

감 사
<i>김영하</i>

문서번호	삼남013201- 54
보존기간	10 년
결재일자	2001. 3. 29
공개여부	공 개

★◎기안	부 장	실 장	본부장	부사장	사 장
<i>01142</i>	<i>이승근</i>	<i>백성봉</i>	<i>전경</i>		<i>김재하</i>
합 조	도로처장 :	<i>정민호</i>	건설1처장 :	<i>최세익</i>	
	건설2처장 :	<i>박승민</i>	확장처장 :	<i>김영하</i>	
	설계처장 :	<i>양희영</i>	민자사업실장 :	<i>한재호</i>	
	도로연구소장 :	<i>정민호</i>			

철 · 성경계 보강슬래브 설계기준 개선 검토(안)

2001. 3.

심사 1 부장 : *최진규*
 설계기준부장 : *박상익*
 설계 1 부장 : *김동식*
 설계 2 부장 : *이한기*
 지반연구실장 : *이희성*
 시멘트포장연구실장 : *한승환*

설 계 심 사 실

목 차

1. 검 토 목 적
2. 개 요
3. 관 련 근 거
4. 검 토 방 안
 - 가. 문제점 분석
 - 나. 검토사항
5. 절·성경계부의 지반거동등 특성 검토
 - 가. FDM 수치해석 개요(FLAC)
 - 나. 지반조건별 거동특성 분석
 - 다. 보강구간 설정
 - 라. 보강슬래브의 차등보강(안) 해석결과
6. 보강슬래브 세부 설계기준(안) 검토
 - 가. 설계기준 개요
 - 나. 보강슬래브 설치범위
 - 다. 한계 성토고
 - 라. 접속경사면의 한계 기울기
 - 마. 보강슬래브 설치 부위
7. 보강슬래브 설계기준 개선(안)
8. 검 토 의 견
9. 향후 추진계획

※ 불임: #-1 표준도(안)

#-2 단가설명서

#-3 구조검토서

#-4 경제성 검토

#-5 연구논문 및 검토서

#-6 기타 관련자료 목록

철·성경계 보강슬래브 설계기준 개선 검토(안)

1. 검토 목적

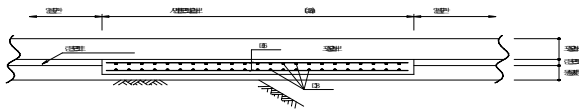
철성 경계부에서 부등침하에 의한 시멘트 콘크리트포장 슬래브의 파손방지를 위하여 설치하고있는, 현행 보강슬래브의 설계개념을 재 정립함으로써 보강슬래브의 설계기준을 합리적으로 개선하고자 함.

- 설계내실화를 위한 설계 및 공사관계자 회의 개선건의사항(설계기13207-3009, 2001.1.5)

2. 개 요

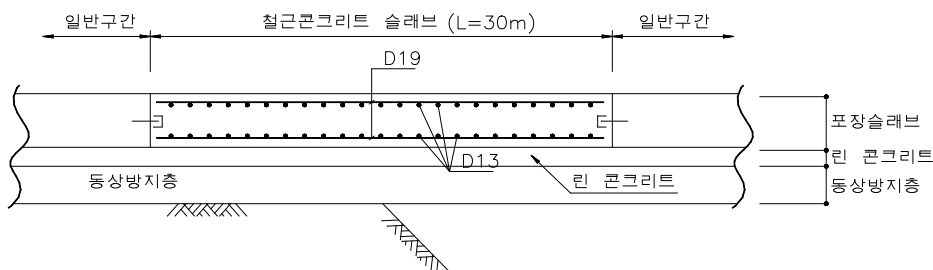
가. '94년 12월 이전 보강슬래브 설계적용 형태

- 철성경계부를 중심으로 린콘크리트 층면의 EL에 맞추어 철근 콘크리트 슬래브(L=30m, T=25cm, B=10.2m) 설치.



나. '95년 1월 이후 보강슬래브 설계적용 형태

- 「철성 경계 보강슬래브 설치개선 방안 검토(설일16210-227, '94.12.30)」로 포장슬래브 자체를 보강하는 방안으로 개선.
- 단순확장구간은 기존방법으로 계속 시행



다. 설계내용 변경 현황

구 분	1994. 12월 이전	1995. 1월 이후	비 고
설치범위	절경계부를 중심으로 좌우 각 15m	절경계부를 중심으로 좌우 각 15m	
규 격	L=30m, t=25cm, B=10.2m	L=30m, t=30cm, B=8.2m	편도2차로 기준
철근보강	○종방향 - 상부 D13 C.T.C 600 - 하부 D16 C.T.C 150 ○횡방향 - 상,하부 D13 C.T.C 450	○종방향 - 상부 D19 C.T.C 600 - 하부 D19 C.T.C 150 ○횡방향 - 상,하부 D13 C.T.C 450	
설치부위	Lean Con'c(포장 슬래브하부)	Con'c 포장 슬래브	
경제성	16,170천원	12,750천원(△3,420천원)	'94.12월 기준

