

설계심사실로 자리를 옮기면서



동해의 일출을 바라보며 새 희망을 기원하던 2001년 신사년(辛巳年)도 벌써 두 달이 지나갔습니다. 항상 그랬듯이 우리는 이 시기가 되면 지나간 과거는 역사의 페이지속으로 넘기고 새로운 각오로 다가올 미래를 맞이하게 됩니다.

희망찬 신사년과 함께 저는 지난 1월 11일부로 민자사업실에서 설계심사실로 자리를 옮겼습니다. 그동안 고속도로 건설에서 유지관리까지 전반적인 업무를 수행해오면서 체험했던 경험들을 토대로 설계심사분야에서 조금이나마 기여할 수 있는 좋은 기회가 되리라고 생각합니다.

지난해까지 설계심사실에서 이룩한 설계심사, 자문, 심의, 감리 등 많은 성과들을 바탕으로 금년에도 제반업무 수행능력을 더욱 개발, 향상시키고 특히, 설계VE, LCC 등과 같은 경제성 분석기법을 적극 활용하여 『저비용·고효율 고속도로 건설사업 추진』에 앞장서 나가겠습니다.

또한, '고속도로 기술 및 설계자문위원'님들의 내실있고 합리적인 설계자문, 심의는 고속도로 기술발전은 물론 고속도로의 질적 수준을 한 단계 높여줄 것이며, 나아가 국내 도로건설분야의 선두주자로서 기술정보를 공유하고, 도로 설계, 건설 및 유지관리기술을 선도할 수 있도록 노력할 것입니다.

이제 우리의 옷깃을 더욱 여미게 했던 지난 겨울의 강추위가 서서히 모습을 감추고 땅속에서 겨우내 움츠려 지냈던 생명들이 새롭게 활동을 시작하는 춘삼월의 봄이 성큼 다가왔습니다. 이러한 계절적 기온과 함께 우리 설계심사실은 금년에도 고속도로 설계기술 발전을 위해 끊임없이 노력할 것을 약속드리며, 아울러 '고속도로 기술 및 설계자문위원'님들의 지속적이고도 관심어린 협조와 조언을 부탁드립니다.

감사합니다.

설계심사실장 백 석 봉

C O N T E N T S

포커스

2

· 2001년 설계처 주요업무 계획
박상일 부장 / 설계처

위원기고

3

· 고속도로를 건설하는 우리의 자세
최주형 회장 / 극동엔지니어링

설계정보

4~7

· 고속도로 4차로 분리교량의 PSC Beam배치간격
이의준 과장 / 설계심사실

· 표준관입시험 보정기준 수립
전경수 과장 / 설계처

신기술소개

8

· 고압습식 스프레이 방식에 의한 MDF시멘트 모르타르 단면수복 보수공법

지식창고

9

· 설계심의시 쟁점사항
- PSC Box Girder 상부 횡방향 프리스트레스 도입에 관한 사항
- 곡선교의 활하중 재하에 관한 사항

돋보기

10

· 교각장치의 올바른 선정방법과 그 중요성
박선규 교수 / 성균관대

기획취재

11

· 이태리의 터널환기시스템 최적화 노력
이창우 교수 / 동아대

협력업체 소개·알림마당

12

· 내경엔지니어링
· 설계자문, 감리, 심사, 심의 실적 및 계획

토막상식

Mitigation

“환경의 완화”로 정의되는 이 환경관리기법은 자연이 주는 환경자원에 인간이 손을 보태서 이용코자 할 때 환경에 대한 나쁜 영향을 최소화시키고, 그 곳에 적합한 환경을 창조함으로써 보상시키고자 하는 사고방식으로, 주로 지형을 포함한 수리현상을 소정의 안정된 상태로 유지가 가능하도록 물과 물질의 순환을 확보하기 위한 조치, 미국의 경우 법령을 통해 제도화되어 있음.



2001년 설계처 주요업무 계획

1. 중점추진 목표 및 방향

후반기 설계처의 중점 추진목표는 「설계 전문화와 기술발전을 위한 경제적이고 선진화된 설계추진」이다.

‘구조조정이다 4대개혁이다’ 하여 공기업의 혁신을 부르짖는 지금의 시절에 설계처는 명실상부한 고부가가치를 창출하는 조직으로 자리잡고 있다.

2000년 주요실적으로는 예산절감 18건 2,311억원, 환경휴게소 건설계획 수립, 환경친화적인 도로건설의 기반을 구축한 공로로 「제5회 환경의 날」에 대통령표창을 수상한 것 등을 들 수 있다.

생활고속도로로서 거듭나고 「안전하고 빠르고 편한 고속도로」를 만들기 위한 설계처의 피나는 경주는 올해에도 계속될 것이며, 자연과 함께하는 환경고속도로, 인간의 생명을 가장 중시하는 안전고속도로로 국토의 대동맥을 변화시킬 것이다.

2. 중점추진 방향

설계 전문화와 환경과 생명을 존중하는 설계를 추구하는 설계처의 2001년 중점 추진 방향은 다음과 같다

□ 설계기술 전문화의 정착 및 발전

- 선진 설계관리기법 도입 추진

- 설계기술의 전문화 및 고부가가치 설계기술 개발

□ 설계표준화 및 합리화를 통한 경제적 설계

- 설계기준 개선 및 단가 적정성 검증을 통한 원가절감

- 신기술, 신공법 설계적용 확대

□ 개발과 보존이 조화된 고속도로 건설

- 고속도로 안전시설물의 선진화 도모

- 고객의 생명과 자연을 보호하는 환경설계 추진

실시설계를 신규착수하여 11개노선 76개공구 498.5km의 실시설계를 추진할 계획이다.

규모면으로 보아서도 2000년의 2~3배를 수행하는 올해의 실시설계 및 환경영향평가의 세부 추진계획은 다음과 같다



박상일 부장
설계처

□ 실시설계

- 2001년 신규사업 : 5개노선 54개 공구 378.7km

- 2000년 계속사업 : 6개노선 22개 공구 119.8km

구 분	연장 (km)	차로수 (차로)	공구수 (개)	설계비 (억원)		설 계 기 간	비 고
				2000	2001		
총 계	498.5		76	199.3	681.0		
신 설	486.5		74	187.3	663.0		
양평~가남	35.5	4	5	50.0	65.0	2000. 9~2002. 9	계속
고창~장성	17.2	4	5	40.0	48.0	2000. 9~2002. 9	*
춘천~양양	16.8	4	4	42.4	100.0	2000.12~2003.12	*
평택~음성	16.0	4	2	20.4	-	'99. 2~2001. 3	*
공주~서천 -청남~홍산	22.3	4	4	34.5	-	'99. 2~2001. 6	*
★무안~광주	43.0	4	5	-	130.0	2001. 5~2003. 5	신규
★목포~광양	105.0	4	15	-	100.0	2001. 9~2003. 9	*
★서울~춘천	68.0	4	12	-	120.0	2001. 9~2003. 9	*
★주문진~속초	44.7	4	5	-	50.0	2001. 5~2003. 5	*
★전주~광양	118.0	4	17	-	50.0	2001.12~2003.12	*
확 장	12.0		2	12.0	18.0		
경 부 선 -옥천~영동	12.0	4~6	2	12.0	18.0	2000. 9~2002. 9	계속

