

# HR Plate의 강박스거더 적용 연구

## Application of HR-Plate in Steel Box Girder

이 성 행\*      함 형 길\*\*      김 경 남\*\*\*      정 경 섭\*\*\*\*  
Lee, Seong-Haeng    Hahm, Hyung-Gil    Kim, Kyoung-Nam    Jung, Kyoung-Sup

### 요 약

국내외적으로, 특히 중국에서 철강산업의 수요증대로 철판의 가격이 다른 재료에 비하여 급격하게 상승되고 있다. 열연 코일로부터 만들어지는 HR Plate는 후판에 비하여 가격이 저렴하다. 본 연구에서는 HR Plate의 재료특성을 검토하고, 강교에서 부부재와 주부재로서 HR Plate의 적용성을 연구하였다. 연구결과 일반 후판과 HR Plate는 두께 22mm까지 절단, 조립성, 용접 등의 특성에 있어서 차이가 없었다. 강박스교량의 부부재로서 사용율과 손실율은 각각 10~15%, 10~15%로 조사되었다.

### Abstract

As business of steel consuming industries is freshly booming in domestic and foreign countries especially in China, the price of steel plates comes to very high compare with the other materials. The HR Plates made from hot rolled coils is lower steel plates in price.

In this study, material characteristics of HR Plates is investigated and availabilities of HR Plates for steel bridges as sub member or a main member is discussed. No difference between steel plates and HR Plates with thickness up to 22mm is found in most characters such as cutting operation, fabrication and even welding. As sub member in steel box girders, the application ratio and the loss ratio of HR Plate is investigated as about 10~15%, average 10~15% respectively.

*키워드* : 열연코일판, 손실율, 강박스, 주부재, 도로교

*Keywords* : HR Plates, loss ratio, steel box, main member, highway bridge

## 1. 서 론

최근 중국의 급속한 개발과 경제 성장으로 인하여 지난 수년간 전 세계적으로 강재의 부족현상과 가격 상승이 심화되어 왔으며, 특히 국내에서는 조선업계의 활황으로 인하여 강교량 제작용 후판의 공급이 더욱 어려워지고 있는 상황이다. 이러한 상황 속에서 경제적인 가격으로 원활하게 공급할 수 있는 강재를 교량 제작용으로 공급할 수 있다면, 지금 직면해 있는 강교량 건설시장의 어려움을 극복

하데 많은 도움이 될 것이다.

HR Plate는 열연 코일(Coil)을 레벨링(Leveling)하고 절단하여 판재로 만들어서 후판 박물재를 대체할 수 있는 제품으로 후판보다 가격이 저렴하고 생산성 및 공급이 원활한 장점을 갖는다. 후판 박물재를 대체할 수 있는 HR Plate를 공급하여 후판 공급난으로 인한 강구조물 제작사의 공정 차질을 미연에 방지하고, 제철소의 후판 박물재의 생산 부하를 해소할 수 있다. 또한, 건설 시장의 개방으로 유입되는 값싼 강재에 대한 경쟁력 있는 강재의 공급이 필요하다. 이러한 어려운 국내 건설시장에 HR Plate는 경제적이고 원활한 강재 공급을 통하여 강구조물의 경쟁력을 향상시키는데 크게 기여할 것으로 기대된다. 국내에서 생산되는 HR Plate는 KS D 3515규격

\* 교신저자, 정회원 · 부산대학교 산업토목학과 부교수, 공학박사  
Tel : 055-350-5314 E-mail : lsh77@pusan.ac.kr

\*\* 부산대학교 산업토목학과 교수

\*\*\* 충북대학교 건설기술연구소 연구원

\*\*\*\* 충북대학교 구조시스템공학과 교수, 공학박사

을 만족하는 용접구조용강으로써 강종은 SM400A, SM400B, SM490A, SM490B이며, 판 두께는 6mm~22mm이다. 제조 가능한 판의 최대 치수는 판 두께 12mm까지의 경우 1,930mm, 12mm 초과 22mm까지의 경우는 1,830mm이다. 고객의 주문량이 일정량 이상이면 제조 가능한 판의 최대 치수 내에서는 주문에 따라 조정된 폭으로 공급 가능하다.

HR Plate는 품질 자체로 본다면 국내 KS 규격의 SM강재에 대한 요구 조건을 만족하고 있고, 후판의 품질과 거의 유사하므로 교량용 강재로서 사용상의 문제가 전혀 없다. 다만, 제품 자체가 원래 코일 형태로 이루어진 것을 판재화 한 것이므로 교량 부재를 제작하기 위해 HR Plate를 절단하여 재편을 만드는 과정과 만들어진 재편을 부재 블록으로 구성하기 위한 가용접 및 본용접 과정에서 후판의 경우와 어떤 차이점이 있는지, 또 차이점이 있다면 부재의 제작성에 어떤 영향을 미치고, 강교량 부재 제작에 비용이 추가되는 요인이 있는가를 검토할 필요가 있다.

