〈국토해양부
신기술 제646호〉

SBarch 합성거더

(강박스 내측 하면에 아치형상의 콘크리트를 타설한 개구형박스(ㄴ)형 단면을 I형 단면의 상부에 조합하여 변단면 구조를 갖도록 한 강합성거더 공법)

(주)경동엔지니어링, (주)경호엔지니어링 종합건축사사무소, (주)포스코건설, 혜동브릿지(주)

◆ 신기술의 내용

▣ 신기술의 범위 및 내용

(1) 범위

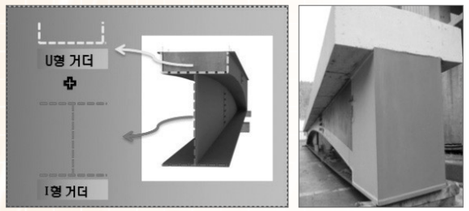
이종재료의 상호보완효과로 효율적인 단면 강성의 확보를 위하여 지점부에서는 폐단면이고 지간 중앙부에서는 개구형박스(ㄴ)단면이 I형 단면과 아치형태의 변단면으로 조합된 강재거더에 콘크리트를 충전하여 합성한 강합성거더 공법

(2) 내용

이 기술은 강재거더를 지점부에서는 폐단면이고 지간 중앙부에서는 개구형박스(ㄴ)단면이 I형단면과 아치형태의 변단면 구성을 갖는 형상이며, 강박스 내부에 압축 주응력이 작용하는 방향을 따라 아치형태의 콘크리트를 배치하여 이종재료의 상호보완효과로 효율적인 단면강성을 확보함에 따라 좌굴저항성 증대와 보강재를 최소화할 수 있는 동시에 진동성능을 증대시킬 수 있는 강합성거더 공법이다.

1. 신기술의 형상 및 특징

SBarch 합성거더는 [그림 1]과 같이 지점부에서는 폐단면이고, 중앙부에 가까울수록 높이가 점차 줄어드는 개구형박스(ㄴ형) 단면을 I형 단면의 상부에 조합하여 변단면 구성을 갖는 형상이며, 하면이 아치형상인 변단면 강박스 내부에 압축주응력이 작용하는 방향을 따라 아치형상의 콘크리트를 배치하여 이종재료의 상호보완효과로 단면강성을 효율적으로 확보함에 따라 좌굴저항성 증대와 보강재를 최소화할 수 있는 동시에 진동성능을 증대시킬 수 있는 공법이다.



[그림 1] SBarch 합성거더 형상

2. 신기술의 특징

① 경제적인 장경간 · 저형고 강합성거더 구현

본 신청기술은 아치형의 변단면 개구박스와 아치콘크리트를 합성하여 50m 이상 장경간 교량에 형고비 1/25이하로 기존 강박스형 거더 대비 30% 이상 강재량 감소와 공사비 절감 효과를 특징으로 가지고 있는 기술이다.

② 구조성능 및 처짐 / 진동성능 향상

본 신청기술은 거더의 압축부에 아치형태로 콘크리트를 타설하여 좌굴에 대한 각종 보강재(ex. 상 · 하종리브)를 최소화할 수 있으며 단부는 BOX폐합 단면으로 비틀림강성이 확보되어 처짐과 진동에 유리한 안정적인 강합성거더이다.

3. 신기술의 시공절차 및 방법

본 신기술 SBarch 합성거더의 제작공정은 강박스거더의 제작공정과 일치한다. 먼저 제작공장에서 제작된 강거더를 현장으로 운반하여 가설 크레인으로 인양할 수 있는 중량만큼 지상에서 지조립을 하고, 크레인으로 교대 또는 교각위로 거치한다. 강거더를 거치하고 크로스 빔을 연결한 후 개구 박스내부에 아치 콘크리트를 타설하고 나면 바닥판 시공과 같은 상부공정은 타 공법과 동일한 방법으로 시공하여 교량을 완성하게 된다. 일반적인 제작공정은 [표 1]에 정리하였다.

