 예측을 실시하였는데, 교통 유발요인으로는 신국제공항, 배후 지원단지, 국제업무지역, 그리고 관광단지가 고려되었다. 영종도로 유입되는 교통수요를 년도별 및 지역별로 분석한 결과는 다음 표 1, 표 2와 같다.

교통수요 예측 분석에 의하면 2020년 기준으로 필요한 연육차로수는 14차로로 산정되었고, 신공항 전용 고속도로를 8차로로 계획한 경우 6차로가 부족한 것으로 나타났다. 또한 신공항 전용고속도로가 지역적으로 인천의 북측

표 1. 년도별 교통수요예측 (단위:대/첨두시/양방향)

| 구분 | 1997년 | 2000년 | 2005년 | 2010년 | 2020년 |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 신국제공항 | 4,940 | 7,418 | 9,076 | 10,940 | 17,774 |
| 배후지원단지 | 576 | 841 | 699 | 1,408 | 1,408 |
| 국제업무지역 | 524 | 581 | 771 | 1,448 | 1,924 |
| 관광단지 | 140 | 156 | 468 | 514 | 592 |
| 총계 | 6,180 | 8,996 | 11,014 | 14,310 | 21,698 |
| 소요차선수(양방) | 4 | 6 | 8 | 10 | 14 |

표 2. 영종도 유입 교통량의 지역별 분포

| 지역 | 서울 | 인천 | 경기도 | 기타지역 | 합계 |
|----|------|------|------|------|-----|
| 분포 | 65.7 | 17.7 | 15.5 | 1.1 | 100 |

으로 편중되어 지역간 편의성의 향상이 필요하였다. 따라서, 수도권 남부지역으로부터의 신공항 이용객 접근성 향상과, 송도 신도시(계획)와의 연계, 그리고 광범위한 접근성 향상으로 관광단지 이용객 유도등의 목적으로 신공항 전용고속도로 대체 기능 확보의 필요성에 따라 별도의 연육로의 계획이 수립되었다. 본 연육교통수요 분석 결과는 타당성 조사 당시(1992년)의 상황에 근거하여 작성된 것이므로, 이후의 실제적인 상황변화에 따라 많은 차이가 있을 것으로 보인다.

3. 대안노선 검토

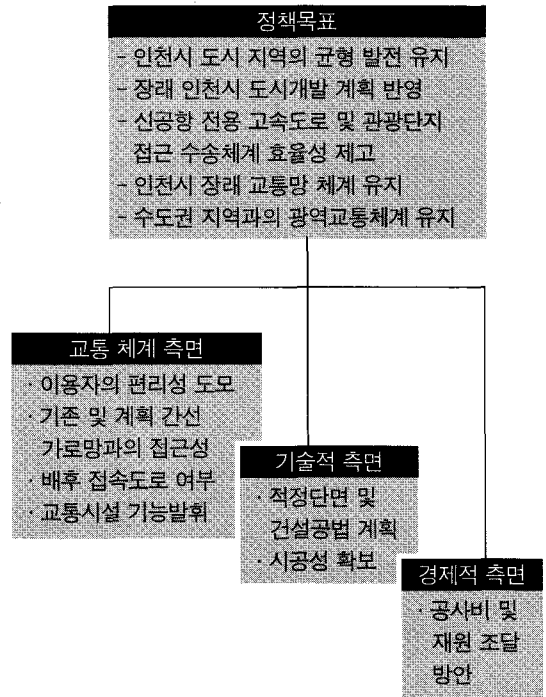
인천에서 영종도로 연결되는 대안노선은 교통수요 예측

에서 나타난 바와 같이 추가로 6차로의 연육시설이 필요하다는 전제아래, 인천해면 및 내륙 현황에 기초하여 노선 선정 기준을 작성한 뒤, 교통의 접근성, 배후도로 연계성, 시공성 및 경제성을 감안하여 총 5개의 대안노선을 선정 한 후 각각에 대한 특징 및 장단점을 비교 분석하였다.

