

매립형 합성보의 구조적거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Structural Behavior of SRC(Steel Reinforced Concrete) Beams

조 병 완* 김 영 진** 박 성 민***
Jo, Byung Wan Kim, Young Jin Park, Sung Min

ABSTRACT

Recently, a variety of uses for combined reinforced concrete and steel have been applied in actual construction, which are called hybrid structures. The purpose of the hybrid construction is the high-efficiency of structural behaviors. But the design method of SRC is relatively complicated design method. So, it hasn't detailed design method yet and we are depending upon foreign specifications. In this study, To develop the design method of SRC at the condition of composite behaviors, makes process about major factors that affects the composite behaviors. And we suggested fundamental data of the composite behaviors by experiments.

1. 서 론

철근 및 강재와 콘크리트의 특성을 이용하여 합성시 구조적으로 장점을 최대한 이용하는 것을 목적으로 하는 합성보는 주로 강재구조만으로는 강성이 부족하고 철근콘크리트 구조로는 큰 단면이 필요한 곳에 대체 사용되며, 토목 구조물의 대형화 및 장스팬화에 발맞추어 최근 사용이 증가되고 있으며 매립형 합성보의 경우 교각 코핑부에의 사용이 증가하고 있다. 노출형 합성보에 대해서는 이미 많은 실험과 연구가 진행되어 설계에 적용하고 있으나, 매립형 합성보는 그 단면효과가 우수한 반면에 아직까지는 그 설계방법에 대하여 구체적인 설계방법이 없고, 설계가 상대적으로 복잡한 단점이 있으며, 국내의 규준이 미흡하여 외국규준에 의존하거나 국내 기술자들의 경험에 의한 설계로서 허용응력설계법(단순누가방식)이나 한계상태설계법으로 설계하고 있는 실정이다. 본 연구에서 합성보는 합성거동한다는 조건하에서 휨에 대한 매립형 합성보의 설계방법을 보다 합리적으로 설계 할 수 있도록 실험을 통하여 매립형 합성보의 구조적 거동에 영향을 미치는 주요인자에 대하여 연구를 수행하고, 매립형 합성보의 설계시 필요한 기초자료로서 제시하였다.

* 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

** 한양대학교 토목공학과 박사과정

*** 한양대학교 토목공학과 석사

2. 실험

2.1 개요

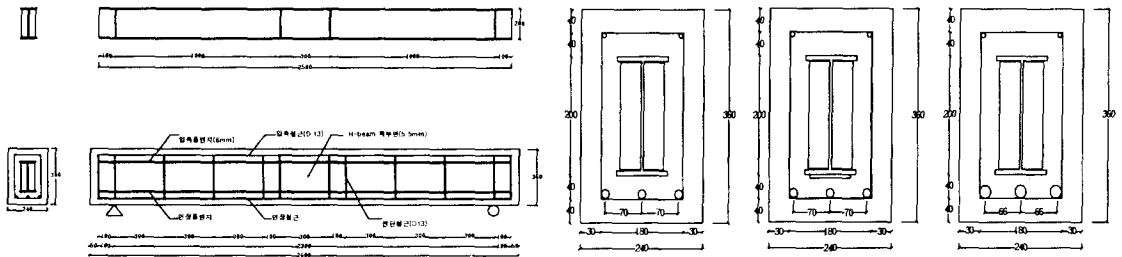
합성보의 내력 및 구조거동을 파악하기 위해 압축강도, 인장철근변화, 인장플랜지변화를 변수로 조합한 13개의 보 시험체를 제작하였다.

