기 술 가 치 평 가
결 과 보 고 서

평가기술	충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법 외 1건

평가용도	특허기술가치를 추정하여 특허기술의 적정 이전가액 평가



① 본 평가서는 상기 평가용도 이외에는 사용될 수 없으며, 당회는 본 평가서에 기초한 행위결과에 어떠한 책임도 부담하지 않습니다.
② 본 평가서에 사용된 가정들은 향후 외부환경의 변화 및 경영진이나 기술인력 등의 능력 등에 따라 달라질 수 있으며, 가정의 변화에 따라 다른 평가결과가 나타날 수 있습니다.
③ 본 평가서의 작성을 위한 평가방법 및 평가의 산출근거는 공개하지 않으며, 평가결과에 이의가 있는 경우 보고서의 통보일로부터 7일 이내에 객관적인 입증자료를 첨부하여 이의신청할 수 있습니다.

제 출 문

해양기계 주식회사 귀하

본 평가서를 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법” 및 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법”에 관한 기술이전용 기술가치 평가의 최종 보고서로 제출합니다.

2008 년 9 월 24 일

평가기관	한국발명진흥회	
평 가 자	평가총괄	김 상 범
	기술거래사	민 봉 기
	기술거래사	김 용 규
	변리사	박 대 진
	변리사	김 종 욱
	변리사	이 용 우
	공인회계사	이 종 철

목 차

Ⅰ. 평가결과요약 ····· 1

1. 평가결과 ····· 1
2. 세부평가내용 ····· 4

Ⅱ. 권리성 분석 ····· 10

1. 특허기술 내용 ····· 10
1.1 특허기술의 일반사항 ····· 10
1.2 특허의 요지 및 특징 ····· 11
1.3 권리범위 ····· 12

2. 선행기술조사 ····· 16
2.1 조사개요 및 조건 ····· 16
2.2 조사결과 ····· 16

3. 권리분석 및 평가의견 ····· 18
3.1 권리범위의 광협 ····· 18
3.2 권리의 안정성 ····· 19
3.3 권리의 경쟁성 ····· 20
3.4 기술 및 사업 관련도 ····· 20

Ⅲ. 기술성 분석 ····· 26

1. 평가대상기술의 개요 ····· 26

2. 기술동향 ····· 29
2.1 현장타설 콘크리트 라이닝 ····· 29
2.2 해외 기술동향 ····· 32
2.3 국내 기술동향 ····· 38
2.4 국내외 업체현황 및 수준 ····· 38
2.5 기술의 Life-cycle ····· 45
2.6 기술의 발전방향 및 진보속도 ····· 45

3. 기술성 분석 ····· 45
3.1 기술의 유용성 ····· 45
3.2 기술의 경쟁력 ····· 49

4. 종합의견 ····· 54

Ⅳ. 시장성 분석 ····· 56

1. 기술의 개요 ····· 56
1.1 터널 라이닝의 개념 및 관련 기술 ····· 56
1.2 터널 배수구조의 개념 및 관련 기술 ····· 59
1.3 기술의 특성 ····· 60

2. 시장의 개요 ····· 61
2.1 시장의 정의 ····· 61
2.2 관련업계 경기동향 및 산업동향 ····· 61

3. 시장규모 및 특성 ····· 67
3.1 국내외 시장규모 ····· 67
3.2 국외시장 진출방안 ····· 68
3.3 기술개발 및 시장 점유 가능성 ····· 68
3.4 적용시장의 경쟁상황 및 시장지위 ····· 69

4. 시장동향 ····· 70

5. 수요전망 ····· 71
5.1 도로 및 교량 수주 현황 ····· 71
5.2 도로 터널 수주 현황 ····· 73
5.3 도로 터널 공사비 현황 ····· 75
5.4 (주) 태영건설 도로 터널 수주 현황 ····· 76

6. 시장경쟁력 분석 ····· 77

7. 매출액 추정 ····· 79

Ⅴ. 사업가치 및 기술가치 평가 ····· 87

1. 사업수행 ····· 87
2. 평가가정 및 상황설정 ····· 96
3. 평가방법, 범위 및 절차 ····· 97
4. 사업가치 및 기술가치 평가표 ····· 97
4.1 사업가치의 종합 결론 ····· 102
4.2 주요 가치변수 분석 ····· 104

Ⅰ. 평가결과 요약

1. 평가결과

1.1 평가개요

본 평가의 목적은 한국건설기술연구원 등이 개발하고 특허권을 취득한 특허 제 610556 호 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법” 외 1건에 대한 특허기술가치를 추정하여 본 특허기술을 이전함에 있어 그 적정가액을 제시하는 데 있다. 평가대상특허권은 다음과 같다.

【표 1-1】 평가대상기술

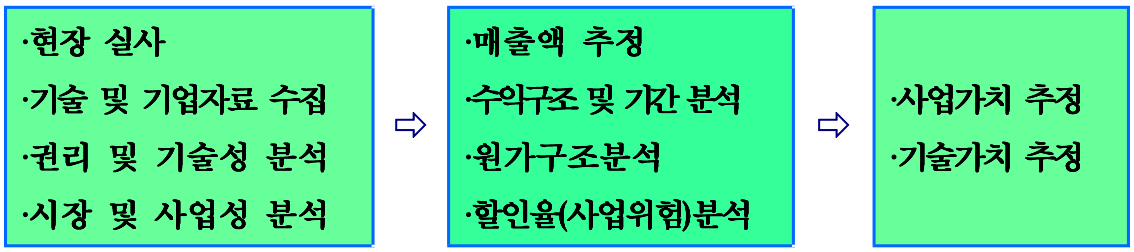
구 분	등록번호	발명의 명칭
특 허	610556	충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법
특 허	764046	충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법

1.2 평가방법 및 절차

본 평가기관은 평가를 위해 현재 및 미래의 경제, 산업시장 및 기술동향 등을 조사 및 분석을 수행하였다. 평가방법은 일반적 평가방법인 이익접근법(Income Approach)의 미래현금흐름할인법(Discounted Future Earnings Method)을 적용하였으며 본 평가가 객관적이고 합리적인 평가가 되도록 하였다. 이를 위해 본 평가에 참여한 각 분야 전문가들이 본 평가대상인 특허권의 권리범위, 실질적인 거래내용, 기술동향, 시장동향, 원가구조분석, 사업위험 등에 대한 조사·분석을 실시하고 기타 제반 사정을 고려하여 적정한 가치

산정이 되도록 객관적인 최선 가능한 정보를 반영하도록 하였다.
본 평가는 평가기간 중 최선의 이용가능한 객관적인 자료를 분석하고 합리적인 가정과 통계적인 방법을 적용하여 기술가치분석을 수행하였으나 그 결과는 미래의 경기변동, 경영환경 등 외부요인, 평가기준일 및 평가 상의 가정이 상이할 경우 다른 결과가 나타날 수 있다. 본 평가는 다음과 같은 절차에 따라 수행하였다.

【그림 1-1】 사업가치 및 기술가치 평가 절차



1.3 평가의견 요약

본 평가대상기술의 사업가치 및 기술가치 평가결과를 요약하면 다음과 같다. 본 기술은 특허의 권리성, 기술성, 시장성, 사업성을 종합적으로 고려할 때 3가지 시나리오 중 중립적 시나리오에 해당한다.

평가대상기술은 지반상태나 지보재의 품질이 충분히 확보되지 않은 여건에서도 터널구조물의 안정성을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라, 굴착단면적, 라이닝품질, 내구연한 등에서 기존 공법에 비해 경쟁력이 있으며, 향후 기술의 수출 및 해외 터널공사 시장의 진출도 기대된다. 다만, 건설 관련 신기술의 경우 행정, 법규 등의 여러 제약이 있어 이를 극복하지 못할 경우 시장이 그리 크지 않을 수 있다.

평가대상기술은 최종적으로 (주)태영건설이 활용할 예정이므로 평가의 객관성과 정확성을 위하여 2003년부터 2007년까지 과거 5개년 평균 재무자료를 활용하여 사업가치를 산출하였다. (주)태영건설의 경우, 종합건설업의 전문회

사로써 시장에서 일정 수준의 브랜드를 형성하고 있어 본 기술을 활용할 경우, 기존의 공사비의 절감효과 등 영업활동에 많은 도움을 주기 때문에 사업화를 시작하여 시장에 적용하기에는 용이할 것으로 판단된다.

본 기술제품이 2009년부터 2017년까지 창출할 총 순현금흐름액(순현금유입액)은 3,235백만원으로 추정되며, 이를 자본비용인 할인율 13.33%를 적용하여 2008년 10월 1일 시점으로 현재가치화할 경우 2,686백만원(사업가치)일 것으로 추정된다. 이에 평가대상 특허기술인 특허 제610556호 "충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법"건이 사업가치 창출에 공헌한 기술기여도(42.42%)를 곱하여 기술가치를 산정한 결과 최종 기술가치는 1,139백만원으로 추정된다.

【표 1-2】 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법 외 1건의 최종 기술가치

(단위 : 백만원)

항 목	평가금액
기술의 경제적 수명	9년
할인율	13.33%
총현금액 - 2009년 ~ 2013년	3,235
사 업 가 치 (2008.10.1기준)	2,686
기술기여도	42.42%
최종 기술가치 (2008.10.1기준)	**1,139**

주1) 총현금액 - 순현금흐름액 현재가치를 고려하지 않은 총현금액
주2) 총현금액의 현재가치 - 2008년 10월 1일 시점으로 할인율을 반영한 금액
주3) 사업가치 - 평가시점인 2008년 10월 1일 시점으로 환산한 금액

2. 세부 평가내용

2.1 기술가치 산출표

평가대상기술의 평가결과는 다음과 같다.

【표 1-3】 기술가치 산출표

(단위 : 백만원)

연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
매출	5,250	4,920	4,610	4,320	4,050	3,800	3,550	3,340	3,120
매출원가	4,426	4,147	3,886	3,642	3,414	3,203	2,993	2,816	2,630
매출총이익	716	670	628	587	551	597	557	524	490
판관비	359	336	315	295	277	260	243	228	213
영업이익	357	334	313	292	274	337	315	296	277
법인세	77	71	66	61	57	72	67	62	57
세후영업이익	280	262	247	231	218	265	248	234	220
감가상각비	438	438	438	438	438	438	438	438	438
운전자본증감	414	388	363	340	319	299	280	263	246
현금흐름	304	313	322	329	337	403	406	409	412
할인율	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%
현재가치계수	0.88	0.78	0.69	0.61	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32
현재가치(2009.1월 1일 기준)	268	244	222	200	178	189	168	149	132
사업가치(2008.10월 1일 기준)	**2,686**								
기술기여도	**42.42%**								
최종기술가치 (평가기준일: 08.10월 1일)	**1,139**								

주1) 현재가치요소, 현재가치 및 사업가치 산정은 2008.10.1을 기준으로 한 것임.
주2) 사업가치는 총 추정기간(2009년 1월 ~ 2013년 12월)동안의 현재가치 및 현금유출로 가정한 순운전자본 회수액을 현재가치화한 금액을 합한 것임.
주3) 순운전자본회수액은 2009년부터 2013년 동안 매년 증가한 총순운전자본(1,064백만원)은 2014년 12월에 전액 회수한다고 가정한 것임.

주4) 최종기술가치는 본 특허기술의 평가기준일인 2008.10.1일 시점을 기준으로 가치산정을 한 것임.
주5) 기술기여도는 평가대상기술이 창출한 사업가치중 기술이 공헌한 정도를 말함

2.2 주요 변수 산정내역

2.2.1 기술가치 평가 산식

기술가치 평가 기본모형은 다음과 같은 수익접근법 기반의 산식을 이용하며, 특정한 기술의 가치는 기술의 경제적 수명기간동안 미래의 여유현금흐름을 추정하여 산출된다. 여기서 t는 년 수, n은 기술의 경제적 수명, FCF는 여유현금흐름, r은 할인율을 의미한다.

$$\text{기술의 가치} = \sum_{t=1}^{n} \frac{FCF_t}{(1+r)^t} \times \text{기술기여도}$$

2.2.2 기술의 경제적 수명

본 가치평가에서의 기술의 수명이란 “기술의 수명에 영향을 미치는 요인들이 발생하여 기술이 경쟁우위를 잃게 되는 미래의 평균시점을 의미하는 것“으로 정의한다. 따라서 다음과 같은 여러 요인을 고려하여 기술의 수명을 추정하기로 한다(지식경제부의 기술가치평가 실무요령 2008. 5 참조).

① 산업재산권 법적 보호기간

본 평가대상기술1은 2005. 3. 17. 출원되어 2006. 8. 2. 등록되었고, 평가대상기술2는 2006. 4. 27. 출원되어 2007. 9. 28. 등록되어 잔존기간은 약 17년이다.

② 인용특허수명 지수

본 평가대상기술은 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법을 근간으로 하는 것

으로, 기술가치 평가 실무요령 첨부 2의 인용특허수명 지수를 적용한 결과, USPC 코드상 405 "HYDRAULIC AND EARTH ENGINEERING"에 해당하며 CLT 평균값은 10.22이며 중앙값은 9에 해당한다.

③ 기술의 수명에 영향을 미치는 요인으로는 크게 다음과 같이 5개 요인을 고려할 수 있다.

- 법적, 제도적 요인
- 대체기술출현
- 기술발전단계
- 고객니즈
- 시장경쟁 정도

산업재산권 법적 보호기간과 인용특허수명 지수, 그리고 5개의 기술수명 영향요인의 정량화 평가지표에 의하면 기술의 수명은 13년으로 추정된다.

【표 1-4】 기술의 경제적 수명

구 분	평점	비고
특허인용수명지수	3.5	특허인용수명지수(*년)－특허경과연수(*년)
법적 제도적 요인	2	
대체기술의 출현	1	
기술발전의 단계	3	
고객니즈의 변화	2	
시장경쟁의 변화	2	
소계 (A)	13.5	
기술의 경제적 수명	13.5점 × 20년 / 30점 = 9년	

2.2.3 매출액 추정

【표 1-5】 추정 매출액

(단위 : 억원)

연도별	터널 라이닝 수주액	낙관적 (0.82%)	중립적 (0.74%)	비관적 (0.67%)
2009	7104	58.3	52.5	47.6
2010	6657	54.6	49.2	44.6
2011	6238	51.1	46.1	41.8
2012	5844	47.8	43.2	39.1
2013	5476	44.9	40.5	36.7
2014	5131	42.1	38	34.4
2015	4808	39.5	35.5	32.2
2016	4505	36.9	33.4	30.2
2017	4221	34.6	31.2	28.3

2.2.4 할인율 추정

할인율 결정은 가중평균자본비용(WACC)에 의한 방법을 적용하기로 한다. 재무위험이 제거된 영업위험만 반영된 (주) 태영건설의 베타에서 재무위험을 조정하여 영업위험만을 반영한 베타(U)를 구하고 2003년부터 2007년까지 5개년 평균 자본구조를 활용하여 평가대상 베타(L)로 산출하였다. 본 기술을 사업화하기 위한 산출된 베타(L)를 CAPM 모형을 통하여 본 평가기술도입 시 적용될 할인율 13.33%로 산출하였다.

2.2.5 기술기여도 추정

본 평가서에서 기술기여도는 다음과 같이 정의된다.

기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도

여기서 산업기술요소는 기술의 공헌도가 산업별로 다르다는 가정 하에 이를 계량적으로 측정하는 요소이며, 개별기술강도는 산업 내에서 개별기술의 구체적 특징 및 강점 등을 판단하는 것으로 기술의 질적 속성(Qualitative Aspect)을 평가하는 것이다.

① 산업기술요소

평가대상기술 분야는 종합 건설업과 전문직별 공사업이 결합된 것으로서 이 두 분야의 산업기술요소가 공히 62.66%이므로 62.66%를 적용하기로 한다(지식경제부의 기술가치평가 실무요령 2008. 5 참조).

② 개별기술강도

개별기술강도의 결정은 법적인 보호강도와 상업적 우위성으로 구성된 2개의 중항목과 이들에 부속한 14개의 소항목으로 구성되는데, 특히 법적인 보호강도의 4개 소항목은 각각 2의 가중치를 감안하여 산출되며, 상업적 우위성에 속하는 10개의 소항목은 각각 1.2의 가중치를 적용하여 산출한다. 평가자에 의하여 평가된 개별기술강도는 67.7점이다.

【표 1-6】 개별기술강도 평가지표

대항목	중항목	소항목	평 점				
개별 기술 강도	법적인 보호 강도	권리보호의 중요성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		권리범위 및 강도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		권리의 안정성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		경쟁기술대비 방어정도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		소계 (A)	13.75				
	상업적 우위성	기술상용화 단계	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기능적 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 생산력	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 자립도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 파급효과	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		유사기술의 성공사례	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		시장진입 용이성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		시장확보 가능성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		가격/원가 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		이익구조상 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		소계 (B)	33.50				
	개별기술강도 (C = A × 2.0 + B × 1.2 ; 가중평점 합계 = 67.7)						
	산업기술요소 (D = 62.66%)						
	기술기여도 (E = C × D = 42.42%)						

③ 기술기여도

> 기술기여도 = 산업기술요소 × 개별기술강도
> = 62.66% × 67.7 = 42.42%

즉, 평가대상기술에 의한 기술기여도는 사업가치의 42.42%이다.

2.2.6 기술가치 금액

기술기여도를 감안한 기술가치 금액은 현재가치 합계액 1,994백만원에 기술기여도 42.42%를 적용하여 846백만원으로 결정되었다.

Ⅱ. 권리성 분석

1. 특허기술 내용

1.1 특허기술의 일반사항

본 권리성 분석의 대상특허는 한국건설기술연구원, 김종원이 그 권리를 유지하고 있는 대한민국 등록특허 제 10-610556 호 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법(이하, ‘특허기술 1’이라 한다)”과 한국건설기술연구원, 주식회사 태영건설, 주식회사 에스코컨설턴트, 주식회사 태명실업, 해양기계 주식회사가 그 권리를 유지하고 있는 대한민국 등록특허 제 10-764046 호 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법(이하, ‘특허기술 2’라 한다)”이다.

특허기술 1은 2005년 03월 17일자로 출원되었으며, 특허법 제42조 제3항, 제42조 제4항 제2호 및 제29조 제2항의 거절이유를 지적받은 후 보정을 통해 이를 해소하여 2개의 독립항과 4개의 종속항으로 2007년 04월 06일자로 등록되었으며, 특허기술 2는 2006년 04월 27일자로 출원되었으며, 특허법 제42조 제4항 제2호의 거절이유를 지적받은 후 보정을 통해 이를 해소하여 2개의 독립항과 4개의 종속항으로 2007년 09월 28일자로 등록되었다.

상기 특허기술들은 평가일 현재 제3자에 의한 무효심판 등이 제기되지 아니하여 유효한 권리로 등록 유지되어 있고, 특허등록원부를 살펴본 결과 제3자로의 전용실시권이 설정되어 있지 아니하며, 해외출원이나 실용신안으로의 이중출원과 같은 특이사항도 없는 것으로 나타났다. 이에 본 특허기술에 대한 권리를 분석한다.

【표 2-1】 본 특허기술의 일반사항

구분	특허기술 1	특허기술 2
명칭	충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법	충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법
출원번호	10-2005-0022254	10-2006-0038208
출원일자	2005.03.17	2006.04.27
등록번호	제10-610556호	제10-764046호
등록일자	2006.08.02	2007.09.28
청구항	6	6
해외출원	-	-
존속기간 만료일(예정)	2025.03.17 평가일 현재 존속 중	2026.04.27 평가일 현재 존속 중
기타 특이사항	없음	없음

1.2 특허의 요지 및 특징

본 특허기술 1은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법에 관한 것으로서, 구체적으로는 굴착된 굴착면에 록볼트와 숏크리트로 1차 지보재를 형성하고, 1차 지보재와 일정간격 떨어진 위치에 PC 판넬을 설치하고, 그 사이에 배면공동이 이루어지도록 된 PC 판넬 터널 라이닝에 있어서 배면공동은 5~10cm 두께를 가지고 그 배면공동에다 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm이고 경화된 압축강도가 적어도 20-30kg/cm^{2}가 되는 충진재를 충진하고, 이 충진재를 통해 지반압과 수압이 PC 판넬에 직접 전달되게 하여 PC 판넬이 보조 지보재가 되게 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템

및 그 시공법에 관한 것이다. 다시 말해, 특허기술 1은 PCL 라이닝 공법에 하중전달 개념을 도입하여 2중 쉘 구조 형태로 변환시킨 새로운 개념의 PCL 라이닝 공법이라 할 수 있다.

특허기술 1은 배면공동에 충진재를 충진시킴으로써 이를 통해 지반압 및 수압의 일부를 PC 판넬 라이닝이 분담하는 시스템이므로 지반상태라든가 지보재의 품질이 제대로 구비되지 않은 여건에서도 터널 구조물의 안정성을 높일 수 있고, 공기를 기존 대비 1/4~1/5로 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 터널 라이닝 구조물의 수명을 최소 3~4배 이상 연장시킬 수 있는 효과가 있다.

본 특허기술 2는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 시공방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 충진형 PC 판넬 라이닝 시스템의 PC 판넬에 있어서 단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부를 형성하고 단위 PC 판넬의 모서리에 배수 구조를 형성하며, 배수 구조에는 배수 유도로와 합성고무 설치부를 형성하되 배수 유도로는 모서리 두께의 중심에 설치하고 합성고무 설치부는 배수 유도로의 양측에 설치되는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 시공방법에 관한 것이다.

특허기술 2는 배수 구조가 단위 PC 판넬에 직접 형성된 것이므로 PC 판넬의 축조시공과 동시에 누수방지에 대한 시공도 이루어지기 때문에 별도의 방수시공이 필요가 없어 시공이 효율적이고 경제적일 뿐 아니라, 종래의 방수 시트의 포설작업에 비하여 작업이 간단하고 용이하다는 장점이 있다. 또한 PC 판넬 고정용 앵카 볼트와 방수막이 직접 접촉되지 않으므로 PC 판넬 고정용 앵카 볼트에 의하여 방수막이 찢어지거나 손상을 입을 염려가 전혀 없어 누수의 문제가 발생되지 않는 장점이 있다.

1.3 권리범위

① 특허기술 1

본 특허기술 1은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법에 관한 것으로서, 2개의 독립항(청구항 1, 4)과 4개의 종속항(청구항 2, 3, 5, 6)으로 구성되었으며 아래와 같이 기재되어 있다.

【청구항 1】

굴착된 굴착면(1)에 록볼트(3)와 숏크리트(2)로 1차 지보재를 형성하고, 1차 지보재와 일정간격 떨어진 위치에 PC 판넬(5)을 설치하고, 그 사이에 배면공동(9)이 이루어지도록 된 PC 판넬 터널 라이닝에 있어서 배면공동은 5~10cm 두께를 가지고 그 배면공동(9)에다 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm이고 경화된 압축강도가 적어도 20-30kg/cm^2가 되는 충진재(8)를 충진하고, 이 충진재(8)를 통해 지반압과 수압이 PC 판넬(5)에 직접 전달되게 하여 PC 판넬(5)이 보조지보재가 되게 함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템.

【청구항 2】

제1항에 있어서 충진재(8)는 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm인 저강도 경량 기포 모르타르이고, 이를 배면공동(9)에 충진하되 경화된 압축강도가 적어도 50-100kg/cm^2이 되게 함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템.

【청구항 3】

제1항 또는 제2항에 있어서 배면공동(9)의 간격(숏크리트와 PC판넬간의 간격)은 최대 5cm이고 과여굴일 경우 25cm까지 허용함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템.

【청구항 4】

터널 굴착면에 숏크리트(2) 및 록볼트(3)로 1차 지보재를 설치하고 그 위에 부직포 및 방수포(4)를 포설하며, PC 판넬(5)을 설치하고 배면공동(9)이 형성

된 터널을 시공하는 방법에 있어서 배면공동(9)의 폭을 배수에 지장이 없는 한 5~10cm가 되게 하는 단계와, 배면공동(9)에 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm이고 경화된 압축강도가 적어도 20-30kg/cm^2이면서 160kg/cm^2 이하인 충진재(8)를 충전하는 단계와, 지반압과 수압이 PC 판넬(5)에 직접 전달되게 하는 단계와, PC 판넬(5)이 보조 지보재가 되게 하는 단계로 이루어짐을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시공방법.

【청구항 5】

제4항에 있어서 충진재(8)는 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm인 저강도 경량 기포 모르타르이고, 이를 배면공동(9)에 충진하되 경화된 압축강도가 적어도 80-120kg/cm^2이 되게 하는 단계로 이루어짐을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시공방법.

【청구항 6】

제4항 또는 제5항에 있어서 배면공동(9)의 간격(숏크리트와 PC판넬간의 간격)은 최대 5cm이고 과여굴일 경우 25cm까지 허용함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시공방법.

② 특허기술 2

본 특허기술 2는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법에 관한 것으로서, 2개의 독립항(청구항 1, 6)과 4개의 종속항(청구항 2, 3, 4, 5)으로 구성되었으며 아래와 같이 기재되어 있다.

【청구항 1】

충진형 PC 판넬 라이닝 시스템의 PC 판넬에 있어서 단위 PC 판넬(10)의 배면에는 방수막 처리부(20)를 형성하고, 단위 PC 판넬(10)의 모서리(14)에는 배수 구조(30)를 형성하며 배수 구조(30)에는 배수 유도로(32)와 합성고무 설치부(34)를 형성하되 배수 유도로(32)는 모서리(14) 두께의 중심에 설치하고

합성고무 설치부(34)는 배수 유도로(32)의 양측에 설치됨을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조.

【청구항 2】
제1항에 있어서 합성고무 설치부(34)상의 일부분에 수팽창 지수제 설치부(36)를 설치하되 배수 유도로(32)의 일측 또는 양측에 형성함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조.

【청구항 3】
제1항에 있어서 배수 유도로(32)의 직경은 ϕ10-20mm이고, 합성고무 설치부(34)는 그 두께가 1-10mm이며, 수팽창 지수제 설치부(36)의 두께는 5-10mm가 됨을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조.

【청구항 4】
제2항에 있어서 수팽창 지수제 설치부(36)는 수팽창 지수제를 여러 개의 분할편으로 분할하여 일정간격으로 설치함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조.

【청구항 5】
제1항 또는 제2항에 있어서 방수막 처리부(20)와 합성고무 설치부(34)는 액상의 방수 고무액으로 분무 코팅함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조.

【청구항 6】
단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부(20)를 형성하고, 단위 PC 판넬(10)의 모서리(14)의 중심에 배수 유도로(32)를 형성하며 그 양측에는 합성고무 설치부(34)를 형성하는 단계와; 합성고무 설치부(34)의 일부분에 수팽창 지수제 설치부(36)를 형성하는 단계와; 상기의 단계로 이루어진 배수 구조(30)를 갖

는 단위 PC 판넬(10)을 PC 판넬 고정용 앵카 볼트(40)에 의하여 터널 지반에 고정하면서 일정한 배면간격이 유지되도록 축조하는 단계와; 단위 PC 판넬(10)이 축조된 상태에서 압축강도가 30-100kgf/cm^2이고, 플로우치가 180-280mm이며, 투수계수가 10^{-1} ~ 10^{-4} cm/sec인 물성을 갖는 하중전달물질(70)을 단위 PC 판넬(10)의 배면공간에 충전하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조를 이용한 터널 라이닝 시공방법.

2. 선행기술조사

2.1 조사개요 및 조건

본 특허기술 1은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법에 관한 것이고, 특허기술 2는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법에 관한 것으로서, 양 특허기술은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템이라는 공통의 기술적 특징을 포함하고 있는바 이를 중심으로 선행기술을 조사하였다. 선행기술조사를 위한 특허관련 데이터베이스는 WIPS를 이용하였으며, 한국, 일본, 미국 및 유럽의 특허기술을 대상으로 조사하였다. 국문 키워드로는 「판넬, 터널, 라이닝」, 영문 키워드로는 「panel, tunnel, lining」 등을 조합하여 폭넓게 검색될 수 있도록 선정하였고, 이들을 조합한 검색식을 사용하여 검색을 진행하였다.

2.2 조사결과

본 특허기술과 관련된 선행특허를 조사한 결과, 터널의 라이닝 설치 방법에 관한 특허가 다수 검색되었으며, 이중 본 특허기술과 기술적, 권리적 관련성이 높은 특허를 표 2-2에 선별하여 기술하였다.

【표 2-2】 본 특허기술 관련 선행특허 조사결과

No.	국가	문헌번호	명 칭	출원인	관련도
인용 1	KR	등록201598	암반터널의 라이닝 설치 방법	엘지엔지니어링 주식회사	A
인용 2	KR	공개2002-0024820	복합소재 또는 프리캐스트 판넬을 이용한 터널 라이닝의 설치방법	주식회사 국민씨아이 이성우/이선구	A
인용 3	KR	등록458922	터널의 라이닝 판넬 시공 방법, 터널의 라이닝 판넬 시스템 및 그를 이용한 터널의 전방위 환기 및 배수 시스템	윤영재	A
인용 4	JP	공개2002-256708	콘크리트 구조물의 보강구조	하네다 콘크리트공업 주식회사	A

[X] 신규성 판단 [Y] 진보성 판단 [A] 일반관련자료 [E] : 출원일 이후 발행자료

또한, 표 2-3에는 본 특허기술과 관련된 선행특허의 유사점 및 차이점을 분석하여 기재함으로서 선행기술과의 차이점을 통해 본 특허기술의 권리범위에 대한 이해를 도모하였다.

