



강구조물의 21세기 전망



조 선 규*

1. 강재의 발달

인류가 철을 처음으로 사용한 것은 기원전 4천 년으로 소아시아 지역에서 사용된 것으로 알려져 있으며, 기원전 3천년경에는 메소포타미아, 이집트 등 당시 큰 문화를 일으킨 지역에서 철이 사용된 것으로 추정되고 있다.

그러나 역사학자들은 철이 인류문명에 영향을 미치기 시작한 시점을 기원전 8세기 경으로 보고 있으며 이때부터를 철기시대로 구분하고 있다. 아직도 현대를 철기시대라 부를 수 있는데 영국의 존 와이아트(John Wyatt)가 1735년에 방적기를 발명하고 이어서 1769년에 제임스 와트(James Watt, 1736~1819)가 증기기관을 실용화시킴에 따라 일어난 산업의 변혁은 강구조 기술에도 큰 변화를 가져왔다. 대규모 공장의 출현으로 이때부터 오늘날의 강구조물이 시작되었다고 볼 수 있다.

산업화에 따르는 교통의 발달로 도로교는 새로운 구조가 필요하게 되었고 철도의 출현은 철교를 필요로 하게 되었다. 철도 다리를 세우는 것은 이미 중세기 무렵부터 시도되었다고 하는데 본격

적인 철교는 1779년에 준공된 영국의 콜브룩데일(Coalbrookdale)의 제철소에서 그 앞을 흐르는 세 번 강을 건너는 다리(Iron Bridge, 그림 1)가 최초의 예라고 한다. 이후 유럽은 공업화 사회가 됨에 따라 본격적인 아치구조, 트러스 구조의 강구조물이 필요하게 되고, 한편 수상교통, 육상교통의 발달에 따라 강구조로 된 도로교, 철도교 등이 나오게 되었다.

이러한 강구조의 발달에는 제철제강기술 분야에 관련된 기본적인 기술과 강구조의 설계, 시공에 관련된 이용기술 등의 두 가지 큰 분야가 있고 이들과 관계있는 주변기술의 발달도 주요한 요소이다.

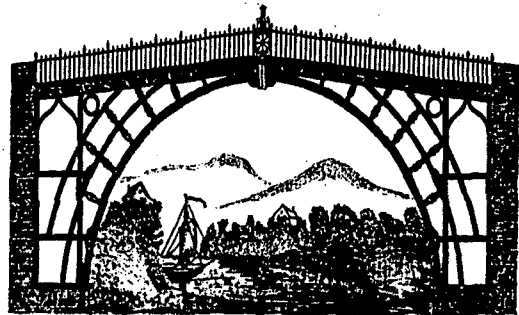


그림 1 콜브룩데일의 다리(Iron Bridge)

* 정희원 · 서울산업대학교 토목공학과, 교수
(skcho@duck.snut.ac.kr)

과거의 자연과학의 발달과 사회 경제의 변화가 오늘날의 고도산업사회를 가져왔고, 강구조가 산업사회의 한구석을 받쳐왔듯이 앞으로의 강구조 분야의 발전은 미래의 사회발전을 밑받침하는 준비가 될 것이다.

1.1 제철기술의 발전

철로 된 도구와 무기가 나타난 것은 기원전 1100년 이후라고 한다. 이때의 제철은 내화성이 있는 돌로 쌓아 만든 연로(bloomery)에서 숯과 철광석을 교대로 켜로 놓아 숯불을 피워 바람을 불어넣어서 철광석을 환원시켜 쇠를 녹여냈다고 추측하는데, 온도는 400~800℃ 정도로 쇠가 완전히 녹아내리지는 못하였을 것이다.

15세기 무렵 유럽에서는 독일지역에서 목탄을 원료로 하는 고로가 만들어졌다. 수차를 이용하여 바람을 일으켜서 고로 속에 강한 바람을 불어넣어 온도를 높여서 선철(pig iron)을 만들어냈다. 그리고 본격적인 철강의 시대를 열게한 계기는 1856년에 헨리베세머(Henry Bessemer)가 고안한 “베세머 제강법”에 근거한다고 할 수 있다. 베세머의 새로운 제강법은 불과 10분 내지 20분만에 3~5톤의 강철을 생산할 수 있어 짧은 시간 대량의 강철제조가 가능하게 되었으며, 19세기말에는 독일, 미국에 종합제철 공장이 탄생하게 되었다. 1950년대에 이르러 소위 현대 제철법이라 할 수 있는 순산소 제강법인 L-D 전로제강법이 일반화 되었으며 현재 국내에서도 사용하고 있다.

1.2 이용기술의 발전

철강이 대량생산 되기 시작한 것은 19세기 중반 이후로, 과거에는 생각도 할 수 없었던 대규모 구조물이 접합기술의 발전으로 가능하게 되었다.

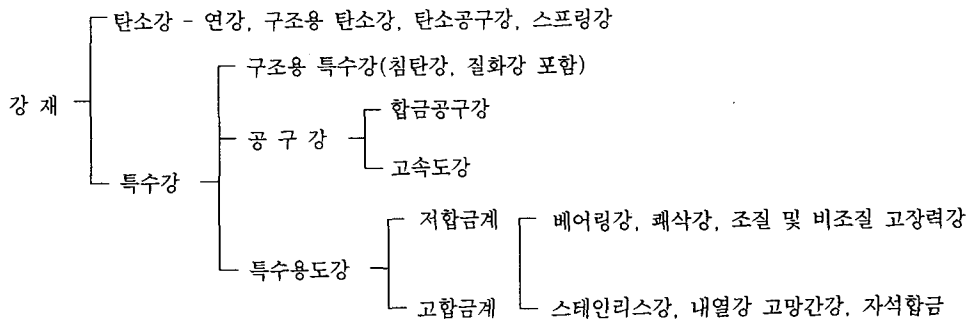
접합법에 대해 살펴보면 인류는 이미 BC 3000년, 즉, 철이 사용되기 시작한 비슷한 시점에 soldering 기술을 사용하기 시작하였다.