3.1 인천해면 및 내륙현황

| 구분 | 상부 | 중부 | 하부 |
|-----------|--|--|--|
| 인천해면 및 내륙 | · 대단위 간척지 조성단지 (0.512 km ²) · 광로 제1종 7번 계획도로 (폭 100m) | · 항만시설 및 공단시설 밀집 · 월미도 및 소월미도 · 제1,2 경인고속도로 | · 송도 신시가지(계획단지) · 연수 택지개발지구 · 남동공업단지 |
| 지형지세 | · 해저 지형상태 요철형 | · 다소 완만 | · 도시계획, 해안도로 · 완만 |
| 주요 지장물 | · 해저 Cable (2 Line) | · 주항로 (L=300m) · 소월미도 · 호안 방파제 · 군사시설 · 제5부두 | · 주항로 (L=300m) |

3.2 노선 선정기준



3.3 대안 노선별 개요

※주요현황 및 노선선정기준에 의거 5개 노선 대안 선정

| 구분 | 대안 I | 대안 II | 대안 III | 대안 IV | 대안 V |
|--------------|---|---|---|---|---|
| 시·종점 | 아암도-신불 I.C | 아암도-신촌부락 | 번개휴양소-신촌부락 | 개항100주년기념탑-남뒤부락 | 장금도-월촌부락 |
| 연장(km) | 14.4 | 13.5 | 12.6 | 8.9 | 5.0 |
| 지형특성 및 지장물현황 | · 송도신시가지(계획단지) · 계획항로 (B=800m) · 해저지형 완만 · 소규모 촌락 전담, 염전 | · 송도신시가지(계획단지) · 계획항로 (B=800m) · 해저지형 완만 · 소규모 촌락 전담, 염전, 아산 | · 송도채석장 · 폐수처리장 · 계획항로 (B=800m) · 해저지형 완만 · 소규모 촌락 전담, 염전, 아산 | · 항만, 공단시설 · 연안부두 · 계획항로 (B=800m) · 해저지형 완만 · 소규모 촌락 전담지대 | · 대단위 간척 조성단지 · 계획항로 (B=800m) · 해저지형 요철 · 소규모 촌락 아산지대 |
| 유관 지역 | · 송도신시가지계획 · 송도신시가지 및 인천시 남부 지역 개발촉진 · 항만확충구상 | · 송도신시가지계획 · 송도신시가지 및 인천시 남부 지역 개발촉진 · 항만확충구상 | · 송도신시가지 계획 · 송도신시가지 및 인천시 남부지역 개발촉진 | · 도시계획상 연육 시설 입지 계획 · 도심에 인접하여 인천시 전지역의 개발파급 효과 | · 도시계획상 연육시설 입지계획 · 대규모 간척지 조성 · 인천시 북부지역 개발촉진 · 신공항 전용고속 도로와 인접 |
| 입지적 특성(인천시) | 남부지역 | 남부지역 | 남부지역 | 중부지역(도심) | 북부지역 |

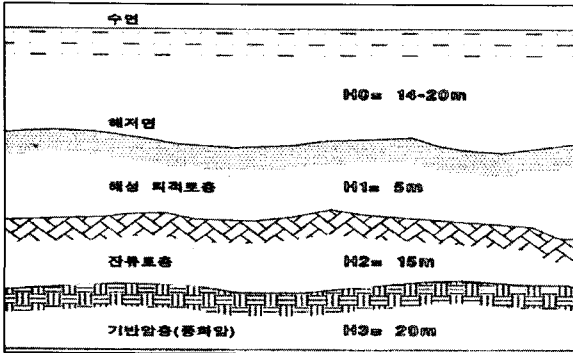
3.4 노선 대안별 특성 및 공법 대안

| 구분 | 대안 I | 대안 II | 대안 III | 대안 IV | 대안 V |
|--------------------|--|--------------------------------------|--------------|--|---|
| 교통체계영향 및 기여도 | · 광역적 접근성 양호 · 인천시 가로 소통 영향미약 · 신불.I.C 교통혼잡 | · 광역적 접근성 양호 · 인천시 가로 소통 영향 미약 | · 광역적 접근성 양호 | · 광역적 접근성 양호 · 일부 도시 계획 도로 혼잡가중 | · 경인서부지역 접근성 용이 · 일부도시계획 도로 혼잡가중 |
| 건설공법 대안 | 침매 + 교량 | 침매 + 교량 | 침매 + 교량 | 침매 + 교량 | 교 량 |
| 시 공 성 | 불 량 | 양 호 | 양 호 | 불 량 | 양 호 |
| 세부 검토 노선 선정 | | ○ | ○ | | |