4. 국내외 건설공사 활용실적 및 전망

4. 1 활용실적

[표 2-1] 장경간교 부문(60m 이상)

발주처 (시공사)	교 량 명	최장경간 (M)	교장 (M)	경간구성 (M)	교폭 (M)	형고 (M)
남양주시	가운2교(수석)	69	69	1@69	10.125	3
	가운2교(호평)	69	69	1@69	15.024	3
LH공사	장지교	75	75	1@75	20.900	3.3
경기도	비룡대교	70	445	40+5@70+55	20.900	3.2
강릉시 외 다수	홍제교	60	162.3	51.6+60+51.6	27.4	1.5~2.0

[표 2-2] 저형고 부문

발주처 (시공사)	교 량 명	형고비	교장 (M)	경간구성 (M)	교폭 (M)	형고 (M)
국토해양부 (원주청)	청심2교	1/30	30	1@30	10.7	1
강릉시	홍제교	1/33	162.3	51.6+60+51.6	27.4	1.5~2.0
수원시	경부선 횡단보도교	1/33	107.9	21.2+50+36.7	4.400	1.5
장성군	남계교	1/38	60.8	2@30.4	9	0.8
장성군	중평교	1/48	38	1@38	13	0.8
전라남도	옥룡교	1/28	280	40+50+55+2@50+35	10.4	2
서해어업 관리단 외 다수	회진 1교	1/30	60	1@60	10.9	2

[표 2-3] 확폭교 부문

발주처 (시공사)	교 량 명	교폭 (M)	교장 (M)	경간구성 (M)	형고 (M)	형고비
울산시	매곡천교	15.0~26.91	104	2@52	1.8	1/29
한국도로공사	개곡천교	29.2~23.2	150	3@50	2.2	1/23
국토해양부 (원주청)외 다수	주수교	13.050 ~16.573	250.25	5@50	2	1/25

[표 2-4] 곡선교 부문

발주처 (시공사)	교 량 명	곡선반경 (M)	교장 (M)	경간구성 (M)	교폭 (M)	형고 (M)
전라남도	옥룡교	60, 120, 200	280	40+50+55+ 2@50+35	10.4	2
한국도로공사	개곡천교	500	150	3@50	29.2 ~23.2	2.2
전라남도	작천교	300	210	37.5+3@45+37.5	10.4	1.8
국토해양부 (원주청)	오월교(춘천)	475	299	55+3@63+55	10.900	2.5
장성군 외 다수	북두1교	직+100	42	1@42	14.5	1.5

[표 2-5] 사교 부문

발주처 (시공사)	교 량 명	사각(°)	경간구성 (M)	교폭 (M)	형고 (M)	형고비
국토해양부 (원주청)	용대1교	60	2@47	10.900	1.8	1/26
한국도로공사	개곡천교	A2(73)	3@50	29.2~23.2	2.2	1/23
수원시	장다리천1교	45	44	28.470	1.4	1/30
장성군	북두1교	54	42	14.5	1.5	1/28
남양주시	가운2교(수석)	50	69	10.125	3	1/23
	가운2교(호평)	50	69	15.024	3	
국토해양부 외 다수	가우교	P(45)	2@55	16.4	2.2	1/25

[표 1] SBarch 합성거더 시공순서표



1. 공장 제작



2. 공장 가조립



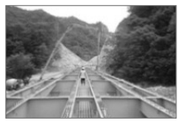
3. 현장 지조립



4. 강거더 가설



5. 강거더 가설완료



6. 아치콘크리트 타설



7. 바닥판 거푸집 설치



8. 바닥판 콘크리트 타설



9. 완공



10. 완공(조감도)

4. 2 향후 활용전망

국토해양부 교량현황조서에 따르면 현재 국내에서 연간 신설 준공되는 교량의 연장은 150km가 넘고, 교량개수로도 1,000개가 넘는 것으로 조사되었다. 특히 근래에는 도로의 직선화와 자연훼손의 최소화를 위하여 교량을 이용한 도로시공의 사례가 급격히 늘어나고 있다. 기존 강교와 동일한 장경간과 곡선교의 적용성을 가지면서 콘크리트교와 공사비 면에서 차이가 크지 않은 교량형식은 시장에서 요구하는 조건을 충분히 만족할 수 있는 공법이라 판단된다. 이러한 SBarch 합성거더는 도로교뿐만 아니라 철도교에서 적용성이 동일하므로 그 활용분야는 다양할 것으로 판단된다.

