

폐쇄형 데크플레이트를 사용한 합성슬래브의 전단부착 특성에 관한 연구

A Shear Bond Characteristics of Composite Slab with Closed-Shape Deckplate

주 기 수¹⁾ · 박 성 무²⁾

Ju, Gi Su Park, Sung Moo

요 약 : 데크플레이트를 사용한 합성슬래브가 합성거동을 발휘하기 위해서는 데크플레이트와 콘크리트의 부착강도가 확보되어야 한다. 합성슬래브에서 전단부착강도는 콘크리트와 데크플레이트의 화학적 부착력, 마찰저항, 기계적 상호작용에 의해 발생한다. 또 기계적 상호작용은 길이방향 전단력 전달장치인 엠보싱 및 쉬어코넥터, 데크플레이트 형상 등에 의해서 확보되어 진다. 그리고 기계적 상호작용의 효과는 상호 접촉부의 수직박리를 구속할 수 있는 데크의 형상과 쉬어코넥터 설치에 따른 단부정착 여부에 따라 크게 달라진다. 그러므로, 본 연구에서는 폐쇄형 데크플레이트에 대하여 기계적 전달장치인 엠보싱과 쉬어코넥터로 사용되는 스티드 볼트에 대한 전단보강장치의 부착효과를 Push-off 실험을 통하여 규명하였으며 이들 인자들에 대하여 제안식을 제시하였다. 이는 합성슬래브 설계방법의 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT : Composite slab with deckplate needs sufficient bond strength between deckplate and concrete to conduct composite behavior. Composite slab can transfer the shear by either chemical adhesion, interface interlock, or active friction. There are several way of mechanical shear connection in composite slab, that is embossments, shear connector, shape of deckplate etc. Effect of mechanical interaction is depend on shape of deckplate which is to prevent peeling between deckplate and concrete and an amount of shear connector. The behavior and strength of the connection between the decking and the concrete slab due to embossments and end anchorage may be estimated using the push-off tests described in this paper. We proposed the equation of shear bond strength in the composite slab. It will be use to design by basic data in composite slab.

핵심용어 : 합성슬래브, 전단부착강도, 폐쇄형 데크플레이트, 기계적 상호작용, 전단실험
KEYWORDS : Composite Slab, Shear Bond Strength, Closed-shape Deckplate, Mechanical Interaction, Push-off Test.

1) 학생회원, 영남대학교 시간강사, 공학박사
2) 정회원, 영남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2002년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

데크플레이트를 이용한 합성슬래브에서 콘크리트와 데크플레이트간의 합성작용을 유도하기 위해서는 이들 두 재료사이의 부착능력이 확보되어야 한다. 합성보 및 합성슬래브에서 길이방향의 전단력 전달장치는 쉬어코넥터 및 엠보싱을 비롯하여 매우 다양하게 사용되고 있다. 또 이들의 장부작용(Dowel action)에 대한 메카니즘은 역학적으로 대단히 복잡하다. 그러므로 쉬어코넥터를 비롯한 합성슬래브에 대한 기계적인 전달장치의 강도와 연성은 항상 실험에 의해서 결정하여야 한다. 일반적으로 데크플레이트의 부착강도는 콘크리트와 데크플레이트의 화학적 부착력(Chemical Adhesion), 마찰저항(Friction), 기계적 상호작용(Interface Interlock Action)에 의해 발생한다. 또 기계적 상호작용의 효과는 상호 접촉부의 수직박리를 구속 할 수 있는 데크의 형상과 쉬어코넥터 설치에 따른 단부정착 여부에 따라 크게 달라진다. 그러므로, 본 연구에서는 폐쇄형 데크플레이트에 대하여 기계적 전달장치인 엠보싱과 쉬어코넥터로 사용되는 스테드 볼트에 대한 전달보강장치의 부착효과를 Push-off 실험을 통하여 규명하며 더 나아가 합성슬래브의 강도와 거동을 예측하기 위한 수단으로 이용하고자 한다.

2. Push-off 실험

2.1 시험체 계획

합성슬래브의 전달부착강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 데크플레이트 단면형상, 엠보싱의 크기 및 수량, 쉬어코넥터의 사용유무를 들 수 있다. 실험에 사용된 데크플레이트는 상단플랜지가 폐쇄형인 역삼각형 단면을 가진다. 데크플레이트의 전체 높이는 55mm이며 하단 플랜지에 25mm×25mm 크기의 엠보싱이 50mm간격으로 양각되어 있다. 신형상 데크플레이트의 형상 및 치수는

그림 1과 같다. 시험체는 폭 60cm, 길이 60cm인 데크플레이트 상부에 와이어 메쉬를 설치하고 여기에 폭60cm, 길이 40cm인 콘크리트를 타설하였다. 콘크리트는 최대골재크기 25mm이하, 슬럼프 15cm인 설계기준강도 210kg/cm²의 레미콘을 사용하였다. 실험체는 실물크기(Full scale)로 제작되었으며, 두 개의 합성슬래브를 H-200×200×5.5×8 형강의 양측면에 고력볼트로 고정하여 제작하였다. 쉬어코넥터는 ϕ 19이고 길이가 80mm인 스테드 볼트를 이용하였다. 스테드 볼트는 실험의 균일성을 고려하여 모두 스테드