【표 2-3】 본 특허기술 관련 선행특허의 유사점 및 차이점

No.	주요구성	유사점 또는 차이점
인용 1	프리캐스트 콘크리트인 측면판넬(10)과 아크판넬(11)을 고정하기 위한 다수의 앵커볼트(26)를 터널의 암반굴착면(21)에 삽입·고정하고 터널의 기저부에는 측벽판넬(10)을 고정하기 위한 풋팅세그먼트(19)를 설치하는 공정을 구비하는 암반터널의 라이닝 설치방법	1차 지보재와 PC 판넬 사이에 형성되는 배면공동에 충진재를 충진하는 구성에 대해 기재 및 암시 없음
인용	지반(30)에 터널을 굴착할 때 터널 굴착	배면공동에 충진재를 충진하는 구성에

2	면(31)에 설치된 리브(20)에 라이닝 판넬(10)을 부착하여 터널 라이닝을 완성하는 것을 특징으로 하는 터널 라이닝 건설 방법	대해 기재 및 암시 없으며, 터널 굴착면에 설치된 리브에 라이닝 판넬을 부착한다는 점에서 차이
인용 3	터널의 바닥에 라이닝 판넬 시공용 라이닝콘크리트를 시공하는 단계; 다수의 라이닝 판넬 설치용 고정 플레이트를 상기 터널 굴착 암반면에 고정하는 단계; 다수의 상호 연결된 라이닝 가이드를 상기 라이닝 판넬 설치용 플레이트 위에 고정하는 단계; 및 상기 라이닝 판넬을 상기 다수의 상호 연결된 라이닝 가이드상에 설치하는 단계로 이루어지는 터널의 라이닝 판넬 시공방법	배면공동에 충진재를 충진하는 구성에 대해 기재 및 암시 없으며, 터널의 바닥에 라이닝 판넬 시공용 라이닝콘크리트를 시공한다는 점에서 차이
인용 4	콘크리트 구조물의 표면을 덮도록 다수의 보강 판넬을 설치하여 이루어진 콘크리트 구조물의 보강 구조에 있어, 보강의 대상으로 된 콘크리트 구조물의 표면과 상기 보강 판넬과의 사이에 변형이 가능한 부룩 흡수재를 개재시키는 것을 특징으로 한 콘크리트 구조물의 보강 구조	콘크리트 구조물 표면과 보강 판넬 사이에 부룩(不陸)방지를 위한 부룩 흡수재를 개재한다는 점에서 차이

3. 권리분석 및 평가의견

3.1 권리범위의 광협

본 특허기술 1은 굴착된 굴착면에 록볼트와 숏크리트로 1차 지보재를 형성하고, 1차 지보재와 일정간격 떨어진 위치에 PC 판넬을 설치하고, 그 사이에 배면공동이 이루어지도록 된 PC 판넬 터널 라이닝에 있어서 배면공동은 5~10cm 두께를 가지고 그 배면공동에다 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12-30cm이고 경화된 압축강도가 적어도 20-30kg/cm^{2}가 되는 충진재를 충진하고, 이 충진재를 통해 지반압과 수압이 PC 판넬에 직접 전달되게 하여 PC 판넬이 보조지보재가 되게 하는 것을 권리의 핵심적 구성요소로 설정하고

있다.

특허기술 1의 핵심 구성요소는 선행특허기술에 개시되어 있지 않아 권리범위의 차별성은 있는 것으로 판단되고, 충진재에 대해 구체적으로 특정되어 있어 권리범위가 극히 넓다고는 할 수 없으나 이에 기인하여 권리의 안정성은 있는 것으로 판단되므로 유용한 권리라 할 것이다.

본 특허기술 2는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 있어서 일체형 배수 구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공방법에 관한 것으로서, 단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부를 형성하고 단위 PC 판넬의 모서리에 배수 구조를 형성하며, 배수 구조에는 배수 유도로와 합성고무 설치부를 형성하되 배수 유도로는 모서리 두께의 중심에 설치하고 합성고무 설치부는 배수 유도로의 양측에 설치되는 것을 권리의 핵심 구성요소로 하고 있다.

특허기술 2의 핵심 구성요소는 선행특허기술에 개시되어 있지 않아 권리범위의 차별성이 있는 것으로 판단되고, 구성요소가 극히 한정되어 있지 않아 권리범위가 비교적 넓은 것으로 판단된다.

3.2 권리의 안정성

본 특허기술 1은 심사과정에서 청구범위의 기재불비 및 진보성을 이유로 지적을 받았으나, 보정을 통해 이를 해소하고 등록되었다. 권리범위의 광협에서 본 바와 같이 본 특허기술 1은 충진재에 대해 구체적으로 특정되어 있어 법적 안정성을 위협받을 가능성은 낮은 것으로 판단된다.

본 특허기술 2는 심사과정에서 청구범위의 기재가 불명확하다는 지적을 받았으나, 보정을 통해 지적받은 청구항을 명확히 하여 등록되었다. 본 특허기술 2는 유사한 선행특허기술이 없으므로 법적 안정성을 위협받을 가능성은 낮은 것으로 판단되나, 청구범위가 구체적으로 한정되어 있지 않은 만큼 추

가적인 방어특허의 출원이 필요할 것으로 사료되어 본 특허기술의 이전 과정과 사업화 과정에서 다양한 개량특허의 출원과 등록을 제안한다.

3.3 권리의 경쟁성

본 특허기술 1은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템에 관한 기술로서, 1차 지보재와 PC 판넬 사이에 일정 두께를 가지는 배면공동을 형성하고, 이러한 배면공동에 충진재를 충진하여 충진재에 의해 지반압과 수압이 PC 판넬에 직접 전달되어 PC 판넬이 보조지보재가 되게 하는 구성은 선행특허기술에 개시되어 있지 아니한 것이어서, 선행특허기술과 권리범위의 차별성이 있는 것으로 판단된다.

본 특허기술 2는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템의 일체형 배수 구조에 관한 기술로서, 단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부를 형성하고 모서리에 배수 구조를 형성하며, 배수 구조에 배수 유도로와 합성고무 설치부를 구비하는 구성은 선행특허기술에 개시되어 있지 아니한 것이어서, 선행특허기술과 권리범위의 차별성이 있는 것으로 판단된다.

상기한 선행특허기술과의 차별성은 사업적으로도 유용한 것으로 관련기술의 문제점을 효과적으로 대체하는 동시에 원천기술의 지위를 가짐으로써 동종 업계에서 상당한 경쟁력이 있는 기술이라 판단할 수 있다.

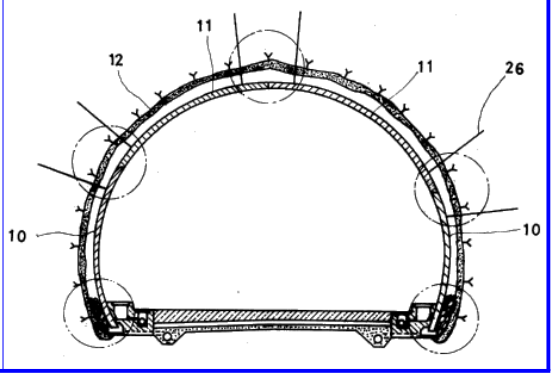
3.4 기술 및 사업 관련도

본 특허기술 1은 프리캐스팅 라이닝 공법이 갖는 우수한 장점을 그대로 살리면서 국내의 현실에도 적합한 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 동 시스템의 시공법에 관한 것이고, 본 특허기술 2는 PC 판넬의 축조와 동시에 방수 시공이 이루어지도록 함으로써 보다 효율적인 시공을 구현할 수 있는 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템의 일체형 배수 구조 및 동 배수 구조를

이용한 터널 라이닝 시공 방법에 관한 것으로, 본 특허기술은 기술의 완성도, 경쟁력 및 활용도가 뛰어난 기술이라 할 수 있다. 또한, 본 기술은 시장 진입능력과 시장경쟁력 또한 구비하고 있으며, 현재 안정된 권리를 확보하고 있어, 향후 신청자의 기술 및 사업의 운영에 본 특허기술이 지속적으로 기여할 수 있다고 판단된다.

● 주요 관련 특허 리스트

No. 1	암반터널의 라이닝 설치 방법		
문헌발행국	KR	IPC	E21D-011/00
출원번호	10-1997-0008340	등록번호	10-0201598
출원일자	1997.03.12	등록일자	1999.03.15
우선권주장번호		출원인	엘지엔지니어링 주식회사
우선권주장국		발명자	김 성 수
우선권주장일			
발명의 명칭	암반터널의 라이닝 설치 방법		

목적 및 효과	청구범위
본 발명은 암반터널의 내벽으로 사용되는 라이닝(lining)의 설치방법에 관한 것으로서, 특히 공장에서 제작된 프리캐스트 콘크리트(precast concrete)를 이용하여 암반터널에 라이닝을 설치함에 따라 공기를 단축시킬 수 있으며, 또한 공사비를 절감할 수 있고, 아울러 유지보수가 간편한 암반터널의 라이닝 설치방법에 관한 것이다.	프리캐스트 콘크리트(precast concrete)인 측면판넬(10)과 아크판넬(11)을 고정하기 위한 다수의 앵커볼트(26)를 터널의 암반굴착면(21)에 삽입·고정하고 터널의 기저부에는 측벽판넬(10)을 고정하기 위한 풋팅세그먼트(footing segment)(19)를 설치하는 제 1 공정과, 상기 제 1 공정에서 설치된 풋팅세그먼트(19)에 측면판넬(10)을 거치하고 측면판넬(10)의 결합홀(25)에 앵커볼트(26)를 삽입·체결하여 측면판넬(10)을 암반굴착면(21)에 고정시키는 제 2 공정과, 상기 제 2 공정에서 고정된 측벽판넬(10)의 단부에 아크판넬(11)의 단부를 일치시키고 아크판넬(11)의 결합홀(25)에 앵커볼트(26)를 삽입·체결하여 아크판넬(11)을 암반굴착면(21)에 고정시키는 제 3 공정과, 상기 제 2 및 제 3 공정을 통해 고정된 판넬(10,11)과 암반굴착면(21) 사이의 공간에 충전물(20)을 채우는 제 4 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 암반터널의 라이닝 설치방법.
	대표도면
	

No. 2	복합소재 또는 프리캐스트 판넬을 이용한 터널 라이닝의 설치 방법		
문헌발행국	KR	IPC	E21D-011/04
출원번호	10-2000-0056574	공개번호	10-2002-0024820
출원일자	2000.09.27	공개일자	2002.04.03
우선권주장번호		출원인	주식회사 국민씨아이 이성우 이선구
우선권주장국		발명자	이선구
우선권주장일			
발명의 명칭	복합소재 또는 프리캐스트 판넬을 이용한 터널 라이닝의 설치 방법		

목적 및 효과

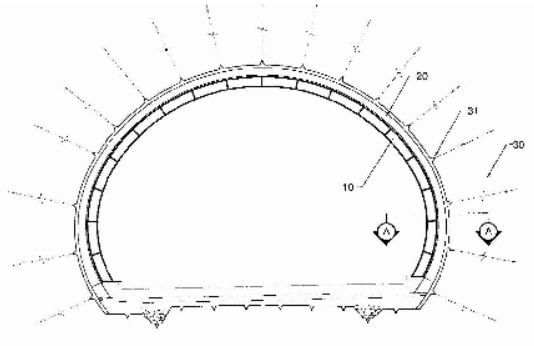
본 발명은 도로, 철도 및 지하철 등 통행차량을 위한 터널에서 종래 공법에서 현장타설하는 터널 라이닝 콘크리트를 대신하여 복합소재 또는 프리캐스트 제품의 판넬을 굴착된 터널 벽면에 부착하는 방법을 제공한다. 본 발명에 따르면 터널을 굴착하면서 동시 작업이 가능하므로 라이닝 설치를 위한 별도 공사기간이 불필요하여 공기를 대폭 줄일 수 있다.

청구범위

지반(30)에 터널을 굴착할 때 터널 굴착면(31)에 설치된 리브(20)에 라이닝 판넬(10)을 부착하여 터널 라이닝을 완성하는 것을 특징으로 하는 터널 라이닝 건설 방법

복합소재를 라이닝 판넬(10)의 소재로 사용하여 사용자가 원하는 색상을 마음대로 넣을 수 있으므로 터널 벽면의 미관을 좋게 하여 터널 이용자들이 터널 내을 통과할 때 쾌적하도록 하며, 필요에 따라서는 경고성 색상을 배치하여 터널 이용자로 하여금 터널 내부를 통과할 때 주의를 환기시키고 경각심을 갖도록 하여 안전성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 터널 라이닝 판넬 제작 방법

대표도면



No. 3	터널의 라이닝 판넬 시공 방법, 터널의 라이닝 판넬 시스템 및 그를 이용한 터널의 전방위 환기 및 배수 시스템		
문헌발행국	KR	IPC	E21D-011/00
출원번호	10-2002-0017880	등록번호	10-0458922
출원일자	2002.04.01	등록일자	2004.11.18
우선권주장번호	KR 10-2001-0023547 KR 10-2001-0048204	출원인	윤영재
우선권주장국	KR	발명자	윤영재
우선권주장일	2002.04.01		
발명의 명칭	터널의 라이닝 판넬 시공 방법, 터널의 라이닝 판넬 시스템 및 그를 이용한 터널의 전방위 환기 및 배수 시스템		

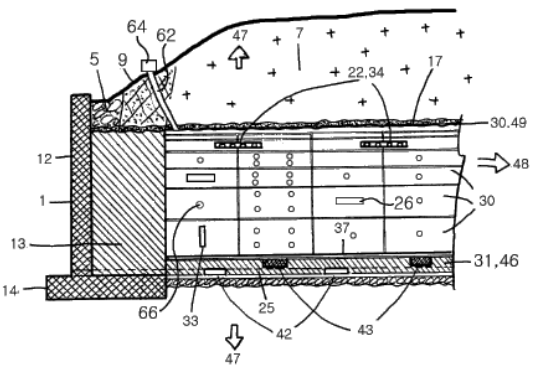
목적 및 효과

본 발명은 터널의 라이닝 판넬 시스템과 터널의 라이닝 시공방법에 관한 것이고, 아울러 터널의 라이닝 판넬 시스템을 이용한 터널의 환기 및 배수 시스템에 관한 것으로, 본 발명은 터널의 1차 보강후 라이닝콘크리트를 시공할 필요가 없는 터널의 라이닝 판넬 시공방법 및 터널의 라이닝 판넬 시스템을 제공하고, 굴착 단면적을 작게 하고 유효 단면적을 크게 할 수 있는 터널의 라이닝 시공방법 및 터널의 라이닝 판넬 시스템을 제공하는 것 등을 목적으로 한다.

청구범위

터널공사에 있어서 숏크리트와 록볼트로 1차 보강이 완료된 터널 굴착 암반면에 라이닝 판넬을 시공하는 방법으로서, 상기 터널의 바닥에 라이닝 판넬 시공용 라이닝콘크리트를 시공하는 단계; 다수의 라이닝 판넬 설치용 고정 플레이트를 상기 터널 굴착 암반면에 고정하는 단계; 다수의 상호 연결된 라이닝 가이드를 상기 라이닝 판넬 설치용 플레이트 위에 고정하는 단계; 및 상기 라이닝 판넬을 상기 다수의 상호 연결된 라이닝 가이드상에 설치하는 단계로 이루어지는 터널의 라이닝 판넬 시공방법.

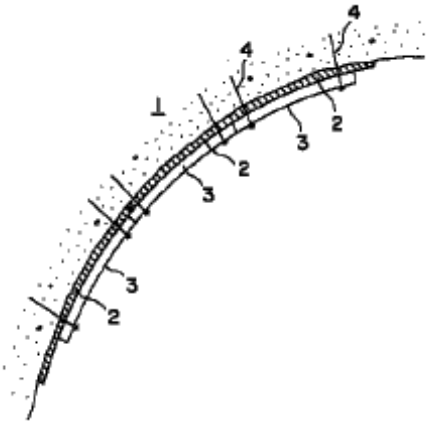
대표도면



No. 4	콘크리트 구조물의 보강 구조		
문헌발행국	JP	IPC	E04G-023/02
출원번호	2001-052632	공개번호	2002-256708
출원일자	2001.02.27	공개일자	2002.09.11
우선권주장번호		출원인	하네다 콘크리트공업 주식회사
우선권주장국		발명자	센바 아키라
우선권주장일			
발명의 명칭	콘크리트 구조물의 보강 구조		

목적 및 효과	청구범위
본 발명은 콘크리트 구조물의 표면에 부륙이 생기고 있는 경우에도 보강 또는 보수면에 다수 개의 보강 판넬을 플랫에 설치한 것이 가능하고, 또한 확실한 보강 효과가 기대할 수 있는 콘크리트 구조물의 보강 구조를 제공하는 것으로, 터널 복공 등의 콘크리트의 표면에 부륙이 생기고 있는 경우에 있어, 콘크리트의 표면과 보강 판넬의 사이에 발포 수지 등으로 된 시트상의 부륙 흡수재를 끼워 넣으면 부륙 흡수재가 부륙을 흡수하고, 보강 판넬을 플랫에 설치한 것이 가능하여 결국 우수한 보강 효과를 얻을 수 있다.	콘크리트 구조물의 표면을 덮도록, 다수의 보강 판넬을 설치하고 된 콘크리트 구조물의 보강 구조에 있어, 보강의 대상으로 된 콘크리트 구조물의 표면과 상기 보강 판넬과의 사이에 변형이 가능한 부륙 흡수재를 개재시키는 것을 특징으로 한 콘크리트 구조물의 보강 구조.

대표도면

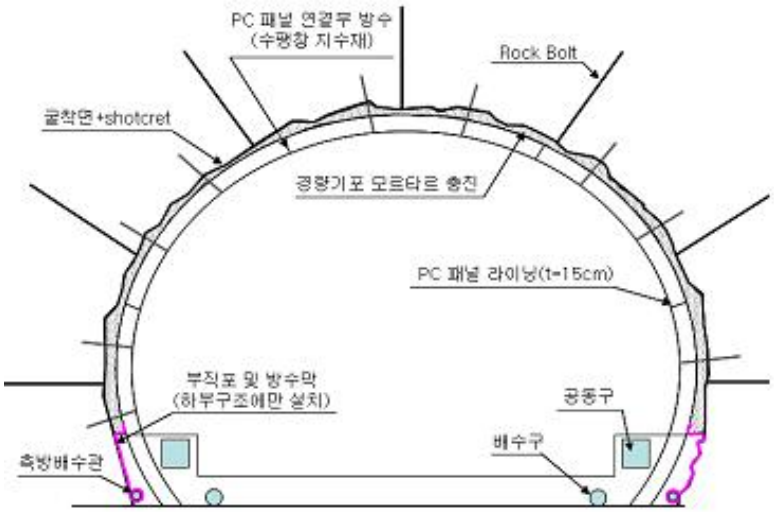


Ⅲ. 기술성 분석

1. 평가대상기술의 개요

본 평가대상기술은 현장타설 콘크리트 라이닝이 가지는 불확실한 품질관리, 공기의 장기화, 수축양생으로 인한 라이닝의 과다한 균열발생, 정기적인 라이닝 보수·보강 공사비의 과다 지출, 터널 사고 발생 시 보수·보강 공사비 과다 지출 및 공기의 장기화 등의 고질적인 문제를 해결하고, 아직까지 국내 건설 실정상 도입하기 어려운 국외 PCL 공법의 효과적인 적용을 가능케 하는 PC 판넬 터널 라이닝 시공 기술에 관한 것이다. 그림 3-1은 PC 판넬 라이닝 시공 기술의 개요를 나타낸 것이다.

【그림 3-1】 PC 판넬 라이닝 시공 기술 개요

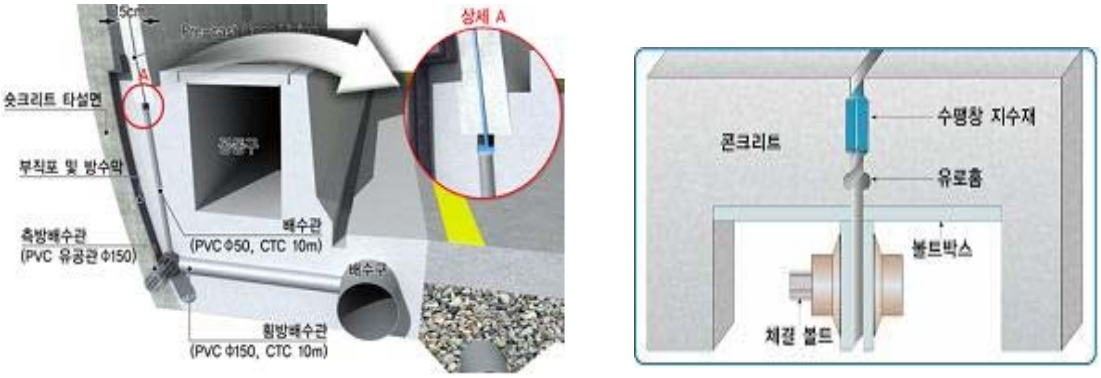


(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

PC 판넬 터널 라이닝 시공 기술이란 터널에서 라이닝 구조체로 고품질·무균열의 PC 판넬을 적용하고 숏크리트 타설면과 PC 판넬 사이의 이격공간을 경량기포 모르타르로 충전하여, 시공성 향상이 가능한 터널 라이닝 복합 구

조물을 건설하여 기존 현장타설 콘크리트 라이닝의 고질적인 문제점들을 합리적으로 해결하고, 터널 구조물에 작용하는 상재하중을 효과적으로 고품질의 PC 판넬 라이닝에 전달시켜 터널 안정성을 극대화시킬 수 있는 터널 라이닝 시공 기술이다. 그림 3-2는 공동구 및 PC 판넬 접속부의 상세를 나타낸 것이다.

【그림 3-2】 공동구 및 PC 판넬 접속부 상세



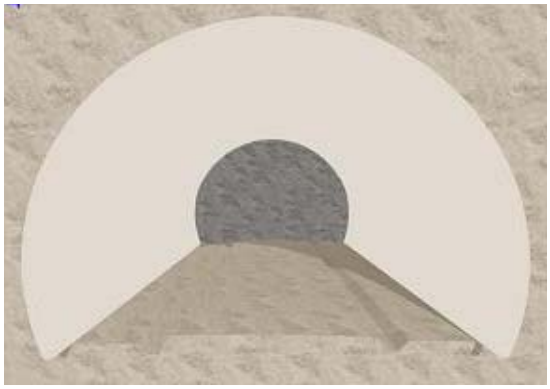
(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

본 평가대상기술은 PC 판넬을 이용하여 조립만으로 간편하게 라이닝 설치 공정을 완수할 수 있어 장기간의 양생기간이 필요한 현장타설 콘크리트 라이닝 공법에 비해 4배 이상 급속시공이 가능하며, 이로 인해 터널 시공 공기를 효과적으로 단축할 수 있고 결과적으로는 공기 단축을 통해 직·간접 공사비를 20% 이상 절감시킬 수 있다.

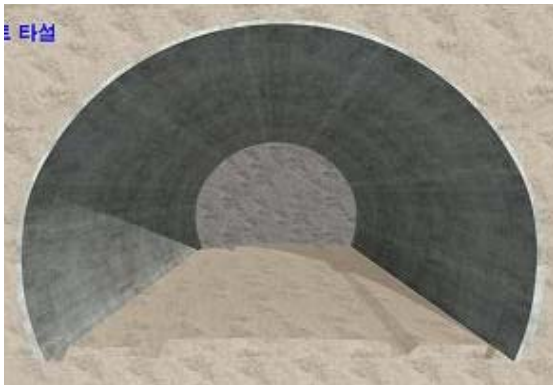
특히, 고품질의 PC 판넬을 사용함으로서 매년 수십억 이상 소모되고 있는 현장타설 콘크리트 라이닝의 보수·보강 공사비를 대폭적으로 절감하여 국가 예산의 낭비를 막을 수 있고, 현재 50년을 넘지 못하고 있는 라이닝의 수명을 최고 200년 이상까지 연장시킬 수 있다.

또한, 경량기포 모르타르를 이용하여 PC 판넬과 숏크리트 타설면 사이의 공간을 완전히 충진시키게 되므로 터널에 작용하는 지반하중을 라이닝에 충분히 전달할 수 있어 터널 안정성의 향상을 이를 수 있고, 무엇보다도 새로운 지보체계나 유지관리 시스템의 도입 없이 현 지보시스템을 그대로 적용한 채 고품질·무균열의 라이닝을 시공할 있게 된다. 아래 그림 3-3 PC 판넬 터널 라이닝 시공 기술의 단계별 시공 과정을 나타낸 것이다.

【그림 3-3】 PC 판넬 라이닝 시공 기술의 단계별 시공 과정



(1) 터널 굴착



(2) 숏크리트 타설



(3) 하부 공동구 타설



(4) PC 판넬 라이닝 설치A



(5) PC 판넬 라이닝 설치B



(6) 경량기포 모르타르 충진

(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

2. 기술동향

2.1 현장타설 콘크리트 라이닝

NATM의 원리로 적용되고 있는 현장타설 콘크리트 라이닝은 라이닝 타설 후 구조물 운행과정에서 지반응력 변화로 유발되는 과다한 균열과 불확실한 품질관리 문제 뿐 아니라 장대터널에 적용 시 공기의 장기화, 매년 라이닝 보수·보강에 수백억원의 공사비를 소모하게 하여 국가 예산을 낭비하고 있는 실정이다.

또한, 현장타설 콘크리트 라이닝 타설시 재료 분리와 콘크리트 타설 방법 등에 의해 지반과 라이닝 사이에 공동이 발생되고 있으며, 과대 여굴로 인한 라이닝 배면공동의 충진이 충분치 못할 경우 터널의 안정성에 심각한 영향을 주게 된다. 그림 3-4는 국내 현장타설 콘크리트 라이닝의 피해상황을 나타낸 것이다.

【그림 3-4】 국내 현장타설 콘크리트 라이닝 피해상황



(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

NATM 공법에서 주요한 요소인 콘크리트 라이닝은 그림 3-5와 같이 강재거푸집을 설치하여 콘크리트 펌프로 현장 타설하여 시공된다. 일반적으로 터널 계측의 결과에 따라 터널변형이 수렴되면 콘크리트 라이닝의 타설 시기가 결정된다. 라이닝의 품질을 향상시키기 위해서 강재거푸집은 콘크리트 타설 강도를 고려하여 콘크리트 압력에 충분히 견딜 수 있는 것으로 사용되어야 하며, 콘크리트가 필요한 강도에 도달할 때까지 해체해서는 안 된다. 거푸집은 이동직후 또는 조립하기 전에 철저히 청소를 하여야한다.

거푸집의 관리상태, 해체시기에 따라 콘크리트 라이닝의 품질 및 공사기간에 많은 영향을 준다. 타설 시에 재료분리가 생기지 않도록 하고 특히 아치부분에 콘크리트가 충진되도록 진동기를 사용하여 다진다. 1구간에 콘크리트는 연속하여 타설하여야 하며 좌우대칭으로 주입하여 거푸집에 편압이 걸리지 않도록 하여야 한다. 콘크리트의 침하나 불량한 작업으로 인하여 터널 크라운 부분에 공극이 생기는 것을 방지하기 위하여 콘크리트가 경화된 후에 접착 그라우팅을 천정부에 시행해야한다.

이와 같이 공정이 복잡하기 때문에 거푸집 내에 콘크리트를 밀실하게 채우기 어렵고, 콘크리트 타설 시에 품질관리도 매우 어렵게 된다. 콘크리트 라이닝은 과다한 휨모멘트가 발생되지 않도록 가능한 두께를 얇게 한다. 실제로 1차 지보공에 의한 지반이 안정된 후에 타설하는 경우가 대부분으로 후에 큰 하중이 작용하는 경우가 적다. 따라서 라이닝은 가능한 최소 두께로

하는데, 철도 터널의 경우 단선인 경우 300mm이고, 복선 터널의 경우 400mm가 적용된다.

【그림 3-5】 콘크리트 라이닝 타설 장면



(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

콘크리트 라이닝은 도로, 철도 및 압력을 받지 않은 수로터널에서는 무근콘크리트로, 압력수로에서는 철근콘크리트로 시공하는 것이 일반적이다. 그러나 지질이 불량한 부분이나 토피가 얇고 상재하중이 작용할 때에는 철근콘크리트로 보강하고 있다. 콘크리트 라이닝의 설계기준강도 (σ_{ck})는 지질, 작용하중, 지보형식, 두께, 형틀의 제거시기 등을 고려하여 결정하지만, 대체로 무근콘크리트에서는 160 ~ 210 kg/cm^2, 철근콘크리트에서는 210 ~ 240kg/cm^{2}가 많이 사용되고 있다. 고속도로의 터널 라이닝은 무근콘크리트로 시공되며, 210kg/cm^2 이상의 강도를 요구한다. 이를 위하여 2종 보통시멘트가 사용된다.

최근 국외(일본)나 국내의 NATM터널 콘크리트 라이닝에 발생하는 균열이

종종 거론되고 있다. 균열은 터널 아치부에서 형성되어 터널 진행방향을 따라 발생되는 종단 균열이 대부분이다. 이러한 균열의 발생원인은 여러 가지가 있으나, 특히 라이닝 시공 중에 많이 발생한다. 또한 콘크리트 타설 후 거푸집 탈형 시간이 비교적 짧아 초기 양생과정에서 미세균열이 발생하여 시간이 지나면서 확장 및 연장되어 신규 균열이 생성된다. 그리고 터널의 길이방향으로 콘크리트 두께의 변화가 심하여 단면변화로 인한 균열이 많이 발생된다.

