

타이바와 콘크리트의 부착특성 연구

A Study for Bond-Slip Response of Tie-bars Embedded in Concrete

전범준* · 김남철* · 전상민* · 이승우**

Jeon, Beom jun · Kim, nam choul · Chon, Sang Min · Lee, seung woo

1. 서론

줄눈 콘크리트 포장에서 타이바는 세로줄눈부가 과도하게 벌어지는 것을 방지하기 위하여 사용된다. 콘크리트와의 부착력을 확보하기 위해 이형철근을 사용하며, 직경 13mm 또는 16mm가 많이 활용되고 있다. 현재 국내 콘크리트포장에서 설계되고 있는 타이바의 경우 설계간격과 철근량에 대한 설계식은 제시되어 있으나 타이바의 길이는 '콘크리트와 부착이 유지될 수 있도록 충분한 길이(약 70~80cm)를 가져야 한다.'(도로설계요령, 한국도로공사) 라고만 되어있다.

본 연구에서는 이러한 타이바의 길이 제안이 적정한지를 검토하기 위하여 국내 콘크리트 포장기준에 대하여 콘크리트-부착력을 평가하고자 한다.

2. 타이바 길이설계

국내에서는 타이바 길이는 정량적인 설계방안이 제시되어 있지 않고 콘크리트와 부착이 유지될 수 있도록 70~80cm정도의 충분한 길이를 가져야 한다라고만 제시되어 있다. 충분한 부착력을 확보하기 위하여서는 식 (1)을 만족하여야 하고, 안전성 확보차원에서 3in를 추가시키는 것을 추천하고 있다.(Huang, 1993)되어 있다.

$$t = 2 \left(\frac{A_1 f_s}{\mu \sum o} \right) \quad (1)$$

여기에서, t = tie bar의 길이 (in)

μ = 허용부착응력 (MPa)

f_s = 철근허용응력 (MPa)

$A_1 = \frac{\pi d^2}{4}$ ∵ d = 타이바 직경 (in)

$\sum o = \pi d$ (콘크리트와 접한 바의 경계선)

위 식 (1)의 허용부착응력은 타이바의 직경 및 형태, 콘크리트 물성에 영향을 받는데 국내 사용되고 있는 콘크리트 포장에 적합한 값이 산정된바 없다.

* 정회원, 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사 · E-mail: naiunya@kangnung.ac.kr - 발표자
* 정회원, 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사 · E-mail: knc@kangnung.ac.kr
* 정회원, 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사 · E-mail: chon@kangnung.ac.kr
** 정회원, 강릉대학교 토목공학과 전임강사 · 공학박사 · E-mail: swl@kangnung.ac.kr



3. 타이바-콘크리트 부착특성 연구

본 연구에서는 우리나라 콘크리트 포장의 슬럼프, 강도등의 기준에 맞는 배합을 사용하였고 콘크리트의 강도발현별 부착특성실험을 실행함으로써 타이바의 시공초기부터 공용상태까지의 부착특성을 고찰하였다.

3.1 콘크리트 배합

본 연구에서는 콘크리트 배합비는 국내 콘크리트 포장 배합기준에 맞추어 목표 슬럼프를 5±1cm로, 공기량은 혼화제를 첨가한 경우에 5±1%를 만족하는 기준으로 배합을 실시하였다. A.E제와 S.P.제만 첨가량을 달리하여 배합한 후표 (1)과 같이 최종 콘크리트 배합비를 선정하였다.

표 1. 배합표

s/a(%)	w/c (%)	W (kgf / cm ³)	C (kgf / cm ³)	S (kgf / cm ³)	G (kgf / cm ³)	A.E (%)	S.P (%)	Slump (cm)
45	42	135	300	786	1148	0.04	0.1	0.45
구분	A.E.(%)	S.P.(%)	Air(%)	Slump(cm)	Concrete Temperature (℃)		.	.
배합	0.04	0.1	4.4	0.45	11.6		.	.

3.2 콘크리트 강도발현 측정

타이바와 콘크리트 부착력 평가 시기과약을 위하여 콘크리트의 응결시간 시험은 관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험 방법(KS F 2436)에 의하여 실시하였으며, 그 결과를 정리하면 초결은 5시간 10분에 종결은 7시간 30분 후에 나타났으며, 그림 (1)과 같다.