표 1. Push-off 시험체 일람표

번호	시험체명	데크 두께 (mm)	콘크리트 두께 (mm)	엠보싱 간격 (mm)	쉬어코넥터
1	P12B-N	1.2	120	50	무
2	P12D-N			100	
3	P12N-N			무	
4	P12N-19			50	ϕ 19(1열)
5	P12N-19D				
6	P12B-19				
7	P16B-N	1.6	120	50	무
8	P16D-N			100	
9	P16N-N			무	
10	P16N-19			50	ϕ 19(1열)
11	P16N-19D				
12	P16B-19				

P12B-N : Deck plate thickness

(1.2mm, 1.6mm)

P12B-N : Embossment's space

(Basic-50mm, Double-100mm, None)

P12B-N : Stud bolt

(None, 19-Single, 19D-Double)

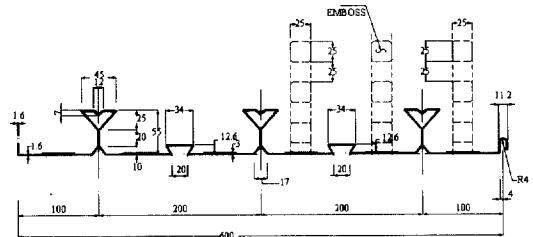


그림 1. 폐쇄형 데크플레이트(WIN DECK)의 형상 및 치수

건(Stud gun)으로 자동 용접하였다.

Push-off 실험의 변수는 다음과 같다.

- ① 데크플레이트의 두께 : 1.2mm, 1.6mm
- ② 엠보싱의 간격 : 없음, 50mm, 100mm
- ③ 단부 스테드볼트 사용여부 :
부, $\phi 19$ (1열-2개), $\phi 19$ (2열-4개)

2.2 실험방법

시험체의 가력은 Push-off 방법으로 시험체의 양쪽 슬래브 단부하부에 반력프레임을 설치하고 하부 H형강 중앙부에 $\phi 40$ mm 나사형 봉강을 이용하여 하부로 잡아당김으로써 합성슬래브의 콘크리트와 데크플레이트 사이에 길이방향 전단력이 가해지도록 설치하였다.

또 슬래브의 양쪽직각방향으로 벌어짐을 방지하기 위하여 양쪽슬래브에 고무패드와 철판을 이용하여 볼트로 약하게 고정시켜 실험하였다. 길이방향 전단력을 측정하기 위하여 실험체 양쪽 슬래브 상부에 100mm LVDT를 각각 2개씩 4개 설치하였다(그림 2, 사진 1 참조). 시험체의 가력은 100ton급 만능시험기(U.T.M.)을 이용하였다.

3. 실험결과

3.1 재료 시험 결과

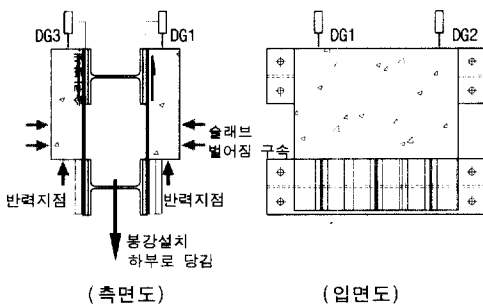


그림 2. Push-off 실험 변위측정위치 및 가력상황

3.1.1 콘크리트의 압축강도 실험

압축강도 시험용 공시체는 KSF 2404에 따라 100×200의 원주형 공시체로 총 3개의 시험체를 제작하여 실험하였다. 굵은 골재의 최대치수는 25mm, 슬럼프는 15cm인 레미콘을 사용하였다. 표 2에 콘크리트에 대한 재료실험결과를 나타내었다.

3.1.2 데크플레이트의 인장강도 실험

실험체 제작에 사용된 강재의 기계적 성질을 파악하기 위하여 KSB 0801의 금속재료 인장 시험편 규정에 따라 시험하였다. 표 3에 데크플레이트 소재에 대한 재료실험결과를 나타내었다.

