

콘크리트포장 확장부 타이바의 부착강도 실험

Pull-out Test of Tie-Bar used for Concrete Pavement Widening

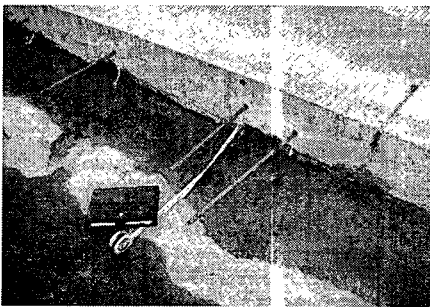
황 인 규* · 양 성 철** · 유 태 석*** · 정 진 훈****

Hwang, Inkyu · Yang, Sungchul · Yoo, Tae-Seok · Jung, Jinhoon

1. 서 론

신설 포장에 시공되는 타이바의 경우에는 콘크리트 타설시 타이바가 슬래브 안에 묻이기 때문에 타이바의 부착강도가 문제되지 않으나, 확장시에는 기존포장을 천공한 후 타이바를 넣고 충전재를 주입하기 때문에 부착(뽑힘)강도에 주의를 해야 한다. 만일 삽입된 타이바가 충분한 부착(뽑힘)강도를 가지고 있지 못하다면 슬래브 간에 하중전달에 문제가 생길 뿐만 아니라, 줄눈간격이 벌어짐으로 인해서 사용성 및 내구성에도 나쁜 영향을 주게 된다.

그림 1.(a)은 확장공사시 타이바의 설치 후 모습이고, 그림 1.(b)는 설치된 타이바를 뽑아 놓은 모습인데 타이바에 충전재가 거의 묻어 있지 않음을 알수 있었다. 이는 현재 타이바 시공 방법의 문제점을 그대로 보여 주고 있는 것으로써, 타이바가 제거능을 수행하는 것은 불가능 할 것으로 보인다.



(a) 타이바 설치 후의 모습



(b) 타이바를 뽑아 놓은 모습

그림 1. 확장공사시 타이바의 설치모습

2. 타이바 설계

2.1 1차로 확장에서의 타이바 설계

콘크리트 슬래브의 두께를 30 cm, 슬래브 폭을 3.6m, 콘크리트포장의 단위 용적중량을 2500 kgf/m³, 콘크리트 슬래브와 지반과의 마찰계수를 1.5로 가정하면 주행방향 1m 당 작용하는 마찰력(F)는 4050 kgf이 된다.

만일 HD16 철근을 타이바로 사용한다면 타이바 1개당 허용인장력(F_a)은 5307 kgf이 되므로 타이바의 간격은 1.31 m 이하로 해야 한다.

* 정회원 · 홍익대학교 건축공학과 박사과정 · 041-860-2829(E-mail: hik416@yahoo.co.kr)
** 정회원 · 홍익대학교 건축공학과 조교수 · 공학박사 · 041-860-2561(E-mail: scyang@hongik.ac.kr)
*** 정회원 · 도로교통기술원 포장연구그룹 연구원 · 032-371-3360
**** 정회원 · 도로교통기술원 시험도로연구센터 책임연구원 · 032-371-3360격은 1.31 m 이하로 해야한다.

또한 위에서 계산한 타이바의 간격은 철근이 항복강도에 도달 할 때 까지 뽑히지 않는다는 가정 하에 결정된 값이기 때문에 충분한 정착길이가 확보 되어야 한다. 허용부착응력을 24.4 kgf/cm^2 라 하면 정착길이 L 은 50.9cm 이상이어야 한다.

2.2 현재시공 되고 있는 타이바의 검토

현재 JCP에서 시공되고 있는 타이바는 HD16을 75 cm 간격으로 설치되고 있다. 정착길이는 양측으로 각각 40 cm 로 시공되고 있다. 따라서 타이바 한 개가 부담해야 하는 인장력은 3038 kgf 인데, 타이바의 허용인장력 5307 kgf 보다 작기 때문에 안전하다. 그리고 콘크리트 타설시 설치되는 타이바의 경우의 최소 부착길이는 32.4cm 이기 때문에 40 cm 보다 적어 안전하다.

따라서 신설포장에서 콘크리트에 묻히는 타이바의 경우에는 충분한 성능을 확보하고하고 있다. 그러나 확장공사의 경우에는 기존 콘크리트 슬래브에 천공 후 타이바를 설치하기 때문에 그 부착강도를 충분히 확보해야 한다. 천공 후 삽입하는 타이바가 부담해야 하는 부착강도는 적어도 작용인장력 3038 kgf 에 안전율 1.5 를 곱한 4556 kgf 이상 이어야 한다.

