프리캐스트 콘크리트 패널의 교량 바닥판 적용검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2005년도 고속도로 설계 실무자료집(2006, 한국도로공사)

1. 일반현황

거더교의 슬라브 콘크리트 타설을 위하여 가설재로서 주로 사용되고 있는 합판거푸집이나 Deck Plate의 경우 시공성, 안전성이 떨어지거나 유지관리나 내구성 측면에서 불리하므로 이에 대한 개선방안을 강구코자 함

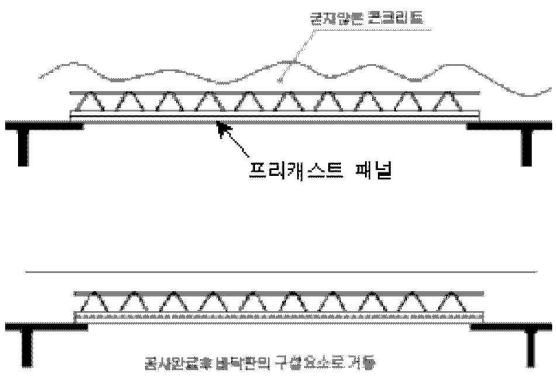
2. 현황 및 문제점

2.1 현 적용현황 및 문제점

구 분	합판 거푸집 및 목재동바리	Deck Plate	비 고
적용실태	· 일반적인 교량에 적용	· 교량 하부도로 이용 교통량이 많은 경우 및 고소교량에 적용	설계일 16210-598호 ('97.1.23)
문제점	· 고소공간내 거푸집(동바리) 설치 및 해체를 위한 작업 시행으로 인하여 안전성 확보 불리 · 공기가 많이 소요되고 작업 효율이 떨어짐	· 콘크리트와 재질이 다른 영구 거푸집으로 사용되므로 균열 발생시 발견이 어려워 유지 관리측면에서 불리 · Plate와 콘크리트 접합면에 물고임으로 인한 콘크리트 열화 우려	

2.2 Precast concrte pannel

(1) 개념

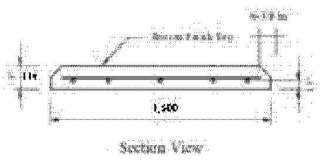
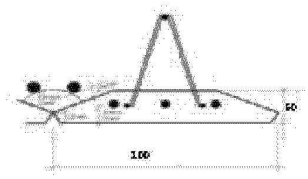
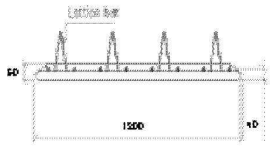
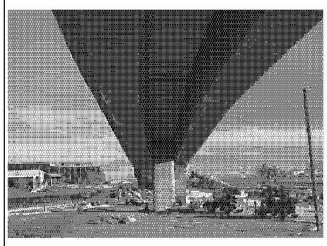
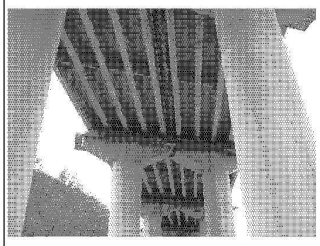
개 념	개 요 도
· con'c 타설전 및 타설시에는 거푸집으로 타설후에는 바닥판을 구성하는 구조부재(Structural Paticipating)로 거동. · 시공단계별 내하력확보가 필수적이며, 현장타설 콘크리트와 합성작용을 통한 원활한 거동발휘가 요구됨.	

(2) 국내 · 외 설계기준 및 적용현황

(2.1) 설계기준

구 분	미 국 (AASHTO/LRFD)	영 국 (BS5400)	한 국 (도로교설계기준)	비 고
관련 시방기준	· AASHTO/LRFD : 9.7.4.3 concrete form work	· BS5400 Part 5 : 9.3 Structural participation · Design Manual for Road and Bridge : 3.3.1 Participating formwork	· 도로교설계기준 : 3.6.4 프리캐스트 바닥판 및 4.7.8 프리캐스트 바닥판	