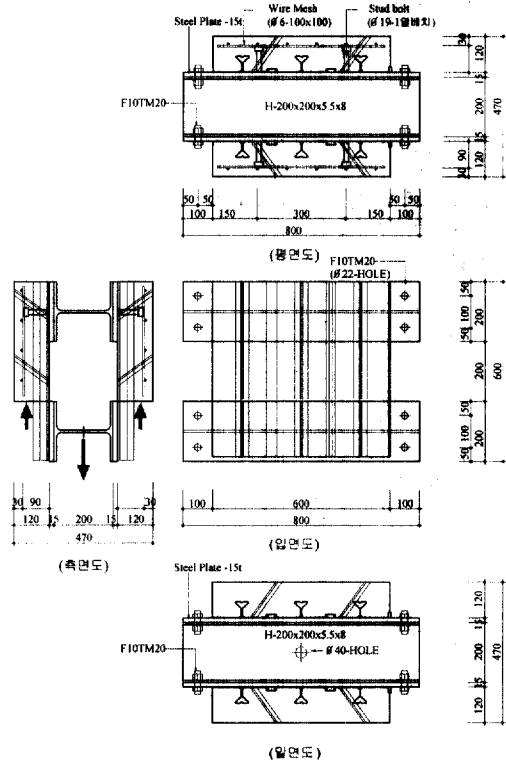


그림 3. Push-off 시험체 형상

표 2. 콘크리트의 압축강도 실험 결과

설계압축강도 (kgf/cm ²)	28일 압축강도 (kgf/cm ²)	최대 골재크기 (mm)	슬럼프 (cm)
210	205	25	16

표 3. 데크플레이트의 재료시험 결과

구 분 (두께)	항복 강도 (tf/cm ²)	인장 강도 (tf/cm ²)	항복강도 /인장강도	항복 변형도 ($\times 10^{-6}$)	탄성 계수 (tf/cm ²)	연신율 (%)
1.2mm	2.625	3.216	0.816	2830	2000	33.6
1.6mm	2.730	3.270	0.834	2814	2000	33.9

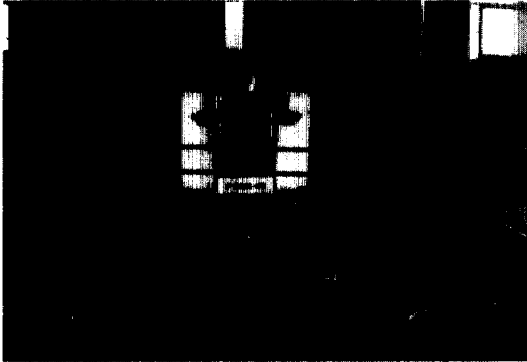


사진 1. Push-off 시험체 가력상황

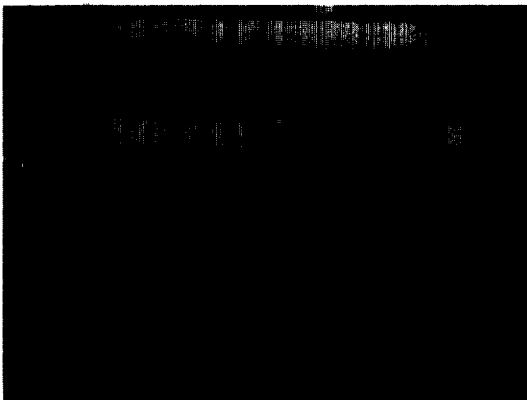


사진 2. 실험 후 콘크리트 균열상황(P12N-19)

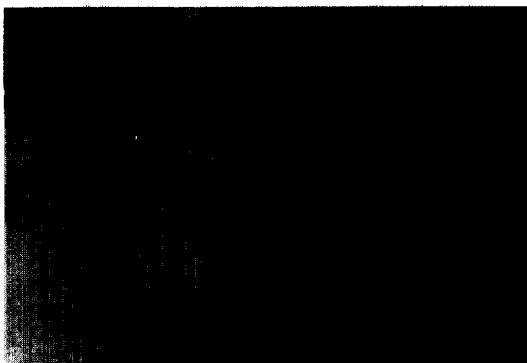


사진 3. 실험 후 엔드슬립 발생상황

3.2 시험체 실험 결과

Push-off 시험체의 실험결과는 표 4와 같다. 시험체의 파괴양상은 대부분이 콘크리트와 데크 플레이트 사이의 전단파괴로 나타났다(사진 3참조). 엠보싱의 간격이 변수인 시험체에서 초기슬립시의 하중은 대체로 비슷한 것으로 나타났으나 엠보싱의 간격에 따른 상관관계는 명확하지 않았다. 그러나 최대하중 값은 엠보싱의 간격이 좁을수록 증가하는 것으로 나타났다(그림 4~5참조). 또 그림 4, 5에서 나타난 것처럼 엠보싱이 없는 P12N-N, P16N-N 시험체는 낮은 슬립양에서 최대하중에 도달하였고 엠보싱이 있는 시험체와 비교할 때 상대적으로 작은 슬립에서 파괴되었다. 그러나 엠보싱이 50mm 간격으로 양각되어 있는 시험체는 엠보싱의 작용으로 슬립의 증가와 더불어 급격한 하중의 감소 없이 내력을 유지하다가 서서히 파괴되었다.

