

콘크리트포장 포장 확장부 타이바의 문제점 및 개선방안

A Study on Problems and Improvements of Tie-Bar used for Concrete Pavement Widening

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

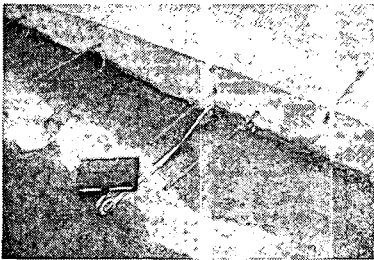
Hwang, In Kyu · Yang, Sung Chul · Park, Jong Won · Yoo, Tae Seok · Jung, Jin Hoon

1. 서 론

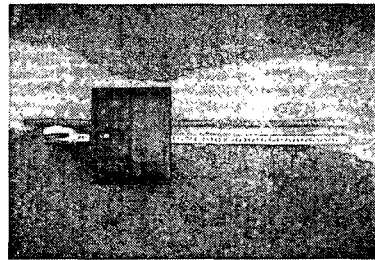
신설 포장에 시공되는 타이바의 경우에는 콘크리트 타설 시 슬래브 안에 묻히기 때문에 정착강도 확보에 큰 어려움이 없으나, 확장공사에서 사용되는 타이바의 경우에는 구 콘크리트를 친공한 후 타이바를 설치하기 때문에 정착강도 확보에 주의를 기울여야 한다. 그러나 실제 확장공사 현장에서는 품질관리가 제대로 이루어지지 않아 충분한 정착강도를 확보하지 못하고 있다.(정진훈 등, 2004)

그림 1(a)는 확장공사에서 타이바의 설치 후 모습이고, 그림 1(b)는 설치된 타이바를 손으로 뽑아 놓은 모습인데, 타이바에 충전제가 거의 묻어 있지 않음을 알 수 있었다. 이는 현재 타이바 시공방법의 문제점을 그대로 보여주고 있는 것으로써, 타이바가 제 기능을 수행하지 못할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 현행 타이바 시공의 문제점을 지적하고, 현재 시공방법과 동일한 방법으로 실험체를 제작하고 타이바의 정착강도를 확인하여 이에 대한 대안을 제시하고자 한다.



(a) 타이바 설치 후의 모습



(b) 타이바를 뽑아 놓은 모습

그림 1. 확장공사시 타이바의 설치모습

2. 타이바 설계 검토

2.1 설계개념

콘크리트 슬래브는 온도변화와 건조수축으로 인해 부피가 시시각각 변화하게 된다. 만일 콘크리트의 부피가 줄어들게 되면 콘크리트와 지반 사이에 마찰력이 발생하게 되고, 이로 인하여 콘크리트 슬래브에 인장력이 발생하게 된다. 이 인장력은 콘크리트에 균열을 발생시키거나, 줄눈을 벌어지게 하는 작용을 한다. 하지만 JCP에서는 콘크리트 슬래브에 균열이 발생하지 않도록 줄눈 간격을 결정하였기 때문에 줄눈이 벌어지는 현상만 막아주면 되는데, 이 역할을 타이바가 담당하게 된다.(Yoder 등, 1975) (Huang, 1993)

* 정회원 · 홍익대학교 건축공학과 박사과정 · P&H 엔지니어링 대표 · 구조기술사 · 041-860-2829

** 정회원 · 홍익대학교 건축공학과 조교수 · 공학박사 · 041-860-2561

*** 정회원 · 홍익대학교 건축공학과 부교수 · 공학박사 · 041-860-2607

**** 정회원 · 도로교통기술원 시험도로운영센터 · 공학박사 · 031-371-3368

***** 정회원 · 도로교통기술원 포장연구그룹 · 공학박사 · 031-371-3360



타이바의 설계는 콘크리트의 부피변화로 인해 발생 할 수 있는 최대 인장력을 구하여 이에 저항할 수 있도록 단면적과 간격, 매입 깊이를 결정한다.