4. 공법검토

4.1 수심 및 지반조건



대표적인 지층구조

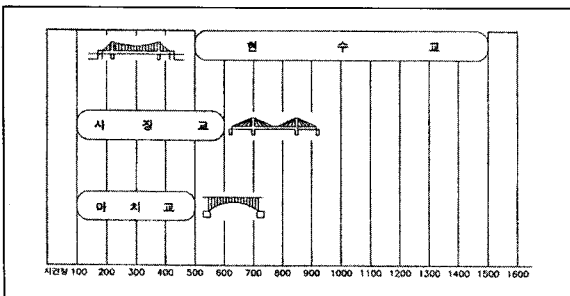
4.2 교량

- 적정 교량형식 선정조건
 - : 최소 시간장 } 항로폭 및 형하고
 - 통과높이 } 경 제 성
 - 안 전 성
- 노선대안별 구비조건 및 최적 교량 형식

표 2.2 영종도 유입 교통량의 지역별 분포

| 구분 | 최소시간장 | 통과높이 | 선박의 Mast 높이 |
|-------------------|--------|------|----------------|
| 대안 I, II, III, IV | 1,200m | 84m | 대형 작업선 |
| 대안 V | 800m | 40m | 900t급 전용 Barge |

* 대안 I, II, III, IV 통과높이는 인천항 주항로의 2000급 해상기중기 기준



시간장별 적정 교량 형식

4.3 터널

| 특징 | |
|----|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • 지반조건이 영향이 미소 • 형상 및 크기에 제약 미소 • 구조체의 품질우수 • 짧은 침설공사기간 • 심도가 얕아 시, 종점 연결 구배 완만 • 정교한 연결시공 필요 • 항체건조시설 필요 (Dry Dock) |

| 특징 | |
|----------------|---|
| <p>NATM 공법</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 연암이상의 토피를 10m 이상 확보하여야 시공가능 • 해수유입대책이 필요 • 해저터널 시공의 위험성증대 (철저한 품질관리 및 시공필요) • 시, 종점부에 급구배 형성 |

| 특징 | |
|------------------|---|
| <p>SHIELD 공법</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 대구경 Shield 제작필요 (구입이 어려움) • 정밀지질조사 필요 • 해수유입 대책필요 • 적정 토피유지가 필요 하므로 시, 종점부에 급구배 형성 |

| 특징 | |
|---------------|--|
| <p>TBM 공법</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 대구경 TBM 제작필요 • 파쇄대 통과에 어려움 예상 • 해수유입 대책필요 • 연, 경암에 위치하여야 하므로 시, 종점부에 급구배 형성 |

터널공법별 최적심도 및 특징

5. 최적 노선 및 공법 선정

5.1 최적 노선 선정

• 최적노선대안

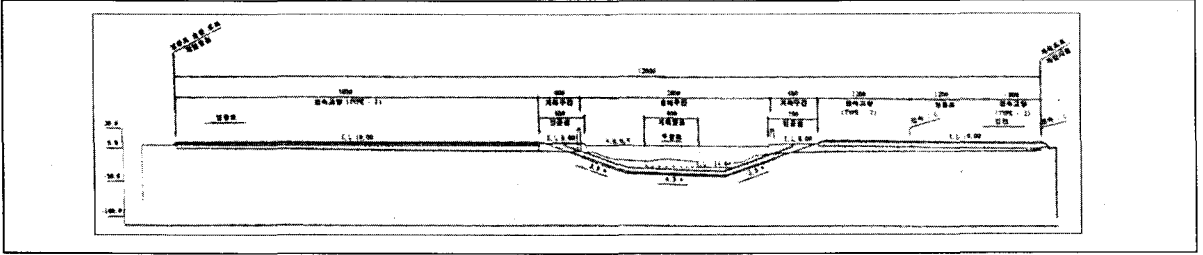
| 구분 | 대안 I | 대안 II | 비고 |
|---------------|--|--|-------------|
| 연장 (m) | 13,500 -터널 : 2,800 -교량 : 9,450 -인공섬 : 1,250 | 12,600 -터널 : 2,800 -교량 : 7,250 -인공섬 : 1,250 -접속도로 : 1,030 | 0.9km차이 |
| 시종점 | 아암도-신촌부락 | 번개휴양소-신촌부락 | - |
| 개략공사비 | 5,980 (억원) | 5,400 (억원) | 대안 III 이 저렴 |
| 경제성 분석* | B/C : 1.04 IRR : 12.3% | B/C : 1.07 IRR : 12.6% | 대안 III 이 양호 |
| 지역개발측면 | · 인천시 항만개발 구상 및 송도 신시가지 2단계 계획과 상충 | · 인천시 항만개발 구상 및 송도 신시가지 2단계 계획과 조화 | 대안 III 이 양호 |
| 교통 체계 및 교통 소통 | · 고속도로망 체계에 의한 지역별 접근시 경인고속도로 단말부와 아암도 사이구간 교통혼잡 초래 | · 고속도로망 체계로 의한 지역별 접근시 인항로 연장구간의 접속으로 교통량분산 효과증대 · 광3-5호선, 광3-6호선으로 인천시 접근 편리 | |
| 환경 영향 측면 | · 생태계 : 보통 · 자연경관 : 보통(인공섬 조성) · 소음, 배기, 진동 : 보통 | · 생태계 : 양호 · 자연경관 : 보통(인공섬 조성) · 소음, 배기, 진동 : 보통 | |
| 기술적측면 | · 해면 완만 · 최종단 구배 : 3.5% · 주요지장물 : 전무 | · 해면 다소 완만 · 최종단 구배 : 3.5% · 주요 지장물 전무 · Dry Dock 부지확보 용이 | |
| 추천안 | | ◎ | |