쉬어코넥터가 설치된 시험체에서는 쉬어코넥터

표 4. Push-off 시험체 실험 결과표

번호	시험체명	P _{ini}	P _{max}	S _{pmax}	S _{ult}	파괴양상
1	P12B-N	2.23	33.64	2.73	11.53	전단파괴
2	P12D-N	3.38	31.27	0.61	11.7	전단파괴
3	P12N-N	3.58	25.73	0.46	1.54	전단파괴
4	P12N-19	4.08	30.7	1.63	2.30	전단파괴 STUD용접 부 파괴
5	P12N-19D	6.60	41.74	1.31	1.86	콘크리트 할열파괴
7	P16B-N	3.01	42.82	4.49	11.29	전단파괴
8	P16D-N	3.02	35.91	4.30	4.30	전단파괴
9	P16N-N	2.88	33.26	1.29	4.45	전단파괴
10	P16N-19	5.00	42.98	2.91	3.46	전단파괴 STUD용접 부파괴
11	P16N-19D	7.16	44.59	1.65	3.41	콘크리트 할열파괴

P_{ini} : 데크플레이트와 콘크리트 슬래브 사이의 초기슬립 발생시 하중(ton)

P_{max} : 최대 하중(ton)

S_{pmax} : 최대 하중시 슬립(mm)

S_{ult} : 파괴시 슬립(mm)

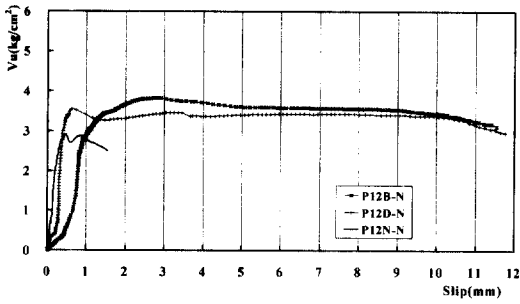


그림 4. 전단응력도-슬립곡선(1.2mm, 엠보싱 간격 변수)

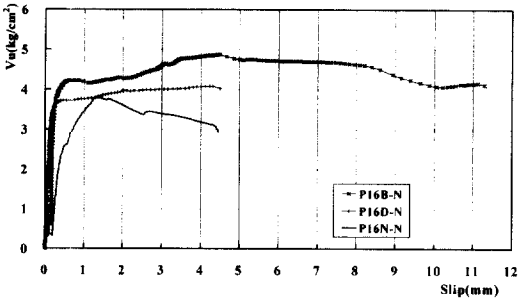


그림 5. 전단응력도-슬립곡선(1.6mm, 엠보싱 간격 변수)

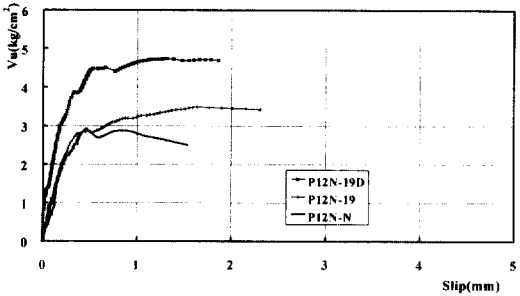


그림 6. 전단응력도-슬립곡선
(1.2mm, 쉬어코넥터 유·무 변수)

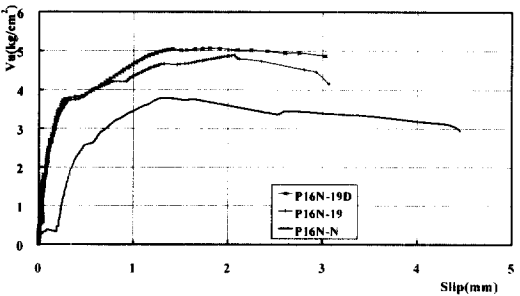


그림 7. 전단응력도-슬립곡선
(1.6mm, 쉬어코넥터 유·무 변수)

설치위치에 콘크리트 균열이 발생하였으며, 특히 P12N-19D 및 P16N-19D인 시험체는 쉬어코넥터의 장부작용(Dowel action)으로 인하여 콘크리트의 파괴가 발생하였고 이로 인하여 최대 내력이 결정되었다(사진 2, 그림 6~7참조). 모든 시험체에서 초기슬립이 발생 후 하중이 계속 증가하여 최대 내력에 도달하였으며, 엠보싱이 없는 P12N-N, P16N-N 시험체를 제외하고 슬립이 크게 증가하여도 내력이 유지되는 연성거동을 나타내었다.

P12B-19 및 P16B-19 시험체는 데크용접부의 파괴로 나타나 실험결과표에서 생략하였다.

4. 고찰

4.1 길이방향 전단력 전달 메카니즘

합성슬래브에서 길이방향 전단력의 메카니즘은 데크플레이트와 콘크리트사이의 화학적 부착 V_{chem} 과 상호면의 맞물림작용 V_{lock} 또는 능동적인 마찰력 V_{fric} 에 의해서 전단력이 전달 될 수 있다.

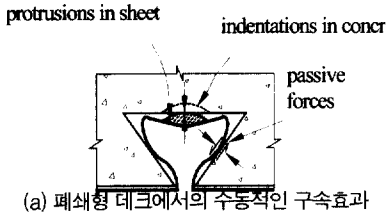
4.1.1 화학적 부착력(Chemical Adhesion)

데크플레이트와 콘크리트사이의 화학적 부착력 V_{chem} 은 약 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 강도를 가지고 있으며 데크플레이트와 콘크리트의 접촉면 전체에서 발생한다. 화학적 부착력은 콘크리트와 데크플레이트의 슬립이 발생하자마자 상실된다.

