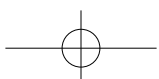
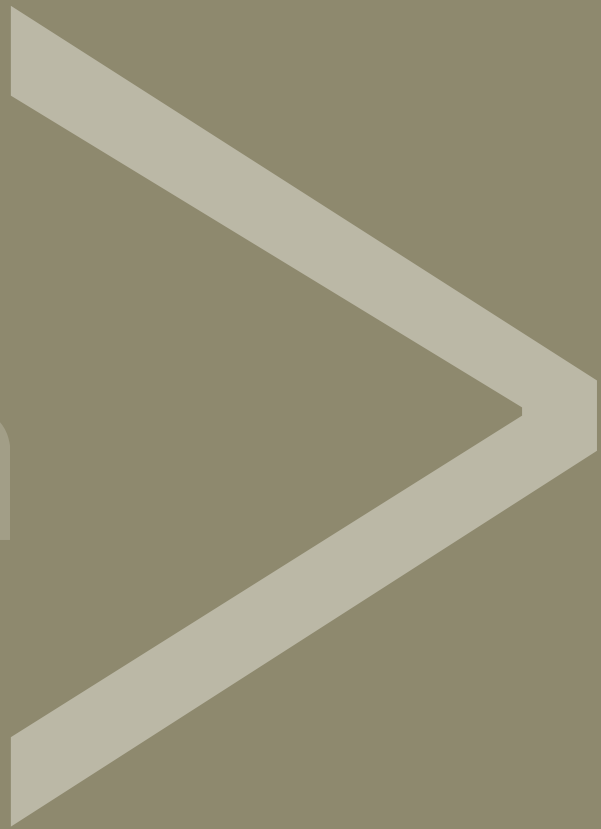
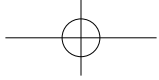




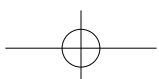
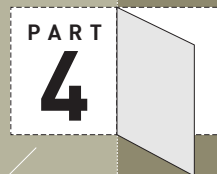
Marine Section





해상구간

제 4장 고가교 FSLM





제1절 | 일반사항

1.1 고가교 가설 공사 개요

고가교 가설에 사용된 FSLM 공법은 PSC 박스거더 1경간(50m, 약 1,360tonf)을 제작장에서 Pre-tension 공법으로 제작한 후, 오버헤드 크레인(1,400톤)으로 특수 제작된 Barge에 선적·운반하여, 기 준설된 구역에 대기하고 있던 해상 크레인(2,000톤)으로 교상의 특수차량(Carrier)에 상차한 후, 가설장소까지 운반하여 교각에 기 설치된 이동식 가설장비(Launching Girder, Underbridge)를 이용하여 상부 구조물을 가설하는 공법이다. FSLM은 다음과 같은 장점이 있다.

• 고도의 품질 확보

- 대부분의 작업이 최상의 작업조건인 공장 내에서 숙련된 기능공에 의해 실시되며 구조물의 표준화를 통한 반복 작업으로 제작됨으로써 균일한 품질과 고품질 확보 가능.
- 기계화된 시공으로 시공이음이 없는 Integral Casting으로 시공이음으로 인한 품질저하 방지.
- Post-tension 공법에 비해 상대적으로 프리스트레싱 효율이 높은 Pre-tension 공법으로 주응력이 도입됨으로써 내구성 개선.

• 공기 단축

- 숙련된 기능공에 의해 표준화된 구조물을 공장 내에서 기계화 시공으로 작업하므로 타 공법에 비해 공기를 획기적으로 단축.
- 대부분의 작업이 제작장 내에서 실시됨으로써 기후에 관계없이 공정 추진 가능.

• 공사비 절감

- 현장 시공 시 발생하는 자재 낭비의 감소.
- 상부구조물의 표준화를 통한 기계화 시공.
- Pre-tension 방식 적용으로 인한 비용절감(정착구, 쉬스, 그라우팅 불필요).
- 기 가설된 상부구조를 이용하여 박스 거더를 운반함으로써 별도의 운반도로가 필요치 않으며 특히, 다른 공법에 비해 교량 가설부지가 필요 없음.

• 안전성(Safety) 확보

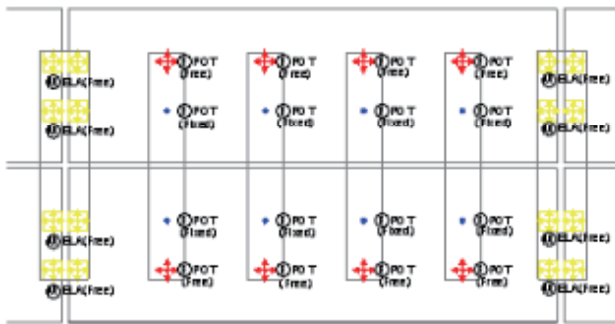
- 숙련된 기능공에 의해 표준화된 구조물의 반복 작업 및 기계화 시공이 가능함으로써 작업인원의 재해 발생률 감소.

제2절 | 거더 가설공사

2.1 고가교 교량 받침 설치

2.1.1 교량 받침 설치 개요

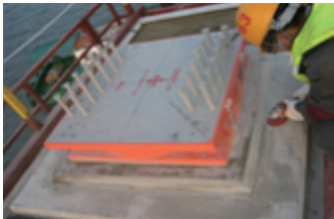
인천대교 고가교 교량 받침은 5경간 연속교의 연속 지점은 포트 받침, 양단부 지점은 탄성 받침으로 배치되었다. 중간 지점의 포트 받침은 교량 중앙부는 고정단 포트 받침이 배치되며, 측면부는 양방향 포트받침이 배치된다.



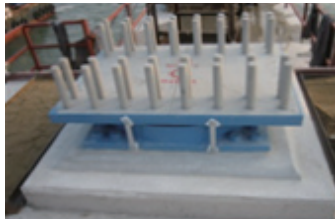
> 고가교 5경간 연속교 교량 받침 배치도



> 고가교 탄성 받침



> 고가교 포트 받침(양방향)



> 고가교 포트 받침(고정단)

2.1.2 공사 구간 및 시공 수량

1) 공사 구간 : 고가교 총연장 8,400m에 걸쳐 설치되는 808개소의 교량 받침

- 서측 고가교 5,950m(W10 ~ W129) 구간 : 572개소
- 동측 고가교 2,450m(E10 ~ E59) 구간 : 236개소

2) 교량 받침 시공 수량

구분		탄성받침(양방향)			코핑 개소	포트 받침(1,250톤)			코핑 개소	비고
		[EA]				[EA]				
		850톤	800톤	계		고정단	양방향	계		
설계 수량	서측	4	188	192	25	190	190	380	95	
	동측		76	80	11	78	78	156	39	
	계		264	272	36	268	268	536	134	

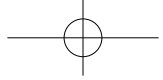
2.1.3 주요 투입 장비

1) 주요 투입 장비

구분	용량	Unit	수량	용도	비고
Barge	3,000P	대	1	크레인 Barge	
Barge	2,000P	대	1	자재 운반	
예인선	—	대	1	Barge 이동	
Crawler Crane	55t, Boom 길이 : 55m	대	1	Bearing 설치 및 자재 인양	

2) 주요 투입 인원

- '06. 5 ~ '08. 4 : 투입 인원 9인(내국인 5인, 외국인 4인)/일



2.1.4 주요 세부 공정

1) 측량점 마킹

- 제작장에서 제작한 가설 작업발판을 Barge에서 조립한 후, 코핑 상부에 설치한다.
- 코핑 상부에 교량의 측량 중심점을 표시하고, 그 점을 기준으로 Bearing 위치, Temporary Con'c Block 위치를 측량하여 코핑 상부에 각각 표시하고, Elevation을 Level기로 확인한다.



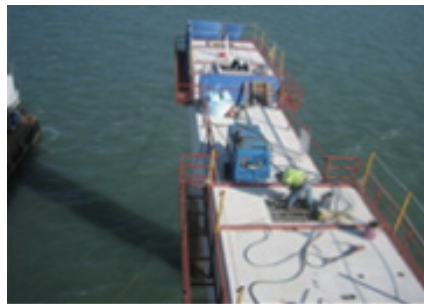
> 가설 작업발판 조립



> 가설 작업발판 설치

2) 앵커 블럭 아웃부 치핑 및 청소

- 블럭 아웃부를 브래커 등을 이용하여 치핑하고, 에어 컴프레서를 이용하여 블럭 아웃 내부의 먼지를 깨끗이 제거한다.
- 코핑 철근의 4지점에 교량 받침을 균등하게 지지하고, 필요 시 레벨을 미세하게 조정할 수 있도록, 레벨링 앵커를 Tag 용접을 하여 설치한다.



> 블럭 아웃부 치핑



> 레벨링 앵커 설치

3) 교량 받침 정위치 세팅 및 확인 측량

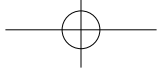
- 해상의 Barge crane을 이용하여 정위치에 교량 받침을 세팅한다.
- 수평 정위치는 코핑 상부 교량 받침 위치에 표시된 XY 중심선과 교량 받침의 XY 중심선을 일치시킨후, 수직 정위치는 레벨링 볼트를 이용하여 이루어지며 설계 허용 레벨이 일치될 때까지 볼트를 조정하여 정위치 세팅한다.
- 측량팀과 공사팀의 설계 도서 확인 작업을 거친 후, 코핑 상부에서 설치된 교량 받침의 최종 측량을 실시한다.



> 교량 받침 정위치



> 교량 받침 정위치 확인 측량



4) 검측 및 거푸집 설치

- 교량 받침 설치 완료 후, 감리단 입회 하에 검측을 실시한다.
- 목재 거푸집을 견고하게 설치하고, 무수축 몰탈이 새지 않도록 실링 처리한다.



> 검측



> 거푸집 설치

5) 무수축 몰탈 타설

- 물/시멘트 비 17%로 배합을 실시하고, 유동성(125mm 이상)을 확인한다.
- 충분한 양이 지속적으로 생산되도록 준비하여, 타설이 완료될 때까지 연속적으로 타설한다.



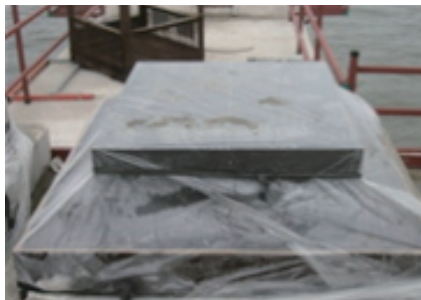
> 유동성 시험



> 무수축 몰탈 타설

6) 습윤 양생 및 Form 해체 후 먼처리

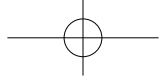
- 무수축 몰탈 타설 후, 습윤 양생을 실시한다.
- 강도발현을 확인한 후 Form을 해체하고, 거더 가설 전까지 덮개 등으로 보호한다.



> 습윤 양생



> 먼처리 후 보호



7) 일반 구간 임시 콘크리트 블록(TCB, Temporary Concrete Block) 설치

– 일반 구간에 한하여 향후 고가교 거더 연속화 전까지 거더를 지지하게 될 임시 콘크리트 블록을 설치한다.



> 임시 콘크리트 블록 설치



> 임시 콘크리트 블록 설치 검측

2.2 고가교 가설 장비 조립

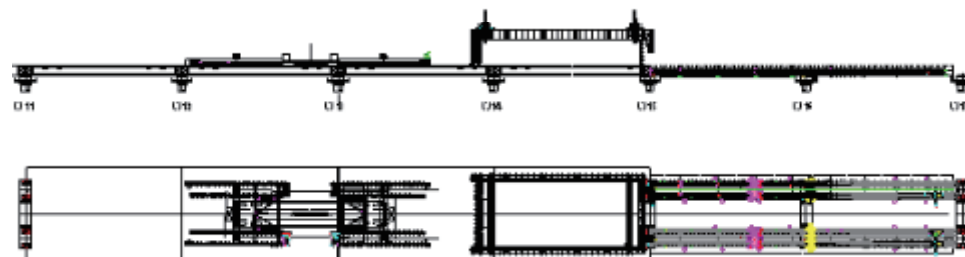
2.2.1 고가교 가설 장비 조립 개요

가설 장비(Launching Girder, Underbridge, Carrier) 조립이란, 장비 제작사인 (주)SPECO의 중국, 이태리 공장에서 소부재 제작 및 가조립 완료 후, 인천 송도 제작장으로 반입하기 위하여 육상 및 해상 운반 가능한 크기로 분해한 상태에서 반입된 Steel structure를 HTB로 각 소부재를 연결하고, 전기 및 유압 Line을 연결하여 장비의 기능을 발휘하도록 하는 것이다. 가설장비는 인천 송도 제작장으로 '07. 6월 반입하여 중조립하고, '07. 9월 교상(W11 ~ W14)에서 최종 완성 조립 및 시운전하는 것으로 계획되었다. 그러나 중국에서 제작하여 반입된 Underbridge 일부에서 용접 불량 등의 결함이 발생하여 이에 대한 수정·보수 문제가 발생하였고, 보수 작업에 대한 제3의 전문업체 승인을 득하는데, 3개월 가량의 공기가 소요되었다. 또한 장비 제작사(SPECO(PDN, 이태리))의 전기 및 유압 자재들의 반입이 늦어지면서 초기 고가교 거더 제작 및 가설 공정 지연이 발생하였다. 이에 공정을 Catch-up하기 위하여 가설 종료 시까지 주·야간 작업을 수행하여, 2009년 2월 최종 거더 가설 시까지 공정을 만회하여 공사 종료하였다.