2.2 확장 시 설치되는 타이바 설계 검토

현재 JCP에서 일반적으로 사용되는 타이바는 HD16 철근을 사용하여 75cm 간격으로 설치되며, 매입 깊이는 양측으로 40cm이다. 콘크리트 슬래브의 두께를 30cm, 슬래브 폭을 4.1m(차로 3.6m + 측대 0.5m), 콘크리트포장의 단위용적중량을 2300kgf/m³, 콘크리트 슬래브와 지반과의 마찰계수를 1.9(AASHTO 설계법에서는 빈배합콘크리트와 콘크리트 포장사이의 마찰계수로 1.9를 사용하도록 추천하고 있다)라 하면 타이바 1개당 작용하는 인장력(T)은

$$T = 2,300\text{kgf/m}^3 \times 0.3\text{m} \times 0.75\text{m} \times 4.1\text{m} \times 1.9 = 4,032\text{kgf}$$

이 된다.

HD16 철근의 허용인장력(F)은 항복강도에 75%를 사용하므로

$$F = 4,000\text{kgf/cm}^2 \times 1.99\text{cm}^2 \times 0.75 = 5,970\text{kgf}$$

이고 작용 인장력(4,032 kgf)보다 크기 때문에 안전하다.

따라서 충분한 정착강도만 확보하여 주면 되는데, 소요정착강도는 작용인장력에 안전계수 1.5를 사용하여 구한다.

$$F_A = 4,032\text{kgf} \times 1.5 = 6,048\text{kgf}$$

3. 충전재를 사용한 타이바의 부착강도 실험

3.1 실험체 제작

본 연구에서는 충전재를 이용하여 타이바를 설치하는 경우에 대한 문제점과 대안을 제시하기 위해서 표 1을 실험변수로 하여 실험체를 제작하였다.

표 1. 실험변수

| 실험변수 | 실험체개수 |
|----------------------------|-------|
| 현행의 시공방법으로 설치한 실험체 | 3 |
| 충전재를 완전 주입한 실험체 | 2 |
| 주입기로 충전재를 주입하고 마개를 사용한 실험체 | 2 |

본 실험에서 사용한 콘크리트 슬래브는 실제 포장슬래브와 같은 효과를 얻기 위하여 실물크기로 제작하였다. 콘크리트 슬래브의 치수는 두께를 30cm로 하고, 종방향 길이는 타이바의 간격인 75cm로 하고, 횡방향 깊이는 타이바의 삽입깊이 40cm에 10cm여유를 두어 50cm로 제작하였다. 사용콘크리트 또한 실제 포장에서와 같은 배합을 얻기 위하여 현장 배치프랜트에서 직접 콘크리트를 받아 실험체를 제작하였다.(그림 2)

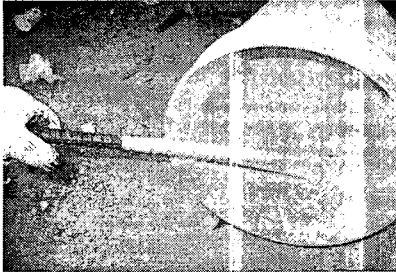


그림 2. 배치프랜트에서 실험체를 제작하는 모습

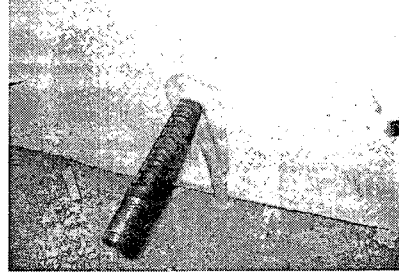


3.1.1 현행 시공방법으로 타이바를 설치한 실험체

현행 타이바 시공방법을 보면 먼저 그림 3(a)와 같이 타이바에 충전재를 묻힌 후에 천공된 공간에 삽입하는 공정으로 이루어진다. 그림 3(b)는 타이바가 삽입된 후의 모습을 보여준다.