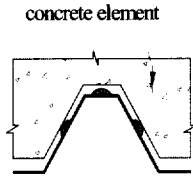
4.1.2 상호 맞물림 작용(Interface Interlock Action)

합성데크플레이트는 데크플레이트에 엠보싱이 양각되어 있고 반대로 콘크리트는 엠보싱 모양에 따라 요철이 생기게 된다. 상호면에서의 길이방향 슬립은 데크플레이트와 콘크리트사이의 요철에 대한 내력에 의해서 저항되어 진다.

스프링 작용을 하는 리브의 수동적인 구속에 의해서 저항되어 지는 그림 8의 모델링 처럼 슬립



(a) 폐쇄형 데크에서의 수동적인 구속효과



(b) 개방형 데크에서의 전단력 메카니즘

그림 8. 데크플레이트 형상별 수동적인 구속효과

이 발생하면서 두 재료의 요철접촉면이 서로 분리되는 경향을 나타낸다. 이 수동적인 구속은 두 접촉면의 수직방향의 힘에 비례하여 발생한다. 그러므로 이것은 수동적인 마찰에 의해서 전단력이 구속되어 지는 것이다. 예를 들면, 사다리꼴형상을 가진 데크는 매우 작은 구속력을 발휘하며, 이것은 형상적인 이유로 데크가 콘크리트와 분리되려는 경향을 보인다. 그러나, 두께가 두껍고 엠보싱의 크기가 크고 간격이 좁은 데크 일수록 리브의 유효스프링강성이 커지고 또 슬립을 발생시키기 위해서 많은 접촉면의 분리가 요구되어 지는 이유 때문에 전단내력은 증가된다.

4.1.3 능동적인 마찰력(Active Friction)

길이방향 전단력은 또한 상호면의 맞물림전단력과 함께 발생하는 능동적인 마찰력에 의하여 전달된다. 능동적인 마찰전단저항 V_{fric} 는 단면에서의 능동적인 수직력의 작용으로 인한 수직응력 σ_{nr} 와 콘크리트와 데크의 면에 대한 마찰계수 μ 에 의존한다.

4.2 전단력 전달메카니즘에 대한 고찰

합성데크 슬래브에서 길이방향 전단력의 메카니즘은 데크플레이트와 콘크리트사이의 화학적 부착 V_{chem} 과 상호면의 맞물림작용 V_{lock} 또는 능동적인 마찰력 V_{fric} 에 의해서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{shear} = V_{chem} + V_{lock} + V_{fric}$$

이들 각각의 전단메카니즘에 대한 영향을 변수별로 살펴보면 다음과 같다.

표 5. Push-off 시험체 전단 응력 결과표

번호	시험체명	P_{ini} (ton)	P_{max} (ton)	V_{ini}	V_{max}	V_{ini} / V_{max}	V_{lock}
1	P12B-N	2.23	33.64	0.25	3.82	0.07	3.57
2	P12D-N	3.38	31.27	0.38	3.55	0.11	3.17
3	P12N-N	3.58	25.73	0.41	2.92	0.14	2.51
4	P12N-19	4.08	30.70	0.46	3.49	0.13	3.03
5	P12N-19D	6.60	41.74	0.75	4.74	0.16	3.99
7	P16B-N	3.01	42.82	0.34	4.87	0.07	4.53
8	P16D-N	3.02	35.91	0.34	4.08	0.08	3.74
9	P16N-N	2.88	33.26	0.33	3.78	0.09	3.45
10	P16N-19	5.00	42.98	0.57	4.88	0.12	4.31
11	P16N-19D	7.16	44.59	0.81	5.07	0.16	4.26

P_{ini} : 초기슬립시 하중(ton)

P_{max} : 최대 하중(ton)

V_{ini} : 초기슬립 발생시 전단응력도(kg/cm^2)
= 화학적 부착력(kg/cm^2)

V_{max} : 최대 전단응력도(kg/cm^2)

V_{lock} : 최대 맞물림 전단응력도(kg/cm^2)
($V_{max} - V_{ini}$)

4.2.1 화학적 부착력 산정(Chemical Adhesion)

콘크리트와 데크플레이트의 화학적 부착력은 초기슬립시 강도를 데크플레이트의 접촉면적으로 나누어서 구하였다. 쉬어코넥터가 설치되지 아니한 모든 시험체에서 하중-슬립곡선에서 부착과괴의 양상을 뚜렷하게 나타내었다. 그림 9에서와 같이 실험에서의 화학적 부착력 V_{chem} 은 1.2mm 두께의 쉬어코넥터가 설치되지 아니한 시험체에서는 $0.25 \sim 0.41 kg/cm^2$, 쉬어코넥터가 설치된 시험체에서는 $0.39 \sim 0.75 kg/cm^2$ 로 나타났다.