반입 시 관찰된 결함으로 인해 수정·보수 완료 후에도 발주처에서는 가설장비의 구조적인 안전성문제를 제기하여 '가설장비 Monitoring plan'을 수립하여 거더 가설 시, 주기적으로 가설장비 Steel structure의 Deflection을 Check하여 제출하게 되었다. 향후 유사 Project 수행 시, 해외에서 제작하는 '장비의 제작 일정 및 품질 관리'를 위해 직원의 상주 등도 고려해 볼만하다.

2.2.2 공사 구간 및 시공 수량

구 분		단 위	수 량	비 고
고가교 거더 가설 장비	Underbridge	Set	1	
	Launching Girder	Set	1	
	Carrier	Set	1	



> 가설장비 개요



2.2.3 주요 투입 장비 및 인원

구분	항목	규격	단위	수량	비고
인 원	총반장	—	명	1	
	비계공	—	명	5	
	볼트공	—	명	8	
	도비공	—	명	2	
장 비	Crawler Crane	250톤	대	2	제작장 1대, 교상 1대
	지게차	7톤	대	1	
	Lift Car	—	대	3	
	컴프레사	30Hp	대	1	
	에어 임팩	—	대	5	
	전기 임팩	—	대	5	
	용접기	—	대	3	

2.2.4 주요 세부 공정

구분	송도 제작장 반입 및 보수	송도 제작장 중조립	교상 조립	전기 및 유압 Part 조립	Programing & Testing	비고
1. Underbridge	'06. 5. 23 ~ '06. 5. 25	'06. 6. 1 ~ '06. 8. 26	'06. 8. 10 ~ '06. 9. 7	'06. 10. 23 ~ '06. 11. 6	'06. 11. 15 ~ '06. 12. 30 (B.L 대비 3개월 지연)	
2. Launching Girder	'06. 6. 3 ~ '06. 7. 29	'06. 6. 3 ~ '06. 10. 5	'06. 9. 9 ~ '06. 10. 19			
3. Carrier	'06. 6. 15 ~ '06. 7. 13	'06. 8. 30 ~ '06. 10. 10	'06. 10. 19 ~ '06. 10. 28			

※ 주요 Milestone

- Underbridge 해상 운반 보수 완료 후, 해상 운반 시작일 : '09. 8. 9

· Underbridge A-B Line 가설일 : '09. 9. 7

· Carrier 해상 운반 시작일 : '09. 10. 12
- Underbridge C-D Line 가설일 : '09. 8. 28

· Launching Girder 해상 운반 시작일 : '09. 9. 8

구분	송도 제작장 반입 및 보수	송도 제작장 중조립	교상 조립
1. Underbridge			
2. Launching Girder			
3. Carrier			



구분	전기 및 유압 Part 조립	Programing & Testing
1. Underbridge		
2. Launching Girder		
3. Carrier		

2.3 고가교 FSLM 거더 가설

2.3.1 거더 가설 개요

고가교 상부 구조는 전 구간(동측 : 2,450m, 서측 : 5,950m)을 FSLM 공법을 적용하여 가설한다. 거더 가설에 있어서 공정 관리의 핵심은 '가설장비의 문제로 인한 공기 지연을 방지하는 것'이다. 고가교 상부 공정이 정상화 되었을 때, 거더 제작은 2일 Cycle, 거더 가설은 1일 Cycle이었다. 그러나 공장 제작은 기상에 영향을 받지 않지만, 해상에서의 가설은 바람으로 인한 풍랑, 비, 안개, 태풍, 장마 등 예측이 불가하므로 공기의 여유는 없었다. 그럼에도 여유 시간이 있을 때마다 일일, 주간, 월간 단위로 가설 장비를 주기적으로 점검·보수해야 한다. 그리고 주요 부품에 한해서는 Spare part를 확보하여야 한다. 가설 장비 부품 대부분은 수입품이며, 국내 지점을 통해 구매하는 데는 부품에 따라 차이가 있지만 1개월 이상 소요되므로, 현장에 비치된 Spare part를 사용하고, 구매해서 다시 비치하여야 한다. 추가적으로 국내 전기, 유압, 기계, Program 전문가 Network을 구축해 두어야 한다. 현장에 Supervisor(이태리)가 상주하고, Spare part도 확보했으나 그것으로는 한계가 있었다. 가설 장비 문제 발생 시, 가설장비 설계사(이태리, PDN)는 대응이 늦었다. 그러한 상황에서 'Supervisor와 국내 전문가 Network'은 아주 효과적이었고, 문제를 성공적으로 해결하였다. 실제로 가설장비의 주요 고장은 수 차례 있었지만, 상기와 같은 효과적인 대응으로 공기 내 공사를 종료할 수 있었다.

2.3.2 공사 구간 및 시공 수량

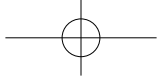
1) 공사 구간 : 고가교 총연장 8,400m에 걸쳐 설치되는 336개의 상부 거더

· 서측 고가교 5,950m(W10 ~ W129) 구간 : 238개소

· 동측 고가교 2,450m(E10 ~ E59) 구간 : 98개소

2) 시공 수량




구분		단위	수량	비고
고가교 거더 가설	동측	EA	98 (※ F/C 직접가설 : 8EA)	
	서측	EA	238 (※ F/C 직접가설 : 20EA)	
	계	EA	336 (※ F/C 직접가설 : 28EA)	



2.3.3 주요 투입 장비 및 인원

1) 주요 투입 장비

구 분	종 류	용 량	작업 내용	비 고
삼호현	해상크레인	3000톤	거더 인양 및 설치	
삼호 T1	양묘선	2,600Hp	F/C 앵커 설치	
삼호 T2	예인선	4,000Hp	F/C 주예인장비	
조양5001호	세팅바지	4,000P	거더 운송	
해원호	지도선	850Hp	구간 통제 및 관제실 협조	
일출호	통선	650Hp	작업원 이동	
Launching Girder	특수 장비	1,400톤	거더 가설	
Underbridge	특수 장비	1,400톤	거더 교상 이동	
Carrier	특수 장비	1,400톤	거더 교상 이동	

가설장비	주요 제원
<p>① Carrier</p> 	<ul style="list-style-type: none">• 길이 : 80.2m • 폭 : 21.4m• 높이 : 4.0m • 총중량 : 600톤☞ Traveling Speed : 5km/hr☞ Traveling Type : Engine☞ Power System : 4×275KW☞ Control Method : Operator in cabin☞ Safety device : Emergency push button etc
<p>② Launching Girder</p> 	<ul style="list-style-type: none">• 길이 : 55.6m • 폭 : 26.2m• 높이 : 12.0m • 총중량 : 600톤☞ Traveling Speed: 2m/min☞ Traveling Type: Motor & Chain☞ Hoisting Speed: 1m/min☞ Hoisting Type: Hyd. Jack☞ Power System: 300KW☞ Control Method: Remote Control☞ Safety device: Loading sensor etc
<p>③ Underbridge</p> 	<ul style="list-style-type: none">• 길이 : 97.1m • 폭 : 5.9m × 2EA• 높이 : 3.45m • 총중량 : 400톤 × 2EA☞ Traversing Speed: 0.5m/min☞ Traversing Type: Motor & Chain☞ Power System: 300KW☞ Control Method: Remote Control☞ Traveling Speed: 2m/min☞ Traveling Type: Motor & Chain☞ Control Method: Remote Control☞ Safety device: Loading sensor etc

> 가설장비 및 제원



2) 주요 투입 인원

'07.1 ~ '09.2 : 투입 인원 17인(내국인 7인, 외국인 9인, Supervisor 1인(이태리)) /일

2.3.4 가설 주요 공정

고가교 상부 거더 가설 공사는 거더 설치 위치를 준설하여 해상크레인의 작업 수심을 확보하고, W11 ~ W15까지 처음 4개(영종도 방향, 송도 방향 총 8개) 경간의 가설은 해상 크레인(3,000톤급)을 이용하여 직접 인양·가설한 후, W11 ~ W15 교상 위에서 고가교 상부 거더 가설 장비인 『Launching Girder, Underbridge, Carrier』를 중조립하여 서측 구간을 가설하는 것으로 계획하였다. 또한, 약 1,360톤의 PSC 박스거더를 기 설치된 상부구조를 통과하여 설치 위치까지 운반하여야 하므로 상부구조 설계에 시공하중의 영향을 최소화하고 시공하중의 분산을 위해 4대의 Tire-trolley를 Synchronizing하여 운반하는 특수 Carrier를 이용하였다.

> 고가교 PSC 박스 거더 가설 순서

① Working platform 설치



- 거더 가설, 사전작업을 위한 가설 작업대 설치

② 교량 받침 설치



- 일반 구간 : 포트 받침
※ 위치,높이 ±5mm, 수평도 1/300 이내
- Ex-Joint 구간 : 탄성 받침
※ 위치,높이 ±5mm, 수평도 1/100 이내

③ 임시 콘크리트 블록 설치



- 고가교 상부의 종·횡방향 구배를 반영한 임시 콘크리트 블록 설치

④ 거더 선적



- Overhead Crane(1,400톤급)을 이용하여 송도 제작장에서 제작된 거더 선적

⑤ 거더 운반

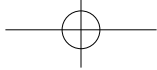


- 거더 전용 Barge, 예인선을 이용, 해상 운반

⑥ Carrier에 거더 상차



- 해상크레인(1,800톤급)을 이용하여 거더를 Carrier에 상차



⑦ Underbridge로 Carrier 진입



- 거더를 실은 Carrier가 Underbridge로 진입

⑧ 거더 인양



- Launching Girder의 4개의 Lifting cylinder를 이용하여, 거더를 인양하고, Carrier는 Underbridge를 진출

⑨ Underbridge Self-launching



- 거더를 Launching Girder의 중앙부에서 가설방향의 반대편으로 700mm 이동하고, Underbridge를 Self-launching하여 거더 가설 공간 확보

⑩ 거더 가설



- 양방향 중 영종도 방향의 거더를 교축 직각방향으로 8.8m 이동하여, 교축 방향 Slope를 감안하여 정확한 위치에 가설

⑪ “④ ~ ⑩” 반복 시행하여 거더 가설



- 영종도 방향의 거더를 가설 후, “④ ~ ⑩” 반복하여 송도 방향의 거더를 가설

⑫ Launching Girder Self-launching



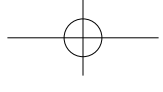
- 양방향(영종도, 송도) 1Span의 가설이 종료되면, 다음 Span 가설을 위하여 Launching Girder 1Span 전진

2.4. 고가교 FSLM 거더 가설 장비 이동

2.4.1 가설 장비 이동 개요

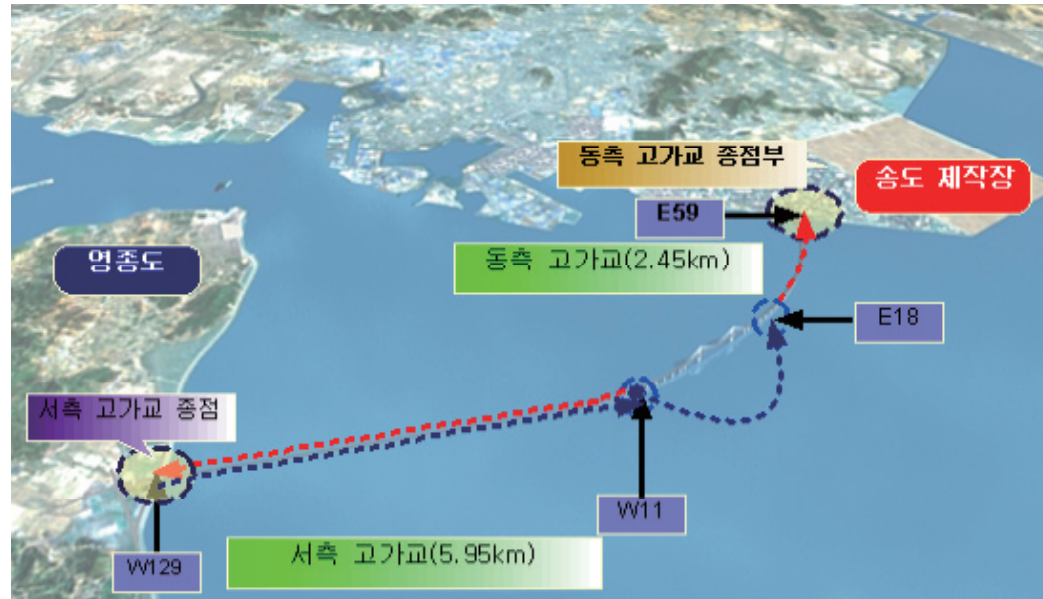
인천대교 서측 고가교 상부 PSC 박스 거더 가설을 완료(W11~W129, 연장 5.95km)한 후, 동측 고가교 상부 PSC 박스 거더 가설을 위하여 가설 장비를 고가교 서측 종점부(W129)에서 동측 고가교 구간으로 이동·재조립을 수행하였다. 가교의 지지력 한계(DB24, 250ton C/C + 60ton 양중 하중)로 인해 대형 양중 장비 접근이 불가한 상태에서 가설 장비 분해·재조립 기간을 단축하기 위하여 전기·유압을 제외한 가설장비 Steel structure는 분해하지 않고 이동하는 계획을 수립하였다. 이에 따라 Lifting tower, Spreader beam 등의 임시 구조물(약 814톤)을 제작·설치하였다.