(a) 타이바에 충전재를 묻히는 모습

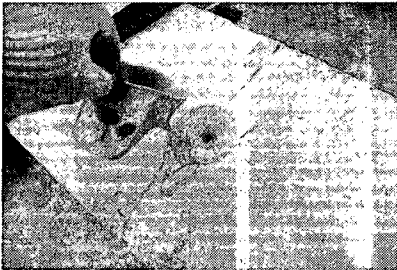


(b) 타이바 삽입후의 모습

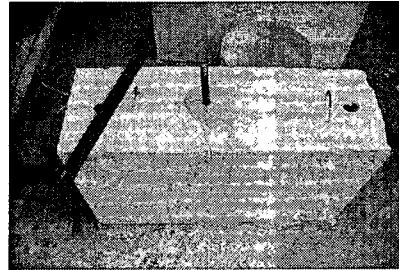
그림 3. 현재 시공방법을 통한 타이바의 설치

3.1.2 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

충전재를 밀실하게 주입하기 위하여 실험체를 세워 놓고 충전재를 흘러 들어가도록 주입한 후 타이바를 삽입하고 실험체가 세워진 상태로 양생하였다. 그림 4(a)는 충전재가 흘러 들어가도록 주입하는 모습이고 그림 4(b)는 타이바 삽입 후의 모습이다.



(a) 충전재를 주입하는 모습



(b) 타이바를 삽입한 후의 모습

그림 4. 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

3.1.3 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 5(a)은 주입기를 이용하여 천공된 공간 안에 충전재를 주입하는 모습이고 그림 5(b)는 타이바를 삽입한 후에 마개를 이용하여 충전재가 흘러나오지 못하게 막은 모습을 보여준다.



(a) 주입기를 주입하는 모습



(b) 마개를 설치한 모습

그림 5. 주입기를 이용하여 주입한 후 마개를 이용한 실험체

3.2 실험 결과

실험체에 사용된 콘크리트의 물성을 알아보기 위하여 실험체에서 코어 채취기를 이용하여 실험체에서 공시체($\phi=100$ mm)를 채취하여 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 2에 정리하였다.

표 2. 재료실험 결과

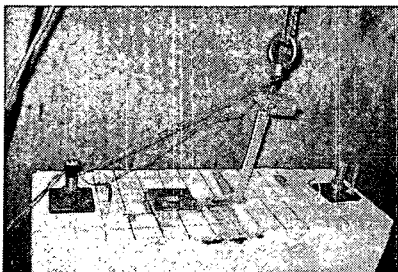
| 공시체 번호 | 압축강도 (kgf/cm ²) | 탄성계수 (kgf/cm ²) | 쪼갬인장강도 (kgf/cm ²) |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 277 | 3.08 | 29.1 |
| 2 | 218 | 2.66 | 37.5 |
| 평균 | 248 | 2.87 | 33.3 |

3.2.1 현재 시공방법으로 타이바를 설치한 실험체

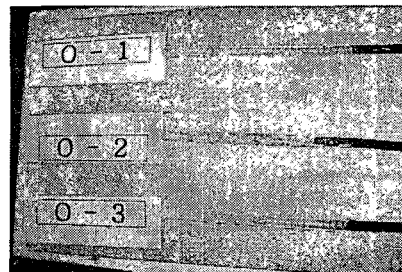
현재 시공되고 있는 방법으로 타이바를 설치한 3개의 실험체에 대한 부착강도 시험한 결과 각각 2200kgf, 2990kgf, 2550kgf의 정착강도(평균 2580kgf)를 얻었다.

그림 6(a)는 타이바의 뽑힘 파괴양상을 보여주는 그림인데, 콘크리트에는 전혀 손상이 없이 충전재와 콘크리트 사이의 부착력이 파괴되어 뽑혀 나왔음을 알 수 있다. 3개의 실험체 모두 그림 6(a)와 같은 파괴양상을 나타냈다.

