1교시

[문1] 최적함수비

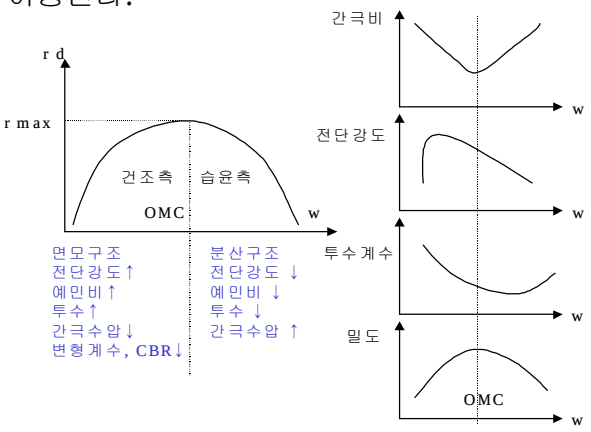
[답)

1. 개요

1) 다짐이란 흙에 인위적인 압력을 가해서 밀도를 증가시키는 것을 말하며, 다짐시험시 흙이 가장 잘 다져지는 어떤 함수비를 최적함수비(OMC)라고 하고 최대 건조단위중량은 최적함수비에서 얻어진다.
2) 최대건조밀도 및 최적 함수비는 다짐방법과 다짐에너지에 따라 달라지며, 다짐곡선은 최적함수비에 의한 다짐함수비 관리 등에 이용된다.

2. 다짐목적

1) 전단강도 크게 : ϕ, c 값 크게
2) 압축성 적게
3) 투수성 감소
4) 변형 적게
5) 공극 감소



<다짐곡선>

3. 다짐 효과에 영향을 미치는 요소

1) 함수비
   - 함수비의 증가에 따라서 수화단계 → 윤활단계 → 팽창단계 → 포화단계를 거친다
2) 흙 : 입도분포, 입도, 흙의 비중, 종류에 따라서 $\gamma_{d\ max}$와 OMC가 다르다
   ① 사질토 : 공극비 작아 투수성 크고 입자 큼
   ② 점성토 : 공극비 커 투수성 작고 입자 작음
3) 다짐에너지 : E↑, γ_d ↑, OMC↓
4) 다짐장비 : 토질에 따른 다짐 장비의 적합성

4. 최적함수비(OMC)

1) 최대건조단위중량에 해당하는 함수비
2) 최적함수비선 : 각각의 다짐에너지에 대한 최적함수비를 연결한 선

5. 다짐효율을 높이기 위한 대책

1) OMC 근처 다짐 : 최적함수비의 조절
2) 재료의 선정 : 흙
3) 적절한 다짐장비, 다짐에너지의 선택
4) 다짐횟수와 1회 포설두께, 다짐후 두께를 결정
5) 다짐실험 실시

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문4] RMR

[답)

1. 개요

1) 암반의 등급을 판별하는 시험방법에는 R.Q.D, R.M.R, 일축압축강도, 탄성파속도, 진동치 속도 등을 기준으로 한다.
2) R.M.R은 암반의 평점에 의한 암반분류 방법(개별채점 및 합산)이다

2. 암반 등급판별

1. R.Q.D
   1) 암반의 Core를 채취하여 암질의 상태를 분류
   2) R.Q.D = 10cm 이상되는 Core길이 합계/ 보링공의 길이×100%
2. R.M.R
   1) 암반의 평점에 의한 암반분류방법(개별채점 및 합산)
   2) 평점이 높을수록 암질이 좋다.
3. 일축압축강도 : 직접하중을 가해 피괴실험실시
4. 진동치 속도: 주변구조물 및 인가 등 피해대상물 인접발파는 0.5Kine(cm/sec)이하
5. 탄성파속도 : 탄성파속도의 빠르기

3. 분류항목 및 점수

1) 암석의 일축압축강도(15)
2) R.Q.D(20)
3) 불연속면의 간격(20)
4) 불연속면의 상태(30)
5) 지하수 상태(15)

4. 평점합계에 의한 암반분류

점수	100~81	80~61	60~41	40~21	<20
등급	I	II	III	IV	V
구분	매우양호	양호	보통	불량	매우 불량

5. 암반분류방법의 문제점

1) 분류기준의 부적합
2) 분류기준의 통일성 부족
3) 분류용어 혼영에 따른 불합리성
4) 설계시 암반공학적 개념 부족
5) 시추결과와 현장지질상태의 괴리

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문5] Slurry Shield TBM 공법

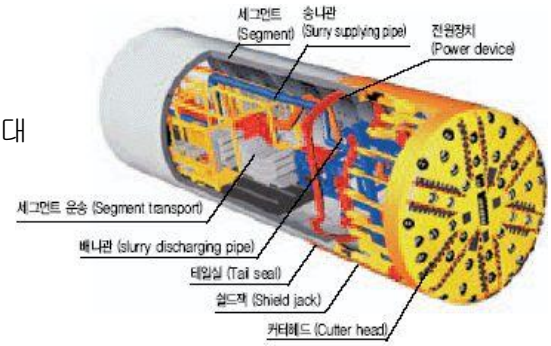
[답)

1. 개요

1) TBM 장비에 부착된 Shield 라는 견고한 원통을 이용하여 토압을 지지하면서 전면 지반(암반)을 굴착, 배토하고
2) 굴착과 동시에 외부에서 제작된 콘크리트재의 복공재(세그멘트)를 조립, 설치하여 터널을 축조 하는 공법

2. 공법 특징

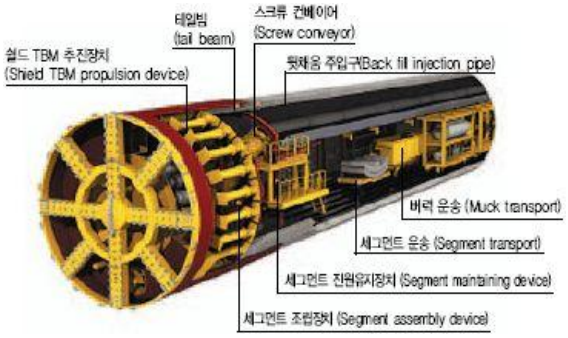
1) 굴착면의 안정성이 우수 : 작업 중 안전성 증대
2) 도심지 지하공간 건설 : 안전, 효율적
3) 급곡선 시공 및 다양한 단면 시공 가능
   - 굴착연장이 길어질수록 경제성 향상
4) 친환경적
   - 지상 도로교통의 영향이나 건설공해가 적다
5) 시공정밀도 향상 : 자동화 계측 및 관리



<이수식 쉴드TBM>

3. 주요 구성

1) Cutter Head : 굴착회전 및 막장지지
2) Girder : 쉴드잭을 이용하여 추진
3) Tail : 복공부재 조립 및 굴착 토사 배출



<토압식 쉴드TBM>

4. 쉴드 TBM 공법의 종류

1) 개방형
   ① 전면개방형 : 인력식, 반기계굴착식, 기계굴착식
   ② 부분개방형 : 블라인드식
2) 밀폐형
   ① 이수식
   ② 토압식 : 토압식, 이토압식

5. Shield TBM 누수원인

1) 세그먼트 구조에 의한 누수 : 세그먼트 연결TYPE, 세그먼트 조립시 단차에 따른 누수
2) 지수재에 의한 누수 : 씰제, 볼트팩킹재
3) 보조공법에 의한 누수
   - 1차 주입재(PEA GRAVEL) + 2차 주입재(CEMENT MILK TYPE)
4) 기타 시공에 의한 누수
   - 미숙련 기능공의 조립 정밀성 저하, 세그멘트 조립시 취급 부주의, 볼트 조임 과다

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

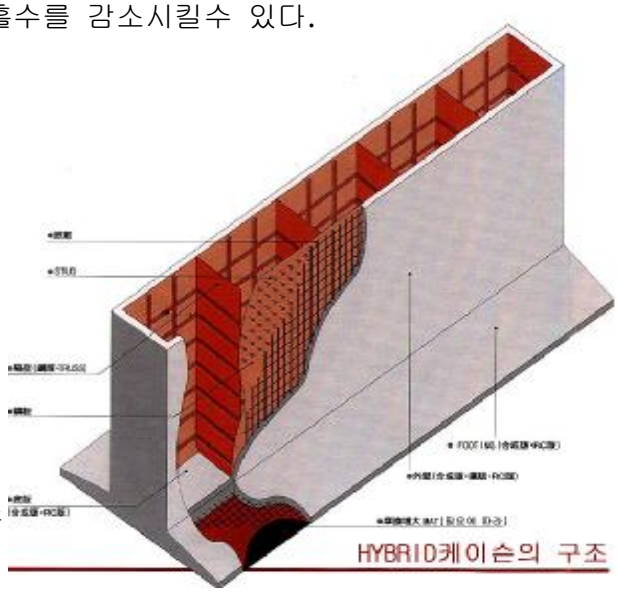
[문6] 하이브리드(Hybrid) 케이슨

[답)

1. 개요

1) Hybrid Caisson은 강재와 철근콘크리트를 견고하게 일체화시킨 "합성판"과 강판으로 구성된 케이슨이다

2) 합성판은 통상적으로 콘크리트와 비교해서 동일 두께시 큰 부재강도를 가지기 때문에 판두께를 얇고 경량화하여 부유시의 흘수를 감소시킬수 있다.



2. 합성구조

1) Open-sandwich type
   - 강판과 Stud를 이용

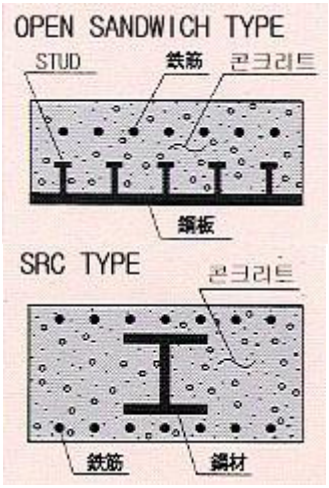
2) SRC type
   - 강재를 철근콘크리트속에 매입

3. 합성판 구조의 특성

1) Footing 확폭 가능
   ① 저면반력 감소→ 지반개량범위를 축소
   ② 제체 상부폭 감소→ 경제적

2) 중량 감소→ 흘수가 낮고, 장척·이형 케이슨 제작
   ① 진수·예인·거치 비용 감소
   ② 공기단축
   - 기존 케이슨과 같은 중량이라면 케이슨 연장을 1.5~2배로 길게 시공가능

3) 강곡으로 시공
   ① 거푸집, 동바리 공사 감소
   ② 배근 및 고소작업량 감소→ 콘크리트 타설량 감소



4. 케이슨 제작과정

1) 강곡부재 제작 : 보강재 부착, STUD 용접
2) 강곡블록 조립
3) 강곡 대조립
4) 배근, 거푸집 부착, 콘크리트 타설
5) 콘크리트 타설완료, 거푸집 제거

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문7] 침매터널

[답)