또한 가설 장비 기간 동안 제작장에서 박스 거더를 지속적으로 생산하기 위한 야적 공간 확보를 위해 Floating Crane(이하 F/C)의 작업 수심이 확보되는 구간(E14 ~ E20 Pier 사이)까지 F/C를 이용하여 박스 거더를 직접 가설(18EA)한 후, 가설 장비를 이용하여 동측 고가교 상부 PSC 박스 거더를 가설하였다.



2.4.2 공사 구간 및 시공수량

1) 공사 구간



2) 시공 수량

구분		단위	구간	수량	비고
가설 장비 이동 및 재조립	1) Underbridge	Set	W129 → E20	1	
	2) Launching Gantry	Set	W129 → E19	1	
	3) Carrier	Set	W129 → E18	1	
	4) 가설장비 이동을 위한 가벤트 제작 등	톤	고가교 상부 및 가교	814	

2.4.3 주요 투입 장비 및 인원

1) 가설 장비 이동 공사

구분	종류	용량	작업내용	비고
삼호원	해상크레인	3000톤	거더 인양 및 설치	
삼호 T1	양묘선	2,600Hp	F/C 앵커 설치	
삼호 T2	예인선	4,000Hp	F/C 주예인장비	
조양5001호	세팅바지	4,000P	거더 운송	
해원호	지도선	850Hp	구간 통제 및 관제실 협조	
일출호	통선	650Hp	작업원 이동	
Launching Girder	특수 장비	1,400톤	거더 가설	
Underbridge	특수 장비	1,400톤	거더 교상 이동	
Carrier	특수 장비	1,400톤	거더 교상 이동	



2) 가벤트 및 가설재 제작 공사

No.	기 기 명	용 도	규 격	수량	제작회사	비고
1	BAND SAW	마찰절단	H1000× 700	1	DAITO	
			H800× 600	1	AMADA	
2	이동식 가스절단기	가스절단	4000×24000	7	유광절단기	
	개선가공 전용기	개선,스칼럽		1	HATALY	
	대형가스 절단기	가스절단		1	TANAKA	
3	단축드릴링머신(레이디얼)	DRILLING	55ψ(MAX)	1	SHOWA SEIKO	
	마그네틱 드릴링머신		75ψ(MAX)	1	BDS MACHINE	
	3축 NC DRILLING M/C		33.5ψ(MAX)	1	DAITO	
4	플랜지 교정기	H-BEAM 교정	H1800x800	1	TANAKA	
5	SHOT BLASTING M/C	SHOT BLAST	H900(MAX)	1	SINTO	
6	FACING M/C	Surface 가공	2200x600	1	TANAKA	
7	고속그라인더 절단기	마찰 절단	600ψ	2	계양전동기	
8	PORTABLE DRILLING M/C	DRILLING	3상 천공기	2	계양전동기	
9	자동가스 강관 절단기	가스 절단	1000ψ	1	유광절단기	
10	수동아크 용접기	수동아크 용접	AC 360	2	연흥산업전기	
			AC 250	1	계양용접기	
			AC 420	2	상신용접기	
			AC 600	1	상신용접기	
11	반자동아크용접기	반자동(CO2)용접	DC 600	35	현대용접기	
12	자동용접기	SUBMERGED 용접	DC 1500A	4	현대용접기	
13	온도조절부착건조기	용접봉, 플럭스 건조	200kg 400℃	1	진원정밀	
			100kg 400℃	1	진원정밀	
14	아크에어 가우징	가우징	DC 1000A	2	현대용접기	
				1	현대용접기	
15	회전롤러	TURNING 하향용접확보		2	동성산업기계	
16	천장크레인	인양, 운반	20톤	5	동성산업기계	
			10톤	2	동성산업기계	
			5톤	2	크레인 데파트	
17	갠트리 크레인	인양, 운반	35톤	1	(주)삼진철구	
			20톤	2		
			70톤	1		
18	지게차	인양, 운반	15톤	1	대우중공업	
			10톤	1		

3) 가교 핑거부 보강 공사

구분	규 격	단 위	수 량	비 고
발전기	100kw, 250kw	대	2	
하이드로 크레인	30톤	대	1	
지게차	5톤	대	1	
용접기	40KVA	대	4	
트럭	2.5톤	대	1	



2.4.4 주요 세부 공정

구분	계획		실행		증감	비고
	시작	종료	시작	종료		
1. 가교 보강	'08. 5.27	'08. 6.19	'08. 5.27	'08. 6.28	+10days	
2. 가벤트 설치	'08. 6.20	'08. 7. 5	'08. 6.23	'08. 7. 9	-	
3. 서측 최종 거더(G-W128S) 가설	'08. 7. 6	'08. 7. 9	'08. 7.11	'08. 7.12	-1day	
4. Underbridge 1st Line 이동	'08. 7.10	'08. 7.19	'08. 7.12	'08. 7.26	-6days	
5. Underbridge 2nd Line 이동	'08. 7.20	'08. 7.23	'08. 7.27	'08. 8.12	+12days	
6. Launching Girder 이동	'08. 7.24	'08. 8.10	'08. 8.13	'08. 8.16	+13days	
7. Carrier 이동	'08. 7.24	'08. 8.11	'08. 8.13	'08. 8.18	+13days	
8. 가설장비 재조립 및 Test	'08. 8.12	'08. 8.15	'08. 8.18	'08. 8.24	-3days	
9. 동측 1st 거더(G-E20N) 가설	'08. 8.16	'08. 8.16	'08. 8.25	'08. 8.25	+10days	

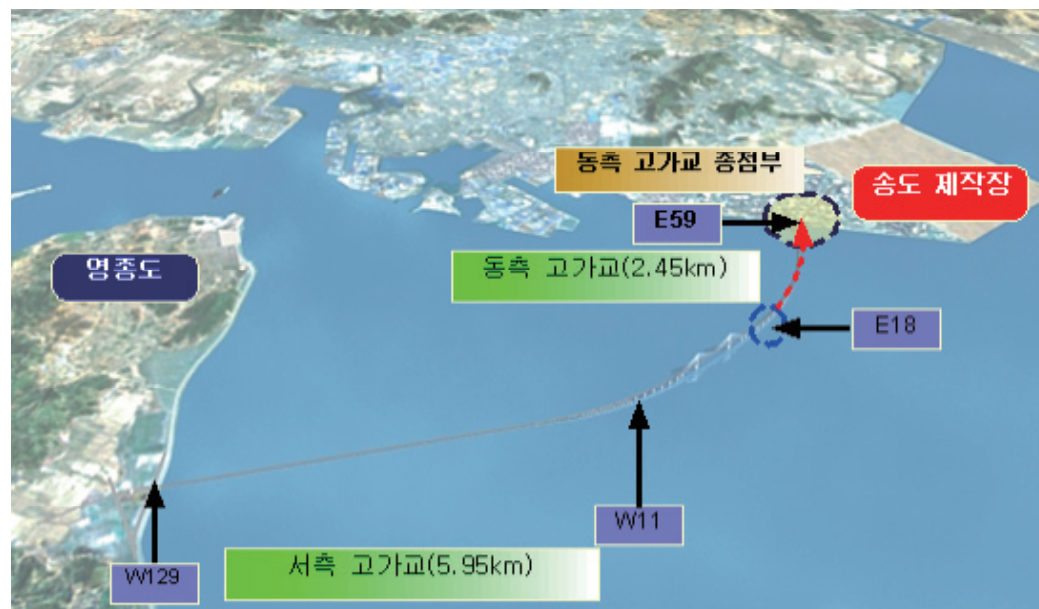
2.5. 동측 종점부 거더 가설

2.5.1. 개요

인천대교 고가교 가설 장비(Launching Girder, Underbridge, Carrier)는 거더 가설을 위하여 Underbridge 이동을 위한 전방의 100m의 여유 공간과 Launching girder 이동을 위한 최소 60m 이상의 Underbridge가 있어야 한다. 그러나, 동측 고가교 종점부는 이미 국고구간 2공구(대림산업, ILM)의 거더가 설치되어 있어서 Underbridge 이동을 위한 전방의 여유 공간이 없으므로 Underbridge를 절단하면서 이동해야 하며, Underbridge를 절단하였으므로 Launching girder 이동을 위한 Underbridge 길이가 부족하여 임시 Rail을 제작·설치해야 하는 등의 방안이 필요하다. 또한 거더를 실은 Carrier가 대림 거더 상부로 일부 진입하므로 대림 거더 내부 및 하부 보강을 실시하여 구조물의 손상을 방지해야 하는 등 가설 작업 외 별도의 작업이 필요하다.

2.5.2. 공사 구간 및 시공수량

1) 공사 구간





2) 시공 수량

구분		단위	구간	수량	비고
1. PSC 박스 거더 가설	1) Launching Equipment 이용	EA	E57 ~ E59	4	

2.5.3. 주요 투입 장비 및 인원

1) 주요 투입 장비

No	장비명	규격	단위	수량	비고
1	삼호 2000	2,000ton	대	1	거더 인양 및 설치
2	삼호 T1	2,600HP	대	1	FC 앵커 설치
3	삼호 T2	4,000HP	대	1	FC 주예인장비
4	삼호 B1	4,000P	대	1	거더 운송
5	해원호	850HP	대	1	구간 통제 및 관제실 협조
6	Barge	8,000P	대	1	Carrier 해상 운반
7	해성호	650HP	대	1	작업원 이동
8	Launching Gantry	1,400ton	대	1	거더 가설
9	Carrier	1,400ton	대	1	거더 교상 이동
10	Barge	2,000P	대	2	해상 운반
11	예인선	4,000HP	대	1	예인선
12	Hydraulic Crane	600ton	대	1	
13	Hydraulic Crane	300ton	대	2	
14	Hydraulic Crane	50ton	대	1	
15	Hyd. Jack & Pump	300ton	대	8	
16	Hyd. Jack & Pump	200ton	대	8	
17	지게차	7ton	대	1	
18	Cargo	18ton	대	1	

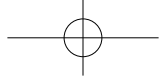
2) 주요 투입 인원

구분	인원수	비고
관리자	6명	
반장	2명	· Supervisor : 1명
작업자	38명	
중기/전기	2명	
계	48명	

2.5.4. 주요 세부 공정

1) 주요 Actual Milestone

- 대림 거더 사전 작업 : '09. 1. 30 ~ 2. 3
- Temp. support 제작/설치(E59) : '09. 1. 3 ~ 2. 7
- G-E57N 가설 : '09. 2. 11
- G-E57S 가설 : '09. 2. 16
- G-E58N 가설 : '09. 2. 25
- G-E58S 가설 : '09. 2. 27



2) 세부 시공 방안

① 연결도로 2공구(대림 구간) 거더의 보강 및 영구받침 보호 작업

가. 가설 장비 Front leg 지지점 확보 및 대림 거더 격벽부 보강

향후 거더 가설 시, 발생하는 시공하중으로 인하여 연결도로 2공구(대림 구간) 거더(이하 대림거더)의 손상을 방지하기 위하여 대림거더 내부에 강재 Support를 설치하고, Jack(300ton)을 설치한다.



> 접속부 박스거더(국고구간 2공구) 내부 보강작업

가설 장비의 Front leg 지점이 대림거더 상부의 신축이음장치 설치를 위하여 블럭 아웃되어 있으므로 지점 확보를 위해 향후 제거가 용이하도록 타설 지점에 비닐을 깔고, 철근에 콘크리트가 묻지 않는 보호조치를 한 후 Con'c를 타설(2.0m*0.76m*0.43m, 0.65m³)한다.



> 접속부 박스거더 상부 보강작업

나. 접속부 거더 Jack-up 및 교량받침과 분리

거더 가설 시, 발생하는 시공하중으로 인한 교량 받침의 손상을 방지하기 임시 받침을 설치한다.

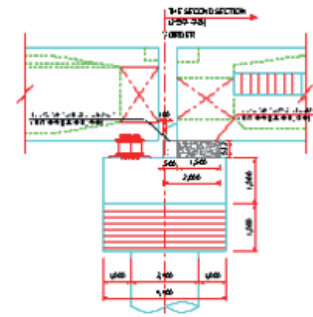
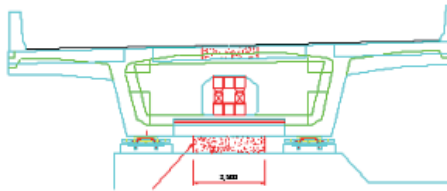
대림거더 하부와 가고정된 교량 받침을 분리한 후, Jack(200ton*4EA)을 설치하여 거더를 약 10mm Jack-up한다.



