

목 차

연구 보고	1	공동주택 층간소음 기준안 및 저감 대책	김상식
	12	PHC 말뚝 시공오차 보강방안	강석규, 김응철
	23	해상구간 장대 강교량의 가설공법에 관한 연구	육일동
	41	파형강판 구조물의 설계 및 시공	김호비
시공 사례	51	인천국제공항 대한항공 Hangar Roof Lift-up 공법 시공사례	송병철, 이제창
기술 정보	61	Green Building 인증제도 소개	조한구
	75	생태건축과 자연채광	김상식
	84	친환경 관련 용어 설명	정상민
기술 단신	89	연구소 소식	
	93	산업재산권 등록 및 출원	
	98	자료이용정보 및 신착자료 안내	

공동주택 층간소음 기준안 및 저감대책

건설기술연구소 건축기사 김상식

1. 공동주택 층간소음 기준안 동향

- 평가방법 : 충격음 차단성능 기준곡선(역A 특성곡선) 적용
- 평가기준 :

	경량충격음	중량충격음	
		1안	2안
기준 L지수 (흡음력 보정)	58 (L=67)	50 (L=54)	48 (L=52)
적용대상실	공동주택 상하층간 거실 또는 침실	좌동	좌동
현행실태와의 비교	- 1안 : 조사대상 중 47%가 만족하는 수준 - 2안 : 조사대상 중 25%가 만족하는 수준		
외국기준과의 비교	HUD(미국) : Grade II 표준치에 해당	주택품질확보촉진법 (일본) : Rank 4 수준 (차음성능 우수)	주택품질확보촉진법 (일본) : Rank 4~5 수준 (차음성능 매우우수~우수)

- 중량충격음의 경우 1안을 채택하려는 추세
- 주거문화개선시민운동본부에서 현재의 안을 강화시킬 것을 건교부에 건의
- 일본기준안과 비교해 보았을 때 경량의 경우는 완화, 중량의 경우는 강화된 수준인데 이것은 일본 목조가옥 다다미의 경우 중량은 우리나라 콘크리트 구조에 비해 그 수준이 낮고 저감이 용이하지 않기 때문에 그 기준안이 완화되어 있다고 판단, 우리나라 실정에 맞게 변화시키려는 의도로 판단됨.
- 친환경 건축물 인증제도가 거론됨에 따라 환경부에서는 내년부터 사무소, 주상복합건물 등에 이르기까지 바닥충격음을 확대 해석하기로 결정하였음.
- 환경부에서는 방음벽, 발파소음 관련 관리기준을 2003년도에 개정할 계획을 수립하고 있음.

- 건교부에서 현재 기준안을 최종검토 중에 있음(기준안의 시행에 있어 등급화, 규제안, 권고안 등을 거론 중)

※ 기준치 범위로의 설계요소 분석 예시

경량충격음	중량충격음
- 바닥마감재의 적용 : 저감효과 5dB이상 - 단열완충재의 적용 : 1) 슬래브와 온돌층을 뜯바닥으로 구성 2) 삽입에 의한 저감효과가 8dB이상	- 슬래브 두께(t)의 확보 - t=135mm이상 (실면적$\leq$ 9m²) - t=150mm이상 (실면적$\leq$ 15m²) - t=180mm이상 (실면적$\leq$ 25m²) - t=200mm이상 (실면적$\leq$ 35m²) - t=250mm이상 (실면적$>$ 35m²)

2. 공동주택 층간소음 저감대책

2.1 현재 우리나라 공동주택 층간 소음 실태

우리나라 전체 가구수의 50% 이상이 공동주택 주거 형태로 조사되고 있고, 공동주택 주거민들을 대상으로 주거환경에 대한 조사를 하면 불만족 1순위가 「층간 소음」으로 나타나고 있다. 그만큼 중요한 사항임에도 법적 제도적인 뒷받침도, 건설현장에서의 개선 대책도 미비한 실정이다.

우리나라 공동주택은 통상 두께 120 ~ 200mm의 콘크리트로 이루어진 벽체 및 바닥이 서로 연결되어 하나의 건물 구조체로 구성되는 벽식구조가 대부분이다. 이러한 콘크리트구조는 재료의 특성상 밀실하기 때문에 말소리, TV음 등 공기를 매체로 전달되는 공기 전달음에 대해서는 충분한 차단성능을 갖고 있다. 그러나 콘크리트면에 충격이 가하여질 때 발생하는 고체 전달음의 경우 콘크리트는 자체 진동 감쇄능력이 매우 작기 때문에 인접 세대로 쉽게 전달되는 특성을 갖고 있다. 공동주택에서의 이러한 고체 전달음은 위층에서 뛰는 소리, 물건 떨어뜨리는 소리, 망치 소리, 급배수관·화장실 하수관 등에서 발생하는 음 등이 있다.

2.2 바닥충격음 저감방안

바닥충격음의 전파경로, 레벨 결정요인 등과 관련하여 기존 연구결과를 고찰하여 보면 건물에서 발생하는 바닥충격음은

1) 마감재의 종류

건물의 구조형식

2) 바닥슬래브의 두께 및 구성

주변의 보나 벽에 의한 지지조건

등 여러 가지 요소들에 의하여 복합적인 영향을 받으며, 각각의 경계조건에 대한 시공방법과 사용재료에 따라 바닥충격음의 차음성능은 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다.

바닥충격음 레벨에 관계되는 요인은 매우 다양하고 복잡하며, 시공여건에 따라 각 요소들이 수시로 변하기 때문에 이론적으로 전달과정을 해석하여 정의하기에는 많은 어려움이 있다. 이번 학회 토론회를 통하여 거론된 바닥충격음을 결정짓는 바닥구조 중요요소들의 특성과 영향을 정리하면 다음과 같다.

2.2.1 바닥마감재에 따른 영향

일반적으로 고음역의 충격음(경량충격음)에 대해 표면마감재의 탄력성을 증가시키는 방법 즉, 카펫, 모노륨, 장판지 마감 등의 처리를 함으로서 어느 정도 저감시킬 수 있지만, 저음역의 충격음(중량충격음)은 마감재의 성질과 관계없이 바닥슬래브의 경계조건, 크기, 완충공간의 유무 등에 의해 좌우되므로 이미 건물이 완성된 경우에는 처리가 매우 어렵다.

2.2.2 누름층 및 기포콘크리트층

공동주택 바닥에 사용되는 누름층 및 기포콘크리트층은 일반적으로 슬래브 상부 바닥 구성층 두께의 1/3~2/3 정도를 차지하고 있기 때문에 바닥충격음의 차단 성능 측면에서 매우 중요한 부위라 할 수 있다.

일반적으로, 자갈층을 채움층으로 사용할 경우 기포콘크리트를 사용한 구조보다 중량 및 경량 충격음에 대해 각각 2dB(A), 7dB(A)정도 낮게 나타난다. 그러나 자갈은 골재 수급 및 대량·기계화 시공의 어려움, 구조체의 하중 증가 등의 문제점을 갖고 있다.

2.2.3 단열/완충층의 영향

경량충격음은 바닥마감재에 변화를 줌으로서 어느 정도 조절이 가능하다.1 그렇지만 맨발에 의한 충격과 같은 중량충격음은 마감재보다는 바닥슬래브의 강성, 면적, 경계조건, 완충층에 의해 좌우되기 때문에 시공시 이에 대한 충분한 대책이 필요하다.

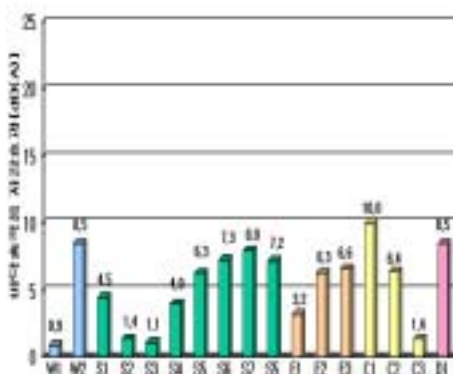
현실적으로 슬래브와 누름층의 두께를 변화시키기가 어려운 점을 감안하고 바닥충격음 저감에 가장 효과적인 요소를 고려할 경우 가장 적절한 부위가 흔히 단

열층으로 알려진 완충공간이며 바닥충격음 차음성능을 효과적으로 향상시키기 위해서는 완충층에 대한 고려가 필수적이다. 90년대 이전에는 스티로폴, 글라스울 등과 같은 완충층이 당시 단열기준을 만족시키기 위해 시공되었으나 이는 바닥충격음에 대한 완충재료로서의 역할도 겸했었다고 볼 수 있다. 그러나 최근 시공성 향상 등의 이유로 이들 재료를 경량기포콘크리트로 대체함에 따라 바닥충격음의 차음성능은 오히려 저하되는 경향이 있다.