★는 신규사업(착수시기 및 공구수는 미확정)

3. 실시설계 및 환경영향평가 계획

2000년 35개공구 193.9km의 실시설계를 추진한 설계처는 올해에는 무안~광주간 고속도로등 5개노선 54개공구

□ 환경영향평가 및 문화유적 지표조사

- 신규사업 : 무안~광주외 5건(396Km)

- 계속사업 : 양평~가남외 2건(64.7Km)

필자가 근무하는 사무실 창너머에는 경부고속도로가 시작되는 한남대교 남단IC가 한눈에 들어온다. 자동차의 물결로 항상 활기에 넘치는 이 광경을 지켜보며 도로건설에 종사하는 기술자의 한사람으로서 수많은 도로이용자들이 만족할 수 있는 쾌적하고 편리한 최상의 도로를 제공하기 위한 끊임없는 노력을 오늘도 다시 한번 다짐하게 된다.

우리나라의 고속도로건설은 1960년대 후반 경인고속도로건설을 시작으로 현재에 이르기까지 2,000km를 상회하는 고속도로를 건설하여 왔고 향후 20년동안 전국간선도로망(7×9) 건설계획에 따라 약 4,000km를 추가로 건설하므로써 2020년까지 6,160km의 간선도로망이 확충될 것이며 또한 금세기에 통일시대가 도래할 경우 우리 국토의 대동맥을 완성하기 위한 많은 고속도로건설사업이 추진되어야 할 것이다. 20세기의 30여년과 21세기의 30~50년간이 우리민족사적 시각으로 볼 때 괄목할 경제발전과 더불어 우리국토 전역의 새로운 고속도로의 틀을 짜는 참으로 중요한 시기일 것이며 이 시기에 도로건설에 종사하는 모든 관계자들의 역사적 소명의식과 무한한 긍지와 자부심 또한 남다르지 않을 수 없다.

고속도로의 양적 신장과 더불어 질적수준도 획기적으로 발전하여 어느 분야보다도 더 발전된 새로운 설계기법이 개발되고 시공능력은 물론 신기술·신공법의 개발도 하루가 다르게 발전되어 왔으며 교통운영체계, 첨단교통체계, 유지관리체계도 선진국 수준으로 성장하고 있음을 알 수 있다. 고속도로의 설계기법, 시공기술, 유지관리 기법의 획기적인 발전에는 정부의 강력한 정책적 지원과 한국도로공사의 조직, 기술력, 성숙된 업무추진력의 뒷받침하에 참여설계·시공회사들



최주형 회장
극동엔지니어링(주)

의 많은 노력이 있었기에 가능했을 것이다.

그러나 지금까지의 노력과 결실은 이제 시작에 불과할 것이다. 앞으로도 향후 20년간 간선도로망을 건설해야 할 것이고 통일시대가 오면 이보다 거의 2배가 되는 고속도로를 추가로 건설해야 할 것이므로 지금까지의 성과는 새로운 시작이라 할 수 있을 것이다. 자손만대에 물려줄 국토의 대동맥을 건설하는 중대한 시기에 고속도로건설에 종사하는 모든 관계자들은 항상 새롭게 시작하는 마음가짐으로 후손에게 자랑스럽게 물려줄 수 있는 훌륭한 고속도로를 만들어 나가겠다는 각오를 다시금 다져나가야 할 것이다.

세상에 존재하는 모든 시설은 이용자로부터 가장 진지하고 정확하게 평가되듯이 우리가 만들어 가는 고속도로 또한 모든 이용자들로부터 영구히 평가되어질 것을 생각하면 우리의 노력과 각오가 어떠해야 할 것임을 통감할 수 있을 것이다.

현재 도로교통이 차지하는 수송분담률이 전체여객의 92%와 전체 화물수송의 93%정도를 담당하고 있어 막대한 국가재정을 투입하여 건설되는 고속도로를 포함한 모든 도로는 그 자체가 바로 국가의 경쟁력이 되고 도로의 효율적 기능성과 질적 완성도에 따라 국가경제에 미치는 경제적 파급효과가 지대할 것이므로 완벽한 계획과 설계·시공·유지관리를 통해 소중한 국가재원의 낭비를 방지해야 할 것이다.

우리나라의 건설분야에도 많은 교훈적 사례와 시행착오가 있었고 이는 단기간내 고도의 성장 뒤에 수반되는 현상일 수 있지만 우리의 미래는 그러한 교훈과 시행착오가 반복되지 않도록 경계해야 할 것이며 우리가 만들어가는 고속도로는 모든 이용자가 만족하는 쾌적하고 편리한 공간으로 창작되어야 할 것이다. ♣



고속도로 4차로 분리교량의 PSC Beam 배치간격



이익준 과장
설계심사실

1. 검토목적

터널등으로 인하여 고속도로 선형이 분리되는 구간에 설치되는 교량중 4차로 분리구간 PSC Beam 교량의 적정 Beam 배치간격에 대한 구조적 안정성을 검토하여 합리성과 경제성을 도모코자함.

30m, 25m PSC Beam교의 바닥판 최소두께 규정 만족 여부.

- Beam 내부 배치간격을 2.55m로 조정하여 PSC Beam의 안정성 검토
- 이에 따른 방음벽 설치시 방음벽 한계높이, 교량 받침 규격을 검토함.

2. 현황 및 문제점

가. 현황

- 표준도에서 제시하고 있는 단면 및 Beam 배치간격은 일반적인 양방향 4차로에 대하여 보편적인 하중조건으로 구조적 안정성을 확인하고 작성하였음.
 - Beam 배치간격 : 2.5m
 - 설계하중 : DB-24, DL-24
 - 활하중 재하 폭 : 3.0m
 - 활하중 횡분배 : Y-GUYON-C, MASSONNET 방법
- 현재 Beam 간격 2.5m를 기준으로 작성된 PSC Beam 표준도에 의해 4차로 분리구간 교량(폭원 : 12.6m) 설계시 PSC Beam을 6본으로 배치.