> 접속부 Jack-up(10mm)하여 영구받침과 분리



다. 임시 콘크리트 블럭 설치

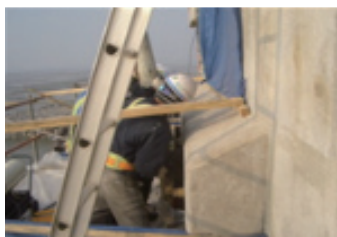


> 임시 콘크리트 블럭 상세도

E59 코핑 상부와 거더 하부에 비닐을 설치한다.

선조립된 철근망을 설치하고, Form을 설치하여 1차 Con'c를 타설(2.5m*1.5m*0.522m, 2.0m³)한다.

거더의 하면과 임시콘크리트 블럭의 상면을 밀착시키기 위하여 2차 그라우팅을 실시(2.5m*1.5m*0.010m, 0.04m³)한다.



> 대림거더 하부 보강 작업

습윤 양생(※필요시 보온) 후, 강도 발현을 확인한 후 Jack-down을 실시하여 거더를 임시 교량 받침으로 지지한다.

㉔ G-E57N,S 가설

가. Temp. support 설치

E59에 설치된 탄성받침의 탄성체를 제거하고, 고무판을 탄성받침의 Lower plate 상부에 고무판과 Shim plate 준비한다.

E59 코핑 상부에 Drill로 천공(깊이 125mm, 철근 간섭 시 100mm)하여 Chemical Anchor(φ16)를 설치한다.



> Underbridge Temporary support 설치

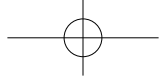
나. Underbridge Self-launching

Underbridge를 대림거더 상부로 올리기 위해서 Launching Truss의 Overhead crane을 내려서 Underbridge를 기울인다.

Underbridge deflection recovery cylinder로 지지한 상태에서 Driving leg를 Temporary support로 이동 후 Setting한다.



> Underbridge Self-launching 실시



다. G-E57N 가설

Underbridge를 한 경간 이동한 후, G-E57N을 가설한다.



> G-E57N 거더 가설

라. G-E57S 가설 준비

영종도 방향의 Underbridge 1 Line의 전방부를 H/C(600ton)을 이용하여 인양하여 해체한 후, Setting하고 G-E57S를 상차한 Carrier의 진입로를 확보한다.



> Underbridge 대립 거더 상부 Module 해체

마. G-E57S 가설

가~다 반복하여 G-E57S를 가설한다.



> G-E57S 거더 가설

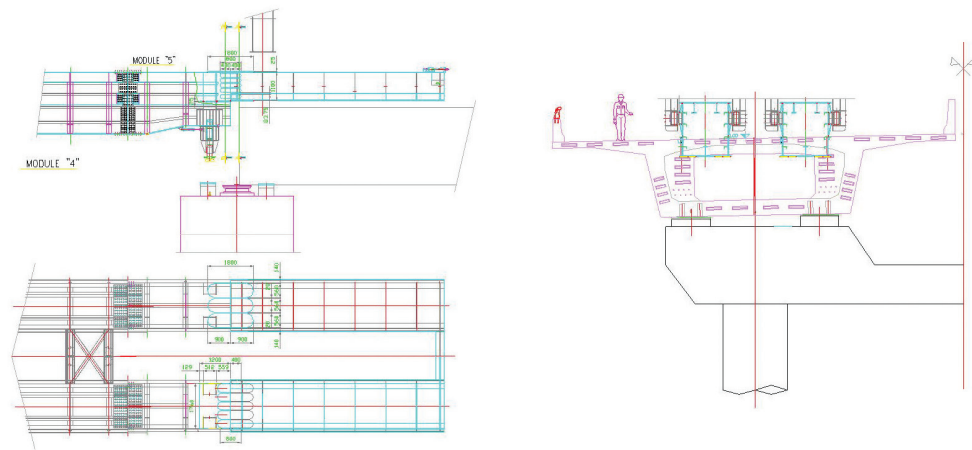
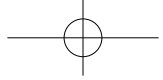
㉠ G-E58N,S 거더 가설

가. Underbridge nose 설치

Temporary support 설치 후, Underbridge nose를 설치하기 위해 H/C(600ton, 육상)과 Driving leg를 이용하여 Underbridge를 양중한다.

※ Underbridge nose

- 설치 목적 : Launching Truss를 Self-launching 하기 위해서 Underbridge를 연장
- 형상 : 2,000mm × 1,100mm × 8,300mm steel box 2Line



> Underbridge nose 제작 및 설치

나. Launching Truss Self-launching 후 가설 준비

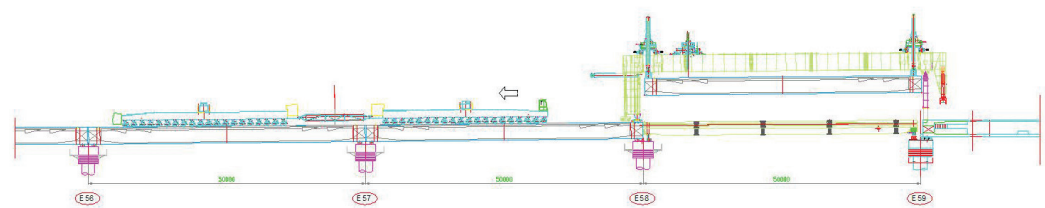
Launching Truss를 Self-launching하기 위해 Driving leg를 이용하여 Jack-up한다.
Front leg의 하부를 분해하고, Temporary support를 설치한다.

Self-launching후 대림거더 상부에 지지하여 최종 거더 가설을 위한 준비한다.

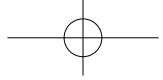


> Launching girder Self-launching하여 Carrier(G-E58N) 진입 준비

다. Carrier에 G-E58N 거더 인양

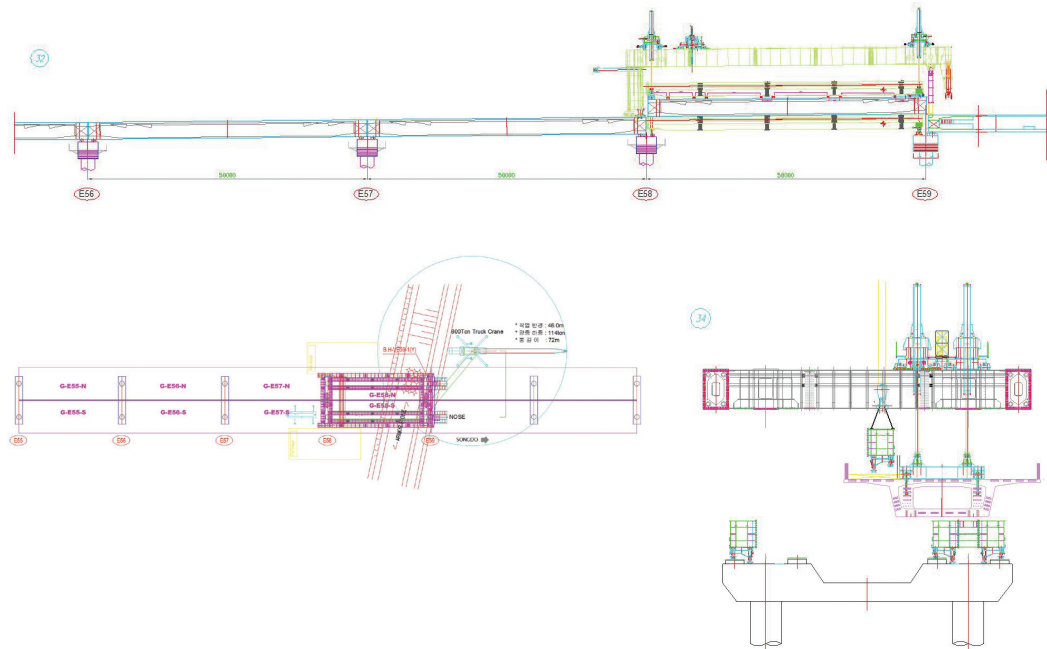


Carrier에 G-E58N 거더 상차→Underbridge로 진입→Launching Truss의 Main cylinder로 인양



> Carrier 진입 後 거더(G-E58N) 인양

라. 북측 Underbridge

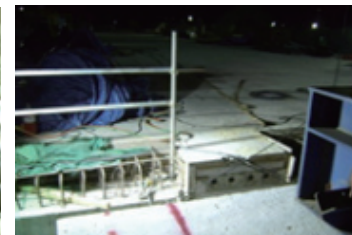


G-E57N 구간의 H/C(300ton)과 지상의 H/C(600ton)의 조합으로 북측 Underbridge의 1 Line을 인양하여 Launching Truss가 인양하고 있는 G-E58N 상부로 올린다. Temporary support를 받친 상태에서 Underbridge의 각 Module을 분해하여 준비된 Barge에 선적하여 제작장으로 반출한다.



> 인양한 거더(G-E58N) 상부에서 Underbridge 1st Line 해체 · 반출하여 가설 공간 확보

마. G-E58N 가설



> 거더(G-E58N) 가설



바. G-E58S 가설
다~라를 반복하여 G-E58S 가설한다.



> 고가교 최종 거더(G-E58S) 가설

제3절 | FSLM 고가교 거더 연속화

3.1 개요

고가교 PSC 박스 거더 연속화 공사는 'Launching girder와 Carrier'로 급속 공법으로 가설하는 기간동안 임시받침(TCB Temporary Concrete Block)으로 지지하고 있는 단순보를 가설이 완료되는 시점, 즉 가설 하중이 영구 구조계에 미치지 않는 시점에 연속보로 완성하는 기술이다. PSC 박스 거더 연속화 공사는 현장 타설 콘크리트를 사용하여 일체화시키고, 이미 설치해 놓은 쉬스관에 강봉 및 강선을 삽입, 프리스트레스를 도입하여 5경간(일부 4경간)을 일체화시켜 연속교로 거동하게 하고, 최종적으로 임시 콘크리트 불력을 제거하여 상부의 모든 하중을 영구 베어링에 전달하게 하는 공사이다. 단, 신축이음부의 받침은 가설시부터 영구받침인 탄성받침을 사용한다.

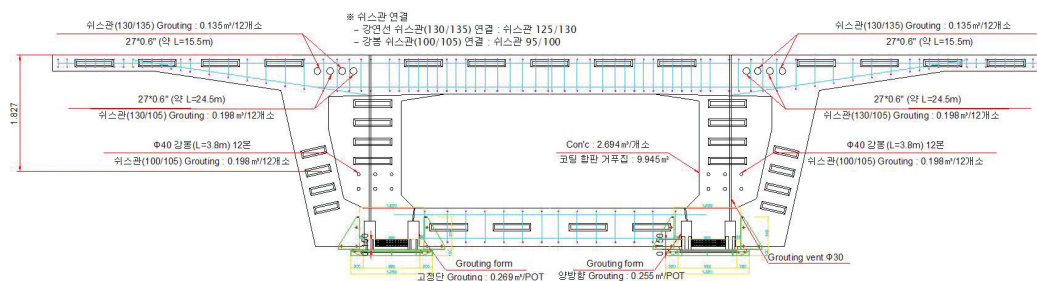
거더 연속화 공사는 기제작·가설된 신·구 콘크리트의 접합, 거더 내 장비 접근이 불가한 상황에서의 강연선·강봉 인장, 긴 공사 구간(서측 5.95km, 동측 2.45km)에 반해 적은 단위 개소 콘크리트 물량, 단기간 내 완료(최대 60개소/월)되어야 하는 특성이 있는 공사이다.