(2.2) 적용현황

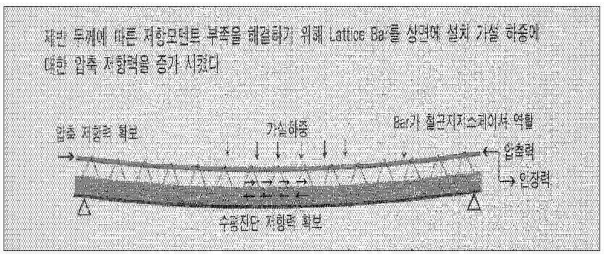
구 분	미 국	영 국	한 국
공법사례	HALF-DECK공법	OMNIA-DECK공법	LB-DECK공법
개념도 (단면도)			
적 용 두 께	• 최종바닥판 두께의 55% 이하 • 9cm 이상 • Lattice Bar없음.	• 6cm • Lattice Bar 추가	• 최종 바닥판 두께의 55% 이하 • 6cm • Lattice Bar 추가
시공예	 • 교량명 : I-225 Parker - Road Bridge • Two Box Girder	 • 교량명 : A69 Maltwhistle- viaduct • 형식 : Steel Plate Girder	 • 교량명 : 중부내륙고속도로 (대성교) • 형식 : P.S.C Beam

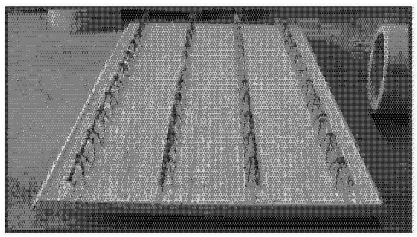
3. 개선내용

3.1 국내적용 공법

3.1.1 개요

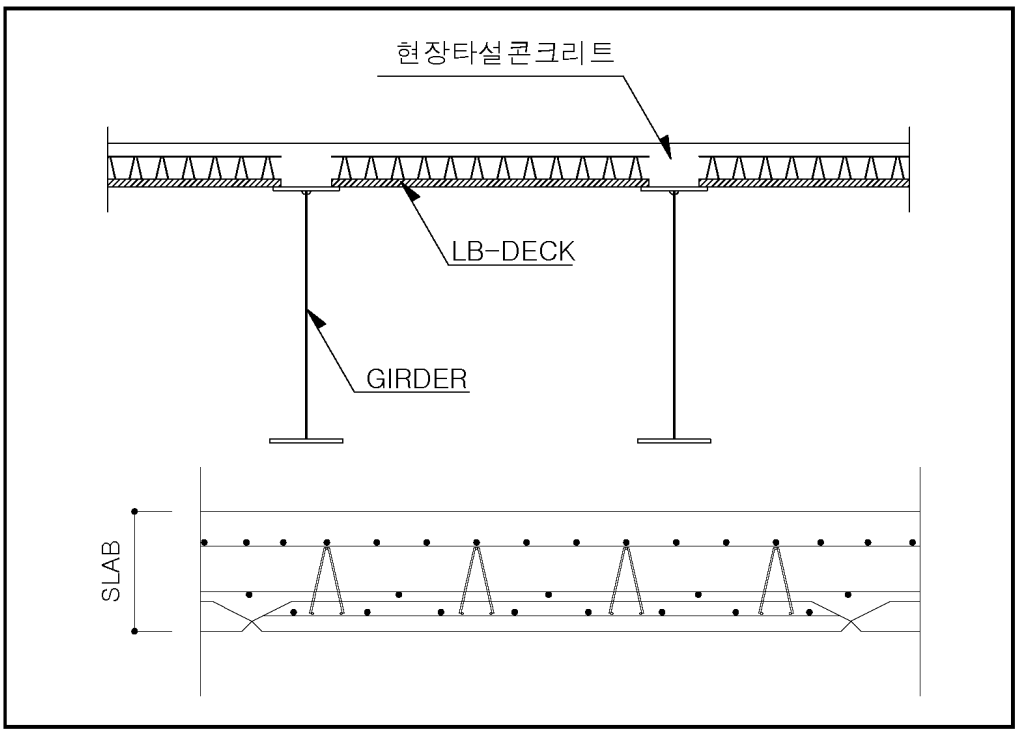
(1) Lattice Bar가 부착된 프리캐스트 판넬로서 현장치기 콘크리트와 일체화되어 완전합성 작용에 의해 외력에 저항하는 거푸집 겸용 프리캐스트 바닥판



