

콘크리트 충전 강관 거더-바닥판 합성단면의 휨거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Flexural Behavior of CFT Girder-Deck Composite Section

진원종* 강재윤** 최은석* 이정우* 이흥수*** 곽종원**
Chin, WonJong Kang, JaeYoon Choi, EunSuk Lee, JungWoo Lee, HeungSoo Kwark, JongWon

ABSTRACT

A new bridge system described in this paper uses concrete-filled steel tube (CFT) girders as a replacement for conventional girders. Experimental investigations were carried out to comprehend the flexural behavior of CFT girder-slab deck composite section. The experimental investigation consisted of designing and constructing a test specimen and loading it to collapse in bending to check the applicability of the system. The test results showed that concrete filled steel tube girders have good ductility and maintain its strength up to the end of the loading. In the test, the flexural behavior of each specimen of CFT girder-deck composite section is identified.

1. 서론

CFT구조는 축압축력이 주하중으로 작용하는 기둥부재에 대해서 내력 및 연성도 증대를 목적으로 개발되었으나, CFT부재가 갖는 우수한 내력, 탁월한 변형성능(연성도), 소음 및 진동억제 효과 등의 장점에 착안하여 교량 거더로 활용하는 방안을 모색하기 시작하였으며, 단일 강관구조 또는 동일 단면의 RC구조에 비해 내력증대, 변형능력 향상, 강성증대 등의 우수한 역학적 효과를 얻을 수 있다. 콘크리트 충전 강관거더를 이용한 강합성교 형식은 현대 교량구조에서 요구하는 재료사용의 효율성과 구조 거동의 우수성을 동시에 만족시키는 구조라고 할 수 있다. 콘크리트 충전 강관거더를 이용한 복합구조 교량형식의 실용화를 위해서는 휨상태의 CFT거더-바닥판 합성단면의 거동에 관한 실험적, 이론적 연구가 수행되어야 하며, 이를 바탕으로 강관과 충전재의 상호작용에 의한 내력상승 효과를 효과적으로 반영할 수 있는 설계법이 마련되어야 한다.

CFT거더교의 설계에 있어서 재하상태 및 CFT거더의 거동에 따라 내부 충전재 강도 및 합성효과가 내하력에 미치는 영향이 다를 수 있음을 고려해야 하며, 연속거더의 정·부모멘트 거동에 따른 CFT 거더-바닥판 합성단면의 휨거동 특성 및 각 구간에서의 단면내 응력분포를 파악할 필요가 있다. 이러한 관점에서 CFT거더와 콘크리트 바닥판 합성 단면에 대한 휨재하 실험을 수행하고, 합성단면의 성

*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

**정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

***정회원, (주)비비엠코리아 기술연구소 실장

능 및 실효량에 대한 적용성을 평가하였다.

2. CFT 거더-바닥판 합성단면의 정적재하실험

2.1 단순지지 CFT거더교의 정·부모멘트 재하실험

CFT거더와 바닥판 합성 단면의 휨내력을 평가하기 위하여, SS400 강종의 지름 508mm, 두께 9mm 기성 강관제품을 사용하여 강합성 바닥판 실험체를 제작하였다. 실험체는 크게 정모멘트 실험체군과 부모멘트 실험체군으로 나누었으며, 정모멘트 실험체군에서는 바닥판과의 합성에 Γ 형 perfobond 리브 전단연결재를 사용하는 것으로 고정하고, CFT거더 강관 내부의 충전 유무와 강관내부의 합성 연결재 유무에 따른 내력변화를 고찰하였다. 정모멘트 실험체군에서 제작한 실험체의 종류 및 특징은 표 1과 같고, 실험체의 제원은 그림 1과 같다. 재하 방법은 그림 3에 보인 바와 같이 중앙부에 순수 휨이 작용하도록 4점 재하로 하였으며, 350ton 용량의 유압 가력기를 사용하였다. 부모멘트 실험체군은 강관 내부 충전재를 강도 210kg/cm²의 보통 콘크리트로 고정하고, 콘크리트 바닥판과의 기계적 합성 방법과 강관 내부 합성 연결재의 유무에 대한 내력변화를 고찰하였다. 실험변수에 따른 실험체 종류 및 제작 변수는 표 2와 같고, 가력 방법은 그림 2 및 그림 4에 보인 바와 같이 3점 재하로 하였다.