3.2 공사 구간 및 시공 수량

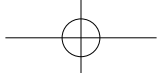
1) 공사 구간

- 서측 고가교 : $4@50 + 23@[5@50] = 5,950\text{m}$ (190개소)
- 동측 고가교 : $9@[5@50] + 4@50 = 2,450\text{m}$ (78개소)

2) 시공 수량



> 상부 거더 연속화 구간 거더 단면도



> 연속화 작업 내용

구 분		단위	1. 서측 구간	2. 동측 구간	계
1. 교량 받침 Grouting	① 거푸집 설치	개소	380	156	536
	② 무수축 몰탈 타설	개소	380	156	536
2. 연속화 콘크리트 타설	① 철근 조립(56kg/개소)	개소	190	78	268
	② 거푸집 설치	개소	190	78	268
	③ 콘크리트 타설(2.74m³/개소)	개소	190	78	268
3. 강봉 인장	① 강봉 설치 및 인장(12홀/개소)	개소	190	78	268
	② Bearing plate 설치(24set/개소)	개소	190	78	268
	③ Protection cap 설치(24EA/개소)	개소	190	78	268
	④ 그라우팅(12홀/개소)	개소	190	78	268
4. 강연선 인장	① 쉬스관 연결공 (8set/개소) (※ 유지관리용 : 4set/개소)	개소	190	78	268
	② 강연선 조립 · 설치 및 인장(8홀/개소)	개소	190	78	268
	③ Anchorage Head & Wedge 설치(16set/개소)	개소	190	78	268
	④ 그라우팅(8홀/개소)	개소	190	78	268
	⑤ 정착구 보호공(16set/개소)	개소	190	78	268
5. TCB 해체	① TCB 해체(4EA/개소)	개소	190	78	268

> 연속화 작업 주요 투입 자재

구분	규격		단위	수량	비고
1. 철근	SD 400W(D13)		ton	13,936	52kg /개소
2. Con'c	45MPa		m³	722	2.694m³ /개소
3. CIP Form	Poly wood 15t etc		m²	159.12	9.945m² /개소
4. 강연선	SWPC 7B, 0.6" × 27	L = 약 24.5m	ton	781	0.728ton /Sheath관
		L = 약 15.5m	ton	494	0.461ton /Sheath관
		계	ton	1,275	4.756ton /개소
5. Anchorage head	SM 45C, 27Φ15.2, Φ290*120L		EA	4,288	16EA /개소
6. Wedge	SCM 415, Φ15.2, Φ25.2*42L(3Piece)		EA	115,776	432EA /개소
7. 정착구 Grouting	MR-#5000 등		m³	598,176	0.279m³ /2개 정착구
8. 강봉	SWPR 785/1030, Φ40(L=3.8m)		EA	3,216	12EA /개소
9. Anchorage Plate	Recessed plate (220×220×50)		EA	6,432	24EA /개소
10. Nut	Domed nut		EA	6,432	24EA /개소
11. Protection Cap	Dead(Φ115*150L)		EA	6,432	24EA /개소
12. Grouting (Bearing)	MR-#5000 등	고정단	m³	72	0.269m³ /POT
		양방향	m³	69	0.255m³ /POT
		계	m³	140	0.524m³ /개소
13. Grouting (쉬스관)	강연선용	L = 약 23m	m³	237	0.221m³ /Sheath관
		L = 약 14m	m³	145	0.135m³ /Sheath관
		계	m³	382	1.424m³ /개소
	강봉용	L = 약 3.2m	m³	53	0.198m³ /개소



3.3 주요 투입 장비 및 인원

1) 주요 투입 장비

장비명	규격	단위	수량	비고
발전기	150KW, 75KW 등	대	8	
지게차	7ton	대	1	
Air compressor	12hp	대	2	
Strand dispenser	-	대	2	
Multi-jack	600ton	대	3	
Stressing pump	5hp	대	2	
강봉 인장용 Jack	100ton	대	3	
강봉 인장용 Pump	3hp	대	2	
Grout Mixer & Pump	-	대	1	
강선 삽입기	전동식	대	2	
Engine vibrator	Φ45	대	4	
C.I.P Form	-	set	24	
Deck stop(작업대차)	-	set	4	
Bearing Grouting Mould	-	set	24	
무수축 몰탈 교반기	-	대	1	
살수차	16,000Liter	대	1	

2) 주요 투입 인원

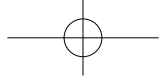
구 분	인원수	비 고
관리자	6 명	· Bearing 그라우팅 : 4명 · 철근조립 : 10명 · C.I.P(거푸집 설치/해체, 보수 포함) : 22명 · 강연선 및 강봉 인장 : 12명 · 쉬스관 그라우팅 및 정착구 Protection : 12명
반장	2 명	
작업자	58 명	
중기/전기	2 명	
계	68 명	

3.4 주요 세부 공정

3.4.1 주요 공정

구 분	Actual								비 고
	저 속 (190개소)				중 속 (78개소)				
	Start	Finish	Duration	Productivity	Start	Finish	Duration	Productivity	
1. Bearing grouting	08-08-14(목)	08-10-30(목)	77 일 (2.8개월)	2.5 개소/일	09-03-08(금)	09-04-04(목)	29 일 (1.1개월)	2.7 개소/일	
2. C.I.P	08-08-18(일)	08-11-06(수)	78 일 (2.8개월)	2.4 개소/일	09-03-18(일)	09-04-24(금)	36 일 (1.3개월)	2.6 개소/일	
3. 강연선 인장	08-09-18(목)	08-11-27(목)	70 일 (2.3개월)	2.7 개소/일	09-03-25(수)	09-04-30(목)	36 일 (1.2개월)	2.2 개소/일	
4. 강봉 인장	08-09-18(금)	08-11-28(금)	70 일 (2.3개월)	2.7 개소/일	09-03-27(금)	09-05-04(일)	38 일 (1.3개월)	2.1 개소/일	
5. Sheath grouting	08-10-07(화)	08-12-03(수)	57 일 (1.9개월)	3.3 개소/일	09-04-05(일)	09-05-05(화)	30 일 (1.1개월)	2.6 개소/일	
계	08-08-14(목)	08-12-03(수)	111 일 (3.7개월)	1.7 개소/일	09-03-08(금)	09-05-05(화)	60 일 (2.1개월)	1.3 개소/일	

구분	공사 기간							비 고
	시 속		통계기	중 속		실시공	총 공기	
	사전 작업	본작업		사전 작업	본작업			
Plan	0.5개월	3.5개월	2.5개월	0.5개월	1.5개월	6.0개월	7.5개월	
Actual	0.5개월	3.7개월	3.0개월	0.5개월	2.0개월	6.7개월	8.7개월	
Difference	-	▲ 0.2개월	▲ 0.5개월	-	▲ 0.5개월	▲ 0.7개월	▲ 1.2개월	



3.4.2 세부 시공 방안

1) CIP 철근 조립

CIP 철근 조립 전 기존 가설된 거더 단부면을 Sand blasting 하여 거친면 마무리한다.



> 거더 단부면 Sand blasting

상부 및 하부 D13 철근을 배근한다.



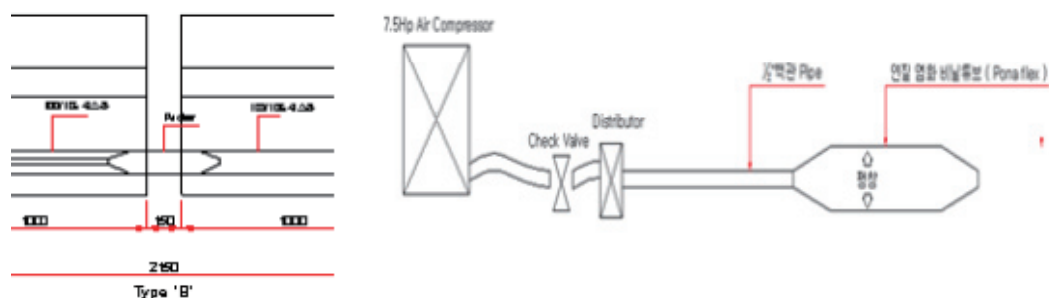
> CIP 철근 조립

2) 강봉, 강연선용 쉬스관, 유지관리용 강연선 강관 연결

구 분		쉬스관		비고
		내경/외경 [mm / mm]	재료두께 [mm]	
1. 강봉 인장용 쉬스관	제작(매입)	100/105	2.5	
	연결(설치)	95/100	2.5	
2. 강연선 인장용 쉬스관	제작(매입)	130/135	2.5	
	연결(설치)	125/130	2.5	
3. 유지관리용 강연선 인장용	제작(매입)	165.2/158.8	3.2	강관
	연결(설치)	150/155	2.5	쉬스관
	제작(매입)	139.8/133.4	3.2	강관
	연결(설치)	125/130	2.5	쉬스관

① 강봉 인장용 쉬스관, 유지관리용 텐던용 쉬스관 연결

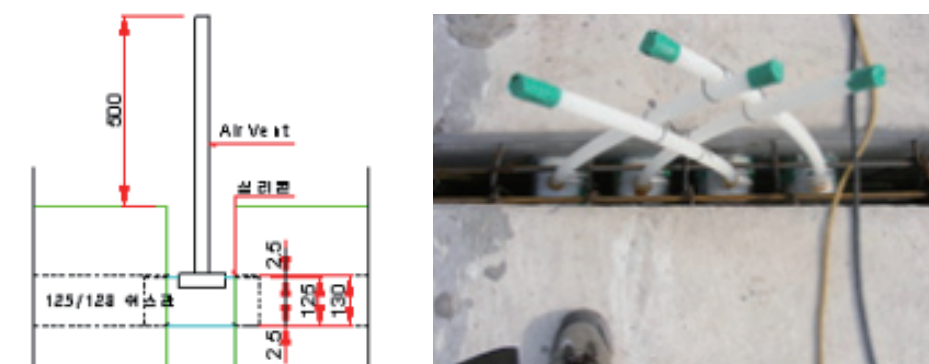
- Packer를 Girder 내부에서 쉬스 연결 중앙부까지 밀어 넣은 다음 Air를 주입(주입압력 : 4~7kg/cm²)하여 팽창 시킨 다음 Valve를 닫아 Air가 빠지지 않도록 하여, 강봉 인장을 위한 공간을 확보한다.
- Packer 삽입전 Packer 표면에 박리제를 도포하여 탈형이 쉽도록 한다.



> 강봉 인장 홀 보호용 패커

② 강연선 인장용 스위스관 연결

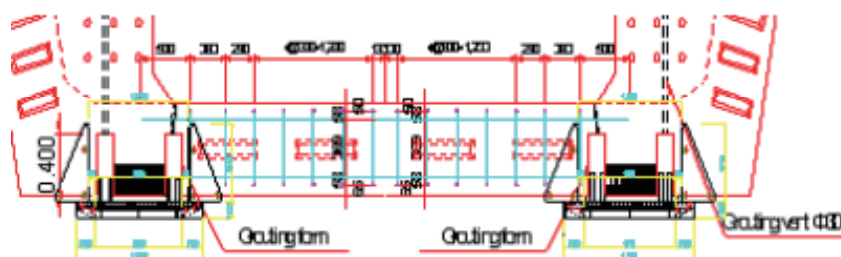
- Type1 : Con'c 면에 맞게 기존 쉬스관이 절단되어 있는 형태
- Type1의 경우에는 $\phi 125/130$ 쉬스관을 기존 쉬스관 안쪽으로 밀어 넣어 설치하고, 유격 이 발생한 부위에는 실리콘으로 밀실하게 막아 준 후 종방향 경사를 고려하여 최고점이 되는 지점에 Air-vent를 설치한다.
- Type2 : Con'c 면에서 기존 쉬스관이 돌출 되어있는 형태
- Type2의 경우에는 $\phi 130/135$ 쉬스관을 종방향으로 잘라 반원 형태로 만든 후 기존 돌출된 쉬스관에 상·하로 덮어 연결하고, 유격이 발생한 부위에는 실리콘으로 밀실하게 막아 준 후, 종방향 경사를 고려하여 최고점이 되는 지점에 Air-vent를 설치한다.
- 쉬스관 연결후 고압 컴프레서를 이용해 관내를 청소한다.



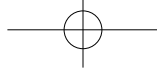
> 강연선 인장용 쉬스관 연결

3) Bearing Grouting 및 양생

- 베어링 그라우팅면은 Water Jet를 이용해 레이턴스 제거 후 에폭시를 도포한다.
- 거푸집과 기존 Con'c 접합면 부위에 문풍지 설치 후 거푸집을 설치하고, 거푸집을 설치한 후 실리콘 등으로 Grouting이 새는 곳이 없도록 하며, 중앙부 요철 부위는 고무제 또는 스티로폼으로 형상을 만든다.
- 무수축 몰탈은 교상에서 교반 후 호스를 이용해 타설한다.



> Bearing Grouting 설치



- 박스 거더 내에서 무수축 몰탈을 물과 배합(*W/C : 16%, 유동성 125이상 등)하여 Grouting을 실시 한다.



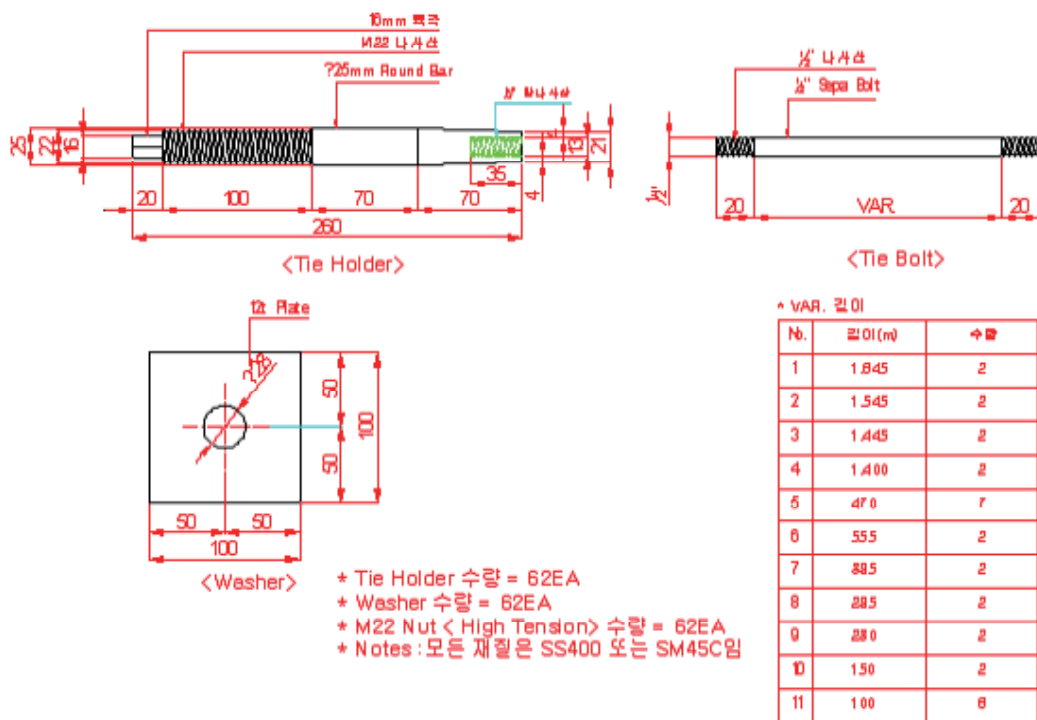
> Bearing Grouting

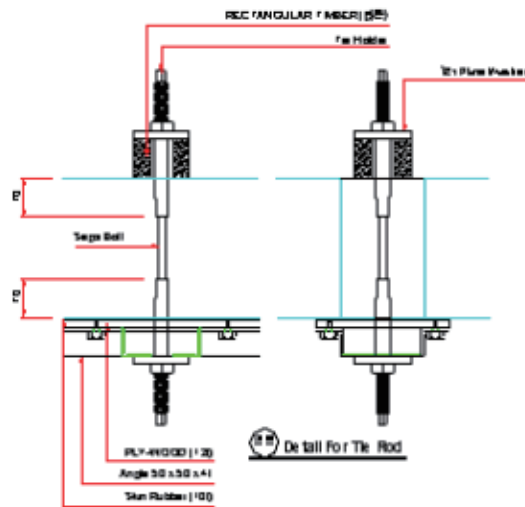
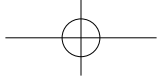
- Grouting vent로 무수축 몰탈이 충분히 충전된 것을 확인한다. Grouting이 종료된 후 습윤양생을 72시간 실시한다. 양생 후 소요 강도에 도달하면 거푸집 해체를 실시한다.