1. 개요

1) 침매터널은 지상 또는 수면상에서 원하는 함체를 제작한 후 물에 띄워 원하는 위치까지 이동시킨후 침설 후

2) 함체들을 연결한 후 그 위에 토사 등으로 되매우기 하여 터널을 구축하는 공법이다

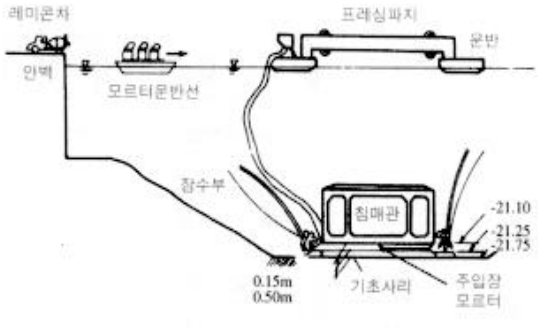
2. 적용성

1) 수심이 깊지 않고 조류 영향이 크지 않은곳

2) 연약지반에서도 적용 가능

3) 선형이 직선인 장대 터널에 유리

4) 서해안 개발 사업에 많이 적용 전망



<침매터널>

3. 특징

장 점	단 점
1) 함체 육상 제작 : 고품질 가능 2) 임의형상 단면 가능 - 체적에 비해 단위중량이 적다 3) 연약지반 가능 4) 터널길이 단축 : 설치심도가 낮다	1) 수상교통 지장 발생 : Trench 굴착 2) 굴착토사 처리 필요 : 수질오염 3) 이음부 처리 기술 필요 4) 부등침하 : 지층변화 심할때 5) 함체 운반시 균열, 손상

4. 침매 터널 형식

구 분	원형 강각방식	구형 콘크리트 방식
용 도	도로, 복선철도, 하수관 등	다차선도로 등 광폭의 것
기본단면	원형	구형단면
구조주재	강각 및 철근콘크리트	철근콘크리트
방수방법	강각	방수막
기 초	자갈을 깔고 기초면에 직접침설	함체 저면과 기초면과의 간격을 밀착시키기 위한 특수한 기초공법 필요 - 모래뿜기 공법, 모르타르 주입공법

5. 시공시 유의사항

1) 트렌치 굴착공 : 대형 펌프 준설선이 유리

2) 터널 기초 지지 형식

① 독립 지지형식 : 기초말뚝, 기초보 설치 ② 연속 지지형식 : 모래뿜기, Mortar 주입

3) 함체 접합 방식 : 배수Joint공법(고무 Gasket, 횡수압으로 압축), Tremie Joint공법

4) 되메우기공 : 다짐성이 좋고 유동화가 일어나지 않는 되메움재료 선택

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문8] BTL과 BTO

[답)

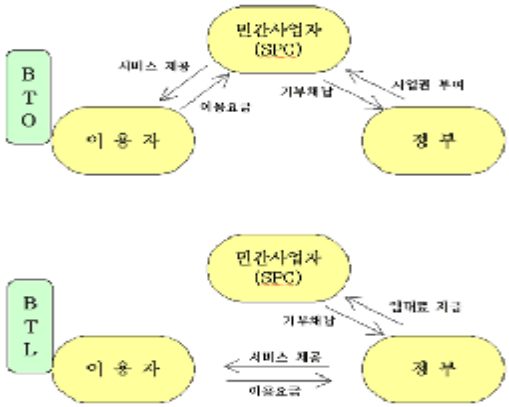
1. 개요

1) BTL(Build Transfer Lease)방식이란 민간기업이 공공시설을 지은 다음 이를 정부에 빌려줘 투지금을 회수하는 민자유치제도를 말한다.

2) BTO(Build Transfer Operate)방식은 민간사업자가 건설해 직접 사용자로부터 통행료를 받는 방식이다.

2. BTL 추진배경 및 목적

1) 긴요하고 시급한 공공시설을 앞당겨 공급
   - 국민들이 시설편익을 조기에 향유
2) 민간의 창의를 활용 : 투자효율 증진
3) 정부재정운영방식의 탄력성 향상
4) 민간유휴자금을 장기 공공투자로 전환
5) 경제 활성화와 일자리 창출



<BTL과 BTO>

3. BTL 사업 특징

1) 민간이 건설한 시설을 정부소유로 이전(기부채납)
   - 민간이 시설소유권을 갖는 BOO(Build-Own-Operate)방식과 구별
2) 정부가 시설임대료를 지급
   - 시민들에게 시설이용료를 징수하는 BTO(Build-Transfer-Operate)방식과 구별
3) 사전에 목표수익률 실현을 보장
   - 정부가 적정수익률을 반영하게 임대료를 산정·지급

4. BTL과 BTO 비교

추진방식	BTO(Build-Transfer-Operate)	BTL(Build-Transfer-Lease)
대상시설 성격	① 최종 수요자에게 사용료 부과 ② 투자비 회수가 가능한 시설	① 최종 수요자에게 사용료 부과 ② 투자비 회수가 어려운 시설
투자비 회수	최종 사용자의 사용료	정부의 시설임대료
사업 리스크	민간이 수요위험 부담	민간의 수요위험 배제

5. BTL 사업의 문제점

1) 중소건설업체의 BTL 참여 사실상 어려움
2) 낮은 수익률 : BTL 참여업체 갈수록 저하
3) BTL 사업으로 지자체 예산 과다 소요
4) 가격 경쟁력 위주의 평가방식 : 저가입찰
5) 평가위원 구성에 대한 기준 불명확

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문10] 타입말뚝 지지력의 시간경과효과

[답)

1. 개요

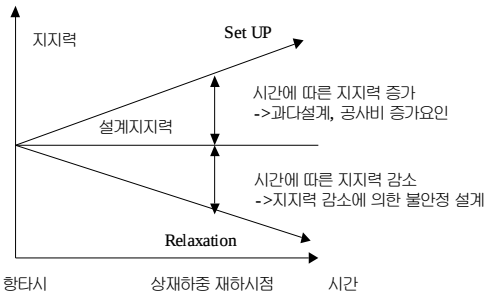
1) 말뚝의 시간효과(Time Effect)란 항타 완료후 시간이 지남에 따라 지지력이 변화하는 현상으로 Set up과 Relaxation이 있다
2) 지지력의 변화는 주로 주면 마찰력의 변화에 의해 기인하며, 특히 동재하시험으로 구한 지지력은 시간효과의 영향을 보정해 주어야 한다.

2. 지지력에 영향을 주는 요인

1) 부의 주면 마찰력
2) 말뚝이음 : 이음부의 결함(이음부 재료의 갈라짐)
3) 세장비에 의한 감소
4) 이음부 상하 말뚝의 축선 불일치
5) 무리 말뚝(군말뚝) 작용
6) 말뚝변형 : 액상화 및 주변환경의 변화→ 말뚝변형 가능성 고려
7) 말뚝침하 : Single Pile의 침하→지지력 감소원인 고려

3. Set up과 Relaxation

1) Set up
   ① 시간이 지남에 따라 지지력이 증가하는 현상
   ② 느슨한 모래, 정규압밀점토에서 발생
2) Relaxation
   ① 시간이 지남에 따라 지지력이 감소하는 현상
   ② 세암, 이암, 조밀한 모래, 과압밀점토에서 발생



<말뚝의 시간효과(Time Effect)>

4. 이용 및 평가

1) 지지력 변화 예측
   - 말뚝의 시간효과는 지반의 종류에 따라 개략적 거동을 예측할 수 있다.
2) 화강풍화토
   - 시간효과가 거의 없다
3) 과소설계방지, 경제적 말뚝 설계 가능
   - 경시효과 정확히 예측 가능시
4) 정재하 시험 : 시간효과를 고려하여 말뚝 항타후 충분한 시간이 경과후 실시
5) 동재하시험으로 구한 지지력은 시간효과의 영향을 보정해 주어야 함.
   - 동재하 시험 : 시간효과에 의해 정재하 시험의 지지력과 달라진다

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문13] 자정식 현수교

[답)

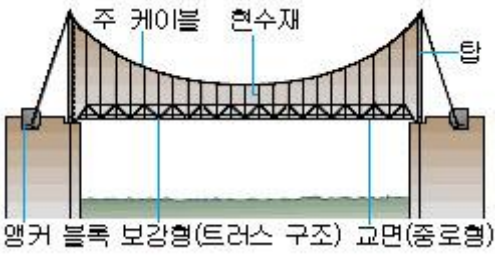
1. 개요

1) 현수교란 주탑 및 Anchorage로 주 케이블을 지지하고 이 주 케이블에 현수재를 매달아 보강형을 지지하는 교량형식

2) 주 케이블을 Anchorage에 고정시키는 타정식(earth-anchored)과 보강형에 지지시키는 자정식(self-anchored)이 있다.

2. 구조요소

1) Cable
2) 주탑
3) Anchorage System
4) Suspended Structure



<현수교>

3. 사장교와 현수교의 차이점

구 분	현수교	사장교
지지형식	주탑 앵커리지 (자정식, 타정식)	주탑 (하프형, 방사형, 팬형, 스타형)
하중 전달경로	하중 → 행거 → 현수재 → 주탑, 앵커리지	하중 → 케이블 → 주탑
구조특성	저차 부정정구조 (활하중이 지점부로 거의 전달되지 않음)	고차 부정정구조 (연속 거더교와 현수교 중간적 특징)
장, 단점	① 장경간에 경제적 ② 풍하중에 대한 보강이 필요. ③ 하부구조 설치가 곤란한 지형에 유리	① 비틈림 저항이 크다. - 현수교에 비해 강성이 크다 ② 단면 감소 가능 - 케이블 응력조절이 용이
대표교량	영종대교, 남해대교, 광안대교	서해대교, 돌산대교, 진도대교

4. 자정식 현수교와 타정식 현수교

구 분	자정식 현수교	타정식 현수교
케이블 정착	현수교 단부 보강형내에 정착	현수교 단부에 있는 대규모 앵커리지에 정착
구조특성	① 보강형에 축력 작용 ② 단부에 부반력 발생	① 보강형에 축력, 단부 부반력 발생 안함
장, 단점	① 경관성 양호 ② 시공시 가벤트 필요 ③ 주형에 상시 압축작용 및 단부 부반력 발생으로 구조상세 복잡	① 경관성 불량 : 앵커리지 ② 시공시 가벤트 불필요 ③ 자정식에 비하여 구조상세 비교적 간단

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2교시

[문2] 중력식 Concrete Dam의 Concrete 생산, 운반 타설 및 양생방법을 기술하시오.

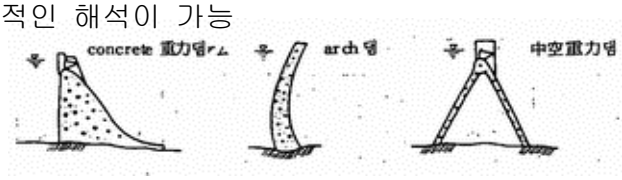
[답)

1. 개요

1) 콘크리트 중력댐은 축조재료의 자기중량에 의하여 지지력을 받는 댐으로서, 제체의 무게에 의해 외력 전부 또는 그 대부분에 저항하고 안전하도록 설계되었다.
2) 횡단면의 모양은 전도(turn over)되지 않도록 단면 형상을 삼각형으로 하고 상류면은 거의 수직에 가깝게 해야 한다.