나. 문제점

- 방음벽 설치등으로 인하여 표준도의 하중조건과 상이한 경우 구조 검토후 Beam에 대한 안정성을 확인하고 있으나, Beam 간격에 대해서는 표준도를 적용하여 6본 배치하는 것으로 교량 계획.
- 내부 Beam 배치간격을 2.1m로 6본을 배치하면 Beam 배치간격을 2.55m로 하여 5본 배치하는 경우에 비해
 - Beam 제작, 설치, 운반과 교량받침 추가 설치
 - PSC Beam 1본을 추가 설치하므로 사하중 증가

3. 검토방향

- PSC Beam을 5열 배치시 35m,

4. 검토조건

교량 설치조건에 따라 하중 조건등 경계조건이 각각 상이하므로 가장 일반적인 형태의 교량을 대상으로 검토

구분	내용	비고
교량 형식	PSC Beam교	
교량 연장	35m, 30m, 25m	
차로 수	4차로 양방향 분리교량	폭원= 12.6m
Beam연장	35m, 30m, 25m	표준도 기준
슬래브 두께	$l = 25cm$	
Beam 설치 본수	5본	
Cross Beam 설치	25m:5개소/경간 30m:7개소/경간 35m:7개소/경간	
곡선 유무	직선교	활하중 재하폭 3.0m
방음벽 높이 고려	$H = 5m$	방호벽 높이 포함

5. 검토내용

가. PSC Beam 배치

구분	PSC Beam 6본 배치	PSC Beam 5본 배치
Beam배치간격	2.10m	2.55m
Cantilever 길이	1.05m	1.20m
배치도		
특징	- PSC Beam 6본 배치로 인하여 제작, 운반, 거설에 따른 경제성 불리 - 교량 받침 추가 설치 필요 - PSC Beam 1본만큼 사하중이 증가하므로 하부구조의 하중부담 증대 - 바닥판 최소두께 만족(L=30m기준)	- PSC Beam 5본 배치로 인하여 경제성 유리 - 유지 보수 유리 - PSC Beam 1본만큼의 하중부담 경감 - 바닥판 최소두께 만족(L=30m기준)

나. 바닥판 검토(Beam 간격 : 2.55m)

구 분			Beam 경간장별 허용치/계산치 × 100(%)			비 고
			35m	30m	25m	
방음벽 미설치	SLAB	내부지점부	144%	142%	140%	OK
		칸틸레버부	194%	188%	185%	OK
	주철근	내부지점부	152%	150%	149%	OK
		칸틸레버부	130%	127%	124%	OK
방음벽 설치시 (방호벽포함 5m)	SLAB	내부지점부	144%	142%	140%	OK
		칸틸레버부	170%	170%	169%	OK
	주철근	내부지점부	152%	150%	149%	OK
		칸틸레버부	106%	106%	105%	OK

다. 바닥판 최소두께 검토(외측 칸틸레버부, L=30m기준)

$$- T_{min} = 28 L + 18 = 24.3cm \quad (L = 0.225m)$$

$$24.3cm < T_c = 25.0cm \quad OK(\text{바닥판 최소 두께 만족})$$

라. Beam 본체 응력 검토(Beam간격 : 2.55m)

구 분			Beam 경간장별 허용치/계산치 × 100(%)			비 고
			35m	30m	25m	
방음벽 미설치	Prestress도입 직후의 P.S강재응력		127%	126%	127%	OK
	손실이 일어난 후 사용	외측 Beam	138%	138%	136%	OK
		내측 Beam	138%	137%	136%	OK
	하중상태에서의 응력					
	극한강도에 의한	외측 Beam	124%	124%	117%	OK
		내측 Beam	132%	132%	127%	OK
방음벽 설치시 (방호벽 포함 5m)	Prestress도입 직후의 P.S강재응력		127%	126%	127%	OK
	손실이 일어난 후 사용	외측 Beam	138%	137%	135%	OK
		내측 Beam	138%	137%	136%	OK
	하중상태에서의 응력					
	극한강도에 의한	외측 Beam	120%	119%	113%	OK
		내측 Beam	129%	129%	124%	OK

마. 교량받침 검토(Beam간격 : 2.55m)

구 분		Beam 경간장별 허용치/계산치 × 100(%)			비 고
		35m (135ton)	30m (135ton)	25m (100ton)	
방음벽 미설치	외측 Beam	109%	126%	109%	OK
	내측 Beam	113%	132%	117%	OK
방음벽 설치시 (방음벽포함 5m)	외측 Beam	104%	121%	105%	OK
	내측 Beam	110%	128%	114%	OK

바. Beam 간격에 따른 안정성 검토(L=30m기준, 방음벽 미설치)

$$- s=2.1m, s=2.50m, s=2.55m$$

구 분			Beam 간격별 허용치/계산치 × 100(%)		
			도로폭원 (B=12.6m)		도로폭원 (B=12.15m)
			Beam 간격 (s=2.10m)	Beam 간격 (s=2.55m)	Beam 간격 (s=2.50m)
바닥판 검 토	SLAB	내부지점부	173%	142%	145%
		칸틸레버부	243%	188%	233%
	주철근	내부지점부	186%	150%	154%
		칸틸레버부	163%	127%	157%
Beam 본체 응력검토	Prestress도입 직후의 P.S강재응력		126%	126%	126%
	손실이 일어난 후 사용하중상태에서의 응력	외측 Beam	139%	138%	138%
		내측 Beam	138%	137%	137%
	극한강도에 의한 설계 모멘트	외측 Beam	140%	124%	127%
		내측 Beam	148%	132%	134%
교량받침	135ton	외측 Beam	143%	126%	130%
	탄성받침	내측 Beam	149%	132%	134%

6. 경제성 분석

4차로 분리교량 PSC Beam 일방향 5본 배치시 경간별 공사비 절감액

(단위 : 백만원)

구 분	35m PSC Beam	30m PSC Beam	25m PSC Beam	비 고
1본당 단가 -재작, 운반, 가설 -교량받침	31.3	25.0	18.2	
3 경 간	187.7	150.2	109.1	일방향
5 경 간	312.8	250.4	181.9	.
7 경 간	438.0	350.5	254.6	.
10 경 간	625.7	500.7	363.7	.

※사하중 감소에 따른 교각, 교대 및 기초 공사비 절감액 제외.

7. 검토의견

○왕복4차로 PSC Beam 분리교량 폭원이 동일한 경우 (폭원:12.6m) Beam 배치간격 2.1m를 2.55m로 조정하여 검토한 결과 방음벽 높이 5.0m(방호벽을 포함한 높이임) 설치시까지 바닥판 및 Beam 본체, 교량받침이 구조적으로 안정하므로

○현행 표준도에서 제시하고 있는 Beam 적용시 2.1m간격 6본 배치를 2.55m 간격으로 5본 배치하여 적용

○단, 교량내에서 오르막 차로, 가·감속 차로 설치로 인하여 교량폭원이 변하는 경우는 별도 검토하여 적용하고,

○또한, 방음벽 설치높이가 높은 교량, 곡선반경이 작은 교량 및 사각이 큰 교량 등 검토조건이 상이한 경우는 별도 검토하여 적용.♣

표준관입시험 보정기준 수립



전경수 과장
설계처

1. 서론

세계 각국에서 1960년대부터 기준을 수립한 표준관입시험은 무게 63.5kg의 추를 높이 76cm에서 낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 필요한 타격수를 측정하는 시험으로 가장 널리 쓰이는 지반조사 방법이다. 여러 연구자들은 표준관입시험 결과와 여러 토질정수와의 다

양한 상관관계식을 제안하고 있으며, 이를 이용하여 지반의 물성치, 기초 지지력 추정 및 액상화 가능성 판정 등 매우 중요하게 쓰이고 있다. 그러나 다른 시험과 마찬가지로 시험장비에 따라 시험 결과가 매우 달리 나타나나 이를 보정 없이 사용하므로써 설계시 일관성이 결여될 소지가 있었으며, 시험 특성상 신뢰성있는 상관관계가 없는 경우에도 목적에 적합한 시험을 수행하지 않고 무리하게 표준관입시험 결과만을 적용하여 설계수준 향상에 오히려 장애가 되는 경우가 많이 있었다. 금번에 우리공사에서 제정한 N치 보정기준은 표준관입시험을 바로 이해하고 경험식의 유도배경에 맞도록 표준관입시험 결과를 적용하며, 표준관입시험으로 추정시 토질의 물성치의 신뢰성이 낮은 경우에는 최신의 적합한 지반조사 방법을 도입할 수 있는 기틀을 마련하는데 있다.