5. 기술적 · 경제적 파급효과

5. 1 기술적 파급효과

(1) 국내외 기술과 수준 비교

국내의 장경간 강합성거더의 대표공법은 강박스형 거더(Steel Box Girder)공법으로 콘크리트교와는 달리 50m 이상 장경간의 교량과 곡선교 확폭교 등 다양한 현장조건에 적용이 용이한 공법이다. 그러나 강박스형 거더공법은 그 형상을 유지하기 위하여 압축측 뿐만 아니라 인장측에도 보강재를 과다하게 배치하여 다소 비효율적인 설계가 이루어지고 있다는 단점이 있다. 이에 비해 본 신기술인 SBarch 합성거더는 압축측에 아치형의 콘크리트를 배치하여 과다한 보강재를 생략하였고, 인장측에는 강재만을 배치하여 이종재료의 특성을 효율적으로 조합하여 합성효과를 극대화한 강합성 거더 공법이다.

(2) 건설시장에 미칠 파급효과

본 신기술의 경우 기존 강박스형 거더교와 같이 공장에서 제작하여 현장에서 조립 후 설치하므로 시공성이 우수하며, 장경간 교량과 곡선교 및 확폭교와 같은 현장여건에서도 적용이 용이하므로, 기존 강박스형 거더교의 시장점유율을 그대로 대체할 수 있을 것으로 전망된다. 또한 본 신기술은 거더배열을 효율적으로 조정하여 형고비 1/30 이하의 낮은 형고도 적용할 수 있다는 장점이 있으므로, 콘크리트빔교 시장에도 일부 진입이 가능할 것으로 예상된다.

[표 3] 기존 강박스형 거더와 비교

구 분	SBarch 합성거더	Steel Box Girder
형 상		
표준단면		
공법개요	지점부는 완전 폐합되고 중앙부로 갈수록 박스 높이가 줄어드는 ⊔형 단면을 I형 단면과 조합하고,⊔형 단면의 내측 하부에 아치형 콘크리트를 합성하여 외력에 대응.	박스형의 폐단면으로 상 · 하부 플랜지와 복부판으로 외력에 대응토록하고 있으나 압축부 좌굴에 대한 보강재가 많이 들어가는 단점이 있음.

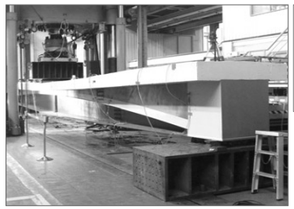
(3) 국내외 기술 대비 경쟁력

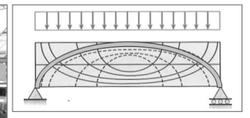
본 신기술인 SBarch 합성거더는 국내뿐만 아니라 해외에서도 개발된 바가 없는 최초의 거더공법으로 기존의 강박스형 거더공법을 온전히 대체할 수 있다. 따라서 국내의 도로교와 철도교뿐만 아니라 해외의 건설시장에서도 강박스형으로 적용되던 현장을 본 신기술로 대체할 경우 30%의 강재량 절감과 15%의 공사비 절감효과가 있으며, 우수한 미관도 겸비한 교량구조물을 만들 수 있게 될 것이다. 본 신기술은 중국을 비롯한 건설개발이 활발한 동남아와 같이 개발도상국의 해외건설시장에 건설기술 수출 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

(4) 공개시험

개구형박스(⊔)형 단면과 I형 단면을 조합하여 강거더 내부에 아치콘크리트를 합성시켜 40~100m 지간에 합리적으로 적용할 수 있는 신형식 강합성거더 SBarch 합성거더는 아치콘크리트와 강거더의 아칭효과에 의해 압축보강재 및 철근을 생략할 수 있을 뿐만 아니라 전단연결재 및 복부 보강재도 최소화할 수가 있어 강재량을 기존 강박스거더 대비 30% 이상 저감시킬 수 있는 경제적인 교량 형식이며 콘크리트 합성을 위한 별도의 거푸집이 필요 없기 때문에 경제적이고 상부공사를 수행할 수 있는 장점이 있다.