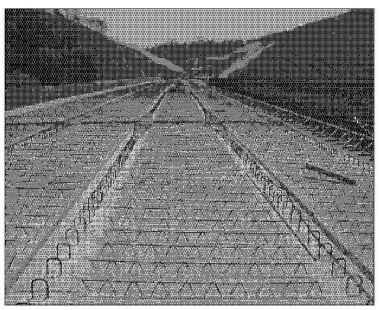
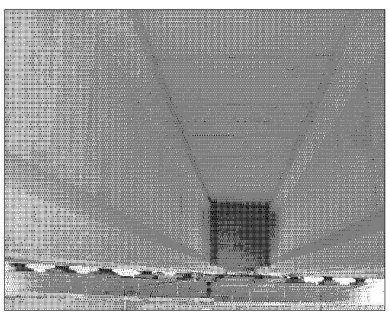


3.1.2 시공방법

(1) 폭 1.2m, 두께 6cm의 고강도(f_{ck}=400kgf/㎠) 프리캐스트 판넬에 미리 삼각형 형태의 Lattice Bar와 인장주철근의 일부를 배치하고 공장에서 제작한 후, 현장으로 운반하여 대차를 이용, 거더와 거더사이에 설치한 다음 나머지 필요한 인장주철근과 배력철근을 배근한 후 콘크리트를 타설하여 합성바닥판을 완성

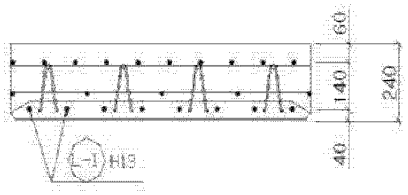


3.1.3 주요특징

구 분	내 용	비 고
구조 측면	· Precast Panel의 철근에 용접된 Lattice Bar가 현장치기 con'c와 Precast Pannel간의 수평전단 연결재역할을 함으로서 구조적으로 합성 거동을 수행함. · Precast Panel 내부의 철근은 시공 중에는 자중, 타설하중 등에 대한 인장 주철근 역할을 하며, 시공 후에는 현장치기 콘크리트와 합성 거동으로 인장 주철근 역할을 함.	
시공 및 안전 측면	· 작업발판, 동바리가 필요 없고 이에 따른 별도의 해체공정이 없으므로 공사중 추락사고에 대한 재해위험 제거. · 단순공종에 의한 반복 작업으로 신속한 시공 및 공사기간 단축가능.	
품질 및 환경 측면	· 공장제작으로 품질에 대한 신뢰성 확보 가능. · Deck Plate 공법과 달리 슬래브 하면이 노출되어 있어 유지관리시 상시관찰 가능. · 마감노출면이 평탄하므로 미관이 양호.  	

