

교량에서 2층 분리타설한 철근콘크리트 슬래브의 구조거동에 관한 실험연구

An Experimental Study on the Structural Behavior of Two-layered
Reinforced Concrete Slabs in Bridges

오병환*

이형준**

이명규**

한승환**

Oh, Byung Hwan Lee, Hyung Joon Lee, Myung Gue Han, Seung Hwan

요 약

본 연구에서는 2번에 분리타설된 교량 슬래브의 휨 및 전단거동 특성에 대한 실험 연구를 수행하였다. 분리타설된 슬래브의 거동은 구콘크리트의 표면상태, 다우웰 철근량 및 접착층의 부착강도에 의해 큰 영향을 받게 되므로, 본 연구에서는 이와같은 변수를 변화시켜 실험을 수행하였다.

본 연구결과 초기균열이 발생할때까지는 콘크리트의 표면상태 및 다우웰 철근량에 따라 구조거동이 큰 차이를 보이지 않으나, 극한하중상태에 도달하면 구콘크리트의 표면상태가 양호하고 아크릴수지 처리와 다우웰 철근이 많을수록 분리타설된 슬래브는 일체로 거동하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구 결과는 앞으로 교량에서 2층으로 분리타설하는 철근콘크리트 슬래브의 설계를 위한 유용한 자료와 토대를 제시하고 있다.

Abstract

The flexural and horizontal shear behavior of overlaid concrete slabs with polymer interface is investigated in the present study. An experimental program was set up and several series of overlaid concrete slabs have been tested to study the effect of different surface preparations and dowel bars between old slab and overlay under service and ultimate loads. The cracking and ultimate load behavior for various cases including acryl emulsion treatment and doweled joints has been studied.

The present study indicates that the overlaid concrete slabs behave integrally with existing bottom slabs up to ultimate range for rough and doweled joints with polymer interface. The present study provides a firm base for the realistic design of two-layered RC slabs in bridges.

keywords : overlaid concrete slab, polymer interface, dowel bars, service and ultimate load behavior, bridges, reinforced concrete slab.

* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 서울대학교 대학원 박사과정 수료

• 본 논문에 대한 토의를 1994년 8월 30일까지 학회로 보내
주시면 1994년 10월호에 토의회답을 게재하도록 하겠습니다.

1. 서 론

1.1 연구배경

도로의 포장에 콘크리트 포장을 적용하는 경우 교량 상판에 대한 포장의 마감형태는 데크-피니셔(deck-finisher)에 의해 시공하는 방법을 사용하고 있는데, 이 방법에 의한 시공은 교량상판 콘크리트 포장의 평탄성 확보가 어렵고, 방수처리의 부족으로 인하여 교량의 수명유지가 곤란하다는 문제가 있다.

따라서, 교량상판을 1, 2차로 구분하여 시공함으로써 평탄성을 확보하고, 접착부에 아크릴계 수지를 사용함으로써 방수 및 접착강도를 증가시킨 수평접착부를 포함한 2층타설 콘크리트 슬래브의 구조거동에 관한 규명의 필요성이 대두되었다.(1,3,8,10,11,12)

1.2 연구목적 및 내용

본 연구에서는 교량의 상판을 1, 2차로 구분하여 시공하는 경우에 접착층에서의 구조적 거동특성을 규명하기 위한 슬래브의 모형실험을 수행하였으며, 이로부터 하중재하에 따른 접합면의 표면처리 상태와 다우웰 철근량 등이 접합면에서의 구조거동에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2층으로 타설된 교량상판의 신·구콘크리트 접착층에서의 거동은 접착층의 부착강도 및 다우웰 철근의 유무에 의해 좌우되며, 부착강도는 구콘크리트의 표면상태, 접착층 재료의 접착능력에 영향을 받는다.

따라서, 본 연구에서는 접착층의 거동을 규명하기 위하여 분리타설한 슬래브의 접합거동에 영향을 미치는 인자로서 구콘크리트 표면의 처리상태, 접착제의 도포여부, 다우웰철근의 배치여부 및 주철근의 배치형태 등을 주요 실험변수로 선정하였다. 또한 신콘크리트는 무근 콘크리트로 타설하는 경우와 강섬유를 콘크리트 체적의 1.3% 혼입한 콘크리트를 타설하는 경우의 두가지로 실험을 수행하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험변수

분리타설한 슬래브의 접합거동에 영향을 미치는 인자로서 구콘크리트 표면의 처리상태, 접착제의 도포여부, 다우웰철근의 배치여부 및 주철근의 배치형태 등을 주요 실험변수로 선정하였다.

주철근의 배근형태는 직선배근과 주인장철근의 일부를 절곡시킨 배근형태로 시험체를 제작하였으며, 구콘크리트의 표면상태는 지연제만 처리한 경우와 지연제를 처리한 후 아크릴 에멀전 수지로

Table 1 Design variables and test specimens

Specimen No.	Surface treatment	Dowel bars	Steel fiber	Typical specimen
S-B-0-1-0	Monolithic	0.075%	0.0%	
S-B-2-1-1	Retarders Polymer adhesive	0.075%	1.3%	
S-B-2-2-1	Retarders	0.15%	1.3%	
S-S-0-0-0	Monolithic	0%	0.0%	
S-S-1-0-0	Retarders	0%	0.0%	
S-S-2-0-0	Retarders Polymer adhesive	0%	0.0%	
S-S-2-2-0	Retarders Polymer adhesive	0.15%	0.0%	
S-S-2-3-0	Retarders Polymer adhesive	0.30%	0.0%	

First(S : Static Test)

Second(B : bent-up bar, S : straight bar)

Third(0 : Monolithic, 1 : Retarders,

2 : Retarders + Polymer adhesive)

Forth(0 : Dowel bar 0%, 1 : Dowel bar 0.075%)

(2 : Dowel bar 0.15%, 3 : Dowel bar 0.30%)

Fifth (0 : Steel fiber 0.0%, 1 : Steel fiber 1.3%)

만든 시멘트페이스트를 도포한 경우로 구분하였다. 또한, 신·구콘크리트사이의 접합거동에서 층분리현상은 신·구콘크리트면에 발생하는 전단력에 의해서 일어나므로 신·구콘크리트사이의 전단강도를 증가시키기 위해서 다우웰(dowel)철근을 슬래브의 접합된 면적의 0.0%, 0.075%, 0.15%, 0.30%를 각각 배치하였다.