그림 6(b)은 3개의 실험체에 대하여 정착강도 실험을 수행한 후 뽑혀 나온 타이바의 모습을 보여주는 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 충전재 주입 후 충전재가 흘러내리기 때문에 타이바의 상부(실험체의 표면 근처)는 콘크리트와 거의 밀착되지 않고 하부만이 콘크리트와 밀착되어 뽑힘 하중에 저항했음을 알 수 있다. 또한 타이바의 끝부분에는 천공 시 발생한 콘크리트 가루가 묻어 있어 이 또한 정착강도를 저하시킨 원인으로 작용했을 것으로 사료된다.



(a) 타이바의 뽑힘 파괴양상



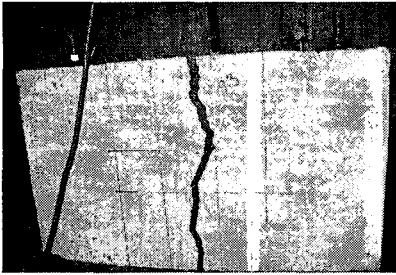
(b) 실험 후의 타이바의 모습

그림 6. 현행 시공 방법으로 설치한 실험체

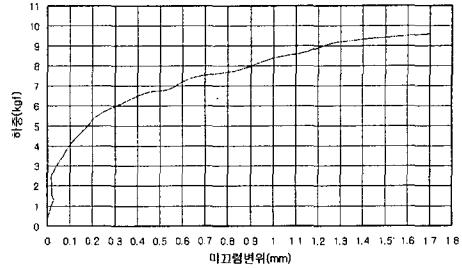
3.2.2 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

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

두 실험체 모두 그림 7(a)과 같이 콘크리트 슬래브가 파괴되어 극한상태에 도달하였다. 그림 7(b)은 한 실험체에 대한 하중-미끄럼변위를 나타낸 그래프인데, 작용 최대 인장력 (4,032kgf) 하에서 미끄럼 변위가 0.1mm를 조금 넘는 정도임을 알 수 있다. 따라서 본 실험체와 같이 타이바가 충분히 정착된다면 온도변화와 건조수축에 의한 콘크리트의 수축에 따른 줄눈의 벌어짐을 0.1mm 이내로 제한할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 실험체의 파괴양상

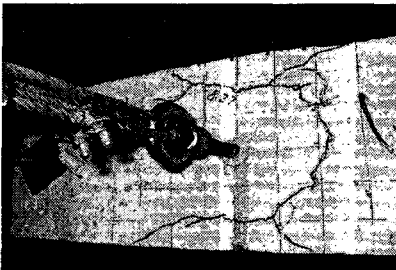


(b) 하중 - 미끄럼변위 그래프

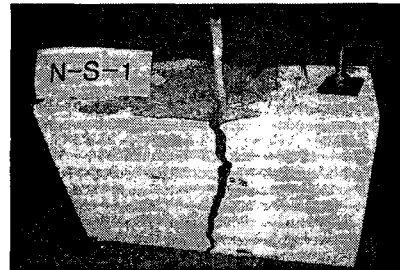
그림 7. 실험체를 세워서 충전재를 주입한 실험체

3.2.3 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 8,780kgf, 8,240kgf의 정착강도(평균 8,510kgf)를 얻었다. 그림 8(a)은 실험체가 파괴되기 직전 실험체 상부에 발생한 크랙을 보여 주는 그림이고, 그림 8(b)는 실험체가 파괴된 모습을 보여 주는 그림이다. 파괴양상을 보여 주는 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 8. 주입기를 이용하여 충전재를 주입하고 마개를 사용한 실험체

4. SL 앵커볼트를 이용한 타이바의 정착강도 실험

타이바의 정착에 대한 또 다른 대안으로 SL앵커볼트를 사용할 수 있는데, 이는 충전재를 이용한 방법에 비하여 시공성이 우수하고, 특별한 품질관리 없이 충분한 정착강도를 확보할 수 있으며, 공기단축 효과가 있는 방법이다.