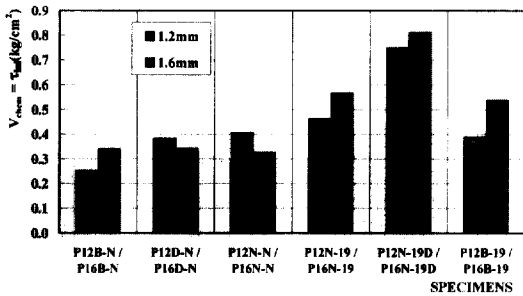


그림 9. 화학적 부착응력도(V_{chem})

또 1.6mm 두께의 쉬어코넥터가 설치되지 아니한 시험체에서는 0.33~0.34kg/cm²로 비교적 균일하게 나타났으며 쉬어코넥터가 설치된 시험체에서는 0.54~0.81kg/cm²로 나타났다. 특히 쉬어코넥터가 시공된 시험체에서는 그렇지 않은 시험체에 비하여 화학적 부착강도가 크게 나타났는데 이는 쉬어코넥터의 장부작용으로 초기슬립을 어느 정도 구속한 결과라고 판단된다. 또 화학적 부착강도의 크기는 최대전단강도의 7%~16% 정도로 나타났으며, 시험체의 평균 화학적 부착응력도는 다음과 같다.

$V_{chem} = 0.34\text{kg/cm}^2$ (쉬어코넥터가 없는 시험체)

$V_{chem} = 0.58\text{kg/cm}^2$ (쉬어코넥터가 있는 시험체)

4.2.2 상호맞물림 작용(Interface Interlock Action)

합성슬래브 설계시 콘크리트와 데크플레이트의 전단내력은 주로 상호 맞물림 작용에 의해서 전달된다. 그러므로 V_{lock} 는 합성슬래브 설계시 가장 중요한 변수로 취급되어야 한다. 그러므로 각 변수별 실험체의 상호 맞물림 작용에 의한 응력 V_{lock} 는 다음과 같다.

가) 엠보싱 유무에 따른 비교

(엠보싱 간격: 없음, 50mm, 100mm)

시험체에 사용된 엠보싱의 크기는 25mm×25mm의 길이에 3mm정도로 요각되어 있고,

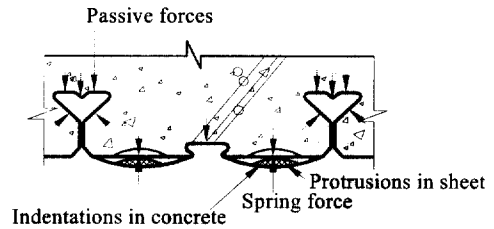


그림 10. 상호맞물림 작용 메카니즘(V_{lock})

기본 간격은 50mm로 하부 플랜지에 배치되어 있다. 이들의 영향을 살펴보면 엠보싱이 없을 때 1.2mm 시험체의 경우 2.58kg/cm², 1.6mm 시험체의 경우 3.44kg/cm² 정도로 나타났다. 또 엠보싱이 100mm 간격으로 배치되었을 때 1.2mm 시험체의 경우 3.21kg/cm², 1.6mm 시험체의 경우 3.74kg/cm² 정도로 나타났고, 엠보싱이 50mm 간격으로 배치되었을 때 1.2mm 시험체의 경우 3.48kg/cm², 1.6mm 시험체의 경우 4.53kg/cm² 정도로 나타났다. 이것은 엠보싱이 50mm 간격으로 배치되어 있는 시험체가 엠보싱이 없는 시험체보다 약 32%~35% 정도의 전단 응력이 상승되었다.

이에 대한 이유로는 그림 10과 같이 상호맞물림 작용에 의한 내력은 데크플레이트의 형상 및 엠보싱과 같은 기계적 전달장치에서의 수동적인 구속으로 인한 압축스프링 작용에 의해서 제공되어 지므로, 본 실험체는 데크플레이트에 엠보싱이 양각되어 있고 반대로 콘크리트는 엠보싱 모양에 따라 요철이 생기게 된다. 그러므로 엠보싱의 간격이 좁은 P12B-N, P16B-N 시험체가 맞물림 작용에 의한 내력이 가장 크게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

나) 스테드 보강유무에 따른 비교

(무보강, ϕ 19-1열, ϕ 19-2열)

스테드볼트의 사용에 대한 맞물림 효과를 알아보기 위하여 실험체 단부에 지름 19mm, 길이 80mm의 스테드볼트를 1열-2개, 2열-4개를 각각

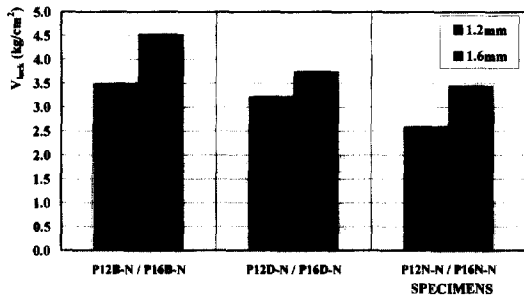


그림 11. 상호맞물림 작용에 대한 전단응력도(V_{lock})