한편, 2차로 타설되는 콘크리트에 강섬유를 혼입한 효과를 규명하기 위해서 지름 $d_f=0.5\text{mm}$, 길이 $l_f=50\text{mm}$, 형상계수 $l_f/d_f=100$ 인 강섬유를 콘크리트 체적의 1.3%를 혼입하여 강섬유의 혼입에 따른 신·구콘크리트사이의 접합거동을 고찰하였다.

이상과 같은 실험변수로 제작된 정적실험용 슬래브구조 시험체의 구분 및 형상은 Table 1과 같다.

2.2 실험부재의 제작 및 양생

시험체는 실제로 시공되는 교량의 조건을 충분히 반영할 수 있어야 하므로, 본 연구에서는 시험체의 지간을 1.5m로 하였으며, 슬래브의 두께와 철근량은 도로교 시방서에 따라 사하중 및 활하중에 의한 모멘트에 저항하도록 설계하였다.

본 연구에서 수행하고자 하는 슬래브 시험체는 총 길이가 1.7m이고, 지간이 1.5m, 폭 45cm로 제작하였다. 슬래브는 1차 콘크리트를 20cm 타설한 후 2차 콘크리트를 7cm 타설하여 슬래브의 총 두께를 27cm로 하였다.

(1) 철근의 배근

슬래브 시험체에 대한 인장철근의 배근은 직선 배근과 인장철근의 일부를 절곡시킨 배근으로 하였다. 인장철근을 직선배근으로 할 때에는 SD30, D13 철근을 12cm 간격으로 배치하였고, 압축철근은 SD30, D13 철근을 24cm 간격으로 배치하였다. 인장철근의 일부를 절곡시켜 배근하는 경우에 철근의 종류, 간격, 인장축 콘크리트의 덮개는 직선 배근의 형태와 동일하고 4개의 인장철근중에서 2개를 지점에서 45cm 떨어진 부분에서 절곡시켜 압축철근과 접착면에서의 다우웰철근으로 사용하였

다. 또한, 전단파괴를 방지하기 위하여 전단철근 및 배력철근은 SD30, D13 철근을 20cm 간격으로 부재의 전 길이에 걸쳐 일정하게 배치하였다. 부재의 단면형태 및 철근의 배근형태는 Fig. 1과 같다.

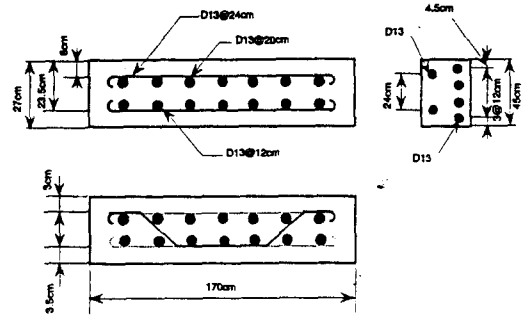


Fig. 1 Design configurations of test members

(2) 다우웰철근

신·구콘크리트 사이의 접합면에서 전단강도를 증가시키기 위해서 배치된 다우웰철근은 SD30, D13 철근을 사용하였다. 다우웰철근을 접합면적의 0.075%를 사용한 경우는 주철근을 절곡시킨 철근으로 대체하였고, 0.15%를 사용한 경우에는 길이가 10cm인 철근을 신·구콘크리트에 각각 5cm씩 묻히도록 하여 40cm 간격으로 2열로 배치하였다. 또한 다우웰철근을 0.30% 사용한 경우에는 20cm 간격으로 2열로 배치하였다.

(3) 콘크리트의 타설 및 양생

1차 콘크리트의 표면을 마감처리한 후 지연제로 처리하여 24시간 후, 와이어 브러쉬(wire brush) 및 살수에 의하여 구콘크리트 표면의 몰탈 및 분순물을 제거한 후 굵은골재의 표면이 충분히 노출되도록 구콘크리트의 표면을 처리하였다.

1차 콘크리트 타설 후 7일이 지난 후 2차 콘크리트를 타설하였다. 접착층으로 사용한 아크릴 수지로 만든 시멘트 페이스트는 구콘크리트의 표면을 습윤상태로 유지한 후, 2차 콘크리트를 타설하기 2시간 전에 구콘크리트의 표면에 골고루 도포하였다. 2차 콘크리트는 아크릴수지 도포 후 2시간이 경과한 다음 동시에 타설하였고, 강섬유를 혼입한

콘크리트는 강섬유가 엉키지 않도록 배합한 후 타설하였다.

2.3 실험재료

(1) 콘크리트

콘크리트는 W/C비를 0.44, 슬래브를 18cm로 하여 28일 압축강도가 240kg/cm²가 되도록 배합 설계하였다. 시멘트는 제1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 강모래를 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수가 19mm인 채석을 사용하였다. 슬래브 시험체의 제작에 사용된 콘크리트의 배합성분은 Table 2와 같다.

Table 2 Mix proportion of concrete
(unit : kg / m³)

	Cement	Water	Coarse Agg.	Fine Agg.
Content	382	168	1068	736

슬래브 제작시 콘크리트의 압축강도를 측정하기 위하여 압축강도 시험용 시편을 1차 및 2차 콘크리트에 대하여 각각 6개를 제작하였다. 이로부터 얻은 1차 콘크리트의 평균 압축강도는 217kg/cm², 2차 콘크리트의 평균 압축강도는 208kg/cm²이었다.

