

Plate로 전면보강된 교량 상판의 거동특성에 관한 연구

A Study on the Structural Characteristic of Strengthened Bridge Deck Specimens Using External Bonded Plate

심 종 성* 오 흥 섭** 김 언 경***
Sim, Jongsung Oh, Hong-Seob Kim, Eon Kyoung

ABSTRACT

Punching shear in concrete slabs is a serious problem in certain structural systems, such as flat slab. In this study, mechanical improvement between specimens which are unstrengthened and strengthened with steel plate and fiber panel is experimentally investigated. The strengthened bridge deck specimens had increment of strength and broke down with punching shear failure. Strengthening ratio should be considered to restraint punching failure.

1. 서론

노후화된 콘크리트 교량에서 발생할 수 있는 여러 형태의 손상중에서 편칭전단파괴는 구조적으로 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 이 경우 강성증대 및 내하력 향상을 위하여 보강판을 이용한 성능개선을 시도할 수 있다. 그러나 보강판을 이용하여 구조물의 성능개선을 도모한 대부분의 연구결과는 보 구조물에 국한되고 있기 때문에 교량상판과 같이 손상정도에 따라 일방향성에서 이방향성으로 구조거동이 변하는 구조물의 경우 이러한 연구결과는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 보강판으로서 대표적으로 사용되고 있는 강판과 섬유패널로 전면보강한 시험체에 대한 정적구조성능평가를 실시하였으며, 보강효과 및 거동특성을 분석함으로써 보강판을 이용한 교량상판의 구조적 특성을 고찰하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험체 계획

보강판으로 성능향상된 교량 상판의 정적 구조성능 평가를 위하여 상판의 두께를 18cm, 폭과 길이는 각각 200cm와 240cm인 시험체를 제작하였으며, 압축강도 240kgf/cm², 슬럼프값이 18cm인 콘크리트와 항복강도가 3,000kgf/cm²인 D16인 철근을 배근하였다(그림 1). 전면 보강에 사용되는 강판과 섬유패널

*정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 교수

**정회원, 한양대학교 토목공학과 박사수료

***정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 석사과정

의폭과 길이는 150cm와 220cm이며, 변수는 표 1에서 보는 바와 같다. 여기서 사전손상하중 15tonf은 초기균열 발생하중이며, 25tonf는 주철근 항복하중의 60%이다.

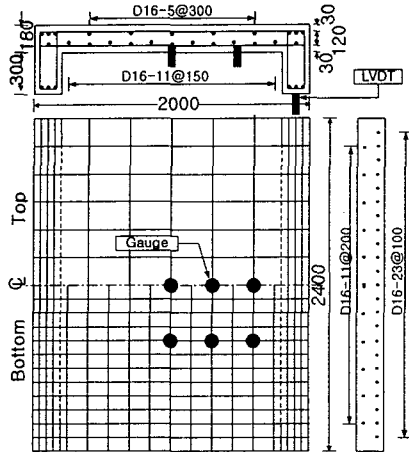


그림 1 시험체의 치수 및 배근도
(단위 : mm)

표 1 시험체 보강 변수

시험체명	보강형태	보강두께	사전손상하중
DB18	무보강	-	-
ST-L	강판전면보강	4.5mm	15tonf
ST-H	강판전면보강	4.5mm	25tonf
GP-SA-L	섬유패널보강공법	8mm	15tonf

2.2 실험방법

교량상판의 보강성능향상을 평가하기 위하여 그림 2에서 보는 바와 같이 200ton 용량의 유압잭으로 가력하였으며, 이때 재하 블럭으로서 차량 운하중 접지면적과 같은 25×50cm 강판을 시험체의 중앙면에 설치하여 정적 재하시험을 수행하였다. 시험체의 변위는 시험체의 중앙지점, 단부 및 거더중앙에 각각 1개씩의 변위계를 설치하여 가력 단계별 시험체의 처짐 양상을 측정하고자 하였으며, 철근의 항복여부를 판단하기 위하여 주철근 및 배력철근에 변형률 게이지를 설치하여 철근변형률을 측정하였다(그림 1).