2.2 해외 기술동향

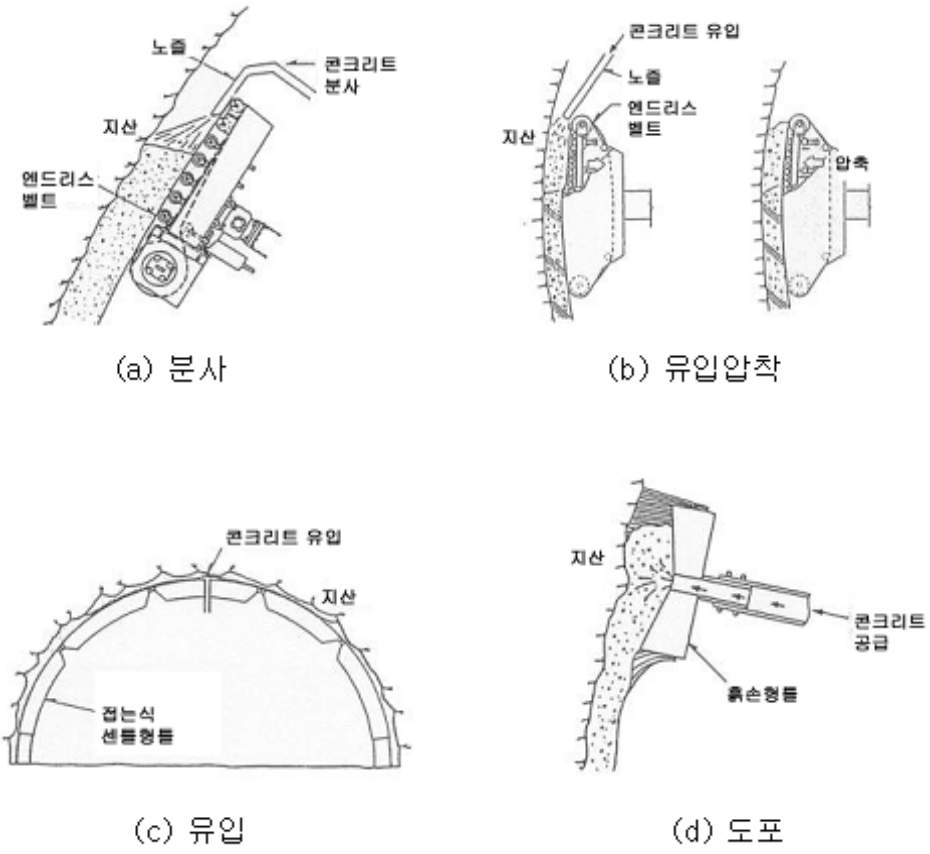
선진국에서는 NATM 공법에 의한 현장타설 콘크리트 라이닝의 여러 문제점들을 일찍부터 인지하고 이러한 문제들을 해결하기 위해 많은 터널 라이닝 신공법들이 개발되어 왔는바 이 중 대표적인 기술을 몇 가지 소개한다.

① NTL(New Tunnel Lining) 공법

NTL 공법은 터널 굴착직후에 특수 형틀과 특수 콘크리트를 사용하여 굴착지반과 지반에 밀착된 형틀 사이에 콘크리트를 주입시키는 방법으로 굴착지반을 보강하는 라이닝 공법이다. 즉, 이 공법은 특수하게 제작된 형틀을 사용함으로써 직접 지반을 보강하는 공법이라 할 수 있다.

NTL 공법은 아직까지 해결해야 할 몇 가지의 문제점이 있지만 추후에 이에 대한 계속적인 연구개발이 이루어진다면 NTL 공법에 의한 일차 지보의 조기강도 발현효과가 우수할 뿐 아니라 장기강도도 높으므로 기존의 숏크리트, 강아치, 록볼트 등의 지보재로 이루어지는 지보방법을 효과적으로 대체할 수 있는 새로운 공법이라 판단된다. 그림 3-6은 NTL 공법의 콘크리트 타설 방법 개념도를 도시한 것이다.

【그림 3-6】 NTL 공법의 콘크리트 타설 방법 개념도



(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

② 프리캐스트 콘크리트 라이닝 공법

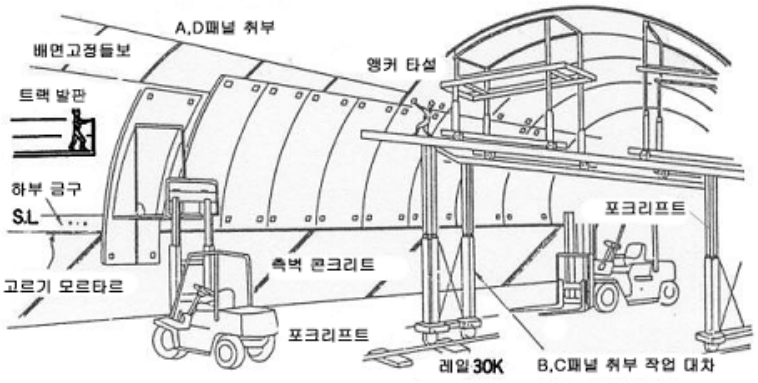
프리캐스트 콘크리트 라이닝(precast concrete lining ; PCL)의 개념은 터널 굴착 시 원지반의 지지력을 최대로 활용하면서 굴착과 동시에 숏크리트나 록볼트 같은 지보재로 1차 안정시키고, 계측결과에 의해 변위가 수렴되는 것을 확인한 후, 터널 내공 단면과 부대시설 보존을 위한 마감재 역할의 라이닝을 설치하는 개념으로서 NATM의 기본개념과 동일하다.

PCL 공법은 화성암 계통의 강도가 높고 상대적으로 균열이 적은 암반을 대상으로 지보재의 강도특성을 개선해서 터널을 안정시키고 라이닝 배면에 공간을 유지시켜 완전배수 통로로 유도하며, 오직 부대시설 보존과 자중만을

유지하기 위한 마감재 역할을 하도록 한 개념이다. 이 개념은 처음에 노르웨이에서 도입했기 때문에 노르웨이 터널공법, NMT(Norwegian Method of Tunnelling)이라고도 한다.

이러한 PCL 공법은 공기를 단축할 수 있고, 고강도의 콘크리트 판넬을 조립하여 사용하므로 판넬 내의 균열을 방지할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 숏크리트 및 록볼트의 고품질이 요구되고, 판넬 거치 시 정교한 시공이 요구된다는 점에서 아직까지 국내에 적용된 적은 없다. 그림 3-7은 PC 판넬 설치 상황 모식도이다.

【그림 3-7】 PC 판넬 설치 상황 모식도



(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

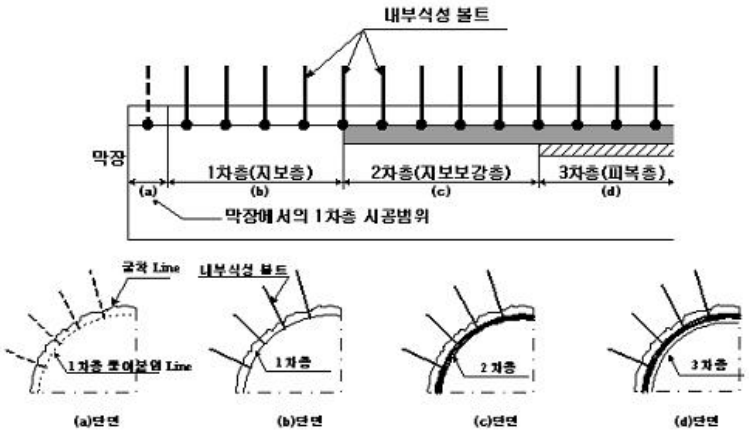
③ 싱글 쉘 터널(Single Shell Tunnel) 공법

싱글 쉘 터널 공법은 주변지반과 일체로써 작용하고 주변지반의 지보기능을 유효하게 활용하며 터널 및 주변지반의 안정을 도모하는데 있어서는 종래의 NATM 공법과는 다를 것이 없다. 하지만 종래 NATM 공법의 지보재료를 개선함으로써 2차 콘크리트 라이닝을 생략 또는 간략화 하여, 종래의 NATM 공법을 합리적으로 개선한 것이다.

싱글 쉘 터널 공법의 지지구조는 그림 3-8에 나타낸 바와 같이 1차층(지보

층), 2차층(지보 보강층), 3차층(피복층)의 3층 구조로 구성될 수 있으며 지반이 양호한 경우에는 2차층까지 시공하고 3차층은 시공하지 않는 것이 일반적이다. 이러한 맥락에서 막장 및 후방에서 시공 중 타설되는 숏크리트 층은 장기적으로도 역학적 기능을 갖는 영구지보재의 역할을 한다는 개념에 기반을 두고 있는 싱글 쉘 공법에서는 각 지보층의 품질 및 내구성이 확보되어야 한다는 점과 지하수의 적절한 처리가 선행되어야 한다는 점에서 그 적용이 용이하지만은 않다.

【그림 3-8】 싱글 쉘 터널 공법에서의 지보구성



(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

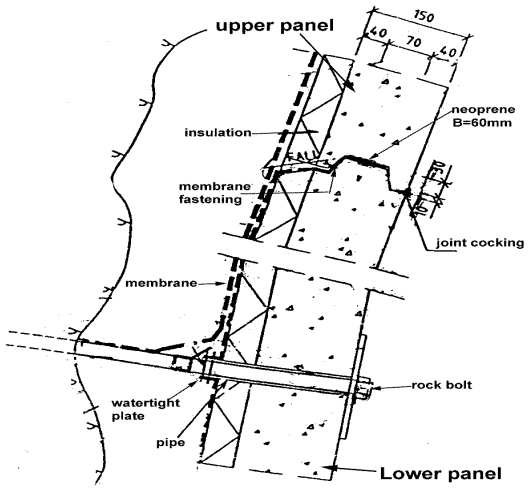
④ 전단면 프리캐스트 판넬 공법

이 공법은 터널의 전단면을 프리캐스트 콘크리트 판넬로 라이닝을 시공하는 것인데, 콘크리트 판넬은 방수 및 동결방지가 필수적이며 하부 판넬은 폭 6m, 높이 3.5m, 두께는 15cm로 설계되어 있다. 판넬에는 단열재가 생산 당시부터 접착되어 있는데 재료는 PE(Polyethylene)-foam 또는 압출 폴리스틸렌 수지를 사용하며 암반의 동결방지가 주목적이다. 상부 판넬의 경우도 같은 재료의 단열재가 설치되어 있으며 두께는 하반의 경우와 같고 폭은 3m로 하반 판넬의 절반이다. 상부 판넬은 하부 판넬 1개당 2본씩 정착되게 되는데 터널 크라운 부에서는 상부 판넬끼리 2분의 1씩 엇갈리게 설치하도록 설계

되어 있다.

터널 바닥의 경사는 3%를 두었고 인버트 하부의 경사는 5%를 두어 배수관로를 통해 배수가 되도록 하였다. 인버트와 인접한 터널 측벽부 배면에는 스스로 다짐이 되는 배수재로 뒤채움을 하여 배수시키도록 설계되어 있다.

【그림 3-9】 상부 판넬과 하부 판넬의 연결부 상세도



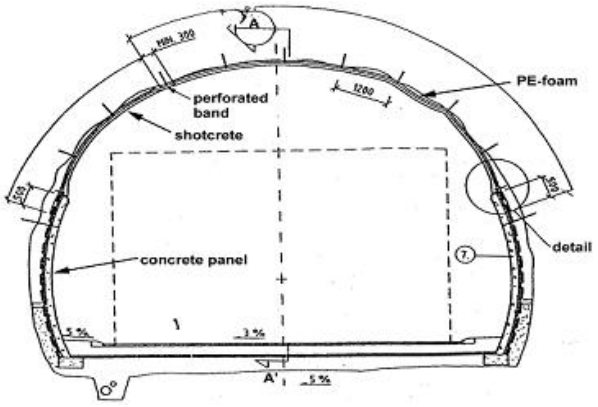
(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

그림 3-9는 상부 판넬과 하부 판넬 연결부의 상세도이다. 이 공법의 시공순서는 본 상세도를 통해서 간략하게 설명할 수 있다. 먼저 록볼팅을 하고 지수판을 하부 판넬과 닿는 부분에 설치한 후 프리캐스트 콘크리트 판넬에 설치된 구멍을 통해 록볼트와 다른 연결볼트를 연결하여 하부 판넬을 고정시킨다. 그 다음 하부 판넬 상부에서 하부 판넬을 따라 이미 설치되어 있는 방수시트를 잘 고정시키면서 상부의 방수시트를 늘어뜨리고 상부 판넬을 거치한다. 마지막으로 이음부를 코킹을 한 후 양쪽 판넬을 securing plate와 볼트로 연결한다.

⑤ 프리캐스트 판넬 및 숏크리트 병용 공법

프리캐스트 판넬 및 숏크리트 병용 공법의 경우는 하단부만 프리캐스트 콘크리트 판넬을 설치하고 상단부는 단열재와 숏크리트만으로 혹은 단열재만으로 마감하는 방식의 설계형태이다. 그림 3-10에서 보면 터널 상부 굴착면을 따라 단열재인 PE-foam막을 터널 상부에 록볼트로 고정시키고 하단에는 판넬을 설치한 것을 알 수 있다. 단열재인 PE-foam막을 록볼트로 암반에 고정시키는 부위는 횡방향이나 종방향으로 모두 특수한 밴드(perforated band)를 부착시키도록 되어 있다.

【그림 3-10】 단면 설계 사례



(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

숏크리트를 타설하지 않는 경우는 판넬 상단부에서 PE-foam막을 고정할 수 있도록 판넬의 상단부의 격자를 대도록 설계되어 있다. 이 경우 콘크리트 판넬은 제작 시 따로 보강재를 내부에 배치하지 않고 제작한다. 각각의 경우 암반과의 일정한 간격을 두고 PE-foam을 고정시키도록 되어 있다. 또한, 모든 경우에서 특별한 지침이 없는 한 PE-foam막을 판넬 상부에서 50cm 정도 늘어뜨리도록 설계되어 있으며 PE-foam막의 두께는 모두 5cm를 사용하고 있다. 이 두 유형의 설계는 방수, 동결방지용으로 PE-foam을 사용하는 전형적인 형태라고 할 수 있다.

⑥ 전단면 프리캐스트 샌드위치 판넬 공법

이 공법은 판넬 내부 콘크리트와 콘크리트 사이에 단열재가 설치되어 있는, 전형적인 샌드위치 판넬 공법으로써 초기 개발단계에 고안된 노르웨이의 프리캐스트 판넬 공법이다. 이 공법은 동결방지를 위한 단열재를 콘크리트 판넬 제작 시 삽입하는 것이 특징이라고 할 수 있는데 단열효과는 터널 내 공기의 온도가 -20℃일 때 터널 배면 즉 암반과 콘크리트 판넬 사이의 온도를 +9℃까지 유지시킬 수 있어 단열효과가 매우 우수한 것으로 알려져 있다.

2.3 국내 기술동향

NATM 개념을 기본으로 하는 더블 쉘 공법에서 발전한 싱글 쉘 공법에 대한 연구들이 수행되고 있으나 현 국내 터널 시공 현실에서는 싱글 쉘 공법을 적용하기에는 해결해야 할 당면과제들이 너무 많고 국가 기준 자체를 변경하여야 하기 때문에 현실적으로는 현장적용이 불가능한 상황이다.

PCL 공법의 국내 적용 가능성에 대한 연구가 몇몇 수행되었고 국내 적용 방안이 제시되기도 하였으며 설계에 반영이 되기도 하였으나 민관 기술자들의 근본적인 인식 부족과 낮은 신뢰로 인해 실제적으로 시공된 사례는 없다. 국내에는 터널공사표준시방서(1999), 도로공사표준시방서(2003) 및 터널설계기준(1999) 등에서 터널 내부의 콘크리트 라이닝에 대한 시방품질을 규정하고 있으나, 일본을 비롯한 선진국들과는 달리 프리캐스트 콘크리트 라이닝에 대하여는 품질규정의 적용이 전무하며, 현재 시공의 주류를 이루고 있는 현장타설 콘크리트 라이닝에 대한 품질만이 규정되어 있는 실정이다.

2.4 국내외 업체현황 및 수준

2.4.1 국외

국외에서는 일찍부터 터널 라이닝의 고품질 및 고성능을 목표로 많은 기술개발이 수행되었고 그 결과로서 새로운 라이닝 공법들이 개발되어 적용되고

있는 상황임. 주로 북유럽을 중심으로 그 나라의 지반 및 암반 상태에 적합한 지보시스템을 기본으로 하여 PC 패널 라이닝 공법이 개발되었음. 아시아에서는 일본에서 기존 터널 라이닝의 품질, 시공성 및 경제성을 개선할 수 있는 라이닝 신공법이 개발되어 적용된 사례가 있다.

국외 터널 라이닝 공법의 기술사항 및 기술수준은 다음과 같다.

- 터널의 동결, 융해의 영향을 극소화하기 위해 단열재를 세그먼트 복공 가운데 삽입하거나 한 방향으로 부착시키게 됨.

- 세그먼트 복공으로 흘러 들어오는 지하수를 막기 위해 세그먼트 복공 외부에는 방수막을 설치하고 있으며, 이러한 방수막은 세그먼트 복공을 설치한 후에 시공되기 때문에 복공과 굴착면 사이에는 최소한 50cm 이상의 작업공간이 필요하게 됨. 따라서 실제 터널의 단면크기보다 지나치게 큰 굴착단면적을 갖게 됨.

- 세그먼트 복공은 앵커링으로 영구히 고정되므로 시공중 뿐만 아니라 유지관리시에도 앵커가 제 기능을 발휘해야만 함.

- 굴착암반은 자체적으로 또는 1차 지본(록볼트 및 숏크리트)에 의해 안정을 이룬다고 보기 때문에 세그먼트 복공과 굴착면 사이의 빈 공간은 특별한 처리없이 그대로 두어 떨어져 내리는 지하수의 유도공간으로 활용함.

- 세그먼트 1개의 무게가 일반적으로 1톤을 넘게 되며 이를 터널 내에서 매달아야 하므로 운반 및 설치하는 특수 장비의 개발 및 적용이 요구됨.

- 터널의 방수는 방수막에 주로 의존하는데 비해 앵커링 작업이 방수막을 손상하게 되므로 앵커 부위에 대해서는 특수 방수처리가 요구됨.

- 내구성이 개선된 지보재인 강섬유보강 숏크리트와 고강도 록볼트로 절리간격이 넓고 강도가 높은 양호한 암반을 안전하게 유지시키고, 균질한 품질의 공장제품이 PC 패널을 터널 단면과 일정한 공간을 유지하면서 설치하므로 불확실한 이완응력과 수압이 라이닝에 직접 전달되지 않기 때문에 마감재의 기능에 충실하고 불규칙한 균열 발생을 근본적으로 제거할 수 있음.

- 국외 터널 라이닝 기술에서 라이닝 배면 공간은 원활한 배수촉진, 지보재의 이상여부시 정기정검, 차량 충돌시의 완충 작용으로 운전자 보호 및 빠르고 쉬운 유지보수 목적으로 활용됨.

- 지진 및 차량 진동, 공기압 등 여러 경우의 하중이 작용할 때 PC 패널이 터널 벽체에 안전하게 결속되기 위해서 앵커볼트(D25-SD40)는 축력과 휨모멘트에 안전해야 함.

- PC 패널은 설계강도 270kg/㎠, 두께 15cm 로 제작되어 차량 충돌과 같은 불의의 사고시에는 휘어지거나 파괴될 수 있도록 며, PC 패널 결속 앵커볼트는 안전하게 보존되어야 할 정도의 자중 유지만 고려함.

- 국외 터널 라이닝 시공시 PC 패널의 기계화 설치로 공기단축이 탁월함.

【표 3-1】 국외 주요업체 현황

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
- Taisei U-lec NKK(일본)	- Taisei Corporation 사는 1873년에 설립되어 10,000여명의 엔지니어를 둔 메이져급 획사임. - Buliding 분야 및 Civil 분야에서 신공법 및 신배료의 개발 및 적용성이 활발함. -전 세계적으로 지사가 구축되어 있으며 신공법 및 신재료 사용 및 연구에 있어서 양질의 컨설팅 인력을 구비하고 있음.	- 프리캐스트 콘크리트 라이닝 - 쉴드 터널 - 고품질 콘크리트 공사의 시공

2.4.2 국내

국내에서는 현장타설 콘크리트 라이닝의 문제점들을 일찍부터 인식하고 이에 대한 보수·보강 공법 및 새로운 라이닝 시스템에 대한 연구들이 계속 진행되어 왔으나, 아직까지는 실제적으로 적용 가능한 방법들이 부족한 현실이다.

NATM 개념을 기본으로 하는 더블 쉘 공법에서 발전한 싱글 쉘 공법에 대

한 연구들도 수행되고 있으나, 현 국내 터널 시공 현실에서는 싱글 쉘 공법을 적용하기에는 해결해야할 당면과제들이 너무 많고 국가 기준 자체를 변경하여야 하기 때문에 현실적으로는 현장적용이 불가능한 상황이다.

PCL 공법의 국내 적용 가능성에 대한 연구가 몇몇 수행되었고 국내 적용 방안이 제시되기도 하였으며 설계에 반영이 되기도 하였으나, 민관 기술자들의 근본적인 인식 부족과 낮은 신뢰로 인해 실제적으로 시공된 사례는 없음. 또한, PCL 공법의 적용성 평가 연구는 주로 국내 지보시스템을 개선하는 방향으로 연구가 진행되고 있는 상황이다.

국내에는 터널공사표준시방서(1999), 도로공사표준시방서(2003) 및 터널설계기준(1999) 등에서 터널 내부의 콘크리트 라이닝에 대한 시방품질을 규정하고 있다. 그러나, 일본을 비롯한 선진국들과는 달리 프리캐스트 콘크리트 라이닝에 대하여는 품질규정의 적용이 전무하여, 현재 시공의 주류를 이루고 있는 현장타설 콘크리트 라이닝에 대한 품질만이 규정되어 있는 실정이다.

현장타설 콘크리트 라이닝은 콘크리트 표준시방서(1996)의 기준에 따라 재령 28일 강도를 기준으로 210~240㎏/㎠인 콘크리트를 표준강도로 하며, 필요에 따라서 그 이상의 고강도 콘크리트를 사용하도록 제안하고 있다(터널설계기준, 1999).

콘크리트 2차 라이닝에 관한 설계는 지금까지 철근 콘크리트 설계기준에 맞추어 실시해오고 있는데, 특히 국내에서 시공되고 있는 NATM 터널의 경우, 일차 숏크리트 라이닝이 지반하중을 상당부분 전달하고 안정화 된 상태에서 콘크리트 2차 라이닝을 타설하기 때문에 그 역할은 몇 가지 비역학적인 부분에 치중하고 있다.

콘크리트 라이닝 재료는 일반적으로 무근 또는 철근 콘크리트를 사용하고 있으며 콘크리트의 배합은 소요강도, 내구성 및 양호한 시공성이 얻어질 수

있도록 결정되고 있다.

콘크리트 라이닝의 두께는 라이닝의 기능상 필요한 두께, 터널 단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 수압, 사용재료, 시공법 등을 고려해서 결정하고 있으나, 지반이 불안정한 경우와 터널 갱구 부근 등을 제외하고는 일반적으로 30cm를 적용하고 있다.

국내 터널 라이닝 시공에서 라이닝에 발생하는 균열들은 작용하중으로 인한 인장응력의 증가로 발생되기보다는 건조, 수축 등의 콘크리트 자체 특성에 따라 균열이 발생되고 있다.

국내 터널 라이닝 기술수준에서는 콘크리트 라이닝의 균열 방지 방법으로 효과적인 대책이 제안되지 못하고 있는 실정이나, 다만 발생 정도를 저하시키는 목적으로 다음의 사항을 제안하고 있다.

- 숏크리트 라이닝과 콘크리트 라이닝을 절연 : 콘크리트 라이닝의 배면 구속을 완하시키기 위하여 숏크리트 면에 절연제(방수 sheet)를 끼워 미세 균열 방지와 방수의 효과를 기대함.
- 콘크리트의 품질을 개량 : 발열이 적은 플라이 애시의 사용이나, 팽창제 혹은 유동화제 등을 첨가하여 수화열을 감소시키고 온도응력을 적게 함.
- 미세 균열을 집중 또는 분산 : 콘크리트 벽체의 일부에 조절 줄눈 등을 설치하여 균열의 발생을 집중시키거나 혹은 분산시킴.
- 콘크리트 라이닝 배면의 공간을 주입 : 휨모멘트나 편압의 발생을 제거하기 위해 설계강도가 10kg/cm^2 정도인 에어 모르타르를 적용함.

국내 프리캐스트 쉴드라이닝 및 PCL의 생산은 메이저급 2개가 점유하고 있으며 업체별 생산 능력은 70%의 점유율을 보이는 (주)태명실업이 우위를 차지하고 있다. 아래 표는 국내 PCL 생산량과 업체별 능력을 나타낸 것이다.

【표 3-2】 업체별 PCL 생산규모 현황

업체명	업체별 능력	비 고
(주)태명실업	3,900링/년	70%
(주)케이이씨	1,500링/년	30%
동서산업(주)		

산업전반의 표준화 사업은 30여년동안 추진되어 왔지만 토목 특히 PCL 부분 및 터널 분야의 기초적인 부분을 제외하고는 표준화가 전무한 실정이다.

국내 콘크리트 2차제품 연구, PCL 및 토목재료 관련 연구 시설, 연구 기반, 표준화 등의 수준은 선진국과 비교하여 볼 때 다소 부족한 실정이며, 특히 시공사례가 부족하여 국내 현장 여건에 적합한 PCL 재료 선택 및 시공법의 정보가 부족하다.

【표 3-3】 국내연구 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
건축재료 토목재료 PCL생산능력	연구 시설 및 설비		○			
	기초인력		○			
	산업기술인력		○			
	산학연공동연구기반		○			
	정보화		○			
	신뢰성평가		○			
	표준화기반		○			
	기술이전 및 거래		○			
	국제기술협력기반		○			

【표 3-4】 국내 전문가 및 연구기관 현황

항목	전문가	소속기관	기술개발현황	수준 (국외대비)
프리캐스트 콘크리트		(주)태명실업	- 터널 공사의 진보적인 공법인 SHIELD 공사의 LINING SEGMENT는 제작 오차의 한계가 ±1~2mm 에 이르는 콘크리트 제품 개발 - 1987년 국내 최초로 CONCRETE SEGMENT를 제작 한국전력공사 부산 광복동 전력구 현장에 납품하면서 그 기술을 인정받아 SEGMENT 의 본고장인 일본 동경전력에까지도 수출하고 있음 - SEGMENT 의 설계, 구조계산, MOULD 의 설계등 SEGMENT에 관하여 국내 최초 생산실적을 보유하고 있음	70%
	정형식	한양대학교	- 조립식 터널 라이닝(PCL)의 내진성능 평가 및 해석기법에 대한 고찰 - 1/5축소 모형실험에 의한 조립식 터널 라이닝(PLC)의 내진성능 평가	70%
충전재	마상준	한국건설기술 연구원	- 터널 배면공동 충전 설계 및 시공 - 석분을 이용한 터널 뒤채움용 경량기포 충전재의 개발과 현장적용에 대한 연구 - 지하공동 보강을 위한 수중불분리 충전재의 개발과 경제적 충전공법의 적용성 평가	80%
	원종필	건국대학교	- 다량의 플라이 애쉬를 사용한 저강도 고유동 충전재의 내구특성에 관한 연구 - Bottom Ash를 혼합한 저강도 고유동 충전재의 특성 - 폐석탄회를 사용한 저강도 충전재의 물리·역학적 특성	75%
터널 내화	최승관	한국건설기술 연구원	- TSC 합성보의 내화성능에 관한 연구 - 고온시 고강도 콘크리트의 물리적 특성 모델 설정에 관한 실험적 연구 - 화재시 콘크리트 구조물 폭렬거동 연구 - PC패널 라이닝의 화재 성상 연구	80%
	김영근	삼보기술단	- 터널 안전관리를 위한 정밀안전 진단 시스템 개발 - 터널라이닝 해석 평가시스템 개발에 관한 연구	70%

2.5 기술의 Life-cycle

본 평가대상기술은 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법을 근간으로 하는 것으로, 기술가치 평가 실무요령 첨부 2의 인용특허수명 지수를 적용한 결과, USPC 코드상 405 "HYDRAULIC AND EARTH ENGINEERING"에 해당하며 CLT 평균값은 10.22이며 중앙값은 9에 해당하며, 특허권 법적보호 잔존기간은 평가대상기술1이 2005. 3. 17. 출원되어 2006. 8. 2. 등록되었고, 평가대상기술2가 2006. 4. 27. 출원되어 2007. 9. 28. 등록되어 잔존기간은 약 17년이며, 기술의 경제적 수명은 13년으로 추정된다.

2.6 기술의 발전방향 및 진보속도

현장타설 콘크리트 라이닝의 여러 문제점들이 있기 때문에 앞으로도 이를 해결하기 위한 많은 터널 라이닝 신공법들이 개발될 것으로 보이나, 기존과 완전 구별되는 신공법보다는 기존 공법의 장점은 그대로 두고 단점을 해결해 나가는 보완 신공법에 대한 개발이 주를 이룰 것으로 예상된다. 또한, 건설 산업의 특성상 경제성만큼이나 시공성 및 안전성이 중요하므로 기술의 진보속도는 여타 산업에 비해 급격하지는 않을 것이라 예측된다.