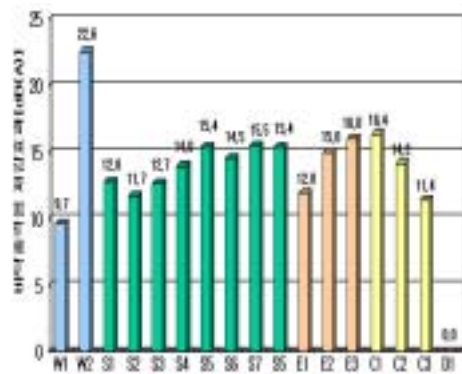
중량 충격음에 대한 저감효과는 완충재에 따라서 0.9 ~ 10.0dB(A) 정도의 저감 효과가 있는 것으로 평가되어지고 있다. 특히 유리면(W2), 제진매트(C1), 방진패드(D1) 등 특수한 완충재는 약 8dB(A) 이상의 저감 효과를 나타내고 있으며, 두께 20~30mm 인 가교 발포 폴리에틸렌(E2, E3)과 두께 40mm 이상의 발포폴리스틸렌 완충재(S5~S8)는 5dB(A) 이상의 저감 효과가 있다. 두께 20mm의 발포 폴리스틸렌(S1~S4)은 1.1~1.4dB(A)의 저감 효과가 있으며, 암면 판상 단열재(W1)는 저감 효과가 약 1dB(A) 내외 정도이다.

경량충격음의 경우 중량충격음에 비해 전반적으로 저감 효과가 높다. 특히 유리면(W2)은 22.6dB(A)로 저감효과가 우수하다. 또한 두께 20mm 발포폴리스틸렌(S1, S2, S3, S4)과 두께 10mm 가교 발포 폴리에틸렌(E1)의 경우 대개 12~16dB(A)정도의 저감 효과가 있다. 제진매트(C1)의 저감 효과는 16.4dB(A) 이다.

완충재의 충격음 저감 효과 평가 결과를 종합하면, 전반적으로 중량 충격음보다는 경량 충격음 저감에서 보다 효과적이다.(단, 완충재에 의한 저감효과는 시험 조건에 따라서 상이할 수 있다. 따라서 절대적인 수치보다는 상대적인 수치 비교에 활용해야 할 것이다)



<그림 2-1> 중량충격음

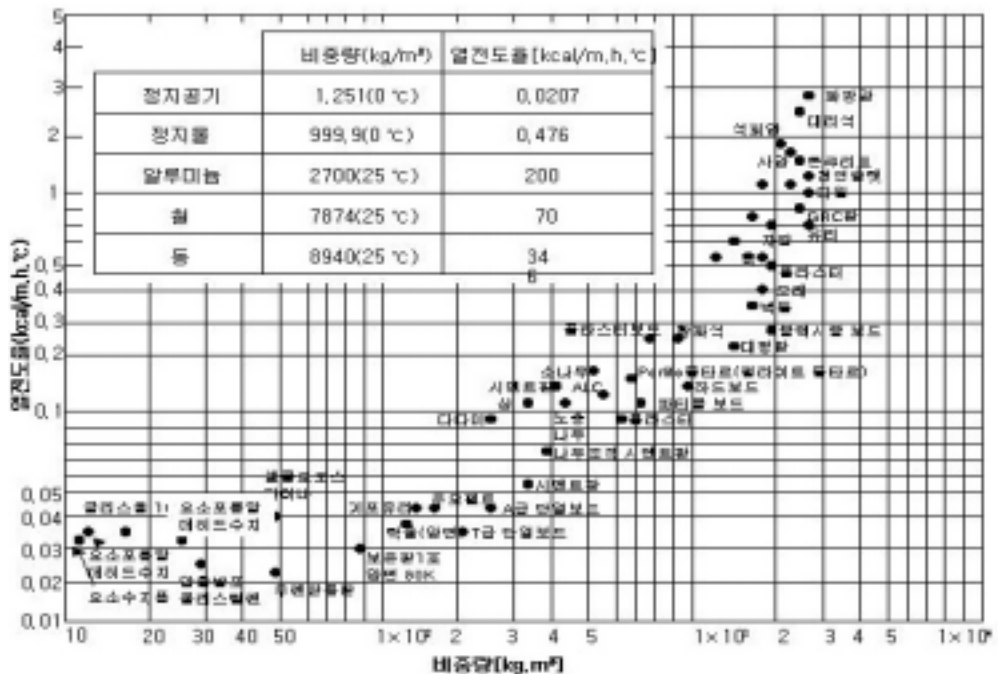


<그림 2-2> 경량충격음

[표 2-1] 완충재 종류별 저감 성능

구분	완충재 기호	완충재의 종류	두께 (mm)	밀도 kg/m ³	자재비 원/m ²	비고	중량충격음 저감량dB(A)	경량충격음 저감량dB(A)
무기섬유 류(W)	W1	암면판상단열재	15	350	4,180		0.9	9.7
	W2	유리면	25	100	4,240		8.5	22.6
발포폴리 스틸렌류 (S)	S1	KS1호	20	30	1,099		4.5	12.8
	S2	KS2호	20	25	914		1.4	11.7
	S3	KS3호	20	20	728		1.1	12.7
	S4	KS4호	20	15	543		4.0	14.0
	S5	KS2호	40	25	1,828	두께변화	6.3	15.4
	S6	KS2호 2겹	40	25	1,828	S2+S2 (겹층시공)	7.3	14.5
	S7	KS2호 2겹	60	25	5,484	S2+S5 두께변화	8.0	15.5
	S8	KS2호+KS3호	40	22.5	1,642	S2+S3	7.2	15.4
가교발포 폴리에틸 렌류(E)	E1	30배 발포	10	33	2,540		3.2	12.0
	E2	30배 발포	20	33	5,080	두께변화	6.3	15.0
	E3	30배 발포 (2겹)	30	33	7,620	E1+E2 두께변화	6.6	16.0
복합구조 (C)	C1	제진매트	10	-	10,000	polyether등 5가지 혼합	10.0	16.4
	C2	발포폴리스틸렌 KS3호20+가교발 포폴리에틸렌10	30	-	3,268	E1+S3	6.4	14.2
	C3	rubberchip+cork 혼합	10	-	9,500		1.4	11.4
방진고무 (D)	D1	방진패드	20	-	2,800	- 허용하중350kg - 정적변위 : 3mm * 바닥판과 공간층 형성	8.5	0

완충재의 사용에 있어서 주의할 점은 단순한 차음성능만을 고려하기보다는 2001년 6월 개정된 단열기준안($0.7\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)을 동시에 만족시켜 주어야 한다.



<그림 2-3> 재료별 열전도율

2.2.4 슬래브의 영향

슬래브의 종류에는 균질슬래브, 중공슬래브 등이 있지만, 기존 아파트의 바닥구조는 대부분이 균질슬래브와 온돌구성층으로 되어 있다. 경량충격시에는 진동음이 거의 균질하게 분포되므로, 슬래브의 영계수, 밀도, 두께, 슬래브의 둘레길이를 크게 해주고 슬래브의 면적을 작게 하면, 바닥충격음 레벨을 감소시킬 수 있다. 중량충격시에는 경량충격시와 같이 진동음이 균질하게 분포된다면 바닥충격음 레벨은 경량충격음과 같은 요소에 의해 영향을 받게 된다. 그러나 저음역에서 진동음이 균질하게 분포되지 않으므로 슬래브의 면적, 주변지지 조건을 고려해야 한다. 경량 및 중량충격시에 슬래브의 계획을 종합하면 슬래브는 두께를 충분히 확보하고 스펙이 큰 경우는 작은 보를 설치하여 슬래브의 강성을 높이는 것이 바람직하다. 또한 슬래브의 강성을 높이는 것은 충격점의 실효질량을 증대시켜 발생음을 줄일 수 있으나, 단순히 강성 증가가 뒷받침되지 않고 기존 슬래브위에 질량만을 부가시킬 경우에는 충격음 저감 효과를 크게 기대할 수 없을 것으로 판단된다. 따라서