표 1 변수에 따른 시험체의 분류

시험체명	압축강도 (kg/cm^2)	인장플랜지 면적	인장 철근
A-S1-R1	210	8 cm^2	3-D16
A-S2-R1		10.4 cm^2	3-D16
A-S3-R1		12.8 cm^2	3-D16
A-S1-R2		8 cm^2	3-D19
A-S1-R3		8 cm^2	3-D22
B-S1-R1	280	8 cm^2	3-D16
B-S2-R1		10.4 cm^2	3-D16
B-S3-R1		12.8 cm^2	3-D16
B-S1-R3		8 cm^2	3-D22
C-S1-R1	350	8 cm^2	3-D16
C-S2-R1		10.4 cm^2	3-D16
C-S3-R1		12.8 cm^2	3-D16
C-S1-R3		8 cm^2	3-D22

2.2 시험체 설계 및 제작

H형강은 규격품으로 제작되는 H-200×100×5.5×8을 사용하였으며, H형강 포함하는 전체 합성보의 길이는 2.6m 시험체로 제작하였다. 압축철근은 공통적으로 2-D13, 인장철근은 변수에 따라서 3-D16, 3-D19, 3-D22을 배근하였다. 철골인장플랜지에도 변수에 따라서 8 cm^2 의 면적을 기준으로 하여 10.4 cm^2 , 12.8 cm^2 의 인장플랜지면적을 가진 시험체로 제작하였고, 전단스트립은 D13 30cm간격으로 완전 폐합시켜 배근하였다. 변수에 따른 단면형상, 배근도 및 단면도는 그림 1에 나타내었다.



(a)측면도 및 배근도

(b)Const시험체

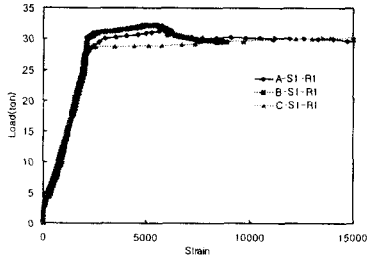
(c)인장플랜지증가

(d)인장철근증가

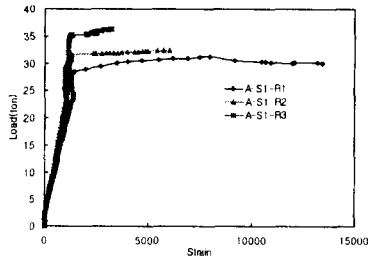
그림 1 시험체 형상도

3. 실험결과 및 고찰

인장철근 증가시험체는 기본시험체의 변형률도와는 다르게 인장철근을 증가시켰을 때의 인장철근 변형률의 거동은 RC구조물의 인장철근변형률과 같이 변형하였으나, 인장플랜지의 변형률은 항복변형률에 도달했을 때 항복하기는 하지만 항복되는 시점에서 변형률이 더 이상 증가하지 않고 하중만 증가하는 현상이 보인다. 이는 인장철근량이 증가함에 따라 인장철근의 내력이 증가하여, 인장플랜지는 먼저 항복하였으나, 인장철근이 아직 항복하지 않음으로 인해 인장철근이 항복할때까지 이러한 거동을 하는 것으로 생각된다. 인장플랜지를 증가시켰을 때의 인장철근 증가 시험체의 변형률도와는 반대로 인장플랜지의 변형률 거동은 일반적인 철근콘크리트의 인장철근변형률과 같이 변형하였으나, 인장철근의 변형률은 항복변형률에 도달했을 때 항복하기는 하지만 항복되는 시점에서 변형률이 더 이상 증가하지 않고 하중만 증가하는 현상이 보이는데 이는 인장플랜지의 면적이 증가함에 따라 인장플랜지의 내력이 증가하게 되고 따라서 상대적으로 인장내력이 작은 인장철근이 이와 같은 거동을 나타내는 것으로 생각된다.