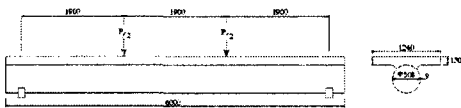


그림 1 정모멘트 실험체 제원



그림 2 부모멘트 실험체 제원

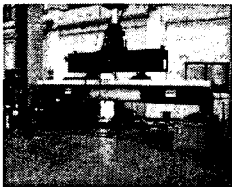


그림 3 정모멘트 재하실험



그림 4 부모멘트 재하실험

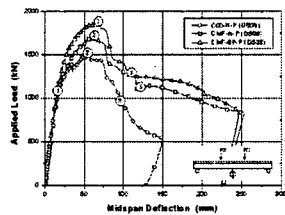


그림 5 정모멘트 실험결과

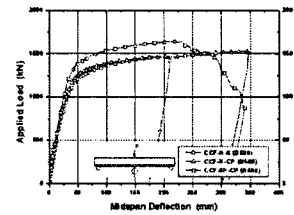


그림 6 부모멘트 실험결과

표 1 정모멘트 실험체의 종류 및 실험체 제작변수

실험변수	실험체종류	C00-N-P	CMF-N-P	CMF-6P-P
내부충전재료		충전안함	경량 모르타르(강도 80kg/cm ²)	
내부전단연결방법		없음	없음	Γ 형 perfobond (높이70mm, 두께8mm)
바닥판전단연결방법		Γ 형 perfobond 리브전단연결재(높이90mm, 두께8mm)		

표 2 부모멘트 실험체의 종류 및 실험체 제작변수

실험변수	실험체 종류	CCF-N-S	CCF-N-CP	CCF-6P-CP
내부충전재료		보통 콘크리트 (강도 210kg/cm ²)		
내부전단연결방법		없음	없음	Γ 형 perfobond (높이70mm, 두께8mm)
바닥판 전단연결 방법		headed stud	Γ 형 perfobond 리브 전단연결재(높이90mm, 두께8mm)	

2.2 2경간 연속지지 CFT거더교 재하실험

CFT거더 강합성교 합성단면의 실제적인 거동을 살펴보기 위하여, 2경간 연속 CFT거더교 축소 실험체를 제작하여 정모멘트 구간 충전 조건 및 충전재와 강관간의 합성조건을 실험변수로 하여 재하실험을 수행하였다. 실험체 제작에 사용한 강관은 지름 508mm이고 두께는 9mm로서 D/t비를 56.4로 고정하였고, 경간장은 7.5m로서 총 15m의 2경간 연속 CFT거더로 제작하였다. 내부 지점부의 부모멘트 구간은 설계 압축강도 210kg/cm²의 보통 콘크리트로 충전하였고, 충전구간은 중앙 지점부를 기준으로 좌우 2.4m, 총 4.8m 구간으로 하였다. 바닥판은 압축강도 270kg/cm²의 보통 콘크리트를 타설하였다.

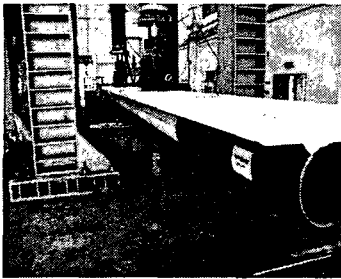


그림 9 2@7.5m연속교재하실험

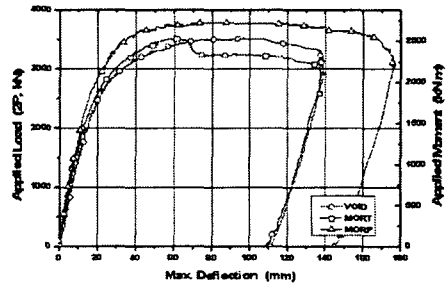


그림 10 실험체별 하중-처짐 곡선

표 3 2@7.5m 연속교 실험체의 종류 및 실험체 제작변수

실험변수		VOID	MORT	MORP
내부 충전재료	부모멘트부	보통 콘크리트 (강도 210kg/cm ²)		
	정모멘트부	비충전(격벽보강)	경량 모르타르(강도 80kg/cm ²)	
강관-충전재 합성방법		없음	없음	7형 perFOBOND (높이70mm, 두께8mm)
바닥판전단연결방법		7형 perFOBOND 리브 전단연결재(높이90mm, 두께8mm)		