(2) 지연제 및 아크릴 에멀전 시멘트 페이스트

신·구콘크리트 사이의 접착강도를 증가시키기 위하여 구콘크리트 표면의 물탈을 제거하여 골재가 노출이 되도록 하고 표면을 깨끗이 하기 위하여 구콘크리트의 표면을 지연제로 처리하였다. 이때 사용한 지연제는 설탕물로서 설탕물의 농도는 설탕과 물과의 중량비가 2.5%이다.

신·구콘크리트와의 부착강도를 향상시키기 위하여 사용된 접착층은 H사에서 생산하는 아크릴 에멀전 수지를 사용하여 시멘트 페이스트로 만들

Table 3 Mix proportion of polymer adhesive
(unit : g)

	Cememt	Acryl emulsion resin	Water
Content	40.0	3.6	14.4

었다. 아크릴 에멀전 수지로 만든 시멘트 페이스트의 배합성분은 Table 3과 같다.

3. 실험 방법 및 측정

3.1 재하장치

실험부재에 대한 재하는 양지지점에서 55cm 떨어진 점에 4-점재하방법으로 연속하중을 가하였다. 하중은 60ton용량의 유압잭을 사용하여 재하하였으며, 정확한 하중을 얻기 위하여 20ton용량의 로드 셀(load cell)을 설치하였다. 실험부재에 대한 자세한 재하장치도는 Fig. 2와 같다.

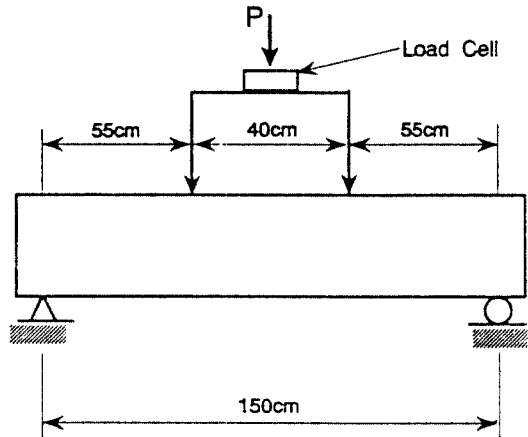


Fig. 2 Test set-up for specimen

실험부재의 하중작용점에는 집중하중으로 인한 콘크리트의 지압파괴를 방지하고, 하중이 편심을 갖고 작용하는 것을 방지하기 위하여 재하점의 콘크리트위에 폭 10cm의 철관을 두었으며, 하중의 재하는 부재의 극한강도에 도달할 때까지 30-40회 정도 단계적으로 단순증가 시켰다. 즉, 초기균열이 발생하기 전까지는 1ton씩 하중을 증가시켰으며, 균열이 발생할 가능성이 있는 이후의 하중에서는 하중의 증가폭을 0.5ton으로 감소시켰다.

3.2 측정 및 결과기록

각 하중단계마다 시험체의 처짐, 철근과 콘크리트의 변형도(strain), 균열폭(crack width) 및 균열의 전파현황 등을 측정하였다.

(1) 처짐

실험부재 지간의 1/2점, 하중재하점 및 부재의 지지점에 대한 각 하중단계에서의 처짐을 측정하기 위해서 각각의 위치에 변위측정용인 정밀도가 0.01mm인 다이알 게이지(dial gage)를 설치하였다.

(2) 철근의 변형도

각 하중단계마다 철근의 변형도를 측정하기 위해서 철근의 표면을 매끄럽게 처리한후 5mm부착식 전기저항 스트레인 게이지(strain gage)를 인장철근의 중앙 및 하중의 재하지점에 설치하였으며, 압축측 철근의 경우에는 부재의 중앙지점에 설치하였다.

(3) 콘크리트의 변형도

각 하중단계마다 콘크리트의 변형도를 측정하기 해서 부재의 중앙점의 인장연단 및 압축연단, 인장철근이 위치한 지점, 부재의 중립축, 그리고 신규콘크리트 접합면의 연단에 각각 68mm 매입용 콘크리트 스트레인 게이지를 설치하였다.

또한 전단력이 크게 발생하는 지점 즉, 지점부에서 25cm 떨어진 점에 있는 신·구콘크리트의 접합면의 연단에 콘크리트 게이지를 부착하여 각 하중단계마다 콘크리트의 변형도를 측정하였다.

(4) 균열폭 및 균열형상

균열폭은 순수휨이 작용하는 부재의 중앙 및 휨과 전단력이 동시에 작용하는 부분에 발생한 대표적인 균열들에 대해 최소치 0.01mm인 광학균열 측정기구(precision crack gage)를 사용하여 각 하중단계마다 측정하였다. 균열폭의 측정위치는 주 인장철근의 배치된 위치와 같게 하였으며, 부재의 하단으로부터 3.5cm떨어진 지점에서 균열폭을 측정하였다.

초기 균열이 발생한 후 각 하중단계마다 균열의 진행상황을 부재에 표시하여 하중의 증가에 따른 균열의 형상, 새로운 균열의 발생, 균열 간격 등을 측정하였다.

위와같이 각 하중단계별로 측정한 처짐, 철근의 변형도 및 콘크리트 변형도의 측정위치는 Fig. 3에 도시되어 있으며, 철근 및 콘크리트 변형도의 측정은 1/2bridge 형식인 Whiston bridge회로 방식에 의해 자동제어 시스템(automatic control system)으로 측정하였다.