2. 특징

1) 곡형에 제약을 받지 않는다
2) 기초지반 : 원칙적으로 불투수성 암반
   - 필댐보다 더 제약을 받는다.
3) 대용량의 여수로(餘水路)를 안전하게 설치
   - 댐마루와 댐의 하류면을 이용
4) 댐 부근에서 콘크리트용 골재 획득이 곤란, 장거리 운반 요할 경우
5) 시공관리가 비교적 쉽다
   - 표준형의 거푸집 사용
6) 설계계산에서 비교적 명확한 이론적인 해석이 가능
7) 섬진강 ·청평 ·화천댐 등



<콘크리트 댐 형식>

3. 시공계획과 조사시 고려사항

1) 설계의 확인
2) 현지 조사
   ① 수문 및 전기 : 기온, 강수량
   ② 유황 : 일유량, 월유량, 년유량
   ③ 홍수
   - 월별 최대 유량, 빈도별 홍수량, 상류관측지점과 댐 지점에서의 유량 등
   ④ 수질 : 수온, BOD, 탁도 등
3) 지형, 지질
4) 현장 조건
5) 환경 및 법률제도

<Fill 댐 형식>

4. Dam Concrete 성질

1) 내구성이 큰 것
2) 수밀성이 큰 것

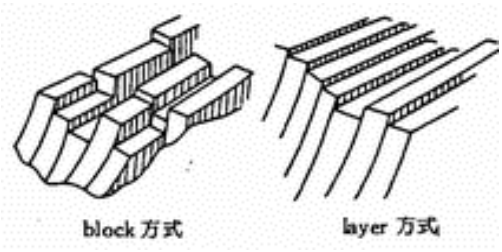
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3) 소요 강도가 있는 것
4) 단위중양이 큰 것
5) 용적 변화가 적은 것
6) 경제적인 것
7) 발열량이 적고 경화시의 온도 상승이 적은 것
8) 작업에 적합한 Workability를 갖는 것

5. Dam Concrete 타설방식

1) Block별 타설
① 일정길이로 나누어 제체의 종횡방향으로 분할된 Block을 순차로 타설
② 댐축 종방향 : 15m, 횡방향 : 35~45m
③ 규모가 큰 중력식 댐

2) Layer 타설
① 몇개의 구역으로 분할
② 전단면 동시 타설하는 방식
③ 소규모 중력식 댐



<타설방식>

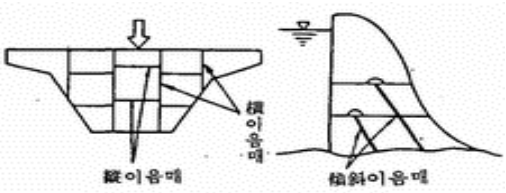
6. 배합설계

1. 재료

1) Cement
① 저발열 시멘트 사용
② 중용열 Poltland Cement, Fly Ash

2) 골재
① 굵은골재 최대치수를 크게 한다
② 80~150mm

3) 혼화제
① 고성능 감수제, 유동화제 사용
② 단위수량을 감소, 유동성 향상



<이음의 종류>

2. 배합

1) Cement량 : 160 kg/m^3
2) Slump : 2~5cm
3) Air : 3.0±1%
4) Gmax : ϕ150mm
5) S/A : 20~28%
6) 강도판정일 : 91일

3. 운반

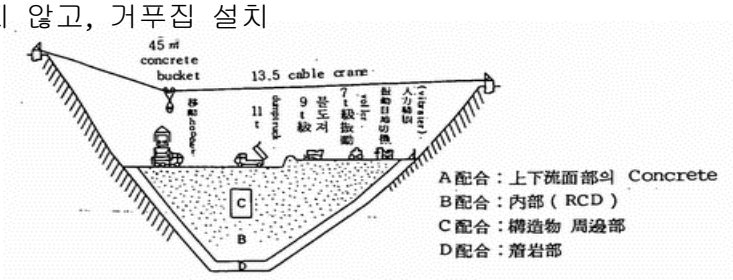
- Cable Crane, Jib Crane

7. 타설원칙

1) 타설시간 : 선행 Lift의 타설 완료후 1주일 양생후 타설
2) Block내의 타설
① Block 계획 : 가로 10~20m, 세로 30~50m
② 타설 Lift : 1.5~2m

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3) 진행방향 : 상류 또는 하류 끝에서 시작해서 반대층으로 시작
4) 타설두께
① 1층 타설 두께 40~50cm 정도
② 다층 분할 다짐 고려
5) 타설순서 : Block내에서의 콘크리트 타설 순서
6) 경계면 : 내부, 외부 콘크리트 접합붙이기는 빈, 부배합의 혼합이 되게 한다.
7) 착암부 : 선단 부위 두께가 얇지 않고, 거푸집 설치
8) 다짐
① 대형 고주파 진동기
② 무한궤도형 다짐장비
③ Back 탑재형 다짐
9) 양생
① 타설 완료후 즉시 Laitance 제거
② 습윤양생 : 일반PC(14일), 고로, 실리카(21일)
③ 온도 : 5℃ 이상
④ Pipe Cooling
10) 연속타설 : 극렬 Cold Joint 방지
11) 이음부
① 이음부에 Key 설치
② 세로이음부 Joint Grouting
③ 가로수축이음 : 15~20m
④ 세로수축이음 : 10~15m
⑤ 개방이음 : 응력분산, 0.5~1.5 THK cm
⑥ 수평이음 : 1.5m



<타설 콘크리트 구분도>

8. 온도관리

1) Pipe Cooling
2) Pre Cooling
3) 자연열 발산
4) 발열량 저감

9. 개발방향

1) 1 Lift 시공두께 증가
2) 동절기 재령, 강도 확보
3) 타설 방법, 다짐
4) 온도관리
5) 계측관리

10. 결론

1) Concrete에 이용하는 단위수량을 적게 하고, 골재는 가능한 한 최대치수를 이용하여 공극을 적게 해서 Mortar, 결국 Cement양을 적게 하도록 점검할 필요가 있다.
2) 양질의 Concrete를 얻기 위해 골재의 분리를 적게 하고, 잘 다져서 타설 이음매의 처리를 충분히 하며, 타설 후 건조 및 급격한 하중 등, 유해한 영향을 받지 않도록 충분히 양생하는 것에 유의할 필요가 있다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문3] 해양구조물 공사를 시공할 때 깊은 연약지반 개량 공사시 사용되는 DCM(Deep Cement Mixing Method)공법을 설명하고, 시공시 유의사항과 환경오염에 대한 대책을 기술하시오.

[답)

1. 개요

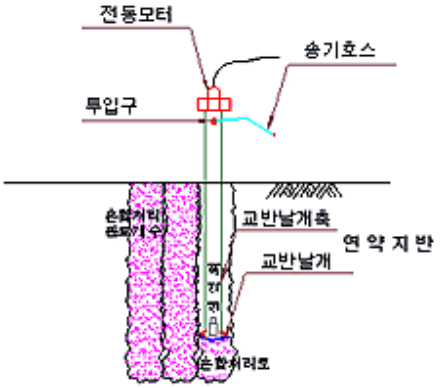
1) 심층혼합처리공법(DCM 공법)은 연약지반(점성토, 사질토, 유기질토)내에 시멘트와 물을 혼합한 안정처리재를 저압으로 주입하면서 연약토와 안정처리재를 특수 교반기의 회전에 의해 교반 혼합하고
2) 시멘트의 경화반응을 이용하여 원지반 내에 고화시켜 원주형 및 직사각형의 말뚝체를 조성하여 차수공, 토류공, 기초공 지반의 안정강화 등을 목적으로 다양하게 적용되는 공법이다

2. 해중 기초의 종류

1) 사석기초공법
2) 말뚝기초공법
3) 심층혼합처리공법(DCM 공법)
4) MAT 공법
5) 침상공법

3. 적용성

1) 적용지반 : 초연약지반 및 풍화토 등의 N치 40 미만
   - 육상, 해상, 지반에 적용
2) 시공심도 : 표준시공심도 : 2.0 ~ 34.0m
   - ROD를 연결하여 50m까지 시공 가능



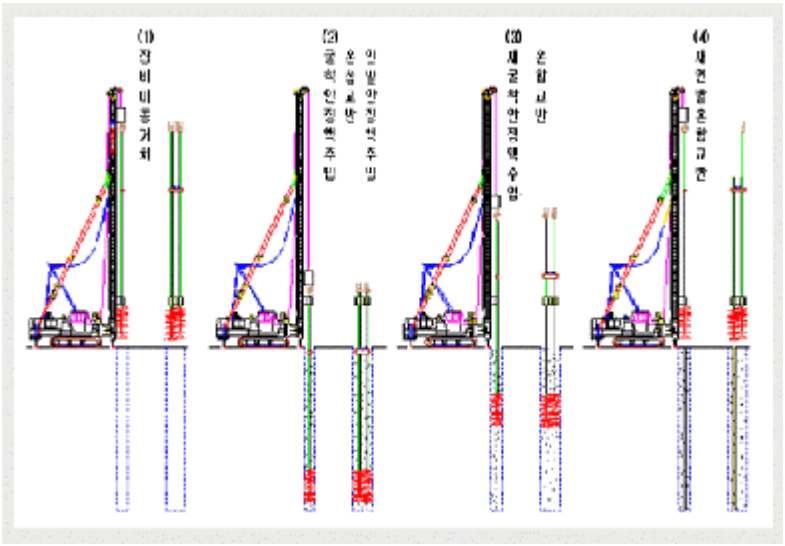
<심층혼합처리공법(DCM 공법)>

4. 특징

1) 적용 범위의 확대
   - 모든 연약 지반의 개량에 적용 가능
2) 무공해 : 해수 오탁이나 2차 공해의 걱정이 적고, 저진동·저소음
3) 자원의 유효 이용 : 현지 연약흙을 처리해 활용하므로, 자원을 재활용
4) 경제 설계가 가능 : 토질에 응해 경화재의 배합 등을 결정하므로, 경제적
5) 공사기간의 단축 : 조기로 개량 경화가 발현
6) 연속벽체의 차수 및 토류의 목적으로 사용
7) 소요 강도의 확보
   - 대상 지반의 토질에 응해, 경화재의 첨가율을 바꾸는 것에 의해 소정의 강도 확보

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. 시공순서



6. 시공시 유의사항

1) 정위치에 정확하게 Setting후 개량작업 수행
   - 설계 도면과 시공 위치가 정확히 일치하도록 광파기 사용
2) 개량의 연직도 : 시공중 항상 수직이 되도록 유지관리
   - P/D에 부착된 수직GAGE
3) 굴착속도는 개량층이 충분히 교란되도록 한다.
   -BIT의 회전력을 이용하여 서서히 굴착
4) 유량계의 작동을 예의 주시하여 관찰
5) 말뚝에 대한 개량작업이 완료되면 작업선은 다음 작업위치로 이동
6) 교반주입시 중단되는 일이 없도록 관리
   - 작업선에 설치한 아지테타는 항상 충분한량의 Slurry가 준비
7) 굴착, 주입 및 상 하강속도의 교반 회전속도 (RPM) : 분당 21~31회
   - P/D에 부착된 계기로 조정관리
8) ANCHOR의 상태를 항시 확인
   - 시공시 대선의 움직임을 최소화

7. 환경오염대책

1. 환경조건
   1) 주변지반 영향
   2) 굴착토 처리 문제
   3) 자연 및 생활 환경과 사회·경제 환경에 대한 것
      - 대기오염, 소음, 진동, 악취, 작업선의 폐유 방출, 건설자재의 해수중 낙하, 폐기물 방류 등
2. 환경오염대책
   1) 환경보전

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

① 지역 주민과의 원만한 관계 유지 및 관계법 준수
② 환경이 오염 또는 파괴되지 않도록 주의

2) 수질오탁방지
① 수질오탁 방지막공
② 각종 공법별로 그 오탁특성을 이해하여 대책 수립

3) 악취 및 먼지 방지
① 공사차량 운행시 : 적재함 덮개 사용, 세륜시설 등 설치, 살수차량 수시로 운행
② 소각 시설 사용 : 악취가 발생하는 물질 소각시