4) CIP 거푸집 설치

Part	Area	단위	수량	비고
외부 거푸집	6.974	m ²	268	
내부 거푸집	2.972	m ²	268	

- 컵브러시를 이용해 면 청소 후 고무면에 수성 박리제를 도포한다.
- CIP Form은 인력으로 작업이 가능하도록 분절하여 각 Seg당 30kg 정도로 계획한다.
- 거더 간 제작·가설 오차 수량을 위해 코핑 합판면에 고무제를 부착하고, Sepa Bolt type으로 고정하며 작업대차를 이용해 설치한다.





> Sepa Bolt Type Form 지지 방법

- 내부 거푸집을 이동하여 연속화 구간에 Setting하고, 지지대를 설치하여 움직이지 않도록 한다.
- 기설치 된 Inner Web Form과 Inner Slab Form를 Bolt를 이용하여 연결하고 거더에 밀착시킨다.
- Tie Rod를 사용하여 상부 Slab와 하부 Slab form을 연결하여 고정한다.
- 내부 거푸집과 외부 거푸집을 연결하는 Tie Rod를 설치하여 거푸집을 고정시킨다.
- 연속화 구간에 Setting 하고, 코핑 상부에 Screw Jack을 설치하여 고정한다.



> C.I.P 거푸집 설치

- CIP Form 해체순서 : Inner Web, Outer Web Form → Inner Slab Form → Slab End Form → Bottom Form

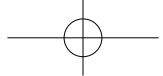
5) 콘크리트 타설 및 습윤 양생

① 배합 설계

배합설계 시 사용된 고로슬래그 시멘트(2종), 조골재, 세골재, 혼화제(고성능 AE감수제), 배합수 등은 KS 규정에 따라 공인시험기관에서 시험을 실시하였다. 콘크리트의 내구 연한을 만족하는 물-시멘트비는 32%, 설계기준강도는 45MPa(20-45-180)이다.

> 사용 재료

구분		제품명(공급원)	비고
슬래그 시멘트	2종	쌍용시멘트	-
조골재	20mm	우신건설	삼목2도
세골재	강사	난지골재	개성/사천강
배합수	-	-	상수도
혼화제	고성능 AE감수제	세일콘(LIGACE-PC)	-



> 콘크리트 배합설계표

설계 강도	적용 구분	W/B (%)	S/a (%)	단위 재료량(kg/m ³)					비고
				W	Slag Cement	S	G	S,P (8×0.85%)	
45MPa	연속화 CIP	32	44	160	500	720	935	4.25 (8×0.85%)	LIGACE-PC (B * 6%)

② 콘크리트 타설

● 콘크리트 반입

고가교 서측 거더 연속화에 사용되는 콘크리트는 「쌍용양회 영종도 사업소」에서 생산하여 트럭믹스(Truck mixer)를 사용하여 가교 본선부를 이용, 거더 G-W124S 남측에 설치된 Ramp를 통하여 거더 상부 타설 지점까지 반입한다. 동측 거더 연속화에 사용되는 콘크리트는 송도 제작장 내 Batch plant에서 생산하여 반입한다. 콘크리트 생산부터 타설 지점까지 운반거리는 약 8km, 운반시간은 25분 가량 소요될 예정이다. 특히, 서중 시, 콘크리트를 생산하여 타설 시작까지의 시간은 1시간 이내에 타설하도록 하며, 대책을 강구했을 때라도 1.5시간을 초과하지 않도록 한다.

● 콘크리트 타설

Con'c 타설 전, 거더 콘크리트 타설면에 충분히 살수한다. Con'c 타설용 Hopper(2대, 1m³)를 준비하고, 트럭믹스(Truck mixer)가 도착하면 Hopper를 이용하여 타설하고, 고주파 Vibrator(3대/Join)를 이용하여 아래층 콘크리트 속에 100mm 정도 찰러 넣어 밀실하게 다짐을 실시한다.

타설 순서는 Web 아래 양쪽을 먼저 타설하여 밀실하게 다진 후, Bottom 1단을 타설 한다. 이 때, Bottom 상부에는 임시로 합판을 설치하여 콘크리트의 솟아오름을 방지한다.

Web 2단 타설 시, Diaphragm부의 높이까지 타설하여 Diaphragm부를 마감한다.

Web 1,2단 타설은 슈트를 길게 사용하여 콘크리트의 재료분리를 방지해야 한다.

Web 1,2단 타설 시 고주파 Vibrator로 Sheath에 충격을 주지 않도록 주의하여야 한다.

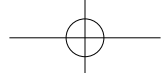
상부 2단 타설 시 마감면을 중점적으로 처리하여 단차 등이 발생치 않도록 한다.



> 콘크리트 타설 순서



> CIP 타설



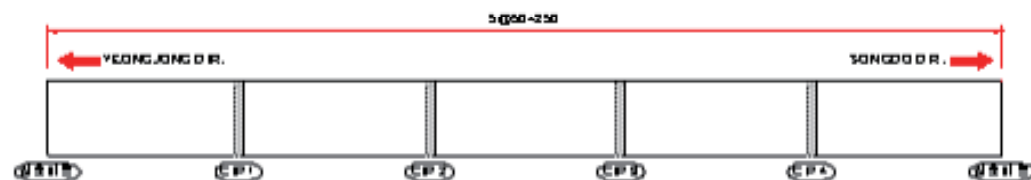
1개소가 완료된 후 다음 개소로 이동하여 타설을 실시하고, 타설 부위에 천막이나 비닐 등을 설치하여 균열을 방지하기 위한 작업을 실시한다.

자연양생을 위하여 부직포를 설치한 후, 천막을 설치하고 물을 뿌려 습윤양생을 한다.

Post-tension을 위한 콘크리트 압축강도(31.5MPa 이상) 확인을 위하여 공시체를 제작하고, 양생을 실시한다.

타설 후 재벌마무리를 실시한다.

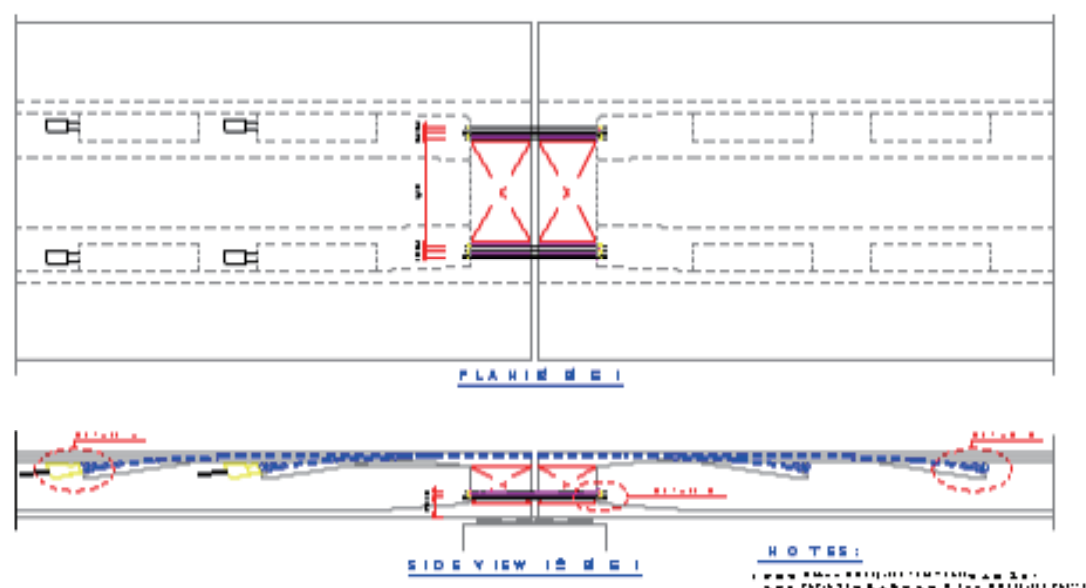
6) 강연선 및 강봉 인장



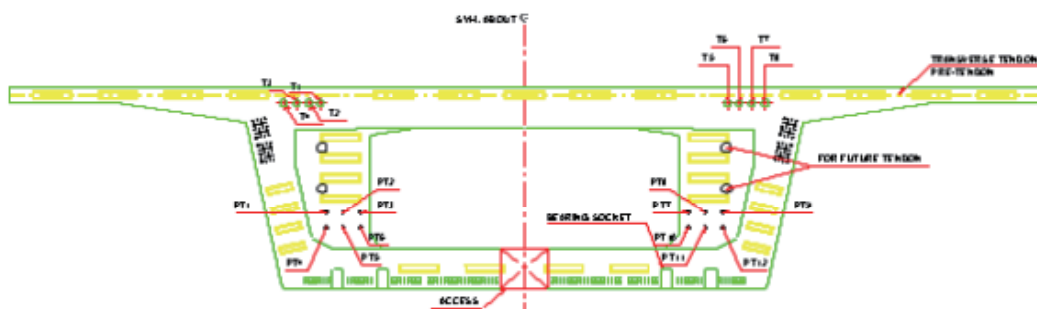
서측 고가교 : CIP 4 → CIP 3 → CIP 2 → CIP 1

동측 고가교 : CIP 1 → CIP 2 → CIP 3 → CIP 4

> 고가교 연속화 Post-tension 방향



> 한 단면 内 고가교 연속화 Post-tension 방향



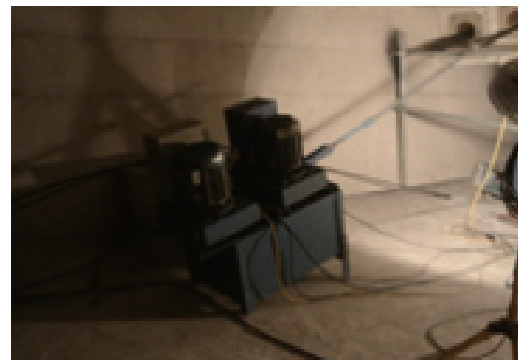
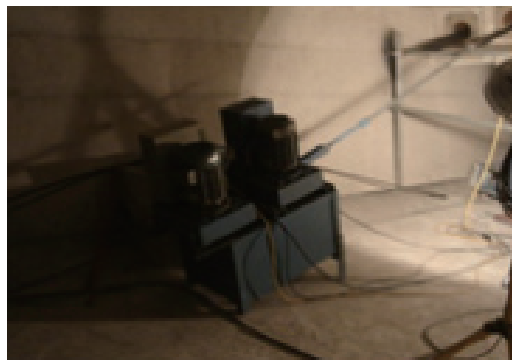
> Post-tensioning Layout



Part	규격	단위	수량	비고
강연선(T1~T8) 인장	SWPC 7B, 27Nos-φ15.2mm	ton	4.76	개소
Anchorage Head 설치	27φ15.2, φ290*120L	EA	16	개소
Wedge 설치	φ15.2, φ25.2*42L	EA	432	개소
강봉(PT1~PT12) 인장	SWPR 785/1030,φ40(L=3.8m 이상)	EA	12	개소
Anchor plate 설치	SWPR 785/1030,φ40	EA	24	개소
Nut 설치	Domed nut	EA	24	개소

① 자재 반입 및 설치

- 강연선 Dispenser를 Expansion Joint 구간 거더 상부에 설치하고, 거더 내부에 강연선 삽입기와 자동 절단기를 설치하여 강선을 필요 길이만큼 절단한 후, 거더 내부 바닥에 설치된 천막 위에 배치한다. 강연선, 강봉 등의 PT 자재는 밀폐된 창고형 구조물 속에 보관한다.
- Dispenser에서 강연선을 인력으로 끌어 와 삽입기에 연결하고, 강연선 삽입기를 작동시켜 강선을 한 가닥씩 밀어 넣는다.