3. 기술성 분석

3.1 기술의 유용성

3.1.1 기술(제품) 기능 및 응용분야

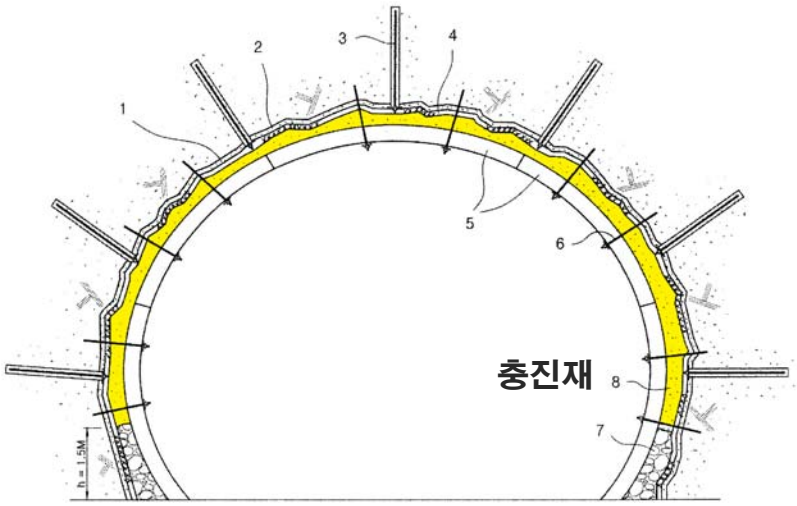
본 평가대상기술은 PCL 라이닝 시스템이 갖는 우수한 장점을 그대로 살리면서 우리나라의 현실에도 적합한 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템을 개발한 것으로, 좀더 구체적으로는 PCL 라이닝 시스템을 2중 쉘 구조 형태로 변환시켜 추가 지반 이완하중을 고강도·고품질인 PC 판넬에 전달하도록 한 하중전달개념이 도입된 새로운 개념의 라이닝 시스템이다.

또한, 본 평가대상기술은 숏크리트, 록볼트 등으로 이루어진 지보면 전체에다 방수 쉬트를 설치하여 방수되게 한 종래의 방수구조와는 달리 단위 PC 판넬에다 방수구조를 직접 설치하여 방수되도록 한 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템의 일체형 단위 배수구조 및 시공방법에 관한 것으로, PC 판넬 접속부의 수팽창 지수재 및 유로홈을 이용한 방배수 시스템은 본 터널 라이닝 공법뿐만 아니라 쉴드 터널의 쉴드 세그먼트 접속부 방배수에도 적용이 가능하다.

3.1.2 기술적인 장점 및 효과

본 평가대상기술은 배면공동에 충진재를 충진하는 구성을 통해 지반압 및 수압의 일부를 PC 판넬 라이닝이 분담하는 시스템이므로 지반상태라든가 지보재의 품질이 제대로 구비되지 않은 여건에서도 터널 구조물의 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다. 또한, 고품질의 PC 판넬을 적용함에 따라 터널 라이닝 구조물의 수명을 기존에 비해 연장시킬 수 있고, 공사 기간을 현저히 줄일 수 있어 공사비용의 절감을 이룰 수 있다.

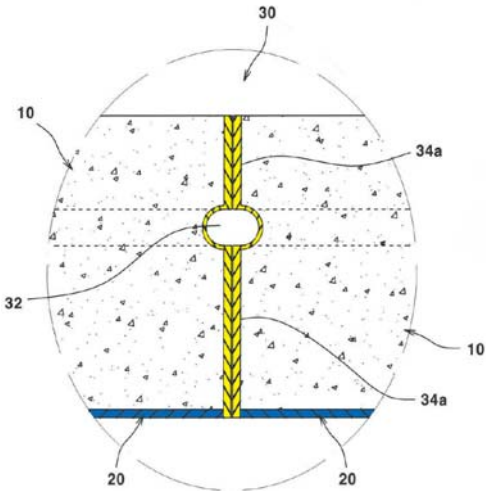
【그림 3-11】 배면공동에 충진된 충진재 구성



(Source from 대한민국등록특허공보 제10-0610556호)

또한, 평가대상기술은 배수 구조가 단위 PC 판넬에 직접 형성되므로 PC 판넬의 축조시공과 동시에 누수방지에 대한 시공도 이루어지기 때문에 별도의 방수시공이 필요가 없어 공사 기간을 단축시킬 수 있으며, PC 판넬 고정용 앵카 볼트와 방수막이 직접 접촉되지 않으므로 PC 판넬 고정용 앵카 볼트에 의하여 방수막이 찢어지거나 손상을 입을 염려가 전혀 없어 누수의 문제가 발생되지 않는 장점이 있다.

【그림 3-12】 평가대상기술의 배수 구조



(Source from 대한민국등록특허공보 제10-0764046호)

3.1.3 기술의 파급효과 및 기대효과

본 평가대상기술은 기존 NATM 공법과 달리 PC 판넬을 설치하고 터널 배면을 경량기포 모르타르로 충진하여 터널의 안정성을 확보하는 시공 기술로서, 현장타설 라이닝을 대체하는 PC 판넬은 지하 건축구조물이나 다중 판매시설물 등에 적용되고 있는 구조체이므로 평가대상기술이 현장에 적용되는 경우 국내 PC 판넬 제조업체와의 연계를 통해 고품질의 PC 판넬 제조 기술력이 확보될 것으로 예상된다. 또한, 터널 배면공동 충진재인 경량기포 모르타르는 아파트 바닥 방통 모르타르로 널리 쓰이고 있어, 건축분야와의 연계를 통해 이의 생산성 및 시공성을 더욱 높일 수 있을 것으로 예상된다.

현재 국내업체에서 대형장비의 기술개발이 충분히 이루어지지 못하고 있는 상황에서 PC 판넬을 조립하는 데에 필요한 Erector 등 PC 판넬 조립 장비의 개발이 순수 국산 기술력에 의해 완료된다면 설치 시공 산업에 획기적인 도약이 될 수 있을 뿐만 아니라 국외 장비의 수입대체효과까지도 거둘 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 건설시공 분야에 자동화 개념의 장치산업이 도입되어 현재보다 더욱 정밀하고 안전한 시공능력을 보유할 수 있을 것으로 판단된다.

본 평가대상기술은 국내뿐만 아니라 국외에서도 이와 유사한 기술이나 사업화가 개발 및 추진된 사례가 없으므로 기술의 수출 및 국외 터널 시장의 진출도 가능할 것으로 기대된다.

3.1.4 기술제품의 문제점 및 해결과제

본 기술은 전술한 장점과 효과를 지속적으로 구현하기 위해 다음과 같은 문제점 및 해결과제가 있다고 사료된다.

먼저, 터널 구성요소의 조립식 시공 기술에 대해 추가적인 개발이 이루어져야 완전한 조립식 터널의 시공이 가능할 것이다. 즉, 터널은 여러 가지 구성요소에 의해 완전한 하나의 터널로 완성되는데, 현재는 평가대상기술과 같이 터널 본선 라이닝에 대한 조립식 시공 기술만이 개발되어 있는 상태이므로, 앞으로 조립식 터널 갱구부, 하부 구조물 및 부속 구조물 등에 대한 개발도 이루어져야 할 것이며, 현재 이에 대해서는 개발 계획이 수립되어 연구 제안이 완료된 상태이다.

또한, 터널과 같은 대형 사회간접시설에 대한 연구개발의 결과는 단순히 민간기업의 이익을 넘어서 국가적 차원에서도 사회적 경제적으로 충분히 유용

하다 할 것이나, 이를 민간기업이 주체가 되어 추진하기에는 행정, 법규 및 재정 등의 한계에 봉착하기 쉬우므로 이에 대한 정부 차원의 전폭적인 지원 및 이해가 요구된다.

3.2 기술의 경쟁력

3.2.1 경쟁기술(제품)대체 또는 대체기술제품과의 장단점

표 3-1은 본 평가대상기술과 경쟁기술인 현장타설 콘크리트 라이닝 기술을 비교분석한 것으로, 이를 보면 본 평가대상기술은 터널굴착단면적, 라이닝 품질, 공사기간, 유지보수 및 내구연한 등에서 경쟁기술에 비해 상당한 우위를 점하고 있다.

【표 3-5】 현장타설 콘크리트 라이닝 기술과 평가대상기술의 비교

비교항목	현장타설 콘크리트 라이닝 기술	평가대상기술
터널굴착 단면적	● 여굴량 포함 30~40cm 두께 유지 필요, 단면축소 곤란	● 현장타설 라이닝에 비해 굴착단면적 축소 가능(30cm→20cm, 30% 축소)
라이닝 품질	● 현장여건에 따라 품질관리 어려움 ● 타공정 병용시 거푸집의 안정성 문제 발생 ● 라이닝 균열 발생 심각	● 공장제작으로 고품질 라이닝 대량 생산 가능 ● 기 제작된 PC 판넬의 운반 및 설치로 품질관리 용이 ● PC 판넬 제작장 필요
라이닝 배면 공극	● 라이닝 타설 후 채움 콘크리트를 수차례 주입	● PC 판넬 라이닝 설치 후 경량기포 모르타르 충전
라이닝 표면 처리	● 타일 붙이나 누수시 누수지점을 찾기가 어려우며, 보수가 불가능함.	● 고품질 페인트 처리
공사기간	● 장대터널에서 라이닝 타설 공기가 지배적(75m/월)	● 공기 최대 단축 가능(374m/월)

유지보수	• 파손 상태가 심각할 경우 철거 후 재시공 필요 • 보수·보강 공사비 과다 소요	• 조립식 PC 판넬의 철거 및 재설치 • 보수·보강 공사비 최소
소요장비	• 콘크리트 타설장비, 거푸집	• PC 판넬 Erector
국내적용	• 국내 적용 실적 다수	• 국내 적용실적 전무(이와 유사한 쉴드터널의 세그먼트라이닝 다수 적용)
내구연한	• 50년 이하	• 콘크리트 품질향상으로 100~200년 이상 가능

(Source from 한국건설기술연구원, 창업사업화개발계획서)

주요 기술적 특징 및 장점에 대해서 살펴보면, 본 평가대상기술은 굴착단면적을 축소할 수 있고, 고품질의 PC 판넬을 대량으로 생산할 수 있어 라이닝의 품질관리가 용이하다.

또한, 기 제작된 PC 판넬을 운반하여 조립하면 되므로 공사 기간을 기존에 비해 현저히 줄일 수 있고, 파손 시 파손된 PC 판넬만 교체하면 되므로 유지보수가 용이하며, 내구연한은 기존 대비 2~4배 정도 늘일 수 있는 장점을 가진다.

그러나, 앞서 설명한 바와 같이 현장타설 콘크리트 라이닝의 고질적인 문제점들이 점점 부각되고 있는 실정이지만 이를 개선하기 위해 본 평가대상기술과 같은 새로운 터널 라이닝 공법을 도입하여 현장에 적용하기에는 국내 시공 시스템 상 현실적으로 어려운 부분이 있다는 점이 현재 본 평가대상기술과 관련하여 가장 큰 불안요소라 하겠다.

3.2.2 차별성

우리나라 지반상태는 터널 지반하중을 숏크리트, 록볼트 등의 지보가 전적으로 지지할 수 있을 만큼 견고하지 못하다. 즉, 숏크리트, 록볼트 등의 지보재가 터널 지반하중을 대부분 지지하더라도 전적인 지지가 아니므로 그 나머지 터널 지반하중은 그대로 남게 된다.

본 평가대상기술은 공장에서 사전 제작되는 강도 450kg/㎠의 고품질 및 무균열 PC 판넬을 터널 라이닝으로 적용하고 암반면과의 이격공간을 경량기포모르타르로 충진하므로 이를 통해 지반압 및 수압의 일부를 PC 판넬 라이닝이 분담하므로 터널의 안정성을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라 내구연한을 현저히 증가시킬 수 있다.

지지이완 하중을 포함한 지반압 및 수압에 대하여 현장타설 콘크리트 라이닝 공법의 콘크리트 라이닝은 수동적 보강재 개념의 지지인데 반해 본 발명의 라이닝은 능동적 보강재 개념의 지지로 전환되었다는 점에서 기존 공법과의 가장 큰 기술적 차이를 보인다.

또한, 본 평가대상기술은 배수 구조가 PC 판넬에 직접 형성되므로 PC 판넬의 축조시공과 동시에 누수방지에 대한 시공도 이루어지게 되므로 별도의 방수시공이 필요가 없다는 점에서 기존 공법과 차이가 있으며, PC 판넬은 공장에서 프리캐스트로 제작되므로 이 과정에서 배수 구조를 확실하게 설치할 수 있을 뿐 아니라 이에 대한 검증도 용이하므로 누수방지는 물론 제품 품질의 신뢰성도 향상시킬 수 있다는 점에서 경쟁 공법과 차별화가 가능하다.

3.2.3 모방용이성

본 평가대상기술에서는 록볼트와 숏크리트로 이루어진 1차 지보재와 PC 판넬 사이의 배면공동에 KS F 4039에 의거한 플로우 값이 12~30cm이고 경화된 압축강도가 적어도 20~30kg/cm^{2}가 되는 충진재를 충진하여 이러한 충진

재를 통해 지반압과 수압이 PC 판넬에 직접 전달되게 하여 PC 판넬이 보조 지보재가 되도록 하는 것을 핵심적인 구성으로 제시하고 있다.

그러나, 충진재에 대한 구성이 구체적으로 특정되어 있어 평가대상기술에서 한정한 충진재와는 구별되나 작용·효과에 있어서는 대응될 수 있는 다른 충진재를 활용하여 평가대상기술과 유사한 기술이 구현될 가능성은 있다고 보여진다.

즉, 평가대상기술 자체가 터널 라이닝 시스템을 모두 포괄할 수 있는 광범위한 기술이 아니라 PC 판넬을 활용한 터널 라이닝 시스템 중에서도 배면공동에 경량기포 모르타르와 같은 충진재를 충진하는 구성에 대해 한정하고 있는 기술이므로, 여타 기술로서 평가대상기술이 모방될 가능성은 상존한다고 판단된다.

3.2.4 독점적인 지위

본 평가대상기술은 프리캐스트 콘크리트 라이닝 공법의 우수한 장점을 그대로 살리면서 우리나라의 현실에도 적합한 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템을 개발한 것으로, 터널에서 라이닝 구조체로 고품질·무균열의 PC 판넬을 적용하고 숏크리트 타설면과 PC 판넬 사이의 이격공간인 배면공동을 경량기포 모르타르로 충진하여 터널 구조물에 작용하는 상재하중을 효과적으로 PC 판넬 라이닝에 전달시켜 터널 안정성을 극대화시킬 수 있으면서, 단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부를 일체로 형성하여 PC 판넬의 축조와 동시에 방수 시공을 이룰 수 있는 기술을 포함하고 있다.

평가대상기술의 구성이 경쟁기술과 전혀 다르고 원천기술적 지위의 특허권을 취득하여 존속하고 있으므로 기술적으로는 독점적인 지위를 수년 간 향유할 수 있을 것으로 보인다.

3.2.5 기술의 생산용이성

본 평가대상기술은 단위 PC 판넬의 배면에 방수막 처리부를 형성하고 모서리에는 배수 구조를 형성하는 것을 기술적 특징으로 하는데, 이러한 특징을 가지는 PC 판넬을 생산하는 것은 현재로서도 큰 어려움이 없다 할 것이다.

다만, 본 평가대상기술을 현장에 적용함에 있어 기존 도져 장비에 유압을 이용하여 진공 압착으로 15톤에 달하는 PC 판넬을 터널 굴착면에 부착하는 Erector라는 리프팅 장비가 요구되나, 현재 우리나라의 중장비 제조 기술력이 세계 선진국 수준으로 평가받고 있는 점을 고려할 때 이러한 리프팅 장비를 개발하는 것은 기술 자체가 가지고 있는 원천적인 문제는 아니어서 충분히 해결할 수 있는 것으로 판단되므로 생산적인 측면에서의 난이도는 그리 높지 않다고 예상된다.

3.2.6 기술제품의 경제적 수명

평가대상기술은 국내현장 적용 계획 및 재료 생산시스템 확보 계획에 대한 기획안도 이미 수립되어 있고, 현장 시험시공 또한 완료된 상태이나, 아직까지 우리나라 현장에 직접적으로 적용된 사례가 없어 본격적인 시장이 열리지 않은 시장 진입단계에 해당한다 할 것이다.

따라서 평가대상기술의 사업화 추진이 이루어지면서 이를 통해 경쟁 공법 대비 평가대상기술의 기술적·경제적 우위가 부각되고, 필수요구기술인 PC 판넬의 조립 장비의 개발이 완료될 경우 설치시공산업에 획기적인 도약이 될 것으로 판단되므로 평가대상기술은 향후 특허권의 존속범위 내에서 수년간 경제적 가치가 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

또한 건설 관련 기술의 특성 상 그 기술적, 경제적 장점이 확인되는 경우 그러한 위치를 확고히 할 수 있다는 점을 감안할 때 평가대상기술의 현장 적

용 및 사업화가 성공적으로 완료될 경우 추가적인 기술적 파급 효과는 막대할 것으로 예상된다.

3.2.7 정책적 및 환경적 요소

평가대상기술과 관련된 정책적 및 환경적 요소로 가장 중요한 것이 현장 적용에 대한 용이성 및 이를 위한 국가적인 지원이다.

건설 관련 기술은 기술 개발이 완료된 후 연구 성과가 이론적으로 인정받는다고 하여도 실제적인 시공 실적이 없으면 신기술 획득이나 현장에의 적용이 용이하지 않다. 특히, 시공하는 업체 및 주무부서에서도 적용 사례가 없는 시공 기술을 현장에 적용하는 것에 대해 부정적인 입장을 견지하고 있어 국가 R&D 연구 사업을 통해 개발된 많은 건설 관련 기술들이 제대로 실용화도 되지 못하고 사장되는 경우가 빈번하였다.

따라서 이러한 비경제적인 악순환을 해소하기 위해서는 대형 사회간접시설에 대한 연구개발 성과를 실제 현장에 적용시키는 것이 가능하도록 국가적으로 이와 관련된 행정, 법규 등 각종 제약의 완화 및 적극적인 재정 지원 등이 요구된다.

더욱이, 사회간접시설의 근간이 되는 도로는 국가물류소통의 핵심이고, 특히 터널은 도로의 직선화 및 친환경 건설을 가능케 하는 핵심 구조물이라 할 것이므로, 이러한 터널 건설 분야에서 평가대상기술과 같이 새롭게 시도되는 선진 및 고속 시공 공법에 대해 국가적인 차원의 지원이 더욱더 요구된다 하겠다.

4. 종합의견

√ 본 평가대상기술은 터널굴착 단면적, 라이닝 품질 등 기술적인 측면뿐만 아니라 유지보수비용, 내구연한 등 경제적 측면에서도 기존 공법에 비해 경쟁력이 있다고 판단된다.

√ 시공성 향상을 위해 국내 중장비 업체와의 기술 제휴를 통한 PC 판넬 조립 장비의 개발이 요구된다.

√ 터널 구성요소의 조립식 시공 기술에 대해서도 추가적인 개발이 이루어진다면 시장 경쟁력을 더욱 강화할 수 있을 것으로 판단된다.

√ 본 평가대상기술 자체가 터널 라이닝 시스템의 모든 부분을 포괄할 수 있는 광범위한 기술은 아니므로 타 기술에 의한 모방 가능성은 어느 정도 상존한다고 판단된다.

√ 본 평가대상기술의 현장 적용이 용이하게 이루어질 수 있도록 행정, 법규, 재정 등에 대한 국가적 지원이 요구된다.

√ 현장 적용이 성공적으로 이루어진다면 기술의 수출 및 국외 터널 시장의 진출도 기대할 수 있을 것이다.

Ⅳ. 시장성 분석

1. 기술의 개요

1.1 터널 라이닝의 개념 및 관련 기술

터널 시공이라 함은 터널 굴착면의 보강, 배수 처리, 그리고 라이닝 적어도 이 3가지을 기본으로 하여 이루어지는 기술이다. 시공 순서는 먼저 터널 굴착면을 보강한 후 배수 처리를 하고, 마지막으로 라이닝을 실시한다.

터널 굴착면은 상부 지반압이 그대로 전달되는 곳이기도 하고, 상부 지반압을 지지·보강하는 곳이기도 하다. 상부 지반압에 대한 지지·보강수단은 통상 숏크리트와 록볼트로 이루어진다. 터널 굴착면에 전달된 상부 지반압을 1차적으로 숏크리트와 록볼트가 지지하고 있다는 점에서 숏크리트와 록볼트를 1차 지보재라고 부른다. 1차 지보재는 터널 굴착면을 지지하고 있는 구조재이다.

배수 처리는 1차 지보재 위에 방수포와 부직포를 설치하여 방수되게 하거나 유도 배수시키는 것을 말한다. 라이닝은 1차 지보재가 터널 굴착면을 지지하고 있는 구조재와는 달리 마무리 작업에 해당되는 마감재 또는 내장재라고 할 수 있다.

라이닝 시스템으로는 크게 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템과 PCL 라이닝 시스템으로 나눌 수 있다. 두 시스템 모두 터널 굴착면은 1차 지보재인 숏크리트와 록볼트에 의하여 지지·보강되고 있다. 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템에서는 1차 지보재 위에 콘크리트를 타설하여 1차 지보재와 일체화된 콘크리트가 바로 라이닝이고, PCL 시스템에서는 1차 지보재와 일정 간격 떨어져 설치되어 있는 PC 판넬이 라이닝이다. 양 시스템에 대한 차이점을 살

펴보기로 한다.

첫째, 상부 지반압의 관점에서 라이닝을 살펴보면, 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템에서의 콘크리트 라이닝은 1차 지보재와 일체로 타설되므로 콘크리트 라이닝도 상부 지반압을 지지하고 있는 구조형태이다. 다시 말하면 1차 지보재인 숏크리트와 록볼트가 상부 지반압을 전적으로 담당하지만 구조형태로 보아 콘크리트 라이닝도 어느 정도 지반압을 받게 된다. 이러한 점에서 콘크리트 라이닝은 2차 지보재라 할 수 있다.

구조형태 면에서 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템은 1·2차 지보재로 이루어진 2중 쉘 구조라 할 수 있다. 그러나 구조 형태만 2중 쉘 구조로 보일 뿐, 콘크리트 라이닝은 지보재로서의 역할이 불분명하다. 왜냐하면 콘크리트 라이닝은 단순히 라이닝에 불과할 뿐이지 처음부터 구조 역학적 의도를 가지고 능동적으로 설계된 것이 아니기 때문이다.

PCL 라이닝 시스템에서의 PC 판넬 라이닝은 일정간격 떨어져 설치되어 있기 때문에 상부 지반압과는 전혀 무관하다. PC 판넬은 순수한 마감재 또는 내장재이지 구조재가 아니다. 다시 말하면 상부 지반압은 구조재인 1차 지보재가 담당하는 구조이다. PCL 라이닝 시스템은 1차 지보재인 숏크리트와 록볼트가 상부 지반압 전체를 완벽하게 지지한다는 것을 전제한 공법이므로 숏크리트와 록볼트가 터널 안정성을 책임지고 있는 셈이다.

그런데 지반압을 숏크리트와 록볼트가 완벽하게 지지하기 위해서는 2가지 요건이 만족되어야 한다. 즉, 숏크리트의 평균 압축강도가 350kg/cm^2 이상을 일정하게 유지할 수 있어야 하고, 굴착 지반의 암질 상태가 매우 좋아야 한다.

둘째, 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템에서 콘크리트 라이닝은 두께가 30cm인 무근 콘크리트로 타설된다. 콘크리트가 갖고 있는 재료의 특성상 건

조·수축에 의한 균열 발생이 불가피하다. 이로 인해 라이닝 표면이 탈락되고 누수가 발생되는 등 현장 시공관리와 품질관리에 많은 어려움이 있다.

또 이러한 현상으로 인하여 시공 초기 뿐 아니라 중장기에 걸쳐 균열, 누수, 표면처리 등에 대한 보수·보강에 막대한 국가예산이 낭비되고 있는 실정이다. 또한 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템은 콘크리트가 양생되는데 3일 이상 소요되므로 시공성 측면뿐만 아니라 시공기간 측면에서도 효율성이 떨어진다는 점이 문제점으로 지적되고 있다.

PCL 라이닝 시스템에서의 PC 판넬은 증기양생 등으로 잘 관리된 공장제품이다. PC 판넬은 균열이 없는 고강도·고품질인데다 조립식으로 시공하기 때문에 공기 단축은 물론 라이닝의 품질 향상 측면에서도 그 효과가 우수하다.

셋째, 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템의 라이닝은 1차 지보재와 일체로 되어있는데 반하여 PCL 라이닝 시스템의 라이닝은 1차 지보재와 일정 간격 떨어져 설치되어 있다.

PCL 라이닝 시스템은 노르웨이에서 개발되어 섭씨 영하 10-20도가 1년에 6개월 정도 지속되는 북유럽에서 널리 적용되고 있는 공법으로, 숏크리트면에 부직포와 방수 쉬트를 포설한 후 30-50cm의 이격 공간을 두고 PC 판넬을 설치하는데, 이는 터널 내의 온도와 이격 공간의 온도차를 15도 정도 유지시켜 누수로 인한 지하수의 동결을 방지하기 위함이다. 즉, 30-50cm의 이격 공간은 단열공간인 셈이다. 또한 방수 쉬트가 손상되어 누수가 될 경우에는 PC 판넬의 이격 공간은 배수 통로로서 역할도 하게 된다.

북유럽에서 PCL 라이닝 공법이 보편화된 것은 터널 지반 상태가 아주 좋은 점과, 숏크리트의 품질을 350kg/cm^2 이상의 수준으로 일정하게 만들 수 있는 등 환경 여건이 잘 마련되어 있기 때문이다.

이와는 달리 우리나라는 노르웨이와 같이 지반 상태가 좋은 것도 아니고 암질 상태가 좋은 것도 아니다. 게다가, 국내 골재 기준 등이 엄격한 것도 아니어서 숏크리트의 평균 압축강도를 일정하게 350kg/cm^2 이상 유지시킬 수 있지도 않으며, 현재의 건설 환경으로는 숏크리트의 품질을 3350kg/cm^2 이상의 수준으로 만들기도 어려운 게 사실이다.

1.2 터널 배수구조의 개념 및 관련 기술

배수 처리와 관련하여 누수는 터널 라이닝의 내구성을 저하시키고 외관을 해치는 주범이다. 누수는 터널 라이닝의 내구성을 저하시키고 외관을 해치는 주범이다. 이러한 현상은 터널 라이닝이 PC 판넬로 형성된 경우에 더욱 심하게 나타난다. 예컨대 누수가 되게 되면 PC 판넬이 변상되거나 백태현상이 발생된다. 백태현상은 모르타르 성분인 시멘트가 수분과 화학반응을 하면서 흰색의 생성물이 생기는 현상(Efflorescence)으로 라이닝 PC 판넬의 외관을 해치는 원인이다. 심하게 되면 내구성을 저하시키기도 한다. 이와 같이 터널 라이닝에 있어 방수 문제는 중요한 요소이다.

그런데 방수 방식은 터널 라이닝 시스템에 따라 약간 다르다. 터널 라이닝 시스템에 따라 기존의 방수 방식에 대하여 설명하면 다음과 같다. 터널 라이닝 시스템은 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템과 PCL 라이닝 시스템으로 대별된다.

현장타설 콘크리트 라이닝 시스템의 경우, 먼저 콘크리트 라이닝 타설 전에 터널 지반 전면적에 방수 쉬트를 설치한다. 설치된 방수 쉬트와 일정간격 떨어진 위치에 거푸집을 설치하고, 거푸집 내에 콘크리트 모르타르를 주입한다. 주입된 콘크리트 모르타르는 터널 지반의 하단에서부터 채워지기 시작한다. 점차로 위로 올라오면서 방수 쉬트와 거푸집 사이를 채우게 된다. 방수 쉬트는 채워지는 모르타르에 묻히게 되는데 지반과 밀착되어 있지 않은 방

수 쉬트는 모르타르의 무게가 그 위에 얹히면서 팽팽하게 잡아당겨지는 상태로 모르타르가 채워지게 된다. 이러한 현상이 누적되게 되면 방수 쉬트가 찢어지게 되고, 이는 바로 누수의 원인이 된다. 게다가 방수 쉬트와 지반과의 이격 거리가 커서 이 사이에는 모르타르를 채울 수 없게 될 뿐만 아니라 콘크리트의 경화시간이 너무 많이 소요되어 공사기간이 길어지는 문제점도 있다.

PCL 라이닝 시스템의 경우, 숏크리트, 록볼트 등의 지보가 지반하중 전체를 지지하는 구조로 되어있기 때문에 라이닝 PC 판넬은 단순히 외관을 위한 외장재에 불과하다. 방수 쉬트는 지반하중을 지지하는 숏크리트, 록볼트 등의 지보면에 설치된다. 그런데 라이닝 PC 판넬은 PC 판넬 고정용 앵카 볼트에 의하여 고정되며, PC 판넬 고정용 앵카 볼트는 방수 쉬트를 관통하여 숏크리트, 록볼트 등의 지보면에 고정된다. 이때 방수 쉬트는 PC 판넬 고정용 앵카 볼트의 관통으로 인하여 찢어지게 된다. 이것이 바로 누수의 원인이 되며, 누수 발생 시마다 보수작업을 일일이 한다는 것은 작업의 효율성 측면에서 문제가 있다.

1.3 기술의 특성

살펴본 바와 같이 PCL 라이닝 시스템이 우수한 공법이라 하더라도 국내의 지반 상태나 터널 보강 재료에 대한 기준 등을 고려할 때 이를 곧바로 적용하기에는 구조적인 측면에서나 경제적인 측면에서 무리가 따르게 된다. PCL 라이닝 시스템은 지반 상태와 숏크리트 등 보강재의 품질이 확보된 상태에서 적용되는 공법이기 때문이다.