2. 보정방법

가. 표준관입시험의 한계

표준관입시험은 점성토보다는 사질토에서 신뢰성이 높은 시험이라고 할 수 있으나, 풍화암 또는 연암과 같은 암에 대한 물성치 추정에 표준관입시험을 이용하는 것은 바람직하지 못하다고 판단된다. 여러 연구자가 표준관입시험결과를 이용하여 제안한 관계식을 합당하게 사용하기 위해서는 그 식을 제안시 대상으로한 토질, 장비 및 심도 등을 고려하여 표준관입시험결과를 적용하여야 한다.

나. 표준관입시험결과(N치)의 보정방법

표준관입시험결과는 해머의 효율, 굴착공의 직경, 샘플러의 모양 그리고 유효상재하중 등에 따라 영향을 받게된다. 이 밖에도 자아틀(catchhead)에 감는 로프의 회전수, 로프가 얼마나 낡았는가 등 매우 다양한 요소가 있다. 이들 중에서 가장 큰 영향을 미치는 것은 해머의 효율이라고 말할

수 있다. 그림 1은 표준관입시험을 수행하는 장면을 나타내고 있다.

현재 국내에서 주로 사용하는 해머의 종류는 그림 2와 같이 도넛(Donut), 안전(safety), 자동(Trip), 개량자동(Modified auto-donut) 형이며, 이것에 대한 효율은 국내 연구결과 「이호준 외2(1997), 이우진 외2(1998), 이명환 외3(1992)」를 종합 분석하여 표1과 같은 결과를 도출하였고 이를 표준관입시험결과 보정시의 해머효율로 정하였다. 만약 위에서 언급한 해머이외에 해머를 개량하였거나 새로운 형태의 해머를 사용하는 경우 효율을 직접 측정하여야 한다. 이밖에 굴착공의 직경, 샘플러의 종류 및 유효응력 등에 대한 보정은 기존의 외국 연구결과 「Liao and Withman(1986), Skempton(1986)」를 이용하였다.

표 1. 해머종류별 효율

해머종류	도넛(Donut)형	안전(Safety)형	자동(Trip)형	개량자동 (Modified auto-donut)형
효율	46%	65%	54%	54%

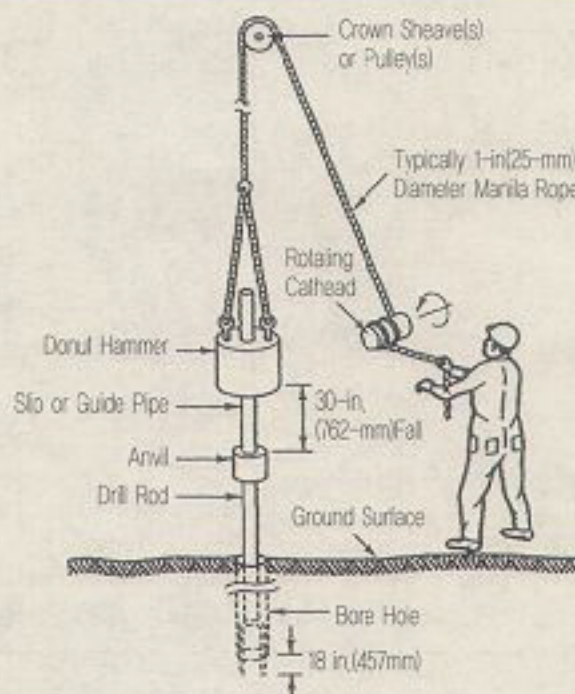


그림 1. 표준관입시험 장면

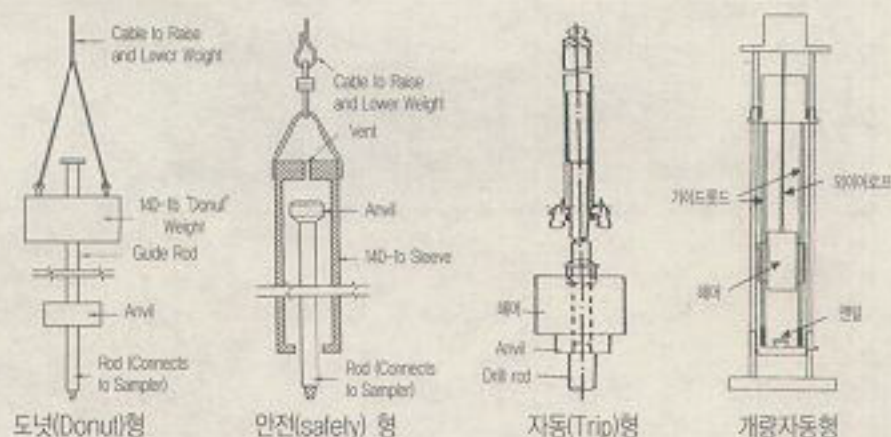


그림 2. 국내에서 사용되는 해머의 종류

표준관입시험 결과(N치)의 보정은 다음과 같다.

$$N'_{60} = N \times C_N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

$$N_{60} = N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

여기서 N'_{60} : 해머효율 60%로 보정한 표준관입시험 결과

N_{60} : 유효응력보정만을 제외하고 보정한 표준관입시험 결과

N : 각 장비별 표준관입시험결과

C_N : 유효응력에 대한 보정

η_1 : 해머효율 보정계수

η_2 : 룯드길이 보정계수

η_3 : 샘플러 종류에 대한 보정계수

η_4 : 굴착홀 직경에 대한 보정계수

각 항목에 대한 보정계수를 설명하면 다음과 같다.

1) 해머 효율 보정(η_1)

$$\eta_1 = \text{해머의 효율} / 60$$

2) 유효 상재하중에 대한 보정(C_N)

(Liao and Withman, 1986)

$$C_N = \left(\frac{1}{P'} \right)^{1/20}$$

여기서, P' : 시험위치의 유효상재압력(kg/cm²)

다만, 이용할 경험식의 유도 배경상 유효응력의 보정이 필요하지 않을 경우 유효 상재하중에 대한 보정을 생략한다.