3. 타이바의 부착강도 실험체 제작

3.1 실험변수

본 실험에서는 기존의 시공방법으로 시공한 실험체 3개, 주입기를 사용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용하여 충전재가 흘러나오는 것을 막은 실험체 2개, 충전재는 현재의 시공방법을 따라 주입하고 마개를 이용하여 충전재가 흘러나오는 것을 막은 실험체 1개, 그리고 충전재를 완전하게 주입된 상태를 모사하기 위하여 실험체를 세워서 주입한 실험체 2개를 제작하여 실험을 수행하였다.

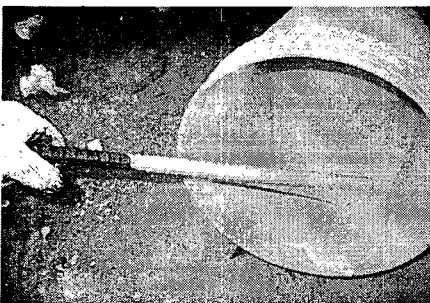
3.2 실험체 제작방법

콘크리트 슬래브는 실제 포장 콘크리트 슬래브에서와 같은 효과를 얻기 위하여 실물크기로 제작하였다. 콘크리트 슬래브의 치수는 두께를 30cm 로하고, 종방향 길이는 타이바의 간격인 75 cm 로 하고, 횡방향 깊이는 타이바의 삽입깊이 40 cm 에 10 cm 여유를 두어 50 cm 로 제작하였다.

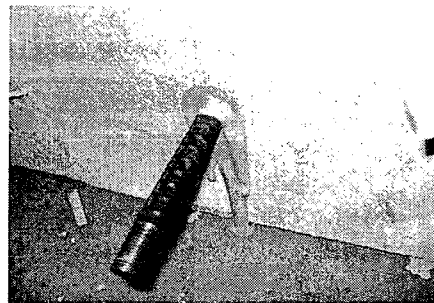
사용 콘크리트는 실제 포장에서와 같은 배합을 얻기 위하여 현장 배척프랜트에서 직접 콘크리트를 받아 실험체를 제작하였다.

3.2.1 현재 시공방법을 통하여 타이바를 설치한 실험체

현재 시공되고 있는 타이바의 설치방법은 먼저 그림 2.(a)와 같이 타이바에 충전재를 묻힌 후에 천공된 공간에 삽입하는 공정으로 이루어진다. 그림 2.(b)는 타이바가 삽입된 후의 모습을 보여준다.



(a) 타이바에 충전재를 묻히는 모습



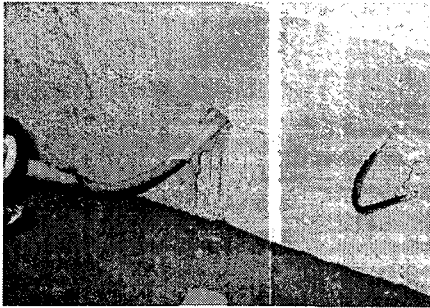
(b) 타이바 삽입후의 모습

그림 2. 현재 시공방법을 통한 타이바의 설치

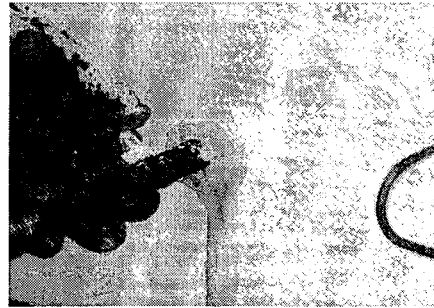
3.2.2 주입기를 이용하여 주입한 후 마개를 이용한 실험체

주입기는 시중에서 구한 실리콘 주입기를 이용하여 실리콘을 깨끗이 비우고 충전재를 담아 사용하였다. 그리고 깊은 곳까지 충전재를 주입하기 위하여 고무호스를 연결하여 사용하였다.

그림 3.(a)은 주입기를 이용하여 천공된 공간 안에 충전재를 주입하는 모습이고 그림 3.(b)는 타이바를 삽입한 후에 마개를 이용하여 충전재가 흘러나오지 못하게 막은 모습을 보여준다.