하지만 본 평가대상기술은 PCL 라이닝 시스템이 갖는 우수한 장점을 그대로 살리면서 우리의 현실에도 적합한 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템을 개발한 것으로 좀더 구체적으로는 PCL 라이닝 시스템을 2중 쉘 구조 형태로 변환시켜 추가 지반 이완하중을 고강도·고품질인 PC 판넬에 전달하도록 한

하중전달개념이 도입된 새로운 개념의 라이닝 시스템이다.

또한, 본 평가대상기술은 단위 PC 판넬에 일체형 단위 배수 구조를 형성하여 PC 판넬의 축조와 동시에 방수시공이 이루어지도록 하고, PC 판넬 고정용 앵카 볼트에 의해 PC 판넬이 찢어지거나 손상될 염려가 전혀 없는 터널 라이닝 시스템의 일체형 배수 구조이다.

2. 시장의 개요

2.1 시장의 정의

현재 국내 터널 건설은 대부분 현장타설 콘크리트 라이닝 공법에 의해 시공되고 있는 실정이다. 본 평가대상기술은 현장타설 콘크리트 라이닝 공법의 여러 문제점을 효과적으로 개선할 수 있는 터널 라이닝에 대한 신공법으로, 관련 시장은 현장타설 콘크리트 라이닝 공법에 의해 시공되고 있는 전체 터널 시장이라 할 것이다.

2.2 관련업계 경기동향 및 산업동향

본 평가대상기술은 터널 라이닝 시공 공법에 관련된 것으로서, 본 연구개발로 개발된 제품을 제조하는데 필요한 원재료는 건설현장에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 시멘트 및 콘크리트이다.

2.2.1 원재료와 관련된 국내·외 수급현황 및 그 전망

(1) 시멘트 - 국외

세계적으로 시멘트 산업은 1950년대 이후 비약적으로 발전하였으며, 1990년 기준 생산량은 10억톤이며, 50년대 이후 꾸준히 평균적으로 3억톤 이상 증가하였고, 년 평균 5.9%정도 증가하는 추세이다.

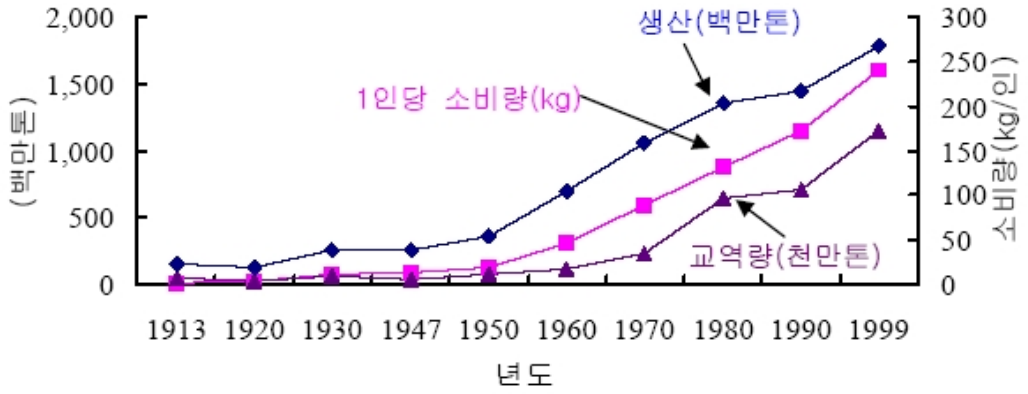
현재 교역량은 생산량의 6% 수준이며 1인당 소비량은 연평균 2.9% 성장하고 있으며, 세계적으로 시멘트의 수요현황을 대륙별로 조사해보면 유럽 및 미주 지역의 전체적인 구성비는 감소하였으나, 아시아 지역은 약 55% 정도의 폭발적인 증가를 나타내고 있다.

【표 4-1】 세계 시멘트 수요현황

대륙	1947년		1997년		구성비 증감율(%)
	백만톤	구성비(%)	백만톤	구성비(%)	
유럽	35	41.2	280	18.7	22.5↓
아메리카	39	45.9	210	13.9	32.0↓
아시아	6	7.1	930	62.0	54.9↓
기타 (아프리카 및 대양주)	5	5.8	80	5.4	0.3↓
합계	85	100	1,500	100	

1991년 대비 2005년의 시멘트 소비 신장률은 중동지역이 80%의 신장세가 예상되어 21세기에도 아시아 지역이 시멘트 소비의 중심 대륙이 될 것으로 전망된다.

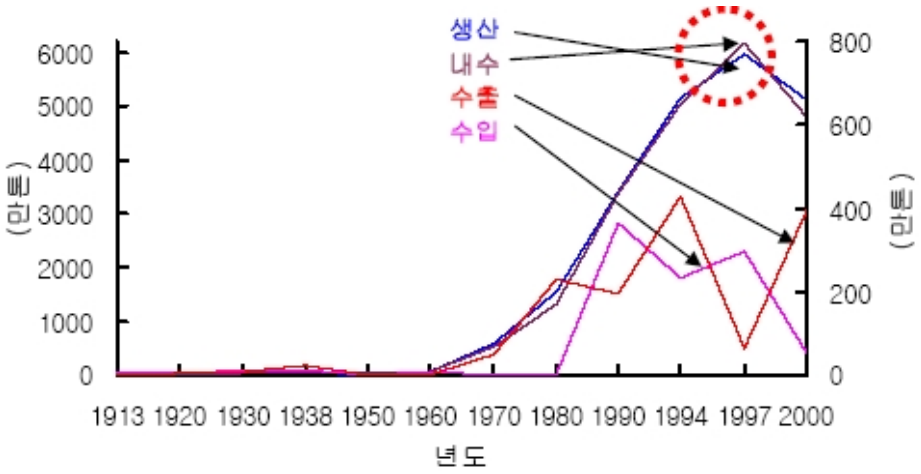
【그림 4-1】 세계 시멘트 생산 추이



(2) 시멘트 - 국내

국내 시멘트 산업은 2000년 기준, 시멘트 생산량 세계 5위, 수출 세계 8위 수준이다. 1913년 이후 국내 시멘트의 수급현황을 분석하면 생산 및 내수부문의 시멘트는 1970년 이후 폭발적으로 증가하였으며, 1997년 내수부문의 소비량이 생산량을 앞질렀으나 IMF 이후에는 급격히 감소하였다.

【그림 4-2】 국내 시멘트 보급 추이



(3) 콘크리트

국내 콘크리트 산업의 태동은 시멘트 회사인 대한양회가 레디믹스트 콘크리트 기술을 도입하여 레미콘을 처음 시판하기 시작한 1965년 7월이며, 열악한 환경 속에서도 성장에 성장을 거듭하여 2003년 말 기준, 1억4천3백만m^3을 넘는 레미콘이 생산된다.

레미콘 생산업체들이 대부분 가입되어 있는 한국레미콘 공업협동조합연합회의 2003년도 12월 기준 자료에 의하면, 전국 645개 업체, 773개 공장에서 년 361,678,000 m^3/h의 생산 능력을 가지게 되어 비약적인 발전을 거듭하고 있으며, 1986년 60개 업체에서 건설시장의 비약적인 확대로 인해 2003년에는

645개 업체로 그 수 또한 빠르게 증가하여 1,075%라는 놀라운 증가세를 나타내고 있다.

【표 4-2】 한국레미콘 공업협동조합연합회 회원사 현황(2003년 12월 기준)

회원조합	업체수	공장수	생산능력 (㎥/h)
서울·경인	113	178	122,840,000
강 원	75	85	25,860,000
충 북	41	42	14,550,000
대전·충남	74	91	36,108,000
전 북	55	57	24,720,000
광주·전남	79	84	34,860,000
경 북	90	91	33,720,000
대 구	21	21	11,800,000
경 남	61	61	24,480,000
울 산	17	19	10,200,000
부 산	21	24	14,500,000
제 주	20	20	8,040,000
합 계	645	773	361,678,000

레미콘은 단기간에 이동되어야 하는 제품으로서 그 특성상 수출입의 발생은 없으며, 주택수요의 증가에 따른 민간건축부문의 지속적인 증대, 정부 건설투자확충, 지하철 추가건설, 서해안 개발사업 등에 따라 지속적이고 견실한 성장이 전망되고 있다.

2.2.2 원재료와 관련된 국내·외 기술의 현황분석 및 전망

(1) 시멘트

시멘트는 1970년대 중반까지는 보통 포틀랜드 중심으로 생산이 이루어졌으나, 점차 다품종화, 고품질화되어 1976년에는 고황산염 시멘트(sulfate

resistant cement, 5종)가 개발되었고, 1980년대에 들어서는 중용열시멘트(moderate heat cement, 2종), 조강시멘트(high early strength cement)가 개발되었으며, 혼합시멘트로서 고로시멘트가 생산 개시되었음. 1980년 중반 이후로는 특수용도의 시멘트로서 칼라시멘트, 메이슨리 시멘트, 무수축 시멘트 등이 개발되어 현재 생산되고 있다.

조강시멘트의 1일강도(20~30MPa)를 3~4시간 만에 발현할 수 있는 초조강시멘트(ultra rapid hardening cement)가 개발되어 특수공사 등에 활용되고 있다.

시멘트 산업은 환경문제, 특히 순환형 사회에서 최종 처분장으로의 역할이 점차 커지고 있어 향후 요구 성능의 시멘트를 경제적으로 안정하게 공급하는 것이 필요함. 또한, "리사이클 사회에서의 최종처분장"으로서 중요성이 증가하여 21세기에는 한층 더 이런 역할을 가속시키게 될 것으로 전망된다.

(2) 콘크리트

최근에는 양질의 하천골재를 구하기가 매우 힘든 상태로서 이에 대처하기 위하여 깬 자갈, 바닷모래, 산모래 등이 무분별하게 사용되고 있는데, 바닷모래의 염분에 의한 철근의 부식, 산모래의 풍화에 의한 경화불량 및 강도부족, 깬 자갈의 알칼리 골재 반응에 의한 균열 등과 같은 품질저하가 우려되고 있는 실정이다.

콘크리트 구조물에서는 경제성, 안전성, 공용성, 내구성 및 경관성 이외에도 환경부하 저감성 등이 요구되고 있으며, 이것을 구축하는 콘크리트의 요구성능은 시공성, 유동성, 응결, 경화제어성, 고강도, 고내구성 또는 발열제어성, 저수축성 및 환경부하 저감성 등이 기술적으로 요구되고 있다.

장래에는 콘크리트가 가지고 있는 장점(경제성, 재료취득의 용이성, 다양성)

을 더욱 향상시켜 나가는 동시에 시멘트가 가지고 있는 단점의 개선(중량의 감소, 인장강도의 증진, 내구성의 증진, 크랙의 저감, 조기강도의 획득, 건조수축의 저감, 수화열의 감소, 투수성의 감소)이 부각될 전망이다.

2.2.3 연구사례

(1) 국외

○ Curing Precast Concrete Tunnel Lining Segments(Martin Brugger, Swiss)

- 증기양생한 터널 세그먼트의 거푸집 탈형 후의 양생은 열적 충격으로부터의 보호 및 빠른 수분증발에 대한 보호의 2가지 기능이 있음.

- Boezberg 터널에서 증기양생 세그먼트를 거푸집 탈형 후에 1일 동안 PVC 코팅 폴리에스터 섬유(600g/m^2)로 덮어서 양생을 실시한 결과, 부재는 미세균열이 발생되지 않았으며, 28일 기준 압축강도가 덮지 않았을 때 보다 10~30%의 향상효과가 있었음.

○ 국외에서 수행되었거나 현재 수행되고 있는 연구 사례 중 본 연구개발과 유사하거나 동일한 기타 연구개발사례는 없는 것으로 조사되었음.

(2) 국내

○ 경춘선 7공구 PC패널 적용성 검토 연구

- 한양대학교 정형식 교수의 주도로 경춘선 7공구 4개 터널의 PC패널공법 적용 타당성에 관한 연구가 수행(2001년)

- 기 설계된 현장타설 라이닝공법을 PC패널로 변경하였을 경우 이에 대한 문제점 및 대책안에 대해 해외 사례를 위주로 연구

- 국내에 PC 패널을 적용하기 위해서는 노르웨이의 개발 및 적용된 근본적인 이유를 이해하는 것이 필요하고, 국내에 적용하기 위해 선결되어야 하는 몇 가지 문제점에 대한 분석 및 검토를 수행(숏크리트의 내구성 문제에 대한

내용, 지진 등으로 인한 PC 패널의 응답평가)

○ 국내에서 수행되었거나 현재 수행되고 있는 연구 사례 중 본 연구개발과 유사하거나 동일한 기타 연구개발사례는 없는 것으로 조사되었음.

3. 시장규모 및 특성

3.1 국내외 시장규모

PC 패널은 노르웨이에서 최초 개발 및 적용되었음. 노르웨이는 지질적으로 대형지하 체육시설을 시공할 정도로 매우 양호한 암반이 주를 이루고 있으며 지형적으로는 주로 산악지형으로 터널을 이용한 교통망 확충이 절대적으로 필요한 상황이었으나 노르웨이의 터널건설 초기에는 교통량이 적고 터널건설에 필요한 재원이 부족하여 내부라이닝이 없는 무라이닝시스템(Unlining System)의 터널이 시공되어 최소의 경비로 국토개발을 위한 교통망 확충을 시도하였다.

이러한 무라이닝 터널링의 첫 번째 문제로 대두된 사항은 터널내 결빙문제였다. 노르웨이의 추운 기후 탓으로 터널내부에 결빙이 발생되고 차량통행시 낙빙이 발생하게 되어 이로 인한 교통사고가 발생하게 되었고 이러한 문제점에 대한 대책으로 노르웨이의 터널 기술자들은 여러 가지 대책공법을 연구 개발하였다.

연구개발의 성과로 터널의 내부라이닝을 설치하되 기존의 현장타설 라이닝과는 달리 공장에서 제작된 라이닝을 현장에서 조립하는 형식의 라이닝공법으로 터널라이닝과 숏크리트면 사이 일정간격을 이격시켜 시공하는 조립식 터널라이닝을 적용하게 되었다.

일본의 쉴드터널 및 조립식 라이닝의 사용량은 점차 증가하는 추세이며 전세계적으로도 PCL 라이닝의 공법 개발을 통해 고품질의 라이닝을 확보하려

는 추세이다.

주시장은 노르웨이를 포함한 유럽 및 아시아 지역이며 PCL의 사용은 향후 연구개발을 통하여 크게 발전 할 전망이다.

【표 4-3】 국내외 시장규모

구 분	현재 시장규모	예상 시장규모
국외	50 백만$	(2010년) 100 백만$
국내	50,000 백만원	(2010년) 100,000 백만원

3.2 국외시장 진출방안

국내 터널 설계 및 시공기술력을 살펴보면 20여년동안 연간 50-80km의 터널 건설시공 실적을 가지고 있으며 경험수준은 선진국 수준이다. 따라서, 이러한 터널 설계 및 시공기술을 바탕으로 국내 설계사, 생산업체, 시공사의 국외 진출 시, 본 연구에서 개발된 NATM 지보개념의 복합 라이닝 시스템의 설계 반영과 시공이 자연스럽게 추진될 것으로 예상된다.

3.3 기술개발 및 시장 점유 가능성

Composite 라이닝 시공 기술은 기존 NATM 공법과 달리 PC 패널을 설치하고 터널 배면을 경량기포 모르타르로 충진하여 터널의 안정성을 확보하는 시공 기술로서, 현장타설 라이닝을 대체한 PC 패널은 지하 건축구조물이나 다중 판매 시설물 등에 적용되고 있는 구조체로서 사업화 추진이 성공할 경우 국내 PC 패널 제조업체와 연계하여 고품질 PC 패널 제조 기술력이 확보될 것으로 예상된다.

터널 배면 충전재인 경량기포 모르타르는 아파트 바닥 방통 모르타르로 널리 쓰이고 있어, 본 사업화 기술의 국내 적용 시 건축분야와 연계하여 생산

성 및 시공성을 높일 것으로 예상된다.

PC 패널을 터널 내부에서 조립을 위한 Lifting 장비로 국외에서는 Erector라는 장비는 노르웨이에서 개발 및 생산하고 있음. 본 장비는 기존 도져 장비에 유압을 이용, 진공 압착으로 15ton PC 패널을 터널 굴착면에 부착하는 장비로서 국내 중장비 제조 기술력은 현재 세계 선진국 수준으로 평가받고 있으며, Composite 라이닝 시공기술의 사업화를 통해 국내 메이저급 중장비 생산 업체와 연계하여 본 장비 생산이 가능하다.

국내 터널 보수·보강 공사비는 연간 500억 이상 소요되나 본 사업화 기술 적용시구조물 관리 비용의 70% 이상 절감이 가능하여 경제적 파급효과가 우수하다.

본 사업화 기술은 이와 유사한 기술이 국내뿐만 아니라 국외에서도 개발 및 시공된 사례가 없어, 국제특허 출원이 가능하며 기획연구에 참여하는 국내 대형 시공사 및 PC 구조물 전문제작업체가 국외 터널시장에도 적극적으로 진출이 가능할 것으로 판단됨.

본 기획연구 및 시공 기술의 사업화 추진은 민간기업의 주도로 수행되기 때문에 이윤 추구가 최우선 목표인 기업의 입장에서 사업화 추진 및 시장개척에 보다 적극적으로 투자할 수 있다.

3.4 적용시장의 경쟁상황 및 시장지위

현재 국내 건설 재료 시장에서는 본 기획연구의 사업화 기술과 유사한 경쟁기술이 전무한 상황임. PC 구조물로 제작 및 시공되는 쉴 드터널의 경우에도 본 사업화 기술과 비교하여 재료 제작 분야에서만 유사한 기술을 보유하고 있을 뿐, 실제적인 시공기술은 전혀 별개의 기술이다.

본 평가대상기술은 기존 기술에 비해 3~6배의 시공속도 향상이 가능하여 공기단축 및 공사비 절감에서 우수한 경쟁력을 보유하고 있어 시장 진출 시 안정적인 지위를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

본 기획연구를 통해 사업화 추진이 시도되는 Composite 라이닝 시공 기술은 국내뿐만 아니라 국외에서도 이와 유사한 기술이나 사업화가 개발 및 추진된 사례가 없기 때문에, 기술 수입을 넘어서 국외 기술 수출이 가능할 것으로 판단됨.

4. 시장동향

1997년 말 외환위기로 급격한 감소세를 보이던 건설 수주가 1999년 이후 서서히 침체에서 벗어나 회복세를 보이다 2003년을 정점으로 2004년에는 하락국면을 보이다가 2005년에 다시 회복 기조로 돌아서는 것을 표 4-4를 보면 확인할 수 있다.

【표 4-4】 건설 수주액

(단위 : 조원)

	공종별				
	건축	토목	기타	계	증가율(%)
1997	77.0	50.0	6.4	133.4	·
1998	45.3	40.3	5.0	90.6	-32.1
1999	47.6	40.9	6.4	94.9	4.8
2000	52.0	43.3	7.7	103.0	8.5
2001	63.4	42.8	8.8	115.1	11.8
2002	95.1	49.0	9.3	153.4	33.3
2003	101.8	54.8	11.4	168.0	9.5
2004	98.8	51.9	14.8	165.5	-1.5
2005	112.7	56.6	19.9	189.2	14.3
2006	121.8	58.8	21.7	202.3	6.9

(Source from 국가통계포털 www.kosis.kr)

표 4-6을 참조하면, 1997년 말 외환위기를 겪으면서 1998년 수주액이 90.6조원에 그쳐 1997년 133.4조원 대비 32% 이상 감소하였으나, 2003년에는 다세대·다가구 주택 등의 활발한 건설 등에 힘입어 건설경기가 점차 회복되어 건설 수주액이 168조원을 기록하였다. 건설 수주액이란 건설업체가 발주자와 체결한 공사계약액을 의미하는 것으로 국내 건설 경기의 동향을 파악할 수 있는 자료로 활용되고 있다.

2004년 건설 수주액은 부동산안정화대책 등의 영향으로 2003년 대비 1.5% 감소하였으나 2005년에는 건설 부문 종합투자계획의 추진 등으로 189.2조원의 수주액을 달성하여 전년대비 14.3% 증가하였으며, 2006년에는 상반기에 균형적인 재정 집행에 따른 공공수주 감소 등으로 부진하였으나 하반기 이후 수주 증가세가 지속되는 등 전반적인 건설 경기는 점차 나아지는 추세이며 2005년 대비 6.9% 증가한 202.3조원의 수주액을 달성하였다.

공종별 건설 수주 현황을 살펴보면, 토목 부문은 연도별로 큰 편차 없이 연간 40조 내지 58조원으로 고른 분포를 보이고 있는 반면, 건축 부문은 45조원에서 121조원의 큰 폭의 편차를 보여 건설 경기에 보다 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, 건설 경기를 보다 안정적으로 관리하기 위해서는 SOC(Social Overhead Capital, 사회간접자본) 사업 등 주로 공공 부문에서 이루어지고 있는 토목 부문에 대한 투자의 지속인 확대가 요구된다.

5. 수요전망

5.1 도로 및 교량 수주 현황

토목 부문은 크게 도로 및 교량, 항만 및 공항, 철도 및 궤도, 상하수도 공사 등으로 이루어지는데, 여기에서는 도로 터널과 직접적으로 관련 있는 도로 및 교량의 수주액에 대해 살펴보기로 한다. 표 4-5는 도로 및 교량의 수주액을 나타낸 것이다.

도로 및 교량 수주액 역시 건설 수주액과 마찬가지로 1997년 말 외환위기로 급격한 감소세를 보이다 1999년 이후 서서히 침체에서 벗어난 후 2001년, 2002년 양해에 걸쳐 외환위기에 따른 감소량을 만회하고 2003년 이후로는 큰 편차 없이 수주액이 연간 8조원 부근에서 분포하고 있다.

【표 4-5】 도로 및 교량 수주액

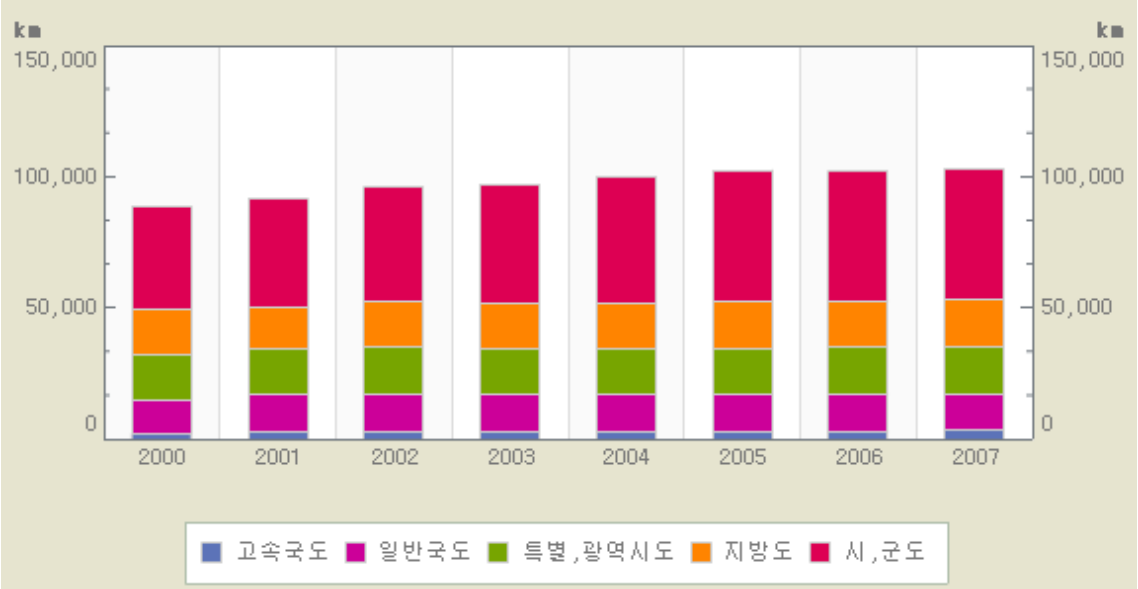
(단위 : 십억원)

	도로 및 교량				
	공공부문	민자	기타	계	증가율(%)
1997	10,093	854	53	11,000	·
1998	9,844	707	15	10,566	-4.0
1999	4,623	428	7	5,058	-52.1
2000	4,399	2,340	54	6,793	34.3
2001	8,931	719	66	9,706	42.9
2002	7,458	1,657	30	9,145	-5.8
2003	5,796	1,741	132	7,669	-16.1
2004	7,126	1,231	395	8,752	14.1
2005	6,215	1,154	59	7,428	-15.1
2006	5,542	2,149	82	7,773	4.7

(Source from 국가통계포털 www.kosis.kr)

현재 우리나라의 도로 연장은 도로 건설에 대한 지속적인 투자로 인해 매년 증가하고 있으며 총 연장은 2004년을 기해 10만km을 넘어섰으나 아직까지도 선진국에 비하면 여전히 부족한 실정이다.

【그림 4-3】 도로 종류별 도로 현황



(Source from 국토해양부, 2008 도로현황조서)

더욱이, 교통정체구간 해소 등을 위해서는 현재 수준 이상으로 투자가 이루어져야 할 것이나, SOC 관련 예산 부족 등으로 도로 부문 투자 규모가 축소됨에 따라 향후 도로 증가 추세는 예년에 비해 둔화될 것으로 예상된다.

따라서 한정된 재원으로 투자 효율성을 높이기 위해서는 도로의 양적 확충보다는 환경과 안전을 중시하고 이용자 편의를 최우선으로 하는 방향으로 도로 투자 정책의 패러다임이 전환되어야 할 필요가 있다.

5.2 도로 터널 수주 현황

도로 터널은 도로에 속하는 도로 부속물 중 터널을 의미하는 것으로, 표 4-6은 도로 터널의 수주액을 나타낸 것이다.

도로 터널 수주액은 건설 수주액 및 도로·교량 수주액과 달리 1997년 말 외환위기 이후에도 큰 감소세를 보이지 않다 2000년에 잠시 감소한 후 2001년에는 전년대비 80.2%가 증가하는 급격한 증가세를 보였다. 이러한 증가세는 2003년에 전년대비 32.0%가 감소함에 따라 다소 꺾였으나, 2005년부터 다

시 증가세로 돌아서고 있는 것을 표 4-6을 보면 확인할 수 있다.

도로 터널 수주액의 증가율이 이와 밀접한 관련이 있는 도로 및 교량 수주액의 증가율과 다소 차이가 나는 것은 도로가 시공되는 구간이라도 해당 구간의 지형 및 지반 여건에 따라 터널이 빈번히 시공될 수도 있고 그러하지 아니할 수도 있기 때문이다. 즉, 도로 시공 구간이 증가한다 하더라도 반드시 도로 터널의 시공 구간이 늘어나는 것은 아니나 대체적으로 둘 사이에는 양의 상관관계가 있다고 할 수 있을 것이다.

【표 4-6】 도로 터널 수주액

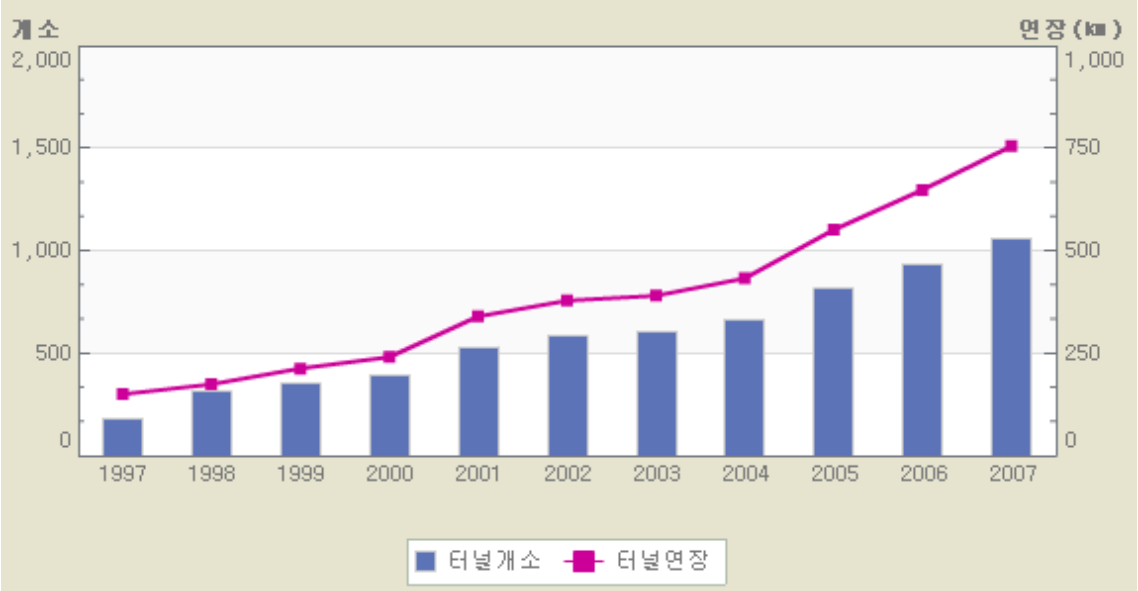
(단위 : 십억원)

	도로 터널				
	공공부문	민간부문	기타	계	증가률(%)
1997	463	10	-	473	·
1998	420	31	5	456	-3.6
1999	343	115	-	458	0.4
2000	359	28	2	389	-15.1
2001	478	106	117	701	80.2
2002	893	61	-	954	36.1
2003	517	132	-	649	-32.0
2004	424	62	7	493	-24.0
2005	582	60	117	759	54.0
2006	906	140	8	1,054	38.9

(Source from 국가통계포털 www.kosis.kr)

2007년 12월말 현재 전국의 터널수는 1998년 312개소에 불과하던 것이 1,064개소로 752개소(241%)가 증가하였으며, 연장은 174km에서 754km로 580km(333%) 증가하였다.