설치하였다. 이들의 영향을 알아보면 1열의 경우 1.2mm 시험체는 2.91kg/cm^2 , 1.6mm 시험체의 경우 4.3kg/cm^2 정도로 나타났고 2열배치인 경우 1.2mm 시험체는 4.19kg/cm^2 , 1.6mm 시험체의 경우 4.49kg/cm^2 정도로 나타났다. 이것은 쉬어코넥터가 1열인 경우 없는 시험체보다 약 13%~25%정도의 내력이 상승되었고, 쉬어코넥터가 2열인 경우 없는 시험체보다 약 30%~61%정도의 내력이 상승되었다.

쉬어코넥터가 있는 시험체에서는 쉬어코넥터의 다우웰작용에 의하여 슬립이 구속되고 이에 따라 쉬어코넥터의 용접부위에 데크플레이트가 주름 모양의 좌굴을 예상하였으나 데크플레이트의 두께가 두꺼워 이같은 현상은 나타나지 않았다. 또 쉬어코넥터에 대한 전단내력은 쉬어코넥터의 다우웰(Dowel) 작용에 의하여 콘크리트가 파괴되는 현상으로 나타났으나 그 값은 콘크리트의 조기 할열파괴로 기대치에 미치지 못하였다.

다) 데크플레이트 두께에 따른 비교

(1.2mm, 1.6mm)

데크플레이트 두께에 따른 상호맞물림 작용의 크기를 알아보면 엠보싱이 사용되었을 때 1.2mm 시험체의 경우 3.48kg/cm^2 , 1.6mm 시험체의 경우 4.53kg/cm^2 정도로 1.6mm 시험체가 1.2mm 시험체에 비하여 약 30%정도 높게 나타났다.

쉬어코넥터에 대하여는 2열배치인 경우 1.2mm

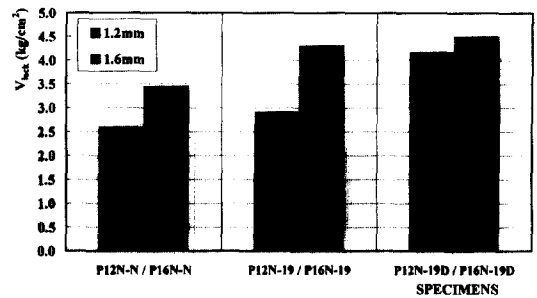


그림 12. 상호맞물림 작용에 대한 전단응력도 (스터드볼트 사용 유·무)

시험체는 4.19kg/cm^2 , 1.6mm 시험체의 경우 4.49kg/cm^2 정도로 나타나 19%정도의 내력상승을 나타내었다. 쉬어코넥터의 증가에 대한 내력상승치가 엠보싱의 유무에 대한 내력상승치 보다 작게 나타나는 것은 쉬어코넥터의 시험체가 대부분 콘크리트의 할열파괴로 인하여 내력이 결정되어 데크플레이트 두께의 영향이 비교적 낮게 고려되었던 것으로 나타났다.

4.2.3 능동적인 마찰력(Active Friction)

본 실험에서 마찰전단저항 V_{fric} 는 0으로 가정하였다. 왜냐하면 본 실험은 슬래브를 세워서 가력하는 Push-off 시험체이므로 하중가력시 데크플레이트의 수직방향에 콘크리트의 중력하중이 적용되지 않았고, 또 슬래브의 벌어짐 방지를 위한 볼트의 조임력도 상당히 낮게 적용되었다.

그러므로 $V_{fric} = \mu h \rho = 0$ 로 쓸 수 있다.

4.3 슬립에 대한 고찰

엠보싱과 쉬어코넥터가 설치되지 아니한 P12N-N 시험체를 제외하고는 대부분의 시험체는 슬립이 증가함에 따라 하중의 급격한 내력상실을 찾아보기 힘들었으며 몇몇 시험체는 슬립이 증가함에 따라 내력도 계속 증가하는 양상을 나타내었다. 본 실험에 사용된 역삼각형 형태의 데크플레이트는 슬립에 대하여 연성거동을 나타내어 합성슬래브용으로 사용하기에 적절하며 슬립에 대한 거동도

뛰어난 것으로 나타났다(그림 4~7참조). 또 파괴시의 슬립크기도 상당히 크게 나타났다.