3) 룯드 길이 보정(η_2)

표2와 같다.(단, 룯드길이는 Anvil 아래의 길이를 나타냄)

표 2. 룯드 길이에 대한 에너지 효율(Skempton, 1986)

룯드 길이(m)	효율(η_2)
3~4	0.75
4~6	0.85
6~10	0.95
>10	1.00

4) 샘플러 종류에 대한 보정(η_3)

표 3과 같다.

표 3. 샘플러 종류별 효율(Skempton, 1986)

샘플러 종류	효율(η_3)
Liner가 없는 경우	1.2
Liner가 있음	1.0

5) 굴착홀 직경에 대한 보정(η_4)

표4, 5와 같다.

표 4. 굴착홀의 직경에 대한 효율(Skempton, 1986)

굴착홀 직경(mm)	효율(η_4)
65~115	1.00
150	1.05
200	1.15

표 5. 보링 타입별 비트 및 굴착홀 직경

타입	코아 배럴 비트 외경(mm)	굴착홀직경(mm)
BX	58.74	63.5
NX	74.61	76.2

6) 해머효율이 다른 경우의 N치 환산방법

$$E_1 \times N_1 = E_2 \times N_2$$

여기서, E_1, E_2 : 해머 에너지 효율

N_1, N_2 : 해머효율 E_1, E_2 일 때의 N치

3. 보정결과의 적용

N치의 보정결과는 사용할 경험식의 유도배경을 고려하여 적용하여야 하며, 주상도상에는 보정하지 않은 결과를 명기 하되 사용한 해머의 종류, 공정등을 명기하여 보정시 필요한 자료를 모두 알 수 있도록 하여야 한다. N치에 대한 표기방법은 표6과 같이 사용하도록 정의하였다.

N치를 보정하여 사용하면 물성치 추정에 보다 정확성을 높일 수 있다고 판단되며, 연약지반과 말뚝 설계시 신뢰성 및 일관성을 보다 높일 수 있을 것이다.

표6. 보정 방법별 N치에 대한 표기

구 분	N치 표기
보정하지 않은 표준관입시험 결과	N
효율 60%로 보정된 표준관입시험 결과	N'_{60}
유효응력보정만을 제외하고 보정된 표준관입시험결과	N_{60}

4. 결 론

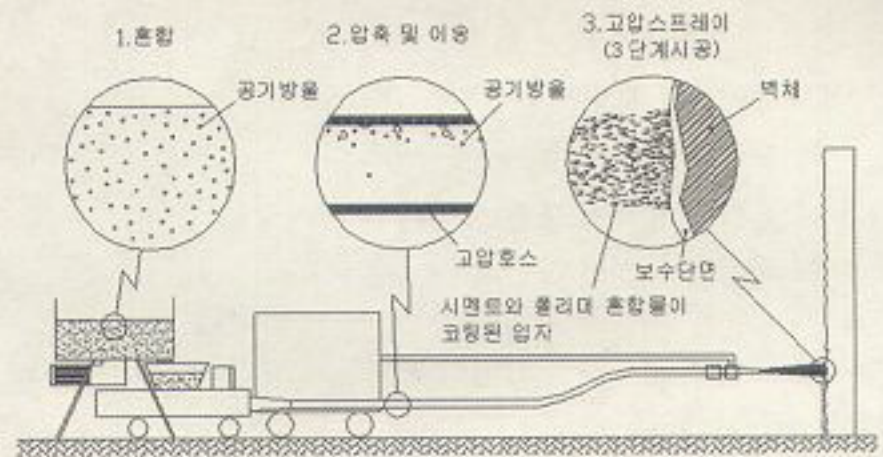
지반분야에서 중요하게 사용되는 N치는 장비에 따라 시험결과가 매우 다양하게 나타나나, 이를 보정하지 않고 사용하여 장비에 따라 설계가 달리 나타날 수 있는 원인을 제공하여 왔다. 그러나 표준관입시험은 결과에 미치는 요인이 매우 많고 같은 장비를 사용하여도 시험자에 따라 큰 차이를 나타내고 있으므로 완벽한 보정기준을 수립하는 것은 매우 어려운 작업이다. 금번에 수립한 보정기준은 국내외 연구결과를 종합하여 수립하였으며, 향후 시험장비를 개량 하던가 또는 구하고자 하는 물성치를 가장 잘 구할 수 있는 최신의 시험법을 적용하여 지반조사를 수행하는 것이 합리 적이라고 말할 수 있을 것이다. ♣



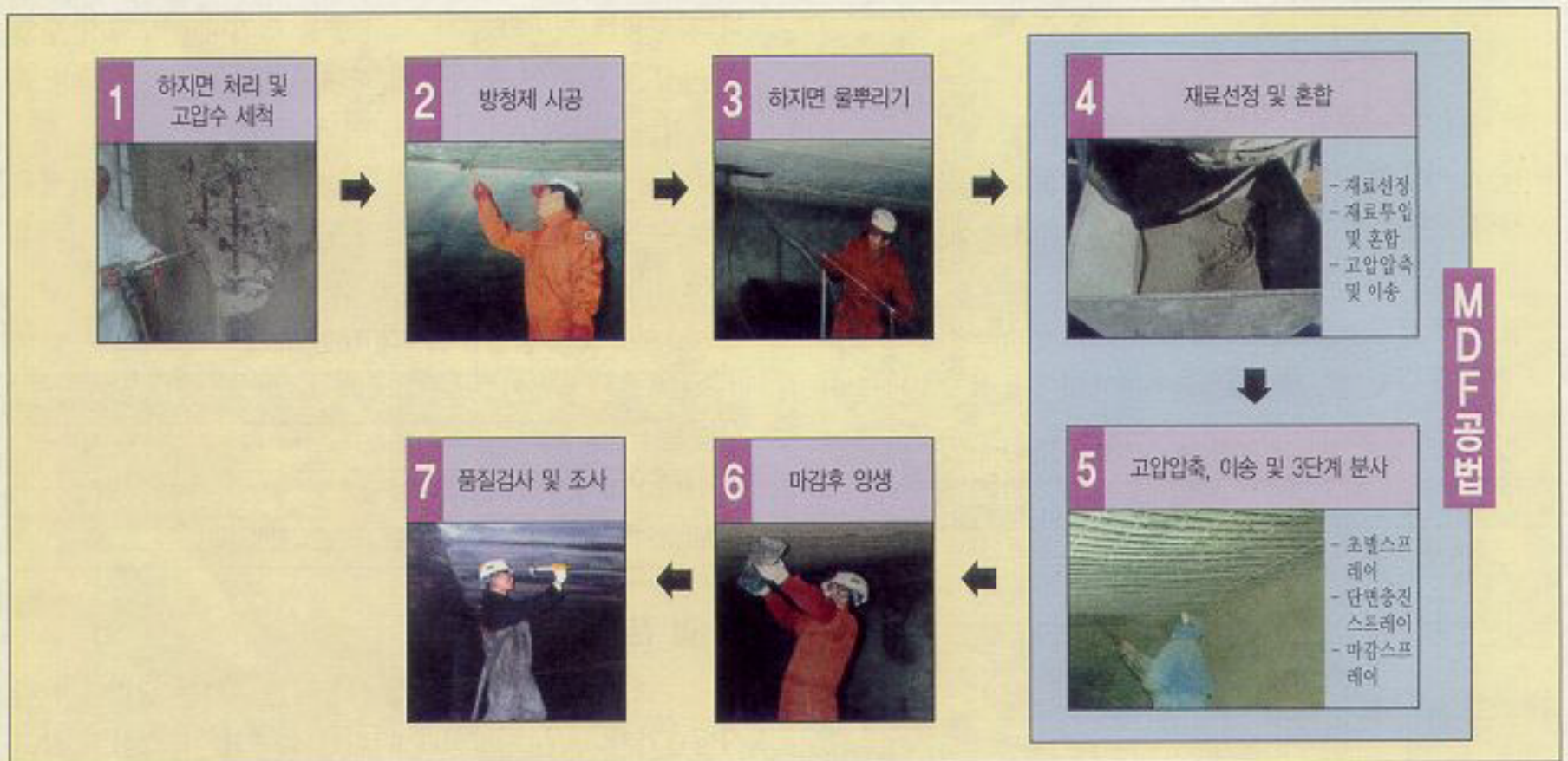
고압습식 스프레이 방식에 의한 MDF(Macro Defect-Free) 시멘트 모르타르 단면수복 공법

