

## 단부보강형 철골 합성보 Eco-Girder 공법 소개

### Introduction of Eco-Girder's Method in End Reinforced Type Steel-Composite Beams



채흥석(Chae, Heung-Seok) | (주)세진에스씨엠 대표이사 | sejin@sejinscm.com

#### 1. 서론

최근 들어 철근콘크리트구조와 철골구조가 가지고 있는 특성들을 감안, 이들 재료를 복합적으로 구성하여 각 구조형식에 있어서의 단점은 상호 보완하면서 각각의 장점만을 취할 수 있도록 한, 이른바 합성구조 시스템에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 대한 개발도 활발히 이루어지고 있는 추세이다.

Eco-Girder 공법은 SRC기둥과 접합되는 철골보 설계시 최적설계를 위해 중앙부에 발생한 휨모멘트(단부 모멘트의 50~60%)로 전체 보 구간을 설계하고, 단부에 초과되는 휨모멘트를 강판과 철근콘크리트로 보강함으로써 철골보의 효율성을 극대화시킨 단부 보강형 철골 합성보이다.

본 기고에서는 단부 보강형 철골 합성보인 Eco-Girder공법의 개념, 기본재료의 구성 및 기능, 휨성능 평가 방법, 진동성능의 검토, 경제성 검토와 시공순서 등을 소개하고자 한다.

#### 2. Eco-Girder 공법의 개념

일반 상업용 건물을 중심으로 철골구조의 시공이 증가

하고 있으며 향후에도 무한 성장 잠재력을 가진 강구조에서 철골보는 기둥과 기둥 사이에 설치되어 건물의 각 층 바닥요소인 슬래브를 지지하기 위해 널리 사용되고 있다.

이러한 모멘트 골조시스템에서 보의 양측 단부에 발생하는 휨 모멘트의 값은 보 중앙부에 발생하는 휨 모멘트의 값보다 약 두배 가량 높게 나타난다. 그림 1에서 보여주는 것과 같이 보 단부의 휨모멘트 값을  $M$ 이라 하면, 보 중앙부의 휨모멘트 값은 대략  $0.5 \sim 0.6M$ 이 된다. 그러나 종래의 설계 방법으로 철골보를 설계할 경우에는 최대 휨모멘트 값인  $M$ 을 기준으로 하여야 한다. 따라서 최대 휨모멘트를 기준으로 철골보를 설치함으로써, 보의 높이가 증가하게 되고, 이로 인하여 각 층의 가용 공간이 줄어드는 문제점이 있다. 즉, 보의 점유공간으로 인하여 천정 높이가 낮아져 공간의 활용성이 저하된다.

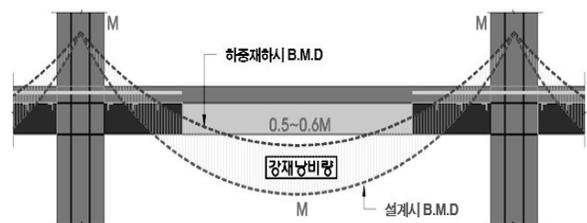


그림 1. Eco-Girder 공법의 개념도

신기술지정 제661호 “**철골보 단부를 강판으로 감싸고 내부에 철근과 콘크리트로 보강한 철골합성보 공법(Eco-Girder 공법)**”은 제시된 문제점 등을 해결하고, 최적화된 설계를 도출하기 위하여 중앙부에 발생한 휨 모멘트(단부모멘트의 50~60%)로 철골보를 설계하며 단부를 강판과 철근콘크리트로 보강함으로써 강재의 효율성을 극대화시킨 단부 보강형 철골 합성보 공법이다.

Eco-Girder 공법은 구조물에 있어서 바닥판을 지지하는 철골보와 바닥하중을 기둥에 전달하는 접합부의 성능 개선도 이루었다. 휨 모멘트가 최대인 보의 단부를 별도로 보강하면, 최대 휨 모멘트에 저항할 수 있어, 보 중앙부에 발생하는 휨 모멘트로 보를 설계할 수 있다. 이는 기존의 구조시스템보다 보 중앙부의 단면적 및 강재량을 줄일 수 있고, 보 춤이 작아지기 때문에 공간 활용이 증대되며, 강재량이 줄어 공사비가 절감된다. 따라서 보의 전체적인 단면적 및 강재량을 줄이고, 건물 각 층의 공간 활용을 증대시킬 수 있는 철골보 및 기둥의 구조시스템을 제공할 수 있게 된다.