3.1.4 합성바닥판으로서의 적정성 검토

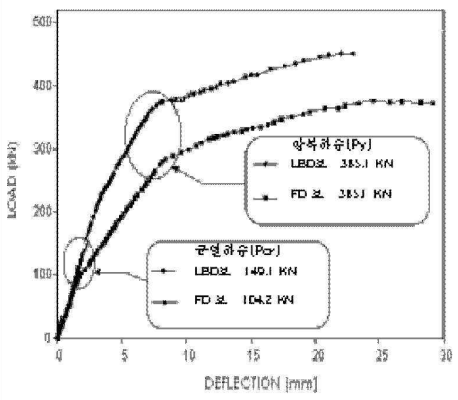
(1) 도로교설계기준의 적합성

도로교 설계기준 해설 (2003)	검토내용
• 4.7.8 프리캐스트 바닥판	(1),(2)
(1) 현장치기 콘크리트와 합성되는 프리캐스트콘크리트 패널의 두께는 합성된 최종 바닥판 두께의 55%를 초과할 수 없으며, 9cm보다 커야한다. (4.7.8.1 (2)항)	
(2) 프리캐스트 콘크리트 패널의 두께가 너무 두꺼우면 상대적으로 현장치기 콘크리트의 두께가 얇아져 패널사이의 이음부에서 균열이 발생하기 쉽다. 이와 같은 균열을 억제하기 위한 한계가 바닥판 두께의 55%라고 판단되며, 이 수치 이하로 프리캐스트 패널을 설계하는 것이 좋다 (4.7.8.1 해설2)	- 합성된 최종바닥판 두께 : 24cm - 설계기준 : 24×0.55=13.2cm이하 - LB-DECK 패널두께 : 6cm ∴ 설계기준 만족 ※ "9cm보다 커야 한다"는 규정은 Lattice Bar가 없을 때의 일반적인 프리캐스트 판넬에 대한 사항으로 그와 달리 본 공법은 도로교 설계기준(좌측3,4항)을 충족할 수 있도록 패널의 두께 6cm와 Lattice bar의 조합으로 자중, 시공하중 그리고 현장타설 콘크리트의 하중을 지지할 수 있음을 실험적으로 입증하였음.
(3) 이 절에 규정되어 있지 않은 다른 형태의 프리캐스트 바닥판을 사용하는 경우에는 정밀한 해석이나 또는 시험 등에 의해 사용성과 안전성을 확인한 후 발주자에 의해 승인되어야 한다. (4.7.8.1 (3)항)	(3) Lattice Bar가 부착된 프리캐스트 판넬에 대하여 합성 전·후의 성능시험 및 피로시험을 통해 사용성과 안전성이 확인되었음. (별첨#1 실험보고서 참조)
(4) 프리캐스트 패널은 자중, 시공하중, 그리고 현장치기 콘크리트의 무게를 지지하는 것으로 가정하여 해석하며, 현장치기 콘크리트와 합성으로 작용하여 추가고정 하중과 활하중에 의한 모멘트를 지지하는 것으로 가정하여 해석한다. (4.7.8.2 (2)항)	(4) 합성전 LB-DECK의 구조적 안정성을 실험과 해석을 통하여 검증(별첨#1, #2)하였으며, 현장치기 콘크리트와의 합성작용에 대하여 실험을 통해 확인한 바 완전합성 거동을 하는 것으로 판명됨.

(2) 합성 전, 후 구조적 안정성

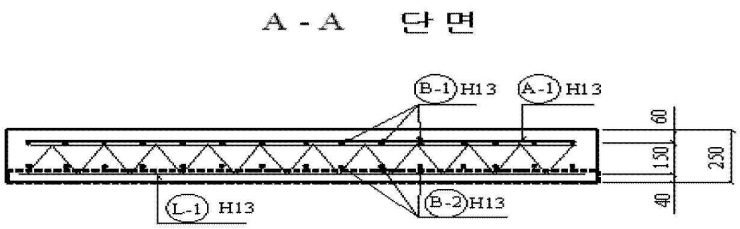
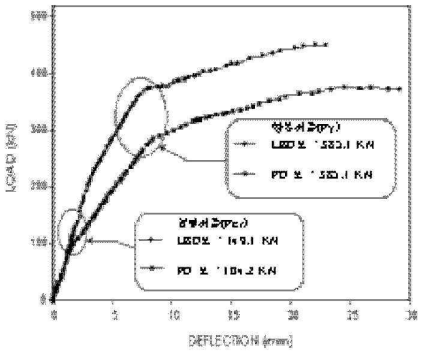
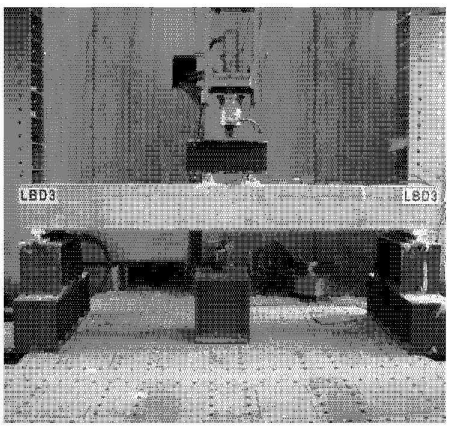
(2.1) 합성 전후의 바닥판 성능실험결과