1. 공법의 개요

콘크리트 구조물은 각종 요소(화학적 침식, 물, 온도, 이산화탄소 등)와 부적절한 사용 및 관리에 의해 부식되고 성능이 저하된다. 따라서, 구조물의 성능을 향상시키거나 유지시키기 위해 부식 또는 손상된 부분을 제거하고 보강 또는 새로운 단면을 형성시켜주는 유지관리가 필요하게 된다. MDF스프레이 공법이란 구조물의 단면을 복원하는 시설물의 유지관리 방법의 하나로써 분말형 폴리머를 함유한 MDF시멘트 모르타르를 고압습식 스프레이 방식으로 분사 시공하여 1회에 60mm까지 단면 수복을 이루는 콘크리트 구조물의 보수·보강공법이다.



2. 시공절차



3. 특징 및 장단점

- 1회 시공두께 우수(전단면 6cm, 국소부위 10cm)
- 접착력이 우수하여 차량통행에 의한 진동이 발생하는 곳에서도 교통통제 없이 시공가능
- 낮은 리바운드로 재료의 손실이 적음(천장 5%, 벽체 3%)
- 신속한 기계화시공으로 공기단축 가능
- 압축강도 : 500~600kg/cm²

4. 적용 범위

- 부식, 탈락, 파손, 백화 등이 발생한 모든 콘크리트 구조물의 단면복구 및 피복두께 확보를 위한 보수보강공사
- 터널, 하수암거, 공동구, 지하도 등 지하 콘크리트 구조물
 - 콘크리트로 이루어진 건축 구조물
 - 교량, 고가차도 등 진동이 있는 콘크리트 구조물
 - 오수, 하수처리장 및 정수장 등의 콘크리트 구조물
 - 기타 콘크리트 구조물의 표면처리 및 피복두께 형성



PSC Box Girder 상부 횡방향 프리스트레스 도입에 관한 사항

가. 개요

PSC Box Girder 설계시 복부나 현치 순간격에 따라 횡방향 프리스트레싱 도입여부를 결정하도록 되어 있으나 관련기준이 명확하지 않아 설계자별로 혼선을 빚고 있음

나. 설계기준 및 문제점

도로교설계기준

제 4장 콘크리트교

4.15 기타의 교량 및 부재의 설계

4.15.6.4 구조상세

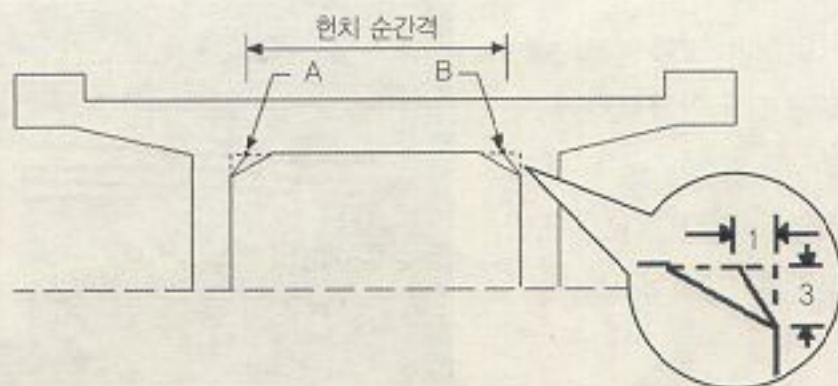
- (3) ②횡방향 프리스트레싱을 도입할 경우에는 상부플랜지의 두께는 23cm 이상이어야 하고, 복부나 현치 순간격이 4.5m 이상일 때는 횡방향 프리스트레싱을 도입하여야 한다

- 본 항목중 복부나 현치 순간격이 4.5m 이상일 때 횡방향 프리스트레싱을 도입해야 한다고 규정되어 있는 바, 현치 순간격 적용시 복부 순간격과 관련없이 현치의 단면형상

에 따라 순간격이 다양해져서 적용상의 혼란을 초래할 우려가 있음

다. 검토결과

현치의 순간격은 구조적으로 현치가 유효한 부분의 끝으로부터 반대편의 같은 지점까지를 정의하는 것임. 따라서 현치 높이의 1/3만큼을 구조적으로 현치의 유효부분으로 보고 그 부분과 플랜지가 만나는 점(A)으로부터 반대편의 같은 점(B)까지를 순간격으로 판단하는 것이 합리적임



곡선교의 활하중 재하에 관한 사항

가. 개요

곡선교의 설계시 최대 편심하중을 고려할 수 있도록 DB하중이나 DL하중을 재하하게 되어있으나 곡선교의 범위가 제시되어 있지 않아 활하중 재하방법의 적용에 일관성이 결여되어 설계자별로 혼선초래

나. 설계기준 및 문제점

도로교설계기준

제 2장 설계일반

2.1.3 활하중

- (1) ⑥다만, 곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 ③항에서 규정한 표준 차선폭이나 설계차선폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준 점유폭인 3m마다 연속시켜 설계차로수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다.

- 곡선교의 범위에 대한 기준이 제시되어 있지 않아 곡선반경에 관계없이 DB하중 또는 DL하중을 3m마다 연속시켜 재하시킬 경우 곡선반경이 큰 경우에는 다소 비경제적인 설

계가 될 우려가 있음.

다. 검토결과

곡선교의 범위에 대한 정의는 도로교표준시방서('96) 부록편 하중저항계수설계법 3.6.1.2를 준용하여 적용하는 것이 타당함.

3.6.1.2 곡선교

(1) 일반사항

비틀림강성이 큰 폐단면으로 이루어진 상부구조의 수평곡선지간의 중심각이 12°보다 작을 때 직선교로 해석할 수 있다.