3. 관련 근거

구 분	내 용	비 고
도로포장·설계시공지침 (한국도로협회, '91)	절·성경계부의 지지력 차로 인한 포장손상이 우려되 므로 영향이 미치는 범위를 덮게끔 약 30m정도의 철 근콘크리트 Slab로 하는 것이 좋다.	
도로설계요령 (한국도로공사, '92)	절·성경계부의 지지력 차로 인한 포장손상이 우려되 므로 영향이 미치는 범위를 덮게끔 약 30m정도의 철 근콘크리트 Slab로 하는 것이 좋다.	
도로설계실무편람 (한국도로공사, '97)	원지반이 암반인 경우 전구간에 설치하며, 원지반이 토사인 경우 원지반의 경사가 1:4이상이고, 성토고가 3.5m 이상인 구간에 30m 설치.	
도로설계요령 (일본도로공단)	지지력 분포가 불균일한 개소는 부등침하 등으로 콘크 리트 포장판의 하중에 의한 응력집중이 생겨 파괴하 기 쉬운 장소가 된다. 따라서 이와 같은 장소에 있어 서는 20~30m 정도의 복철근 Con'c 상판에 의해 지지 력이 불균일한 개소를 오버행하여 포설한다.	

4. 검토 방향

가. 문제점 분석

- 설계개념 측면
 - 관련문헌의 경험적 권장사항을 이론적 평가없이 단순 도입하여 적용
 - 절·성토부 지반변형을 보강슬래브의 물리적 강성으로 억제하려는 시도
- 설계 적용성 측면
 - 보강슬래브 설치를 위한 판단기준의 근거 미흡
 - 설계적용에대한 보강형태가 일방적 (30m 보강단위로 획일적)
- 구조적 측면
 - 지반조건을 N치로만 평가하여, 성토고에따른 지반특성 배제
 - 부등침하 특성에 따른 보강슬래브 구조계의 타당성 미약
- 공용성 측면
 - 포장슬래브 자체보강시 균열문제 등에 대한 근본적 해결이 곤란

나. 검토사항

- 설계개념
 - 보강슬래브의 파단이 발생하지 않는 구조적 범위에서 지반변형 수렴
 - 부등침하 변화량의 곡률을 완화시키는 천이구간 역할
 - 선행된 지반거동 특성결과와 구조설계의 합리적인 연관성
- 설계적용 기준사항
 - 보강범위 산정을 위한 지반변형 및 응력특성의 분석결과 응용
 - 보강슬래브의 설치범위, 형태, 한계 성토고, 경사면 기울기 등 설계조건
- 구조설계
 - 지반거동 특성에 따른 합리적인 보강슬래브 구조계 선정
 - 부등침하 등의 변위에 대하여 천이구간의 기능을 갖는 구조설계
 - 포장층에 대한 휨강성을 증진시킬 수 있는 설치부위

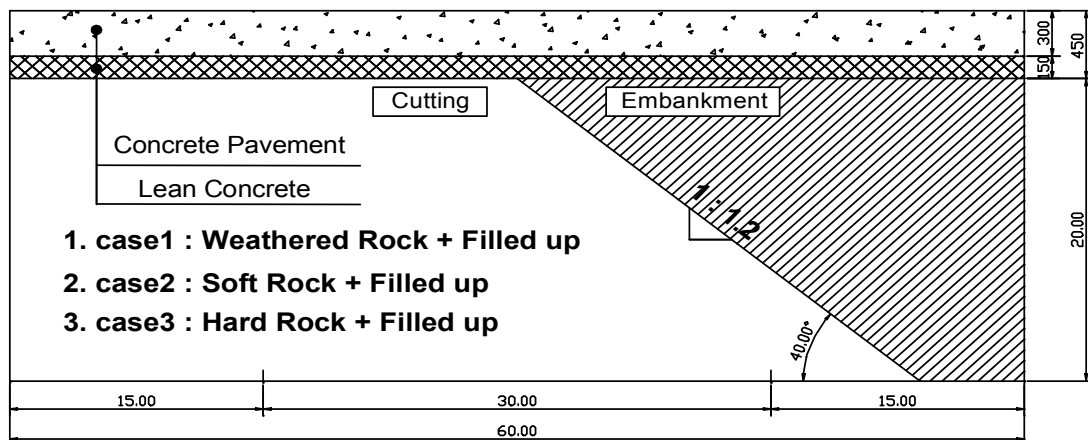
5. 절·성경계부의 지반거동 특성 검토^(*)

가. FDM 수치해석 개요(FLAC)

- 예비해석 : 집중하중 작용시 암종별 거동특성 분석(경암, 연암, 풍화암)
- 본해석 : 예비해석 결과를 토대로 각 암종별 절·성토부에 하중재하 위치에 따른 거동 특성분석으로 가장 불리한 단면산정.