보수보강의 개념으로 슬래브를 변화시키는 것은 바람직하지 못할 것으로 보인다. [표 2-2]는 중량충격음에 대한 슬래브의 두께와 면적에 따른 차음등급 차이를 나타낸 것으로 차음지수로 평가할 경우 슬래브의 두께(120mm~250mm)에 따라 L-10정도의 차이(L-지수와 L-등급간의 2dB보정치를 감안, 대략 슬래브두께가 10%정도 변화하면 중량충격음레벨의 경우 2-3dB정도 변화함)가 있음을 알 수 있으며, 이 값은 현행 바닥구조가 지니고 있는 기준 외 중량충격음 차음등급을 기준 내로 끌어들이 수 있는 수치이다. 그러나 현실적으로 무작정 모든 공동주택의 슬래브 두께를 200mm이상으로 시공하는 것에 대해서는 바닥충격음 저감이라는 긍정적 측면을 검토하기보다는 설계에서 시공에 이르기까지의 부정적인 견해가 지배적일 것이다. 따라서 슬래브 면적대비 적정 슬래브 두께를 산정하고 부족한 차음성능은 또다른 강구책을 모색하여야 할 것이다.

[표 2-2] 슬래브 두께별 저감 성능

슬래브 두께 (mm)	슬래브면적(m ²)									
	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60
120	L-55	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65				
130	L-55	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65			
140	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65		
150	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65
160	L-50	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65
180	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
200	L-45	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60
230	-	L-45	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60
250	-	-	L-45	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-60

* 출처: 일본 건축학회, 건물의 차음설계자료, p117

다음은 일본에서 제안하고 있는 임피던스법을 이용하여 중량충격음을 대상으로 바닥슬래브의 조건(슬래브 두께, 면적, 지지조건)의 변화에 따른 차음성능 변화를 시뮬레이션해 보았다. 현장실험에 의한 실측치가 아니므로 다소 실제와 상이할 수 있으나 변수들간의 상호 상대적인 비교를 하는 것은 가능하다고 본다.

동일한 슬래브 지지조건을 갖더라도 슬래브 두께가 증가하거나 면적이 감소하면 차음등급이 향상한다. 이것은 타이어에 의한 바닥구조 가진시 슬래브 두께가 증가할수록 슬래브의 질량이 증가하여 슬래브의 곡면진동이 억제되기 때문에 수

음실로 방사되는 중량충격음레벨이 낮아져 차음등급이 향상되는 것이다. 또한 면적이 작을수록 수음실로 방사되는 유효방사면적이 감소하기 때문에 방사에너지가 적어져 차음등급이 향상되기도 한다. 슬래브 면적과 두께가 동일하더라도 슬래브의 지지조건이 클수록 차음등급은 향상된다. 이는 곡면진동을 억제하는 힘이 향상되기 때문이다.

중량충격음의 차음성능을 향상시키기 위해서는 바닥슬래브 두께의 증가와 지지조건을 강화시킬 필요가 있다.

[표 2-3] 슬래브의 조건(슬래브두께, 면적, 지지조건)의 변화에 따른 차음성능 변화

지지조건	두께 (mm)	안방크기(m)												
		30×	33×	36×	39×	36×	39×	42×	39×	42×	45×	42×	45×	45×
		30	33	33	33	36	36	36	39	39	39	42	42	45
2변고정 2변단순 지지	120	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-65	L-65	L-65	L-65	L-65	L-65
	130	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
	140	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
	150	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
	160	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55
	170	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55
	180	L-45	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55
3변고정 1변단순 지지	120	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
	130	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60	L-60
	140	L-45	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-60	L-60	L-60	L-60
	150	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55	L-55
	160	L-45	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55
	170	L-40	L-45	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-55	L-55	L-55	L-55
	180	L-40	L-45	L-45	L-45	L-45	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50	L-50

2.2.5 천장 마감에 따른 영향

아파트에서 천장구조를 설치하는 이유는 여러 가지가 있겠지만 바닥충격음 차음성능과 관련해서는 주위를 기울일 필요가 있다. 일반적으로 천장구조의 시공은 중고주파수 대역의 경량충격음에 대해 저감효과를 보이지만 저주파수대역의 중량충격음에 대해서는 저감효과를 사실상 기대하기가 어렵다. 오히려 천장 마감면의 시공이 제대로 되어 있지 않아 떨리는 경우에는 차음성능이 저하되는 경우도 있다. 따라서 천장구조의 설치시에는 슬래브와 공진하지 않도록 구조적으로 완전히 분리시키고, 중고주파수 대역에서의 차음성능을 보다 향상시키고자 할 때에는 다공성 흡음재를 충진하여야 한다.

3. 바닥충격음 저감안 적용에 있어서 주의할 점

3.1 바닥마감재

- 1) 바닥마감재는 중량충격음에 대한 저감효과는 기대하기 어렵고 주로 경량충격음을 저감하는데 효과가 있다고 판단된다. 또한 바닥마감재는 유연한 재료일수록 저감효과가 크게 나타나는 경향을 가질 것으로 보인다.
- 2) 현재 사용되고 있는 바닥마감재의 충격음 저감효과는 대체로 카펫류, 비닐펫트류, 톱류, 종이장판 순으로 크기 때문에 설계시 이에 대한 고려가 필요하다.

3.2 누름층 및 기포콘크리트층

- 1) 완충재를 설치하기 전에는 바닥판 위를 깨끗이 청소한 후 열적, 음향적 결함을 초래할 가능성이 있는 부분을 제거하여야 한다. 열적, 음향적 결함 원인은 다음과 같은 사항이 있을 수 있다. 슬래브의 요철부, 부분적으로 파손된 완충재 사용, 못, 철물 등의 사용 ⇒ 특히, 고주파수대역에서의 차단성능 저하의 원인이 된다.
- 2) 온돌층에 경량기포콘크리트류의 재료를 사용할 경우, 충격음 저감을 위해 반드시 완충재를 설치하도록 한다. 일반적으로 난방 배관설치 등을 고려할 때, 경량콘크리트 하부에 설치하는 것이 바람직하다.
- 3) 완충재 상부층은 압축강도를 충분히 하며, 재료의 종류에 따라 적정 두께를 유지하여야 한다.

완충재 상부층의 종류	완충재 상부층의 두께
시멘트몰탈	50mm 이상
보통콘크리트	50mm 이상
경량콘크리트	60mm 이상

- 4) 완충재 이음부는 틈이 생기지 않도록 시공하고 완충재를 2장 겹쳐서 이용하는 경우에는 상하의 이음부분이 일치되지 않도록 한다. 또한, 비중이 다른 재료를 사용할 경우 후속 작업시 완충재의 손상을 최소화하기 위해 고밀도품을 상부에 시공하는 것이 바람직하다.
- 5) 유리면 및 압면을 완충재로 사용할 경우 각각 비중이 80k, 120k이상의 제품을 사용하는 것이 바람직하다고 본다.
- 6) 완충재는 바닥에 가하여지는 각종 하중으로부터 안정성을 지니고 있어야 한

다. 독일의 DIN이나, BEB의 규정을 참고로 할 때 상부하중에 의한 침하량이 최고 3-5mm이하여야 할 것이다.

- 7) 벽체와의 절연용 완충재는 충격음 절연 및 크랙방지 등을 위해 마감층까지 시공하는 것을 원칙으로 한다.
- 8) 벽면완충재는 일반적으로 바닥용 완충재 설치전에 시공하며, 온돌층 시공시 탈락되지 않도록 벽면에 견고히 부착한다.
- 9) 벽면완충재는 특히 출입구의 문틀, 모서리 부분 등에서 결함이 생기기 쉬우므로 주위를 요하여야 한다.