(a) 주입기를 주입하는 모습

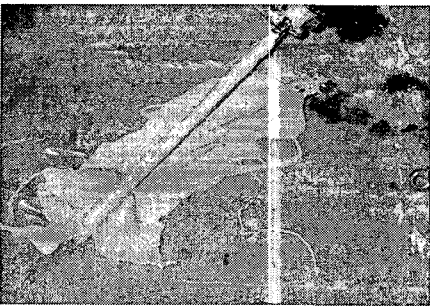


(d) 마개를 설치한 모습

그림 3. 주입기를 이용하여 주입한 후 마개를 이용한 실험체

3.2.3 충전재는 현재의 시공방법을 따라 주입하고 마개를 사용한 실험체

충전재는 그림 4.(a)에서와 같이 현재의 시공 방법에 따라서 주입하고 충전재가 흘러나오는 것을 막기 위하여 마개를 사용한 실험체이다. 그림 4.(b)은 타이바 삽입 후 마개를 설치한 모습이다.



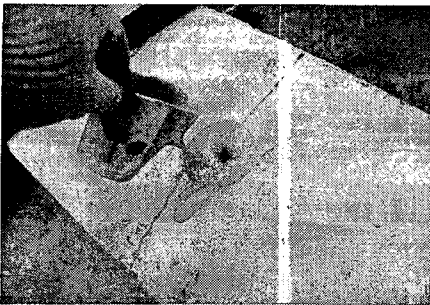
(a) 충전재를 문힌 모습



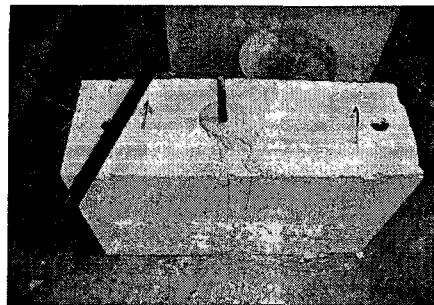
(b) 마개를 설치하는 모습

그림 4. 충전재는 현재의 시공방법을 따라 주입하고 마개를 사용한 실험체

3.2.4 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체



(a) 충전재를 주입하는 모습



(b) 타이바를 삽입한 후의 모습

그림 5. 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체



그림5와 같이 충전재가 완벽하게 주입된 상대를 모사하기 위하여 실험체를 세워 놓고 충전재를 흘러 들어 가도록 주입한 후 타이바를 삽입하고 실험체가 세워진 상태로 양생한 실험체이다.

4. 실험 결과

4.1 재료 실험결과

실험체에 사용된 콘크리트의 강도를 알아보기 위하여 실험체에서 코어 채취기를 이용하여 공시체($\Phi=100$ mm)를 얻어 압축강도, 탄성계수, 쪼갬인장강도를 시험을 실시하였다. 압축강도와 탄성계수는 지름 100 mm에 높이 200 mm의 공시체를 사용하여 시험하였고 쪼갬인장강도는 지름 100 mm에 높이 100 mm의 공시체를 이용하여 시험하였다. 재료실험 결과는 표 1에 정리하였다.

표 1. 재료실험 결과

공시체 번호	압축강도 (kgf/cm ²)	탄성계수 (kgf/cm ²)	쪼갬인장강도 (kgf/cm ²)
1	277	3.08	29.1
2	218	2.66	37.5
평균	248	2.87	33.3

4.2 타이바의 부착강도 실험결과

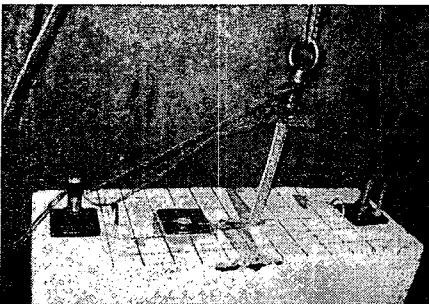
4.2.1 현재 시공되고 있는 방법으로 설치한 실험체

현재 시공되고 있는 방법으로 타이바를 설치한 3개의 실험체에 대한 부착강도 시험한 결과 각각 2200kgf, 2990kgf, 2550kgf의 정착강도(평균 2580kgf)를 얻었다.