그러나 용융→응고 과정을 거쳐 모재와 동등 수준의 강도를 가질 수 있는 용접(소위 modern joining process)의 탄생은 19세기말 전기가 발견되고, 이를 새로운 열원으로 이용하게 되고 부터이다. 이때부터 대량으로 생산되는 강철을 손쉽게 조립하기 위한 용접기술의 개발이 눈부시게 이루어지게 된 것이다.

1930년대에는 소위 TIG 프로세스가 개발되어 용접부의 품질을 한층 높일수 있게 되었고 이를 이용하여 비행기의 제작에 용접이 이용되기 시작하였으며, 서브머지드 용접법이 개발되어 교량 등 대규모 구조물을 제작할 수 있었다.

1947년에는 국제용접협회가 창립되었고, 이후 새로운 용접법이 개발되기 시작하였다. 1950~60년대에는 미그, 일렉트로 슬러그용접법 등이 개발되어 현재에도 널리 사용되고 있으며, 1980년대에 들어서는 로봇에 의한 자동용접기술이 개발되어 작업능률을 보다 향상시키는 전기가 되었다고 할 수 있다. 강구조물의 발전에는 용접분야의 기술이 크게 기여하였다고 볼 수 있다.

표 1 성분에 따른 강재의 분류



2. 강재의 분류 및 장단점

철은 아직까지는 모든 금속 중에서 가장 값이 싸고, 알루미늄(Al) 다음으로 지구상에 많이 존재하는 원소이다. 순철 자체로서는 비교적 그 응용범위가 제한되어 있으므로 대부분의 철은 탄소강의 형태로 사용되고 있다. 그러나 탄소강으로서 모든 성질을 우수하게 갖추어 줄 수는 없으므로 용도에 따라 특수한 성질을 부여하기 위해서 합금원소를 함유하는 특수강이 널리 사용되고 있다.

2.1 성분에 따른 강재의 분류

공업용 강재는 전술한 바와 같이 Fe를 주성분으로 하고 C, Si, Mn, P, S 등의 원소들을 함유하고 있으며, 이 성분 중 C와 Mn은 강재의 성질에 큰 영향을 미친다. 함유된 성분에 따라 강재를 분류하는 일반적인 방법은 표 1과 같다.

2.2 강재의 내구성

2.2.1 마모

마모(wear)란 작용력이 가해져 재료 표면층을 구성하는 미소부분이 연속적으로 박리하는 현상이다.

(1) 마모의 종류

- 1) 응착마모(adhesive wear)
- 2) 연삭마모(abrasive wear) 및 절삭마모(cutting wear)
- 3) 부식마모(corrosive wear)
- 4) 표면피로(surface fatigue)
- 5) 에로전(erosion)

2.2.2 부식

부식(corrosion)이란 금속이 어떠한 환경에서 화학적 반응에 의해 손상되는 현상으로 부식환경에 따라 습식(wet corrosion)과 건식(dry corrosion)으로 대별되며 다시 전면부식(general corrosion)과 국부부식(localized corrosion)으로 분류된다.

부식에 있어 전면부식은 그 부식속도로부터 수

명 예측이 가능하나 국부부식은 전혀 예측할 수 없기 때문에 문제로 되고 있다.

2.2.3 피로

사용도중 구조물의 용접부 부근 등에 생기는 균열은 작은 하중의 반복이 원인으로 발생하는 경우가 많다. 강재에 일정하중이나 변동하중을 지속적으로 작용시키는 경우 허용응력 이하의 작은 응력상태에서도 균열이 발생하고 성장하는 과정을 피로(fatigue)라 한다.

강재의 피로파괴면은 재료의 종류 및 응력집중 정도, 파괴시의 하중조건, 환경 등에도 관계가 있지만 피로파괴 파면은 육안으로 쉽게 식별할 수 있는 경우가 많다.

2.3 강재의 장·단점

구조재로서의 강재의 장점은 다음과 같다.

- (1) 강재는 다른 구조재료에 비해서 단위면적당의 강도가 대단히 크며, 사하중이 작기 때문에 장경간 교량 등에 유용하게 쓰일 수 있다.
- (2) 강재는 균질성을 가지고 있다.
- (3) 강재는 다른 구조재료보다 탄성적이며 설계가정에 가깝게 거동한다.
- (4) 강재는 내구성이 우수하다.
- (5) 강재는 높은 인장응력하에서도 파괴되지 않으면서 커다란 변형에도 저항할 수 있는 연성을 가지고 있다.
- (6) 강구조는 손쉽게 구조 변경을 할 수 있다.
- (7) 볼트, 용접 등 연결재를 사용하여 체결할 수 있다.
- (8) 사전조립이 가능하며 가설 속도가 빠르다.
- (9) 다양한 형상과 치수를 가진 구조로 만들 수 있다.
- (10) 구조물을 해체하여 재사용이 가능하며, 구조재료 사용이 불가능한 경우에는 고철 등으로 재활용이 가능하다.

상기에서 기술한 바와 같이 강재는 우수한 구조재임에는 틀림없으나 아래와 같은 단점을 가지

고 있다.

- (1) 유지비용이 많이 든다. 자연에 노출된 강재는 부식되기 쉬우며 정기적으로 도장을 해야한다.
- (2) 강재는 내화성이 약하다.
- (3) 압축재로 사용한 강재는 좌굴 위험성이 많다.
- (4) 강재는 수 많은 반복하중에 의해 피로(fatigue)가 발생하여 강도의 감소 또는 파괴가 일어날 수 있다.

3. 강재를 사용한 토목구조물

3.1 강재 생산량 및 철강재 소비 추이

3.1.1 강재생산량

국가별, 회사별 강재 생산량 및 순위는 다음 표와 같다. 표에 나타난 바와 같이 우리나라는 국가별에서는 6위, 회사별로는 POSCO가 세계 제 1위 조강 생산회사로서 명실상부한 세계 상위의 철강 국가이다.