- 콘크리트 포장체를 대상으로 수치해석을 실시하기 위하여 수평방향으로 60.0m, 연직방향으로 20.45m 구간을 해석영역으로 산정하였으며, 해석대상지반은 80 × 43 개의 요소로 분할하여 모델링. (요소 각각의 크기는 대략 75cm × 55cm)

■ 해석대상 지반의 모델링



■ 해석에 적용된 지반 및 포장체의 해석 특성치

구분	단위중량 (tonf/m ³)	탄성계수 (tonf/m ²)	포아송비 (ν)	점착력 (tonf/m ²)	내부 마찰각 (°)	전단탄성계수 (kN/m ²)	체적탄성계수 (kN/m ²)
성토층	1.90	2,800	0.25	0.5	30	1.12e4	1.87e4
경암	2.70	1,400,000	0.20	40	50	5.83e6	7.78e6
연암	2.50	300,000	0.25	10	40	1.20e6	2.00e6
풍화암	2.20	35,000	0.30	5	35	1.35e5	2.92e5
콘크리트	2.50	2,300,000	0.18	50	40	1.10e7	1.35e7

(*) 엄인섭, 「절·성경계부의 포장슬래브 보강범위 산정을 위한 지반거동특성 연구」

나. 지반조건별 거동특성 분석

구 분	집중하중 재하시의 거동	하중재하 위치에 따른 거동	비고
변형특성	- 변위량의 크기는 풍화암>연암>경암순으로 나타남 - 변형에 대한 영향범위는 재하점을 중심으로 약 4.5m로 분석	- 변위량의 정량적인 크기는 3mm 이하로 분석 - 절·성경계면에 재하시 발생된 변위는 성토부측으로 전이되나, 성토부재하시 발생된 변위는 절토부로 변위가 전이되지 않았음 - 경암(절토부)+화강풍화토(성토)인 경우 변위가 가장크게 발생	
응력특성	- 수직응력특성은 암종에 관계없이 유사 - 응력에 대한 영향범위는 재하점을 중심으로 약 4.8m로 분석	- 재하에 따른 응력크기는 거의 유사한 분포를 이룸 - 경암(절토부)+화강풍화토(성토)인 경우 상대적인 응력차가 가장 큼	
분석결과	경암(절토부)+화강풍화토(성토)조건이 부등침하 발생경향 분석모델로 가장 적합		