> 강연선 삽입

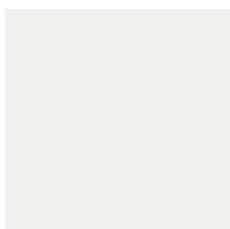
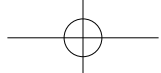
- 강연선 설치가 완료 되면 강봉을 Diaphragm의 강봉 Hole 안 쪽으로 밀어 넣고, Anchorage plate와 Nut를 설치한다.



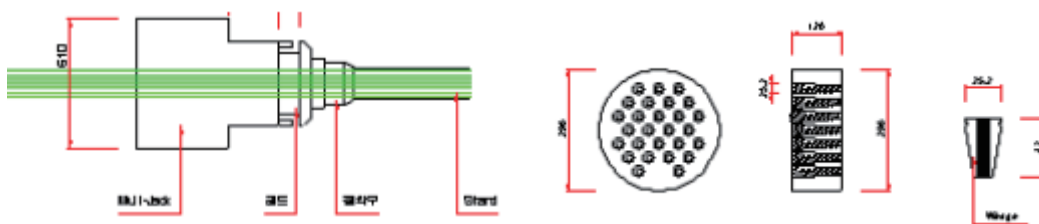
> 강봉 삽입 및 Anchorage plate 설치

② 강연선 인장

Part	규격	단위	수량	비고
강연선(T1~T8) 인장	SWPC 7B, 27Nos-φ15.2mm	ton	4.76	개소
Anchorage Head 설치	27φ15.2, φ290*120L	EA	16	개소
Wedge 설치	φ15.2, φ25.2*42L	EA	432	개소



> 강연선 인장용 Multi-Jack



● 잭의 제원 : HKPCS02-600

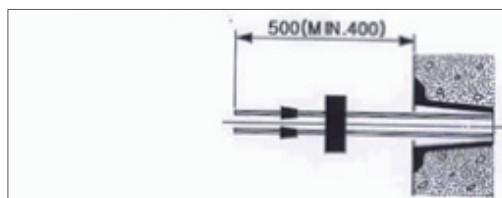
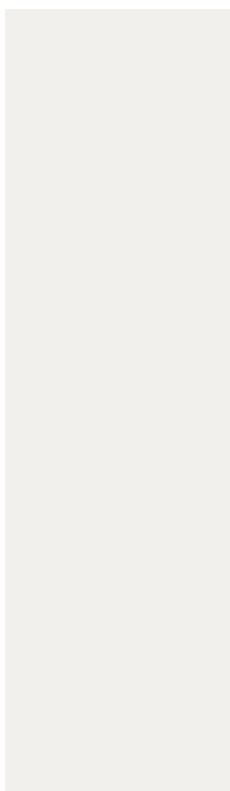
구분	내용	비고
제조원	(주)한국피씨에스	
정격 용량	5,880KN(600tonf)	
내부 압력	66.872MPa(682.097kg/cm ²)	
인장시 실린더 면적	879.64cm ²	
스트로크	250mm	
직경	Φ610mm	
총중량	600kg	



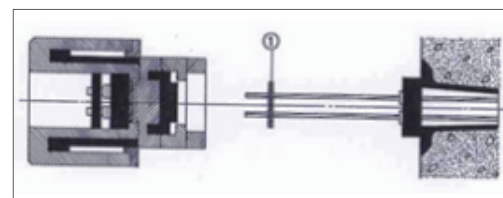
> 강연선 인장용 Pump

● PUMP의 제원 : 77-159A

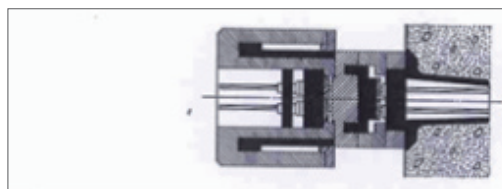
형식	Max. operating pressure [bar]	Capacity oil volume [l /min]	Effective oil amount [l]	Weight [kg]	Dimension L×W×H [mm]
Hydraulic pump	600	3	10	50	420/380/450
제조원		RIKEN(Japan)			



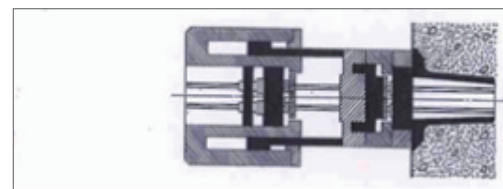
① 강연선을 삽입한 후, 정착판의 앞면을 깨끗이 정리하고 Anchor block 및 Wedge는 정착판에 최대한 밀착되게 설치한다.



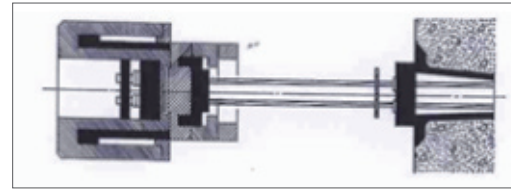
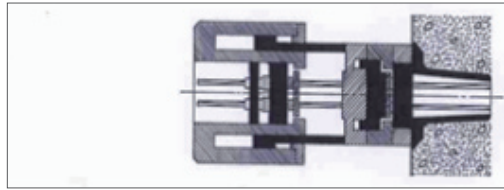
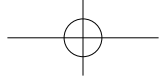
② 헤드 지지대(Head Bracket)를 정착 지압판에 밀착시키고 강선 유도판을 강연선의 끝에 끼워 Multi-jack의 배열과 강연선의 배열을 일치시킨 후 Multi-jack을 강연선의 배열에 맞게 헤드 지지대에 최대한 밀착시켜 강선의 늘어짐을 최소화 줄인다.



③ Multi-jack을 설치하기 전에 실린더를 2~3회 시험 작동을 한 후, 강연선의 배열에 맞게 끼우고 ①의 흡과 일치시킨 후 정착판에 최대한 밀착시킨다.



④ 펌프를 작동시켜 신장량 및 압력을 기준하여 인장을 실시한다. 신장량의 체크는 압력계기가 50 ~ 100kg/cm² 상승마다 Stroke의 길이를 체크하여 기록한다.



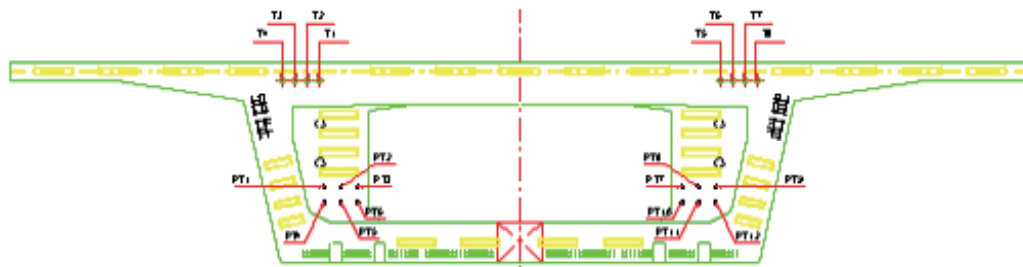
⑤ 인장축 Cylinder가 고정된 상태에서 정착 Cylinder를 가동시켜 정착쐐기(Wedge)를 박아 강선의 복원력으로 생기는 신장량의 손실을 막고 정착을 완성한다.

⑥ 정착 후 인장쐐기(Stressing Wedge)를 탈형하고 피스톤을 완전히 후퇴시켜 Multi-jack을 분리한다.



> 강연선 인장

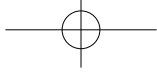
(2)-1 설계 신장량



구분	파상마찰계수 (k)	곡률마찰계수 (μ)	탄성계수 (Es)	공칭면적 (As)	긴장력 (F)	비고
0.6"-27NOS	6.60E-07/mm	0.25/rad	197000N/mm ²	3744.9mm ²	5224KN	

구분	단위	VW1, VW2 (영중도 방향)								비고
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
총길이(L)	mm	22932	13982	22932	13932	23062	14112	23062	14062	
Elongation (신장량)	mm	153.4	93.8	151.4	92.3	154.2	94.7	152.2	93.1	

구분	단위	VW1, VW2 (송도 방향)								비고
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
총길이(L)	mm	23182	14232	23182	14182	23310	14360	23310	14310	
Elongation (신장량)	mm	155	95.5	153	93.9	155.9	96.3	153.9	94.8	



구분	단위	VW3 ~ VW6, VE4								비고
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
총길이(L)	mm	23100	14150	23100	14100	23100	14150	23100	14100	
Elongation (신장량)	mm	154.5	94.9	152.5	93.4	154.5	94.9	152.5	93.4	

구분	단위	VE1 ~ VE3 (영중도 방향)								비고
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
총길이(L)	mm	22934	13984	22934	13934	23048	14098	23048	14048	
Elongation (신장량)	mm	153.4	93.8	151.4	92.3	154.1	94.6	152.2	93	

구분	단위	VE1 ~ VE3 (송도 방향)								비고
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
총길이(L)	mm	23151	14201	23151	14151	23265	14315	23265	14265	
Elongation (신장량)	mm	154.8	95.3	152.8	93.7	155.6	96	153.6	94.5	

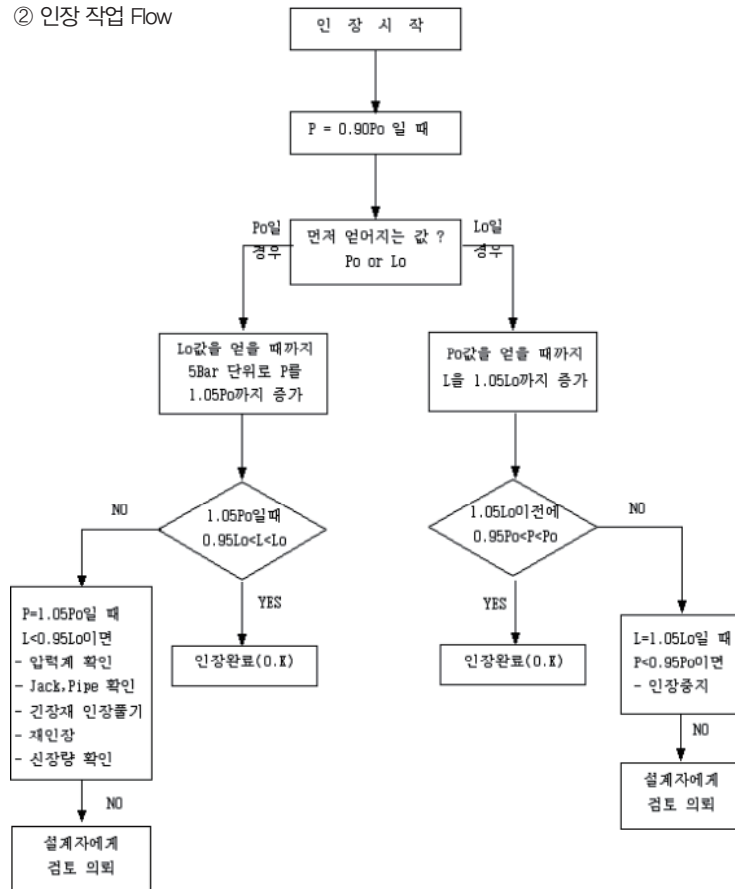
(2)-2 인장 적정성 판단 방법

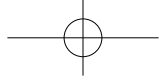
① 인장 순서

(강연선 인장) T1, T5 → T3, T7 → T2, T6 → T4, T8

→ (강봉 인장) PT3, PT7 → PT2, PT8 → PT6, PT10 → PT5, PT11 → PT1, PT9 → PT4 → PT12

② 인장 작업 Flow





③ 인장 작업 시 TENDON 신장량의 실측 및 기록

- 신장량 및 압력을 기준하여 인장을 실시한다.
- 압력계는 년 1회 또는 유사시에 검측하고, 그 날짜를 CALIBRATION 표식지에 기록한다.
- 신장량의 관리 한계는 여러 번 측정하여 표준편차를 이용해야 하나 일반적으로 $\pm 5\%$ 를 기준으로 한다.
- 초기 측정 단위까지는 신장량을 측정하지 않고 설계압력단위의 50~100Bar 단위까지의 신장량은 그래프로 보정하여 초기상태의 신장량을 구한다.
- 긴장력 및 신장량은 설계값의 $\pm 5\%$ 이내에서 동시에 만족하도록 관리한다.
- 신장량은 mm 단위로 관리하고 각 TENDON의 인장 순서대로 측정 규정 양식에 기록한다.
- 정착 후 Strand는 정착구 표면에서 2~3cm 띄어 절단한다.
- 프리스트레싱 장치는 다음의 시기에 반드시 Calibration을 해야 하며, 그 결과를 감독자에게 보고해야 한다.
 - 최초의 프리스트레싱 직전
 - 잭(Jack) 또는 펌프 수리 및 조합 변경 시
 - 장기 작업 중단 후 작업 재개 시
 - 계산치와 측정치가 현저히 다를 때

④ 인장 작업 시방 규정

● TENDON의 계산 신장량과 실측치의 허용오차의 각 시방 규정

계산 신장량과 실측치와의 허용오차 범위는 다음과 같다.