① 강재와 콘크리트의 합성에 의해 장경간화 할수록 유리하다.
② 아치콘크리트는 압축저항 능력이 우수하다.
③ 제작공정은 기존의 기존 강박스거더의 제작공정과 유사하여 강재거더는 공장에서 제작하고 아치콘크리트는 철근 설치 및 별도의 거푸집 없이 현장에서 타설하여 합성시킬 수 있으므로 시공이 단순하며 급속시공이 가능하다.
④ 아칭효과에 의해 아치콘크리트와 강재 하부플랜지가 각각 압축과 인장에 대하여 교축방향으로 일정응력을 부담하고 있는 것이 확인되었다.
⑤ 강재와 콘크리트가 합성되어 2.42%의 비교적 큰 값의 감쇠비를 나타내어 저형고 또는 장경간교량에 적용할 경우에도 동적 성능은 우수하다.
⑥ 정적재하시험 결과 설계하중 이상에서도 탄성거동을 보였으며 극한하중은 설계하중의 3.5배 이상의 값으로 충분한 내하력을 확보하고 있다.





압축주응력 방향선을 따라 콘크리트를 배치하여 압축응력에 효율적인 단면을 구성하고 사용재료의 응력 분담효과를 극대화한다.

[그림2] 공개시험 및 아칭효과

5. 2 경제적 파급효과

(1) 설계단가

본 신기술은 강합성교이므로 콘크리트빔교와 같은 규격화된 설계단가는 만들어질 수 없으며, 기존의 강박스형교와 마찬가지로 현장여건을 고려한 최적설계를 통하여 공사비를 산정하게 된다. 따라서 설계단가는 경간의 길이에 따라 우상향의 특성을 가지므로 각 경간별 바닥판 단위면적에 대한 공사비로 산정한다. 본 공사비에는 도장비와 비파괴검사비용도 포함되어 있다.

[표 4] SBarch 합성거더 경간별 단위공사비

(단위 : kg/㎡, 만원/㎡)

구 분	50m	60m	70m	80m	비 고
강중	210	240	280	330	
단위공사비	140	165	182	220	

* 도로교 B=10.9m 국도 2차선 기준

(2) 공사비

본 신기술의 공사비는 기존 강박스형 교량의 보강재를 다수 생략하여 약 30%의 강재량 절감과 약 15%의 공사비를 절감하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

[표 5] 기존 Steel Box Girder와 공사비 비교

(단위 : kg/㎡, 만원/㎡)

구 분	신기술(SBarch 합성거더)		Steel Box Girder		비 고
	강재량	공사비	강재량	공사비	
50m	210	140	340	161	
60m	240	165	380	190	
70m	280	182	470	221	
80m	330	220	600	282	

* 도로교 B=10.9m 국도 2차선 기준

(3) 공사기간

본 신기술은 기존의 강박스형 교량과 공장제작 및 현장 설치 공정이 동일하나 강거더 내부에 아치콘크리트 타설 공정이 추가되는 것이 차이가 있다. 그러나 강거더 거치 후 아치 콘크리트를 타설하는 경우가 일반적이므로 전체 공기에서는 콘크리트 타설시간인 1일간의 공기차이만 있을 뿐이다.

[표 6] 기존 Steel Box Girder와 공사기간 비교

공 정	30일	60일	90일	120일	150일	180일	비 고
공장제작							
현장 지조립							
강거더 설치							
아치콘크리트 타설							
바닥판 시공/완공							

Steel Box Girder
SBarch 합성거더

(4) 유지관리비

본 신기술인 SBarch 합성거더는 기존의 강박스형 교량과 동일한 유지관리비용이 소요되지만, 기존의 강박스형 교량에 비하여 강재량이 30% 적고, 유지관리를 위한 도장면적이 적으므로 생애주기를 고려한 비용분석에서 초기설치비용은 15%의 비용이 절감되지만, 50년 생애주기에서는 22%의 비용이 절감되는 것으로 확인되었다.

(5) 환경부하 저감, 시장확대, 고용창출, 타산업 활성화 등 간접효과

SBarch 합성거더는 동일한 구간을 콘크리트교로 시공할 때보다 이산화 탄소 발생량이 25% 적은 것으로 분석됨에 따라 환경파괴를 최소화할 수 있는 공법이라 할 수 있으며, 교량의 수명이 다한 후에도 강재는 대부분 재활용이 가능하므로 콘크리트교에 비하여 더 우수한 자산가치를 가지는 공법이라 할 수 있다.