4.1 SL 앵커볼트의 원리 및 재원

SL 앵커볼트의 작용원리는 그림 9에서 보여주는 바와 같이 볼트에 인발력이 가해지면 쉘기작용에 의해 쉘기와 콘크리트 사이에 수직력이 유발되며 이 수직력에 의해 쉘기와 강재 사이에는 마찰력이 발생한다. 일단 쉘기 작용이 시작되면 볼트에 가해진 인발력이 증가할수록 쉘기와 콘크리트 사이의 수직력이 증가하게 된다. 따라서 마찰력도 비례하여 커지게 되므로 볼트나 콘크리트가 파괴에 이르기 전에는 절대로 뽑힘이 일어나지 않는다.

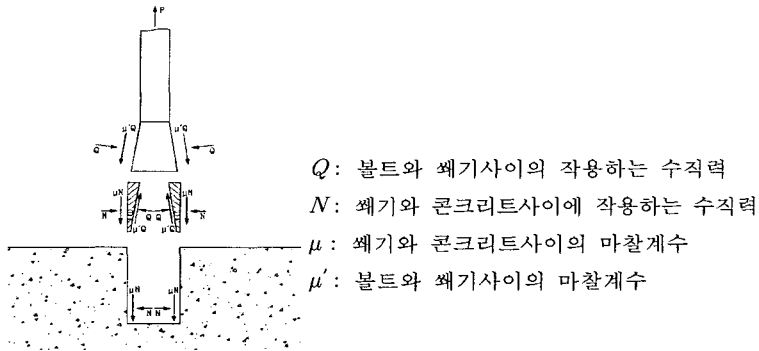
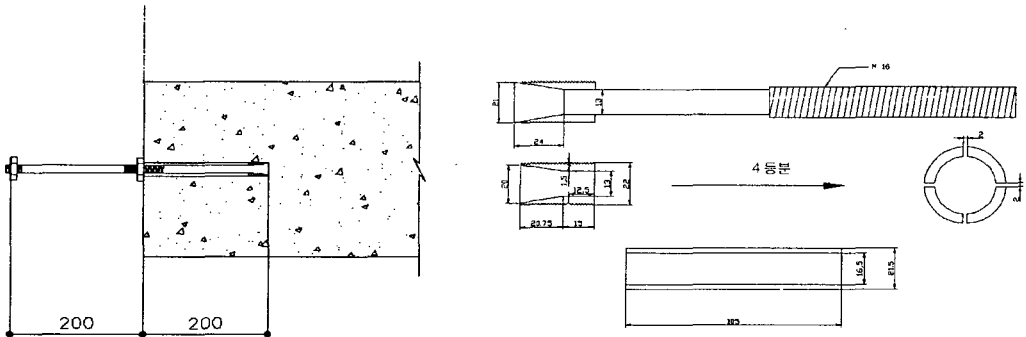


그림 9. SL 앵커볼트의 원리

타이바 용으로 사용된 SL 앵커볼트의 재질은 탄소강을 사용하고 부식을 방지하기 위하여 아연도금처리를 한다. 타이바용 SL 앵커볼트의 설치도 및 각부치수는 그림 10에 나타나 있다.