- 설계상의 인장력 및 늘임량과 실제 인장시의 값이 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

(고속도로공사 전문시방서(토목편), 한국도로공사 P7-57)

- TENDON 한 개당 $\pm 15\%$, 동일 단면내의 모든 텐던에 대하여 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

(CEB-FIP MODEL CODE 1990)

- 각 TENDON에 대하여 $\pm 15\%$, 한 단면내의 모든 텐던에 대하여 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

(DIN 4227, Part 1, paragraph 5.3(2))

- TENDON 한 개당 $\pm 15\%$, 동일 단면내의 모든 텐던에 대하여 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

(인천대교 시방서 (AASHTO Grade 270))

● 강연선의 허용응력(포스트텐셔닝의 경우)

구분	도로교 설계기준 2000(P308)	콘크리트 구조설계기준 (P186)	인천대교 설계기준
정착전 짧은 시간동안	0.90fpy	0.8fpu 또는 0.94fpy 중 작은 값	0.90fpy
정착후 정착부에서의 응력	0.70fpu	0.7fpu	0.70fpu

(3) 강봉 인장

Part	규격	단위	수량	비고
강봉(PT1 ~ PT12)	SWPR 785/1030,φ40(L=3.8m)	EA	12	개소
Anchor plate 설치	SWPR 785/1030,φ40	EA	24	개소
Nut 설치	Domed nut	EA	24	개소

● 사용잭의 제원 : DYWIDAG Threader Jack Series 01

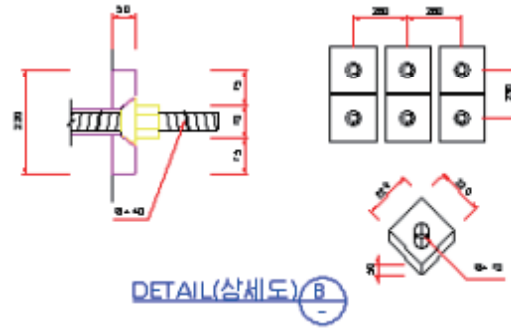
구분	내용	비고
제조원	DYCKERHOFF&WIDMAN	
정격 용량	1,100kN(100tonf)	
인장시 실린더 면적	235,62cm ²	





스트로크	50mm	
총중량	46kg	
Length	494mm	
Diameter	267mm	

- 강봉, Anchorage plate, Domed nut를 설치한 후, 강봉 인장용 Jack을 설치한다.



> 강봉, Anchorage plate, Domed nut 설치

- 강봉을 인장(939kN/EA)한다.

강봉 인장 순서 : PT3, PT7 → PT2, PT8 → PT6, PT10 → PT5, PT11 → PT1, PT9 → PT4, PT12

- 신장량을 확인한 후 Nut로 고정한다.

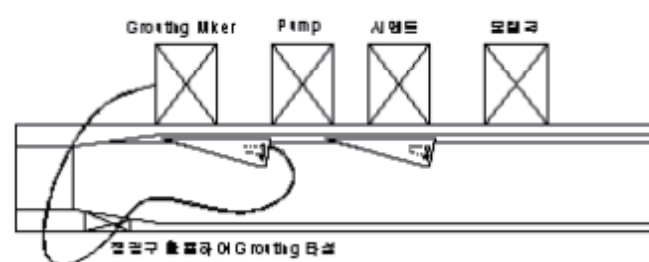


> 강봉 인장

7) 쉬스관 Grouting 및 강연선용 정착구 Grouting

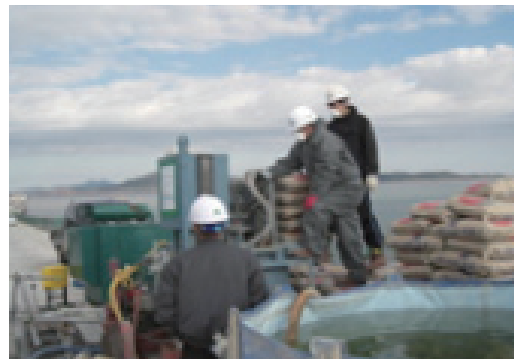
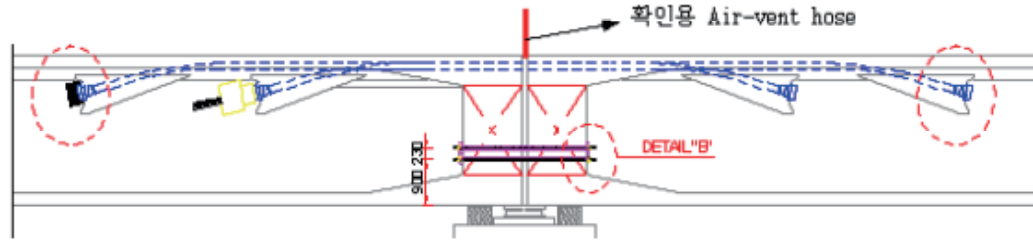
Part	규격	단위	수량	비고
강연선용	130/133	EA	8	1,424m³/개소
강봉용	100/105	EA	12	0.198m³/개소

- > Grouting Layout





- 정착단부의 헤드(Head)와 정착뿔기(Wedge) 사이의 공간은 시멘트 몰탈을 잘 개어 $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 압력에도 새지 않게 미세한 공간도 잘 막는다. 정착구 쪽에 있는 주입구에 Hose를 설치하여 Grouting(※W/C 45% 이하, 유하시간 6~12초 등)을 실시하고, 반대쪽으로 몰탈이 나오는 것을 확인한 후, 몰탈이 새지 않도록 시멘트 몰탈로 막아 주고, Air-vent hose를 막는다.



> 강연선 쉬스관 그라우팅

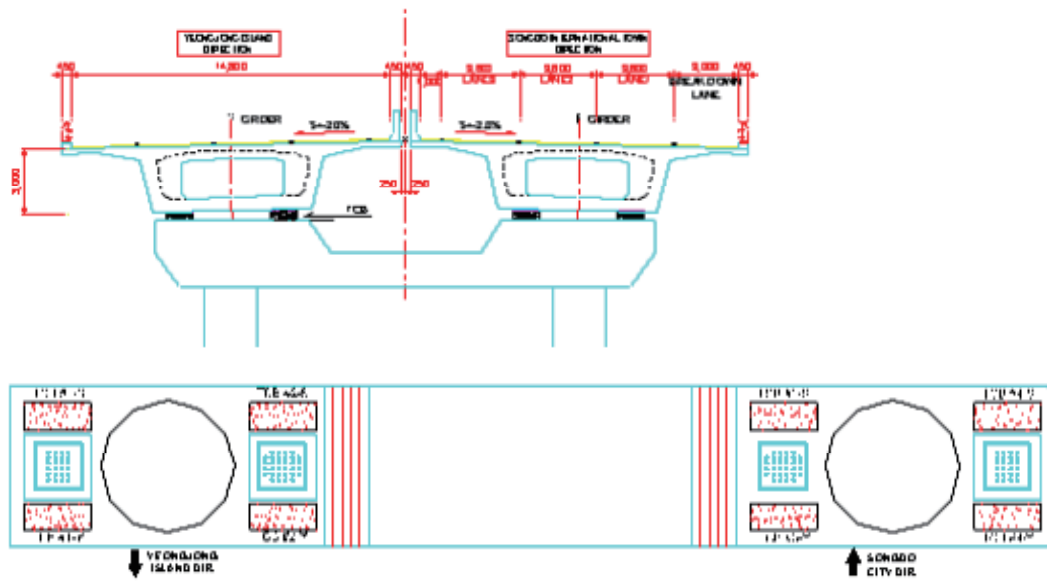
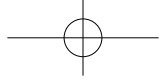
- 양생 후 몰탈이 굳으면 정착구 쪽에 거꾸집을 설치하고, Grouting 하여 마감한다.
[Grouting 거꾸집 설치 및 탈형]
- 강봉은 Grouting hose가 부착된 보호캡을 인장단, 고정단 양단 모두 씌우고, 인장단에서 Grout를 주입하여 고정단에서 몰탈이 흘러나오는 것을 확인한 후 마감한다.



> 강봉 쉬스관 그라우팅

8) TCB(Temporary Concrete Block, 거더 임시 받침) 제거

구 분		단위	1. 서측 구간	2. 동측 구간	계
TCB 해체	① TCB 해체(4EA/개소)	개소	190	78	268



> 고가교 거더 연속화 구간 단면

① 임시 콘크리트 블럭(이하 TCB) 고정용 앵글 제거

– TCB 주변에 모래 보호용으로 설치되어 있던 앵글을 산소 절단기 등을 이용하여 제거한다.



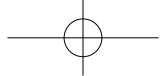
> 고정용 앵글 제거

② TCB Elevation Setting용 모래 제거

– TCB Elevation Setting용 모래를 워터제트 등을 이용하여 제거한다.

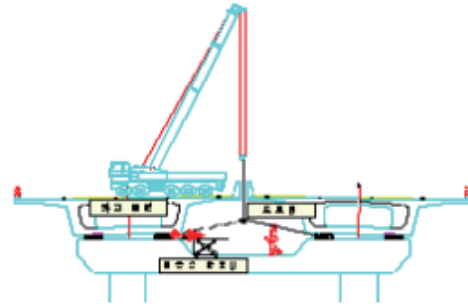


> TCB 하부 모래 제거

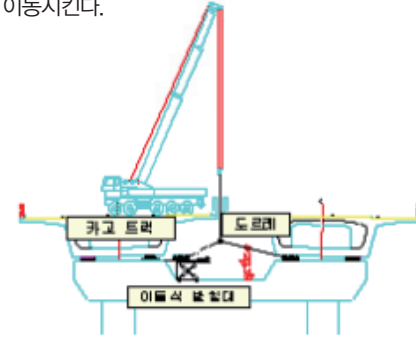


③ TCB 제거

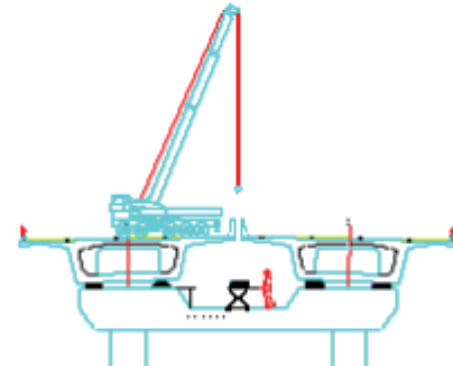
- T.C.B 제거 순서 : (TCB #2-S → TCB #3-S) → (TCB #2-Y → TCB #3-Y) → (TCB #1-S → TCB #4-S) → (TCB #1-Y → TCB #4-Y)
- TCB #2-S 제거



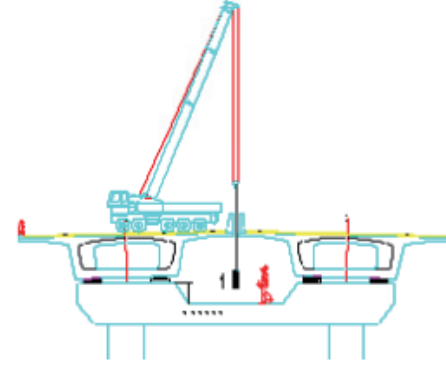
- 모래가 제거된 TCB #2-S에 와이어를 체결하고, TCB #3-S 쪽으로 와이어를 고정하여 거더 중앙부 위치에 도르레를 설치한 후, 카고 트럭을 이용 TCB #2-S를 이동시킨다.



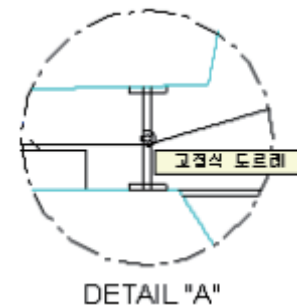
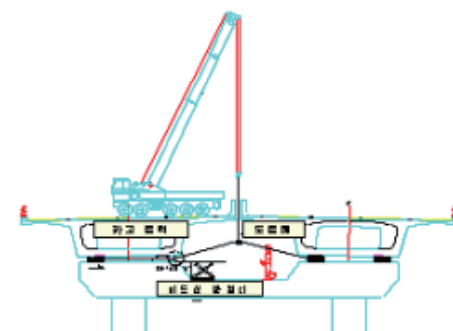
- 이동된 북측(내측) TCB #2-S를 카고 크레인을 이용 이동식 받침대에 올린다.



- 이동식 받침대에 올려진 TCB #2-S를 인력으로 코핑 중앙부로 이동시킨다.



- 코핑 중앙부까지 이동된 TCB #2-S를 카고 트럭을 이용하여 교상 위로 인양하여 지정된 장소로 반출한다.



DETAIL "A"

- TCB #3-S

- TCB #3-S를 이동시키기 전, 거더 하단부와 코핑 사이에 고정식 도르레를 설치하여 TCB #3-S 이동시 와이어가 거더 하단부에 간섭이 되지 않도록 이동시킨다.
- 이동된 TCB #3-S를 카고 트럭을 이용 이동식 받침대에 올린다.
- 후속 작업은 "TCB #2-S" 제거하는 방법과 동일하다.
- 상기의 작업과 동일한 방법으로 "(TCB #2-Y → TCB #3-Y) → (TCB #1-S → TCB #4-S) → (TCB #1-Y → TCB #4-Y)" 제거한다.

9) 콘크리트면 보수

- Honey Comb, 단면 탈락, 균열 등은 결함보수 절차서에 준하여 보수한다.