또한, 두께 22mm까지의 HR Plate의 수요를 보다 증대시키기 위해서는 2차 부재 및 종리브 정도에 사용되는 HR Plate의 현 사용수준을 주 부재를 포함한 강교량 부재 전체에 적용 가능성을 부각시켜 최종적으로 HR Plate의 수요 창출을 증대시키는 것이 필요하다. HR Plate 폭의 제한성 등을 고려하여 기존의 문제점을 가능한 줄일 수 있는 새로운 형태의 교량이 개발되어, HR Plate가 주 부재에 사용될 수 있다는 것이 검증된다면 HR Plate 수요 증대는 조기에 창출될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 먼저 KS 규격에 따른 HR Plate의 재료특성을 검토하고, 실제 공장에서 HR Plate를 절단하여 재편을 만들고, 이들을 가용접 및 본 용접하여 부재로 제작하는 시험 제작을 수행하였다. 절단된 재편의 변형량, 재편을 부재로 조립하기 위한

작업의 난이도 등을 관찰, 측정하고, 검토하여 HR Plate를 사용한 강교량 부재의 제작 적합성과 작업성을 평가하였다. 또한 부 부재(보강재 및 가로보, 세로보 등)로서 HR Plate의 수요를 증대시키기 위하여 강교량 제작소에서 HR Plate의 사용 현황과 손실율을 조사하고, 강박스 거더교에서 HR Plate로 사용가능한 부재의 제원 및 강종을 검토하여 HR Plate가 현재 부부재로서 사용되는데 문제점을 알아보고 개선점을 제안하였다.

## 2. HR Plate의 재료 특성 및 부재 제작성 검토

### 2.1 HR Plate의 재료 특성

#### 2.1.1 화학 성분

강종 SM400과 SM490의 HR Plate를 구성하는 재료의 화학적 성분은 <표 1>과 같다. HR Plate는 같은 강종의 일반 구조용 후판의 경우와 거의 비슷하며, 국내 KS 규격에서 요구하는 성분 구성을 잘 만족하고 있음을 확인할 수 있다.

#### 2.1.2 기계적 성질

용접구조용으로 공급되는 HR Plate의 일반적으로 알려진 기계적 성질은 다음 <표 2>와 같다. 동일 강종의 후판의 경우와 거의 비슷하며, KS 규격에서 요구하고 있는 기계적 성질에 대한 조건을 모두 만족하고 있다. 본 연구의 시험 제작용으로 공급된 HR Plate에 대한 인장시험결과는 <표 3>과 같으며, 어느 것이나 KS 규격과 설계기준에서 요구하는 기계적 성질을 만족하고 있음을 확인할 수 있다.

각 표에 나타난 바에 따르면 HR Plate는 국내 도로교/철도교 설계기준에 규정된 강교량 재료에 대

<표 1> 화학적 성분 대비표

강종	SM400					SM490					
	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S	Nb
KS규격	≤0.23	-	2.50≤	≤0.035	≤0.035	≤0.2	≤0.55	1.60≤	≤0.035	≤0.035	-
HR Plate	0.18	0.03	0.8	0.013	0.005	0.15	0.03	1.3	0.015	0.005	0.02
후판	0.16	0.30	0.9	0.015	0.008	0.16	0.25	1.4	0.016	0.005	-

<표 2> 기계적 성질 대비표

강종	SM400A					SM490B				
	인장시험			충격시험		인장시험			충격시험	
특성값	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	온도 (°C)	흡수에너지 (Joule)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	온도 (°C)	흡수에너지 (Joule)
KS규격	245	410-510	18	-	-	325	490-610	17	0	27
HR Plate	305	489	25	0	168	424	564	21	0	128
후판	295	451	27	0	154	404	556	24	0	142

<표 3> (a) HR Plate(1차분)의 인장시험 결과(SM400A, B)

강종 판 두께	시편방향	항복강도 (MPa)	인장시험 (MPa)	연신율 (%)
SM400 10T	압연방향	299	479	23
	압연직각방향	301	475	23
	대각선방향	303	482	27
SM400B 12T	압연방향	260	453	24
	압연직각방향	328	460	25
	대각선방향	276	459	23

<표 3> (b) HR Plate(2차분)의 인장시험 결과(SM490B)

강종 판 두께	인장시험			충격시험		
	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	1 (Joule)	2 (Joule)	3 (Joule)
SM490B 16T	397	530	20	147	166	160
	433	575	19	174	183	167
	369	511	26	218	229	227
	382	515	22	190	215	227
	417	559	19	207	227	232
SM490B 22T	490	599	21	172	199	208

한 요구조건을 모두 만족하고 있다. 샤르피 충격흡수에너지도 KS규격 C등급 강재에 대해 요구하는 값을 모두 상회하고 있는 것으로 나타나 HR Plate를 강교량에 적용하여도 강재 자체로서는 전혀 문제가 없음이 확인 되었다.