다. 보강구간 설정

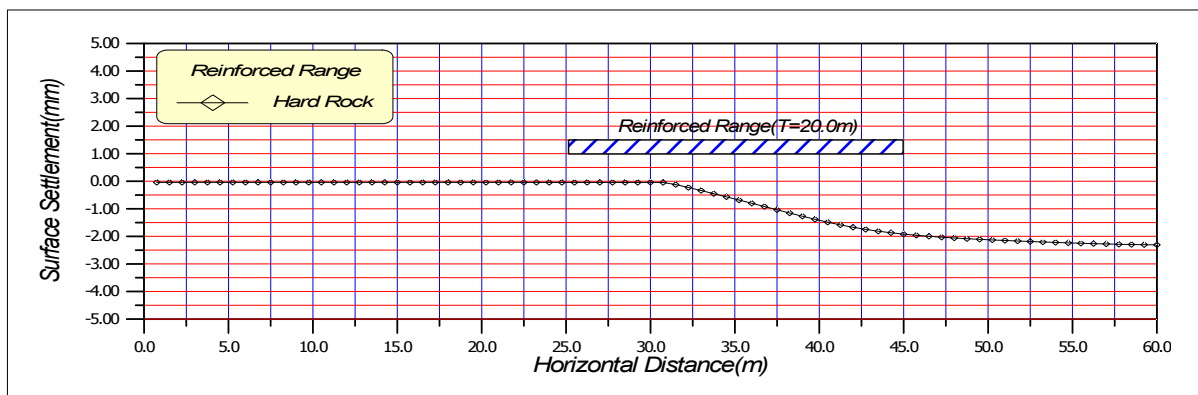
① 유한요소법(FEM)에 의한 보강형태 해석 : SAP90

- 부등침하가 경계면을 중심으로 약 10m 구간에서 발생
- 기존 보강형태를 포함한 7가지의 보강형태로 시산하여 대안모색

$\left\{ \begin{array}{l} \text{절토부}(15\text{m}) + \text{성토부}(15\text{m}) = 30\text{m} \\ \text{절토부}(5\text{m}) + \text{성토부}(5\text{m}) = 10\text{m} \\ \text{절토부}(6\text{m}/12\text{m}) + \text{성토부}(12\text{m}/6\text{m}) = 18\text{m} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{절토부}(10\text{m}) + \text{성토부}(10\text{m}) = 20\text{m} \\ \text{절토부}(6\text{m}) + \text{성토부}(6\text{m}) = 12\text{m} \\ \text{절토부}(6\text{m}) + \text{Skew구간}(\alpha) + \text{성토부}(6\text{m}) = 12\text{m} + \alpha \end{array} \right.$
---	--
- 차등보강으로 보강범위의 축소조정이 가능한 것으로 검토

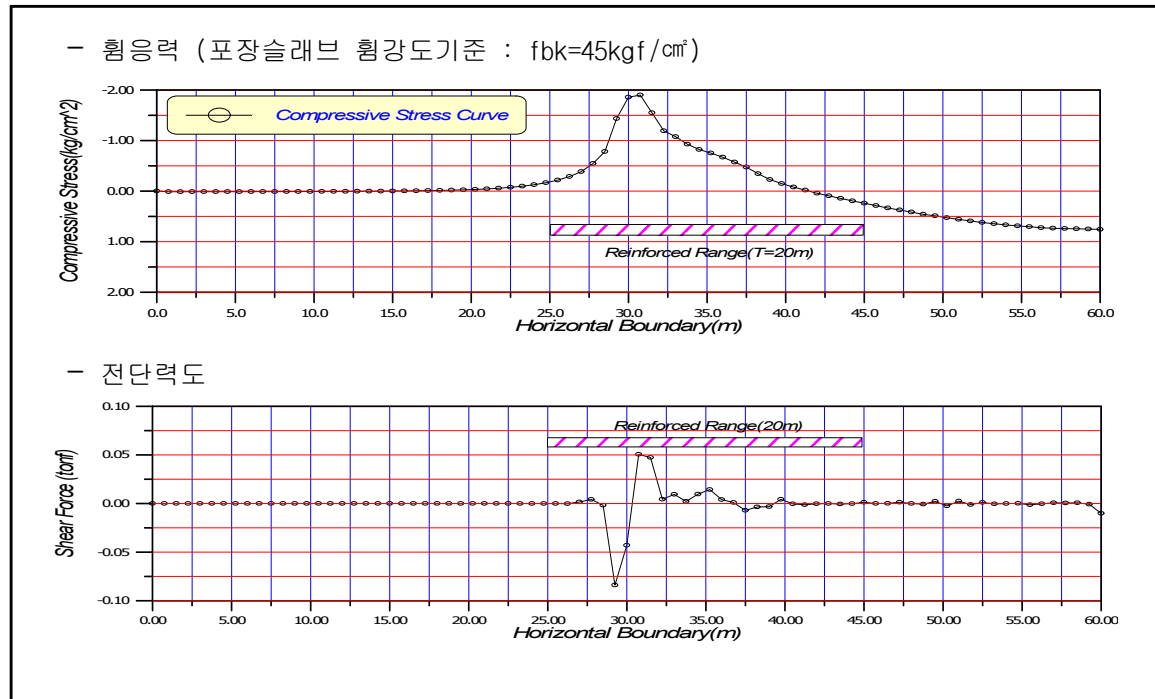
② 유한차분법(FDM)에 의한 보강형태 해석 : FLAC

- 부등침하에 대한 지반침하 수렴은 약 11~14m범위로 FEM해석결과와 유사
- 포장체 변형에 따른 보강영역의 산정결과 (절토부 5m, 성토부 15m)



- 포장면 침하량을 기준으로 최대곡률반경을 포함하는 구간을 보강영역으로 산정한 결과 절토부(5m), 성토부(15m)로 차등 보강하는 것이 가장 적합.