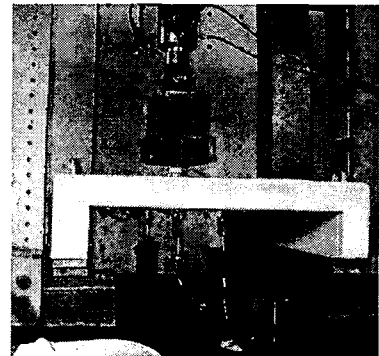


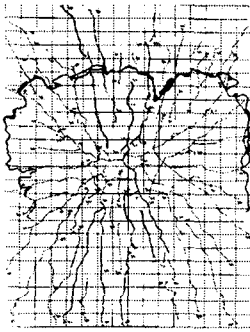
그림 2 시험체 설치 전경

3. 실험결과 및 고찰

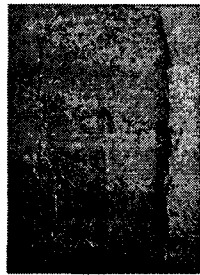
3.1 시험체별 파괴양상

실험결과 시험체는 모두 펀칭파괴 되었으며, 파괴시 보강된 시험체는 바닥판 단부에서부터 거더까지 발생한 균열이 큰 폭으로 진전되면서 보강판의 계면탈락을 야기시켰다. DB18 시험체는 60tonf에서 지점부 국부파괴 및 배력철근의 항복이 발생된 후 64tonf에서 펀칭파괴되었다(그림 3). ST-L와 ST-H 두 시험체의 균열양상은 관찰할 수 없었으나 대체로 동일한 파괴 양상을 나타냈으며, 각각 82tonf과 77tonf에서 펀칭파괴 되었다. ST-L 시험체의 파괴하중이 ST-H 시험체 보다 큰 것으로 보아, ST-H

시험체가 기 손상에 의한 균열깊이 및 균열폭이 상대적으로 클 수 있으나, 보강후 내하력 향상정도는 일정량 이하의 손상에 대하여 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 83tonf에서 편칭파괴된 GP-SA-L 시험체는 파괴에 임박하였을때 거더에 단하나의 주균열이 발생하였고 그 폭은 다소 큰 것으로 관측된 것으로 보아 바닥판 하면에서도 큰 폭의 주균열이 발생한 것으로 판단되었다.