## 2.2 재편 절단 및 변형량 측정

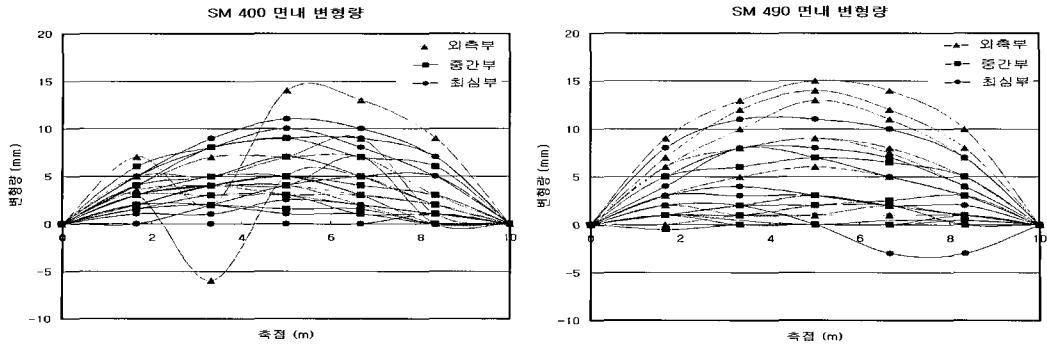
### 2.2.1 종리브

본 연구에서는 두께 14mm와 16mm의 HR Plate를 폭 150mm, 길이 10m의 직선으로 시험 절단하여 제작한 종리브의 면내와 면외 변형량을 측정하고,

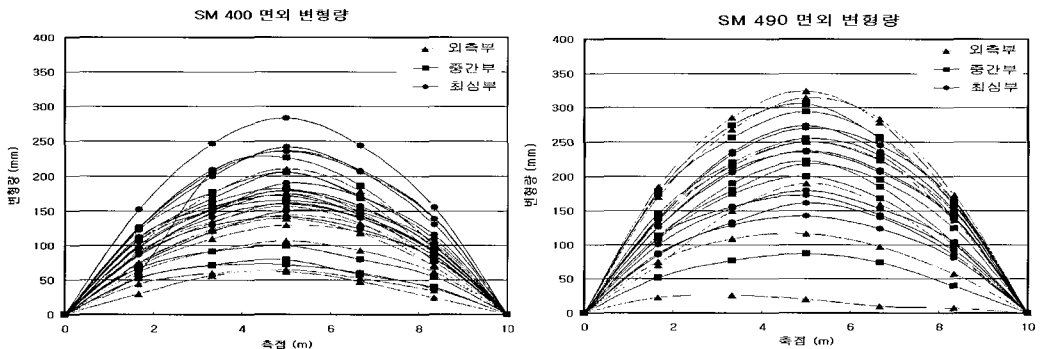
열연코일 내의 위치, 판의 두께, 강종 등을 구분하여 <그림 1>과 <그림 2>에 도표화 하였다.

두께 14mm와 16mm는 두께의 차이가 거의 없어서 면내 및 면외 방향의 변형량은 두께에 따른 차이를 거의 보이지 않았다. 강종에 따른 차이는 면내와 면외 변형량이 SM400보다는 SM490의 경우에 약간 더 커지는 경향을 보이고 있다. 코일 내의 위치에 따른 영향은 면외 변형에 대해서 SM400 강재의 경우는 코일의 외측부 보다는 최심부를 절단하여 만든 HR Plate가 더 큰 값을 보이고 있으나, SM490의 경우에는 일정한 경향을 찾아보기 힘들다.

기존의 후판을 절단하여 만든 종리브의 경우와



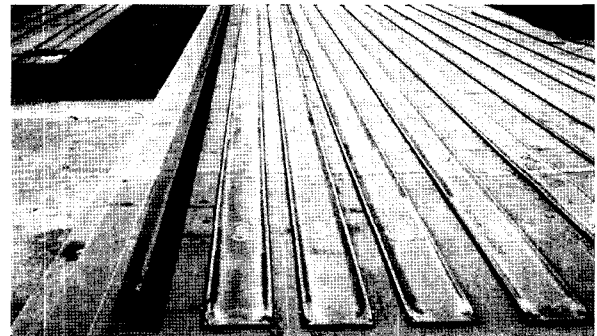
〈그림 1〉 종리브의 면내 변형



〈그림 2〉 종리브의 면외 변형

〈표 4〉 후판을 절단한 종리브의 면내 변형량

제작 공장	강종 판 두께	L×W (mm×mm)	시험체 번호	면내 변위량 최대값 (mm)
K	SM490B 후판 14T	9180×150	1	7
			2	17
			3	20
			4	19
			5	15
			6	8
H	SM490B 후판 14T	12380×150	7	11
			8	11
			9	9
			10	13



〈사진 1〉 HR Plate를 절단하여 제작한 종리브

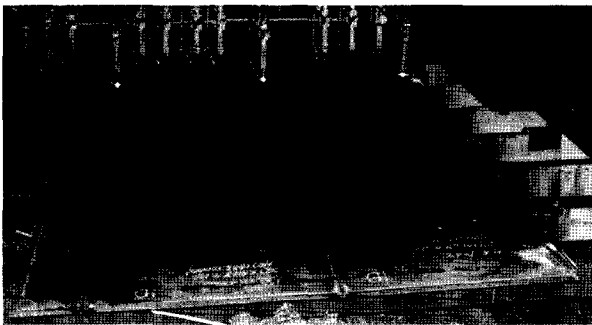
비교하기 위해 현재 강교량을 제작 중인 공장을 방문하여 후판을 절단하여 제작한 종리브의 면내와 면외 변형량을 측정하였으며 그 결과는 <표 4>와 같다. 각 종리브의 면내 변형량 최대값이 7~20mm 로써, HR Plate를 절단하여 시험 제작한 모든 종리브의 면내 변형량은 기존에 사용하고 있는 후판을 절단하여 제작한 경우와 거의 같은 수준임을 알 수