4) 진동 및 소음제한
① 소음·진동 방지시설 설치
② 소음의 영향을 저감위한 차량의 운행속도를 제한, 작업시간조정 등

8. 현장여건, 경제성을 고려한 기초처리공법 선정 시공사례

공종	사석치환	G.C.P	SCP공법	DCM
모델				
특징	연약토층을 준설하여 제거한 후 사석으로 치환	쇄석다짐말뚝을 지중에 조성하여 지반의 지지력 강화, 전단저항력 강화 및 압밀침하 소요기간을 단축시키는 공법	다짐모래말뚝을 지중에 조성 하여 지반의 지지력 강화, 전단저항력 강화 및 압밀침하 소요기간을 단축시키는 공법	연약지반에 시멘트계의 안정제를 첨가하고, 강제적으로 혼합·교반하여 강하고 단단한 안정처리 지반 형성하는 공법
장점	· 개량효과가 확실하며 잔류침하가 없음 · 안정성 측면에서 가장 유리 · 공종이 단순 · 시공사례 많음(울산항 동방파, 울산신항 중앙방파제, 부산신항 북컨테이너터미널 A-1 구간, 군장신항 등)	· 안정성에서 S.C.P에 비해 유리 · 배수단면적이 크므로 배수효과 양호	· 배수단면적이 크므로 배수 배수효과 양호 · 부산 지역 시공 실적 다수 있음	· 안정성에서 가장 유리함 · 침하 및 변위 발생이 미약 · 융기토 발생량이 상대적으로 적음
- 각종 기초처리 공법별 안정성 비교 검토를 통한 합리적인 기초처리공법 선정				

9. 결론

1) DCM 공법은 육상의 연약지반에도 이용되어 액상화 대책이나 지하의 시행을 오픈 컷으로 실시할 수 있도록 한 DOC 공법으로 발전하고 있다
2) 건축 토목 구조물의 기초로서 지지력 증강이나 지진시의 액상화 대책을 위해서 넓게 사용되고 있다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3교시

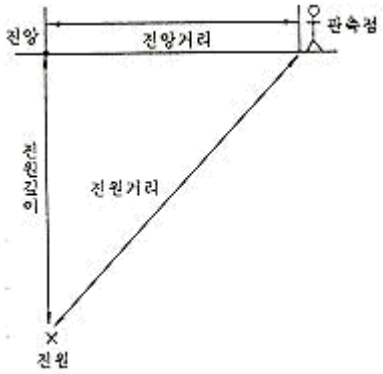
[문3] 일반 거더교에서 대표적인 지진피해 유형과 이에 대한 대책을 설명하시오.

[답)

1. 개요

1) 지진시 교량부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적으로 붕괴는 방지하여 지진시 가능한 한 교량의 기본기능은 발휘되어야 한다.
2) 중소규모 지진발생시 구조부재들이 저항하여 손상을 받지 않도록 하여야 한다.

2. 내진, 제진, 면진구조



<진원과 진앙>

1) 내진구조
① 구조물을 튼튼하게 설계→지진에 대항
② 구조물 내에 보조적인 부재(내진벽)를 설치
- 지진에 견딜 수 있게 하는 구조물
③ 전동차 안에서 젊은 사람
- 자기의 두발로 버텨 넘어지지 않음

2) 제진구조
① 신무기를 개발→능동적으로 대처
② 진동을 제어하는 설비를 갖춘 구조물
- 구조물 자체에 구조물의 진동과 반대되는 방향으로 인위적인 힘을 가함
③ 지진피해를 극복하고자 하는 능동적인 개념
④ 전동차 안에서 노인
- 손잡이를 붙잡아 균형유지

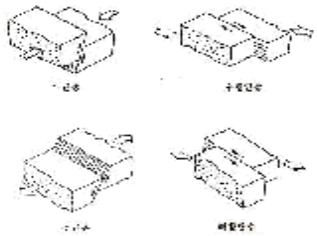
3) 면진구조
① 지진파가 갖는 있는 강한 에너지로부터 도피하여 지진과 대항하지 않고자 하는 것
② 지진에 대항하지 않고 지진을 피하고자 하는 수동적인 개념
③ 지반과 구조물 사이에 고무 등과 같은 절연체 설치
- 구조물에 크게 전파되지 않도록 구조물의 고유주기를 길게 하거나
④ 자기부상열차가 진동이 없는 것처럼 지진에 의해 발생된 진동이 구조물에 전달되지 않도록 원천적으로 봉쇄하는 방법을 사용한 구조물

3. 지진피해 유형

1) 지반에 의한 피해
① 지반의 액상화 현상
② 기초의 부등침하
③ 광범위한 Sliding현상

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2) 구조물에 의한 피해



① 높이와 폭의 비가 지나치게 클수록 피해증가
② 바닥이 극단적으로 넓은 구조물
③ 길이가 긴 구조물
④ 요철이나 복잡한 형태를 가진 구조물

3) 구조물의 내진요소 배치에 의한 피해

① 불연속 전단벽을 가진 건물이나 비대칭형 코어의 구조
② 약한 기둥과 강한 보의 접합
③ 구조물 상층부에 비해 하부층에 강성을 급격히 감소시킨 구조물
④ 기둥강성의 변화

4) 교량의 지진피해 유형
① 상판의 탈락 및 붕괴 : 연단거리 부족
② 연결부 : 붕괴
③ 교대, 교각의 상대적 변위 : 붕괴
④ 휨강도에 비해 상대적으로 작은 전단 강도 : 기둥의 좌굴
⑤ 휨강도 및 유연성 부족 : 파괴

4. 내진성 증대방법

1) 내진설계
① 대칭형 평면과 평면의 단순화 계획, Set Back 구조 지양
② 전단벽체의 연속배치와 균등배치
③ 부등침하에 대비한 기초보강 설계
④ 튜브 시스템
⑤ DIB 구조, Out Rigger 구조설계

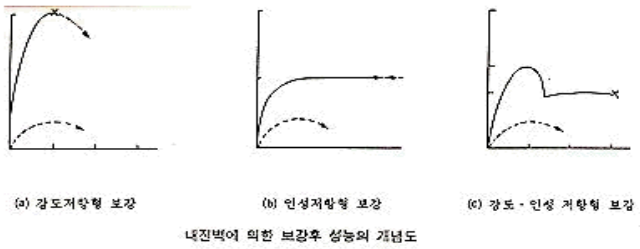
2) 재료적 대응
① 강도 증가 : 고강도콘크리트, 고강도 철근 및 강재
② 재료의 경량화
③ 연성재료 : 연성 지향형 설계시

내진 보강 공법	
강도상승형	내지벽증설 벽두께 증대 (덧침벽) 날개벽 증설 브레이스 증설 버트레스 및 골조 증축
인성(변형능력)향상형	기둥전단보강 (띠근감싸기,용접철망감싸기,강판감싸기) 보 보강 슬릿트 설형 (허리벽 , 내림벽 끊기)
혼합형	강도상승형과 인성(변형능력)향상형의 방법을 병용
건물의 균형향상형	강도상승형과 인성향상형을 이용하여 역학적으로 균형을 꾀함
기타	중량저감 , 기초보강

3) 시공적 대응
① 지하구조
ⓐ지반조사 철저(부등침하)
ⓑ 지반보강 : 액상화 방지
ⓒ 지중보 고려 : Tie Beam
② Rc 구조물 보강
ⓐ 헌치보강
ⓑ Sprial Hoop 및 전단철근 보강
ⓒ U형보 설치, 개구부 보강
③ 철골조 구조물
ⓐ 최대 세장비 : 180 이하

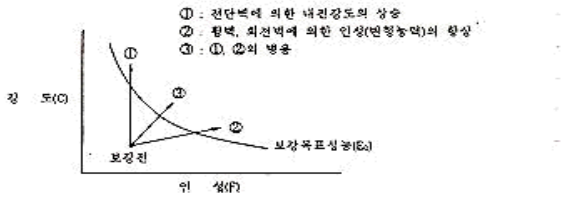
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ⓑ 보의 스판과 높이 비율 : 15이하
ⓒ 기둥과 보의 접합 : 강절점
ⓓ 기둥의 Web : 스티프너 보강
ⓔ 가새 설치 : Bracing
ⓕ Box Column 시공



내진벽에 의한 보강후 성능의 개념도

5. 현행 설계의 문제점



1) 정책상 문제점
① 내진설계 : 막대한 추가공사비 소요
② 한반도 지진특성 미반영 : 외국의 나
2) 설계상 문제점
① 시방체계와 상이
- 도로교표준시방서 하부구조편, 내진설계편(일본, 미국 AASHTO 시방서적용)
② 하중조합계수간 상이
- 도로교 표준시방서 공동편, 내진설계편
③ 교각 높이가 낮아 기둥이 탄성영역으로 거동하는 경우
- 연성거동에 의한 심부 구속철근을 배치→예산낭비 및 시공성 저하
④ 원형교각 심부구속철근 산정
- 띠철근에 의한 환산 단면식 사용→과대한 철근 배치→타설 곤란
⑤ 기존 교량의 내하력 평가방법 부재 : 기존교량 단순 확장하는 경우

6. 개선방안

1) 최적화 내진설계
① 지진 재현주기 결정
② 교량 규모, 주변여건 고려한 내진설계 적용범위 결정
2) 한반도 지진에 대한 연구 선행
① 내진설계변수 정립
② 지진활동, 발생 가능한 최대 잠재지진 규모, 발생확률 등에 대한 연구
3) 설계기준 정비 필요
① 하부구조와 내진설계 시방체계 정비
② 하중조합계수 정비
③ 면진장치 등의 해석방법과 품질확보 방안
④ 기존 시설물에 대한 내하력 평가 방법

7. 결론

1) 우리나라는 지진의 발생빈도나 규모가 작기 때문에 지진에 대한 개념이 거의 무시되어 왔다.
2) 그러나 최근 빈발하는 지진에 대한 경각성을 가지고 치료보다 예방이 최선이듯이 대규모 지진이 오기전에 대비책을 세워 피해를 최소화하는 것이 바람직하다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문5] NATM 공법으로 터널을 시공시에 많은 계측을 실시하고 있다. 계측의 목적과 계측의 종류별 설치 및 계측시 유의사항을 기술하시오.

[답)

1. 개요

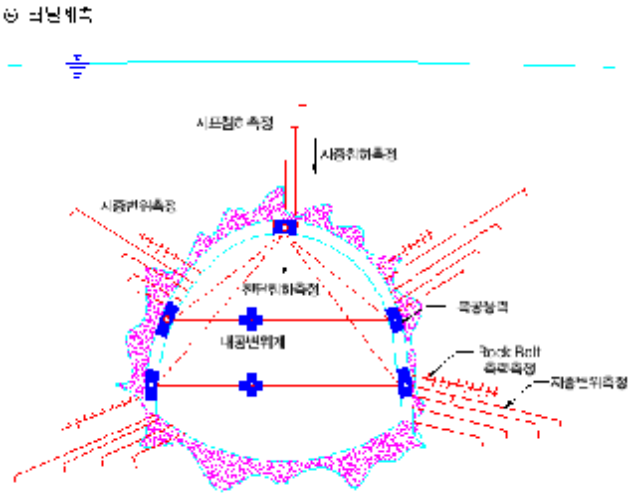
1) 계측 계획에 있어서는 계측의 목적을 명확히 하고 지반조건, 주변환경 조건을충분히 고려하여 개개의 터널조건, 문제점에 적응하도록 계획하여야 한다.
2) 계측은 시공관리, 설계의 타당성 평가, 주변환경에의 영향관리, 자료수집, 설계 시공에의 Feed Back 등에 이용된다.