개단면 상부구조에서 중심각이 표 3.6.1.2-1에서 주어진 중심각보다 작은 지간에서는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

보의 수	단일지간	복수지간
2	2°	3°
3 또는 4	3°	4°
5이상	4°	5°



교좌장치의 올바른 선정방법과 그 중요성



박선규 교수
성균관대학교

과거 얼마 전까지만 하더라도 교량 용 받침에 대한 지식이 거의 전무한 것이 우리 토목분야의 현실이었다. 그 예로 꽤나 유명하다 싶은 교량의 교좌장치(이하: 받침)를 조사해보면 받침자체가 뒤집혀서 설치된 예도 있고, 신축량에 따라 배치해 놓은 받침의 방향이 뒤바뀐 예도 있다. 지금은 이 정도는 아니지만 아직도 받침에 대한 이해가 매우 부족한 실정이다.

받침은 교량의 상·하부구조의 연결부로서 상부구조의 하중을 하부구조로 전달하여 교량구조 전체의 안정성 및 내구성에 중요한 역할을 담당한다. 따라서 기본적

으로 하중에 저항할 수 있어야 하고, 하중이나 온도변화 또는 크리프 등에 의한 변위 및 변형에너지를 흡수하거나 효율적으로 하중을 분포시켜야 한다. 특히 사교, 곡선교, 경사교량 및 연약지반에 설치되는 교량의 받침은 복잡한 거동과 하중분배가 생기므로 이것을 수용하기 위한 다양한 형식의 받침이 필요하다. 그러나 교량받침의 선정, 배치, 제작 및 시공상의 결함과 유지관리의 소홀 등으로 인하여 교량 상·하부구조에 여러 가지 결함을 유발하거나 혹은 교량 전체의 안전성을 상실하게 되는 경우가 빈번히 발생하고 있다.

단적인 예로 비정형화된 형식의 교량에서조차 받침선정에 필요한 최소한의 요건(수직하중, 수평하중, 이동량, 회전량 등)도 고려되지 않은 채 받침을 선정하여 교량 전체적으로 설계자가 예상치 못한 거동을 하여 상·하부구조에 치명적인 손상이 종종 발생하는 경우도 있으며 이로 인하여 추가 보수비용의 원인이 되기도 한다. 이를 방지하기 위해서는 교량 지점에서의 받침형식의 선정, 수직하중, 수평하중, 이동량 및 방향, 회전량 및 방향, 마찰계수, 상·하부구조의 형식과 치수, 지점에서의 소요받침 수, 지반조건 및 침하 가능성(하부구조의 변위), 교량의 총연장, 받침의 상·하부구조의 접속 접합부의 보강, 유지관리, 미관 등을 고려하여 가장 적합한 것을 선정해야 한다. 특히 면진설계의 경우 받침을 얼

마나 올바르게 선택하느냐에 따라 대상 교량이 제대로 면진설계가 됐는지 안됐는지를 결정한다고 해도 과언이 아닐 정도로 받침선택이 중요하다.

또한, 컴퓨터의 급속한 발전에 힘입어 받침의 선정에도 자동화 바람이 불고 있다. 그러나 컴퓨터를 통해서 화면에 나타나는 것은 숙련된 기술자의 노하우에 의해 결과가 나타났을 때 빛을 발하는 것이지 구조에 대한 개념이 부족한 사람이 아무리 깔끔하게 결과를 출력해도 소용이 없다. 받침의 선정에 있어 전문성을 필요로 하는 기본적인 검토단계로는 다음과 같은 것이 있다.

첫째, 곡선교, 사교 혹은 폭이 넓은 슬래브교 등의 경우에는 계산방법에 따라서 지점반력이 달라질 수 있다. 둘째, 받침의 내진설계에 사용되는 지



진하중은 일반적으로 상부구조에서 사용된 값과 같은 값을 취한다. 셋째, 바람의 영향을 받기 쉬운 상부구조의 경우에는 풍하중에 의해 큰 수평하중이 발생할 수 있으므로 충분히 주의해서 설계해야 한다. 넷째, 일반적으로 받침에 작용하는 지진하중은 사하중 반력에 소정의 설계진도를 곱하여 얻어질 수 있으나, 교각의 높이 및 단면에 차이가 있으므로 수평하중에 대한 강도가 크게 다를 경우에는 수평하중의 분배가 사하중 반력에 대하여 구한 것과 다르므로 주의해야 한다. 다섯째, 외적 부정정구조의 경우 온도변화, 크리프, 건조수축의 영향에 의하여 구속력이 발생하므로 이와 같은 영향을 충분히 고려해야 한다.

결론적으로 받침의 초기 선정단계부터 거동에 따른 영향분석은 전문가의 조언이 필요하다. 자칫 이를 간과할 경우 30년은 충분히 갈 수 있는 교량이 1년만에 부실한 교량으로 판정될 수 있는 첫 단추가 될 수도 있다. 교량받침은 마치 우리 몸의 뼈와 뼈를 연결해주는 골절과 같은 것이다. 아무리 튼튼한 뼈를 가진 젊은이라도 골절이 부실하다면 젊은이의 건강한 신체는 그 능력을 충분히 발휘하지 못할 것이다. 교량 구조물에 대한 의사역할을 우리 구조기술자가 훌륭히 해낼 때 공들여 만든 구조물의 가치가 살아나는 것이다. ♣



이태리의 터널 환기시스템 최적화 노력



이창우 교수
동아대학교

터널환기 관련 이야기만 접하면 몇 해전 이태리의 토리노 공대 (Torino Politechnique)를 방문했을 때의 기억이 맨 먼저 떠오른다. 유럽의 주요 터널 환기시스템을 둘러보고 관계 연구자들을 만나기 위하여 벨기에의 카톨릭 루벤 대학(University of Catholic de Louvain)의 에디 자크 (Eddy Jacques)

교수를 방문한 후 함께 이태리 북부에 소재한 토리노 공대를 방문하였다. 초청자인 터널환기분야의 저명한 학자인 페로 (Ferro)교수의 안내로 터널화재확산 모형실험과정 등을 본 후 이튼날 프레저스(Frejus)터널을 방문하기로 하였다. 다음날 우리는 페로 교수의 제자인 보킬리니(Borchiellini) 교수가 운전하는 자동차를 타고 약 1시간정도 이동하여 이태리의 토리노와 프랑스의 리옹시를 연결하는 길이 12.895km의 프레저스 터널에 도착하였다.