표 2 국가별 순위 (백만톤,%)

		1998			1997	
		순위	조강(粗鋼)생산	증감율	순위	조강(粗鋼)생산
중미 일 독 러	국	1	114.3	5.0	1	108.9
	국	2	97.7	-0.8	3	98.5
	본	3	93.5	-10.5	2	104.5
	일	4	44.0	-2.2	5	45.0
	아	5	43.8	-9.6	4	48.5
한	국	6	39.9	-6.2	6	42.6
이 브 우	탈	7	25.8	-0.2	8	25.8
	리	8	25.8	-1.5	7	26.2
	아	9	24.4	-4.6	10	25.6
	나	10	23.9	-2.6	9	24.6
인	다	10	23.9	-2.6	9	24.6
북	한	64	0.3	-50.0	57	0.6

자료 : HSI('99. 3)

표 3 회사별 세계순위 (백만톤, %)

	1998			1997		
	순위	조강(粗鋼)생산	증감율	순위	조강(粗鋼)생산	증감율
POSCO(한국)	1	25.57	-3.3	2	26.43	8.7
Nippon Steel(일본)	2	24.07	-10.6	1	26.93	6.4
Arbed group(독일)	3	20.30	62.5	7	12.50	6.2
LNM Group(영국)	4	17.20	57.8	11	10.90	16.1
Usinor(프랑스)	5	16.40	1.9	5	16.10	7.6
British Steel(영국)	6	16.31	-4.1	4	17.00	5.5
TKS(독일)	7	14.80	-14.9	3	17.50	-
Riva(이탈리아)	8	13.31	-10.1	6	14.80	5.0
CSC(대만)	9	10.87	22.3	16	8.89	39.1
NKK(일본)	10	10.54	-5.2	10	11.12	6.3
US Steel(미국)	11	10.17	-9.2	9	11.20	7.9

(주) LNM Group : Ispat International(멕시코, 캐나다, 트리니다드, 아일랜드, 독일) + Ispat Karmet(카자흐스탄) + Ispat Indo(인도네시아)

자료 : Metal Bulletin('99. 3)

3.1.2 철강재의 소비 추이

○ 국내 강재수요('97) (단위 : 천톤)

구 분	제 조 업	건 설 업	계
수 요 량	20,794	17,290	38,084
백 분 율 (%)	54.6	45.4	100

○ 건설산업의 철강 소비 추이 (단위 : 천톤, %)

구 분		국 내				일 본 ('97)
		'85	'90	'94	'97	
건 설 산 업	토 목	2,266 (23.8)	2,488 (12.9)	4,682 (16.3)	6,782 (17.8)	9,951 (12.3)
	건 축	2,418 (25.4)	6,953 (36.2)	8,638 (30.1)	10,508 (27.6)	25,758 (31.7)
	계	4,684 (49.2)	9,441 (49.1)	13,320 (46.4)	17,290 (45.4)	35,709 (44.0)

주 : ()는 전체 강재소비에서 차지하는 비중
 자료 : POSRI(1998)

3.2 장대강교량 현황

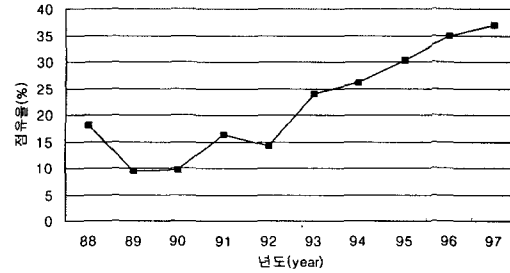
3.2.1 강교의 점유율 변화 추이

국내 강교량 점유율 변화 추이는 아래 표 4와 같으며, 국가경제 발전과 강교에 관한 기술개발에 따라 장경간 교량과 미관의 우수성을 고려한 강교의 점유

표 4 강교의 점유율 변화 추이 ('88~'97)

년도	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
총 연장(Km)	35.5	27.6	32.5	38.3	53.9	49.1	65.8	62.4	71.8	50.1
강교연장(Km)	6.3	2.6	3.1	6.3	7.6	11.9	17.2	18.9	25.1	18.5
점유율(%)	18.0	9.5	9.6	16.4	14.2	24.1	26.1	30.3	35.0	37.0

(자료원 : 건설교통부, 한국건설기술연구원, 한국강구조학회)



율이 점증하고 있는 추세를 보이고 있다.

3.2.2 장대강교량 현황

장대교량이라 함은 말 그대로 길고 큰 교량을 의미하는 것으로 통상길이가 500m를 넘는 교량을 말한다.

(1) 외국의 장대교량

선진 외국 특히 미국이나 일본 그리고 일부 유럽 국가에서의 장대교량은 1937년 준공된 San Francisco의 Golden Gate Bridge 이후 기록경쟁이라도 하

표 5 세계의 대표적 장대교량

구 분	교 량 명	소 재 국	연 장	최장경간	교량형식	준공년도
1	Akashi Kaikyo교	일본	3,910m	1,990m	현수교	1998
2	Great Belt East교	덴마크	2,694m (6,784m)	1,624m	현수교	1997
3	Humber교	영국	2,220m	1,410m	현수교	1981
4	Jiangyin교	중국		1,385m	현수교	1998
5	Tsing Ma교	홍콩	2,160m	1,377m	현수교	1997
6	Verrazano Narrow교	미국	2,039m	1,298m	현수교	1964
7	Golden Gate교	미국	1,966m	1,280m	현수교	1937
8	High Coast교	스웨덴	1,815m	1,210m	현수교	1997
9	Mackinac교	미국	2,255m	1,158m	현수교	1957
10	Minami Bisan-Seto교	일본	1,648m	1,100m	현수교	1988
11	Faith Sultan교	터어키		1,090m	현수교	1988
12	Bospour교	터어키		1,074m	현수교	1973
13	George Washington교	미국		1,066m	현수교	1931

표 6 세계의 유명 사장교

구분	교 량 명	소재국	연장	최장경간	형 식	준공년도
1	Tatara교	일본		890m	Steel	1999
2	Normandy교	프랑스	2,141m	858m	Steel + P.C	1995
3	Qingzhou교	중국		605m	Steel	1996
4	Yangpu교	중국		602m	Steel	1993
5	Xupu교	중국		590m	Steel	1996
6	Meiko Chou교	일본		590m	Steel	1997
7	Tsurumi교	일본	1,020m	510m	Steel + P.C	1997

듯이 건설되기 시작하였으며, 그 대표적인 것들을 정리하면 표 5와 같다.