【그림 4-4】 터널 현황



(Source from 국토해양부, 각급 도로관리청)

이렇게 터널이 증가한 원인은 자연환경 파괴의 최소화 등 환경 친화적인 도로 건설과 도로 이용자의 안전을 고려하여 도로 선형을 직선화하는 것 등에 기인한다 하겠다. 도로 종류별로는 고속국도 496개(46.6%), 일반국도 298개(28.0%)로 나타나 전체 터널의 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

교통정체구간의 해소, 국토균형개발의 촉진, 국가경쟁력의 제고 등은 물론 도로이용자의 교통안전을 위해서라도 도로 부문 투자비용의 확대는 불가피할 것으로 판단되나, 향후 도로 부문 투자 비중이 축소됨에 따라 도로 터널의 증가세는 다소 둔화될 것으로 예상된다.

5.3 도로 터널 공사비 현황

도로 터널은 굴착 공사, 보강 공사, 라이닝 공사, 부대시설 공사 등 크게 4가지의 주요 공사로 이루어지며, 이하에서는 전체 공사비 대비 평가대상기술과 직접적으로 관련 있는 라이닝 공사비의 비율을 살펴보기로 한다. 표 4-7은

국내 각 시공사의 도로 터널 건설 공사비의 상세 내역이다.

【표 4-7】 도로 터널 건설 공사비 상세 내역

	연장(기준)	총공사비(억원)	라이닝 공사 비용(억원)	라이닝 공사 비율(%)
A건설	3.5km	2,975	1,050	35.3
B건설	3.5km	2,084	419	20.1
C건설	3.5km	3,850	1,001	26.1
평균	3.5km	2970	823	27.8%

(Source from 한국건설기술연구원 제공자료)

도로 터널 공사에 있어서 총공사비 대비 터널 라이닝의 공사비의 비율은 터널이 시공될 지형 및 굴착지반의 암질 상태에 따라 어느 정도의 편차는 있으나 살펴본 바와 같이 평균적으로 27.8% 정도로 보면 적절할 것이다.

5.4 (주) 태영건설 도로 터널 수주 현황

(주) 태영건설의 1998년부터 2006년까지의 도로 터널에 대한 수주 실적은 다음과 같다.

【표 4-8】 (주) 태영건설 도로 터널 수주 실적

(단위 : 백만원)

공사명	발주처	공사기간	계약금액
고속국도 제45호선 상주-충주간 건설공사 제10공구(진남터널)	한국도로공사	98.12.19-04.12.06	22,349
고속국도 제45호선 상주-충주간 건설공사 제11공구(불정터널)	한국도로공사	98.12.19-04.12.06	5,274

용인-포곡간 도로 확포장공사	경기도 건설본부	02.04.18-07.06.17	6,716
용인-포곡간 도로 확포장공사	경기도 건설본부	02.04.18-07.06.17	4,844

(Source from (주) 태영건설 제공자료)

도로 터널 공사 역시도 건설 부문에 속하는 것이므로 대규모의 공사 수주가 불규칙하게 발생하는 것이 일반적이고, 이에 기인하여 (주) 태영건설의 수주 실적 또한 꾸준하기 보다는 불규칙적임을 알 수 있다.

(주) 태영건설은 1998년부터 2006년까지 최근 9년 동안 평균 4,353백만원의 수주 실적을 이루었으며, 1998년부터 2006년까지의 최근 9년 동안의 연평균 도로 터널 전체 수주액이 6570억임(표 4-6 참조)을 고려할 때, (주) 태영건설의 도로 터널에 대한 연평균 수주율은 0.67%임을 알 수 있다.

6. 시장경쟁력 분석

평가대상기술은 터널에 라이닝 구조체로 고품질·무균열의 PC 판넬을 적용하고 숏크리트 타설면과 PC 판넬 사이의 이격 공간을 경량기포 모르타르로 충진하고, PC 판넬의 축조와 동시에 방수시공이 이루어지도록 한 터널 라이닝 시스템에 관한 기술로서 기존 공법인 현장타설 콘크리트 라이닝 시스템과 비교하여 시장경쟁력을 분석하면 다음과 같다.

6.1 Strengths(강점)

√ 지반 상태나 지보재의 품질이 충분히 확보되지 않은 여건에서도 터널 구조물의 안정성을 극대화할 수 있다.

√ 기존 공법 대비 최고 6배까지 빠른 시공속도로 인해 공기 단축이 가능

하여 터널 건설비용을 절감할 수 있다.

√ 공사 기간의 장기화로 인해 초래될 수 있는 사회 간접비용 즉, 물류비용, 유류비용 등을 대폭 줄일 수 있다.

√ 공장 몰드에 의해 미리 제작되는 PC 판넬을 활용함으로써 터널 구조물의 수명을 기존 공법 대비 최대 4배까지 연장시킬 수 있다.

√ 별도의 방수시공이 요구되지 않을 뿐만 아니라 누수 염려가 원천적으로 해소되어 품질 신뢰성이 확보된다.

√ 국내와 같이 지반 여건이 좋지 않은 국가의 터널 시공 현장에 진출이 가능하므로 국제경쟁력 확보가 가능하다.

6.2 Weaknesses(약점)

√ 이론적으로 기술력 및 안정성에 대해 인정받은 경우라도 보수적인 건설업계의 특성상 신공법이 현장에 적용되는 것은 용이하지 않다.

√ 안정성 등이 이미 확인된 기존 공법에 큰 하자가 없는 한 신공법으로 대체하지 않는 건설업계의 특성상 현장 적용이 성공적으로 완료되더라도 이에 대한 시장이 그리 크지 않을 수 있다.

6.3 Opportunities(기회)

√ 기존 공법에 비해 공기를 대폭 단축시킬 수 있으므로 환경단체의 반대, 토지보상 문제 등으로 인해 공사지연의 요인이 많은 현재의 건설 여건을 고려할 때 평가대상기술의 현장 적용 가능성은 상당히 높다.

√ 산악 절개지를 최소화하는 등 환경 친화적인 도로 건설을 지향하고 있는 정부의 정책상 터널 굴착면을 기존 공법에 비해 줄일 수 있는 등 지형지물을 크게 파손시키지 않는 평가대상기술은 더욱 각광 받을 것이다.

6.4 Threats(위협)

√ 행정, 법규 등 현실적으로 평가대상기술의 현장 적용에 대해 여러 제한이 있어 이를 극복하지 못할 경우 기술이 사장될 가능성도 있다.

7. 매출액 추정

평가대상기술은 도로의 일부 항목인 도로 터널 중에서도 터널 라이닝 시스템에 관한 것으로, 향후 도로 터널 및 터널 라이닝의 수주액을 추정하는데 있어 이를 직접적으로 예상할 수 있는 객관적인 자료가 없으므로, 도로 터널 및 터널 라이닝을 포괄하는 도로에 대한 향후 투자 계획을 활용하여 도로 터널 및 터널 라이닝의 예상 수주액을 추정하기로 한다.

표 4-9는 국가재정운용계획 보고서 2007~2011에서 발췌한 수송·교통 및 지역개발 분야 투자계획을 나타낸 것으로, 이를 보면 도로 부문에 대한 투자는 2008년 75,637억원에서 2011년 73,102억원으로 연평균 0.7%씩 감소하는 방향으로 계획되었다.

즉, 도로 부문은 기간 및 지역간선 도로를 중점 지원하되 신규사업보다는 기 추진 중인 사업의 마무리와 기 구축된 도로의 운용 효율성 제고에 중점을 둘 계획이고, 환경친화성·에너지 측면에서 장점을 가지고 있는 철도의 역할을 제고하기 위해 철도 부문의 투자는 지속해 나갈 예정이다. 그림 4-5는 수송·교통 분야 투자계획의 비율을 나타낸 것이다.

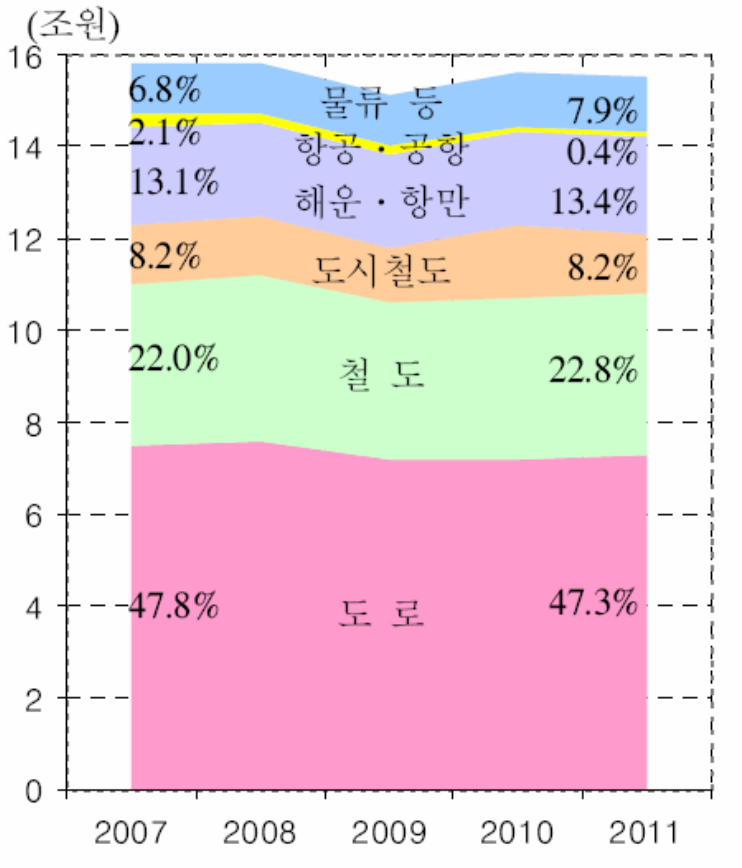
【표 4-9】 수송·교통 및 지역개발 분야 투자계획

(억원, %)

구 분	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	연평균 증가율
◇ SOC 분야	184,217	188,581	188,960	192,170	198,875	1.9
(증가율)		(2.4)	(0.2)	(1.7)	(3.5)	
* 민간투자 포함시 (BTL, BTO)	(259,121)	(288,817)	(301,283)	(300,982)	(311,240)	(4.7)
□ 수송·교통분야	157,502	157,530	151,486	151,975	154,658	△0.5
(증가율)		(0.0)	(△3.8)	(0.3)	(1.8)	
○ 도로	75,330	75,637	72,003	72,424	73,102	△0.7
○ 철도	34,625	35,822	34,214	34,550	35,256	0.5
○ 도시철도	12,845	12,733	12,370	12,500	12,700	△0.3
○ 해운·항만	20,622	20,207	20,100	20,400	20,800	0.2
○ 항공·공항	3,334	2,109	1,799	600	600	△34.9
○ 물류 등 기타	10,746	11,022	11,000	11,501	12,200	3.2
□ 지역개발분야	26,715	31,051	37,474	40,195	44,217	13.4
(증가율)		(16.2)	(20.7)	(7.3)	(10.0)	
○ 수자원	16,210	16,313	16,200	16,800	17,500	1.9
○ 지역 및 도시	6,329	9,998	15,574	17,595	20,817	34.7
○ 산업단지	4,176	4,740	5,700	5,800	5,900	9.0

(Source from 국가재정운용계획보고서 2007~2011)

【그림 4-5】 수송·교통 분야 투자계획

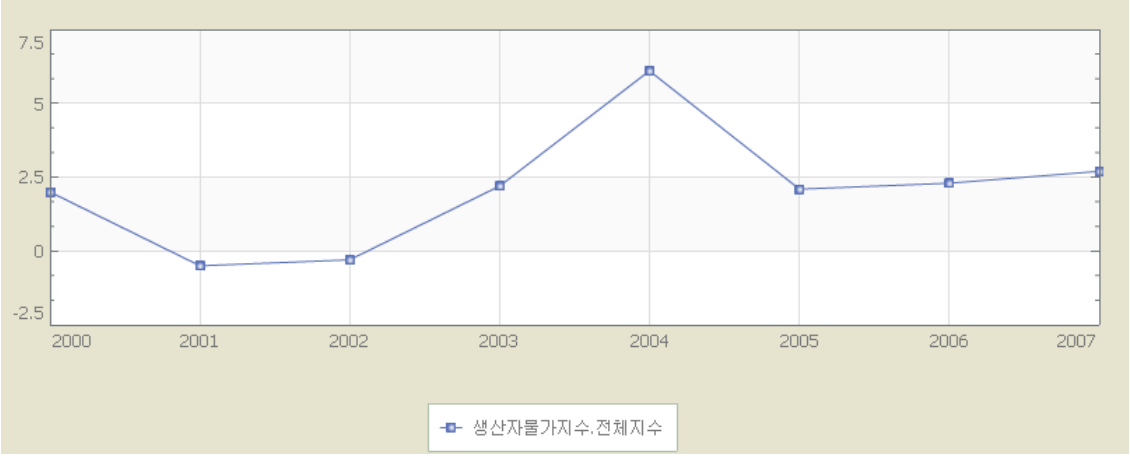


(Source from 국가재정운용계획보고서 2007~2011)

상기한 재정운용계획은 순수한 예산만을 가지고 연평균 증가율을 구한 것이므로, 실질적인 연평균 증가율을 구하고자 한다면 생산자물가지수가 반영되어야 한다. 생산자물가지수란 국내에서 생산하여 국내시장에 출하되는 모든 재화와 서비스요금의 변동을 측정하기 위하여 작성하는 지수를 말한다.

그림 4-6은 2000년부터 2007년까지의 생산자물가지수 동향을 나타낸 것이고, 그림 4-7은 2008년 1월부터 8월까지의 월별 생산자물가지수 동향을 나타낸 것으로, 이를 참조하면, 생산자물가지수는 2001년 저점을 찍고 2004년 고점을 기록한 이후 2005년 전년동월비 2.1%, 2006년 2.3%, 2007년 2.7%로 완만하게 상승하였다.

【그림 4-6】 2000~2007 생산자물가지수 동향



(Source from 한국은행, 생산자물가지수)

그러나, 2008년 들어서는 국제유가 등 국제원자재 가격 상승에 따라 큰 폭의 증가세를 이루고 있다. 구체적으로 2008년 3월에 전년 동월 비 8% 증가를 보인 이후 현재까지 전년 동월 비 10%가 넘는 증가세를 보이고 있으며 앞으로도 국제유가 등 국제원자재 가격이 큰 폭으로 하락할 것이라고는 예상되지 않으므로, 2008년 생산자물가지수는 전년 동월 비 10% 증가가 예상되고 2009년 이후 생산자물가지수는 기존 3년간 및 최근의 상황을 고려하여 연평균 6%씩 증가할 것이라 예상된다.

【그림 4-7】 2008 월별 생산자물가지수 동향



(Source from 한국은행, 생산자물가지수)

살펴본 바와 같이, 도로 부문에 대한 총 투자액이 연평균 0.7%씩 감소하는데다가 2008년 생산자물가지수는 10% 증가하고 2009년 이후 생산자물가지수는 6%씩 증가할 것이라 예상되므로, 도로 부문에 대한 실질 투자액은 2008년에는 전년대비 9.7% 감소하고 2009년 이후에는 전년대비 연평균 6.3%씩 감소할 것으로 예상된다.

【표 4-10】 도로 부문 실질 투자액 동향

(단위 : %)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
도로 부문 총 투자액 증가율	- 0.7	- 0.7	- 0.7	- 0.7	- 0.7	- 0.7
생산자물가지수 증가율	10.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
도로 부문 실질 투자액 증가율	- 9.7	- 6.3	- 6.3	- 6.3	- 6.3	- 6.3

도로 부문에 대한 실질 투자액이 2009년 이후 연평균 6.3%씩 감소한다고 하였을 때 도로 부문에 대한 투자와 직접적으로 관련 있는 도로 터널 및 터널 라이닝에 대한 투자도 동일한 수준으로 감소한다고 볼 수 있을 것이므로, 결국 도로 부문에 대한 연평균 실질 투자 증가율을 적용함으로써 도로 터널 및 터널 라이닝에 대한 향후 수주액을 예상할 수 있을 것이다.

표 4-6을 토대로 구한 1998년부터 2006년까지의 연평균 도로 터널 수주액 6570억원이고, 여기에 도로 부문에 대한 실질 투자액이 2008년 9.7% 감소되고 2009년 이후에는 연평균 6.3%씩 감소됨을 적용하면, 2008년 도로 터널 예상 수주액은 5933억원이며 2009년 이후 9년간의 도로 터널 예상 수주액은 다음과 같다.

【표 4-11】 도로 터널 예상 수주액

(단위 : 억원)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
수주액	5559	5209	4881	4573	4285	4,015	3,762	3,525	3,303

표 4-7을 보면 도로 터널 공사에 있어서 터널 라이닝 공사가 차지하는 비율이 27.8%임을 알 수 있으며, 이를 상기 도로 토널 예상 수주액과 결합하면 터널 라이닝에 대한 예상 수주액을 구할 수 있다.

【표 4-12】 터널 라이닝 예상 수주액

(단위 : 억원)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
수주액	1545	1448	1357	1271	1191	1,116	1,046	980	918

앞서 설명한 바와 같이 본 평가대상기술인 PC 판넬 터널 라이닝 공 공법은 기존 현장타설 콘크리트 공법에 비해 경제적 측면이나 기술적 측면에서 경쟁적 우위를 점하고 있다.

따라서 (주) 태영건설의 향후 수주율과 관련하여, 기존 공법에 비해 경쟁적 우위에 있는 평가대상기술을 활용하고도 점유율이 최근 9년간의 연평균 수주율인 0.67%로 그대로 유지되는 것을 비관적 시나리오로, 연평균 수주율에 비해 10% 증가되어 0.74%에 이르는 것을 중립적 시나리오로, 연평균 수주율에 비해 20% 증가되어 0.82%에 이르는 것을 낙관적 시나리오로 하여 (주) 태영건설의 향후 도로 터널 및 터널 라이닝 공사에 대한 예상 수주액을 산정해 보도록 한다.

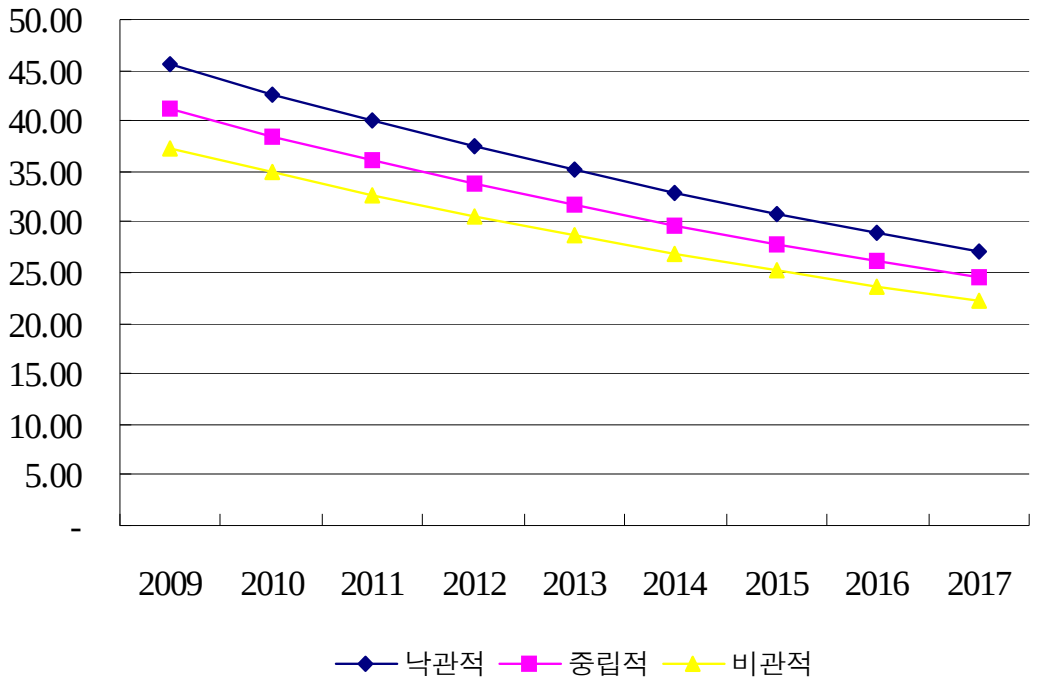
【표 4-13】 시나리오별 연도별 평가대상기술에 의한 도로 터널 수주액

(단위 : 억원)

연도별	도로 터널 수주액	낙관적 (0.82%)	중립적 (0.74%)	비관적 (0.67%)
2009	5559	45.6	41.1	37.2
2010	5209	42.7	38.5	34.9
2011	4881	40.0	36.1	32.7
2012	4573	37.4	33.8	30.6
2013	4285	35.1	31.7	28.7
2014	4,015	32.9	29.7	26.9
2015	3,762	30.9	27.8	25.2
2016	3,525	28.9	26.1	23.6
2017	3,303	27.1	24.4	22.1

【그림 4-8】 시나리오별 추정 도로 터널 수주액

(단위 : 억원)



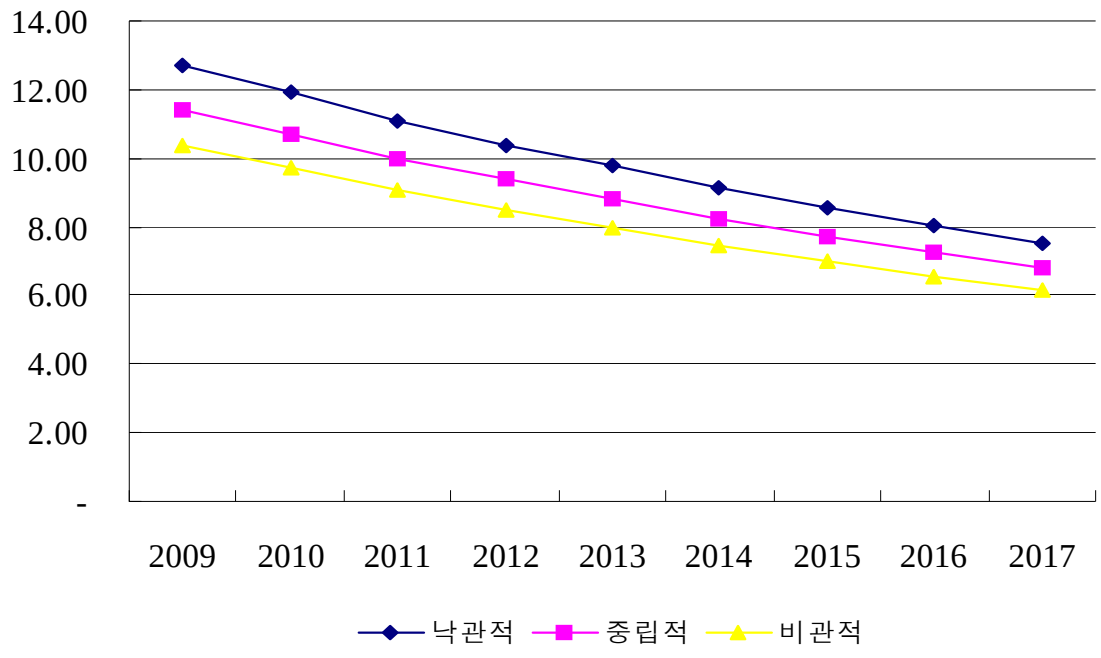
【그림 4-8】 시나리오별 추정 도로 터널 수주액

(단위 : 억원)

연도별	터널 라이닝 수주액	낙관적 (0.82%)	중립적 (0.74%)	비관적 (0.67%)
2009	1545	12.7	11.4	10.4
2010	1448	11.9	10.7	9.7
2011	1357	11.1	10.0	9.1
2012	1271	10.4	9.4	8.5
2013	1191	9.8	8.8	8.0
2014	1,116	9.2	8.3	7.5
2015	1,046	8.6	7.7	7.0
2016	980	8.0	7.3	6.6
2017	918	7.5	6.8	6.2

【그림 4-9】 시나리오별 추정 터널 라이닝 수주액

(단위 : 억원)



Ⅴ. 사업가치 및 기술가치 평가

1. 사업수행

1.1 사업주체 개요

1.1.1 일반현황

사업주체에 대한 일반현황은 다음과 같다.

업체명	해양기계(주)				
대표자	김종원				
설립일자	2003. 01. 02	종업원수	21명		
법인등록번호 (사업자등록번호)	130111-0306242				
본사	인천시 남동구 고잔동 650-1 남동공단102B-2L				
개발부서	연구개발전담부서				
공장현황	용도지역	(전용공업), 공업, 준공업, 상업, 주거지역, 기타	대지	2,952.6㎡	공장	1,699.4㎡
주 생산품	DIE CASTING M/C,산업기계제작		매출액	3,841백만원		

1.1.2 경영상태

사업주체의 경영상태는 다음과 같다.

구 분	내 용
자본금	1억
자기자본비율 (부채+자본계-부채계)/총자본*100	39.9%
매출액증가율 (당기-전기/전기)*100	9%
유동비율 (유동자산/유동부채*100	135%
차입금의존도 (장단기+유동성장기+사채)/총자본*100	60%
총자본순이익율 (당기순이익/총자본)*100	9%
수출액	11억4천만원
R&D투자금액	
품질인증/규격획득 (ISO, KS, JIS, UL, QS, GQ, Q, IT, ERP, PL, 형식승인, KT, NT, EM 등)	ISO9001:2000
산업 및 지적재산권 등록현황(등록일)	-급속개방형 유량제어 밸브(2007. 11. 02) -일체형 배수구조 및 이를 이용한 터널 라이닝 시공법(2007. 09. 28) -충진형 PC 패넬 터널 라이닝 시공법(2006. 08. 02) -석분토를 이용한 채움재의 제조장치(2005. 08. 24)

1.1.3 국가 및 공공기관 연구개발사업 참여 실적 (최근 3년간)

주 관 부 처	사 업 명	연도	주관/참여	개발과제명	수행결과
국토해양부	첨단도시개발사업	2005 ~2008	참여 기업	신개념 NATM Composite 라이닝 공법 개발	수행중

1.1.4 부가가치 및 혁신역량

주관연구기관인 해양기계(주)는 산업기계 제작 및 다이캐스팅 기계 제작, 자동화전용기 제작 등을 주전문으로 성장한 기업으로서, 1994년 회사가 설립되어 2003년에 일부 법인으로 전환, 매년 매출액 대비 10~20%의 성장을 하고 있으며, 2005년 중기청 주관 중소기업혁신개발에 참여하여 다이캐스팅 장비 개발로 특허를 등록하였으며, 건설 시공 분야에서도 총 3건의 특허를 보유하고 있다.

2007년 INNO-BIZ(기술혁신형기업) 업체로 선정되었으며 연구개발전담부서를 항시적으로 운영하여 연구개발을 통해 기계분야의 핵심주역으로 발돋움하고 있음. 특히, 설비투자, 자동화 개발, 생산성 향상 및 기계 제작 분야에 집중하며 초일류 기업으로의 성장을 지향하고 있다.

1.2 사업주체 역량

1.2.1 연구진의 인적 능력

본 기획연구에 참여하는 연구진은 총 5명으로 박사학위 소유자가 1명, 석사학위 소유자가 1명 및 학사학위 소유자가 3명으로 구성되어 있으며, 각 연구기관별 참여연구진 현황은 다음과 같다.

연구기관	주관기관	협동연구기관	합계
기관이름	해양기계(주)	한국건설기술연구원	
박사		1	1
석사		1	1
학사 이하	3		3
합계	3	2	5

본 기획연구는 Composite 라이닝 시공 기술의 국내 사업화 추진을 위해 시장확보, 공장설비 구축, 공정단계 개념설계, 필요장비 확보, 행정 및 관리 업무 지원 등에 대한 대책 마련을 수행하여 사용적 비지니스 모델을 개발하는 것이다. 따라서, 본 기획연구의 성공적인 완수를 위해서는 참여기업과 함께 각 분야의 전문가들의 참여가 요구된다.

본 사업화 기술은 국가 R&D 연구사업을 통해 개발된 것으로 참여했었던 해양기계(주)가 기획연구에서는 주관기관으로서 연구를 주도하게 되는데, 기계설계분야에서 15년 이상 설계 경험을 가지고 중기청과재 다이케스팅 연구 개발경험이 풍부한 전문가가 참여하여 비지니스 모델의 설비, 공정 및 장비 분야 기획을 담당하게 된다.