3.3 슬래브

- 1) 슬래브의 두께는 중량바닥충격음의 차단성능에 크게 영향을 미치므로 시공 관리시 주의가 필요하다. 대개 슬래브 두께가 10%정도 변화하면 중량충격음의 바닥충격음레벨은 2-3dB정도 변화한다.
- 2) 슬래브의 콘크리트 타설을 몇 일에 나누어서 타설하면 실질적인 단면강성이 저하되어 한번에 타설한 동일 두께의 슬래브 보다 중량 바닥충격음의 차단 성능이 저하되는 경우가 있다.
- 3) 슬래브를 타설할 때, 바닥에 요철이 생기지 않도록 타설한 직후 고름대 등을 이용하여 슬래브가 가능한 평활하게 한다. self leveling 콘크리트를 사용하면 좋으나 시공비가 많이 드는 단점이 있다.
- 4) 기존의 슬래브에 보수-보강의 개념으로 콘크리트를 부가 시공하여도 바닥충격음 차단성능의 향상은 크게 기대할 수 없다.

3.4 이중천장

- 1) 충격음 저감을 목적으로 천장을 설치하는 것은 경제적인 방법이 아니지만, 경량충격음의 경우 설계방법에 따라서 중고음역에서 상당한 개선효과를 기대할 수 있다. 그러나 중량충격음에 대해서는 큰 효과를 기대하기 어렵다
- 2) 천장재는 가능한 면밀도가 높은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 상부 슬래브와는 못 등으로 직접 고정하지 않고 방진지지 되도록 설계하는 것이 이상적이나 시공비의 상승을 감수하여야 할 것으로 판단된다.
- 3) 슬래브와 천장사이의 공간층으로 인해 저주파수대역에서는 공진이 발생할 우려가 있으므로 가능한 63Hz대역은 피할 수 있도록 설계시 주의가 필요하다.(45Hz 이하가 되도록 결정하는 것이 바람직)
- 4) 공간층내에 유리면 등의 다공질재를 설치하면 공진의 방지 및 충격음 저감

효과를 부가적으로 기대할 수 있다.

3.5 방습층

1) 사용목적

- 투습, 흡습에 의한 완충재의 단열성 및 내구성 저하 방지
- 완충재 이음부로 페이스트(경량기포콘크리트류) 침투시 완충재의 떠오름 및 열적, 음향적 결합방지

4. 맺음말

주택보급율이 95%를 넘고, 삶의 질에 대한 욕구가 점차 강해지면서 차별화된 아파트를 선호하는 경향이 두드러지고 있어 건설업계별로 자체적인 차별화 전략을 강구하고 있다. 대다수 차별화 전략이 고급마감재나 편의시설과 같이 눈에 보이는 것에 치중하고 있는 현재의 상황에서 건물의 성능을 향상시키자는 주장은 상대적으로 작은 목소리를 가질 수밖에 없지만 향후에는 이에 대한 검토가 필수요건이 될 것임에는 의심의 여지가 없다.

이론상 바닥충격음 차음성능을 향상시키는 가장 효과적인 방법은 슬래브의 두께를 늘리는 것이다. 하지만 이 방법은 국내 일반 고층아파트에 적용하기에는 현재의 건설여건상 여러 가지 제약이 있어 보편화하기에는 적합하지 않다는 것이 담당자의 견해이다. 하지만 현재 차선택으로 일반화되어지고 있는 저감재(혹은 완충재)를 적용하더라도 중량충격음에 대해 대실자들이 기대하는 수준 이상으로 성능개선이 이루어지지 않는다는 점이다. 따라서 당사는 슬래브 면적대비 적정 슬래브 두께를 산정하여 시공하고, 현장측정을 통해 적절한 완충재를 선정하여 부가적으로 시공하는 것이 바람직하다고 본다.

PHC 말뚝 시공오차 보강방안

상원구조 소장 강석규, 과장 김웅철

1. 개 요

1.1 일반사항

연약지반에 주로 사용되는 말뚝기초는 상부하중을 기초바닥 접지압과 측면 마찰력을 통하여 지반에 전달한다. 시공방법은 타입공법과 매입공법으로 크게 분류되며 각각의 설치 방법에 따라 타입공법에는 타격공법과 프리보링병용 타격공법이 있고 매입공법에는 프리보링공법, 중굴공법, 회전압입공법이 있으며 경우에 따라서 이들의 설치방법을 병용하는 경우도 있다.



<그림 1-1> 말뚝 향타

본 소고는 현장에서 말뚝공사시에 흔히 발생하는 말뚝의 위치 편심, 수직 기울기, 두부 균열 및 기초와의 접합부 처리방법에 대하여 현장 실무자에게 참고자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

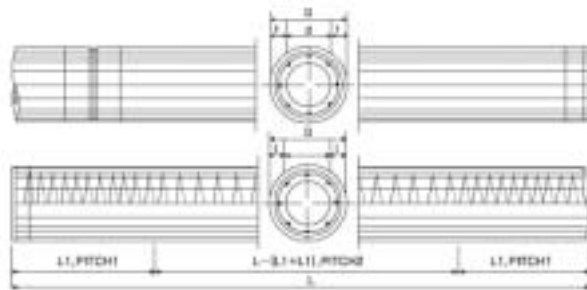
1.2 PHC 말뚝의 특성

PHC 말뚝은 **Pretensioned spun High strength Concrete piles**의 약자로서, 원심력을 응용하여 만든 콘크리트의 압축강도가 800kg/cm^2 이상의 프리텐션방식에 의한 고강도 말뚝을 말한다. PHC 말뚝은 휨과 충격에 대한 저항성이 우수하여 종래의 PC 말뚝로 시공할 수 없었던 중간층의 관통, 장대말뚝의 시공이 가능하며, 강관 말뚝에 비하여 부식성에 대한 저항성이 크다.

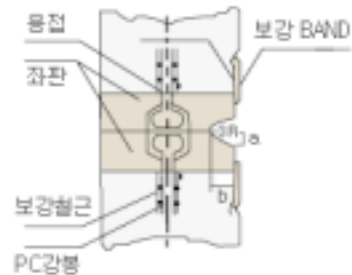
PHC 말뚝의 특성은 다음과 같다.

- 1) 콘크리트 압축강도가 크기 때문에 지지력이 크며 큰 축방향 하중에도 안전하다.
- 2) 타격내력이 우수하여 보다 깊고 단단한 지층에 관입하는 것이 가능하다.

- 3) 휨 인장응력이 크므로 내진설계시 적합하다.
- 4) 내화확성이 뛰어나다.



<그림 1-2> PHC 말뚝의 구조도



<그림 1-3> PHC말뚝 이음부

Type		Conc. Strength	Allow. Stress (Long)	Reduction Factor		Prestress 도입량
				Connection	Length/dia	
PHC 말뚝	A	800 kg/cm ² more	165 kg/cm ² less	welding 5%/ea	(L/d-85)%	40 kg/cm ²
	B					80 kg/cm ²
	C					100 kg/cm ²

2. 말뚝과 기초간의 접합부

2.1 두부정리

말뚝은 상부구조의 상재하중을 지지지반에 전달하여 그 성능을 발휘하는 작용을 하므로 말뚝머리의 처리방법과 접합방법은 대단히 중요하다. 따라서 이 부위는 설계도면에 따라 책임기술자의 지시에 의해 처리하여야 한다.

2.1.1 처리방법

말뚝머리의 처리방법은 크게 다음과 같이 분류되며 현장의 상황이나 작업여건, 구조계산 등에 의한 안정성을 확인 후 적절한 방법을 선택하여 실시하여야 한다.

- 1) 햄머에 의한 파쇄
- 2) 말뚝 Cutter에 의한 파쇄
- 3) 다이아몬드 Cutter에 의한 파쇄

2.1.2 말뚝 두부정리시 주의 항목

말뚝의 두부정리시 다음 항목에 특히 주의하여 실시하여야 한다.

- 1) 말뚝에 발생하는 미세균열과 이로 인한 말뚝의 강도저하
- 2) PC 강재의 응력저하에 의한 유효 프리스트레스량의 감소
- 3) 절단면의 불균일성에 의한 상재하중의 지지력 불균일

2.1.3 대책

상기 말뚝 두부정리시 주의 항목에서의 문제점에 대한 대책으로 다음과 같이 두부정리를 행하는 것이 좋다.