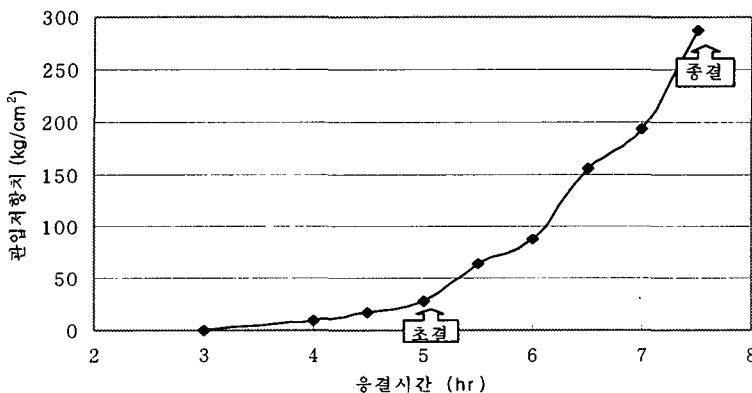


그림 1. 응결시간 시험결과

부착 시험별 콘크리트의 압축강도의 측정은 콘크리트의 압축강도 시험방법(KS F 2405)으로 실시하였다. 콘크리트 배합에 있어 팬형 강제식 믹서(공칭용량:60liter, 25rpm)를 사용하였고, Ø10× 20cm의 압축강도 시험용 몰드에 넣고 다진후, 요철이 없도록 시멘트 페이스트로 표면을 마무리하여 공시체를 제작하였으며. 탈형한 공시체는 23℃의 일정한 온도에서 기중양생을 실시하여 각 재령별로 압축강도를 측정하였다. 그 결과는 그림 (2) 같다.

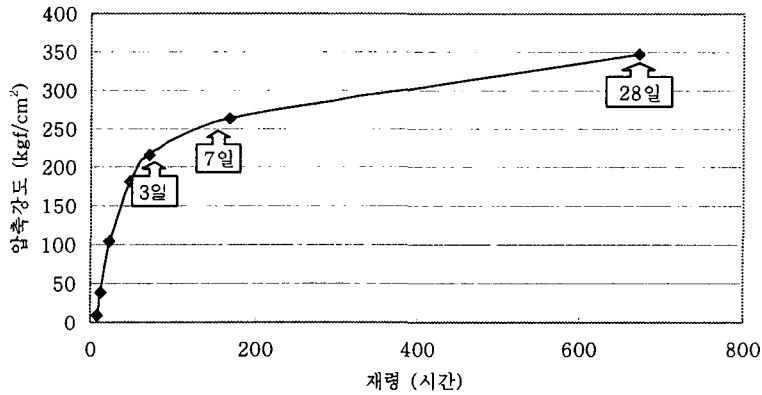


그림 2. 재령에 따른 압축강도 변화

3.3 부착방법 실험

Tie-Bar의 부착특성 평가를 위한 부착실험방법은 JIS(일본공업규격, Japanese Industrial Standard)의 표준인발시험법 규정에 의하여 실시하였으며, 그림 (3)과 같이 Tie-Bar를 매립깊이 15cm중 부착깊이 10.2cm, 비부착깊이 4.8cm로 정하여 미리 준비된 15× 15× 15cm 큐빅 몰드에 삽입한후, 콘크리트를 2층으로 나누어 타설하고 진동대로 각각 30초간 다짐하여 각 재령에서 미리 제작한 지그를 이용해 콘크리트를 고정한후 Tie-Bar를 공칭용량 각각 5ton과 250ton의 만능재료시험기를 이용해 0.3mm/min와 10ton/min으로 제어하며 콘크리트로부터 인발하여 부착강도를 측정하였다.

부착강도를 측정함과 동시에 그림 (3)과 같이 콘크리트의 자유단에 변형률계이지(LVDT)를 매달아 그수치를 데이터로거(Data Logger)로 받아들여 하중에 따른 이형철근의 콘크리트와의 상대변위(Slip량)를 측정하였으며, 그림 (4)는 공칭용량 250 ton의 만능재료시험기에서의 실제 실험모습이다.

재령별 부착강도 실험에서 초기(1일)의 경우 콘크리트의 강도발현값이 작아 공칭용량 5ton의 만능재료시험기에서 실험하였으며, 7일과 28일의 경우는 공칭용량 250ton의 만능재료시험기에서 각각 실험하였다.