있다. 면외 방향의 변형량은 후판을 사용한 경우에는 길이 약 10~12m의 종리브에서 10mm 정도 발생하는 반면, HR Plate로 제작한 종리브는 최대 300mm 정도까지 면외 변형이 발생할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 <사진 1>에서와 같이 2005년 11월 현재 생산된 HR Plate의 경우 면외변형이 매우 개선되어 면외변형으로 인한 작업상의 큰 문제는 없었으며, 향후 생산되는 HR Plate의 경우에 있어서도 현재 조사된 공장들에서의 작업 진행을 고려할 때 문제점은 없는 것으로 판단된다.

2.2.3 플레이트거더 상·하플랜지 및 복부판

두께 22mm의 HR Plate를 절단하여 플레이트거더의 상·하플랜지로 사용될 폭 0.8m, 길이 10m의 판을 만들었으며, <사진 2>는 두께 22mm 판의 절단 작업을 보여주고 있다. 절단으로 인한 면내 변형은 거의 발생하지 않아서 육안으로 식별하기 어려운 정도이며, 수치적인 측정은 수행하지 않았다. 절단된 판의 면외 변형은 다음 <표 5>와 같다. 길이 10m인 판에서 중앙부에서의 최대 변형량 58mm로 측정되어 그 크기가 매우 작은 것으로 나타났다. 이와 같이 작은 변형량은 후판의 경우와 같은 수준이며, 플레이트거더 조립 작업에 있어서 이 정도의 면외 변형은 작업성과 완성품의 품질에 어떠한 영향도 미치지 않는 것으로 평가되었다.

두께 16mm의 HR Plate를 절단하여 플레이트거더의 복부판으로 사용될 폭 1.6m, 길이 10m의 판을 만들었다. 절단으로 인한 면내 변형은 거의 발생하지 않았고, 면외 변형은 <표 6>과 같다. 길이 10m의 판에서 중앙부의 최대 변형량 242mm로 최근에 제작 공급된 두께 22mm HR Plate보다는 큰 값이나 플레이트거더 조립 작업의 난이도에 있어서 후판의 경우와 거의 차이가 없었다.



<사진 2> 플레이트거더의 플랜지 절단 작업

<표 5> 절단 후 플랜지 판의 면외 변형량

구분	측점 위치 (m)				
	0	2.5	5.0	7.5	10
SM490B (22T) (10000×800)	0	35	58	41	0

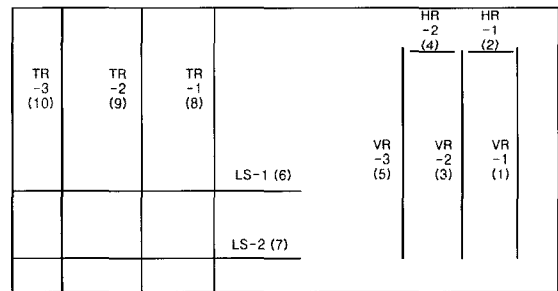
<표 6> 절단후 복부판의 면외 변형량

구분	측점 위치 (m)				
	0	2.5	5.0	7.5	10
SM490B (16T) (10,000 × 1,600)	0	184	242	181	0

2.3 부재 조립 작업성 조사

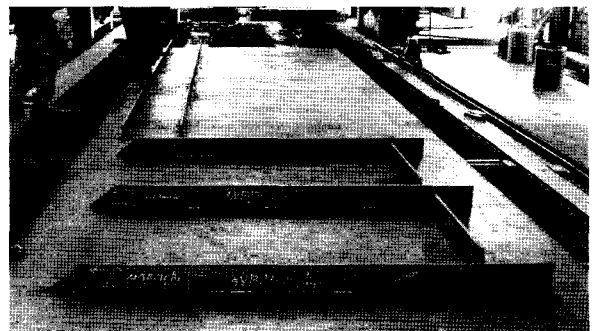
2.3.1 리브 및 보강재 조립

리브 및 보강재 조립 조사에서는 두께 14mm의 플랜지에 가용접을 통하여 최종적으로 본용접하기 위하여 <그림 3>과 같은 작업 도면에 따라 가용접을 실시하여 작업 완료된 모습을 <사진 3>에 보여 준다. 면외 변형이 큰 종리브는 가용접을 위하여 종리브의 면외 변형을 제어하여야 하나, 종리브는 길이가 길고, 면외 방향의 변형에 대한 단면2차 모멘트가 작아서 어느 정도의 변형량은 종리브 가용접 작업에 큰 영향을 주지 않는다. 변형이 심한 경우에도 교정, 가조립용 지그 사용, 반복 작업을 통한 작업의 합리화, 등을 통하여 작업 능률을 충분히 개선할 수 있다. 또한 HR Plate의 제조 기술과 설비의 개선으로 절단으로 인한 변형량이 대폭 감소하고 있어 작업성은 후판의 경우와 거의 동일할 것으로 예상된다. 횡리브의 경우는 종리브에 비해서 길이가 짧고, 최대 변형량도 면내 3mm, 면외 40mm 정도이다. 이러한 정도의 변형량에 대하여는 공장에서 작업자들이 단순한 수동 지그를 이용하여 손쉽게 가