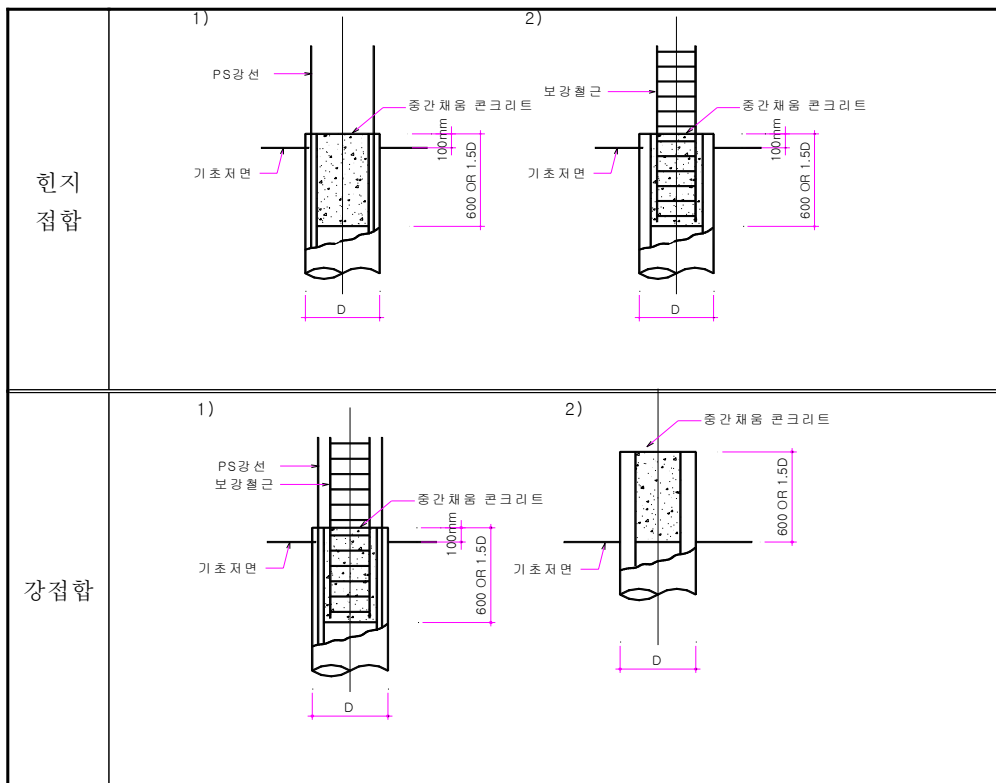
- 1) 말뚝머리를 절단하는 경우는 절단면 아래 10~20cm의 위치에 고정밴드를 감아 설치하고 말뚝을 항상 구속시켜 놓는다.
- 2) 말뚝 두부정리 방법에 따라 구멍을 내어 두부정리하는 경우에는 축근의 위치를 확인하고 그것을 피해 가능한 한 많은 구멍을 뚫고, 파쇄방식에 의한 경우에는 말뚝머리로부터 절단위치를 향하여 파쇄작업을 행한다.
- 3) 말뚝머리의 콘크리트 제거는 한쪽 손으로 작업이 가능한 정도의 무게인 햄머를 사용하고 특히 축근을 타격하지 않도록 주의할 필요가 있다.
- 4) 축근을 남겨둔 상태에서 절단면의 상부를 넘어뜨리지 말아야 한다.
- 5) 말뚝머리 절단시 말뚝에 과대한 균열이 발생하는 경우는 그 정도에 따라 적절한 조치를 강구한다. 특히 프리스트레스 콘크리트 말뚝인 경우에는 기초의 두께 증가 등 특별한 조치를 강구할 필요가 있다.

2.2 말뚝과 기초간의 결합 방법

말뚝 두부와 기초의 결합 방법은 설계상 강접합과 힌지접합으로 분류되며, 보통 건축구조물에서는 힌지접합을 사용한다. 토목구조물과 같이 수평 변위 등을 최대한 억제할 필요가 있을 경우 휨모멘트와 전단력에 저항할 수 있는 강접합을 사용한다. 이러한 접합부는 발생 응력에 저항할 수 있도록 설계되어야 하며, 구조도서 및 시방서에 접합 종류를 명기하여야 한다. 다만, 건축구조물에서 별도의 명기가 없는 경우, 말뚝 두부와 기초간의 연결은 힌지접합으로 간주된다.

▶ 말뚝과 기초간의 결합 방법

현지 접합	1) P.S 강선을 남겨두는 경우	말뚝 두부가 기초 속으로 100 mm 이상 매립 별도 보강 필요 없음. 내부 콘크리트 채움 (타설 깊이 = 600 혹은 말뚝 직경의 1.5배)
	2) P.S 강선을 절단하는 경우	말뚝 두부가 기초 속으로 100 mm 이상 매립 내부 콘크리트 채움 (타설 깊이 = 600 혹은 말뚝 직경의 1.5배) 내부 보강철근 배근 수직근 6-D13 ($\leq$ pile $\Phi 400$), 8-D13 ($\geq$ pile $\Phi 450$) 타이 D13@150
강접합	1) 말뚝 매입 깊이 100 mm인 경우	말뚝 두부가 기초 콘크리트 속으로 100 mm 이상 매립 내부 콘크리트 채움 (타설 깊이 = 600 혹은 말뚝 직경의 1.5배) 내부 보강철근 배근 수직근 6-D13 ($\leq$ pile $\Phi 400$), 8-D13 ($\geq$ pile $\Phi 450$) 타이 D13@150
	1) 말뚝 매입 깊이 600 mm 이상인 경우	말뚝 두부가 기초 콘크리트 속으로 말뚝 직경 이상 매립 내부 콘크리트 채움 (타설 깊이 = 600 혹은 말뚝 직경의 1.5배) 내부 보강철근 없음



3. 현장 오차 보강방안

3.1 두부 균열

두부 정리 작업 과정에서 콘크리트 파쇄 작업 중에 간혹 수직균열이 발생하거나 수평방향 즉 링방향의 균열이 발생할 경우, 그에 대한 보완대책은 다음과 같다.

1) 수직균열의 발생 원인 및 시공 보완대책

원 인	시공 보완대책
타입공법의 과대한 타격력의 반복 혹은 편심 타격	5cm 두께의 쿠션재를 2장 겹쳐서 사용
선단이 개방되고 두부가 폐쇄된 말뚝의 타격시 급격한 침하로 인한 내공의 공기. 물에 의한 충격내압.	항타기의 CAP을 개방형으로 하여 배기를 충분히 한다.
중굴공법시 잘 다져진 표토층(흙.점토)에서 토사가 오거에 부착되어 배토하기 힘든 상태에서 무리한 압입이나 굴착시 내공의 토사, 장애물에 의한 내압	지반특성에 따른 침설속도를 지켜 굴착 저항치를 확인하면서 침설한다.
두부정리 중 수직균열 발생	균열 길이가 기초 내에 있도록 한다.

2) 허용 균열폭

일반구조물에 대한 한국, 미국, 유럽의 허용 균열폭을 참고로 하여 노출 조건 별로 작성된 다음 표의 허용치 이하이면 별다른 구조검토나 보강 없이도 안전한 것으로 사료된다.

노출조건		허용균열폭(mm)
I. 습한 환경	유해성이 없는 흙 또는 물에 접촉되는 환경	0.3
II. 해수 환경	부분적으로 해수에 잠기거나 해수가 튀기는 환경 염분으로 포화된 공기를 갖는 환경(해안 지역)	0.2
III. 화학작용 환경	화학물에 노출되어 있는 환경	별도

3) 균열 처리방안

허용균열폭 이상이면 습한환경과 해수환경으로 구분하여, 수직 수평, 관통균열 그리고 균열폭 별로 구분하여 구조검토하거나 보수·보강하여야 한다.