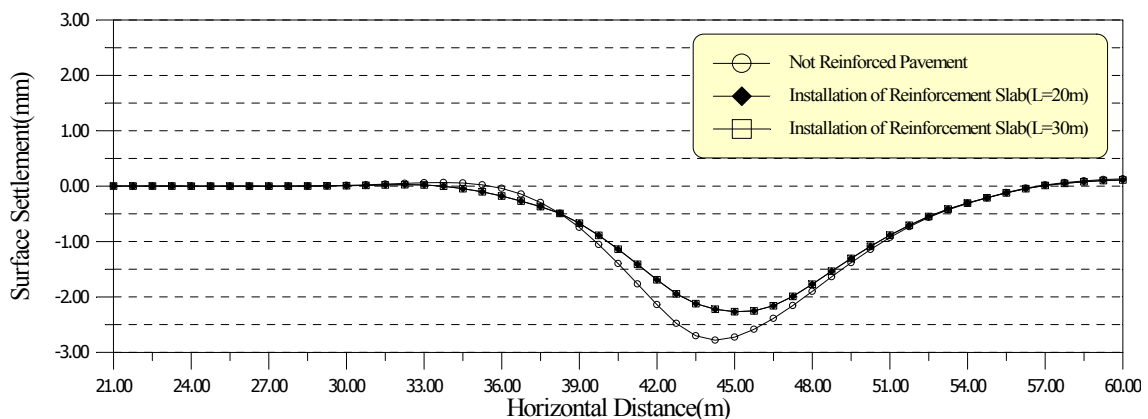
■ 차등보강 설정구간과 응력결과 비교도



라. 보강슬래브의 차등보강(안) 해석결과

- 보강슬래브 미설치의 경우보다 보강슬래브를 설치한 경우에 지표변위 감소
- 보강영역 30m와 20m 는 해석결과가 거의 유사.

— 보강슬래브 설치 및 미설치시에 따른 지표변위



6. 보강슬래브 세부설계 기준(안) 검토

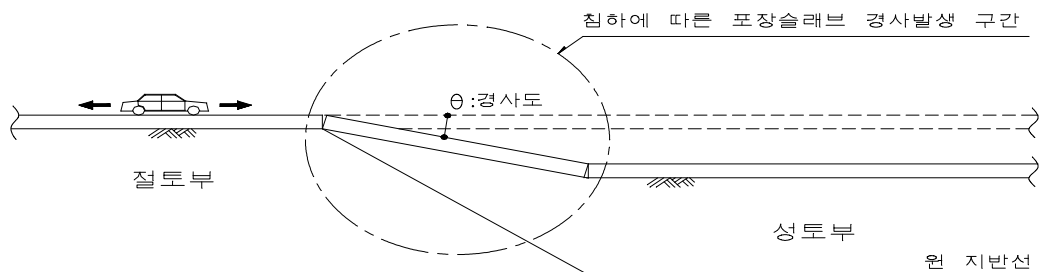
가. 설계기준 개요

- 경계부에서 절·성토구간의 지지력 및 침하량 차이에 따른 포장슬래브의 변형으로 균열(Crack) 및 침하(Sag)가 발생하게 되어 주행성과 포장슬래브의 2차적 손상을 초래하게 됨 (포장슬래브의 파손 또는 변형에대한 허용치 설정필요).
- 특히, 포장슬래브에서 단차발생은 중대한 결함으로 이를 방지하고 균열억제를 위해서는 보강슬래브에 철근이 필요하며, 포장층 휨강성 증진에도 유리.

※ 불연속면에서의 콘크리트포장의 파괴양상

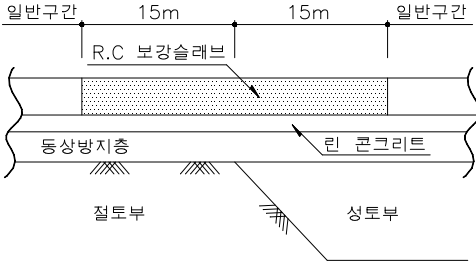
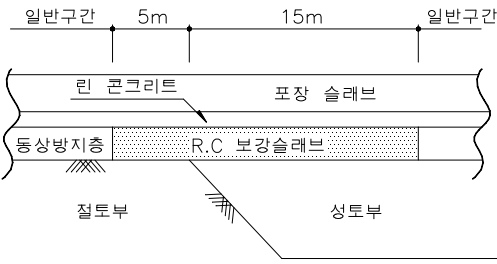
무근 콘크리트 연속체	철근보강 콘크리트 연속체
	

- 절·성경계부에서 2차 압축침하 등 장기적인 거동으로 발생하는 변형을 보강슬래브의 물리적 강성으로 저항 또는 억제하려는 것은 비합리적 임.
- 즉, 철근으로 보강된 보강슬래브는 단차발생 방지의 기본적 역할과 함께 부등침하에 따른 포장슬래브의 종방향 처짐경사도를 허용경사도 범위까지 순응토록하는 현실적 개선(안)이 되도록 검토.