(TR 부재는 LS부재를 자동용접한 후에 가조립함)

<그림 3> HR Plate 부재편 용접 배치도



<사진 3> 가용접 완료 상태

용접 할 수 있어 후판을 사용한 경우와 비교하여 별 다른 차이점이 발견되지 않았다.

### 2.3.2 플레이트거더 시험 제작

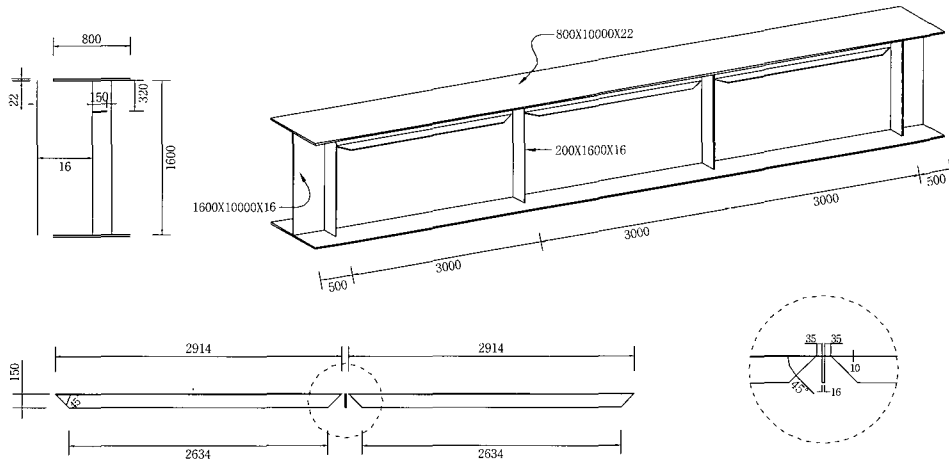
HR Plate를 이용하여 플레이트거더를 <그림 4>와 같은 제작도에 따라 시험 제작하였다. 상·하플랜지는 두께 22mm, 복부판은 두께 16mm인 HR Plate를 사용하였으며, 거더의 높이는 1.6m, 플랜지의 폭은 0.8m, 거더의 길이는 10m이다. 조립작업의 전 과정에서 작업 난이도와 조립품의 제작오차 등이 후판을 사용한 경우와 동일하였다. <사진 4>는 플레이트거더의 조립작업 및 가용접이 끝난 상태를 보여주고 있다. 일단 가용접이 된 상태에서의 후속 작업은 어느 경우, 어느 부재에 있어서도 기존의 후판재를 이용하는 경우와 똑같았다. 이것은 이미 앞의 2.1절에서 검

토한 바와 같이 HR Plate의 화학적 성분 조성이 일반 SM강재와 동등하므로, 후판에 적용한 용접재료와 용접방법에 따른 경우 용접결과도 거의 동일하게 나타날 것으로 판단된다.

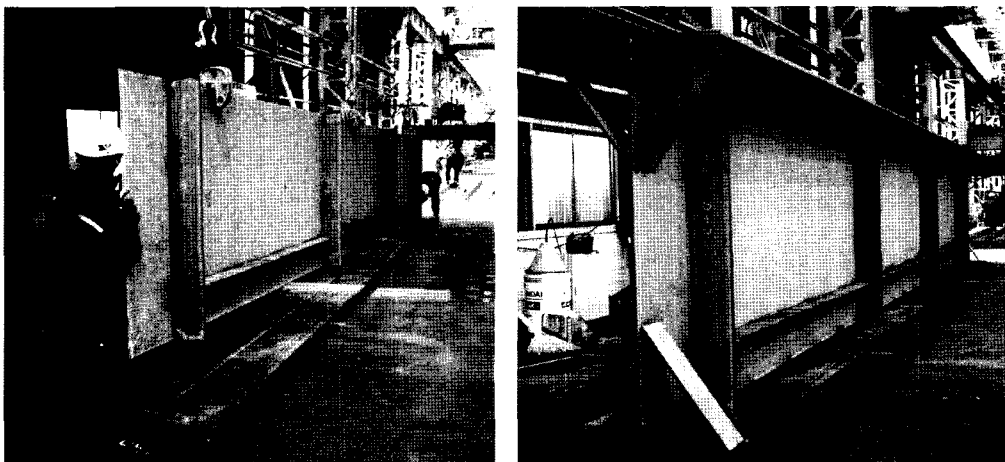
## 3. HR Plate의 강교량 적용

### 3.1 강교량의 구성부재 제원 및 강종

HR Plate의 적용 가능한 강교량의 구성부재의 제원과 강종을 검토하기 위하여 한국도로공사(2004)의 자료를 참고로 하고 추가 조사한 교량자료를 부가하여 1방향 2차로인 강박스거더교의 단경간교 40개소, 3경간 연속교 85개소에 대하여 조사 분석하여, 강박스거더교의 주형, 보강재, 가로보, 세보로의 제원을 조사, 정리하였다. 이에 따르면 국내 박스거더