◎ 노출등급 I. 습한 환경

수직균열 수평균열	외부	폭 ≤ 0.2 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.3 mm	외부 표면 액체 방수
		폭 > 0.3 mm	외부 피복 콘크리트 타설 피복두께 = 100 mm, 타설깊이 = 균열 하단 + 100 mm
	내부	폭 ≤ 0.3 mm	별도 보강 불필요
		폭 > 0.3 mm	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm
관통균열	외부	폭 ≤ 0.2 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.3 mm	외부 표면 액체 방수
		폭 > 0.3 mm	외부 피복 콘크리트 타설 피복두께 = 100 mm, 타설깊이 = 균열 하단 + 100 mm
	내부	폭 ≤ 0.2 mm	별도 보강 불필요
		폭 > 0.2 mm	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm

◎ 노출등급 II. 해수 환경

수직균열	외부	폭 ≤ 0.1 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.2 mm	외부 표면 액체 방수
		폭 > 0.2 mm	외부 피복 콘크리트 타설 피복두께 = 100 mm, 타설깊이 = 균열 하단 + 100 mm
	내부	폭 ≤ 0.1 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.3 mm	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm
		폭 > 0.3 mm	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm, 최소 600 mm 내부 보강철근 배근 수직근 6-D13 ($\leq$ pile ϕ 400), 8-D13 ($\geq$ pile ϕ 450) 타이 D13@300
수평균열	외부	폭 ≤ 0.1 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.2 mm	외부 표면 액체 방수
		폭 > 0.2 mm	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm

수평균열	내부	폭 ≤ 0.1 mm	별도 보강 불필요
		폭 > 0.1 mm	내부 콘크리트 채움
관통균열	외부	폭 ≤ 0.1 mm	별도 보강 불필요
		폭 ≤ 0.2 mm	외부 표면 액체 방수
		폭 > 0.2 mm	외부 피복 콘크리트 타설 피복두께 100 mm, 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm
	내부	폭 무관	내부 콘크리트 채움 타설 깊이 = 균열 하단 + 100 mm, 최소 600 mm 내부 보강철근 배근 수직근 6-D13 ($\leq$ pile $\Phi 400$), 8-D13 ($\geq$ pile $\Phi 450$) 타이 D13@300



<그림 3-1> 두부 정리



<그림 3-2> 두부 보강

3.2 평면상의 위치 편심

일반적으로 구조 검토 및 보강이 필요 없는 평면상의 위치 편심에 대한 허용 오차는 100mm 이하로 하며, 이를 초과할 경우에는 전문기술자의 구조검토 및 보강대책을 수립하여 적절히 조치하여야 한다.

일반적인 경우	등급	위치 편심 e	보강 대책
	1	$e \leq 100$ mm	구조검토 및 보강 필요 없음.
	2	$e > 100$ mm	구조검토 필요하며, 필요시 추가보강근 배근

독립기초인 경우	등급	위치 편심 e	보강 대책
	1	기초당 말뚝 1개의 위치편심 $e \leq 100 \text{ mm}$	구조검토 및 보강 필요 없음.
	2	기초당 말뚝 1개의 위치편심 $e > 100 \text{ mm}$ 기초당 2개 이상의 말뚝에 위치편심이 75 mm 이상 발생	구조검토 필요하며, 필요시 추가보강근 배근

3.3 연단거리

말뚝의 중심과 기초 최외측단까지의 거리인 최소 연단거리는 시공상의 오차를 감안하여 $1.5 \times D$ (말뚝직경)을 확보하도록 구조도서에 명기한다. 이러한 연단거리가 부족한 경우, 말뚝과 기초간의 전단응력에 안전한지를 검토하거나 기초 크기를 증가시켜 최소연단거리를 확보하도록 조치하여야 한다.

등급	연단거리	대처방안
1	연단거리 $< 1.0 D$	기초 크기 증가, 연단거리 $= 1.5 \times D$ 확보
2	연단거리 $\leq 1.25 D$	기초 크기 증가, 연단거리 $= 1.5 \times D$ 확보
		기초 크기는 증가시키지 않고, 편심 발생 말뚝 위에 추가보강근 3-HD22@200 (양방향) (철근 L = 연단거리 + 600 mm)
		기초 크기는 증가시키지 않고, 말뚝과 기초간을 강접합으로 처리
3	연단거리 $\leq 1.5 D$	구조검토 및 보강대책 필요 없음.

§1. 힌지접합인 경우에만 적용, 강접합인 경우는 별도 검토 필요

3.4 수직기울기

일반적으로 수직기울기에 대한 허용오차는 말뚝 길이의 1/100 이하로 하며, 이를 초과할 경우에는 전문기술자의 구조검토 및 보강대책을 수립하여 적절히 조치하여야 한다.

수직기울기	대처 방안
$e/L_p \leq 1/100$	허용오차 범위 내로서, 별도의 구조 검토 및 보강 불필요
$e/L_p \leq 1/50$	별도의 구조 검토 불필요 - 말뚝 두부와 기초간의 접합부 형태를 강접합으로 처리
$e/L_p > 1/50$	별도의 구조 검토 및 보강 필요 1) 말뚝 두부와 기초 간의 접합부 형태를 강접합으로 처리 2) 경사말뚝으로 간주한 구조검토 및 보강 필요 - 말뚝 허용 지지력 - 편심모멘트에 의한 기초 하단의 철근 보강 필요 여부

§1. 한지접합인 경우에만 적용, 강접합인 경우는 별도 검토 필요

§2. e = 편심(Eccentricity), L_p = 말뚝 길이(Pile Length)

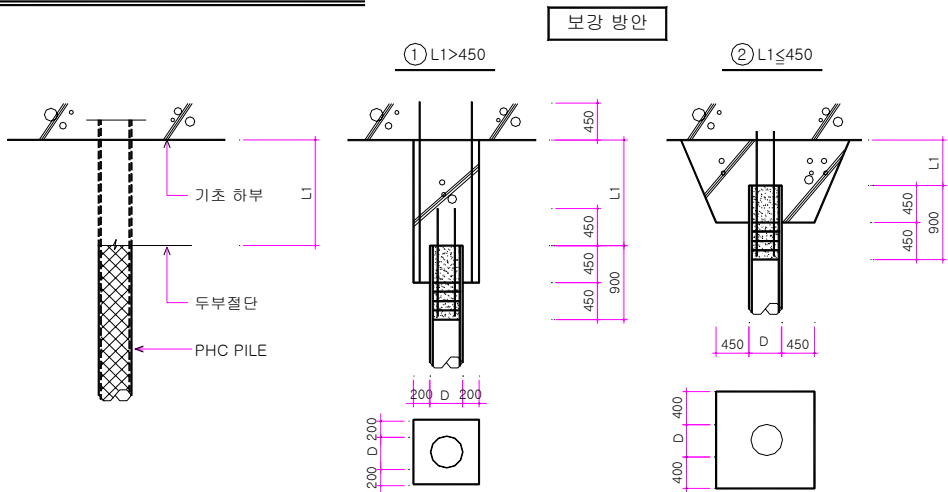
3.5 두부 레벨 오차

말뚝 선단부 지지층의 깊이가 간혹 인접 지층과 차이가 많아 예상 말뚝 길이와 실제 관입 깊이가 불일치하여 말뚝두부가 도면상의 기초 저면 레벨보다 더 아래에 설치될 수 있으며, 대처방안은 다음과 같다.

경우	대처 방안
$L1 > 450\text{mm}$	내부 채움 콘크리트 + 철근 배근 타설 깊이 = 900mm 6-D13 (pile ≤ 400) 8-D13 (pile ≥ 450) Tie D13@150 외부 보강 페데스탈 + 철근 배근 타설 깊이 = $L1 + 450\text{mm}$ 타설 폭 = pile dia. + 400mm 배근 주근 12-D22 Tie D13@300
$L1 \leq 450\text{mm}$	내부 채움 콘크리트 + 철근 배근 타설 깊이 = 900 mm 6-D13 (pile ≤ 400) 8-D13 (pile ≥ 450) Tie D13@150 외부 보강 페데스탈 타설 깊이 = $L1 + 450\text{mm}$ 타설 폭 = pile dia. + 900mm 배근 필요 없음.

§1. $L1$ = 두부 절단면과 기초 하부면 간의 거리

파일 두부 레벨 조정 방안



3.6 말뚝 내공의 지하수 유입

말뚝 내공에 지하수가 유입될 경우, 지하수 유입을 야기한 원인에 의하여 말뚝 자체가 피해를 입었거나 추후 피해를 입을 소지가 있으므로 그 원인을 분석하여 대처하여야 한다.