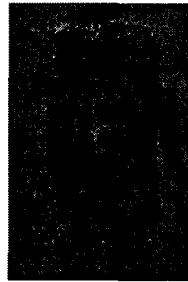


(a) 시험체 하부

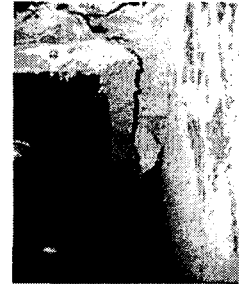


(b) 시험체 상부

그림 3 DB18 시험체 파괴양상

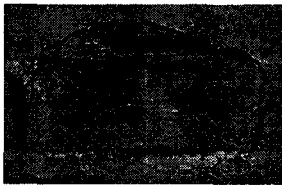


(a) 시험체 상면

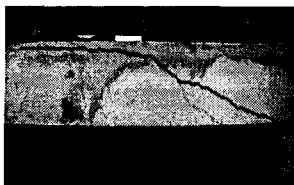


(b) 보강계면 탈락

그림 4 ST-L 시험체 파괴양상



(a) 바닥판 상면



(b) 시험체 측면

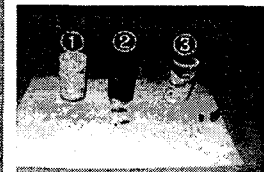


(c) 파괴면 상세

그림 5 ST-H 시험체 파괴양상



(a) GP-I-L 시험체의 하면



(b) 파괴후 채취된 Core

그림 6 GP-SA-L 시험체 파괴양상

3.2 시험체별 하중-처짐관계

각 시험체들의 하중-처짐관계는 그림 7에 나타내었다. DB18 시험체는 균열하중 이후 균일하게 증가 하던 소성변형이 60tonf에서는 상당히 크게 나타났으며, 파괴하중에 대하여 최대변형 29.1mm에 도달한 후 편칭파괴 되었다. ST-L과 ST-H 시험체는 파괴시 최대변위가 각각 11.5mm, 9.5mm이었으며, DB18 시험체와 비교시 최대변위의 차이는 강판물성에 따라 시험체의 강성이 상대적으로 크게 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 그림 7 (b)와 (c) 에서보는 바와 같이 두 시험체의 하중-변위곡선은 파

파괴전까지 선형적이었으며, 이는 바닥판 하면에 부착된 강판에 의한 강성증가량이 균열발생에 의한 콘크리트의 강성저하량 보다 상대적으로 크기 때문인 것으로 사료된다. GP-SA-L 시험체는 대략 27tonf에서 초기강성이 변화함으로 보아 이때에 따라 부재내에 균열이 발생한 것으로 보이며 시험체의 휨내력이 전단내력보다 상대적으로 크기 때문에 철근 항복 등에 의한 강성 변화가 없이 갑작스럽게 펀칭전단파괴 되었다.

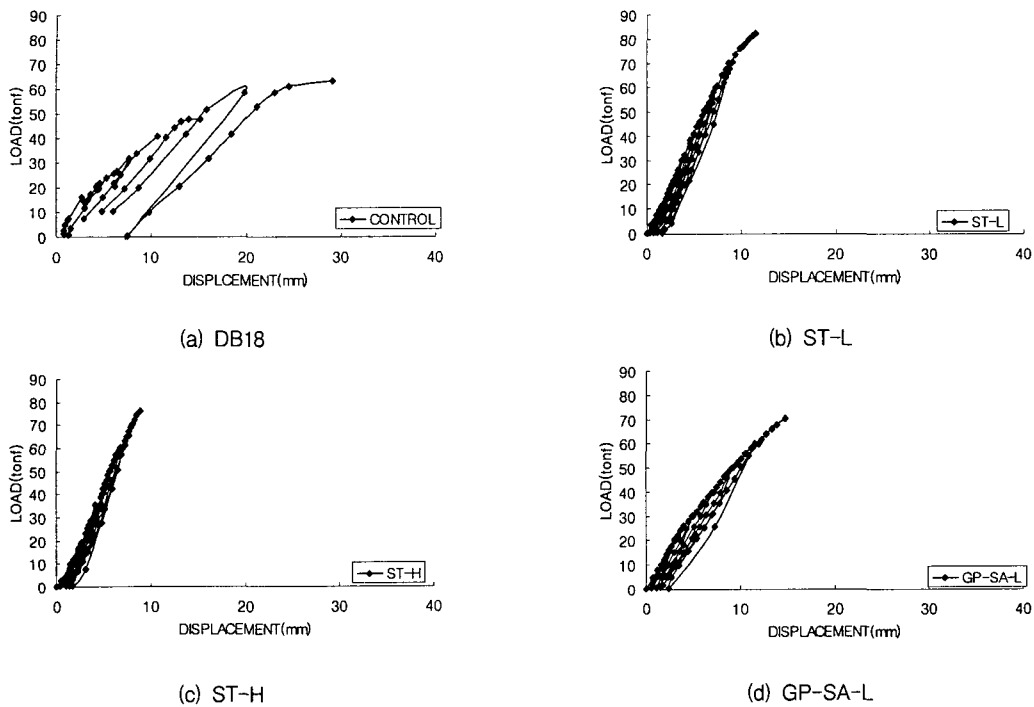
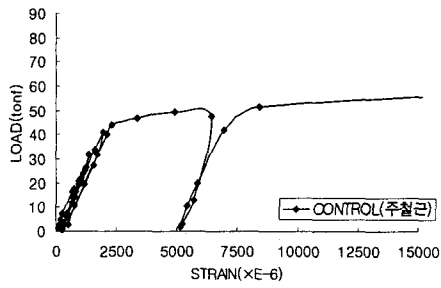