<그림 4> 플레이트거더 제작도



<사진 4> 플레이트거더 조립작업

<표 7> 구성부재별 강중 비율(단위: %)

부재	단경간교	3경간 연속교
상·하플랜지	40	32
복부판	22	24
가로보	6	7
세로보	5	6
다이아프램	6	6
종방향보강재	5	6
횡방향보강재	4	5
수직보강재	2	3
수평보강재	1	2
기타(거세트판,이음판 등)	9	9

교의 경우 단경간교, 3경간 연속교 모두 주형의 폭과 높이는 각각 2.4m, 2.5m가 주류를 이루고 있음을 확인 할 수 있다. 게다가 상·하플랜지 및 복부판에 있어서도 단경간교, 연속교 구분이 없이 거의 비슷한 두께를 갖는 강재들이 이용되고 있다. 박스거더의 경우 HR Plate의 폭은 주형을 제외하고 거의 모든 부재에서 범위 안에 있음을 확인할 수 있었고, 또한 대부분의 부부재 두께는 12~16mm로 HR Plate로 대치 적용함에 무리가 없음을 확인할 수 있다. 구성 부재별 강중 비율을 조사하여 정리하면 <표 7>과 같다. 부부재와 가로/세로보의 비율은 총 강재 중량의 23~29%이며 기타부재까지 포함한다면 그 비율은 32~38%에 이른다.

### 3.2 강재 손실률 및 사용비율 검토

HR Plate의 사용성을 증대시키기 위하여 HR Plate가 강교량에 적용되고 있는 사용비율과 손실율을 검토하기 위하여 철구사업소에서 제작되고 있는 강박스거더교의 자료를 조사하였다. HR Plate 사용 비율을 <표 8>에 나타내었으며, <표 9>에 교량부재에 사용된 HR Plate의 손실률을 정리하였다.

철구사업소마다 제작상의 특성이 조금씩 달랐지만 여러 교량에 걸쳐 HR Plate를 적용하고 있었다. HR Plate는 대부분 2차부재에 사용되고 있었으며 그 점유비율은 약 10~15% 정도로 <표 7>에서 부부재와 세로/가로보 및 기타 부재의 비율이 32~38%임을 고려할 때, 아직은 교량에 HR Plate의 사용 비율이 작은 실정으로 새로운 강재 사용에 대한 막연

한 거부감 해소와 본 강재의 품질에 대한 신뢰성 확보는 추후 노력해야 할 과제라고 생각된다. HR Plate가 두께 22mm까지 사용하여도 무리가 없음을 보고되었고 공급자의 적극적인 홍보로 철구 사업소에서 보강재를 HR Plate로 사용하는 사례가 늘고 있는 추세이다.

<표 9>에서 손실률이 평균 10~20%정도로 일반 강재의 경우 손실률이 3~10%임을 고려한다면 일반 강재에 비해 손실률이 다소 큰 편이지만 제작사에서는 일반 강재에 비해 HR Plate가 단가가 저렴하므로 손실률이 HR Plated의 경제성에 미치는 영향이 적어 제작사 측에서는 이와 같은 손실률을 허용하고 있다. 위에서 손실률이 20%를 초과하는 경우 잔여부

<표 8> 강박스거더의 HR Plate 사용 비율

교량명	강종	총중량 (kN)	HR Plate 중량 (kN)	사용 비율	비고		
○○ 1교	SM490c	13	0	0.0			
	SM490b	4,999	126	2.5			
	SM400b	1,161	526	45.3			
	합계	6,174	652	10.6			
○○○대교	SM490c	0	0	0.0			
	SM490b	9,063	0	0.0			
	SM400b	2,731	431	15.8			
	합계	11,794	431	3.7			
○○ 2대교 Br1 ○○ 방향	SM490c	55			5개소의 교량에 HR Plate 통합사용		
	SM490b	8,134					
	SM400b	2,346					
	소계	10,534					
○○ 2대교 Br2 ○○ 방향	SM490c	26					
	SM490b	4,162					
	SM400b	1,110					
	소계	5,298					
○○ 2대교 Br1 △△ 방향	SM490c	36	SM:400B 3,038 SM490B 882				
	SM490b	4,163					
	SM400b	1,204					
	소계	5,403					
○○ 2대교 Br2 △△ 방향	SM490c	36					
	SM490b	4,161					
	SM400b	1,085					
	소계	5,283					
○○ 2대교 Br3 △△ 방향	SM490c	26					
	SM490b	2,928					
	SM400b	990					
	소계	3,944					
합계		30,463	3,920	12.9			