표 5에 수록된 교량들은 세계적으로 경간장이 가장 큰 순서로 정리한 교량들로서 대부분 바다나 호수를 건너다던지 섬을 연결하는 관계로 교각을 많이 세우기 어려워 장경간이 요구됨으로 자중경감을 위해 강재를 이용한 현수교로 건설되어 있다.

현수교 다음으로 장대교량 건설에 적합하게 활용되는 형식은 사장교로서 세계의 유명 사장교를 정리하면 표 6과 같다.

표 6에 나타난 세계적 최장경간의 사장교에 있어서도 순수 콘크리트교량은 없으며, 강교와 콘크리트교량을 복합한 2개의 교량은 주경간교인 사장교 구간은 강교로 하고, 연결교량을 콘크리트로

한 경우이다.

이렇듯 세계의 유명한 장대교량들은 현수교와 사장교가 주류를 이룰 뿐 아니라 그 소재는 대부분이 강재를 사용하여 건설한다는 것을 한 눈에 알 수 있다.

(2) 우리나라의 장대교량

현재 공사중이거나 최근에 준공된 우리나라의 장대교량들의 내용을 보면 표 7과 같다.

3.3 주요 강 구조물 소개

3.3.1 폭풍우 충격 대비 방벽

현대에 들어 댐 건설에서 독자적이고도 독창적

표 7 최근의 대표적 장대교량

교 량 명	규 모		구조형식	최장경간	특기사항
	폭	연장			
서해대교	25.2m	7,310m	사장교(990m) P.C 교(6,320m)	470m	
영종도 연육교	29m	4,420m	Turss교(2,250m) 현수교(550m) 강상형교(1,620m)	300m	상부 6차로, 하부 4차로 및 철도부선
방화대교	28.8m	1,665m	Trussed Arch(180m) 강상형교(1,485m)	188m	
광안대교	18.0m~25.2m	7,420m	Truss교(780m) 현수교(900m) 강상판교(5,740m)	500m	
청담대교	27m	1,050m (2,220m)	강상판 및 강상형교	90m	상부6차로, 하부지하철부선
가양대교	29m	1,515m	강상판교	200m	

* 자료조사원 : 각 교량 설계업체 및 관련 시공업체

인 발전을 거듭해온 나라는 네덜란드이다. 국토의 대부분이 해수면보다 낮은 악조건 속에서 생활해 온 네덜란드 사람들은 오래 전부터 수자원 관리에 남다른 능력을 보여왔다. 20세기에 들어와 수자원 공학 기술이 더욱 발전하자 네덜란드는 댐을 이용한 홍수, 폭풍우 방비에 주목하기 시작한다.

이와 관련해 세계적인 주목을 받으며 건설된 대토목공사가 '델타 프로젝트'라고 일컬어지는 건설사업이었다.

댐의 건설과 함께 델타 프로젝트를 돋보이게 한 것은 방대한 규모의 제방공사로 뉴 워터웨이 에 건설된 '폭풍우 충격대비 방벽 공사'(그림 2)였다. 두 개의 반원형 강철로 이루어진 이 방벽은 각각 1만 5천톤의 강철로 만들어졌다. 여기에 사용된 강철의 양은 에펠탑 두 개를 세울 수 있는 어마어마한 물량이었다.

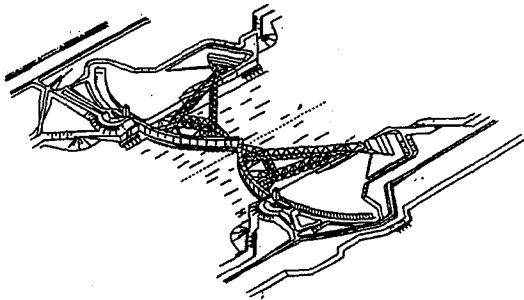


그림 2 폭풍우 충격대비 방벽



일본 오사카 인근 해역에 해상공항으로 건설된 간사이 공항.

그림 3 간사이 공항 전경

3.3.2 바다 위에 창조하는 새로운 대지, 해양구조물
 인공섬은 근대적인 항만 시설과 거대한 국제공항 등을 만들어 도시 교통의 거점, 발전소나 석유 비축기지, 오피스 빌딩이나 공원, 부두 등을 설치하는 새로운 도시이다. 이 분야에서는 현재 일본이 가장 앞서 있다. 일본 최초의 본격적인 해상공항을 목표로 건설한 간사이(關西)국제공항, 일본 석유 소비량의 약 8일 분을 비축할 수 있는 가고시마현(鹿兒島縣)의 석유 비축기지, 도시 근교형인 레크리에이션 기지를 목표로 건설되는 와카야마(和歌山)의 마리나 시티 등이 현재 건설 중인 거대한 인공섬의 대표적인 사례이다.