원 인	대 책	비 고
선단부의 슈가 파손된 경우	항타중 지하수 유입의 대표적인 경우이며, 말뚝 내공의 수위차의 변동이 발생하지 않다면 지지력에는 변화가 없는 것이므로 보완 시공이 필요 없음	보강 필요 없음
이음부 용접불량 및 인장 볼트구멍에 의한 유입	지하수 유입속도가 느리기 때문에 쉽게 판단이 가능하며, 허용수직도(=1/50) 이내인 경우에는 보완시공이 필요 없으며, 허용한도를 벗어난 경우에는 콘크리트 속채움 등으로 보완	허용수직도 초과시 콘크리트 속채움 보완
중과 등에 의한 유입	항타중 또는 피압수에 의한 균열 등으로 발생되며, 항타중 중과에 의한 경우에는 보강타를 시공하여야 하며, 피압수는 지반 조사시 검토되어 사전에 제거한 후 시공하여야 함.	추가 보강타 시공

4. 맺음말

본 소고에서는 PHC 말뚝 시공시 현장에서 발생할 수 있는 시공오차 중에서 두부 균열, 위치 편심, 연단거리, 수직기울기, 두부레벨오차, 말뚝 내공 지하수 유입에 대한 대책 및 보강방안을 정리하였다. 가장 빈번하게 발생하는 시공오차로는 말뚝 두부 손상이며 이에 따른 두부 균열과 두부레벨오차에 대한 질의를 가장 많이 받게 된다. 시공 오차의 발생시 정확한 원인규명 및 이에 따른 대처가 필요하며 무엇보다도 시공시의 품질관리가 중요하다고 할 수 있다. 말뚝 두부 손상을 방지하기 위해서는 적절한 햄머선정, 편타방지, 지중장애물에 유의하여 시공하여야 한다.

해상구간 장대 강교량의 가설공법에 관한 연구

건설기술연구소 토목과장 육일동

1. 서 론

1.1 연구배경

교량은 인류가 편의시설을 확충하기 위해 투자해온 사회간접시설 중에서 가장 중요한 핵심 구조물 중 하나라 할 수 있다. 현재 교량은 장기간 및 장경간화 추세로 발전하고 있으며, 상대적으로 기술난이도가 높은 연육·연도교도 많이 가설되고 있다. 그러므로 이러한 교량의 가설공사는 고도의 설치난이도와 더불어 열악한 환경조건을 극복해야 하는 난제에 봉착하고 있다.

경제 규모의 증대와 생활영역의 확대에 따라 장대 교량의 수요가 증가하고 있으며 여러 교량 건설재료 중에서 강재는 유지관리 및 보수·보강 측면에서 장점이 많고 콘크리트 교량에 비교하여 상대적으로 자중이 작은 특징으로 인해 대규모 장대교량의 재료로써 많이 사용되고 있다.

대형교량의 가설은 가설공법의 채택에 따라 공사비용의 절감, 공사기간의 단축은 물론 공사의 성패에도 큰 영향을 주는바 교량 가설 현장의 기상, 지형, 사용 가능 장비의 현황 및 대상 교량의 특성을 충분히 고려하여 합리적인 방법으로 교량 가설공법을 선정해야 한다.

또한 공법 선정에 있어 기존 사용되고 있는 공법들을 채용하여 사용할 수도 있겠으나 상기 설명한 가설조건에 부적합할 경우 새로운 가설 방법·공법을 개발 적용하여야 할 것이다.

1.2 연구 목적

본 연구는 증가추세에 있는 해상지역에서의 장대강교량 가설공법과 관련하여 각 공종별 적용할 수 있는 여러 공법들을 조사 분석하고 당사에서 기 수행한 영종대교 및 통영대교의 일괄가설공법 수행시 적용한 공법들에 관하여 고찰함으로써, 향후 유사 공사 수행시 참고자료로 활용할 수 있게 하기 위함이다.

2. 해상 교량 가설공법

해상에서 장대 강교량을 가설하는데 필요한 공종(육상 Load-out, 선적 및 설치)에 적용 가능한 공법 및 그 개요에 관하여 살펴보고자 한다.

2.1 육상 Load-out 공법의 종류 및 개요

Load-out(L/O)이란 중량구조물을 육상 및 해상 운송하는 것을 의미하며, 여기서는 교량제작 완료 후 해상운송을 위한 Barge 선적 이전 위치까지의 육상 운송을 대상으로 한다.

2.1.1 크레인을 이용하는 방법

일반적으로 가장 많이 사용되는 Load-out 방법으로 육상크레인을 사용할 경우 장비용량의 한계로 인해 중소형 구조물 Load-out에 주로 사용되며, 대형 중량구조물의 일괄 Load-out에는 적용하기 어려운 공법이다. 그러나 대형 해상크레인을 사용할 경우 설치작업과 연계하여 장비사용이 가능할 수 있어 후술하는 당사 적용 사례(통영대교)의 경우와 같이 최소공사기간으로 교량가설 작업 수행이 가능하다.

<그림 2-1> 육상크레인 이용 L/O <그림 2-2> Skidding system 이용 L/O

2.1.2 Skidding System을 이용하는 방법

Skidding System을 이용하는 방법은 교량 하부에 목재나 강판을 설치하고 운활제를 도포하여 마찰력을 감소시켜 견인장비(Winch나 Strand Jack)를 이용하여 Load-out하는 공법으로 일반적으로 대규모 중량구조물의 Load-out 작업에 사용된다. 그러나, 본 공법 사용시 마찰력은 이동 대상 구조물 자중의 약 20~30%([표 2-1] 참조)수준으로 이동작업시 대용량의 견인 장비가 필요하고, Skid-way에 과대한 수평력이 발생함으로 대규모의 별도 지반 보강 작업이 필요하고 이동 속도

가 늦으며, 지반에 균등한 하중 분배를 할 수 없을 뿐만 아니라 기후 상황에 영향을 많이 받는 단점을 갖고 있는 공법이다.

대규모의 수평하중을 설계에 반영해야 하므로 대형 Skid-Way 조성이나 별도의 견인장비 설치를 위한 대규모 정착단(Anchorage)의 조성이 불가피하다. 견인장비의 종류에 따라 작업속도에 영향을 미치나 Skid-Way 평탄성 불량 등의 이유로 특정 스키드 슈 부분에 부분적으로 과대 하중이 발생하여 견인작업을 중지해야 하는 경우 발생시, 사태 수습에 장시간이 소요되며 대용량 고가의 견인 장비를 필요로 하게 된다.

2.1.3 Wheel의 구름마찰을 이용하는 방법

대차(Bogie)를 이용하는 방법으로 Load-out시 마찰력이 구조물 자중의 약 1% 정도로 Skidding System을 이용하는 방법에 비해 작은 용량의 견인장비 및 정착단 조성으로 작업이 가능하다([표 2-1] 참조). 그러나 고가인 대차 제작비용을 고려할 때 Load-out 회수가 많은 경우에 적합할 것으로 판단되며 장비의 전용이 가능하다. 본 장비를 이용한 Load-out은 기상상태에 영향을 받지 않고 공사 진행이 가능하고 Load-out 속도 또한 스키딩 시스템에 비해 빠른 편이다.



<그림 2-3> Wheel의 구름마찰을 이용한 Load-out

[표 2-1] 마찰계수 (인용 : 0013/NDI Rev. 1 Appendix B)

Level surface	Static			Moving		
Sliding	Min	Typ.	Max	Min	Typ.	Max
Steel/Grease/Steel	0.10	0.15	0.30	0.08	0.12	0.20
Steel/Grease/Teflon	0.10	0.20	0.25	0.03	0.05	0.07
Teflon/Grease/Wood	0.08	0.14	0.25	0.03	0.06	0.08
Steel/Grease/Wood		0.20				
Rubber tires(locked)	0.05	0.20	0.50			
Rolling						
Steel wheel/Steel		0.01			0.01	
Rubber tires/Steel	0.01		0.02	0.01		0.02
Rubber tires/Gravel	0.02		0.04	0.02		0.04

[표 2-2] Sliding Pad 종류 및 규격 (인천공항 교통센터 Sliding 공법적용 기준)

구 분	Pad 종류	규격	접촉면	적용마찰계수	
				정지 상태	이동 상태
Vertical Support	PTFE (Teflon)	450×400×16T	SUS Plate	0.08	0.04
Lateral Support	PE (Polyethylens)	250×200×16T	Raw Steel	0.27	0.15
	Polished SUS Plate	-	Raw Steel	-	0.7~0.12
	Roller Skid	-	Raw Steel	-	0.7~0.12

2.1.4 Transporter를 사용하는 방법

본 공법은 구조물 운송이 트랜스포터에 의해 진행되기 때문에 트랜스포터 외에 별도의 장비가 필요하지 않아 작업이 간편하고 용이한 Load-out공법이다. 그러나 장비사용 비용이 고가이며 용량 및 사용에 제한이 있어 구조물의 형상과 중량을 고려하여 적용할 수 있는 공법이다.