<표 9> HR Plate 손실률

강종	실중량 (kN)	사용된 HR Plate 제원					손실률	비고	
		두께 (mm)	폭 (mm)	길이 (mm)	수량 (EA)	중량 (kN)			
SM490B	278	12	1,829	9,000	20	310	11.4%	수평보강재	
소계	278						310	11.4%	
SM400B	208	12	1,829	7,280	19	238	14.5%	횡리브	
	188	12	1,829	10,000	5	86	15.5%	가로보보강재	
	136	12	1,829	10,000	2	34	20.4%	수직 보강재	
	95	12	1,829	9,000	13	202	8.0%	횡리브	
	28	12	1,829	9,000	11	171	11.8%	횡리브	
	187	12	1,829	9,000	6	93	13.4%	가로보 보강재	
	124	12	1,829	8,000	4	55	17.7%	수직 보강재	
	82	10	1,829	8,100	18	209	12.0%	횡리브	
	75	10	1,829	10,000	7	101	5.8%	횡리브	
	29	10	1,829	10,000	10	144	19.8%	간부재	
47	10	1,829	7,000	3	30	6.4%	브라켓		
소계	1,198						1,363	13.8%	
합계	1,476						1,673	13.3%	
SM400B	129	10	1,850	7,240	13	137	6.1%	횡리브	
	28	10	1,850	7,240	3	32	11.9%	횡리브	
	34	10	1,850	7,240	4	42	23.5%	횡리브	
	40	12	1,829	9,000	3	47	16.5%	가로보 보강재	
	44	12	1,829	10,000	3	52	17.4%	가로보 보강재	
	34	12	1,829	8,000	3	41	20.8%	가로보 보강재	
	12	10	1,829	9,000	1	13	4.4%	가로보 보강재	
	31	12	1,829	10,000	2	34	11.9%	스트링거	
	46	10	1,829	9,000	4	52	13.0%	스트링거	
33	10	1,829	9,000	3	39	18.4%	브라켓		
합계	431						490	13.7%	
SM490B	790	12	1,829	8,000	64	882	13.7%	제작된 부재가 일관적이지 못함	
소계	790						882		13.7%
SM400B	336	12	1,829	8,900	27	414	23.3%		
	310	12	1,829	8,830	22	335	8.0%		
	596	12	1,829	8,900	48	736	23.4%		
	593	10	1,829	8,000	57	655	10.5%		
	103	12	1,829	8,830	8	122	23.2%		
	659	12	1,829	8,000	54	744	12.9%		
19	14	1,829	8,000	2	32	72.1%			
소계	3,406						3,920		15.1%
합계	4,196						4,802	14.4%	

재를 추후 제작되는 교량에 적용된다. <표 9>에서 현재 제작에 되고 있는 HR Plate는 폭이 규격화된 제품이 대부분으로 부재 제작시 손실률을 줄일 수 있는 적정 폭의 HR Plate 수주는 이루어 지지 못하고 있는 실정이다. 또한, HR Plate의 발주로부터 임

가공을 거쳐 수요자에게까지 공급이 늦어져 제작사의 공기지연으로 인해 HR Plate의 사용 활성화를 저해하고 있다. 각 두께별 최대폭 내에서 폭 조절이 쉬어 진다면 HR Plate 손실률은 일반 강재의 손실률과 동일한 수준으로 될 것이 예상된다.



## 4. 고 찰

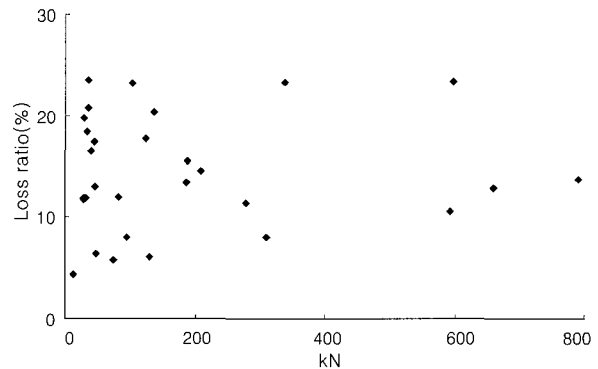
### 4.1 HR Plate의 재료 특성 및 부재 제작성

HR Plate의 화학적 성분, 물리적 성질이 동급의 후판 SM재와 거의 동일하고, 국내 도로교/철도교 설계기준을 만족하는 것으로 나타났으며, HR Plate의 충격흡수에너지가 충분히 크고, 강종이 SM400과 SM490에 대한 것이므로 일반적인 구조상세에 대하여 후판의 경우와 동일한 피로범주 및 피로강도를 적용할 수 있는 것으로 판단된다.