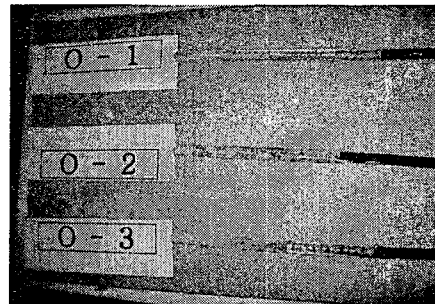
그림 6.(a)는 타이바의 뽑힘 파괴양상을 보여주고 있는데 콘크리트에 거의 손상이 가지 않은 채 충전재와 콘크리트 사이의 부착력이 파괴되어 뽑혀 나왔음을 알 수 있다. 현재 시공되고 있는 방법으로 타이바를 설치한 3개의 실험체 모두 그림 6.(a)와 같은 파괴양상을 나타냈다.

그림 6.(b)는 3개의 실험체에 대하여 정착강도실험을 수행한 후 뽑혀 나온 타이바의 모습을 보여주는 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 충전재 주입 후 충전재가 흘러내리기 때문에 타이바의 상부(중력방향에 대하여)는 콘크리트와 거의 밀착되지 않고 하부만이 콘크리트와 밀착되어 뽑힘하중에 저항했음을 알 수 있다. 또한 타이바의 끝부분에는 천공 시 발생한 콘크리트 가루가 묻어있어 이 또한 정착강도를 저하시킨 원인으로 작용했을 것으로 사료된다

이 실험으로 얻은 평균정착강도는 2580 kgf 로 타이바 1개가 가져야 할 정착강도 4556 kgf에 대하여 56.6%에 그치고 있다.



(a) 타이바의 뽑힘 파괴양상



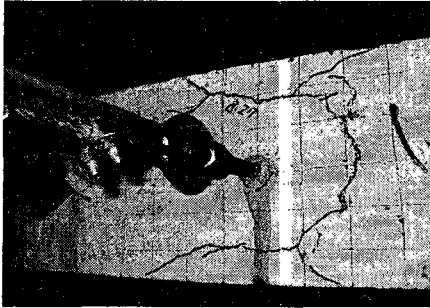
(b) 실험 후의 타이바의 모습

그림 6. 현재 시공되고 있는 방법으로 설치한 실험체



4.2.2 주입기를 이용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용한 실험체

주입기를 이용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용하여 충전재가 흘러나오지 못하게 막는 방법으로 타이바를 설치한 2개의 실험체에 대한 부착강도 실험한 결과 각각 8780kgf, 8240kgf의 정착강도(평균 8510kgf)를 얻었다. 그림 7.(a)은 실험체가 파괴되기 직전 실험체 상부에 발생한 크랙을 보여주는 그림이고 그림 7.(b)는 실험체가 파괴된 모습을 보여주는 그림이다. 파괴양상을 보여주는 그림에서 알 수 있듯이 이 방법은 콘크리트에서 먼저 파괴될 만큼 충분한 부착강도를 얻을 수 있는 방법임을 확인 할 수 있었다.



(a) 파괴 직전 실험체 상부의 모습



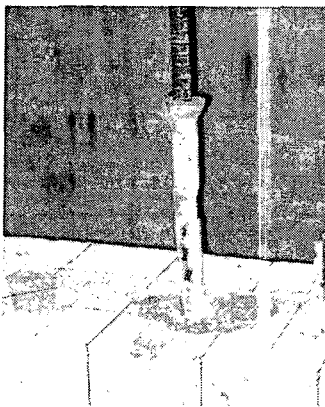
(b) 파괴된 실험체의 모습

그림 7. 주입기를 이용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용한 실험체

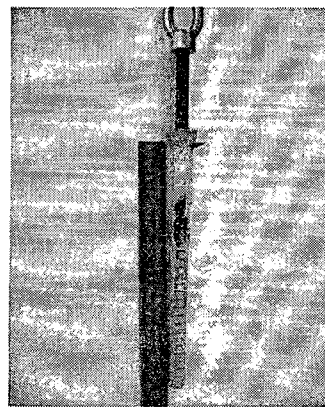
4.2.3 충전재는 현재의 시공방법을 따라 주입하고 마개를 사용한 실험체

충전재는 현재의 시공방법에 따라 주입하고 충전재가 흘러나오는 것을 마개를 이용하여 막는 방법으로 타이바를 설치한 시험체에 대한 부착강도 시험을 수행한 결과 6020 kgf의 부착강도를 얻었다. 이 값은 타이바 1개가 가져야 할 부착강도 4556 kgf 에 132 %에 이르는 값으로 설계요구조건을 충분히 만족한다.