2. 계측의 목적

1) 주변 원지반의 거동 파악
2) 각 동바리 부재의 효과 진단
3) 설계, 시공의 경제성 도모
4) 장래 공사 계획 자료로서 설계, 시공에 반영

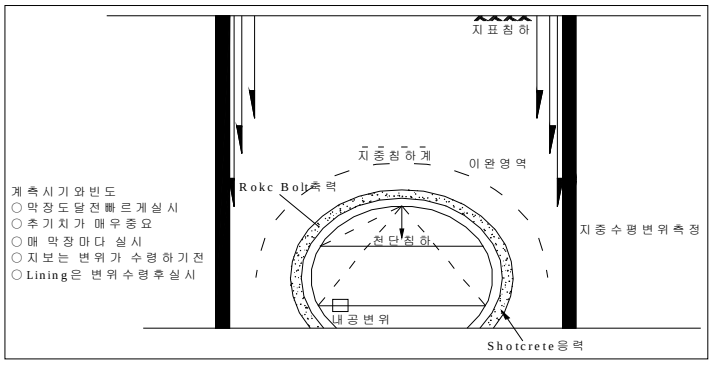
3. 계측 항목 선정시 고려사항

1) 계측 수행 목적
2) 구조물의 용도, 형태
3) 구조물의 구조적, 재료적 특성
4) 지질 상태 및 지하수 조건



4. 계측 항목

1. 계측 A : 일상적 시공관리
   1) 갱내 관찰 조사
   2) 내공 변위 측정
   3) 천단 침하 측정
2. 계측 B : 원지반 조건에 따라 계측 A에 추가 선정
   1) 지표, 지중의 침하 측정
   2) 지중 변위 측정
   3) 락크 보울트의 축력 측정
   4) 락크 보울트의 인발 시험
   5) 라이닝 응력 측정
   6) 원지반 시료 시험
   7) 갱내 탄성파 속도 측정

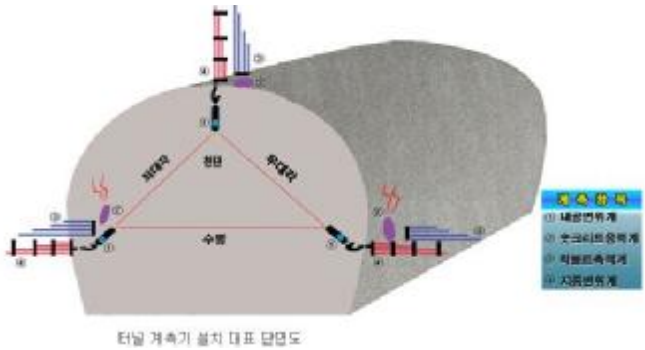


PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. 계측기기 및 적용

기 기	적 용
Tape Extensometer Level Multiple Extensometer Shotcrete 응력측정기 Pump, Hydraulic Ram Inclinometer 수신기, Cable, 증폭기, 발파기	내공 변위 측정 천단 침하 측정 지표 및 지중침하 측정, 시공변위 측정 Shotcrete의 응력측정 Rock Blot의 응력측정 시공 수평변위 갱내 탄성파 속도 측정

6. 계측의 설치



터널 계측기 설치 대표 단면도

1. A계측: 5～50M
2. B계측
   1) 초기 단계에서 실시 : 12시간이내
      - 부득이한 경우: 24시간이내
   2) 대표적인 지질 구간에서 실시
   3) 시공 현장이 짧고 원지반이 안정된 경우 생략할 수 있다.
   4) 설계 변경이 큰 경우는 실시하는 것이 바람직하다.
   5) 1단면/200～500m

7. 측정 빈도

1) 내공변위 천단 침하: 1～2회/일
2) 지표 침하: 1회/1～2일
3) B계측: 1～2회/일

8. 계측기 배치 방법

항 목	명 칭	내 용	측 정 계 기	
갱내관찰	갱내관찰조사	막장의 안정성, 지질상황, 용수 기존시공 구간의 상황	클리노미터, 픽해머, 천공속도	
내공변위	내공변위 측정	터널벽과의 거리 변화	테이프 내공변위계, 3차원 측량	전단면 내공변위계, 광변형 센선
		천단침하	레벨, 3차원 측량	
		지반의 융기	3차원 측량	
지중변위	지중변위 측정	터널갱내에서 측정하는 수평변위, 연직변위	지중변위계	
		지상 등 갱밖에서 측정하는 수평변위, 연직변위	지중변위계, 층별침하계, 지중수평변위계	
지중응력	초기지압측정	초기지압의 크기, 방향	오버코어링법, 플랫잭법, 수압파쇄법	

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

	지중응력변화측정 간극수압측정	굴착에 따른 주변 원지반 내 응력변화	응력셀
		지중의 간극수압의 상태	간극수압계
버팀부에 작용하는 하중 및 응력	록볼트축력측정 숏크리트 응력측정	록볼트 축력 분포, 정착효과 판단	록볼트 축력계
		숏크리트에 작용하는 응력 및 시공상태 판단	쇼크리트 응력계
주변에 미치는 영향	지하수위 측정	터널 굴착으로 인한 지하수위의 변화 측정	지하수위계

9. 측정기간

1. 내공 변위 및 천단 침하
   1) 변위량이 작은 경우(2차선도로: 50㎜이하, 1차선도로: 25㎜이하)
      - 수렴후부터 1주간 정도사이 1회/2일 측정
   2) 변위량이 큰 경우(2차선도로: 50㎜이상, 1차선도로: 25㎜이상)
      - 수렴후부터 2주간 정도사이 1회/2일 측정
   3) 변위가 수렴하지 않을 경우
      - 1㎜/30일이면 수렴하는 것으로 한다.
2. 지표 침하 측정
   지표면의 침하가 없어질 때까지

10. 계측시 유의사항

1) 계측위치 선정
   - 터널의 용도, 규모, 지반조건, 시공방법 등 터널의 여러 상황을 고려
2) 계측목적에 적합하도록 터널의 종단, 횡단 방향별로 계측위치, 배치간격 적절한 선정
3) 터널계측기기
   ① 내구성
   ② 설치 및 유지관리 용이
   ③ 계측목적에 맞는 계측범위와 신뢰성 확보
4) 기기 특성에 대한 사전정보 획득과 신뢰성 확보를 위한 사전검증 필요
5) 설계, 시공에 반영시켜 공사의 안정성과 경제성 확보토록 노력
6) 계측결과의 정확한 평가는 각종 지반정보와 지보재의 역할 등을 충분히 고려하여 복합적으로 분석 검토

11. 결론

1) 계측은 시공의 안전성을 확보하고 경제성을 확보하기 위해서 실시한다.
2) 따라서 계측에서 얻어진 결과는 재빨리 설계, 시공에 반영시켜 공사의 안전성, 경제성을 확보하도록 노력한다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4교시

[문4] 해저 pipe line의 부설방법과 시공시 유의사항을 설명하시오.

[답)

1. 개요

1) 관로(Pipe Line)를 부설하는 목적은 각종 유체(상수, 하수, 원유, Gas등)의 수송에 있으며, 본 유체를 안전하고 대량의 연속수송이라는 점에서 육상 Pipe Line이나 해저 Pipe Line이 큰 차이점이 없다.

2) 그러나 해저관을 부설하는 기술적 과정에서 육상관로와 비교하면 해저 관로는 물이 존재하는 것이 다르며, 해저관로의 부설에는 특수한 부설기술이 요구되고 보수의 난이, 신뢰성, 안정성에 대한 신중한 배려가 필요하다.

2. 해저 Pipe Line의 사용장소

1) 섬(島)의 생활용수, 공업용수의 공급
2) 공업용 해수의 취수 및 방류등에 사용
3) 해저유전, Gas의 집유 및 수송
4) 심해의 Sea Berth를 통한 Tanker의 원유, LNG등의 입출하

3. 해저 Pipe Line의 부설방법

1. 해저예항법(Bottom Pulling Method)

1) 육상에서 접합한 장척관을 예선용 Barge 또는 대선에 설치된 Winch로 잡아 당겨서 부설하는 공법

2) 장점

① 국내 시공경험이 많으며 장비 소요대수가 적다
② 육상작업이 대부분이다.
③ 공사가 단순하며 고도의 기술이 필요하지 않다.

3) 단점

① 관의 용접, Conc, Jacketing 및 진수에 필요한 넓은 작업장이 필요
② 해저 조건의 영향이 크며 Winch 용량이 크다.

2. 부유 예항법(Floating Method)

1) 육상에서 접합한 Pipe Line을 부유된 상태에서 설치위치까지 예항하여 부표를 잘라서 부설하는 공법

2) 장점

① 소규모 작업에서 경제적이며 적은 Winch로 시공이 가능
② 복잡한 Pipe Line도 가능

3) 단점

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

① 고도의 작업성과 기술이 필요

- Pulling후 Floater를 제거하여 관로를 부설하는 과정에서 Pipe Line의 응력 발생으로 인한 손상우려

② 국내 시공경험이 없으며 장비 소요대수가 많다.

3. 부설선법(Lay Barge Method)