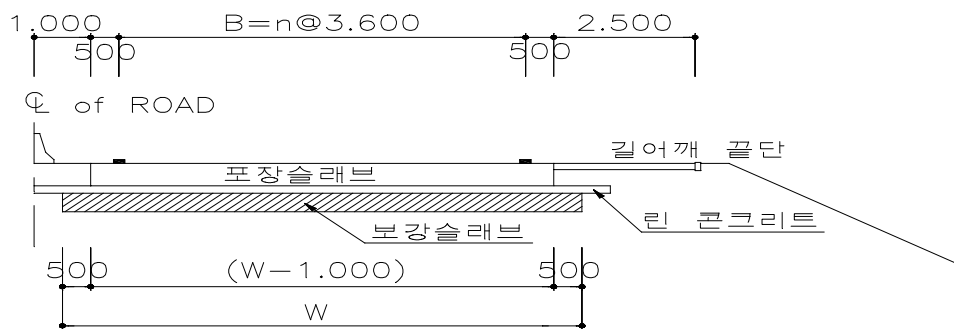
- 장기 침하량에 대해서는 허용응력 이내로 변형을 수렴하고, 포장슬래브의 처짐경사도가 완화되도록 천이 기능을 갖는 구조적 철근을 보강.
- 절토부와 성토부의 지반변형의 거동특성 검토 결과와 같이 지반조건별로 차등 보강(절토부 5m, 성토부 15m)하는 효율적인 개선(안)을 모색

나. 보강슬래브 설치범위 검토

구분	현행	개선(안)
개요	 · 절·성경계를 중심으로 좌·우 15m씩 전체 30m 보강	 · 절토부 5m, 성토부 15m로 차등보강하여 전체 20m 보강
내용	· 경험적 추정치에 의한 설치연장 · 슬래브의 일체거동이 곤란하여 균열발생 · 초과연장을 30m 배수단위로 적용함으로 비효율적	· 지반공학적 평가결과를 고려한 설치길이 · 현행방법과 보강효과 동일 · 설치연장 축소에 따른 경제성 확보 · 초과연장을 탄력적으로 적용 가능

〈 보강슬래브 설치범위 적용에대한 세부 내용 〉

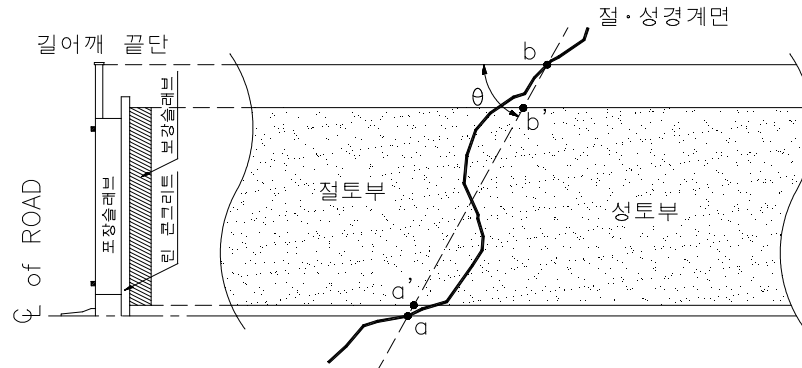
(1) 보강슬래브 폭원 결정



구분	n (차로)	B (m)	W (m)
양방향 4차로	2	7.2	9.2
양방향 6차로	3	10.8	12.8
양방향 8차로	4	14.4	16.4

- 보강슬래브 폭원은 포장 포설 위치와의 시공오차 등을 감안하여 포장슬래브 측대와 같이 포장계획 폭원에 좌·우측 각 50cm를 추가한 폭원으로 설정.

(2) 보강슬래브 설치길이



- 절·성경계면이 도로폭원과 교차되는 a, b점을 직선으로 연결하였을 경우, 도로방향과 이루는 θ 의 크기에 따라 보강형태를 TYPE-1(직사각형)과 TYPE-2(평행사변형)로 분류하여 적용.

※ 편절편성구간은 발생빈도와 구간의 중요성등을 고려하여 별도조치 가능.

- θ 의 결정 : a'와 b'사이의 노선방향거리가 5m이하가 되는 θ 값에서 결정 (θ 는 절토부 5m와 성토부 최소보강길이 10m를 확보하는 Skew 각)

양 방 향 4차로	$\tan^{-1}(9.2/5) = 61.47$	65°
양 방 향 6차로	$\tan^{-1}(12.8/5) = 68.66$	70°
양 방 향 8차로	$\tan^{-1}(16.4/5) = 73.04$	75°

- 적용 방법 (예: 양방향 4차로의 경우)

TYPE-1 ($\theta \geq 65^\circ$)	
TYPE-2 ($\theta < 65^\circ$)	*NOTE : α의 길이가 30m를 초과하는 경우 a'와 b'에 각각 TYPE-1을 적용

다. 한계 성토고

- (1) 성토체의 장기침하(2차압축침하)로 인한 포장슬래브의 종방향 경사도 발생량에 따라 한계 성토고 검토(경계부에서 15m 지점의 성토고)
- (2) 포장슬래브 관련 종방향 경사치에 대한 허용기준 : 국내에는 직접관련 규정 없음