(a) SL 앵커볼트의 설치 개념도

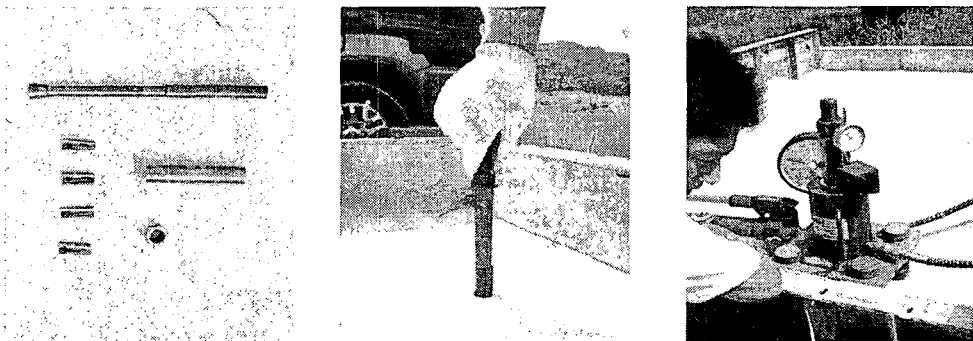
(b) SL 앵커볼트의 각부치수

그림 10. SL 앵커볼트의 설치 개념도 및 각부치수

4.2 SL 앵커볼트의 성능실험 및 결과

4.2.1 철근 콘크리트에서의 성능실험

콘크리트의 강도에 의한 영향을 배제하고 SL 앵커볼트의 성능을 검증하기 위하여 철근이 충분히 배근된 콘크리트 슬래브에 그림 11과 같이 SL 앵커볼트를 설치하고 인발시험을 실시하였다.



(a) 조립 전 모습

(b) 삼입모습

(c) 가력모습

그림 11. 철근콘크리트 슬래브에서의 SL 앵커볼트의 성능실험



동일 규격의 4개의 SL 앵커볼트에 대하여 인발실험을 실시한 결과 각각 13,500kgf 10,350kgf 13,650kgf 10,350kgf의 정착강도(평균 11,690kgf)를 얻었다. 그림 12는 성능실험 결과 SL 앵커볼트의 파괴양상을 보여 주는 그림인데 4개 실험체 모두 앵커볼트의 콘 부분이 뭉개지는 파괴양상을 나타내었다.

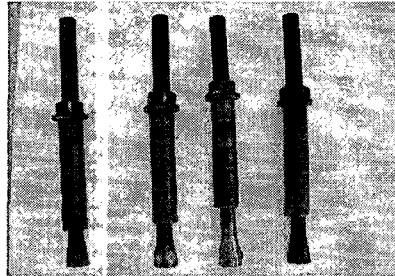
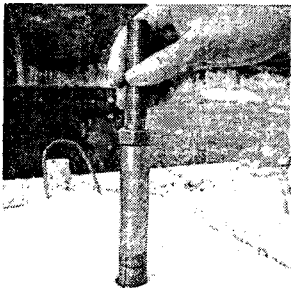


그림 12. SL 앵커볼트의 파괴양상

4.2.2 무근 콘크리트 슬래브에서의 성능실험

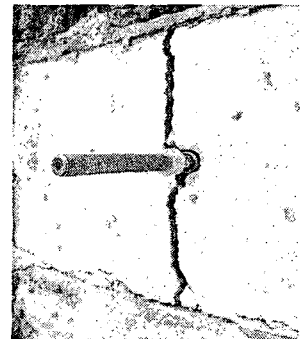
충전재를 사용하여 타이바를 설치하는 방법과 비교하기 위해 동일한 무근의 콘크리트 공시체에 SL 앵커볼트를 설치하여 정착강도 실험을 실시하였다. 그림 13은 정착강도 실험모습을 보여준다.



(a) 삽입모습



(b) 인발시험 모습



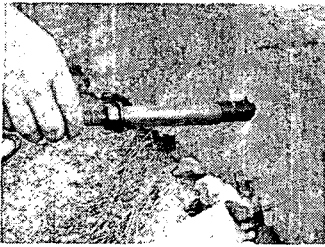
(c) 파괴양상

그림 13. 무근콘크리트 슬래브에서의 성능실험

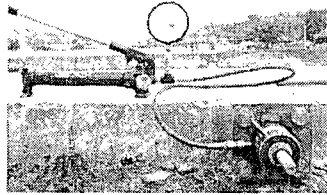
동일 규격에 2개의 SL 앵커볼트에 대하여 인발실험을 실시한 결과 각각 8,300kgf 8,500kgf의 정착강도(평균8,400kgf)의 정착강도를 얻었으며 파괴양상은 2개 실험체 모두 슬래브에서 균열이 발생함으로써 파단에 이르렀다.(그림 13)