그림 8(a)은 극한하중 상태에서 타이바가 뿔뿔하중을 견디지 못하고 미끄럼이 발생하여 파괴된 모습을 보여주는 그림이다. 그림 8(b)는 실험 후 타이바의 모습을 보여주는 사진인데 마개를 이용하여 충전재가 흘러나오는 것을 막아 막지 않은 경우보다는 양호하게 충전되었지만 완전히 충전되지 못했음을 알 수 있다.



(a) 실험체의 파괴양상



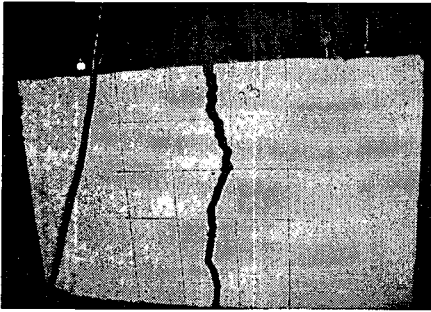
(b) 실험 후 타이바의 모습

그림 8. 충전재는 현재의 시공방법을 따라 주입하고 마개를 사용한 실험체

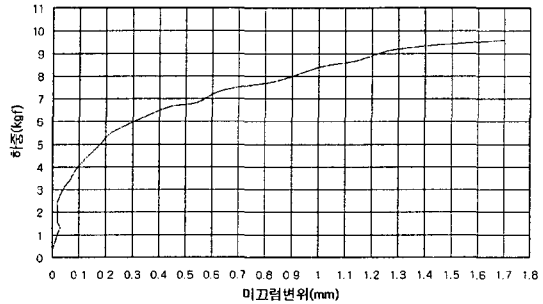
4.2.4 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

실험체를 세워서 충전재를 주입한 후에 타이바를 삽입한 2개의 실험체에 대한 부착강도 실험한 결과 각각 9600kgf, 9700kgf의 정착강도(평균 9650kgf)를 얻었다.

두 시험체 모두 그림 9(a)와 같이 콘크리트 슬래브가 파괴되어 극한상태에 도달하였다. 그림 9(b)는 F-1 시험체에 대한 하중-미끄럼변위를 나타낸 그래프인데, 설계인장력 (4556.25 kgf)하에서 미끄럼 변위가 0.1mm를 조금넘는 정도임을 알수 있다. 따라서 본 시험체와 같이 타이바가 충분히 정착된다면 온도변화와 건조수축에 의한 콘크리트의 수축에 따른 줄눈의 벌어짐을 0.1mm 이내로 제한할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 시험체의 파괴양상



(b) 하중 - 미끄럼변위 그래프(F-1)

그림 9. 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

5. 결론

1. 종방향 줄눈에 온도변화 및 건조수축에 의한 벌어짐이 발생하지 않으려면 단위폭당 4050 kgf의 인장력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
2. HD16 철근을 타이바로 사용한다면 간격은 1.31 m이상, 정착길이는 50.9 cm이상 확보해야 한다.
3. 신설포장의 경우 HD16 철근을 간격 75 cm, 정착길이가 40 cm로 시공되는 타이바는 설계요구조건을 만족한다.
4. 확장 포장에 있어서 HD16 철근을 75 cm 간격으로 기존포장에 정착시킬 경우 4556.25 kgf의 정착강도를 가져야 한다.
5. 현재 시공되는 방법으로 타이바를 정착한 경우에 정착강도는 실험결과 평균 2580 kgf로서 요구되는 강도에 56.6 %에 불과 하였다. 따라서 현재 시공되고 있는 방법으로는 타이바가 그 역할을 수행할 수 없다. 부착강도가 충분치 않은 원인은 충전재가 밀실하게 주입되지 못하고 주입된 충전재마저도 밖으로 흘러나오기 때문이라 사료된다.
6. 주입기를 이용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용하여 충전재가 흘러나오지 못하게 막는 방법으로 타이바를 설치한 시험체는 평균 8510 kgf의 부착강도를 보여 요구되는 강도에 186.7 %에 해당하는 충분한 부착강도를 나타냈다.
7. 충전재가 완전히 주입된 경우의 부착강도를 알아보기 위하여 세워서 충전재를 주입하고 타이바를 설치한 실험체는 평균 9650 kgf의 부착강도를 나타냈다.

참고문헌

1. 양성철 등, "콘크리트포장 확장부의 현장조사 및 계측" 연구보고서, 한국도로공사, 2004.12.
2. E. J. Yoder, M. W. Witczak, "Principles of Pavement Design," Wiley-Interscience.
3. Yang H. Huang, "Pavement Analysis and Design," Prentice Hall.