표 4 실험변수별 최대 휨모멘트 비교 (φ508)

		My (kN.m)	Mu (kN.m)	Ductility Index	My/(B00-N-N)	Mu/(B00-N-N)
빈강관	B00-N-N	528.3	717.7	2.99	1.00	1.00
보실험체	BCF-N-N	645.2	1082.7	10.64	1.22	1.52
	BCF-6P-N	699.3	1250.7	13.23	1.32	1.74
정모멘트 합성보	CMF-N-P	1000.3	1643.9	3.90	1.89	2.29
	CMF-6P-P	1129.7	1785.7	3.78	2.14	2.49
부모멘트 합성보	CCF-N-S	2647.2	4196.7	6.56	5.01	5.85
	CCF-N-CP	2921.3	4362.7	9.87	5.53	6.08
	CCF-6P-CP	3008.9	4688.1	7.12	5.70	6.53

3. 결론

CFT거더와 콘크리트 바닥판의 합성단면에 대한 거동특성 및 내력을 평가하기 위한 휨재하실험을 수행하였다. 실험결과, 신형상 전단연결재로서 개발된 7형 perFOBOND 전단연결재를 바닥판과 CFT거더간의 합성 연결재로 사용하면 최대하중상태까지 완전합성 단면으로서의 거동을 보이고, 기존의 스티드 형식의 전단 연결재에 비해서 더 우수한 단면 내력과 연성을 보이는 것으로 분석되었다. 선행실험한 CFT보의 휨재하실험 및 CFT보-바닥판 합성단면의 휨재하실험 결과를 종합한 결과를 표 4에 나

타내었다. 최대 휨모멘트를 기준으로 비교한 표 4에서 보통 콘크리트를 충전한 경우만을 대상으로 살펴보면, 빈강관의 최대 모멘트 내력을 기준으로 하였을 때, 콘크리트 충전에 의해 52%의 내력증가, 강관내부의 합성 연결재를 돕으로써 74%의 내력증가를 보였고, 여기에 콘크리트 바닥판을 합성함으로써 정모멘트 구간에서는 149%의 내력증가를 보였고, 부모멘트 구간에서는 553%의 내력증가를 얻을 수 있었다. 또한, 2경간 연속 CFT 거더교에 대한 재하 실험으로부터 연속 CFT 거더교 형식에서는 부모멘트 구간의 충전 및 합성조건에 따라 전체적인 교량 시스템의 거동이 달라짐을 알 수 있었으며, 정모멘트부에서의 충전재의 역할은 연속거더의 거동에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 따라서, 연속교 형식에서는 부모멘트 구간을 충전함과 동시에 충전구간의 길이 변화를 통하여 거더 강성을 제어할 수 있을 것으로 판단되며, 정모멘트 구간은 내부를 충전하지 않고 강관 내부에 일정 간격의 격벽을 설치하거나, 경우에 따라서는 내부 충전을 통해 충전재가 강관 형상 유지의 역할을 하도록 하는 등의 대안 선택이 가능할 것으로 판단된다. 이상의 결과로부터 알 수 있듯이 CFT 거더 부재는 압축응력 상태에 놓이는 부모멘트 구간, 즉 지점부에서 가장 효율적인 구조이며, CFT 거더 강합성교의 구조적 장점을 최대한 활용하고 경제적인 설계를 하기 위해서는 2경간 또는 3경간으로 연속화 시공을 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원 (2005) 콘크리트 충전 강관거더의 설계 및 시공에 관한 연구
2. Hosaka, T., Nakamura, S., Umehara, R., and Nishiumi, K. (1997) Design and experiments on a new railway bridge system using concrete filled steel pipes, International Conference of IABSE in Innsbruck.
3. Leonhardt, E.F., Andra, W., and Harre, W. (1987) New improved shear connector with high fatigue strength for composite structure (Neues vorteilhaftes Verbundmittel für stahlverbund - Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit), Beton-Und Stahlbetonbau, Vol. 12, pp. 325-331.
4. Matsumura, T., Hosaka, T., Hiraoka, C., and Nishiumi, K. (2003) Practical application of composite bridge for Shinkansen using CFT, IABSE Symposium in Antwerp.
5. Nakamura, S., Hosaka, T., and Nishiumi, K. (2004) Bending behavior of steel pipe girders filled with ultralight mortar, Journal of Bridge Engineering, Vol. 9, No. 3, pp.297-303.