1) 작업선단에서 해저관과 단관을 용접, 접합하면서 작업선을 이동시켜 부설선의 선미부에 있는 스테잉거 위를 미끄러 뜨려 연속적으로 부설하는 공법

2) 장점

① 수심이 깊은 대륙붕이나 Pipe Line 연장이 긴 곳에서 주로 이용

② 해상조건 변화에 적응성이 좋고 작업중단이 가능

3) 단점

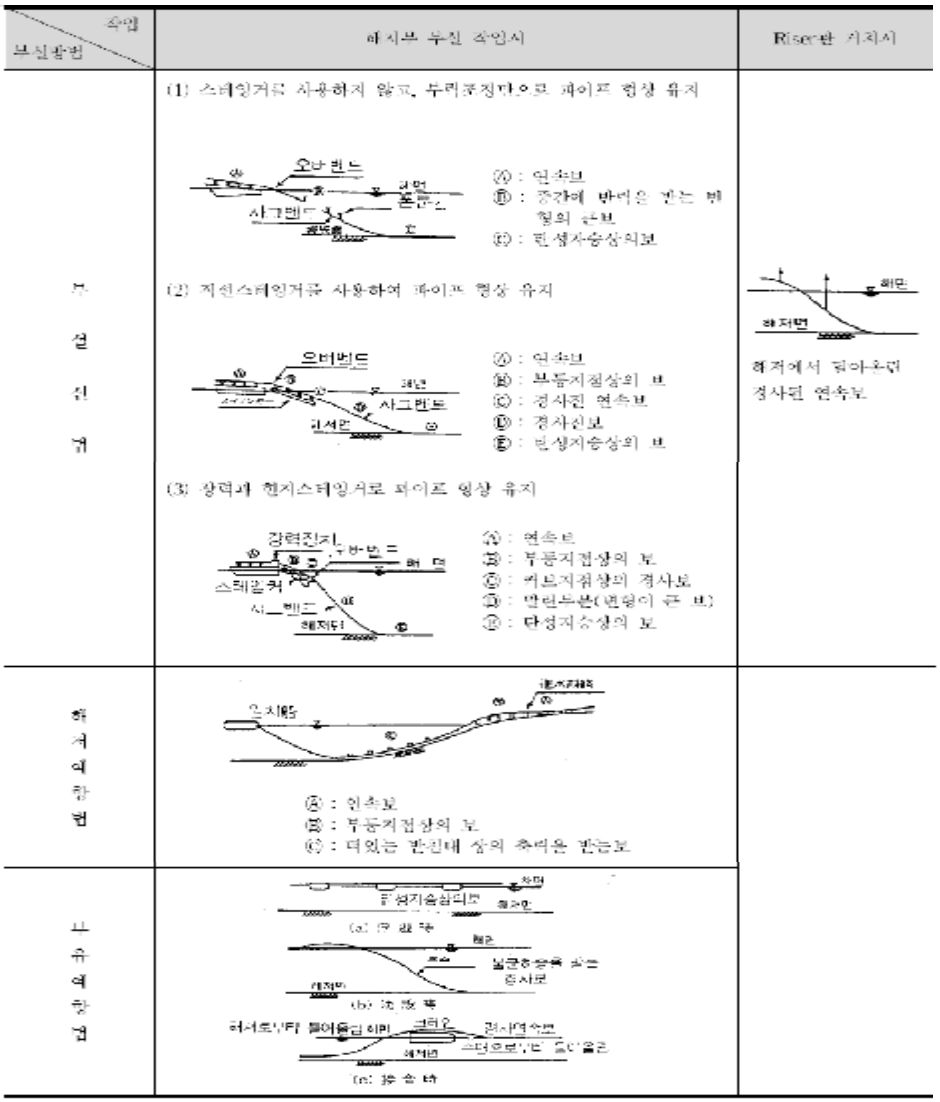
① 육상작업장은 불필요하지만 특수장비인 Lay Barge가 필요

② 국내 시공경험이 거의 없고 복잡한 관로에는 부적합

4. 관권법

1) 가요성(可撓性)의 소구경관을 공장에서 제작함과 동시에 실감기 상태로 해두고

2) 작업선상에서 돌려 감으면서 부설하는 공법



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

구 분	해저예항법	부유예항법	부설선법
1. 작업방법	육상제작장에서 조립한 긴 관을 바다쪽에서 해상관고정용 대선(台船 : Barge)을 끌거나, 또는 건너편 대안에서 윈치로 끌어가면서 해저에 부설하는 방법	육상 또는 해상에 조립한 긴 관을 물에 띄운상태에서 부설 위치까지 예항하고, 관접합용 대선상에서 해저관을 부상(浮上)시켜 해상 용접하여 침설(沈設)하는 방법	작업선상에서 해저관의 단관(單管)을 용접하여 연장하고 그때마다 작업선을 이동시키면서 침설해가는 방법
2. 제작장 (Pipe yard)	관로의 연장선상에서 길이가 긴 관의 제작 및 예항용공간과 기재(器材) 및 진수설비가 필요	관로의 연장선상이 아니라도 길이가 긴 관의 제작 및 예항, 진수를 위한 공간과 기재가 필요	강관저장장 외에 육상제작장은 필요하지 않다.
3. 주변조건	해저조건이외의 영향은 별로 받지 않는다. 기상변화에 대한 적응성이 좋아 작업 중단 후 계속작업도 가능	비교적 정온한 기상·해상조건이 요구된다. 기상의 급변(急變)에 대한 적응성이 나빠, 작업 중단 후 계속작업에 있으나 어려움이 있다.	주변조건의 영향은 거의 받지 않는다. 기상변화에 대한 적응성이 좋아 작업 중단 후 계속 잡업도 가능
4. 사용기재 (使用器材)	대형예항시설 필요	용접용 대선 이외의 특수설비는 필요하지 않다. 여러 척의 선박이 필요	특별 장비(裝備)를 장착한 부설선을 필요로 한다. 다른 선박은 별로 필요치 않다.
5. 관중량 조절	해저와의 마찰력을 적게 하여 예항력을 줄이기 위해 관의 수중 중량이 가볍도록 한다.	해면에서 해저로 강관이 유연하게 굽어지도록 관의 수중중량이 가볍도록 조절한다.	부설선에서 해저로 강관이 유연하게 굽어지도록 조절한다.
6. 적용범위	◦ 제작장, 해저조건이 좋은 곳에서는 어느 정도의 대형 공사까지도 가능 ◦ 관로가 복잡하거나 대규모 공사시에는 부적절 ◦ 해상조건이 나쁜 곳에서도 적용가능(풍파, 조류 등)	◦ 소규모 작업시 경제성이 있다. ◦ 복잡한 관로도 가능 ◦ 해상조건이 정온한 곳에 적합 ◦ 악천후 발생빈도가 많은 경우 작업이 연속되지 않고, 매번 단절되므로 작업일수만 충분하면 비교적 안전	◦ 비교적 장대(長大)한 해저관 작업에 적합 ◦ 복잡한 관로에는 부적합

4. Pipe Line 부설 설계 방법

1) 파랑 및 조류력에 안전한 Weight Jacket의 두께를 결정하고 작업 방법을 설계
2) Riser Point를 지형조건에 알맞고 파랑 및 조류력에 안전하도록 설계
3) Pipe Pulling Head를 설계한 Plem과 Pipe연결부위를 설계
4) Pulling Force를 결정하고 적절한 Pulling Weight를 결정
5) Pulling에 사용하는 Wire Rope의 규격을 결정한다.
6) Plem과 Pipe 연결방법을 결정하고 이때 발생되는 Pipe Stress를 검토
7) Riser Point의 Laying방법을 결정하고 이때 사용되는 장비 및 Pipe Stress를 검토
8) Pipe 방식방법을 결정하고 방식을 설계

5. 파이프라인의 굴삭

1) 파이프 라인의 굴삭시 고려사항
   - 토질, 파이프의 크기와 무게, 수심, 부설속도, 해상상태, 도랑의 안정도, 토질의 처

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

리, 동력의 소모 등을 고려

2) jetting공법 : 압축된 공기, 물을 호스를 통하여 해저면에 분출→도랑을 만드는 방법

3) 유동화 (Fluidization) 공법

- 파이프 주위의 토사에 많은 분량의 물을 주입함으로써 토사의 밀도를 감소시켜 파이프를 토사 아래로 가라 앉히는 방법

4) Plowing 공법(쟁기 공법)

- 도랑을 먼저 파고 나중에 파이프라인을 설치하는 방법
- 파이프라인을 설치하는 동안 구덩이도 동시에 파는 방법
- 해저면에 파이프를 설치한 후 도랑을 파는 방법

6. 시공시 유의사항

1) 파이프재료 : 인장응력에 충분히 견딜 수 있어야 한다

- 해저 파이프 라인의 경우 내부의 높은압력이나 부설시의 상당한 인장력을 받음

2) 파이프절연체 : 폴리우레탄포옴, PVC, syntactic form 등이 주로 사용

3) 파이프응력 : 원환응력, 축방향응력, Von Mises 등가응력

4) 파이프좌굴

① 국부좌굴 : 외부압력, 축력 및 굽힘모멘트에 의하여 발생

② 전파좌굴 : 국부좌굴이나 이와 유사한 손상이 일어났을때 외부압력에 의해 발생

③ 봉형좌굴 : 압축력이나 자중 등에 의해서 발생

5) 파이프크기

① 파이프의 크기 결정에서 가장 중요한 부분은 파이프의 벽두께를 결정하는 것이다.

② 고려항목

- 설계코드, 유량, 압력, 압력강하, 부설높이의 변동, 유체의 점성 및 밀도, 파이프라인의 길이, 부식/침식에 대한 여유두께

6) 해저 파이프의 지반 안정성

① 해저면에 노출된 파이프 라인

- 파도와 해류의 작용→횡방향으로 밀리게 되면 안정성을 소멸→파손의 원인

② 매설된 파이프 라인

- 침강 또는 부양에 대한 안정성이 검토되어야 한다.

7) 자유경간 : 해저면과 파이프 라인 사이에 지지접점이 없는 상태

① 정적경간 : 자중이나 외부하중으로 인한 처짐 발생시 허용길이의 결정

② 동적경간 : 파도 및 해류로 인한 공진이 발생하지 않을 허용길이의 결정

③ 일반적으로 정적 및 동적 허용경간을 계산하여 짧은 것을 선택한다.

7. 결론

1) 해저 Pipe Line의 부설에는 작업준비사항, 장비동원계획 및 현지상황을 고려하여 결정하여야 하며, 부설방법으로는 해저예항법, 부유예항법, 부설선법, 관권법등이 있다.

2) 해저관로의 부설에는 특수한 부설기술이 요구되고 보수의 난이, 신뢰성, 안정성에 대한 신중한 배려가 필요하다

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

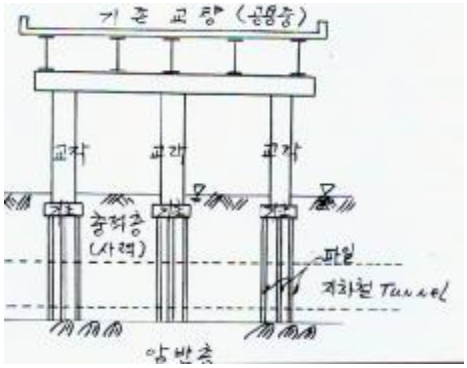
[문6] 아래그림과 같이 현재 통행량이 많고 하천 충적층위에 선단지지 pile 기초로된 교량 하부를 관통하여 지하철 터널굴착 작업을 하려고 한다. 이때 교량하부구조의 보강공법에 대하여 기술하시오.

[답)

1. 개요

1) 여기에 소개하는 공사는 일본 수도고속도로의 교각을 언더피닝공법으로 받쳐 교각의 기초말뚝을 절단하고 개착공법으로 지하철 터널을 구축하는 공사이다.

2) 시공현장은 도심의 번화가이다. 줄지어 늘어선 빌딩 사이로 수도고속도로 3호선의 고가교가 지나고 있다.