길이가 비교적 짧은 소부재의 가용접 작업은 후판의 경우에 비해 큰 문제없이 수행이 가능하였다. 길이가 긴 종리브는 면외 변형이 약간 크게 발생하였다. 그러나 변형량이 크지 않아서 인력으로 쉽게 선형 조정이 가능하였고, 가용접 작업 시간이 약간 증가하였다. 가용접 전에 종리브를 교정하거나 가용접을 위한 지그 등을 이용하여 작업하는 경우에는 후판의 수준으로 소요 시간을 단축할 수 있을 것으로 예상된다. 본용접은 용접재료, 용접방법, 용접 결과 등 모든 면에 있어서 HR Plate와 후판의 경우가 동일하였다. 두께 16mm와 22mm의 HR Plate는 절단으로 인한 변형이 작아 플레이트거더의 제작성 측면에서 후판의 경우와 별다른 차이를 보이지 않았다. 상·하 플랜지에 두께 22mm, 폭 800mm, 복부에 두께 16mm, 폭 1600mm의 HR Plate를 사용한 길이 10m의 거더 제작 과정에서 작업 난이도와 제작오차 등이 후판을 사용한 경우와 동등한 것으로 나타났다.

### 4.2 강재 손실을 검토

<표 8>에서 조사된 HR Plate의 손실율을 증량에 따라 그래프화하면 <그림 5>와 같다. 철구사업소마다 제작상의 특성이 조금씩 달랐지만 손실률이 평균 10~15% 정도로 나타나고 있어, 일반 강재의 경우 손실률이 3%~10%임을 고려한다면 일반 강재에 비해 손실률이 다소 큰 편으로 조사되었다. 현재 제작 반출되고 있는 HR Plate는 폭이 규격화된 제품이 대부분으로 부재 제작 시 손실률을 줄일 수 있는 적정 폭의 HR Plate 수주는 이루어 지지 못하고



<그림 5> HR Plate의 손실률

있는 실정이다. 각 두께별 최대폭 내에서 폭 조절이 가능해 진다면 HR Plate 손실률은 일반 강재의 손실률과 동일한 수준으로 낮추어 질 수 있다고 생각한다.

### 4.3 HR Plate를 부부재로 적용

구성 부재별 강중 비율을 조사하여 정리하면 부부재와 가로보 및 세로보의 비율은 사용 총 강재 중량의 23~29%이다. 기타부재까지 고려한다면 32~38% 정도 부부재로 HR Plate의 사용이 가능한 것으로 예상된다. 보강재와 가로보는 대부분 HR Plate 적용이 가능하며 철구 사업소에서 대부분의 보강재를 HR Plate로 사용하는 사례가 늘고 있는 추세지만 아직도 그 점유 비율은 약 10~15% 정도로 현재 설계되고 있는 일반 단경간교 및 연속교에서 부부재 및 가로/세로보가 점유하고 있는 비율에 비해 낮은 점유율을 보이고 있다. 새로운 강재 사용에 대한 막연한 거부감 해소와 본 강재의 품질에 대한 신뢰성 확보는 추후 노력해야 할 과제이다.

## 5. 결 론

1. HR Plate의 화학적 성분, 물리적 성질이 동급의 후판 SM재와 거의 동일하고, 국내 도로교/철도교 설계기준을 만족하는 것으로 나타났으며, HR Plate의 충격흡수에너지가 충분히 크고 강종이 SM400과 SM490에 대한 것이므로 일반적인 구조상세에 대하여 후판의 경우와 동일한 피로범주 및 피로강도를 적용할 수 있

는 것으로 판단된다.

2. HR Plate는 두께 22mm까지 절단, 제작성, 용접에서 일반 강재와 큰 차이가 없어 부부재는 물론 주부재까지 후판대용으로 사용할 수 있음이 확인되었다.
3. 강박스교량에서 HR Plate가 가로보, 세로보와 같은 부부재 및 수직/수평보강재 등 기타 2차 부재로 사용될 수 있는 강재의 중량은 전체 사용 강재 중량의 32~39%로 조사 되었으며, 조사대상 몇몇 철구사업소에서 HR Plate의 사용 비율은 전체의 10~15% 정도로 조사되었다.
4. 철구사업소마다 제작상의 특성이 조금씩 달랐지만 HR Plate 사용에 따른 손실률이 평균적으로 구매된 HR Plate량의 10~15% 정도로 일반 강재의 경우 손실률 3%~10%를 고려할 때 일반 강재에 비해 손실률이 다소 큰 편으로 조사되었다.

부부재로 사용할 수 있는 부재의 제원과 전체 사용 강재 중량에 대한 비율을 조사하고, 이들에 대한 HR Plate의 활용비율과 강재 손실율을 조사하여 향후 HR Plate 수요 증대를 위해 공급과정의 문제점을 확실히 하였으므로, 공급자가 생산가능하다고

선언했던 규격에 대해 구매자가 요구하는 규격의 제품을 제작공장까지 원하는 기간 내에 전달될 수 있다면 향후 HR Plate 수요는 자연스럽게 증대될 것이 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 POSCO의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. 건설교통부, 도로교설계기준, 2005
2. 대한토목학회, 도로교 설계기준·해설, 2003
3. 한국강구조학회, "HR Plate 이용 강교량 제작 가이드", 2004
4. 한국도로공사, "강도로교 설계 합리화 방안", 2004
5. 강산건설(주), "HR Plate 자재 및 용접시공 시험 결과", 2004
6. 동양에코(주) 철강사업부, "동양에코(주) 작업공정 지침서", 2004