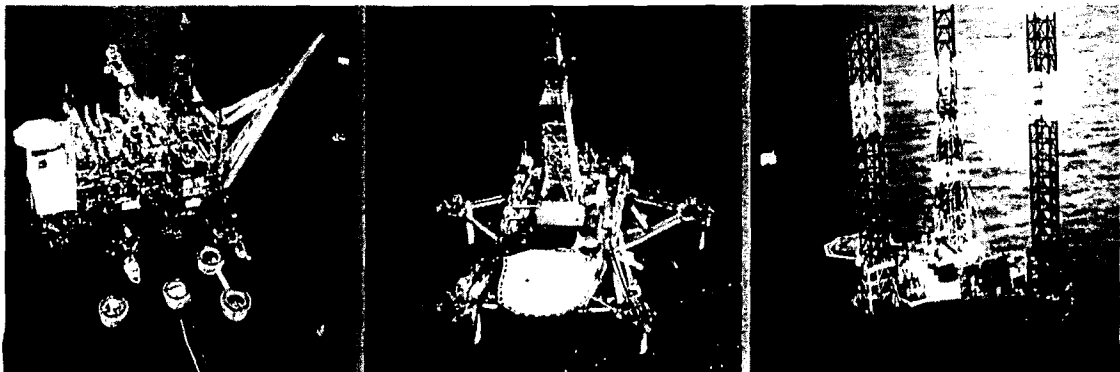


그림 4 해저 자원 개발에 사용되는 각종 해양 구조물

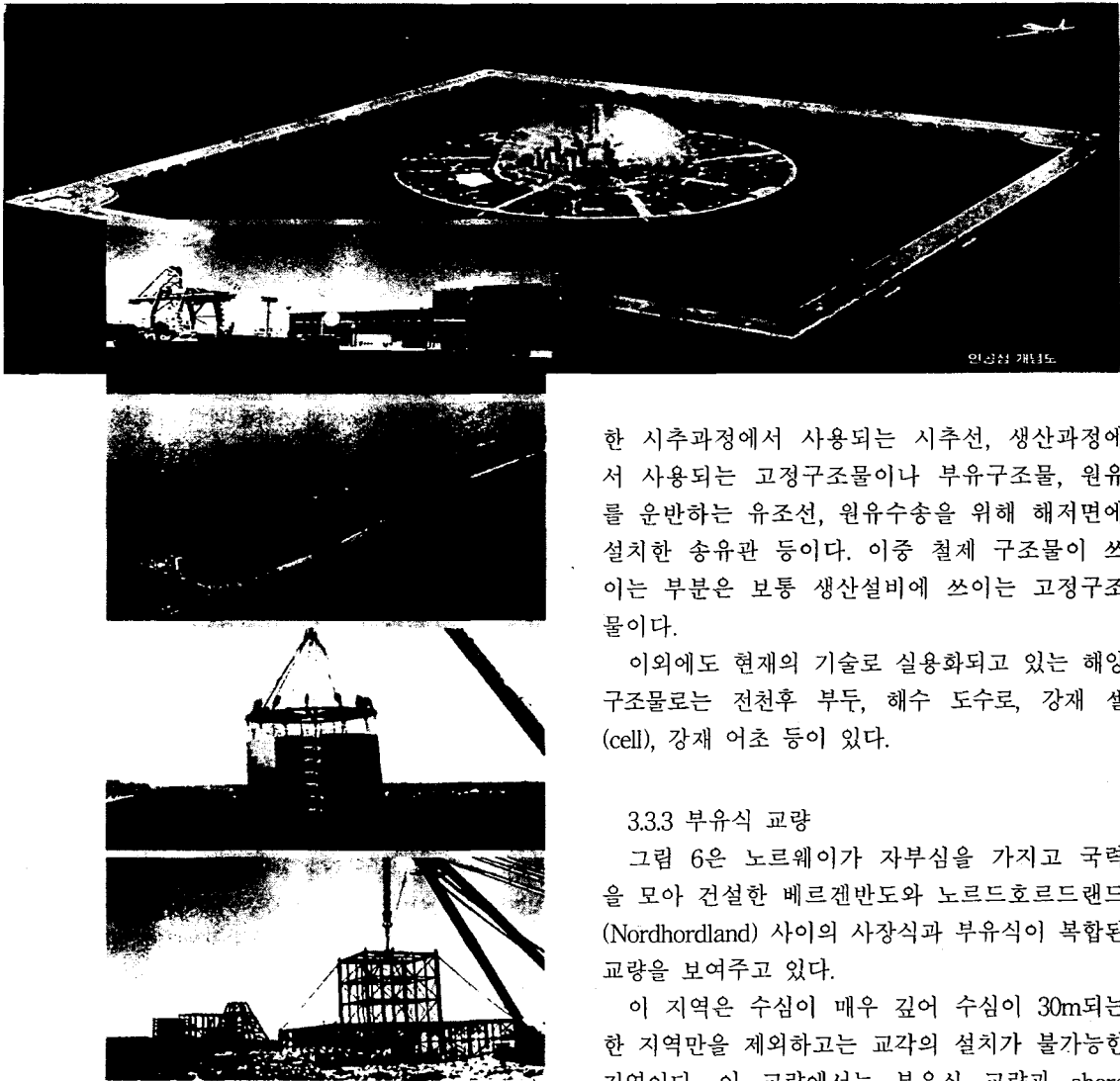


그림 5 현재 실용화되어 이용중에 있는 각종 해양구조물. 위에서부터 전천후 부두, 해수 도수로, 강제 셀, 강제 어초.

그리고 현재 이용되고 있는 대표적인 해양구조물로는 석유시추 시설을 들 수 있다.

해저 석유개발은 1970년 초의 오일쇼크 이후 활발해지기 시작했다. 이를 위해 각종 구조물이 필요하게 되었는데 이때 강철을 이용한 해양구조물이 등장한 것이다.

해저 석유개발에 사용되는 해양구조물은 용도에 따라 크게 4가지로 나뉜다. 석유탐사를 위

한 시추과정에서 사용되는 시추선, 생산과정에서 사용되는 고정구조물이나 부유구조물, 원유를 운반하는 유조선, 원유수송을 위해 해저면에 설치한 송유관 등이다. 이중 철제 구조물이 쓰이는 부분은 보통 생산설비에 쓰이는 고정구조물이다.

이외에도 현재의 기술로 실용화되고 있는 해양구조물로는 전천후 부두, 해수 도수로, 강제 셀(cell), 강제 어초 등이 있다.

3.3.3 부유식 교량

그림 6은 노르웨이가 자부심을 가지고 국력을 모아 건설한 베르겐반도와 노르드호르드랜드(Nordhordland) 사이의 사장식과 부유식이 복합된 교량을 보여주고 있다.

이 지역은 수심이 매우 깊어 수심이 30m되는 한 지역만을 제외하고는 교각의 설치가 불가능한 지역이다. 이 교량에서는 부유식 교량과 shore anchorage와의 접합부, 부유식 교량의 부유체 및 box girder, 부유교량과 사장교량간의 연결부 등에 있어서 기계 구조물에 버금가는 기능을 교량 구조물에 적용하기 위하여 설계 및 제작기술이 개발되었다.