(2.1.1) LB-DECK 교량바닥판의 합성전후 내하력 평가연구보고서(전남대 및 호남대)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">평 가 항 목</th><th colspan="2">LB-DECK
철근콘크리트 바닥판</th><th>현장타설
철근콘크리트 바닥판</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="6">합
성
전</td><td colspan="2" rowspan="2">균열하중</td><td>B=0.2m</td><td>B=0.3m</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">안전율 :
1.21~1.56</td></tr>
<tr><td>4.5 kN/m</td><td>5.2kN/m</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">균열모멘트</td><td>B=0.2m</td><td>B=0.3m</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>3.02 kN · m</td><td>3.51 kN · m</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">거푸집 검토시
계산되는 모멘트</td><td>B=0.2m</td><td>B=0.3m</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>1.94 kN · m</td><td>2.91 kN · m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">합
성
후</td><td rowspan="2">휨 강도</td><td>균열하중</td><td colspan="2">149.1 kN</td><td>104.2 kN</td><td>43.1% 증가</td></tr>
<tr><td>항복하중</td><td colspan="2">385.1 kN</td><td>284.6 kN</td><td>35.3% 증가</td></tr>
<tr><td colspan="2">휨 강성
(부재강성 변화)</td><td colspan="2">48.89</td><td>28.72</td><td>70.2% 증가</td></tr>
<tr><td colspan="2">균열간격 평가</td><td colspan="2">15.0 cm</td><td>15.4 cm</td><td>-</td></tr>
<tr><td>결론</td><td colspan="3">· LB-DECK에 대한 합성전 정적하중 실험결과 자중, 타설하중, 작업하중, 등에 의한 설계모멘트보다 LB-DECK의 균열 및 항복모멘트가 훨씬 크고, 각각에 대한 안전율 확보.
· 합성후에도 현장타설 철근 콘크리트 바닥판 대비 균열하중은 1.43배, 항복하중은 1.35배 가 높아 LB-DECK를 이용한 합성바닥판 성능이 우수.</td><td colspan="3">
</td></tr>
</table>

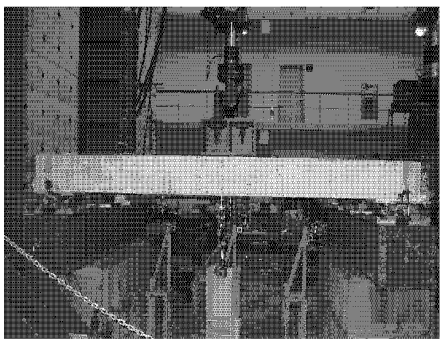
(2.2) 합성작용 여부에 대한 검토

(2.2.1) LB-DECK 교량바닥판의 합성전후 내하력 평가연구보고서(전남대 및 호남대)

시험체 단면도	
균열패턴	
하중-변위 곡선	
검토결과	LB-DECK와 현장타설 콘크리트의 완전합성 여부에 대한 검토 결과 정적 재하 시험에 의한 하중-변위 곡선이 연속성을 나타내고 균열 패턴 역시 불연속 또는 단절된 양상은 보이지 않으므로 완전합성 거동을 하는 것으로 판단되며, 특히, Lattice Bar가 스터드 역할을 함으로 슬립은 발생하지 않는 것으로 사료됨.

(2.3) 피로안정성 검토

(2.3.1) LB-DECK 교량바닥판의 합성전후 내하력 평가연구보고서(전남대 및 호남대)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>LB-DECK 바닥판</th><th>현장치기 바닥판</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>상대평가
(파괴시
반복회수)</td><td>323,685회</td><td>61,222회</td><td>• 정적파괴하중의 60%를 피로하중으로 재하시의 반복회수 (17tonf)</td></tr>
<tr><td>절대평가
(200만회
재하후)</td><td>• 0.36mm 잔류변형 발생
• 약 7.1%의 강성도 감소
• 정적파괴 하중의 79%에서 파괴발생</td><td>-</td><td>• 실하중 재하
(12.5tonf)</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="3">• LB-DECK 바닥판과 현장치기 바닥판의 상대적인 피로성능 평가 결과 LB-DECK 바닥판이 피로 성능에서 우수함.
• 설계하중에 의한 LB-DECK 바닥판의 피로성능 시험결과 200만회의 피로에도 충분할 정도의 건전도를 유지하고 있어 피로에 대하여 안전성이 확보되었다고 판단됨.
</td></tr>
</table>