주) : *6차로 기준

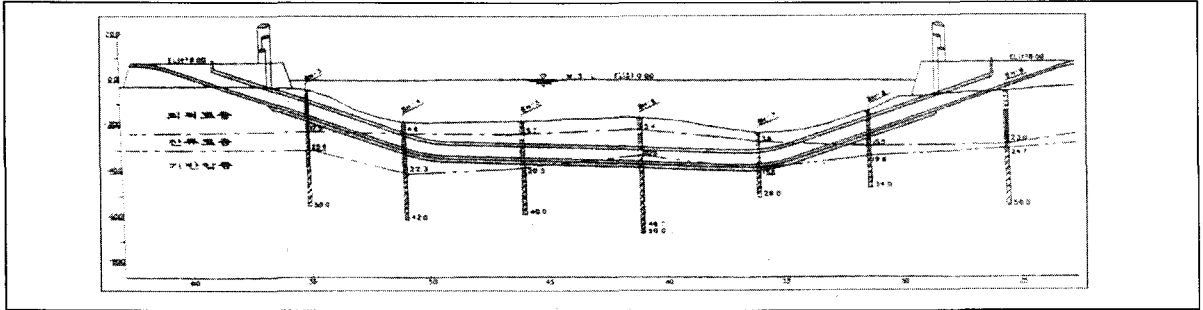
5.2 최적 공법 선정

해상 시추에 의한 지반조사 결과에 의하면 인천 영종간 터널 통과 해저지반은 퇴적토 및 잔류토층의 심도가 약 20m에 달하며 일부 구간에서는 단층대가 존재할 것으로 예상되었다. 해저터널로 건설 가능한 공법으로는 NATM, TBM SHILD, 침매공법이 있는데, 통과지역의 지반조건, 종단구배, 환기단면적등을 고려할 때 단면적형상 및 크기제한과 지반조건에 크게 제약받지 않는 침매터널공법이 최적인 것으로 검토되었다.

따라서, 본 타당성 조사 대상지역의 연육방안으로 건설 가능한 침매공법과 교량(안)에 대하여 검토하였다. 상대적으로 수심이 낮은 양안부는 교량으로 계획하였고 인천항 주항로로써 수심이 깊은 중앙부만 인공섬을 축조한 후 침매공법으로 통과하는 것이 공기 및 공사비 그리고 시공성 측면에서 가장 유리한 것으로 조사되었다.

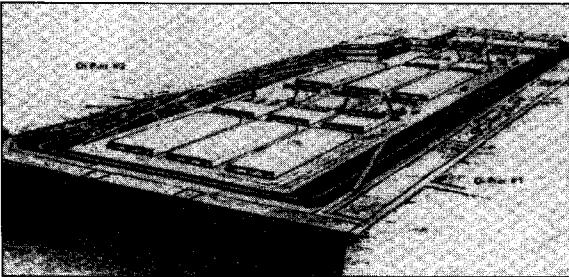
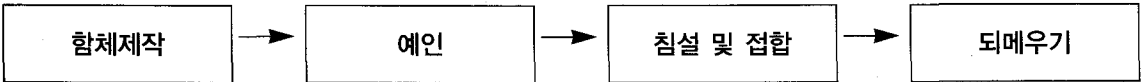