움직이지 않는 고정 구조체인 교량을 움직이는 운동구조체로 바꾸는 사고와, 기술의 혁신은 고기능성 재료인 강재를 이용하지 않고는 이루어질 수 없으며, 이러한 기술의 개발은 향후 강재이용기술의 발전방향에 중요한 지표가 될 것이다.



그림 6 Nordhordland Bridge(노르웨이)

4. 차세대 구조용 강재의 개발 전망

철강재는 역사적으로 수요와 needs가 있을 경우 그 용도에 맞게 개발되어 왔고, 앞으로도 생산 기술과 이용기술 측면에서 개발될 여지가 매우 많은 소재이므로, 건설분야에 있어서 철강재의 역할은 다음 세기 건설기술발전과 needs가 어떻게 변할 것인가에 달려 있다고 할 수 있다.

그리고 21세기는 건설인들이 미래의 청사진으로 제시하거나 구상단계에 머물러왔던 아이디어들이 실현되는 시대가 될 것으로 확신한다. 100층 이상의 건축물이 실현되는 건축물의 초고층화, 국토의 효율적 이용과 관광자원개발을 위한 연속교 건설을 가능케 할 대형 해상 부유구조물(mega float)건설 시대의 도래, 이웃 국가간 육상교통으로 연결되는 장거리 해저터널 등이 실현되는 시대가 될 것이다.

이런 시대적 흐름에 부응하기 위해서는 건설재료의 개발이 필연적이며, 철강재 역시 고기능화가 불가피하므로

- (1) 현재 40~60kg/mm²강도의 사용이 일반화되어 있으나 100kg/mm²이상의 고강도강의 개발,
- (2) 강재 두께가 40mm이상으로 증가하여도 일정한 항복강도를 나타내는 일정항복강도강,
- (3) 캔소재와 같이 큰 가공변형에도 강재의 성질이 변하지 않는 저항복비강,
- (4) 200mm이상의 극후강재,

- (5) 도장을 하지 않아도 되고 강도가 개선된 고강도 내후성강,
- (6) 구조용 stainless강,
- (7) 해양구조물의 내식성을 획기적으로 개선시키기 위해 stainless나 titan과 강재를 접합시킨 이중금속 clad강,
- (8) 구조물의 외부하중 변화에 대응하여 강판단면이 변화하는 다양한 형태의 tapered plate,
- (9) 진동을 저감시킨 제진강판,
- (10) 초장대교 건설을 위한 180kg/mm²이상 강도 발현의 cable wire,
- (11) 제작편의를 위해 예열을 하지않고 사용 가능하고 두꺼운 강재도 1회의 용접으로 접합이 가능한 용접성 개선강 등이 개발될 것이며,

이렇게 개선된 기능을 갖거나 새로운 기능을 복합적으로 지닌 강재들이 개발되고 그 사용이 일반화될 것으로 보이는데, 대부분은 세계 철강업체가 이미 개발에 착수하였거나 개발 예정이어서 차세대에는 실용화가 되어 강구조물 발전의 기초가 될 것이 예상된다.

5. 21세기의 강구조물

강철은 현대문명을 떠받치는 기초 산업재로서 교량, 빌딩, 공장 기계, 운송수단 등 광범위한 분야에서 쓰이고 있다. 이런 까닭에 철강산업이 발전한 나라는 미래지향적인 발전 가능성도 함께 보장받고 있다.

철강산업은 오늘날에도 발전속도의 고삐를 늦추지 않고 하루가 멀다하고 철이 기본이 되는 첨단 신소재가 개발되고 있으며 인류 문명의 역사와 그 궤를 같이 해 온 철의 신비한 성질에 대해서도 연구가 진행중이다. 달리 말해 철과 철강 산업은 21세기에 무궁무진한 발전 가능성을 예고하는 미래형 소재요, 산업인 것이다.

적어도 철강이 가지고 있는 경제성을 뛰어넘는 소재가 개발되기까지는 오늘날의 철기문명은 21세기는 물론, 그 이후에도 계속될 것이라는 것이 전문가들의 견해다.

21세기를 맞이하여 꼬리를 무는 미래 도시에

대한 설계에도 철강은 빠짐없이 등장한다. 바다 위에 떠있는 해상 공항, 해상 헬리포트, 해저 탐사 시설에서부터 심지어는 해상경기장에 이르기까지 미래 도시에 대한 인류의 구상은 철강을 바탕으로 펼쳐지고 있다. 멀리 갈 것도 없이, 꿈의 열차라고 불리는 TGV나 신간선(新幹線) 등 초고속 열차들도 모두 철강이 있기에 우리 앞에 모습을 드러낼 수 있었던 첨단 교통 수단이다.

지금 이 시간에도 인간생활 편의의 극대화를 위한 사회간접자본 시설의 첨단화가 아래와 같이 과학문명의 건설 환경속에서 새롭게 태어나고 있다.

5.1 수려한 초장경간 교량의 등장

제강기술과 구조 역학의 발전으로 1937년에 주경간 약 1,300m의 금문교가 탄생하였는데, 이는 강교량에 관한 설계 및 시공기술의 역사적 도약으로 금자탑을 쌓은 새로운 이정표임에 틀림없다. 장경간 교량으로서 강철을 재료로 삼았다는 것은 무엇보다도 강재가 다른 재료보다 높은 강도와 큰 연성을 가질 뿐만 아니라 기계적 특성이 뚜렷하여 재료에 대한 신뢰성이 높기 때문이었을 것이다. 그러나, 강철 재료는 콘크리트에 비해 부식이 쉽고 도장에 대한 특별한 관리가 필요하여 유지보수비가 많이 든다는 상대적 단점이 있었다.