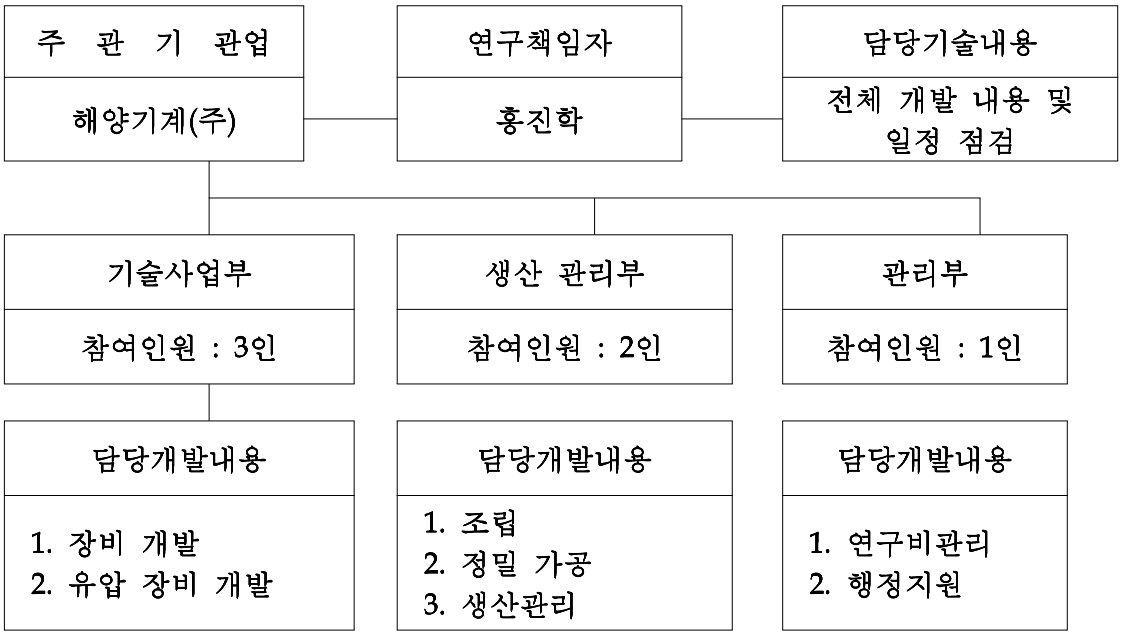
국가 R&D 연구사업에서 협동연구기관으로 참여했었던 한국건설기술연구원에서는 터널분야에서 민간뿐만 아니라 정부기관에서도 실력을 인정받고 있는 마상준 책임연구원이 협동연구책임자로 참여한다.

한국건설기술연구원은 국가 R&D 연구사업 분야에서 독보적인 연구실적을 보유하고 있으며, 본 기획연구에 참여하는 연구진은 Composite 라이닝 시공 기술의 실제적인 개발팀으로서 사업화 추진을 위한 기획연구에 가장 적합한 것으로 판단된다.

1.2.2 연구관리시스템 및 지원시스템 현황

(1) 주관연구기관

해양기계(주)에서는 연구비관리 및 지원을 위해 관리부에서 연구개발비를 일괄 관리하며, 기술사업부 및 생산관리부와의 유동적인 연계 및 지속적인 지원이 가능하다.



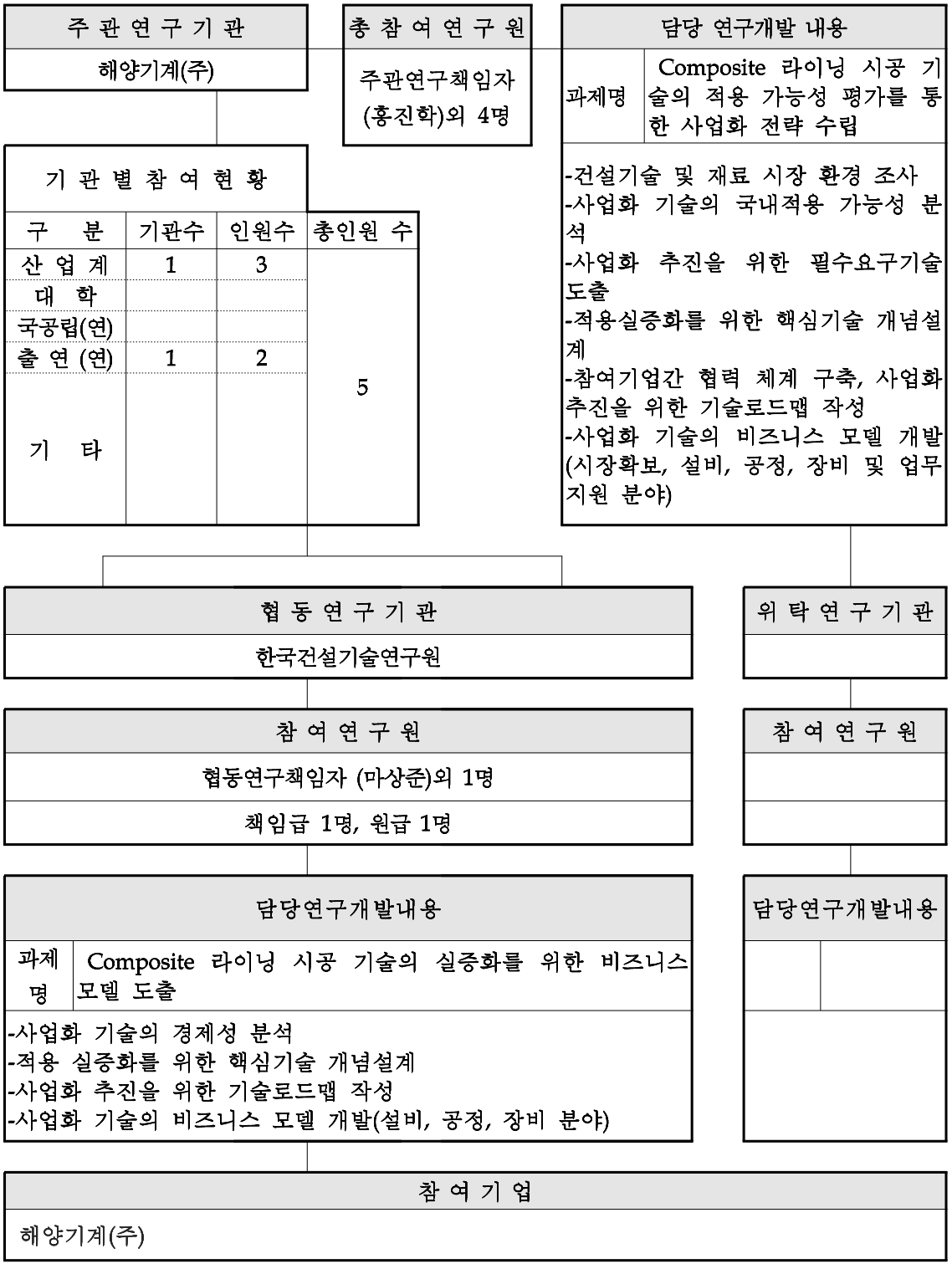
(2) 협동연구기관

한국건설기술연구원에서는 연구관리 지원부서인 행정관리부, 기획조정실, 대외협력실, 정책개발실, 정보전산실 등에서 체계적으로 연구수행을 지원하고 있다.

특히, 한국건설기술연구원은 국가 건설 R&D 전문수행기관으로서 지금까지 많은 연구개발을 수행해 왔으며, 이와 함께 연구관리시스템 및 지원체계도 상당한 발전을 이루어 왔다. 한국건설기술연구원이 자체적으로 보유하고 있는 연구비 사용, 정산, 지원 및 검사역 관리 등의 시스템은 국내 최고라고 단언할 수 있다.

1.2.3 연구수행체계

연구수행체계는 다음과 같다.


주 관 연 구 기 관
해양기계(주)
총 참 여 연 구 원
주관연구책임자 (홍진학)외 4명
담당 연구개발 내용
과제명
Composite 라이닝 시공 기술의 적용 가능성 평가를 통한 사업화 전략 수립
-건설기술 및 재료 시장 환경 조사
-사업화 기술의 국내적용 가능성 분석
-사업화 추진을 위한 필수요구기술 도출
-적용실증화를 위한 핵심기술 개념설계
-참여기업간 협력 체계 구축, 사업화 추진을 위한 기술로드맵 작성
-사업화 기술의 비즈니스 모델 개발 (시장확보, 설비, 공정, 장비 및 업무 지원 분야)
기 관 별 참 여 현 황
구 분
기관수
인원수
총인원 수
산 업 계
1
3
5
대 학
국공립(연)
출 연 (연)
1
2
기 타
협 동 연 구 기 관
한국건설기술연구원
위 탁 연 구 기 관
참 여 연 구 원
협동연구책임자 (마상준)외 1명
책임급 1명, 원급 1명
참 여 연 구 원
담당연구개발내용
과제명
Composite 라이닝 시공 기술의 실증화를 위한 비즈니스 모델 도출
-사업화 기술의 경제성 분석
-적용 실증화를 위한 핵심기술 개념설계
-사업화 추진을 위한 기술로드맵 작성
-사업화 기술의 비즈니스 모델 개발(설비, 공정, 장비 분야)
담당연구개발내용
참 여 기 업
해양기계(주)

1.2.4 연구참여진(연구조직) 현황

(1) 주관연구기관 및 참여기업의 주요연구 및 사업화 실적

구 분	연 구 내 용	지 원 기 관
주요연구업적 (당해과제와 관련되는 연구만 기술)	신개념 NATM Composite 라이닝 공법 개발	국토해양부
	산업부산물의 경제적 재활용과 시공품질 향상을 위한 분물형 레디믹스트(Ready-mixed) 숏크리트 개발	국토해양부
	숏크리트 품질기준 및 시험방법 표준화 연구	산업자원부
	석분토를 이용한 지하공동의 친환경적 충전재 및 충전보강공법 개발 연구	산업자원부
	석회공동 보강 공법안 제시 연구	서울대학교
주요사업화 성공과제 및 성공 내용	TEC BNR(음식물쓰레기 산발효액을 이용한 하수고도처리기술(신기술지정)	자체 개발사업
	미분말 제강전로슬래그를 이용한 유동상 완전혼합 정석탈인 반응조에서의 고농도 인의 제거기술(신기술지정)	자체 개발사업
	오존처리 및 가성소다를 이용하여 슬러지를 분해시키고 호기성 소화 및 침지식 평막을 결합한 하수슬러지 저감기술(신기술지정)	자체 개발사업
	침전지 내장형 SBR을 이용한 하·폐수 고도처리공법(TSBR, 신기술지정)	자체 개발사업
	미생물담체를 이용한 고도처리공법(TBCR, 진행중)	자체 개발사업
	저에너지 고효율 막분리 고도정수처리 시스템 개발 및 상용화(진행중)	환경부 국책과제

(2) 연구책임자

① 주관연구책임자

주관연구책임자						
성명	한글	홍 진 학		주민등록번호		610121-1379716
	한문	洪 鎭 學		E-mail		haeyang2@hae-yang.net
소 속		해양기계(주) 생산기술부	직 위	이사	전화	032-822-0353
					H.P.	010-2359-5725
					팩스	032-822-0358
직장 주소		인천시 남동구 고잔동 650-1 남동공단2단지 102B2L				

학 력	졸업 연도	학 교	사업자 등록번호	법인번호	전 공	학 위
	1979년	청주기계 공고	131-81-76628	120111-0306242	기계과	없음

직장경력	연도 (부터~까지)	기 관	직위(직명)	사업자 등록번호	법인번호	비 고
	1979~1992	삼양중기(주)	과장			
	1992~1998	풍남기계	부장			

② 협동・위탁연구책임자

협동연구책임자						
성명	한글	마 상 준		주민등록번호		640813-1019010
	한문	馬 相 準		E-mail		sjma@kict.re.kr
소 속		한국건설 기술연구원	직 위	책임연구원	전화	031-910-0222
					H.P.	011-9021-0696
					팩스	031-910-0561
직장 주소		경기도 고양시 일산서구 대화동 2311 한국건설기술연구원 지반방재・환경연구실				

학 력	졸업 연도	학 교	사업자 등록번호	법인번호	전 공	학 위
	1988	인하대학교			자원공학	공학학사
	1992	인하대학원			암반공학	공학석사
	1996	University of Leeds			터널공학	공학박사

직장경력	연도 (부터~까지)	기 관	직위(직명)	사업자 등록번호	법인번호	비 고
	1996.11.01 ~1997.01.31	선경건설 부설 연구소	과장			
	1997.02.01 ~현재	한국건설기술연구원	책임연구원	229-82-01135	111241-0002284	

③ 연구책임자(주관, 협동, 위탁연구책임자)의 국가연구개발사업 참여현황

협동연구책임자 국가연구개발사업 참여현황						
연구책임자명	마 상 준		주민등록번호	640813-1019010		
연구과제명	지원부처	전문기관	연구수행기간	참여형태	참여율(%)	비고
신개념 NATM Composite 라이닝 공법 개발	국토해양부	한국건설교통기술평가원	2007. 08. ~2008. 08.	협동연구책임자	46	
산업부산물의 경제적 재활용과 시공품질 향상을 위한 분말형 레디믹스트(Ready-mixed) 숏크리트 개발	국토해양부	한국건설교통기술평가원	2007. 08. ~2008. 06.	협동연구책임자	32	

(3) 참여연구원

참여연구원현황정보														
연구담당분야	소속기관	사업자등록번호	법인번호	성명	주민등록번호	직급(소속기관 해당직급)	최종학위 및 자격사항					참여기간(개월)	참여율(%)	구분(정규, 임시)
							학위	연도	전공	학교	자격사항			
연구총괄	해양기계(주)	131-81-76628	120111-0306242	홍진학	610121-1379716	책임(이사)	없음	1979	기계과	청주기공	산업안전기사	3	80	정규
개념설계	해양기계(주)	131-81-76628	120111-0306242	황택수	671128-1388712	선임(부장)	학사	1991	기계설계공학	동양공전	설계기사	3	70	정규
핵심기술도출	해양기계(주)	131-81-76628	120111-0306242	이준	710516-1258511	선임(과장)	학사	1995	조선공학	인하공전	설계기사	3	70	정규
협동총괄	KICT	229-82-01135	111241-0002284	마상준	640813-1019010	책임	박사	1996	터널공학	리즈대	토질기술사	3	0	정규
사업화모델개발	KICT	229-82-01135	111241-0002284	김동민	740412-1804332	원	석사	2003	지반공학	중앙대	토목기사	3	0	임시

2. 평가가정 및 상황설정

본 평가에서는 사업가치 및 기술가치 분석 시 다음과 같은 사항을 가정하였다.

① 매출액 추정은 시장성 평가결과를 통하여 산정된 추정 매출액을 기본적으로 활용하였다. 해당 산업의 시장 및 경제동향 등과 현재 기업의 규모, 마케팅 전략, 생산규모 등 객관적인 자료와 분석을 통하여 낙관적, 중립적, 비관적 3가지 시나리오별로 추정하였다.

② 기술의 사업가치는 기술성 분석서를 가정으로 판단하였으며, 본 기술제품의 상용화 및 영업활동에 적극적으로 참여한다는 것을 가정한다.

③ 본 평가대상기술은 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법에 대한 것으로써 각종 터널공사에 활용될 수 있어 건설업 및 관련 산업에 종사하고 있는 규모별 회사의 경영 재무 분석 자료 등의 이용 가능한 최선의 객관적인 자료를 토대로 분석하였다.

④ 시장예측 및 매출액추정은 시장성 평가에서 작성된 매출액 추정치를 활용하였고 추정방법에 대해서는 시장성평가 부분에 기술되었다.

⑤ 사업가치 및 기술가치 평가금액에 상당한 영향을 미치는 주요가치변수에 대해서는 선진국에서 사용하고 있는 검증(경험적)된 방법, 각 분야 전문가의 의견, 분석적인 방법 등을 이용하였으며, 그 방법에 대해서는 본문의 해당 부분에 기술하였다.

⑥ 본 평가에서 적용한 사업가치 및 기술가치 평가법은 기술제품의 미래이익흐름을 추정하여 적정 할인율 적용, 현재가치로 환원하는 미래현금흐름할인법을 적용하였다. 이 방법은 기술의 사업가치 및 기술가치를 평가할 때 일반적으로 사용하는 접근법이다.

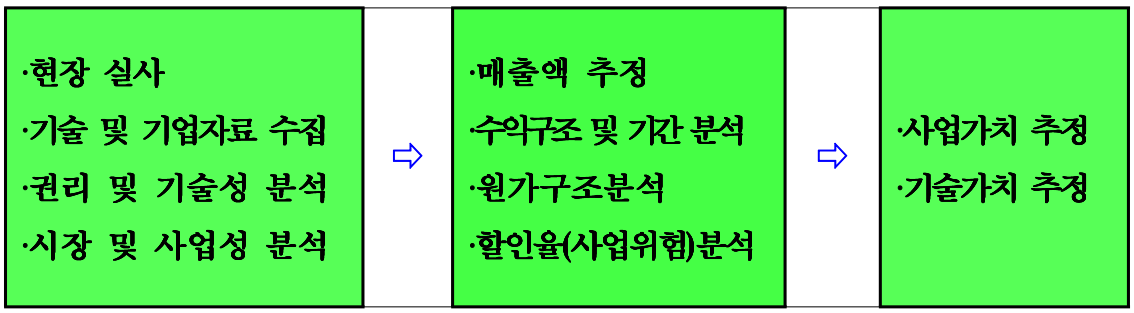
⑦ 위 이외의 가정이나 상황은 본문의 내용에 따른다.

3. 평가방법, 범위 및 절차

본 평가에서는 기술의 사업가치를 평가하는 일반적인 방법인 이익접근법(Income Approach)의 미래이익흐름할인법(Discounted Future Earnings Method)을 적용하여 사업가치 및 기술가치를 추정하였다. 본 평가에서는 평가대상 특허기술의 사업가치 및 기술가치를 수행하기 위해 해당 전문가의 현장실사, 평가대상기술의 기술동향, 기술제품의 해당 산업동향, 시장동향, 업체동향, 원가분석, 사업위험 등에 대한 조사·분석을 수행하였다.

또한 최선의 이용가능한 객관적 정보의 활용, 합리적인 가정 및 일반적으로 인정하는 평가방법을 적용하여 객관적이고 적정한 평가결과를 도출하고자 하였다. 그럼에도 불구하고 평가결과는 미래의 경기변동, 경영환경 등 외부요인, 평가기준일 및 평가상의 가정이 상이할 경우 다른 결과가 나타날 수 있다.

【그림 5-1】 사업가치 및 기술가치 평가 절차



4. 사업가치 및 기술가치 평가표

평가대상기술의 사업가치 및 기술가치분석은 평가대상기술 및 기술제품에

대한 특허 권리성, 기술성, 시장성 및 사업성 등 종합적인 분석결과를 토대로 본 기술제품이 수익기간 동안 창출할 미래 순현금흐름액을 추정한 후 현재가치로 환산하여 최종적으로 평가대상기술의 사업가치 및 기술가치를 추정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

【표 5-1】 낙관적 시나리오 사업가치 평가표

(단위 : 백만원)

연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
매출	5,830	5,460	5,110	4,780	4,490	4,210	3,950	3,690	3,460
매출원가	4,915	4,603	4,308	4,029	3,785	3,549	3,330	3,111	2,917
매출총이익	716	670	628	587	551	661	620	579	543
판관비	340	319	298	279	262	246	230	215	202
영업이익	376	352	330	308	289	415	390	364	341
법인세	82	76	70	65	60	92	85	79	73
세후영업이익	294	276	259	243	229	324	304	285	268
감가상각비	438	438	438	438	438	438	438	438	438
운전자본증감	343	321	300	281	264	247	232	217	203
현금흐름	389	393	397	400	403	514	510	506	503
할인율	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%
현재가치계수	0.88	0.78	0.69	0.61	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32
현재가치(2009.1월 1일 기준)	343	306	274	244	214	240	211	184	162
사업가치(2008.10월 1일 기준)	**2,951**								
기술기여도	**42.42%**								
최종기술가치 (평가기준일: 08.10월 1일)	**1,252**								

주1) 현재가치요소, 현재가치 및 사업가치 산정은 2008.10.1을 기준으로 한 것임.

주2) 사업가치는 총 추정기간(2009년 1월 ~ 2017년 12월)동안의 현재가치 및 현금유출로 가정한 순운전자본 회수액을 현재가치화한 금액을 합한 것임.

주3) 순운전자본회수액은 2009년부터 2017년 동안 매년 증가한 총순운전자본(774백만원)은 2017년 12월에 전액 회수한다고 가정한 것임.

주4) 최종기술가치는 본 특허기술의 평가기준일인 2008.10.1일 시점을 기준으로 가치산정을 한 것임.

주5) 기술기여도는 평가대상기술이 창출한 사업가치중 기술이 공헌한 정도를 말함(산출근거는 부록 참조)

【표 5-2】 중립적 시나리오 사업가치 평가표

(단위 : 백만원)

연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
매출	5,250	4,920	4,610	4,320	4,050	3,800	3,550	3,340	3,120
매출원가	4,426	4,147	3,886	3,642	3,414	3,203	2,993	2,816	2,630
매출총이익	716	670	628	587	551	597	557	524	490
판관비	359	336	315	295	277	260	243	228	213
영업이익	357	334	313	292	274	337	315	296	277
법인세	77	71	66	61	57	72	67	62	57
세후영업이익	280	262	247	231	218	265	248	234	220
감가상각비	438	438	438	438	438	438	438	438	438
운전자본증감	414	388	363	340	319	299	280	263	246
현금흐름	304	313	322	329	337	403	406	409	412
할인율	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%
현재가치계수	0.88	0.78	0.69	0.61	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32
현재가치(2009.1월 1일 기준)	268	244	222	200	178	189	168	149	132
사업가치(2008.10월 1일 기준)	**2,686**								
기술기여도	**42.42%**								
최종기술가치 (평가기준일: 08.10월 1일)	**1,139**								

주1) 현재가치요소, 현재가치 및 사업가치 산정은 2008.10.1을 기준으로 한 것임.

주2) 사업가치는 총 추정기간(2009년 1월 ~ 2017년 12월)동안의 현재가치 및 현금유출로 가정한 순운전자본 회수액을 현재가치화한 금액을 합한 것임.

주3) 순운전자본회수액은 2009년부터 2017년 동안 매년 증가한 총순운전자본(935백만원)은 2017년 12월에 전액 회수한다고 가정한 것임.

주4) 최종기술가치는 본 특허기술의 평가기준일인 2008.10.1일 시점을 기준으로 가치산정을 한 것임.

주5) 기술기여도는 평가대상기술이 창출한 사업가치중 기술이 공헌한 정도를 말함(산출근거는 부록 참조)

【표 5-3】 비관적 시나리오 사업가치 평가표

(단위 : 백만원)

연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
매출	4,760	4,460	4,180	3,910	3,670	3,440	3,220	3,020	2,830
매출원가	4,108	3,849	3,607	3,374	3,167	2,969	2,779	2,606	2,442
매출총이익	716	670	628	587	551	471	441	414	388
판관비	420	394	369	345	324	304	284	267	250
영업이익	296	276	259	242	227	167	157	147	138
법인세	62	57	53	48	45	30	27	25	22
세후영업이익	234	219	206	193	182	138	130	122	115
감가상각비	438	438	438	438	438	438	438	438	438
운전자본증감	327	307	287	269	252	237	221	208	195
현금흐름	344	350	357	362	368	339	346	353	359
할인율	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%	13.33%
현재가치계수	0.88	0.78	0.69	0.61	0.53	0.47	0.41	0.36	0.32
현재가치(2009.1월 1일 기준)	303	273	246	221	195	159	143	128	115
사업가치(2008.10월 1일 기준)	**2,523**								
기술기여도	**42.42%**								
최종기술가치 (평가기준일: 08.10월 1일)	**1,070**								

주1) 현재가치요소, 현재가치 및 사업가치 산정은 2008.10.1을 기준으로 한 것임.

주2) 사업가치는 총 추정기간(2009년 1월 ~ 2017년 12월)동안의 현재가치 및 현금유출로 가정한 순운전자본 회수액을 현재가치화한 금액을 합한 것임.

주3) 순운전자본회수액은 2009년부터 2017년 동안 매년 증가한 총순운전자본(740백만원)은 2017년 12월에 전액 회수한다고 가정한 것임.

주4) 최종기술가치는 본 특허기술의 평가기준일인 2008.10.1일 시점을 기준으로 가치산정을 한 것임.

주5) 기술기여도는 평가대상기술이 창출한 사업가치중 기술이 공헌한 정도를 말함(산출근거는 부록 참조)

4.1 사업가치의 종합 결론

본 평가대상기술의 사업가치 및 기술가치 평가결과를 요약하면 다음과 같다.

본 평가대상기술의 사업가치 및 기술가치 평가결과를 요약하면 다음과 같다. 본 기술은 특허의 권리성, 기술성, 시장성, 사업성을 종합적으로 고려할 때 3가지 시나리오 중 중립적 시나리오에 해당한다.

평가대상기술은 지반상태나 지보재의 품질이 충분히 확보되지 않은 여건에서도 터널구조물의 안정성을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라, 굴착단면적, 라이닝품질, 내구연한 등에서 기존 공법에 비해 경쟁력이 있으며, 향후 기술의 수출 및 해외 터널공사 시장의 진출도 기대된다. 다만, 건설 관련 신기술의 경우 현장 적용에 있어 행정, 법규 등의 여러 제한이 있어 이를 극복하지 못한 경우 시장이 그리 크지 않을 수 있다.

평가대상기술은 최종적으로 (주) 태영건설이 활용할 예정이므로 평가의 객관성과 정확성을 위하여 2003년부터 2007년까지 과거 5개년 평균 재무자료를 활용하여 사업가치를 산출하였다. (주) 태영건설의 경우, 종합건설업의 전문회사로써 시장에서 일정 수준의 브랜드를 형성하고 있어 본 기술을 활용할 경우, 기존의 공사비의 절감효과 등 영업활동에 많은 도움을 주기 때문에 사업화를 시작하여 시장에 적용하기에는 용이할 것으로 판단된다.

본 기술제품이 2009년부터 2017년까지 창출할 총 순현금흐름액(순현금유입액)은 3,235백만원으로 추정되며, 이를 자본비용인 할인율 13.33%를 적용하여 2008년 10월 1일 시점으로 현재가치화할 경우 2,686백만원(사업가치)일 것으로 추정된다. 이에 평가대상 특허기술인 특허 제610556호 “충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법”건이 사업가치 창출에 공헌한 기술기여도(42.42%)를 곱하여 기술가치를 산정한 결과 최종 기술가치는 1,139백만원으로 추정된다.

*추정된 기술가치는 발명가가 제출한 자료와 객관적인 시장자료를 토대로 합리적인 가정과 제약조건 하에 DCF 법과 기술가치 평가 Tool을 적용하여 전문가들이 산출한 금액이므로 실제와는 차이가 발생할 가능성이 존재한다.

【표 5-4】 충진형 PC 판넬 터널 라이닝 시스템 및 그 시공법 외 1건의 최종 기술가치

(단위 : 백만원)

항 목	평가금액
총현금액 - 2009년 ~ 2013년	3,235
사 업 가 치 (2008.10.1기준)	2,686
기술기여도	42.42%
최종 기술가치 (2008.10.1기준)	**1,139**

주1) 총현금액 - 순현금흐름액 현재가치를 고려하지 않은 총현금액

주2) 총현금액의 현재가치 - 2008년 10월 1일 시점으로 할인율을 반영한 금액

주3) 사업가치 - 평가시점인 2008년 10월 1일 시점으로 환산한 금액

4.2 주요 가치변수 분석

4.2.1 수익기간추정 (기술수명분석)

수익기간 추정은 평가대상기술의 기술수명주기를 고려하여 기술제품의 경제적 수명주기 추정을 의미한다. 먼저, 기술제품의 수익기간은 법적 수명, 물리적 수명, 기술적 수명, 기능적 수명, 분석적 수명, 경제적 수명 등을 고려하여 결정할 수 있는데, 이 중 하나의 기준만을 선택하여 수익기간을 추정하지는 않는다. 해당 자산의 제품수명주기 및 유사한 자산의 추정내용연수에 관한 정보, 기술적, 공학적 또는 기타 유형의 진부화, 산업의 안정성 및 제품시장의 수요변화 및 자산의 통제가능 기간 및 자산사용에 대한 법적 또는 유사한 제한 등을 분석하여 종합적으로 결정한다.

이러한 결정은 "2.2.2 기술의 경제적 수명"을 고려하여 본 평가에 참여한 평가자의 합의에 의하여 도출된 것이다. 본 기술제품의 수익기간은 사업가치평가 시 일반적으로 활용되는 재무추정기간 9년으로 판단하였고 가치분석기간은 2009년 1월 ~ 2017년 12월로 결정하였다.

4.2.2 대용기업(산업) 재무 데이터

본 평가의 할인율 및 목표 자본구조를 결정하기 위하여 거래소에 상장된 종합건설업의 공시된 재무제표를 활용하였다. 향후 재무구조면에서 가장 유사할 것으로 예상되는 기업은 본 평가기술을 활용하려는 (주) 태영건설이고 제품의 기능과 시장성면에서도 가장 흡사한 것으로 판단하여 시장 내에서의 대용기업으로 선택하였다.

본 평가에 이용한 대용기업의 재무 데이터는 한국신용정보 DB를 활용하였다. 평가를 위한 기본적인 재무 데이터는 한국신용정보가 제공하는 (주) 태영건설의 재무제표와 18,985개 종합건설업체의 평균 재무제표를 활용하였으며,

대용산업의 WACC, 시장이자율(Market Rate), 무위험이자율, 재무레버리지, β 의 데이터는 Bloomberg에서 제공되는 자료를 이용하였다.

4.2.3 할인율 결정

① 할인율의 의미

할인율은 예상되는 경제적 이익을 현재가치로 전환하는 과정에서 적용하는 자본비용을 의미한다. 경제적 이익의 대상이 현금흐름이면 현재가치할인율이라고 하며, 순이익 등이면 이익자본화율이라고도 한다.

② 결정방식

일반적으로 사업가치평가시 할인율을 산출하는 방법에는 가중평균자본비용(WACC), 자본자산가격결정모형(CAPM), 차익거래가격결정모형(APM) 등이 이용되고 있다.

ⓐ WACC는 일반적으로 기술이 완전히 상용화되어 시장에서 기술이 입증되고 기술제품이 시장기반을 구축하고 확립되어 있는 경우(Old established products and technologies), 사업가치를 결정하고자 할 때 적용한다. 이 경우 WACC는 8%~15% 범위내에서 이용된다.