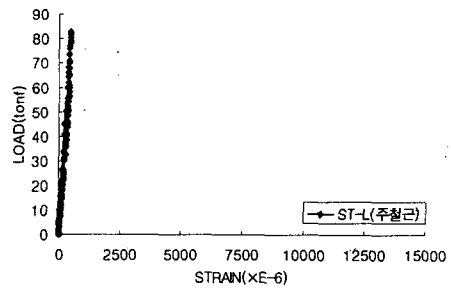
그림 7 시험체별 하중-처짐관계

3.3 하중-변형률관계

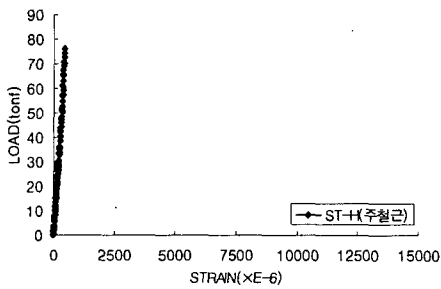
DB18 시험체는 약 15tonf의 초기 균열하중에서는 주철근의 변형률이 약 0.0007이었으며, 주철근은 약 45tonf에서 항복하였고 이때의 변형률은 0.0023으로 관찰되었다. ST-L과 ST-H 시험체는 균열하중 부근의 초기하중에서는 DB18 시험체 주철근 변형률의 20%인 것으로 나타나 강성증가에 따라 변형률이 감소된 것으로 사료된다. 특히 파괴시까지 탄성거동을 함으로써 DB18 시험체 항복하중인 45tonf 이상의 하중에서 DB18 시험체 변형률의 6%정도인 것으로 관찰되므로 변형률 감소효과가 증가하는 것으로 나타났다. 그림 8 (b),(c) 에서 나타낸 것과 같이 부재가 파괴될 때까지 주철근 및 배력철근은 항복하지 않는 것으로 나타났다. GP-SA-L 시험체의 경우에는 ST-L과 ST-H 시험체와 비슷한 거동을 하는 것으로 나타났으며, 시험체 파괴시까지 철근은 선형거동 하는 것으로 나타났다.