(a) 기본시험체의 인장철근



(b) 인장철근증가시험체의 인장플랜지 (c) 인장플랜지증가시험체의 인장플랜지

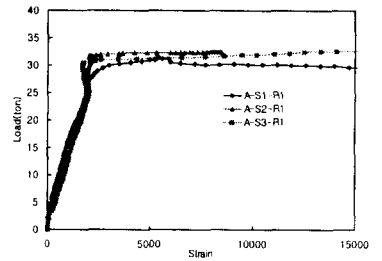


그림 2 시험체별 변형률도

4. 매립형 합성보의 설계법

4.1 설계법의 제안

실험에서 산출된 응력도 및 변형률도를 산출하여 강도설계법의 기본가정을 이용하여 강도설계법을 수정하여 설계법을 제안하고자 한다. 실험결과 콘크리트 변형률이 0.003일 때의 응력도는 단면의 최대 변형률을 지나 계속 증가하여 항복변형률을 지나게 되며, 소성항복의 성질 때문에 인장하부는 일정한 항복응력을 유지하게 되는 탄성과 소성의 중간 단계인 반소성 상태에 있었다. [그림 3참조]

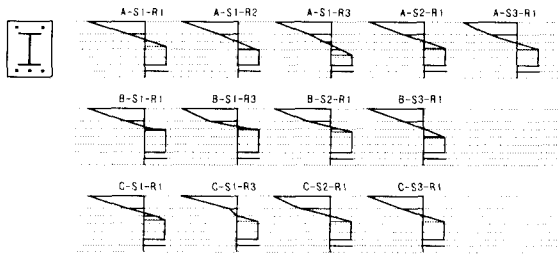


그림 3 콘크리트 변형률이 0.003일 때 응력도

표 2 압축웨브와 비항복 인장웨브의 내력분담률

강도별 시험체	압축웨브 내력 분담률	비항복 인장웨브의 내력분담률
강도 210 kg/cm^2	0.150%	0.49%
강도 280 kg/cm^2	0.030%	0.46%
강도 350 kg/cm^2	0.004%	0.38%

그림 3은 실제 실험값을 이용하여 응력도를 나타내었다. 실험결과에서 보면 인장측의 항복하지 않은 웨브 및 압축측의 웨브는 내력분담률이 0.004~0.49%로 내력분담률이 아주 미소함을 알 수 있다. 실험값을 중심으로하여 내력분담률이 미소하고 설계시 계산이 복잡한 압축웨브와 인장측의 항복하지 않은 웨브의 내력을 무시하고 설계하는 것이 타당하다고 생각되며, 이 사항을 고려하여, 설계시 압축상단의 콘크리트 변형률 0.003일 때 웨브의 항복변형률에 도달한 점을 선형적으로 연결하고, 나머지 인장철근 및 인장플랜지는 항복한 것으로 고려하여 각각 요소의 힘을 구하여 중립축을 계산하고, 각각의 요소에 대해 거리에 따른 내력을 구하는 강도설계법을 수정한 해석방법을 제안하고자 한다.

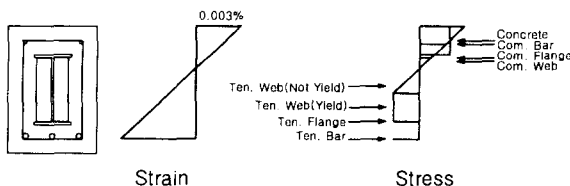


그림 4 실험결과에서 산출된 변형률도 및 응력도

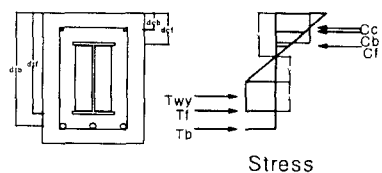


그림 5 실험결과를 수정한 해석방법

공칭모멘트 Mn은 다음과 같이 계산된다.

$$M_n = C_c \times (x-a/2) + C_b \times (x-d_{cb}) + C_f \times (x-d_{cf}) + T_{wy} \times (0.5 \times z + y) + T_f \times d_{tf} + T_b \times d_{tb}$$

표 3 여러 설계법들과 실험값의 내력비교(t·m)