ⓑ CAPM은 사업의 위험정도를 주식시장의 시장포트폴리오에 의한 시장위험(β계수)을 측정하고, 기대되는 자본의 리스크 프리미엄(Risk premium) 또는 투자자가 무위험자산에 대한 수익률(R_f)을 초과하는 자본의 미래수익에 대한 기대치를 산출하여 사업가치를 결정할 할인율을 도출한다. 일반적으로 CAPM에 의해 할인율을 결정할 경우 대체로 15%~25% 범위내에서 산출된다. (이 방법은 원래 자지가본비용을 결정하는 모형이나 본 평가에서는 경험적 자료인 리스크 프리미엄을 근거로 자본비용을 추정하는 모형으로 변형하여 사용한 것이다.)

- Capital Asset Pricing Model(CAPM)

$$K_s = r_f + (\beta_s \times ERP)$$

여기에서

K_s="S"사에 대한 전체적인 할인율(자본 비용)

r_f = 무위험자산의 예상 수익율

β_s="S"사 주식의 베타지수

ERP = 기대되는 자본의 리스크 프리미엄 = [시장이자율 - 무위험이자율]

【표 5-5】 ERP(리스크 프리미엄):

Risk Premiums for Discounting Project Income Streams

구 분	설 명	리스크 프리미엄
1	시장에서 강력한 브랜드 파워를 가진 확립된 사업으로 자금조달이 용이하고 경영이 안정적이며, 또한 과거의 이익구조가 안정적이고 미래이익에 대한 예측가능성이 매우(Optimisticly) 높다.	6-10%
2	어느 정도 이상의 경쟁산업내에서 확립된 사업으로 자금조달이 용이하고 경영이 안정적이며, 또한 과거의 이익구조가 안정적이고 미래이익에 대한 예측가능성이 **상당히(fairly)** 높다.	11-15%
3	매우 경쟁적인 산업내의 사업으로 진입시 거의 자본이 요구되지 않고 경영이 안정적이지 못하며, 과거의 실적은 좋았으나 위험요소가 많다.	16-20%
4	한 두 명의 전문적 기술에 의존하는 **소규모**의 사업이면서 특성상 매우 경제순환 주기적으로 상당히 확립된 사업. 이러한 두 가지 이유로 계획사업상의 미래이익에 대한 편차가 매우 클 것으로 기대됨.	21-25%
5	개인적 특성이 강한 소규모의 1인 사업으로 이익흐름의 이전성(지속적인 이익흐름)이 의문시 됨.	26-30%

※ 표는 미국의 벡텔사가 그 동안의 경험을 토대로 확정한 데이터임

ⓒ APM는 시장위험(β계수)이 외환위험, 이자율변동, GNP, 물가상승률 등과 같은 개별주식을 구분하는 문제들에 일련의 위험요인을 산출하여 사업의 위험정도를 측정하는 것이다.

③ 할인율 결정

할인율 결정은 가중평균자본비용(WACC)에 의한 방법을 적용하기로 한다. 재무위험이 제거된 영업위험만 반영된 (주) 태영건설의 베타에서 재무위험을 조정하여 영업위험만을 반영한 베타(U)를 구하고 2003년부터 2007년까지 5개년 평균 자본구조를 활용하여 평가대상 베타(L)로 산출하였다. 본 기술을 사업화하기 위한 산출된 베타(L)를 CAPM 모형을 통하여 본 평가기술도입 시 적용될 할인율 13.33%로 산출하였다.

【표 5-6】 기술사업화의 할인율

(1) 관련 (주) 태영건설 *β(unlevered) Average* : 0.72 (52주 평균 베타)
(2) 평가대상 기업 목표 자본구조 ($\frac{b}{s}$) : 1.22 (태영건설 5개년 평균)
(3) 시장이자율 : 11.11% (출처 : Bloomberg)
(4) 무위험이자율 : 5.26% (출처 : Bloomberg)
(5) 법인세율 : 25%
(6) 평가대상 기업 WACC = 13.33%
※ $B_L = B_u + B_u(1-t) \times \frac{b}{s}$
※ $WACC = Rf + \{E(M)-R_f\} \times B_L$

4.2.4 법인세비용

법인세비용은 다음과 같은 법인세법상 세율을 적용하였다.

【표 5-7】 법인세법상 법인세 비율

과세표준	세 율
1억원 이하	과세표준의 100분의 13
1억원 초과	1천300만원+1억원을 초과하는 금액의 100분의 25

4.2.5 매출원가율과 판관비율 추정 - 관리비율 추정

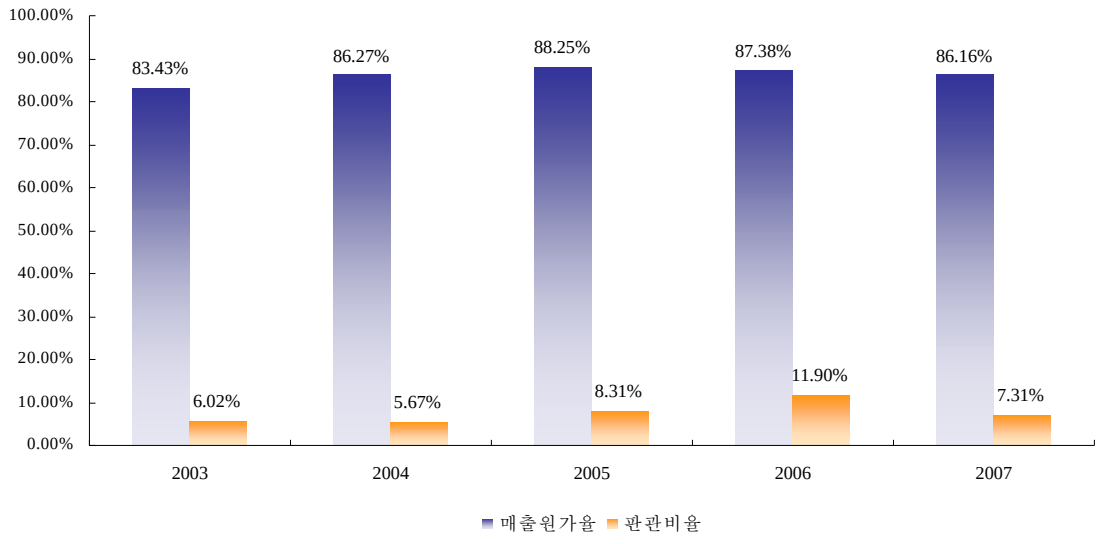
대부분의 기술 평가시 제품에 대한 합리적인 원가와 판관비를 책정하기 어려운 경우, 평가기술과 관련성이 높은 산업에서 상위권 기업들의 평균 재무자료를 산출하여 활용하는 경우가 일반적이다. 그러나 본 기술의 경우, 기술활용 주체인 (주) 태영건설의 2003년부터 2007년까지 과거 5개년 재무자료를 활용하였다. 시나리오별로는 5개년 평균치를 활용하였고 중립적 시나리오를 평균치로 적용하였고 시나리오별로 매출원가율과 판관비율을 2% 범위내에서 조절하여 활용하였다.

【표 5-8】 5개년 (주) 태영건설 매출원가율/판관비율 추세

(단위 : %)

구분	2003	2004	2005	2006	2007	평균
매출원가율	83.43%	86.27%	88.25%	87.38%	86.16%	86.30%
판관비율	6.02%	5.67%	8.31%	11.90%	7.31%	7.84%

【그림 5-2】 5개년 (주) 태영건설 매출원가율/판관비율 추세



4.2.6 운전자본 및 감가상각비 규모 추정

본 평가와 관련되어 (주) 태영건설이 사업화 추진 주체이므로 추진 주체에 대한 2003년부터 2007년까지 과거 5개년 재무자료를 활용하였다. 운전자본 및 감가상각비 규모를 추정은 과거 5개년 평균치를 활용하였다. 운전자본과 감가상각비 규모는 명확한 계획이 제시되는 경우를 제외하고 대부분 과거 평균치를 적용하고 평가의 객관성과 공정성을 위하여 시나리오별로 차별화 하지 않았다.

【표 5-9】 5개년 (주) 태영건설 유동자산/유동부채 규모

(단위 : 백만원)

구분	2003	2004	2005	2006	2007
유동자산	166,380	265,251	496,483	506,215	655,124
유동부채	155,700	146,946	279,654	376,633	465,541

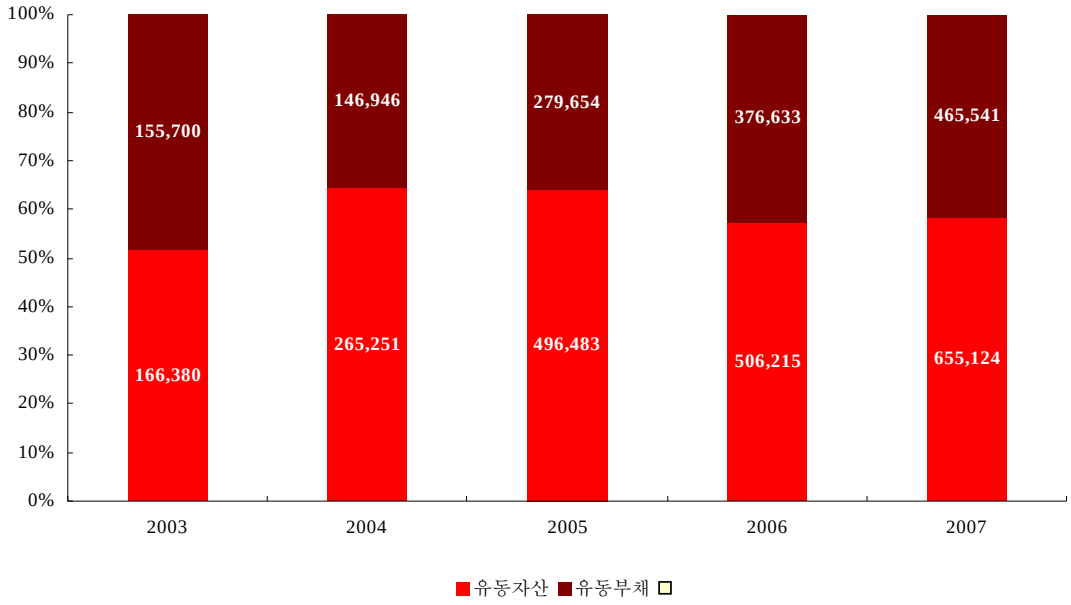
【표 5-10】 5개년 (주) 태영건설 감가상각비 규모

(단위 : 백만원)

구분	2003	2004	2005	2006	2007	평균
감가상각비	3,252	3,406	4,019	5,015	6,240	4,387

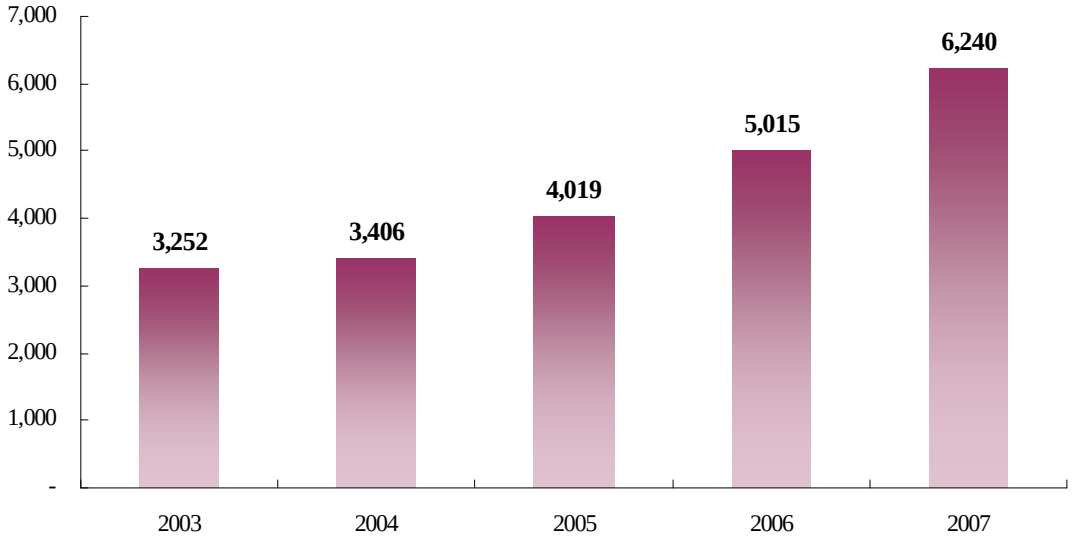
【그림 5-3】 5개년 (주) 태영건설 유동자산/유동부채 규모

(단위 : 백만원)



【그림 5-4】 5개년 (주) 태영건설 감가상각비 규모

(단위 : 백만원)



참고문헌

1. 서영화, 나승훈, 지동한, 홍은수, 이인모, “무라이닝 공법 국내 적용을 위한 지보재의 안정성”, 한국터널공학회, 2002년 한국터널공학회 정기학술발표회, 2002
2. 이인모, 홍은수, 김성구, 나승훈, 지동한, “ 무라이닝 터널공법의 국내 적용 기준”, 한국암반공학회, 2002년 암반공학회 심포지엄. 2002
3. 한국도로공사, “고속도로 터널의 조립식 라이닝 공법 적용방안 검토”, 2003
4. 정형식, 배규진, 이용준, “조립식 터널 라이닝의 내진성능 평가 및 해석기법에 대한 고찰”, 한국지반공학회논문집, 2001
5. 신희순, “NMT 공법과 조립식 라이닝”, 2001년 한국암반공학회 터널분과위원회 기술세미나논문집-국내 산악 터널링 기술의 현황과 발전방향, 2001
6. 이상필, 김동현, 류종현, 이상돈, 최명식, “PCL 공법을 적용하기 위한 고성능 숏크리트의 개발”, 2004 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2004
7. 건설교통부, “터널표준시방서”, 대한터널협회, 1999
8. 건설교통부, “콘크리트 표준시방서”, 대한토목학회, 1996
9. 서강천, “도심터널의 맹점과 보수보강사례”, 터널기술 vol 3, no 4, 2001

(별첨 1) 개별기술강도 상세 평가지표

A. 법적인 보호강도

o 권리보호의 중요성

- 재정적인 이윤이 어떠한 특허비용의 지출도 정당화할 정도로 커서 최우선적으로 권리를 유지하여야 한다.
- 해당 산업분야 평균이상으로 권리보호를 강화한다.
- 회사의 평균 이상으로 권리를 보호한다.
- 이익이 날 경우에 한해 지속적인 특허활동을 하며 형식적으로만 보호하면 된다.
- 이익이 보호비용을 초과하지 않아 보호할 실익이 없다.

o 권리범위 및 강도

- 특허 청구범위가 명확하고 넓으며 잠재적인 사업라인까지도 보호 가능하다.
- 특허 청구범위가 현재사업의 모든 제품을 보호할 만큼 충분히 넓다.
- 특허 청구범위가 주요 기능과 핵심 생산라인 제품만을 보호한다.
- 특허 청구범위가 좁고 보호될 수 있는 부분이 적다.
- 특허 청구범위가 좁고 명확하지 않아 보호되기 어렵다.

o 권리의 안정성

- 유사 선행기술이 없으며 권리 무효화 가능성이 매우 낮다.
- 소수의 유사 선행기술이 있으나 권리의 무효화 가능성은 없다.
- 소수의 유사 선행기술이 있으나 추가적 권리확보로 권리를 유지할 수 있다.
- 유사한 선행기술이 있어 권리의 일부 축소가능성이 있다.
- 유사 선행기술이 다수 존재하여 권리유지가 불확실하다.

o 경쟁기술대비 방어정도

- 특허가 다양한 디자인과 향후 응용가능성까지 Cover 하며, 모방이 어려워 시장점유율을 높이고 시장에서 우위를 유지할 수 있는 잠재력을 가진다.
- 보호(Protection)가 현재사업/생산 라인에서의 모든 비용을 Cover 하며, 모방이 어렵거나 모방여부를 쉽게 식별할 수 있어 대부분의 경쟁업체를 효과적으로 막을 수 있다.
- 보호(Protection)가 주요 기능상의 장점만 Cover 하여 보호정도가 경쟁업체와 동등수준이며 경쟁자들의 모방은 향후 사업에 크게 영향을 미칠 것으로 보이지는 않는다.
- 경쟁자들이 과다한 비용이나 어려움 없이 회피 설계를 통해 제품을 생산할 수 있다.
- 보호(Protection)정도가 유사 제품을 생산하기 위한 대체기술의 사용을 전혀 막지 못한다.

B. 상업적 우위성

o 기술상용화 단계(기능)

- 국내 생산라인에서 신규 및 대체제품의 생산이 가능한 기술이다.
- Prototype은 이 기술이 현재 생산라인에 기능상 장점이 있다는 것이 입증되었다.
- 기능상의 장점이 연구단계에서 입증된 수준이다.
- 기능상의 장점을 입증하기 위해서 필요한 연구개발 계획을 수립하였다.
- 연구결과 기존기술에 비해 기껏해야 동일한 수준이다.

o 기능적 우위성(기능)

- 경쟁/대체기술의 출현가능성이 없고 장점이 여러 가지인 좋은 기술이다.
- 경쟁/대체기술의 출현가능성이 있으나 이를 극복할 우수성을 확보하였다.
- 경쟁/대체기술이 일부 존재하고 약간의 단점이 있으나 보완할 여지가 있다.
- 경쟁/대체기술의 출현가능성이 매우 높은 기술이다.
- 경쟁/대체기술이 다수 존재하고 성능면에서 효과가 매우 불확실하다.

o 기술의 생산력(기능)

- 기존설비, 인력 및 원자재로 생산이 가능하다.
- 기존설비를 활용할 수 있으나 원자재는 새로이 확보해야 한다.
- 기존 원자재를 활용할 수 있으나 기존설비의 보완 및 확장이 필요하다.
- 기존 원자재를 활용할 수 있으나 신규설비가 필요하다.
- 큰 규모의 신규설비투자가 필요하고 원자재도 새로이 확보해야 한다.

o 기술의 자립도(기능)

- 제품의 핵심 및 주변부분 모두에 기인하며, 독자적인 사업화가 가능하다.
- 제품의 핵심부분에 기인하여 제품에의 기여도가 절반이상이며 추가로 필요한 보완적인 기술은 잘 알려진 기술이다.
- 제품화를 위해 보완적인 기술이 필요하나 적은 비용으로 외부조달이 가능하다.
- 제품화를 위해 보완적인 기술이 필요하며 보완 기술의 확보에 시간과 비용이 많이 든다.
- 제품화에 거의 기여하지 못한다.

o 기술의 파급효과(활용)

- 파급효과 매우 커서 대부분의 기술을 혁신시키며 이 기술을 기반으로 사용한다.
- 다수 산업과 다수 제품분야에서 활용성이 입증되고 미치는 영향도 크다.
- 소수 산업분야와 소수 제품분야에서 지속적으로 활용된다.
- 일부 산업분야에 활용성이 증명된 기술이나 그 영향이 미미한 정도이다.
- 산업분야에서 기술의 활용성이 입증된 바 없다.

o 유사기술의 성공사례(활용)

- 유사기술이 전 세계적으로 성공적으로 사용되고 있다.
- 유사기술이 국내 또는 전 세계적으로 실용화되어 성공한 사례가 있다.
- 유사기술의 상용화가 진행 중이다.
- 유사한 연구개발이 다른 곳에서 진행 중이다.
- 유사한 아이디어들이 입증되어 왔지만 상업화에 성공하지 못하였다.

o 시장진입 용이성

- 향후 법제도 장려요인이 있거나 6개월 이내에 생길 가능성이 높아 시장진입이 매우 용이하다.
- 최소한의 규제만 있어 시장진입이 용이하며, 대처능력이 있다.
- 시장진입에 대한 규제가 있으나 향후 1년 이내에 제거가 확실한 상황이다.
- 중요한 진입장벽은 있으나 제거할 수 있다.
- 승인에 오랜 시간이 소요되어 시장진입이 상당히 지연된다.

o 시장확보 가능성(재무)

- 시장점유율에 있어 리더에 속한다.
- 기존시장을 점유함과 아울러 새로운 시장이 창출된다.
- 현존시장이 여러 업체들에 의해 분할된다.
- 단일시장이나 Niche 시장만 존재한다.
- 기너무 Minor해서 주요 시장 창출가능성이 없다.

o 가격/원가 우위성(재무)

- 국내 또는 세계시장에서 가격/원가경쟁력이 충분하다.
- Prototype 분석결과 현재의 생산라인에 비해 가격/원가의 장점이 있다.
- 연구개발단계에서 가격/원가경쟁력이 입증되고 기존 대체품 대비 경쟁력이 있다.
- 연구개발단계에서 긍정적인 비용/이익 분석결과가 이루어지지 않았으나 틈새시장 진입가능성이 있다.
- 우선 순위에서 밀려 더 이상 아이디어를 발전시키지 못하고 소수 분야의 시장만 관심을 나타내고 있다.

o 이익구조상 우위성(재무)

- 기술적인 장점으로 인해 많은 대체품보다 높은 값을 받을 수 있다.
- 원가절감으로 평균이상의 이윤 달성이 가능한 수준이다.
- 완료를 위해 필요한 투자는 가능하다.
- 생산/운영비용이 너무 많이 든다.
- 초기에 필요한 투자가 너무 크다.

(별첨 2) 업종별 할인율 및 기술기여도

표준산업분류 (8차)		할인율						기술기여도
업종코드	업종명	코스피	코스닥	비상장(대)	비상장(중)	비상장(소)	비상장(창업)	산업기술요소
A01	농업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
A02	임업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
B05	어업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
C10	석탄, 원유 및 우라늄 광업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
C11	금속 광업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
C12	비금속 광물 광업; 연료용 제외	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D15	음식료품 제조업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
D17	섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D18	봉제의복 및 모피제품 제조업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D19	가죽, 가방 및 신발 제조업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
D20	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D21	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D22	출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
D23	코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	6.60%	7.90%	8.80%	9.70%	11.90%	14.60%	55.44%
D241	기초 화합물 제조업	6.60%	7.90%	8.80%	9.70%	11.90%	14.60%	55.44%
D242	의약품 제조업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
D243	기타 화학제품 제조업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.85%
D244	화학섬유 제조업	6.60%	7.90%	8.80%	9.70%	11.90%	14.60%	55.44%

업종코드	업종명	코스피	코스닥	비상장(대)	비상장(중)	비상장(소)	비상장(창업)	산업기술요소
D25	고무 및 플라스틱 제품 제조업	6.60%	7.90%	8.80%	9.70%	11.90%	14.60%	55.44%
D26	비금속광물제품 제조업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
D27	제 1차 금속산업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	52.33%
D28	조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	52.33%
D291	일반목적용 기계 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D292	가공공작기계 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D293	기타 특수목적용 기계 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D2936	반도체 제조용 기계 제조업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%
D2939	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	66.90%
D294	무기 및 총포탄 제조업	6.60%	7.90%	8.80%	9.70%	11.90%	14.60%	55.44%
D295	기타 가정용 기구 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D30	컴퓨터 및 사무용 기기 제조업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%
D31	기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D34	자동차 및 트레일러 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%

업종코드	업종명	코스피	코스닥	비상장(대)	비상장(중)	비상장(소)	비상장(창업)	산업기술요소
D35	기타 운송장비 제조업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	60.63%
D36	가구 및 기타제품 제조업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
D37	재생용 가공원료 생산업	6.70%	7.70%	8.60%	9.60%	12.00%	15.10%	52.33%
E401	전기업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	43.81%
E402	가스제조 및 배관 공급업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	43.81%
E403	증기 및 온수 공급업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
F45	종합 건설업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	62.66%
F46	전문직별 공사업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	62.66%
G50	자동차 판매 및 차량연료 소매업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
G51	도매 및 상품 중개업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
G52	소매업; 자동차 제외	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
I60	육상 운송 및 파이프라인 운송업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	62.66%
I61	수상 운송업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	62.66%
I62	항공 운송업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	62.66%
I63	화물 취급업	7.60%	8.20%	9.10%	10.50%	12.80%	16.60%	43.81%
J64	통신업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%
L70	부동산업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
L71	기계장비 및 소비용품 임대업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
M72	정보처리 및 기타 컴퓨터 운영 관련업	7.00%	9.10%	10.10%	11.10%	13.10%	15.90%	66.90%

업종 코드	업종명	코스피	코스닥	비상장(대)	비상장(중)	비상장(소)	비상장(창업)	산업기술요소
M731	자연과학 연구 개발업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	43.81%
M732	인문 및 사회과학 연구 개발업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
M741	법무 및 회계관련 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M742	시장조사 및 경영상담업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M743	건축기술 및 엔지니어링 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M744	과학 및 기술 서비스업	7.70%	7.70%	8.40%	9.50%	12.00%	15.30%	66.90%
M745	광고업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M746	전문디자인업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M749	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	66.90%
M75	사업지원 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	39.11%
O80	교육 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
P85	보건업	6.20%	7.80%	8.70%	9.70%	11.90%	14.50%	43.81%
Q87	영화, 방송 및 공연 산업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	39.11%
Q88	기타 오락, 문화 및 운동관련 산업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	39.11%
R90	하수처리, 폐기물처리 및 청소관련 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.85%
R91	회원 단체	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	43.81%
R92	수리업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	60.63%
R93	기타 서비스업	6.80%	8.90%	9.40%	10.60%	12.90%	15.90%	39.11%

(별첨 3) 기술수명 영향요인의 정량화 평가지표

<평가지표>

1) 특허인용수명지수 : 평가대상기술 분야의 특허인용수명지수(중앙값 기준)를 도입하고, 평가대상기술 관련 산업재산권 등록일로부터 평가시점까지의 기간을 차감한 나머지 기간 즉, 특허인용수명 잔존기간을 활용하여 평가함. 특히, 노하우(Know-how)기술의 경우 오랜 기간 고유기술화 하여 보유한 점을 감안하여 B등급 이상으로 평가할 것을 권장함.

◉ 특허인용수명 잔존기간= CLT − (등록일 기준 평가시점까지 기간)

A. 특허인용수명 잔존기간이 8년 이상이다.
B. 특허인용수명 잔존기간이 8년 이하이다.
C. 특허인용수명 잔존기간이 6년 이하이다.
D. 특허인용수명 잔존기간이 4년 이하이다.
E. 특허인용수명 잔존기간이 2년 이하이다.

2) 법적 제도적 요인 : 기관과 정부의 표준화 시도나 육성책 등 관련 법규의 동향이나 정부의 시책을 고려하여 기술수명에 미칠 영향을 판단함. 단, 법적 및 제도적 규제기간이 명시적일 경우 그 기간을 기술수명으로 결정할 수 있음.

A. 법적 제도적 장려요인이 있다.
B. 법적 제도적 장려요인이 생길 가능성이 있다.
C. 법적 제도적 장려 내지 제약요인이 생길 가능성이 거의 없다.
D. 법적 제도적 제약요인이 있어 기술의 사용이 점차 줄어들 것이다.
E. 법적 제도적 제약요인이 있어 기술의 사용이 단기간 내에 금지될 예정이다.

3) 대체기술의 출현 : 평가대상기술을 대체할 기술의 출현가능성 및 존재여부를 판단하여 평가함.

A. 적용 가능한 대체기술의 출현가능성이 없다.
B. 적용 가능한 대체기술의 출현가능성이 있다.
C. 일부 사항이 보완되면 적용 가능한 대체기술이 존재한다.
D. 적용 가능한 대체기술이 다소 존재한다.
E. 적용 가능한 대체기술이 다수 존재한다.

4) 기술발전의 단계 : 기술수명은 기술수명 주기 상의 위치(도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기)에 따라 달라짐. 기술수명 주기상 위치의 판단은 공정혁신의 감소, 기술혁신의 감소 등을 고려하여 판단할 수 있음.

A. 도입기의 기술로 상당기간 활용이 가능하다.
B. 성장기의 기술로 활발히 활용되고 있다.
C. 성숙기의 기술로 활용도가 정체 상태에 있다.
D. 쇠퇴기의 기술로 활용도가 약화되고 있다.
E. 기술의 도입이 불확실해 보인다.

5) 고객니즈의 변화 : 평가대상 기술에 대한 시장에서의 수요 정도 및 지속가능성 등을 고려하여 기술수명 판단 근거로 함.

A. 평가기술에 대한 수요가 매우 크고 장기간 지속될 것으로 예상된다.
B. 평가기술에 대한 수요가 증가하고 있다.
C. 평가기술에 대한 수요가 유지되고 있다.
D. 평가기술에 대한 수요가 감소하고 있다.
E. 평가기술에 대한 수요가 거의 없다.

6) 시장경쟁의 변화 : 시장 경쟁 업체의 수를 조사 분석하여 기술 수명의 판단 근거로 하며, 경쟁업체의 수익률 등을 이용하여 경쟁 강도를 평가할 수 있음.

A. 경쟁대상 업체나 제품이 거의 없어 높은 수익률이 기대된다.
B. 경쟁대상 업체나 제품이 소수이나 수익률이 높아 경쟁대상 기업의 수가 증가하고 있다.
C. 경쟁대상 업체의 수가 다수이며 신규 제품이 경쟁적으로 출시되고 있다.
D. 경쟁대상 업체의 수가 너무 많아 수익률이 낮거나 감소하고 있는 상태이다.
E. 수익률이 너무 낮아 경쟁대상 업체의 수가 감소하고 있다.

(지식경제부의 기술가치평가 실무요령 2008. 5 (첨부 3) 참조)