2. 현장상황

1) 시공현장 : 도심의 번화가

2) 줄지어 늘어선 빌딩 사이로 00고속도로 0 호선의 고가교가 통과

① 수도고속도로 3호선

- 하루 13만대의 차량이 통과하는 도심의 대동맥

② 따라서 교각의 침하는 적극적으로 억제할 필요 존재

③ 차량이 주행하고 있는 수도고속도로를 언더피닝한 공사사례

- 아직까지 없었다고 함

3) 교각 바로 밑을 비스듬히 가로지르는 형태로 지하철 7호선(남북선) 터널을 건설

① 교각의 푸팅(footing)과 터널 상단과의 거리 : 대략 1m

② 터널을 건설하기 위해서는 교각의 기초말뚝을 절단 필요

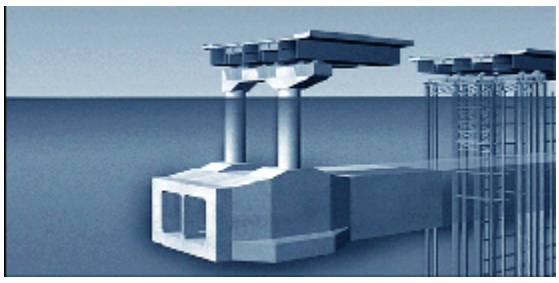
③ 실드기로 굴착하는 것이 불가능

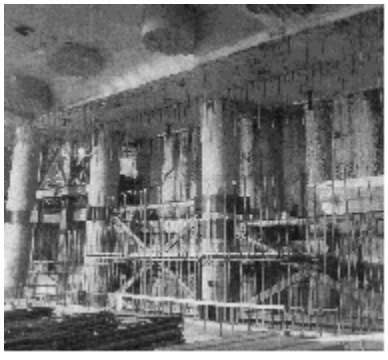
④ 언더피닝 공법을 채용

⑤ 수도고속도로의 교각을 신설말뚝으로 교체하고 푸팅 밑을 개착공법으로 굴착

⑥ 2기의 교각 : 총 30개의 기존 콘크리트말뚝으로 지지

- 말뚝의 반력 : 각각 1,250tf와 960tf

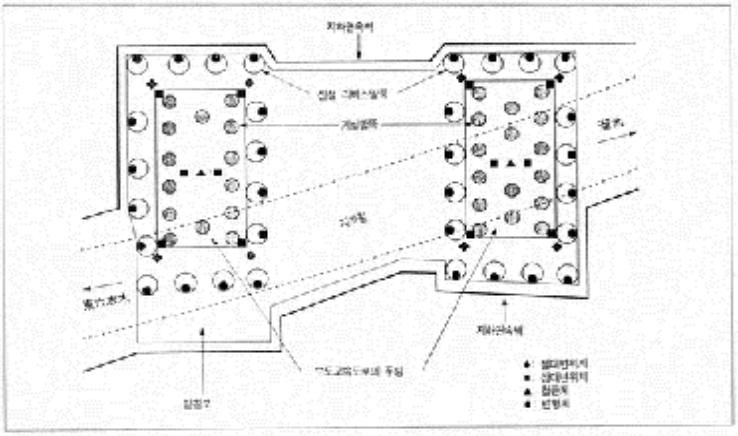


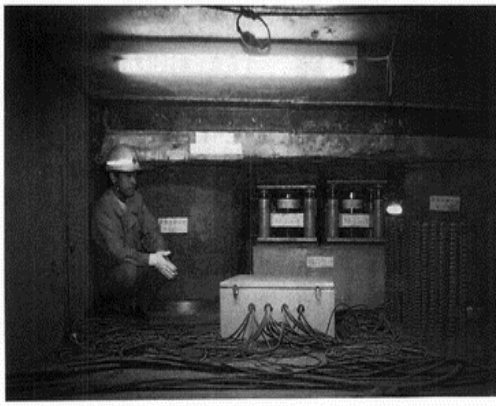


PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. 공사개요

1) 수도고속도로공단 교각의 허용 침하량
   - 최대 5mm로 설정하고 매우 엄격하게 관리
2) 내부적 관리기준치 : 2.8mm
   ① 그 값 이상의 침하가 발생하는 경우에는 감시를 강화하고
   ② 침하가 계속될 것 같으면 유압재크를 사용하여 교각을 들어올리는 방안을 고려
      - 침하량이 관리기준치를 넘은 후에 준비하는 것은 늦다.
3) 언더피닝공 정보화시공시스템 도입
   ① 절대변위계, 상대변위계, 변형계 등 총 200여대의 계측기 배치
   ② 이 계측자료를 교각이나 신설말뚝 등의 삼차원모델에 입력하여 해석하고
      - 시공단계마다 교각 침하량 등을 예측





푸팅과 받침보의 사이에 배치한 유압재크

4. 교량하부 보강방법

1) 교각 밑을 지반 개량
   - 2기의 푸팅 주위에 각각 16개의 말뚝을 새로 타설
2) 시공 장소 주위에 지하연속벽을 구축하고 굴착을 시작
   ① 푸팅 밑까지 굴착하면서 철근콘크리트제 받침보를 타설
   ② 이 받침보
      - 교각의 하중을 받음과 동시에 지하철 터널의 윗상판으로서 역할
3) 푸팅과 받침보 사이의 높이 1m 정도의 틈새에 60대의 유압재크를 설치
   - 기설말뚝의 하중을 받침보로 받게 교체
4) 기설말뚝을 코어보링으로 절단

5. 언더피닝공 정보화시공시스템 도입

1) 예측치와 실제 계측치를 비교
   - 설계시에 상정한 지반조건 등을 즉석에서 수정 가능
2) 말뚝을 절단하였을 때의 받침보 침하량의 예측치와 실제 계측치 비교
   ① 계측치는 예측치의 40% 정도

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

② 실제 지반의 탄성값은 당초 상정한 것의 2배 정도

3) 계측자료를 현장의 PC에서 가공한 후

① 모뎀과 전화회선을 이용하여 00 건설 본사에 보내 EWS로 계산하여

② 예측결과를 현장으로 다시 보낸다.

- 자료를 보내고 현장에 되돌아오기까지 걸리는 시간은 약 10분.

4) 중상판을 타설한 후, 지하 20m 바닥면까지 굴착 완료

① 밑상판의 콘크리트 타설 완료

② 굴착을 시작하여 중상판 타설을 마치기까지

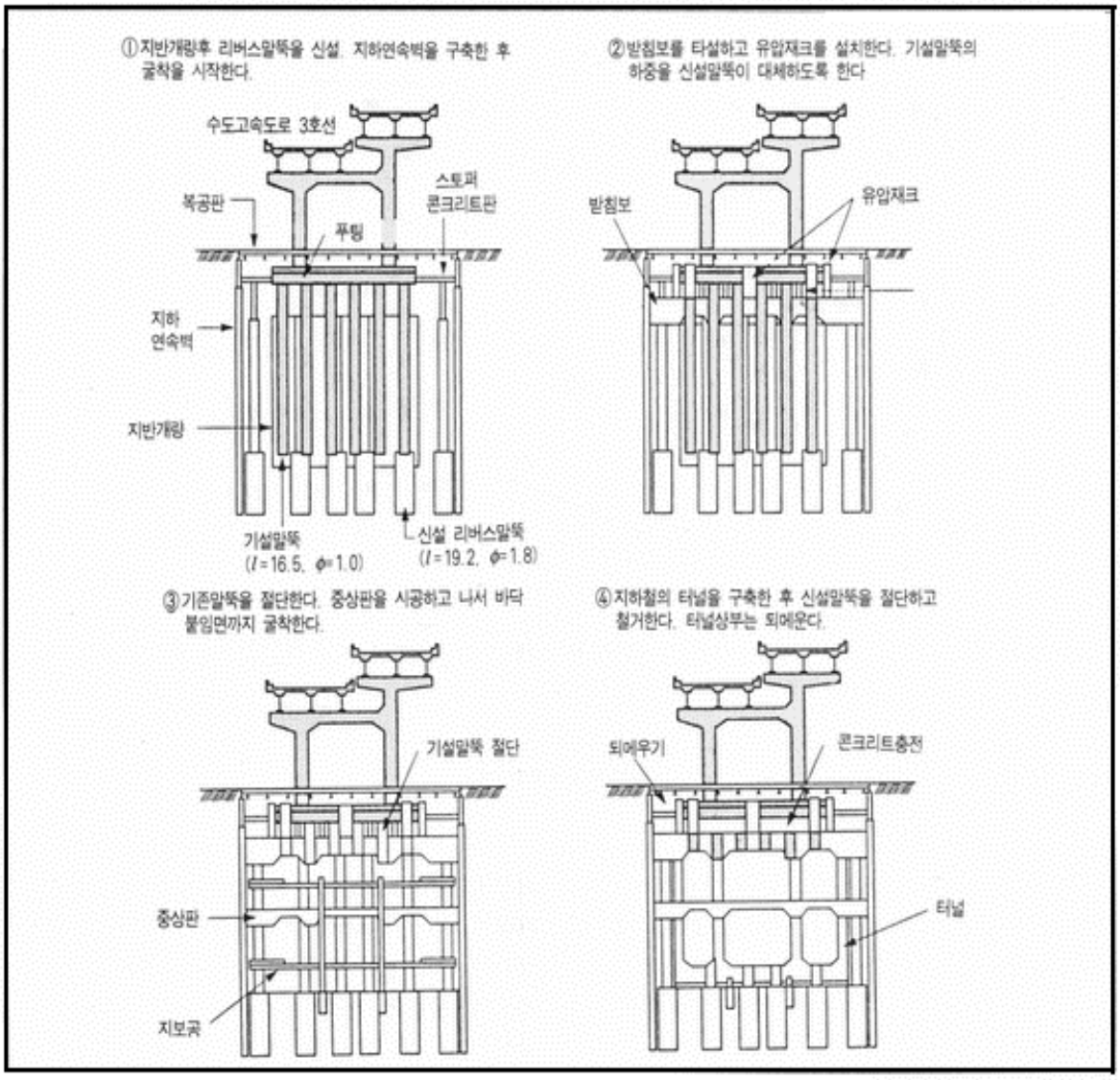
- 교각은 총 1.3mm 침하

③ 예측치 : 1mm 정도 더 침하될 것이라는 결과 도출

5) 예측되는 침하량은 합계 2.3mm

① 관리기준치 이내에 들기 때문에

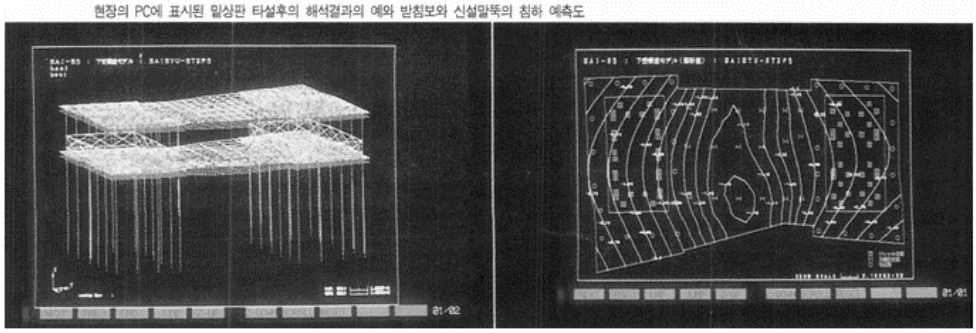
② 밑상판의 타설을 마치는 시점까지는 교각을 재크로 올릴 필요는 없는 것으로 판단

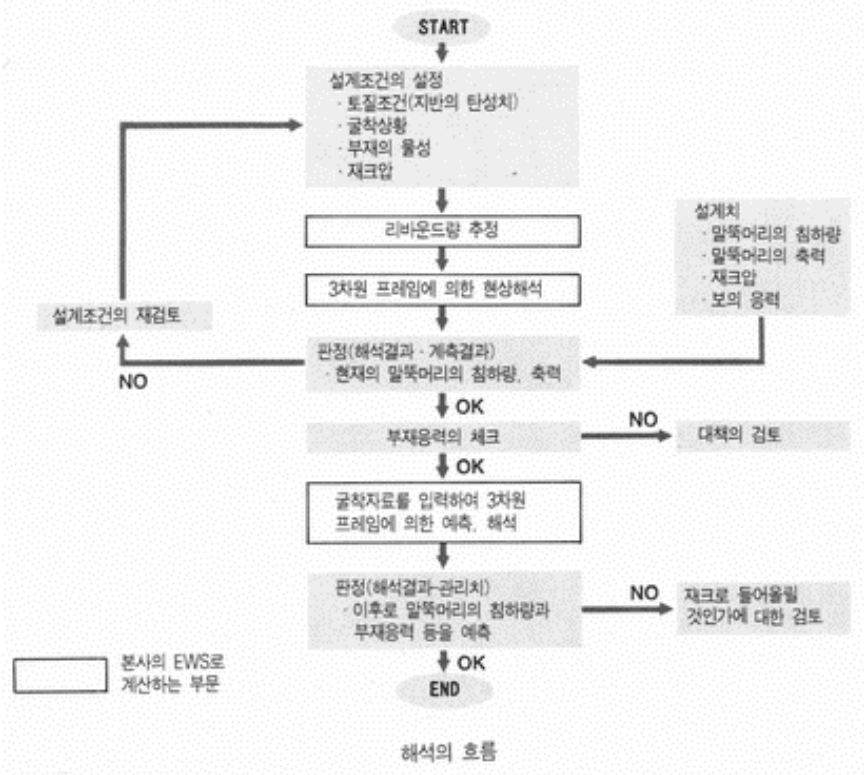


시공순서도

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

현장의 PC에 표시된 일상관 타설후의 해석결과의 예와 받침보와 신설말뚝의 침하 예측도





해석의 흐름

6. 결론

1) 교량하부로 지나가는 지하철 구조물이 교량의 교각을 지지하는 기초 시설과 간섭이 생겼을때 교량기초 구조물에 지장을 주지 않기 위해서 가설 구조물들을 설치하여 양 교량과 교각을 지지하게 만든후 지하철 구조물 공사를 진행하였다

2) 지하구조물공사와 더불어 간섭이 발생하는곳에는 지하구조물자체에 상부의 다리와 교각을 지지할 수 있는 보강구조체로 시공하였고, 보강 구조물이 충분히 양생된 후 주변의 가설 구조물을 제거하여 원래의 형태로 복구하였다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[문6] 아래그림과 같이 현재 통행량이 많고 하천 충적층위에 선단지지 pile 기초로된 교량 하부를 관통하여 지하철 터널굴착 작업을 하려고 한다. 이때 교량하부구조의 보강공법에 대하여 기술하시오.