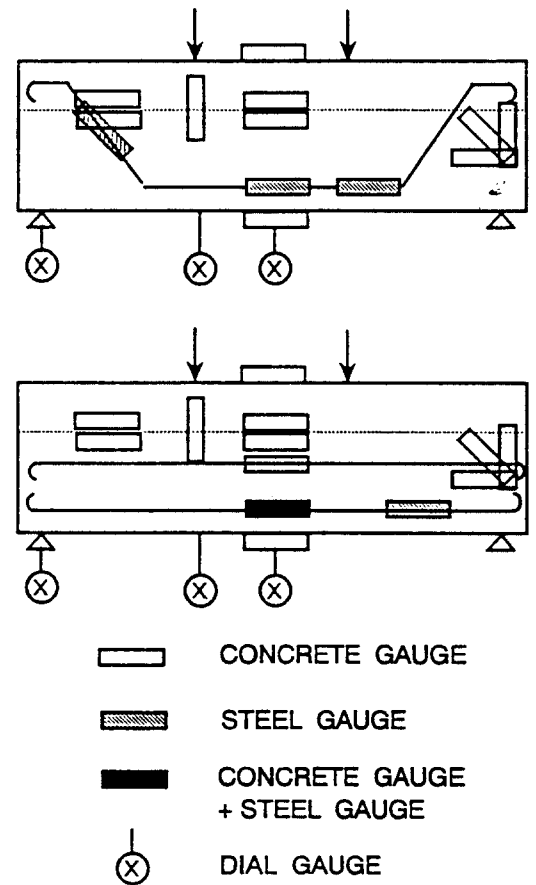


Fig. 3 Locations of each measuring gage

4. 실험 결과 및 분석

4.1 하중-처짐 곡선

인장철근의 배근형태가 직선인 부재에 대한 각각의 하중-처짐곡선은 Fig. 4(a)와 같다. 철근의 배근형태가 직선인 경우에 초기균열이 발생하는 하중은 일체로 타설한 경우와 2층으로 분리해서 타설하는 경우 유사하게 나타났으며, 접합면에 대한 아크릴 수지 도포여부 및 다우웰철근의 배치여부에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나, 같은 하중상태에서의 처짐의 절대량은 접합면 처리가 잘된 부재일 경우에 접합면 처리가 좋지 못한 부재보다 작게 나타났다. 이와같은 현상은 접합면의 처리상태가 양호할수록 부재의 거동이 일체식과 유사해짐을 나타낸다. 초기균열이 발생하는 하중은 약 8ton으로 거의 비슷했으나, 접합면을 지연제 처리와 아크릴 수지를 도포하고 다우웰철근이 0.3%인 경우(SS230)에는 8.5ton에서 초기 균열이 발생했다. 다우웰철근이 0.30% 배근된 부재는 일체식과 같은 하중에서 초기균열이 발생했으며, 다우웰철근이 없는 부재는 이 보다 낮은 하중에서 초기균열이 발생했다.

또한, 부재의 극한하중도 일체로 타설한 경우와 2층으로 분리해서 타설하는 경우에 큰 차이는 없으나, 접합면에 아크릴수지를 도포하고 다우웰철근을 배근한 부재에서 다소 큰 값을 나타냈다. 실

험부재의 극한하중은 16ton정도로 나타났다.

주인장철근의 일부를 절곡시킨 부재에 대한 각각의 하중-처짐곡선은 그림 Fig. 4(b)와 같다. 하중-처짐곡선의 형태는 주인장철근이 직선인 경우와 유사하며, 접합층의 처리상태가 양호한 부재에서 일체식과 유사한 거동을 보여준다.

4.2 하중-철근의 응력관계

인장철근의 배근형태가 직선인 경우에 하중의 증가에 따른 인장철근의 응력변화는 Fig. 5(a)와 같다. 이 그림에서 보듯이 슬래브에 초기 균열이 발생하기전까지는 인장철근의 응력은 작으나 초기균열이 발생한 후에는 철근의 인장응력이 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한, 초기 균열이 발생한 후에는 접합면을 아크릴수지로 도포하고 다우웰철근의 배근량이 증가할수록 철근에 발생하는 응력이 작음을 보여주고 있다.

인장철근의 일부를 절곡시켜 배근한 부재의 하중증가에 따른 철근의 인장응력의 변화는 Fig. 5(b)에 도시하였다. 이 경우에도 인장철근이 직선으로 배근된 경우와 마찬가지로 균열이 발생한 후에는 철근의 응력이 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다. Fig. 5(b)에 도시한 것처럼 같은 하중하에서 발생하는 철근의 응력은 일체로 타설한 경우(SB010)에 가장 작고, 다우웰철근량이 증가할수록 철근의 인장응력은 작게 발생한다.