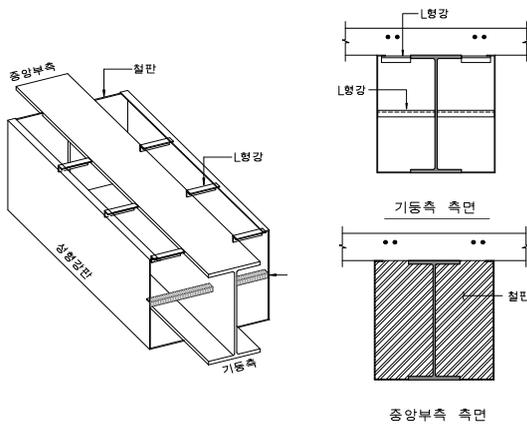


그림 2. Eco-Girder 공법의 단부 보강 구성형태

그림 2와 같이 단부 보강에 사용되는 보강용 강판의 형상은 U형, 또는 2개의 L형으로 이루어지고, H형강 하부 플랜지에 콘크리트 타설 및 구속을 위하여 강판을

용접 또는 볼트로 접합하여 설치한다. 보강구간은 기둥의 외면에서 설계상 요구되는 구간까지 강판을 설치한다. Eco-Girder 공법의 단부에 부착하는 보강용 강판은 타설시 거푸집 역할을 하며, 강판 내부의 콘크리트를 구속하고, 전단응력에 저항할 수 있다. 강판은 보의 폭을 확장함으로써 철근의 설치가 용이하고 기둥의 외면에서부터 설치되므로 기둥내부의 철근과 간섭되지 않아 시공성이 우수하다.

가장 중요한 점은 사용 강재량의 감소로 원가절감의 효과가 뚜렷하다는 것이다. 원가절감과 시공성이 구비된 경쟁력 있는 건설 기술은 수익창출과 아울러 사회적 요구를 적극적으로 수용할 수 있다.

### 3. Eco-Girder 공법의 구성 및 기능

Eco-Girder 공법을 구성하는 각 구조부재의 기능은 그림 3에 나타내었다. 기본 재료의 구성은 철골보와 단부 보강근, 단부 보강용 강판 그리고 각 부재를 합성거동 하도록 하는 콘크리트로 이루어지게 된다. 각 재료별 기능을 살펴보면, 철골보의 경우 스패ن 중앙부에서 발생하는 응력에 철골보가 가진 순수 내력으로 저항하게 된다. 또한 접합부를 형성하는 스패んの 단부에서는 단부 보강근 및 단부보강용 강판과 콘크리트와 결합하여 합성 거동하여 접합부에 발생하는 응력에 저항하도록 이루어진 구조시스템이다.

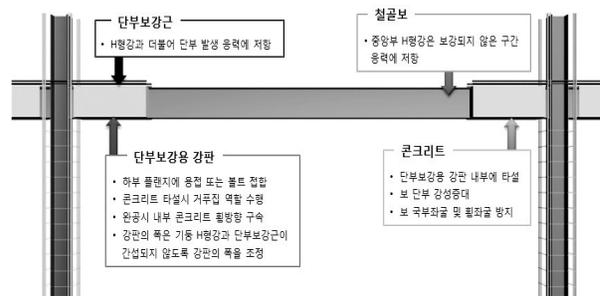
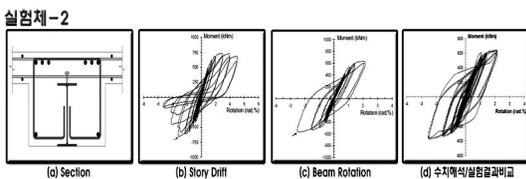
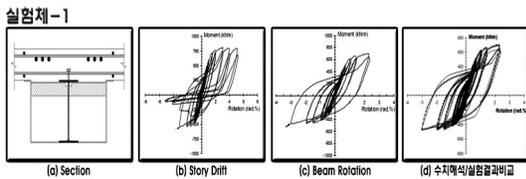
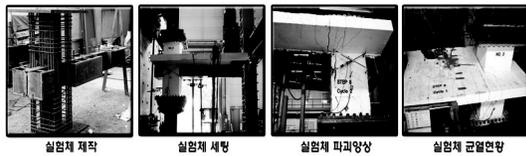


그림 3. Eco-Girder 공법의 구성 및 기능

### 4. Eco-Girder 공법의 휨성능 평가

실험체 가력방법은 ANSI/AISC SSPEC-2002 Cyclic Loading Program(AISC. 2002)에 준하여 실시하였으며, 기둥 중앙에서 가력점까지의 거리를 기준으로 접합부의 변위값을 산정하였으며, 변위제어를 통해 하중을 가력하였다. 하중가력은 회전각을 기준으로 0.375, 0.5, 0.75% 일 때 각각 6회, 1% 4회, 1.5%이상의 경우 2회씩 반복가력 하였다. 그림 4와 같이 시험체의 실험 휨내력은 설계 휨내력(전소성모멘트) 이상으로 구조내력을 만족하는 것으로 평가되었다.

실험 : RIST(강구조연구소)



실험체명	최모멘트 실험값		최모멘트 이론값		실험체명	최모멘트 실험값		최모멘트 이론값	
	Mmax+	Mmax-	Mp+	Mp-		Mmax+	Mmax-	Mp+	Mp-
실험체-1	810.9	542.5	660.1	395.5	실험체-2	734.6	659.7	660.1	604.2

그림 4. Eco-Girder 공법의 휨성능 평가

### 5. Eco-Girder 공법의 진동성능 평가

그림 5와 같이 ALT0와 ALT1의 동강성을 비교하여 구조물의 진동성능을 평가하였다. 동강성이 높다는 의미는 진동이 상대적으로 낮게 발생한다는 의미이다. 진동이 낮게 발생한다는 의미는 접합부의 강성이 비교적 크게 나타난 결과라 할 수 있다.