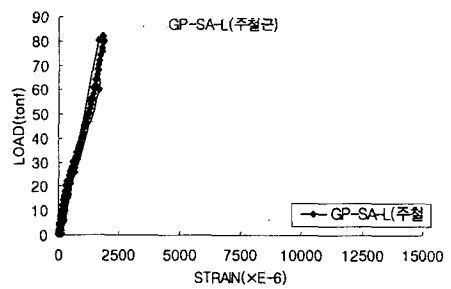
(a) DB18



(b) ST-L



(c) ST-H

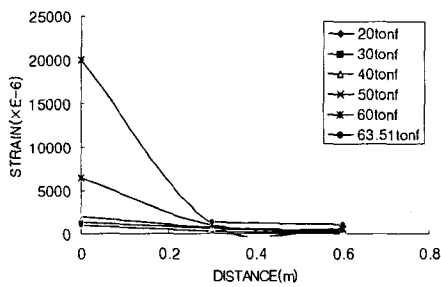


(d) GP-SA-L

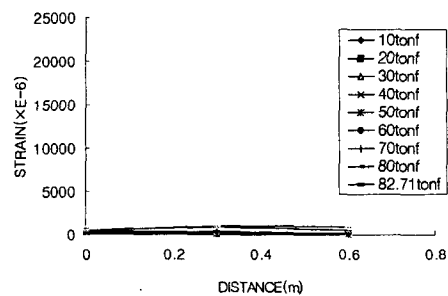
그림 8 시험체별 하중-변형률관계

3.4 주철근 방향에 대한 하중-변형률 분포관계

그림 9는 각 시험체들의 주철근 방향에 대한 하중-변형률관계를 나타낸다. 상판하부의 균열은 가력점 바로 아래에서 집중하고 그 폭이 상대적으로 크므로 그림 9의 철근 변형률 분포는 하중이 증가함에 따라 중앙부에서 집중하는 경향을 띄는 것으로 판단된다. DB18 시험체는 50tonf 이상 재하시 중앙부 변형률이 크게 증가한 것으로 나타났고, ST-L과 ST-H 시험체 부재강성이 크기 때문에 동일한 하중에 대한 발생균열개소 및 균열폭이 증가할 것으로 보인다. GP-SA-L 시험체의 주철근 변형률 분포

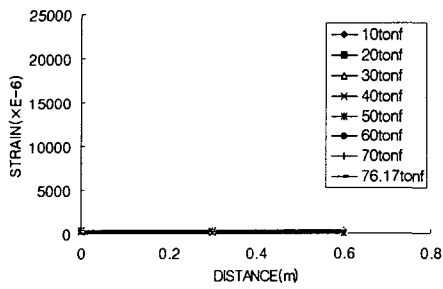


(a) DB18

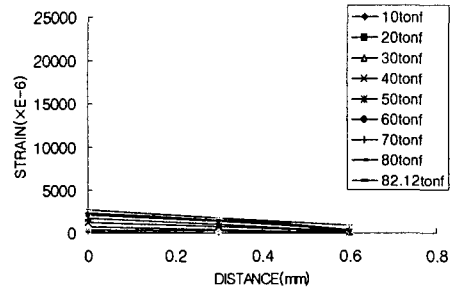


(b) ST-L

그림 9 주철근 방향에 대한 하중-변형률 분포관계



(c) ST-H



(d) GP-SA-L

그림 9 주철근 방향에 대한 하중-변형률 분포관계(계속)

는 DB18 시험체에서 주철근 항복전의 양상과 유사하며 부재의 전단내력이 확보될 경우 보강판 내에 발생된 균열에 의하여 중앙부의 주철근이 항복할 수 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

강판과 섬유패널로 보강한 시험체와 같이 주철근 항복전의 콘크리트 압축파괴 또는 펀칭전단에 의한 갑작스런 취성파괴를 일으킬 수 있으므로 연성파괴를 위한 적정 보강량의 산정이 필요한 것으로 판단된다. 보강시험체는 파괴하중시까지 철근 및 보강재가 항복하지 않는 것으로 나타났으며, 강성 증대 효과 및 탄성회복능력이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 그러나 파괴형태가 모체콘크리트의 전단강도 부족에 의한 펀칭전단파괴이므로 실제 교량보강시에는 펀칭효과를 억제할 수 있는 보강기법 및 보강량에 대한 고려가 있어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 한국도로공사에서 주관하는 수탁과제를 수행함으로써 얻어진 결과이며, 저자들은 한국도로공사와 (주)한국쇼-본드건설 및 (주)한국카본의 후원에 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

1. 심종성 외, "콘크리트 교량 바닥판에 대한 보수·보강 공법의 효과분석 연구", 한국도로공사
2. 문상범, 오성영, 김상식, "강판 및 유리섬유쉬트로 전단보강된 철근콘크리트 보의 보강 및 연성평가", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제12권 2호, 2000년 11월, pp.691-700
3. Abul K. Azard Mohammed H. Baluch, Mohammad S. A Abbasi, and Kaiser Kareem, "Punching Capacity of Deck Slabs in Girder-Slabs Bridges", ACI Structural Journal, Vol. 96, No.6, 1994, pp.656-661.