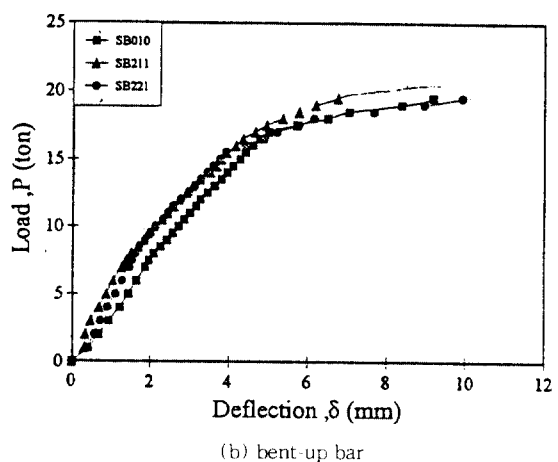
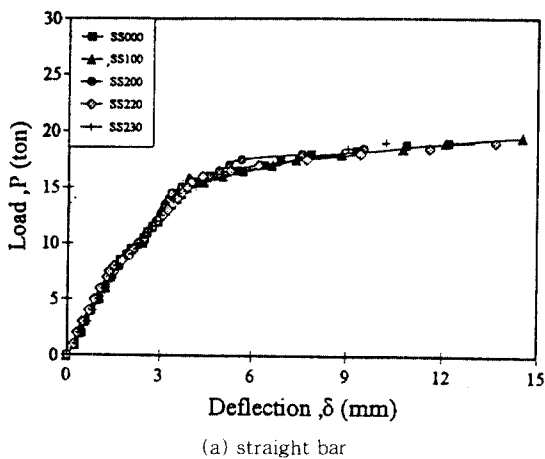
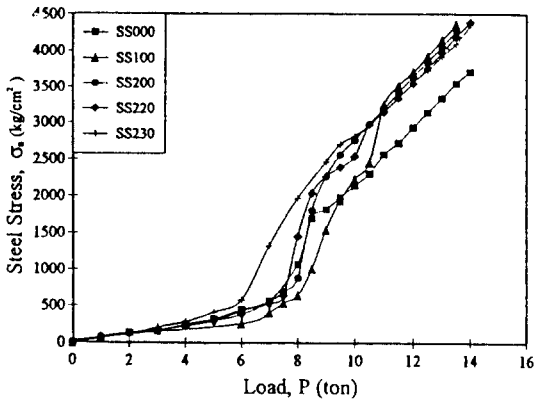
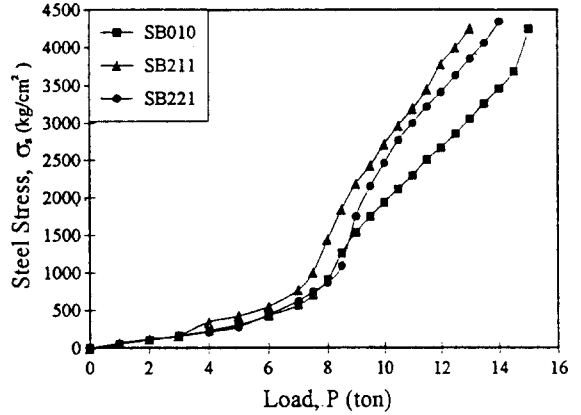


Fig. 4 Load-deflection curves



(a) straight bar



(b) bent-up bar

Fig. 5 Load-steel stress relationship

철근의 변형도로부터 측정된 철근이 항복할 때의 하중은 Table 4와 같다.

Table 4 Load at steel yield

Test Specimens	Load at steel yield
SS000	12.5 ton
SS100	11.0 ton
SS200	11.0 ton
SS220	11.0 ton
SS230	11.0 ton
SB010	13.0 ton
SB211	11.0 ton
SB221	11.0 ton

Table 4에서 보는바와 같이 인장철근의 배근형태와 관계없이 콘크리트를 2층으로 분리하여 타설한 슬래브의 인장철근 항복하중은 콘크리트를 일체로 타설하여 제작한 부재의 인장철근 항복하중보다 더 작음을 알 수 있다. 또한, 인장철근의 항복하중은 인장철근의 배근형태에 따른 영향은 거의 없으나, 2층으로 콘크리트를 타설하여 제작한 슬래브는 다우웰철근의 배근량이 증가할수록 인장철근의 항복하중은 증가하는 경향을 보이고 있다.

4.3 하중-콘크리트의 압축변형도 관계

콘크리트의 압축변형도는 초기 균열이 발생하면서 증가하는 경향을 보이고, 하중이 부재의 극

한하중에 도달하면 콘크리트의 압축변형도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 하중이 부재의 극한하중인 16ton에 도달 했을 때의 콘크리트의 압축변형도는 약 0.0008이다.

또한 인장철근의 일부를 절곡시켜 배근한 부재의 하중증가에 따른 콘크리트 압축변형도의 변화는 인장철근이 직선으로 배근된 경우와 같은 경향을 보이고 있다.

4.4 하중증가에 따른 균열폭 특성

철근콘크리트 부재의 균열폭은 철근의 응력과 전반적으로 선형의 관계가 있다는 사실이 기존의 여러 연구에서 밝혀졌듯이, 본 연구에서 실험수행된 슬래브 부재에서의 철근응력-균열폭의 관계도 대체로 선형의 관계를 보여주고 있다.

Fig. 6(a)는 인장철근의 배근형태가 직선인 부재에 대한 철근응력-균열폭의 관계를 도시한 것이다. 또한, 인장철근의 일부를 절곡시켜 배근한 부재의 철근응력-균열폭 관계는 Fig. 6(b)에 도시하였다. 여기서 균열폭은 순수휨을 받는 부분에 발생한 균열에 대해 측정된 값이며, 측정지점은 인장철근이 배치된 위치이다.

콘크리트를 2층으로 타설한 부재는 인장철근이 항복할때의 균열폭은 표면처리의 상태 및 다우웰철근량에 따라 다르게 나타났다. 철근이 항복할때 부재의 균열폭이 다우웰철근이 배근된 경우에 작

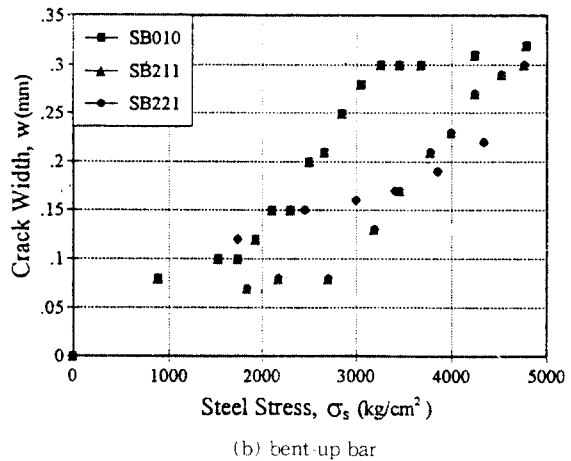
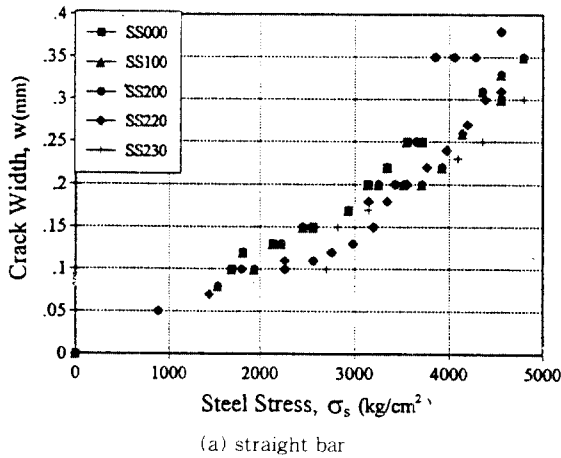