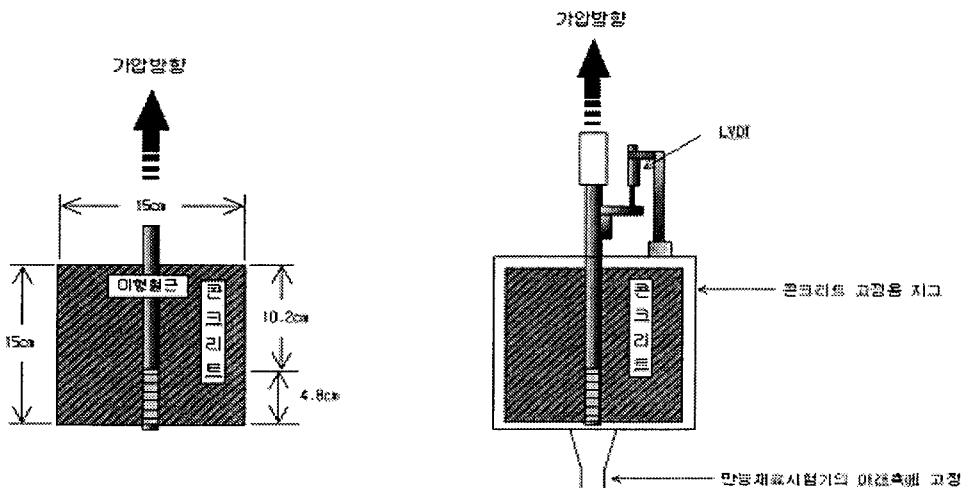


그림 3. Tie-Bar의 콘크리트내 매립모습과 지그 및 LVDT 설치개념도

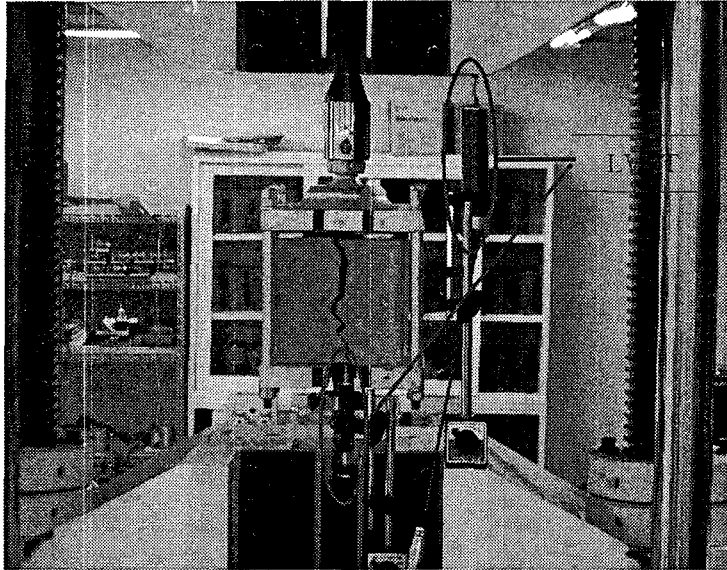
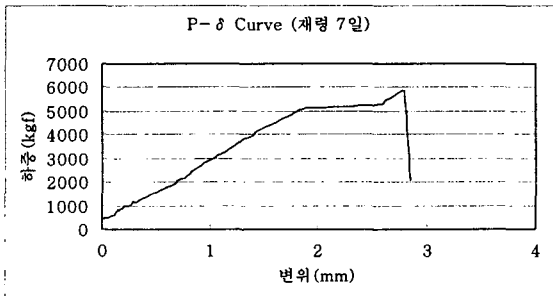
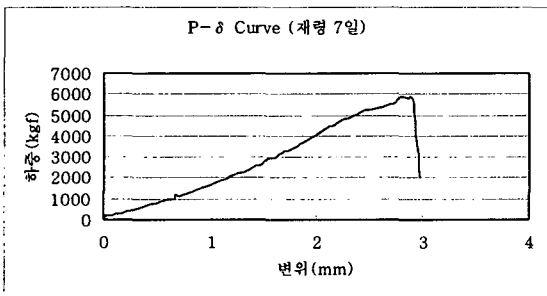
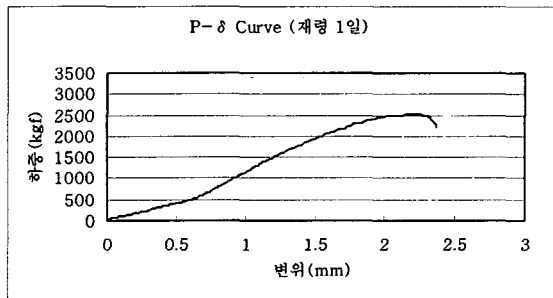
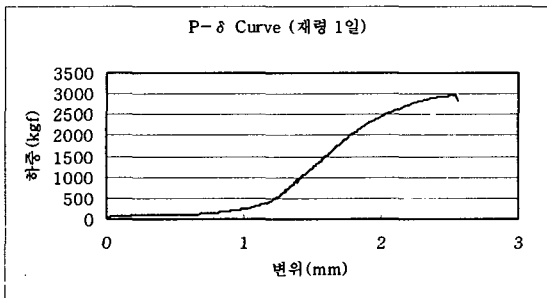