ALT 0 <기준철골>		ALT 1 <Eco-Girder>	
부재명	부재 SIZE	부재명	부재 SIZE
sb	H-200x100x5.5x6	sb	H-200x100x5.5x6
SB1	H-890x299x15x23	SB1	H-582x300x12x17
SG1	H-890x299x15x23	SG1	H-582x300x12x17
SG2	BH-1100x300x2x35	SG2	BH-1100x300x14x14+800x1280
적용하중	13.7ton	적용하중	9.4ton

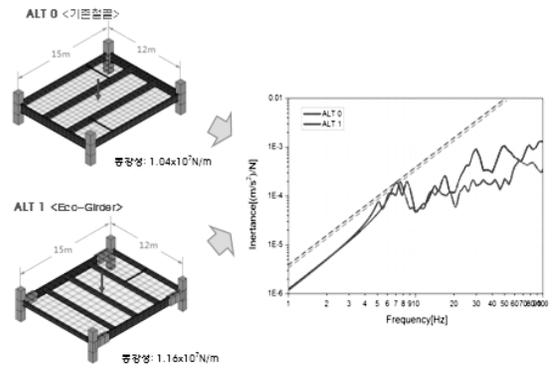


그림 5. Eco-Girder 공법의 진동성능 평가

### 6. Eco-Girder 공법의 경제성 검토

일반 철골보와 슬래브의 합성효과에 기인한 일반 합성보를 비롯한 절곡성형강관을 이용한 합성보는 모두 최대모멘트를 기준으로 설계가 이루어지는데 반하여 Eco-Girder 공법은 부재에 발생하는 모멘트의 크기에 따른 효율적 부재설계가 가능하여 직접공사비의 절감 효과가 크다.

또한 부재 춤의 감소는 지상층의 경우, 동일한 천정고를 유지하며 층고를 낮춤으로써, 시공 가능한 층수가 증대되어 공간 활용도가 높으며, 동일한 층수일 경우 수직구조부재 및 외장재를 절감 할 수 있다.

건물이 밀집한 도심지 경우에는 현장의 가용공간부족과, 민원 등의 공사장애 요소가 많아 역타공법이 자주 사용되는데, Eco-Girder 공법을 적용할 경우, 층고절감에 따른 굴토깊이의 감소로 공기 단축이 가능하며, 또한 인접지 건물에 미치는 영향을 최소화하며, 지하외벽을 포함한 수직부재의 높이 감소 등으로 많은 효과를 기대 할 수 있다.

경제적 향상효과의 비교를 위해 동일 스패너로 Eco-Girder 공법과 H-형강을 적용하였다. 5층 구조물을 스패너 12.5m × 8.7m, 3 × 3 (총스패너 37.5m × 26.7m) 모듈로 지붕층 D.L=6.7kN/m<sup>2</sup>, L.L=3.0kN/m<sup>2</sup>, 기준층 D.L=4.62kN/m<sup>2</sup>, L.L=3.0kN/m<sup>2</sup>의 동일한 조건하에 Eco-Girder 공법과 H-형강을 최적 설계를 했을 경우, 전체 보부재의 공사비를 비교하면 Eco-Girder 공법 사용 시 평당 166,000원(18.2%)의 공사비가 절감되는 것으로 평가되었다. 또한 전체적인 보침이 H-형강보다 100mm 감소되어, 유효 층고를 확보하면서도 전체적인 건축물의 높이를 줄일 수 있다. 따라서 보의 공사비 절감과 함께 보 침 감소로 인한 추가적인 수직부재 및 의장재의 절감이 가능하다.

CASE-1 (Eco-Girder)	CASE-2 (H-형강)
EG1 : H-596×199×10×15 COL : H-250×250×9×14 (RC:600×600)	SG2 : H-700×300×13×24 COL : H-250×250×9×14 (RC:600×600)

그림 6. Eco-Girder와 H-형강의 설계 비교

### 7. 시공 순서

Eco-Girder 공법은 그림 7에 나타낸 것과 같이 단부 보강부분을 공장 제작하여 현장에 반입하는 것 외에는 시공순서가 일반적인 철골 철근콘크리트 기둥+철골보 구조형식의 공사방법과 별다른 차이점을 찾아볼 수 없다. 또한 현장 여건 등을 고려하여, 단부보강 부분을 현장 조립하는 것도 가능하다.



그림 7. Eco-Girder공법의 시공순서도

### 8. 결론

Eco-Girder공법은 철골보 단부를 강판으로 감싸고 내부에 철근과 콘크리트로 보강한 철골 합성보 공법으로 철골조와 동일한 시공방법으로 시공성이 우수하며 층고 절감은 100~200mm까지도 가능하다. 또한 골조 물량 감소 및 내화피복면적 감소 등으로 경제성이 향상되며, 처짐과 진동성능에서도 철골조보다 향상되는 결과를 도출하였으며, 그 결과 2012년 6월 11일 신기술 제 661호로 지정되었다.