최적노선 종단면도

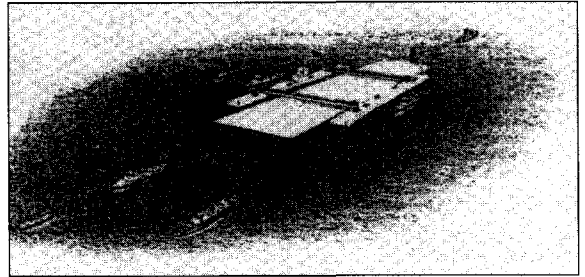


인천 해저터널 토질조사 지층단면도

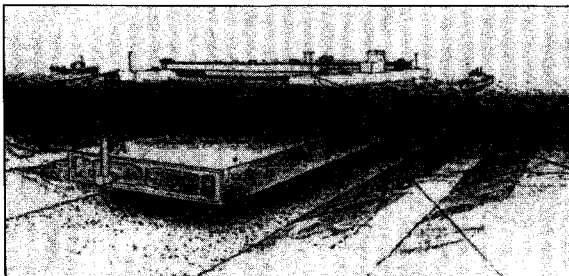
• 침매공법의 시공순서 개요



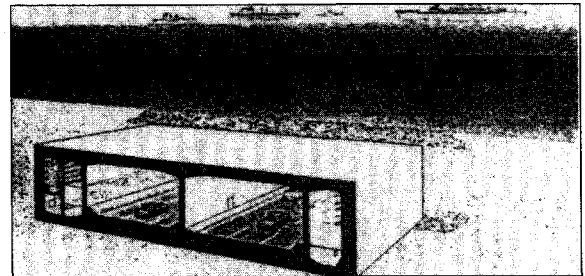
1. Tunnel Element Manufacturing



2. Tunnel Element Towing



3. Immersing and Joining



4. Backfilling

6. 결론

- 신공항 전용도로는 인천 북부지역에 편중되어 있어 수도권 남부지역에서 접근시 인천시내 통과로 인한 교통 혼잡 및 물류 비용의 막대한 증가가 예상되므로 인천시 남부에 위치한 번개 휴양소와 영종도의 신촌 부락으로 연결되는 대안Ⅲ 노선을 최적노선으로 제시하였다.
- 제시된 노선Ⅲ에 대한 해상시추 자료, 교통수요 예측 자료, 인천항 주항로의 선박 통행조건 및 접속되는 연결도로망과의 연계성에 대한 기술적, 경제적 타당성을 종합적으로 분석하여 주 항로부를 침매터널로 관통하고 접속부를 교량으로 통과하는 공법을 제시하였다.
- 해상 시추와 탄성파 탐사 등을 실시하여 해저지질조사를 면밀히 실시하여 실체에 반영할것과 침매터널 및 장대 교량에 대한 해외 기술을 습득하여 국내 기술진에 의해서 설계 시공될 수 있도록 대비하고 인천항 주항로 횡단시 간만의 차를 고려하여 선박 통행시 지장이 없는 시공법을 제시할 것 등이 지적되었다.
- 국제도시로서 인천의 위상과 신공항 연육 시설에 대한 사고시를 대비하여 교통 수요에 의한 연육시설 필요시기 (2006-2011)보다 조기에 해저터널 건설이 필요하다고 판단되어 해저터널의 건설기간등을 감안하여 '94년 하반기에는 인천해저터널에 대한 기본설계가 착수되어야 할 것으로 제시되었다.
- 인천 해저터널의 타당성 조사 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

1) 신공항과 관광단지 개발에 따른 연육방안 강구필요

2020년 기준 연육소요 차로수 : 14차로
 신공항 전용고속도로 : 8차로
 추가 연육차로수 : 6차로

2) 노선대안 Ⅲ이 최적노선

교통체계측면 : 광3-5호선과 배후단지 I.C 연결
 기술적 측면 : 침매 터널 + 교량
 경제적 측면 : 공사비 5,400억원,
 B/C = 1.066, IRR = 12.6%

3) 연육시설 방안

구간 : 번개휴양소 - 신촌부락
 연장 : 12,600m
 공법 : 침매(2,800m) + 교량

4) 연육시설 개통시기

추가 연육시설 발생년도 : 2008년
 최적개통시기 : 2011년

※ 본 원고를 게재토록 허락해 주신 (주)대우엔지니어링의 김인균 부사장님께 감사를 드리며, 본 보고서는 1994년 당시 작성 제출된 것을 요약하는 과정에서 많은 사항들이 생략되었음을 밝혀드립니다.