Fig. 6 Steel stress-crack width relationship

게 나타나는 것은 다우웰철근이 균열폭의 제어에 기여하는 것을 의미하며, 특히 2차콘크리트에 강섬유를 혼입하면 섬유는 균열폭 제어효과가 상당히 큰 것을 의미한다.

또한, 하중이 부재의 극한하중에 도달하면 부재에 발생하는 균열의 폭은 다우웰철근의 양이 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한, 같은 양의 다우웰철근이 사용된 경우라도 2차 콘크리트에 강섬유를 혼입한 부재(SB221)가 2차 콘크리트 무근콘크리트를 사용한 부재(SS200)보다 균열폭이 작았다.

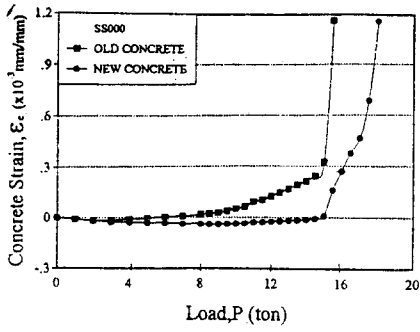
4.5 수평접합부 구조거동 및 균열형상

하중증가에 따라 각 시험부재에 발생하는 균열은 휨균열이 주종을 이루고 있다. 신·구콘크리트의 접착층에서의 층분리현상은 접착층에서 균열이 단독으로 발생하는 것보다는 부재의 하단에서 발생한 휨균열이 하중의 증가에 따라 접착층까지 확산된 후 이 휨균열이 접착층을 따라 진전하는 경향을 보이고 있으며, 대체적으로 신·구콘크리트사이의 접착면에 아크릴 에멀전 수지로 만든 시멘트페이스트를 도포하여 제작한 시험체는 부재의 인장철근이 항복응력에 도달할 때까지 일체로 거동함을 알 수 있다.

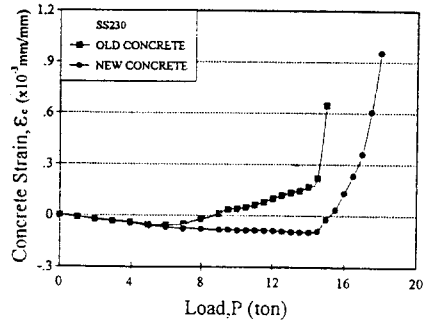
Fig. 7은 인장철근이 직선으로 배근된 각 부재

에 대해 하중 증가에 따른 중앙부에 위치한 접합면에서의 신·구콘크리트의 변형도 변화를 도시한 것이다. 이 그림에서 보여주듯이 하중이 어느 정도 증가할때까지는 접합면에서의 신·구콘크리트가 일체로 거동하고 있다. Fig. 7(a)는 일체로 타설된 부재의 콘크리트 변형도를 도시한 것으로, 여기서 신·구콘크리트는 2층으로 타설된 부재에서 측정된 지점과 동일한 지점에서 측정된 콘크리트 변형도이다. Fig. 7(b)는 1차 콘크리트의 표면을 지연제로만 처리한 경우로서 대체적으로 일체 거동을 함을 알 수 있고, Fig. 7(c)는 1차 콘크리트의 표면을 지연제처리와 아크릴수지를 도포하고 다우웰철근이 없는 경우에 대한 신·구콘크리트의 변형도를 나타낸 것으로 하중이 12ton까지 증가하면 일체로 거동을 하나 하중이 더 증가하면 약간의 분리거동을 함을 보여주고 있다. Fig. 7(d) 및 Fig. 7(e)는 다우웰철근이 각각 0.15%, 0.30% 배근된 경우로 15ton의 하중이 작용할 때까지 일체로 거동함을 보여주며, 특히 다우웰철근이 0.30% 배근된 경우에는 일체로 타설된 부재와 유사한 거동을 함을 알 수 있다.

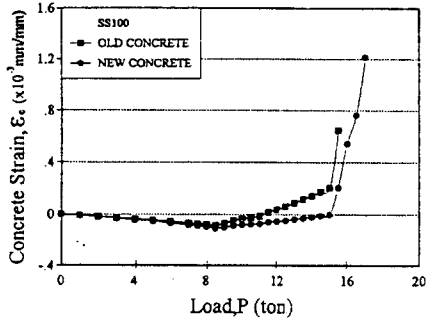
Fig. 8은 하중의 증가에 따른 균열의 발생 및 진전상태를 도시한 것이다. 철근이 직선으로 배근된 부재의 경우 다우웰철근의 양이 많을수록 균열의 폭은 감소하고 발생균열의 갯수는 증가함을 보여준다. 접합면에서의 층분리 현상은 접착층에서의