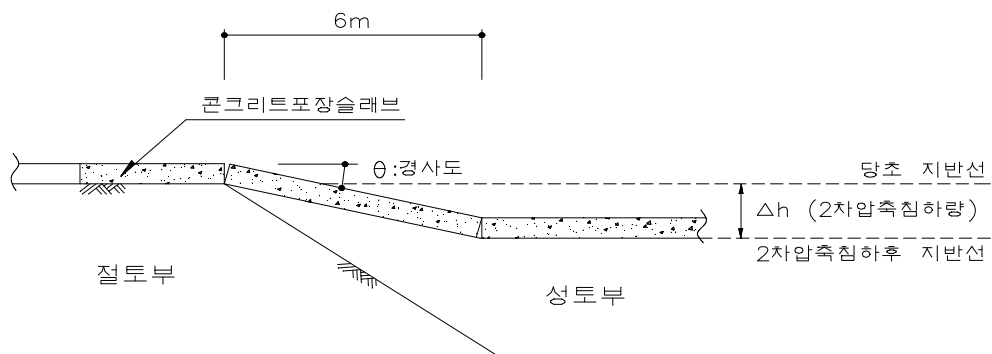
구 분	국 내	일 본	미 국	스 위 스
허용치	단차 : 10mm(자동차전용도로) 구조물뒷채움침하량: 1/250이상, 또는 5cm이상 단차량에 따른 모서리그라인더 보수(ACPA)환산치 : 4mm/m	8~11mm/m 접속슬래브 (설계속도 60~120 km/hr)	4mm/m (단차에 따른 모서리 그라인더길이기 준 환산치: ACPA)	6~10mm/m 종방향경사도

- (3) 성토부의 2차 압축침하량 추정

■ NAVFAC DM 7.1('82. 5) 제안식으로 추정한 15~20년의 침하량

성토고(m)	2	4	6	8	10	12	14	16	비고
침하량(cm)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	$\Delta h = \alpha \cdot H$ α : 침하계수 (0.45%) H: 성토고(m)

- (4) 2차 압축침하량에 따라 발생하는 포장슬래브의 종방향 경사도



- 포장슬래브 1span(6m)에서 성토고에따른 경사도 산정결과

성토고(m)	2	4	6	8	10	12	14	16	비고
경사도(mm/m)	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	

(5) 콘크리트 포장슬래브의 처짐등에 따른 허용 경사도와 한계 성토고

- 국내에는 위와 관련하여 제시된 기준은 없으나, 일본과 스위스에서는 승차감을 고려한 포장면의 허용경사도를 8~11mm/m와 6~10mm/m로 제시하고 있음.
- 위 값중 최소치인 6mm/m 값은 국내 구조물 뒷채움 처짐부 보수기준치 이하로 만족하고, 제시된 값중 가장 안정하며, 비교적 높은 수준의 포장상태로 유지되므로 적용에 적합할 것으로 판단됨.

※ 포장슬래브 길이 12m(2개Span)

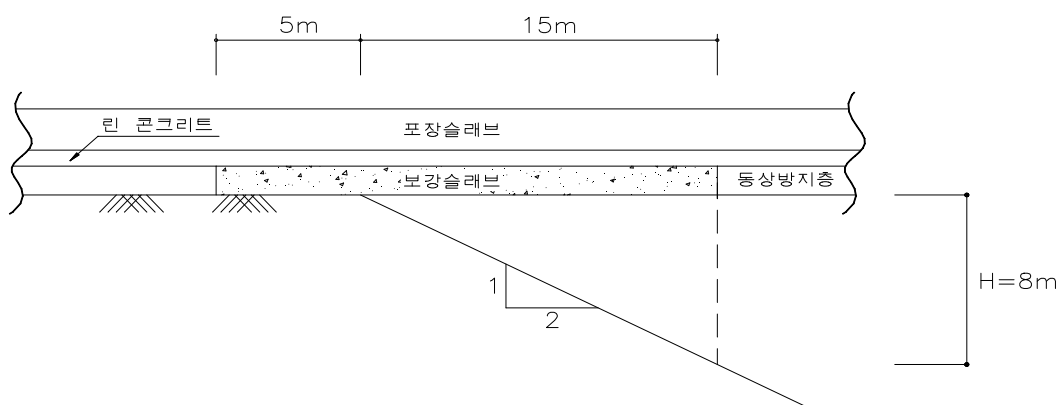
구조물 뒷채움처짐부 보수기준 : 1/250 → 4.8cm

> 6mm/m 경사도 적용시 : $6\text{m} \times 6\text{mm/m} = 3.6\text{cm}$ (O.K)

- 6mm/m 경사도 적용에 따른 한계 성토고는 8m로써 보강슬래브 단부에서의 성토고가 8m 이하인 경우에는 설치하지 않는 것을 원칙으로 함.