그림 4. 부착특성 실제실험 모습

3.4 부착특성 실험결과

실험결과를 보면 하중에 따른 slip량의 관계는 그림 (5)의 그래프로 확인할 수 있는데 이는 재령 1일의 경우 콘크리트의 강도발현이 제대로 되지 못한 상태이기 때문에 결과에서 볼 수 있듯이 하중을 재하하는 초기부터 Tie-bar와 콘크리트사이에서 Slip이 일어나는 것을 볼 수 있다. 반면 콘크리트의 강도가 제대로 발현되기 시작하는 재령 7일과 28일의 실험의 경우는 실험초기에 보였던 Slip현상은 볼 수 없으며 타이바와 콘크리트 간의 최대부착강도이후에 부착력을 잃고 부착강도가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다.



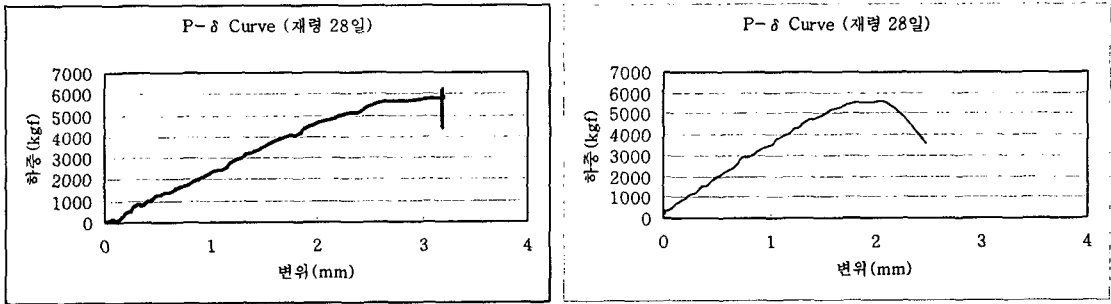


그림 5. 각 재령별 P-δ Curve

그리고 다음 그림 (6)에서 볼 수 있는 바와 같이 콘크리트의 강도발현과 부착강도가 연관성이 있다는 것을 보여주며, 외국의 실험 결과값을 보면 콘크리트 강도 310kgf/cm², 철근 허용응력 2100kgf/cm², 일때 부착강도가 101kgf/cm²의 값(M. Harajli, 2002)을 보이고 있다. 본 실험의 경우 콘크리트 강도 347kgf/cm², 철근 허용응력 3000kgf/cm², 일때 부착강도가 120kgf/cm²로 19kgf/cm²정도 더 큰 값을 보이고 있다. 또한 그림 (7)과 같이 실험시편이 파괴되는 것을 알 수 있었다.