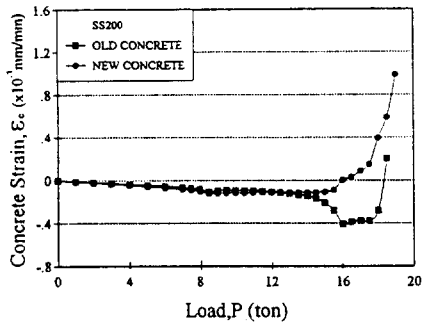
(a) Monolithic



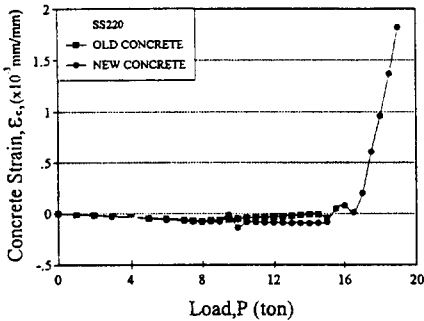
(e) Dowel bar=0.30%



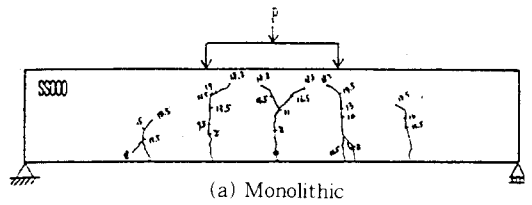
(b) Retarders



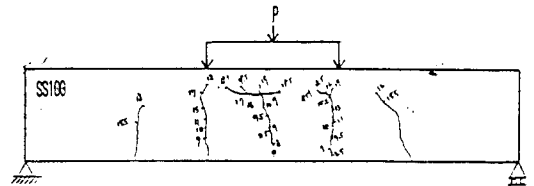
(c) Retarders+polymer adhesive



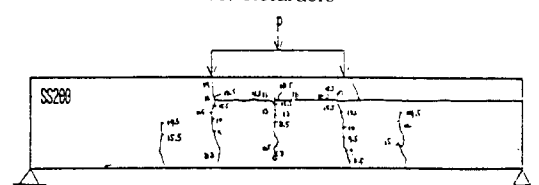
(d) Dowel bar=0.15%



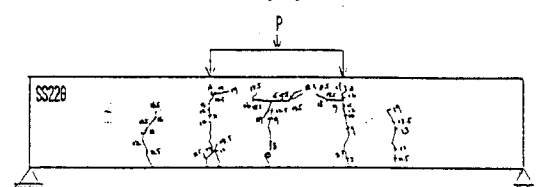
(a) Monolithic



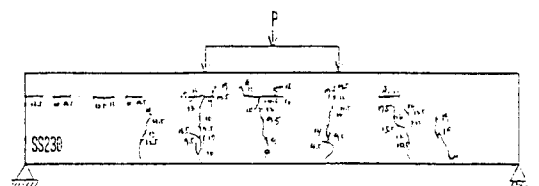
(b) Retarders



(c) Retarders+polymer adhesive



(d) Dowel bar=0.15%



(e) Dowel bar=0.30%

Fig. 7 Load-concrete strain at horizontal interface layers

Fig. 8 Crack patterns of test members

단독적인 균열발생보다는 휘균열이 확산되어 휘균열이 접착층을 따라 진전하거나 신콘크리트로 진전하는 경향을 보이고 있다.

5. 슬래브 수평접합부 보강변수에 따른 영향분석

5.1 다우웰철근량에 따른 영향

슬래브 수평접합부의 다우웰철근 보강에 따른 보강효과를 규명하기 위하여 다우웰철근을 0.0%, 0.15%, 0.30% 배근한 부재를 제작하여 정적실험을 수행하였다. 다우웰철근의 배근은 초기 휘균열을 발생시키는 하중에는 많은 영향을 미치지 않으나, 다우웰철근의 배근량이 증가할수록 초기균열하중이 전반적으로 증가하는 경향을 보인다.

또한, 다우웰철근의 배근량이 증가할수록 부재의 균열폭은 감소하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 미국 California대학교(샌디에고)에서 실험한 결과와 비슷한 경향을 보인다.⁽⁸⁾ 이 문헌에서는 두께가 각각 15cm인 두 슬래브를 2층으로 접합 타설한 경우에 표면처리 형태 및 다우웰철근의 배근에 따른 정적실험을 수행하였다. 같다. 이 문헌에 의하면 구콘크리트의 표면과 신콘크리트가 부착되지 않도록 한 경우에는 다우웰철근의 배근에 의하여 극한하중이 약 70% 증가하나, 구콘크리트의 표면을 부착이 잘 되도록 처리한 경우에는 극한하중의 증가에 대한 다우웰철근의 보강효과가 작음을 알 수 있었다. 또, 다우웰철근이 접합면에 대해 $\rho=0.07\%$ 배근된 경우에는 철근이 항복한 후에 부분 또는 완전 층분리가 발생하여 다우웰철근의 효과가 거의 없는 것으로 밝혀졌으며, 접합층에서의 슬립 등을 효과적으로 조절하기 위해서는 다우웰철근을 $\rho=0.28\%$ 이상을 사용하는 것을 권장하고 있다. 구콘크리트의 표면을 부착이 잘 되도록 처리한 경우에는 다우웰철근의 효과가 다소 감소하는 경향이 있다.

5.2 접착제 도포에 따른 영향분석

2층으로 타설된 슬래브의 거동은 신 구콘크리트

접합면의 부착강도에 크게 좌우되므로, 본 실험에서는 부착강도를 높이기 위해 구콘크리트의 표면에 아크릴수지로 만든 시멘트페이스트를 도포하여 실험을 수행하였다.