4.2.3 지방도로에서의 성능실험

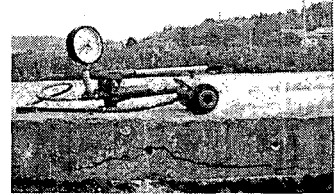
실내에서 제작한 콘크리트 공시체에 SL앵커볼트를 설치한 실험체의 거동과 실제 포장에 SL앵커볼트를 설치한 거동에는 분명한 차이가 있을 것이다. 따라서 실제 포장에 설치한 SL 앵커볼트의 거동을 알아보기 위하여 충북 청원군 관내의 지방도를 택하여 그림 14와 같이 인발시험을 실시하였다.



(a) 삽입모습



(b) 인발시험 모습



(c) 파괴양상

그림 14. 지방도로에서의 성능실험

실험결과 그림 14에서 보는 바와 같이 인발하중 10,200kgf에서 콘크리트 슬래브에 횡방향 균열이 발생하여 파단에 이르렀다. 본 콘크리트 지방도로의 두께는 약 20cm 정도이고 슈미트햄머를 이용한 추정압축강도는 187kgf/cm²였다.

5. 결 론

확장공사에서 설치되는 타이바에 대해 정착강도 실험을 실시하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 무근콘크리트 포장(JCP) 4.1m 확장 시 종방향 줄눈에 75cm 간격으로 설치되는 타이바 1개에 작용하는 최대인장력은 4,032kgf 이었다. HD16 철근을 75cm 간격으로 설치한다면 정착강도는 안전율 1.5를 감안하여 6,048kgf 이상을 확보해야 하는 것으로 나타났다.
2. 현재 시공되는 방법으로 타이바를 정착한 경우의 정착강도는 실험결과 평균 2,580kgf로서 요구되는 강도의 42.7%에 불과 하였다. 따라서 현재 시공되고 있는 방법으로 타이바를 설치한다면 제 역할을 수행할 수 없을 것으로 판단되며 그 원인으로는 충전재가 밀실하게 주입되지 못하고 주입된 충전재마저도 밖으로 흘러나오기 때문으로 판단된다.
3. 실험체를 세워 의도적으로 충전재를 밀실하게 주입한 실험체의 경우에는 평균 9,650kgf의 높은 정착강도를 나타내었다. 이는 충전재를 밀실하게 주입할 수 있다면 충분한 정착강도를 확보할 수 있음을 의미한다.
4. 주입기를 이용하여 깊은 곳까지 충전재를 충분히 주입하고 마개를 사용하여 충전재가 흘러나오지 못하게 막는 방법으로 타이바를 설치한 실험체는 실험결과 평균 8,510kgf의 정착강도를 보여 소요정착강도 (6,048kgf)를 충분히 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 이 방법은 시공시간과 인력을 많이 소요할 것으로 판단된다.
5. 타이바의 대안으로 SL앵커볼트를 사용하여 기본적인 성능실험을 실시한 결과 간편하고 빠른 속도로 시공하여 높은 정착강도를 확보 할 수 있었다. 또한 지방도로를 이용하여 SL앵커볼트의 정착강도를 실험한 결과 10,200kgf의 정착강도를 얻었다. 사용된 콘크리트포장의 두께가 20cm이고 압축강도가 187kgf/cm²인 점을 감안 한다면 고속도로 콘크리트포장에서는 그 이상의 정착강도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정진훈 등, 2004, 콘크리트 포장 확장시 연결부 지지력 평가 및 접속방안 개발, 도로교통 PA-04-10, 한국 도로공사 도로교통기술원
2. E. J. Yoder, M. W. Witczak, 1975, Principles of Pavement Design, Wiley-Interscience, Canada
3. Yang H. Huang, 1993, Pavement Analysis and Design, Prentice Hall, The United States of America