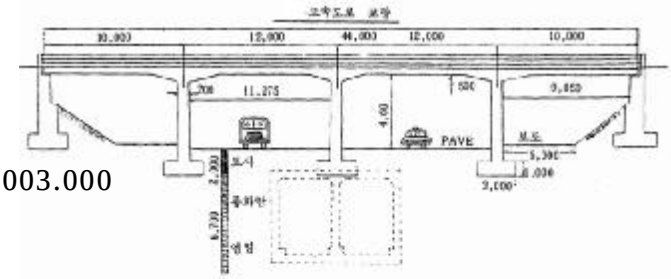
[답)

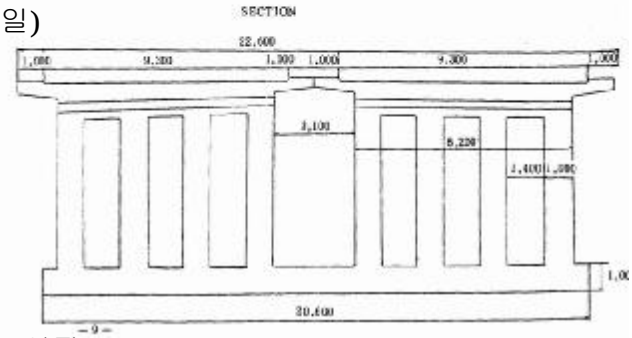
1. 개요

1) 지하철이 통과하는 OO순환도로는 OO시 외곽의 준고속도로로서 총 도로폭 40m에 양측 보도폭 10m를 제외한 30m구간에 차량이 통과하는 도로로서 대형화물 차량과 승용차가 준고속으로 통행하고 있고

3) OO순환도로를 횡단하여 수도OO과 경호남간을 연결하는 고속도로 교량 폭 22.6m가 통과하고 있어 교량기초 하부를 굴착 지하철을 건설해야하는 불리한 여건하에서 교통장애가 없도록 각별히 유의하여 공사에 착수하였다.

2. 공사개요





1. 공사현황
   1) 위치 : OO구OO동OOO번지
   2) 공사구간 : STA 32K 967.000-33K 003.000
   3) 연장 : 본선 36M
   4) 구조단면 : 폭9.6M,높이 7.05M
   5) 공사기간 : 1981.9.24~1982.5.31 (250일)
   6) 시공회사 : 주식회사 OO주택
2. 고속도로 교량(기존)
   - 폭= 22.6m, 연장= 44.0m, 높이= 4.6m
3. 남부순환도로 (기존)
   - 도로폭= 30m, 보도폭= 10m
4. 지하철 구조물
   - 구조물 폭= 9.6m, 구조물 높이= 7.05m, 연장= 36.0m
5. 지질조사 : 토사 풍화암 연암 층으로 분포
   - 교량기초가 풍화암 층에 자리, 표면수 및 지하수가 극히 적은 것으로 조사

3. 설계

1) 고속도로 교량을 현상태로 유지하여 차량을 통과시키면서
2) 교량중앙 교각지지력을 강재를 이용 굴착과 하부에 전달하고

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

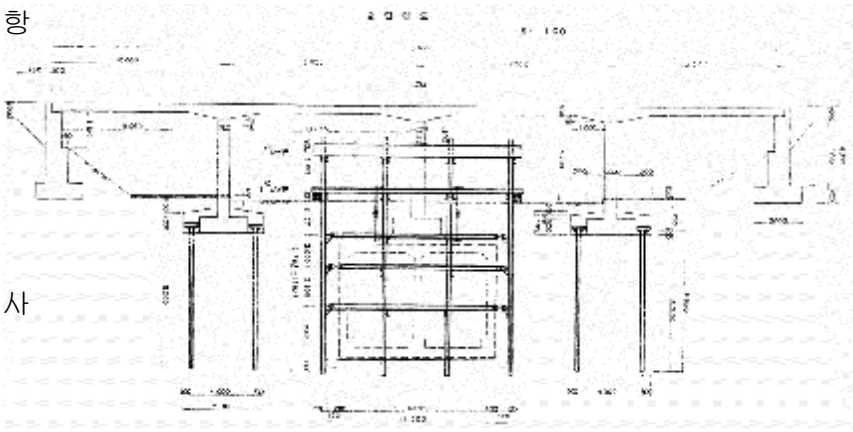
- 공간을 굴착통과하는 언터피닝(UNDER PINNING)공법을 적용하도록 설계

4. 공법결정

1. 지하철 통과공법 : 고속도로 교량 하부를 통과하는 방법
   1) 터널굴진하기에는 교량기초가 지하철 구조물에 저촉되는 정도의 토피밖에 허용치 않아 불가능
   2) 언더피닝 공법으로 교량을 지지한 다음 개착하여 굴진하는 공법을 적용
2. 교량보강공법
   1) 교각은 풍화암층에 기존 상태에서 굴착 진행할 경우 교각에 피해가 예상
   2) 기초를 확대하고 천공을 실시하여 H-pile 항타후 CON'C 채움을 실시하여
      - CON'C 강 pile 기둥을 만들어 교각 지지력을 보강시켜 주는 공법을 적용

5. 언더피닝 공법의 유의사항

1. 착공전 및 설계시 유의사항
   1) 기존 구조물의 조사
   2) 토질 및 지하수 조사
   3) 시공 부근의 장래 계획
   4) 교통량 조사
   5) 지하 매설물 조사
   6) 주변 여건 저해여부 조사
   7) 적정 장비 검토
   8) 공법 및 적정공기 검토

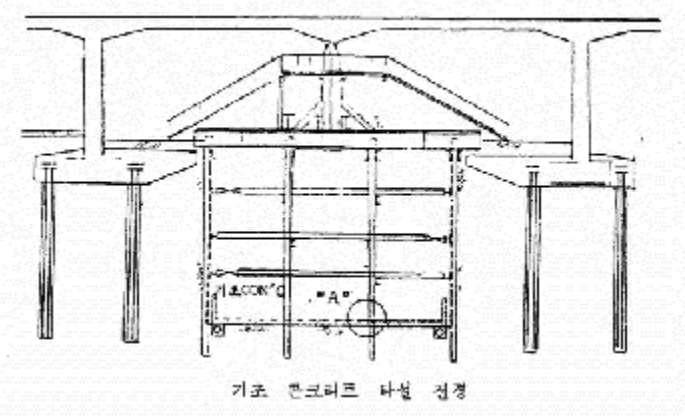


2. 시공시 유의사항
   1) 지상 및 지하 시설물 보강조치 : 상·하수도, 전선관, 개스관, 통신관로
      - 사전 인력 줄파기 실시하여 지하매설물을 조사 위치 파악과 보강조치
   2) 기설구조물의 보호
      - 부등침하 발생하지 않도록 현장 강말뚝 등으로 기존구조물 충분히 지지 보강
   3) 변위측정
      ① 측정기를 설치 및 표식
      ② 변위량을 검토하고 변위허용치를 초과시는 즉시 보강대책을 강구
   4) 가받침 공법의 유의사항
      - 가능한 연결부위를 적게하고 부득이 연결할 경우 볼트 및 용접등으로 충분히 연결
   5) 지하수 처리
      ① 펌프배수 : 굴착구간내에 집수정을 만들어 펌프로 배수처리
      ② 정호에 의한 배수 : 굴착 주변밖에 정호를 설치하여 지하수를 유도 제거하는 방법
      ③ 웰포인트 공법

6. 교량하부구조의 보강공법

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1. 지장물 조사
   1) 상수도 강관 Φ=1,100m/m와 주철관 Φ=200m/m, 하수관 Φ=1,100m/m 통과
   2) 체신케이블, 한전케이블 및 송유관 ϕ=200m/m가 도로를 횡단하여 통과
2. 우회도로 계획
   1) 일반차선 우회 : 폭 5.0m의 보도를 포장실시하여 좌우로 차량을 우회
   2) 긴급우회 계획
      ① 본공사 진행에 있어 가장 큰 문제점 : 교량에 변위 발생
         - 경호남간을 연결하는 고속차량의 대동맥이 마비
      ② OO순환도로에서 고속도로로 연결되는 진입로를 이용 비상시 우회계획 수립
3. 고속도로 교량 보강
   1) 강재 파일보강
      ① 강 pile+CON'C 기둥을 만들어 기초를 확대
         - 기초측면에 8.8m의 로타리 천공을 실시한후 H-pile을 제작 근입후 σ40-100-8 레미콘으로 천공공간과 H-pile 공간을 채워 강 pile+CON'C 기둥제작
      ② 양측기초를 확대하여 교량 하중을 분산 또는 굴착 저면까지 전달하여 지지력 보강
   2) 확대기초 보강
      - 강재파일 완료후 당초 교량기초 단면부의 콘크리트를 깨어 철근을 노출시켜 확대기초 철근과 용접이음 하여 철근배근후 σ25-210-12 레미콘을 타설하여 기초보강
4. 지하철 시공
   1) 상·하수관 보호 : 특수접윤 실시하여 보강
   2) 토공작업.
      ① 천공
      ② 파일박기
      ③ 강재교각 설치
      ④ Jack풀기 및 변위 측정
      ⑤ 굴착
      ⑥ 중앙파일 보강
      ⑦ 발파작업
   3) 지하철 구조물 시공
   4) 포장



7. 결론

1) OO고속도로 교량을 강재로 지지하고 하부를 통과한다는 것이 여러가지의 위험요소와 문제점이 많았으나 구조적으로 교량지지 가설강재 설치방법이 좋았고
2) 1일 30,000여대의 각종 차량이 통과하는 OO고속도로 교량에 한치의 변화도 없이 무사히 통과했다는 것은 계절적으로 우기철을 피하여 공사를 진행하였고 시공하는 과정에서 선안전 후시공의 의식으로 작업을 진행한 결과라고 생각된다.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com