초기균열하중은 일체로 타설한 부재에서 가장 크게 나타나며, 지연제만 처리한 부재와 접합면에 아크릴수지를 도포한 부재는 같은 하중에서 초기균열이 발생했으며, 하중의 증가에 따른 철근응력은 아크릴수지를 도포한 부재의 철근인장응력이지연제만 처리한 부재의 철근인장응력보다 작았다.^(7, 8, 9, 13, 15)

또한, 철근이 항복할 때 접합면에 아크릴수지를 도포한 경우는 도포하지 않은 경우보다 균열폭이 작게 발생했다. 이와같은 결과로 볼때 구콘크리트의 표면을 아크릴수지로 도포하면 낮은 하중에서는 큰 효과가 없으나 하중이 증가할수록 아크릴수지도포 효과가 크게 발휘되는 것으로 사료된다.⁽⁸⁾

5.3 강섬유 혼입에 따른 영향분석

본 연구에서는 2층으로 타설되는 슬래브 구조의 신콘크리트에 강섬유를 혼입하여 섬유혼입에 따른 수평접합 거동 특성을 규명하고자 하였다. 강섬유 혼입에 따른 초기균열하중은 섬유보강이 없는 부재보다 약간 높은 하중에서 초기균열이 발생하는 것으로 나타났으며, 강섬유의 혼입이 부재의 극한강도를 어느정도 증가시키는 것으로 나타났다.^(1, 2, 3) 또한, 강섬유를 혼입한 부재의 균열폭은 강섬유를 혼입하지 않은 부재의 균열폭보다 작게나마 강섬유의 혼입이 부재의 균열폭을 억제하는 효과를 발휘하는 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 연구에서는 교량의 콘크리트 슬래브를 2층으로 타설하는 경우에 있어 신 구콘크리트 접합면에서의 구조적 거동특성을 규명하기 위하여 구콘크리트의 표면처리상태, 다우웰 철근량 등을 변화시켜 제작한 부재에 대한 실험연구를 수행하였다.

이와같은 연구를 수행하여 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 슬래브부재에서 신·구콘크리트사이의 수평 접합면을 지연제로 처리하고 접착제만 도포한 경우 철근이 항복한 후부터 신·구콘크리트사이에 층분리현상이 일어나며, 극한하중에서는 완전한 층분리현상이 일어났다.

2. 신·구콘크리트사이의 접합면을 지연제와 아크릴수지 접착제를 도포한후 다우웰철근을 배치한 경우에는 극한하중에 근처에서 약간의 층분리현상이 일어나며, 극한하중에 도달해도 완전한 층분리현상은 나타나지 않았다.

3. 접합면을 아크릴수지로 도포하고 다우웰철근의 배근량이 많을수록 초기균열하중 및 극한하중이 증가하는 경향을 보인다.

4. 2층으로 타설된 슬래브에서 철근이 항복하기 이전의 균열폭은 다우웰철근의 영향을 크게 받지 않으나, 철근의 응력이 극한응력에 도달하면 다우웰철근의 양이 많을수록 균열폭이 작게 나타났다. 이것은 다우웰철근에 의해 신·구콘크리트의 험상작용이 크게 되므로 다우웰철근의 균열제어효과가 발휘되는 것으로 사료된다.

5. 부재의 층분리 현상은 접착층에서의 단독의 균열발생에 의한 것보다는 횡균열이 확산하여 접착층으로 균열이 진전하면서 일어나는 경향이 있다.

6. 본 연구결과로부터 분리타설한 교량슬래브의 일체적 구조기능을 위해서는 접착제처리와 0.3% 이상의 다우웰 철근의 설치에 필요하므로 설계시에 대한 고려가 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Koyanagi, W., Rokugo, K., Nurai, N. and Hayashi, F., "Evaluation of Resin Concrete and Its Improvement by Steel Fiber." Polymer in Concrete, ICPIC'84, Darmstadt, pp. 93-98.
2. Mangat, P. S., Swamy, R. N., "Properties of Polymer Modified Plain and Fiber Reinforced Concrete," Proceedings of the First International Congress on Polymer Concretes, May, 5-7, 1975, pp. 296-299.
3. Okada, K., and Ohama, Y., "Recent Research and Applications of Concrete-Polymer

- Composites in Japan." Proceedings of ICPIC'87, September, 1987, pp. 13-21.
4. ACI Committee 548 "Guide for the Use of Polymers in Concrete," ACI Journal, ACI, Vol. 83 1987, pp. 798-829.
5. Glenn William Depuy, "Applications of Polymers in Concrete in the U.S.A." Proceeding of ICPIC'84, September, 1984, pp. 79-83.
6. Fowler, D. W., and Faul, D. R., "Status of Concrete-Polymer Materials in the United States," Proceeding of the Third International Congress on Polymers in Concrete, Vol. 1. May 1981, pp. 20-34.
7. Furr, H. L., "Highway Uses of Epoxy with Concrete." National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 109, Transportation Research Board, October, 1984, pp. 1-66.
8. Seible, F., Latham, C., and Krishnan, K., "Structural Concrete Overlays in Bridge Deck Rehabilitation," Report No. SSRP-88/04, University of California, San Diego, June, 1988.
9. Eldarwish, I. A. and Shehata, M. E., "Structural Properties of Concrete-Polymer Materials," Proceeding of the Third International Congress on Polymer in Concrete, Vol. 1, May, 1981, pp. 56-61.
10. Bartholomew, J., Fowler, D. W., and Faul, D. R., "Current Status of Bridge Deck Impregnation," Proceeding of the Second International Congress on Polymers in Concrete, University of Texas, Austin, Oct., 1978, pp. 399-412.
11. Fontana, J. J., and Bartholomew, J., "Use of Concrete Polymer Materials in the Transportation Industry," Applications of Polymer Concrete, SP-69, ACI, Detroit, 1981, pp. 21-30.
12. Kaeding, A. O., "Structural Use of Polymers in Concrete," Proceeding of the Second International Congress on Polymers in Concrete, University of Texas, Austin, Oct. 1978, pp. 9-23.

(접수일자 : 1994. 3. 29)