3.1.5 공법별 비교

(1) 장단점 비교

구 분	합판거푸집 +동바리	Deck Plate	합성바닥판	비 고
공 정	· 현장 제작된 합판거푸집과 지지용 동바리를 위한 별도의 가설 및 해체 작업 시행	· 파형강판을 거더사이에 용접하여 설치	· 공장에서 제작된 판넬을 작업대차를 이용하여 거더사이에 설치	
소요공기	약 2개월 소요	약 10일 소요	약 20~30일 소요	L=210m 기준
장·단점	· 시공성 및 안전성 불량 · 하부 통행차단 필요 · 시공 경험상 유리	· 시공성 및 안전성 양호 · 하부 통행 차단 불필요 · 균열발생 확인 곤란 · 콘크리트 열화우려	· 시공성 및 안전성 양호 · 하부 통행 차단불필요 · 균열발생 확인 용이 · 콘크리트 열화우려 없음 · 하부미관 양호	

(2) 경제성 비교

교량별 / 공 법	PSC Beam	ST.Plate Girder	ST. Box Girder	비 고
	L=30m B=24.3m	L=50m B=24.3m	L=50m B=24.3m	
합판거푸집+ 동바리	76,656천원	153,300천원	125,780천원	제잡비 제외
LB-Deck	75,812천원	138,636천원	118,258천원	"
비 율	98%	90%	94%	

(2.1) 경제성은 비교조건에 의거 단순 비교한 것으로서 현장조건에 따라 달라질 수 있음

4. 결론

4.1 검토결론

(1) 프리캐스트 콘크리트 패널(LB-DECK)을 이용한 거더교 바닥판 시공법이 시공성, 안전성, 경제성 및 유지관리 측면에서 기존공법에 비해 그 적용성이 유리하므로,

(2) 고소교량과 같이 시공시 안전사고의 위험이 높거나 하부통행량이 많아 본 방침 적용이 유리하다고 판단되는 교량에 대하여 적용

(3) 적용방안

(3.1) 2005년 하반기 실시설계 준공노선부터 적용

(3.2) 공사중인 노선은 해당 주관부서에서 판단 적용

5. 기타

5.1 협약서 사본

특허권(신기술) 적용 협약서

이 협약서는 한국도로공사(이하"갑"이라 한다)와 김미경(이하"을"이라 한다) 및 (주) 효성엘비데크(이하"병"이라 한다)가 특허권(특허 제 0403989호 "교량 슬래브 시공방법 및 그에 적용되는 피씨 플레이트") 설계 및 시공적용을 위한 상호간에 협의를 끝내고 다음과 같이 협약을 체결한다.

제1조(목적) 이 협약은 특허권(특허 제0403989호 "교량 슬래브 시공방법 및 그에 적용되는 피씨 플레이트") 설계 및 시공적용에 따라 필요한 제반사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(범위) 이 협약의 범위는 특허권(추후 실기술 신공법 지정시 신기술 신공법에 포함)이 보호되는 기간까지로 한다.

제3조(특허사용료) "갑"은 당해 특허권을 설계 및 시공에 적용함에 있어 특허권 사용료(신기술 사용료 포함) 일체에 대해 납부하지 아니한다.

제4조(특약) "갑"은 당해 특허권(신기술 신공법 포함)을 적용한 설계물량이 "을"과 "병"의 시공능력을 초과하거나 기타 사유에 의해 공사수행이 정상적으로 이루어 질수 없다고 인정될 경우 기술수준 및 장비, 자재, 품질관리에 문제가 없다고 판단되는 제3자에게 "을"과 "병"의 별도 동의없이 특허권등에 근거한 통상실시권을 시행 할 수 있으며, 공사 시행과정에서 특허권 실시에 따른 기술사용료징수, 실시권 주장등과 관련한 분쟁이 발생하거나 현장여건 변경등으로 공법변경이 필요하다고 판단될 경우 "갑"은 도급자에게 해당공종의 다른 여타의 공법으로 변경 시공하게 할 수 있다.

제5조(기타) 이 협약에 정하지 아니한 사항은 "갑"이 사전에 공고하거나 과업지시서에 정한바에 따르며 원만한 협약 이행을 위하여 협약서 2부를 작성하여 각자 보관한다.

2005년 5월 9일

한국도로공사 설계처장 류 부 열 (인)
경기성 성남시 수정구 금토동 293-1

특허권자 김 미 경 (인)
서울 서초구 양재동 160-2 우성아파트 113-306

특허권자 (주)효성엘비데크 (인)
강원 영월군 영월읍 영흥리 1017-26