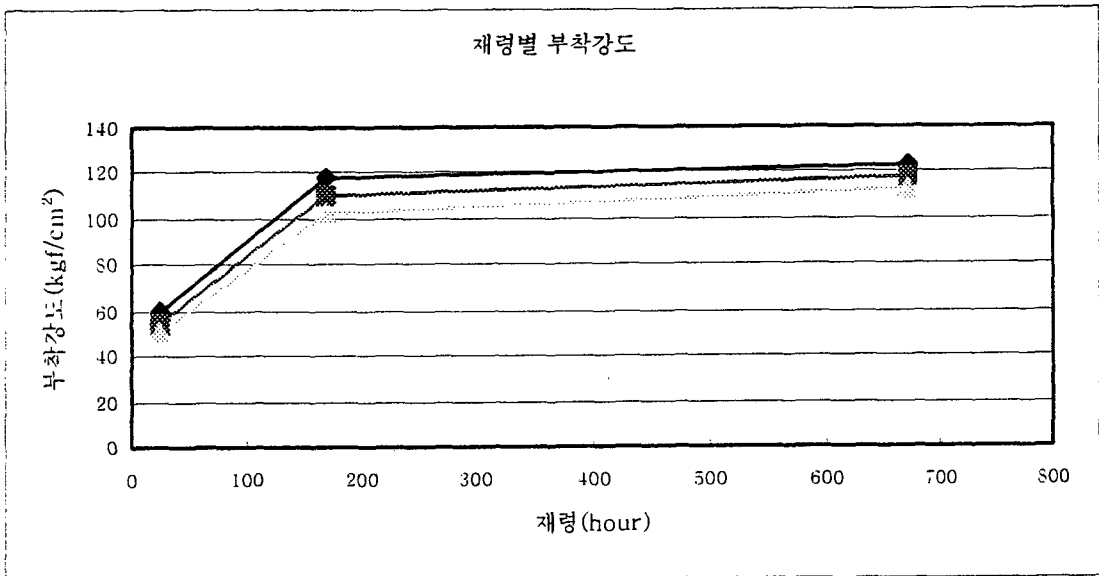


그림 6. 각 재령별 부착강도

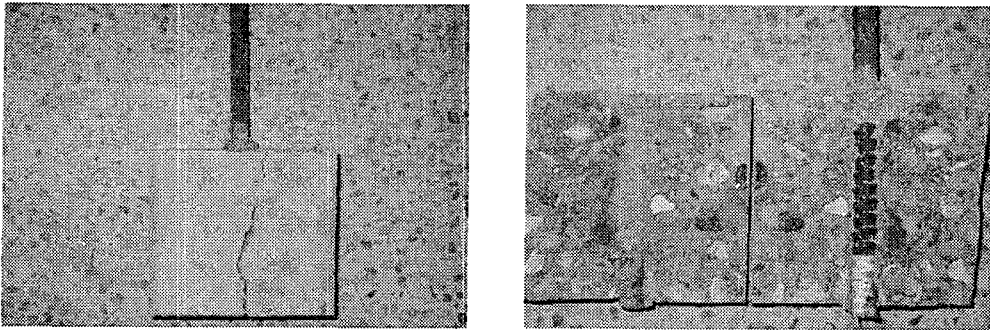


그림 7. 부착강도 실험 후 시편파괴단면 모습

3.5 기존 이형철근-콘크리트 부착실험과 연구결과와의 비교

기존 연구결과(M.Harajli et al, 2002)에서 이형철근과 콘크리트 부착응력에 대해 식 (2)를 제시하고 있다.

$$\mu_{max} = 0.75 \sqrt{f_c} (c/d_b)^{2/3} \quad (2)$$

여기에서, μ_{max} = 허용부착응력 (MPa)

f_c = 콘크리트강도 (MPa)

c = 피복두께 (in)

d_b = 철근직경 (in)

식 (2)에서의 값과 본 실험의 연구결과를 그림 (8)과 같이 비교해보면 부착강도가 이론값보다 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 식 (2)의 c/d_b (피복두께/철근직경)가 2배인 반면 본 실험의 경우 피복두께가 철근직경의 4배로 실험되어진 결과로 보여진다.

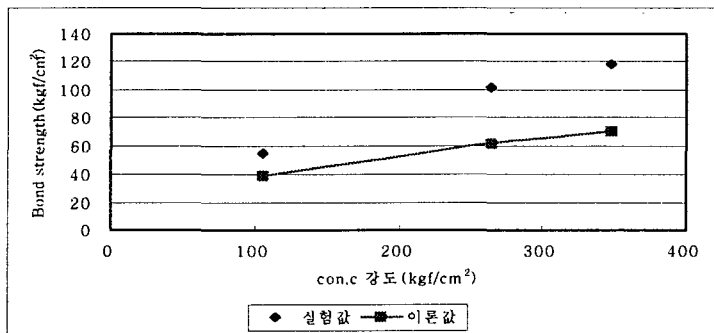


그림 8. 이론값과 실험값의 비교

4. 결론

타이바와 콘크리트의 부착특성실험에 있어 기존 타이바와 콘크리트의 부착특성값이 유사함을 보임을 알 수 있으며, 부착강도가 크게 나온 것은 피복두께의 차이에 의한 결과로 보여진다. 본 실험에서 국내 콘크리트 포장에 필요한 타이바 길이를 식 (1)을 통하여 검토한 결과 타이바 길이는 31cm면 충분한 것으로 사료 된



다. $[t = 2 \times (A_i f_s / \mu \sum 0) + 3 (in) = 2 \times (0.312 \times 294 / 9.9 \times 1.98) + 3 \approx 12.36 (in) \times 2.54 = 31cm]$
 따라서 현재 우리나라에서 제시하고 있는 타이바 길이 70~80cm는 과대한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건교부 수탁과제인 한국형포장설계법 개발과 포장성능개선 연구의 일부 성과물로 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 한국도로공사, (2001) 도로설계요령 제 5권 포장, 한국도로공사.
2. 남영국, (2002) 최신 도로공학총론, 청문각.
3. M. Harajli, B. Hamad, K. Karam, (2002) Bond-slip Response of Reinforcing Bars Embedded in Plain and Fiber Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering.
4. Yang H. Huang, (1993) Pavement Analysis and Design, Prentice-Hall.