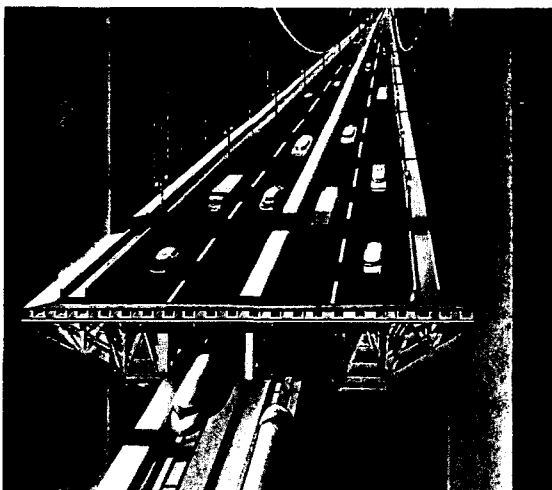


그림 7 미래 현수교의 단면도

그러나 요즘들어서는 새로운 도장기술의 발달과 아울러 유지보수 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 '무도장 내후성 강재'가 개발됨에 따라 장대교 계획에 있어 강재사용의 선호도가 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 안전성을 고려할 때 강구조물의 적정성은 그 필요조건을 충분히 만족하고 있어 장대교 뿐만 아니라 도심 지대의 고가차도, 해안가의 교량 등에서도 강교의 사용이 늘고 있으며, 고강도 강재의 개발로 경간장이 점점 더 길어지고 있다. 앞에서 기술한 차세대 구조용 강재의 개발에 따라 21세기에는 지금으로서는 상상되어지지 않는 약 4,000m쯤의 초장경간장 강교량도 등장하게 될 것으로 예상되며 외관이 수려한 미적 구조물을 이끌어 낼 수 있을 것이다.

5.2 강철로 만든 해상 부유 구조물시대의 도래

드넓은 공간을 무한대로 제공해주는 바다 위에 강철로 만든 대형부유 구조물을 해양공간에 건립할 경우 이는 매립 공법을 대신할 환경친화적이면서 미래지향적이고, 경제적인 새로운 공법이기에 21세기에 들어서 어느 분야 보다도 가장 활발하게 연구개발되어 토목구조물로서 활용될 전망이다. 현재 계획중이거나 건설이 완료된 시설들을 소개하면 다음과 같다.

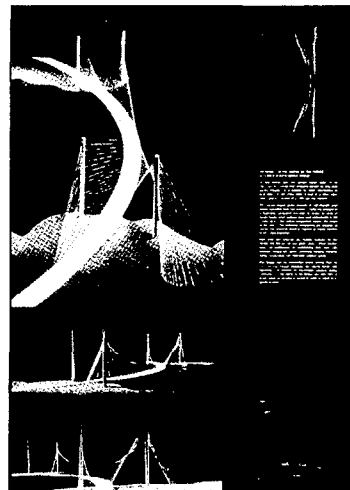


그림 8 곡선사자교

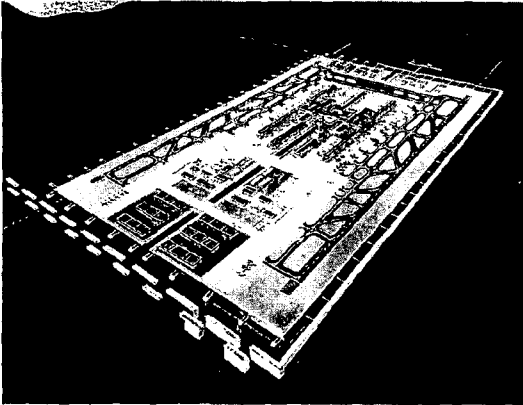


그림 9 부유식 해상공항 (일본 관서국제공항 2기 청사)

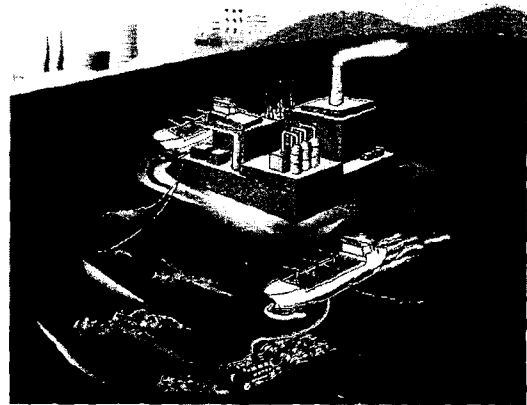


그림 10 해상 소각플랜트 개념도

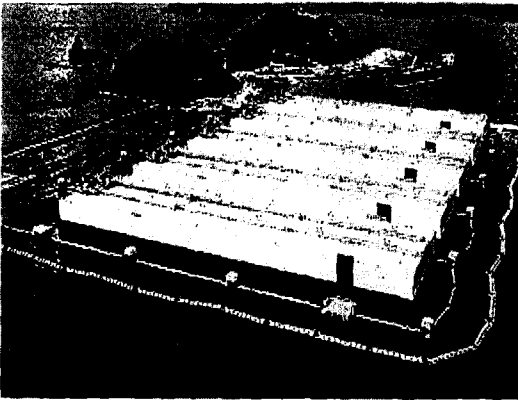


그림 11 부채식 저유시설

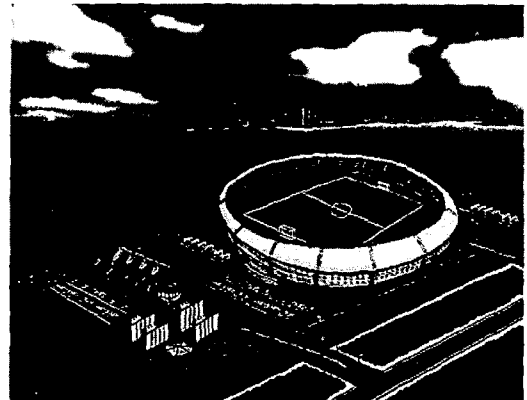


그림 12 해상 운동 경기장

- (1) 공항 시설
국제공항, 근거리 통근(commuter)공항, 헬리포트
- (2) 에너지 플랜트
석유 및 LNG 비축기지, 발전 플랜트
- (3) 환경 대책 시설
일반 및 산업 폐기물 처리시설, 오수정화시설
- (4) 도시 기반 시설
호텔, 레스토랑, 주차장, 영화관, 컨벤션센터, 박물관
- (5) 해상공원, 스타디움, 해상리조트
- (6) 도로 시설 및 교량
부채 도로, 공사용 잔교, 심해용 부유식 교량
- (7) 항만 물류 시설
해상여객터미널, 컨테이너 박스, 복합물류기지

- (8) 수산 시설
어업기지, 양어시설 / 바다 목장, 수산물 가공시설

5.3 신비의 우주 도시 건설

우주 탐사선을 띄워 우주 공간을 탐색, 연구하기 위한 지난 세기의 과학기술은 21세기에 들어서 우주 공간을 건설하는 건설영역으로까지 발전해 나갈 것으로 기대되고 있다.