시험체 \ 내력	M_a	M_n	M_t	M_m	실험값
A-S1-R1	5.361	9.791	11.855	11.762	14.475
A-S2-R1	5.668	10.990	12.949	12.839	15.240
A-S3-R1	5.975	12.193	14.033	13.901	16.595
A-S1-R2	6.168	11.677	13.557	13.439	16.050
A-S1-R3	7.389	13.806	15.446	15.291	17.605
B-S1-R1	6.091	10.155	12.432	12.364	15.320
B-S2-R1	6.398	11.368	13.574	13.495	16.990
B-S3-R1	6.705	12.588	14.712	14.619	17.225
B-S1-R3	7.400	14.211	16.177	16.072	19.400
C-S1-R1	6.782	10.467	12.898	12.838	15.520
C-S2-R1	7.089	11.703	14.078	14.009	17.040
C-S3-R1	7.396	12.941	15.257	15.176	17.755
C-S1-R3	7.992	14.595	16.761	16.671	20.230

M_a : 허용응력설계법으로 계산된 내력

M_n : 한계상태설계법으로 계산된 내력

M_t : 실험값으로 선형탄성 설계한 내력

M_m : 강도설계법을 수정한 해석방법으로 계산된 내력

실험값으로 선형탄성 설계된 설계법은 실제실험값

과는 20%정도 차이가 발생하나, 다른 두가지 설

계방법에 비해 20%이상 경제적이었다. 그러나, 수

정한 강도설계법은 반탄소성적인 실험값을 이용하

여 탄성적인 설계로 만들었기 때문에 이론적인 중

립축값보다 실험값에서 중립축은 더 인장측으로

치우쳐 있는데, 기본시험체를 기준으로 하여서 볼

때 인장내력을 증가시킨 시험체 일수록 실험값과

이론값의 중립축깊이 차가 더 크게 된다. 이는 기본시험체보다 인장내력을 증가시킨 시험체일수록 인장철근과 인장플랜지의 합성효과가 커짐으로서 중립축이 인장측으로 내려간다고 생각된다.

5. 결론

(1) 누가강도 설계법은 두배정도, 한계상태설계법은 40%정도 과다 설계됨을 실험으로 알 수 있었다. 따라서, 본 논문에서는 실험값을 이용하여 강도설계법을 수정한 해석방법을 제시하였다. 이 해석방법은 실제 실험값과는 내력에 있어 20%정도 차이가 발생하지만, 현재 사용되고 있는 설계법에 비해 20%이상 경제적이며, 계산방법이 간단해지며, 구조물의 안전성을 확보할 수 있었다.

(2) 본 실험의 합성보 인장철근이나 인장플랜지 변형을 곡선에서 볼 수 있듯이 변형률은 변하지 않으면서 하중이 증가하는 현상을 보인다. 이는 일반적인 철근콘크리트 부재에서는 인장철근이 항복한 후 더 이상 외력에 저항하지 못하고 변형률만 증가하는 현상과는 달리 매립형 합성보에서는 인장철근이 항복하기 직전이나 항복한 뒤에도 철골의 인장플랜지가 외력에 대해 분담하는 합성효과라고 생각된다.

(3) 본 논문에서 실험으로 인해 얻은 결과값에서도 나타나듯이 인장철근보강 시험체에서는 최대하중 및 휨강성등의 내력에 대하여 효과가 있었고, 인장플랜지보강 시험체는 내력 증대효과도 가지고 있지만, 전체 시험체와 비교하여 볼 때 균열 제어에 상당한 효과가 있었다.

참고문헌

1. 건설교통부, "콘크리트 표준시방서", 대한토목학회, 1996.
2. 대한건축학회, "강구조 한계상태 설계규준(안) 및 해설", 1995.
3. AISC "Manual of steel construction - Load and Resistance Factor Design", 1986.
4. Building Code Requirements for Structural Concrete with Design Application, ACI 318-95.