라. 접속경사면의 한계 기울기

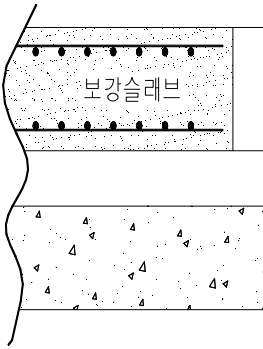
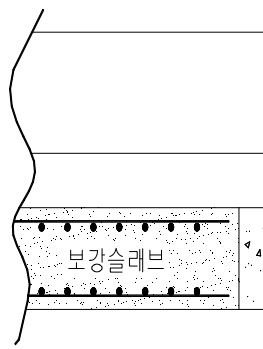
- 한계 성토고 8m와 성토부측 보강슬래브(15m) 단부지점의 기울기를 적용하며 경사면의 한계기울기는 1:2로 적용



■ 설치 기준 비교

구 분	한계 성토고	경사면 기울기
도로설계실무편람	3.5m 이상	1:4 이상
검 토 (안)	8m 이상	1:2 이상

마. 보강 슬래브 설치 부위

구 분		포장 슬래브 보강(현행)	포장층 하부 보강(개선)	비 고
개 요		 보강슬래브 포장슬래브 린 콘크리트 동상방지층	 보강슬래브 포장슬래브 린 콘크리트 동상방지층	
이 력 특 성	모 멘 트 (KNf·m)	4.471	0.789 (17%)	
	전 단 력 (KNf)	9.523	1.054 (11%)	
	축 력 (KNf)	11.060	6.187 (56%)	
소요철근량 (cm ²)		7.67 / 10.27	3.00 / 3.40	상부/하부
하중 조건		x=16.2m 이격된 곳에 전륜하중 P=2.4t, 후륜 P=9.6t U=1.5D+1.8L	활하중, 사하중 q=(1.27+0.73)t/m U=1.5D+1.8L	
검토 결과		■ 응력특성 결과와 같이 포장층 하부에 위치하는 것이 구조적으로 포장층의 휨강성을 증진시키는데 유리 ■ 지반변위에 대한 천이구간 기능은 포장층 하부에서 작용하는 것이 바람직함.(AASHTO 포장설계 개념은 노상조건을 동일하게 가정하고 있으므로 포장층 하부보강이 타당) ■ 설계내실화를 위한 설계 및 공사관계자 회의시 시공성과 품질관리 애로 등으로 설치위치 변경을 건의하고 있으며, ■ 포장슬래브 자체 보강시 30m 구간에서 일체거동이 어려워 균열 등 문제점이 발생하므로, 지반변형에 대한 보강재로서 순기능을 갖도록 포장슬래브 하부에 설치하는 것이 타당.		

(※ 단, 동상방지층에 설치곤란할 경우에는 기존 확장구간에 적용하던 방식으로 린콘크리트 보조기층면에 설치하고, 폭은 린콘크리트와 동일하게 적용가능)

8. 검토의견

- ◎ 절·성경계부에서 부등침하로 인한 단차 발생과 파손방지를 위하여, 포장슬래브 자체에 철근을 보강함으로써 보강슬래브의 기능을 포함토록 하고있으나,
- ◎ 현재까지 보강에 대한 필요성이 **경험적추정**에 근거하고 있고, 설계 적용기준 또한 지반공학적 평가없이 1차적인 구조개념으로 검토되어 있음.
- ◎ 즉, 경계부에서 지반거동에 대한 특성이 반영되지 못 함으로써, 보강슬래브 설치 목적이 부등침하 발생 자체를 억제한다거나, 국부적인 침하구간으로 인식되어 보강슬래브 구조계 설정에 오류가 발생하는 등 개선(안) 도출에 한계가 있음.
- ◎ 따라서, 이러한 문제해결을 위하여 절·성경계부의 지반거동 특성과 보강슬래브의 구조적 기능이 연관되도록 합리적 설계기준을 본 검토(안)과 같이 수립하였으므로, 이를 적용토록 건의 함.

■ 보강슬래브는 절·성경계부에서 침하량의 변화율을 완화시키는 천이기능을 갖도록 포장슬래브하부에 절토부(5m) 성토부(15m)정도로 차등하여 보강한다.

◎ 적용방안 :

- 설계중인 노선 및 설계완료후 공사 미발주노선 : 설계적용
- 공사중인 노선 : 공사주관 및 시행부서에서 현장여건에 따라 적용여부 결정

9. 향후 추진계획

- ◎ 개선 검토(안) 시공결과 추적조사 : 도로연구소 공동
- ◎ 우리공사 지적재산권 등록 (특허출원 양도).