최첨단의 우주 생활을 꿈꿔온 사람들을 위해 지구와 가장 가까운 달에 마침내 우주도시가 세워 질 수 있을 것이다. 우주도시의 실현에는 해상도시 건설을 통해 축적된 메가플로트 기술이 큰 몫을 할 것이며, 수백만톤 단위의 철강재가 사용된 각각의 소규모 우주도시들은 자기 특수장과

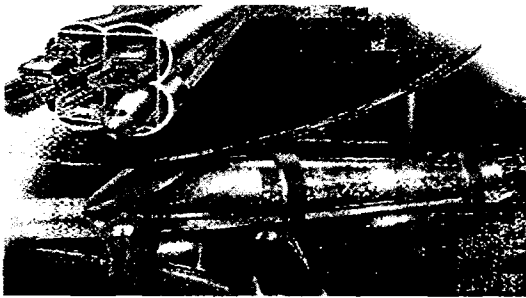


그림 13 신비의 우주 도시 건설

특수유리로 만들어 진 강구조물 통로를 통해 사
통팔달로 이어질 것이며, 철강재로 만들어진 자체
의 원자력 발전소를 통해 도시가동에 필요한 동
력이 생산되고 대형 유리 지붕을 씌운 온실에서
는 녹색채소와 곡식이 자라는 진풍경이 꿈으로
그쳐지지만은 아닐 것으로 예상된다.

5.4 지상의 한계를 극복한 지하도시의 탄생

지하공간을 이용하는 구상은 우리나라나 일본과
같이 좁은 국토에 많은 인구를 지닌 나라에서 특히
관심을 모으고 있는 분야이다. 일본은 대심도 지하공
간 개발 계획을 세워 교통망이나 물류 에너지 기지를
지하에 건설하려는 장대한 구상을 하여 지상의 건물
에 영향을 미치지않는 지하 50m 깊이의 지하 공간
이용에 필요한 기술 시험을 개시했다. 먼저 가나가와
현(神奈川県) 사가미하라시(相原市) 지하 50m에 지름
20m, 높이 12.5m의 지하 돔을 건설할 계획이다. 그리

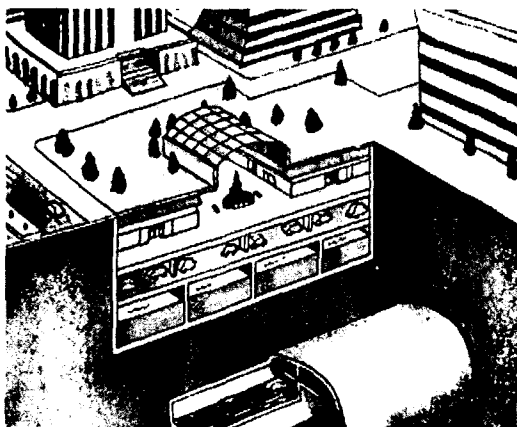


그림 14 지하 도시

고 앞으로는 지름 50m, 높이 30m의 거대 지하 돔을
만드는 기술을 개발하여, 돔 내부에 정보 고속도로의
거점이 되는 시설이나 에너지 공급 기지, 하수처리
시설을 건설하는 계획도 세우고 있다. 나아가 돔을
서로 연결하여, 네트워크화하는 방안도 계획하고 있다.

그러나 이처럼 지하 50m 이상의 대심도 지하공간
을 개발하는 데에는 굴착기술, 지하수 처리 기술 등
현재의 기술력으로는 불가능한 많은 과제가 산적해
있다. 그러나 미지의 공간을 개발하는 과정에서 태어
난 최신 기술, 특히 날로 발전하는 철강 산업의 발전
과 연이은 강철 신소재의 개발은 가까운 장래에 이
같은 지하 도시 구상을 현실화시킬 것이 분명하다.

참 고 문 헌

1. 한국철강신문, 기초철강지식, pp.147, 1998.
2. 한국강구조학회, 강구조편람(1), pp.5~9, 1995.
3. POSCO 기술연구소, 차세대 구조용 강재 개발
WORKSHOP, pp.6~12.
4. 대한토목학회, 강구조 활용기술 세미나집, pp
7~14, 1999.
5. 포스코 경영연구소, “중장기 강재시장 개발전
략 연구”, 1997.
6. 포스코 경영연구소, “우리나라 도로교량의 발
전방향과 강교량의 전망”, 1997.
7. 철강보, “강재이용기술의 현황 및 발전 전망”,
1996. 10.
8. 金子忠男, 이종관, “일본의 토목분야 강재이용
기술 동향”, 한국강구조학회지, 제10권 3호, 1998. 9.
9. 김규석, “강구조 기술개발 현황과 향후 전망”,
철강보 9월호, 1996.
10. 주용룡, “차세대 철강재료 개발 동향”, POSCO
기술연구소.
11. POSCO, 건설과 철이야기, pp.68~71.
12. 일간건설신문, “제2철의 시대 꽃핀다”, 2000. 1
13. 건설광장, “3차원 도시공간의 창조”, pp.33~44,
2000.
14. 세계도시연구회, 瀬戸大橋 架橋記念館, 1998.
15. 포항산업과학연구원, 대형 부유구조물 기술개
발, 1997.
16. Metal Bulletin, 1999. 3. 