4.4 전단력 전달 메카니즘의 제안식

Push-off 실험을 통하여 역삼각형 합성데크 슬래브 시험체의 각 변수별 전단력 전달메카니즘을 비교 분석하였으며 이를 통하여 본 연구에서 다음과 같이 제안식을 만들었다.

$$V_{shear} = V_{chem} + V_{lock} + V_{fric}$$

여기서,

V_{shear} = 합성슬래브의 길이방향 전단내력

V_{chem} = 화학적 부착에 의한 전단내력
(최대전단강도의 7%~16%)

$v_{chem} = 0.34\text{kg/cm}^2$
(쉬어코넥터가 없는 시험체)

$v_{chem} = 0.58\text{kg/cm}^2$
(쉬어코넥터가 있는 시험체)

$v_{chem} = 0.47\text{kg/cm}^2$ (평균 값)

V_{lock} = 상호 맞물림 작용에 의한 전단내력
(최대 전단강도의 84%~93%)

V_{fric} = 능동적인 마찰력에 의한 전단내력 = 0

$$\text{또 } V_{lock} = C \times (V_{shape} + V_{embo}) + V_{stud}$$

여기서,

C = 두께에 대한 상수, (1.2mm = 1, 1.6mm = 1.25사용)

V_{shape} = 형상적인 요인에 의한 수동적인 마찰력

V_{embo} = 엠보싱에 의한 상호맞물림 작용

V_{stud} = 쉬어코넥터의 의한 상호맞물림 작용

실제 합성슬래브 이론에서 합성정도를 평가하기 위하여 각 변수별 길이방향 전단내력을 다음과 같이 제안하고자 한다.(단, 콘크리트와 데크플레

이트의 화학적 부착강도는 무시한다)

$$V_{shear} = V_{lock} = C \times (v_{shape} + v_{embo}) + v_{stud}$$

여기서,

C = 두께에 대한 상수, (1.2mm = 1, 1.6mm = 1.25사용)

$V_{shape} = v_{shape} \times A$

$V_{embo} = v_{embo} \times A$

여기서,

$v_{shape} = 2.5 \text{ kg/cm}^2$ (역삼각형 형상에 적용)

$v_{embo} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (역삼각형 형상, 엠보싱 간격 50mm일 때 적용)

V_{stud} = 쉬어코넥터의 허용전단내력
(강구조 계산 기준 참조)

A = 전단스팬내의 데크플레이트 부착면 적(cm^2)

5. 결론

Push-off 실험을 통하여 합성슬래브의 각 변수별 전단력 전달메카니즘에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 화학적 부착강도의 크기는 최대전단강도의 7%~16% 정도로 나타났으며, 시험체의 평균 화학적 부착응력도는 $v_{chem}=0.47\text{kg/cm}^2$ 로 나타났다.

(2) 상호맞물림 작용(Interface Interlock Action)력에서 엠보싱이 배치되었을때 1.2mm, 1.6mm 시험체에서 3.48kg/cm^2 , 4.53kg/cm^2 정도로 각각 나타났다. 이것은 엠보싱이 없는 시험체보다 약 32%~35%정도의 내력이 상승되었다. 또 쉬어코넥터가 2열 배치인 경우 1.2mm, 1.6mm 두께에 따라 4.19kg/cm^2 , 4.49kg/cm^2 정도로 각각 나타났다. 이것은 쉬어코넥터가 1열인 경우 없는 시험체보다 약 13%~25%정도의

내력이 상승되었고, 쉬어코넥터가 2열인 경우 없는 시험체보다 약 30%~61% 정도의 내력이 상승되었다.

- (3) 엠보싱이 없는 시험체를 제외한 모든 시험체에서 슬립발생 후 급격한 내력 손실은 나타나지 않았으며 파괴시 슬립의 크기도 상당히 크게 나타나 연성거동으로 파괴되었다. 이는 데크플레이트의 형상적인 요인에 의한 것으로 판단된다.
- (4) 앞의 각 변수별 전단내력 실험결과에서와 같이 데크플레이트의 형상적인 요인이 엠보싱 및 쉬어코넥터의 유무와 같은 전단연결장치보다 상대적인 전단내력이 높게 나타나므로 합성슬래브용 데크플레이트의 선정시 형상적인 요인이 엠보싱이나 쉬어코넥터의 유무보다는 더 중요하게 취급되어야 한다는 것을 본 실험에서 보여준다.
- (5) 앞에서 제안한 전단부착강도식은 폐쇄형 데크플레이트를 이용한 합성슬래브 설계시 콘크리트와 데크플레이트의 전단접합정도(η)를 평가하기 위하여 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 大韓建築學會, "鋼構造設計規準 및 解說", 1983
2. 韓國鋼構造學會, "鋼構造便覽", 1995.
3. 大韓建築學會 "합성데크 바닥구조 설계기준 (안) 및 해설", 1998.
4. Deric, J. Oehlers, and Mark A. Bradford. "Composite Steel and Concrete Structural Members", PERGAMON, 1995
5. Daniels, B. J., "Shear Bond Pull-out Tests for Cold-formed Steel Composite Slabs", Lausanne, Ecole polytechnique federal, June 1988. (Pub. ICOM194)
6. Schuster, R. M., and Ling, W. C. "Mechanical Interlocking Capacity of Composite Slabs", Proceedings Fifth International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structure, St. Louis, Missouri, November 1980, pp. 387-407

(접수일자 : 2001년 5월 14일)