프레저스 터널은 당시 양방향 2차로 터널로 우리에게겐 약간 낯선 준횡류식 환기방식(pseudotransversal system)을 채택하고 있었다. 70대인 페로 교수를 터널현장에서 만나기로 하였기 때문에 이태리 국경검문소를 통과할 때까지 나타나지 않는 노교수를 의아하게 생각하며 터널 갱구에서 약 4km 지점에 있는 이태리측 지하 환기소에 도착하였다. 환기소에는 입·배기용 각 2대 총 4대의 축류팬이 설치되어 있었으며 입기량을 배기량보다 많게 공급하여 터널내 압력을 외부 기압보다 높게 유지 하므로써 양방향 통행으로 인한 터널내 공기질 악화 문제를 해결하고 있었다. 차를 주차시키고 엄청난 소음에 귀를 막으며 지하환기소로 들어가다가 조명이 비교적 어두운 한쪽 구석에서 작업중인 두 사람이 눈에 띄었다. 바로 그들이 있는 곳으로 보킬리니 교수가 우리를 안내하였고 곧 두 사람중의 한 사람이 페로 교수임을 알 수 있었다.

자신이 설계에 참여한 터널의 환기시스템에 대한 환기효율 시험을 하고 있는 중인 지하 환기소는 소음뿐만 아니라 터널내에 배출되는 차량 배기물질로 인한 오염으로부터 완전 차단이 되지 않은 공간이었다. 양방향교통, 수직갱 4개를 이용한 준횡류식 환기방식, 위험물 적재 대형트럭의 통행, 프랑스와 이태리 양국의 분할 관리, 프랑스측과 이태리측의 환기설비 불일치 등과 같은 문제뿐만 아니라 프랑스와 이태리 양국이 터널 양

갱구에 별도의 터널관리사무소 및 제어실을 가지고 서로 다른 언어로 운영하는 터널에서의 어려움이 한 순간의 방심도 환기시스템 운영에 허용되지 않는 것이었다.

여기에서 노교수는 연구원들과 2주째 환기효율 계측을 위하여 매일 4시간 이상씩 계측장비뿐만 아니라 매연과 차량배기가스와도 악전고투하고 있다는 것이었다. 작업복 차림의 노교수에게 “힘들고 지겹지 않습니까?”라고 하는 순간, 나는 “This is what I have to do.”라는 대답을 들었다. 잘 알려진 연구실, 많은 연구원, 제자 교수들이 있건만 자신이 설계에 참여한 터널 환기시스템에 대한 끝없는 사랑이 페로 교수를 매일 이곳으로 오게 만든다고 보킬리니 교수가 덧붙인다.

터널 환기관련 프로젝트 수행 목적으로 최근 수년동안 전국의 도로 터널에서 환기 측정을 하였다. 터널 양 갱구 외부에 기상측정 스테이션을 설치하고 터널내부에 측정 목적에 따라 1~3개의 측정 스테이션을 설치한 후 터널 제어실에서 교통량 및 차속 측정을 위하여 CCTV 및 녹화장비를 조작하거나 현장에 녹화장비가 없는 경우 터널 양 갱구에 측정인원을 배치하여 비디오카메라 측정을 전담케 한다. 그리고 매 시간마다 모든 측정장비를 순차적으로 점검하는 작업을 대부분의 경우 하루 12시간 이상을 계속한다. 터널내의 차량 굉음, 매연에 뒤덮인 손과 얼굴, 메케한 냄새, 대형트럭이 지나갈 때의 휘청거림, 터널내벽을 짚고 난 후 남는 하얀 손자국, 터널 상부 환기덕트 내부의 썰렁한 분위기 등 처음엔 그토록 낯설던 것들이 이제 간혹 정겹기까지 하다.

최근 국내 도로터널의 장대화 및 지속적인 교통량 증가 경향에 따라 터널내 보안(health and safety)에 관심이 고조되며 터널환기에 대한 관심 또한 과거에 비하여 상당히 높아졌다. 터널 환기시스템은 터널 이용자에게 안전하고 유해하지 않은 환경을 제공하기 위하여 설계된다. 따라서 정상 운행시에는 이용자의 쾌적한 운행을 보장하고 터널주변 환경에 대한 영향을 최소화할 수 있는 환기시스템의 운영이 필요하며 화재 등과 같은 비상시에는 이용자의 안전하고 신속한 대피, 나아가 터널 구조물에 대한 영향을 최소화할 수 있는 환기시스템의 운영이 필요하다. 우리가 바라는 터널 환기시스템은 기술적, 환경적, 안전성, 경제성 측면에서 최적화된 환기시스템이다. 이와 같은 최적의 환기시스템 설계 및 운영을 위하여 다같이 페로 교수의 그 짧은 대답 한마디를 상기하여 보면 어떨는지.....



ISO 9001 인증업체

첨단도로건설을 위해 정진하는 기업

주요 사업 분야

- 엔지니어링 활동주체
- 토목감리
- 측량
- 환경영향평가
- 교통영향평가
- 설계감리

(株)乃慶엔지니어링

NAEKYUNG ENGINEERING CO., LTD.

대표이사 강한구

本社 : 京畿道 安養市 東安區 冠陽洞 1490-44
서울事務所 : 서울特別市 西草區 良才洞 5-1 (세원빌딩)
電話 : (02) 575-7184 (대) FAX : 574-4958

알 · 림 · 마 · 당

설계심의

월 별	건 명	심의결과
1,2월 실적	- 무안~광주권 고속도로 제1~5공구 대형공사 입찰방법 심의	기타공시
3,4월계획	- 목포~광양간 고속도로 타당성조사 및 기본설계 제1~5공구 심의 - 목포~광양간 고속도로 제1~5공구 대형공사 입찰방법심의	- -

설계감리

월 별	건 명	구 분
1, 2월 실적	- 경부고속도로(영동~김천)의 3개노선 건설공사 설계감리용역 - 공주~서천간고속도로(청남~홍천간) 실시설계 제 2, 3공구 분항교와 1개교, 대절토부 2개소 설계감리	설계감리 (교량, 대절토부)
3, 4월 계획	- 경부고속도로(영동~김천)의 3개노선 건설공사 설계감리용역 준공(3, 26)	

바로쓰는 토목용어

- 네지(螺子) → 나사
- 데나오시(手直し) → 손질
- 덴조(天井) → 천정
- 멧기(鍍金) → 도금
- 바루(Bar) → 노루발 못뿔이

설계자문

월 별	건 명	자문분야
1,2월 실적	- 경부고속도로(육천~영동)확장공사 실시설계 제1, 2공구 노선선정 자문	기하구조
3,4월 계획	- 고창~장성간 고속도로 건설공사 실시설계 제1~5공구 노선선정 자문 - 영평~가남간 고속도로 건설공사 실시설계 제1~5공구 노선선정 자문	기하구조 기하구조

설계심사

월 별	건 명	구 분
1, 2월 실적	- 남해고속도로 354K 선형개량공사 실시설계 - 남해고속도로 동강해C 영업시설 설치공사 실시설계 - 남해고속도로 장유IC 영업시설 설치공사 실시설계	성과품 성과품 성과품
3, 4월 계획	- 호남고속도로 광주시우회도로 대안입찰공사 실시설계 성과품심사 - 고창~장성간 고속도로 건설공사 실시설계 제1~5공구 총평면 계획 심사 - 고창~장성간 고속도로 건설공사 실시설계 제4, 5공구 출입시설 위치 및 형식심사	성과품 총평면 출입시설