<그림 2-4> Transporter 이용한 L/O



<그림 2-5> Transporter를 이용한 선적

2.2 선적 공법의 종류 및 개요

2.2.1 Skidding System을 사용하는 공법

육상 Load-out공법에서 설명한 바와 같이 제작된 중량물 하부에 목재를 설치하고 왁스/그리이스를 도포하여 마찰을 감소시켜 바지선 상단까지 구조물을 이동시켜 바지에 선적하는 공법이다. 이 공법은 조석간만의 차이가 작은 지역에서 적용 가능하며 교량 구조물과 같이 길이가 긴 중량 구조물의 일괄선적시 선적작업에 장시간이 소요되므로 조수간만의 차이가 큰 지역에서는 적용이 불가능한 공법이다. Barge에 Ballasting System을 장착하여 조수간만의 차를 어느 정도까지는

극복할 수 있으나 적용의 한계성이 있으며 사용 Pump의 이상과 같은 돌발사태 발생시 대형사고를 유발할 수 있다.

2.2.2 육상 크레인을 사용하는 공법

육상 크레인을 이용하여 리프팅하여 선적하는 공법으로 육상 크레인 용량의 한계로 인하여 소형 구조물의 선적공법으로만 적용될 수 있다.

2.2.3 해상 크레인을 사용하는 공법

해상 크레인을 이용하여 선적하는 공법은 국내 최대 규모인 삼성호 사용시 자중 3,000톤 이하의 중량물을 선적할 수 있는 장점이 있으나 크레인을 사용할 수 있는 작업 조건(대형 해상 크레인이 진입할 수 있는 넓은 장소 확보, 수심 확보 및 리프팅을 위한 가설구조물의 별도 설계 등)에 제한을 받으며 장비사용 비용이 고가인 공법이다.

2.2.4 Transporter를 사용하는 공법

트랜스포터를 사용하여 하중을 분산하여 선적할 수 있는 방법으로 중량물의 규모가 제한되고, 장비 사용료가 고가이며 길이기 100m이상의 장대 교량구조물 선적시 조석간만의 차이가 큰 지역에는 적용하기에는 부적당한 공법이다. 그러나 Skidding 방법 보다는 빠른 속도로 작업이 가능하고 지반에 교량 자중을 균등하게 분산이 가능하다.

2.2.5 Float Mating 공법

교량구조물 중량이 Float Crane 인양능력을 초과하고 조수간만의 차이가 큰 지역에서 이용할 수 있는 공법으로 국내에서는 영종대교 선적시 최초로 적용된 공법이다. 이 공법은 선적용 특수 전용 부두시설(Jetty)를 조성하고 부두 상단 소정의 위치까지 교량구조물에 관한 Load-out을 수행한 이후, 운송용 Barge가 교량 하면으로 진입하여 조수간만의 차이를 이용하여 교량을 선적하는 공법으로 조수간만의 차이가 큰 지역에서 초대형 교량을 선적하기에 적합한 공법으로 평가할 수 있다.

2.3 설치 공법의 종류 및 개요

교량가설 공종 전반에서 가장 비중이 큰 공종은 설치(Erection) 부분이다. 교량의 설치 방법을 단일부재를 순차적으로 설치하는 단재가설공법, 중간 크기의

Block을 조립한 후 가설하는 중 Block 가설공법 및 전체 블록(1경간)을 동시에 가설하는 대블럭일괄가설 공법으로 분류할 수 있다. 전기한 단재 및 중 Block 가설 공법은 가벤틀을 필요로 하므로 해상공사에서 설치 원가를 높아지게 하고 공사기간이 길어지는 직접적인 원인이 되므로 대블럭 일괄가설공법 적용이 유리하다. 단재 및 중블럭가설의 경우 주로 중간규모의 해상크레인을 사용하는 것이 일반적이거나 교량의 설치 높이에 따라 결정된다. 대블럭 일괄가설 공법 적용의 경우 주로 Float Mating, Strand Jack, 대형 해상크레인 및 대형바지를 이용한 설치 방법이 사용될 수 있다.

2.3.1 Float Mating에 의한 일괄설치 공법

지상에서 완전 조립한 교량을 Barge에 선적하여 현장으로 운송 후 Tide를 이용하여 전체 교량을 계획지점에 일괄설치하는 공법으로써, 조석간만의 차이를 주로 이용하는 방법과 Ballasting을 이용하는 방법이 있다. 전자의 경우는 조석간만의 차이가 큰 지역에서 적용가능하며, 후자의 경우는 조석간만의 차이가 작은 지역에 적용할 수 있는 공법이다. 그러나 간만의 차이만을 이용하여 설치시 매우 신속한 작업이 이루어져야 하고 간만의 변화가 적은 지역에서 Ballasting System에 의존하여 설치할 경우 장비(Pump 및 발전설비) 고장시 대형사고로 이어질 수 있으므로 각별한 주의가 요구되며, 양자의 경우 모두 Barge에 설치된 높은 가시설물 상에서 이루어지는 작업이므로 조류속도가 빠르지 않은 지역에서 Barge의 안정성이 충분히 확보될 경우 적용할 수 있다.

2.3.2 Strand Jack에 의한 일괄설치 공법

본 공법은 Barge를 이용하여 완전 조립된 교량을 설치위치까지 운송하는 것은 Float Mating방법을 이용한 일괄설치공법과 동일하나 조수간만의 차이나, Barge에 설치된 Ballasting System을 이용하는 것이 아니고 Strand Jack을 이용하여 운송된 교량을 일시에 Lifting해서 교량을 설치시키는 공법이다. Float Mating 공법에 비해 작업할 수 있는 기회가 많이 주어지는 장점이 있으나, Lifting Post와 같은 가설구조물이 필요하다.

교량 설치가 Strand Jack에 의해 수행되기 때문에 매우 정밀도가 높으며 Jack System이 안전하다면 여타의 공법에 비해 안전사고의 위험이 가장 적다.

Strand Jack 지지 작업대(Lifting Post)를 기존의 교대에 설치할 수 없을 경우 교대에 관한 설계를 변경하거나 신규 지지구조물 조성이 필요할 경우 대규모 토목공사를 수반할 수 있으므로 가설 경비 증가요인이 발생될 수 있다.



<그림 2-6> Strand Jack을 이용한 설치



<그림 2-7> 해상크레인 이용한 설치

2.3.3 해상 크레인을 사용한 일괄설치 공법 (3,000Tons Floating Crane)

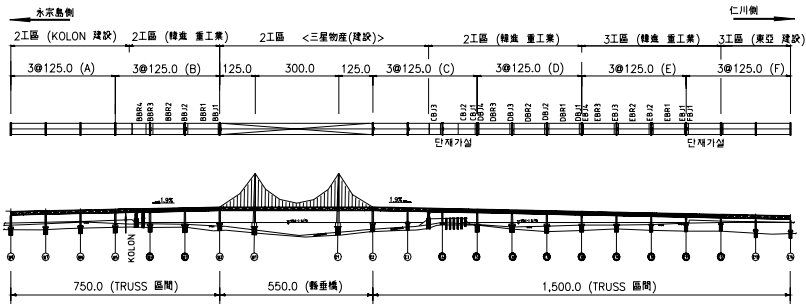
대형 해상크레인을 이용하여 해상구간에 장대교량을 설치하는 방법으로 일본의 경우 해상에 가설되는 교량에 많이 적용해온 공법이나 국내의 경우 삼성호(최대 인양능력 3,000Tons)가 건조되기 이전까지 대용량 Floating Crane의 부족으로 본 공법을 이용한 일괄가설 시공 경험이 거의 없는 실정이었다. 그러나, 삼성호 건조 이후 통영대교 가설을 필두로 하여 국내 주요 대형 교량 가설시 많이 사용되고 있다.

3. 당사 적용 사례

당사가 시공한 대표적인 해상 가설 강교량인 영종대교 및 통영대교의 가설시각 공중에 적용한 공법들을 아래에 소개한다.

3.1 영종대교

동북아 지역의 중추 공항 기능을 담당할 인천국제공항의 접근 교통 수단인 영종대교는 총 연장 4,420m의 연속교로서 주경간부는 10,000톤급 이상의 선박운항이 가능한 세계 최초의 도로 및 철도 병용 복층 자정식 현수교와 접속 구간은 주경간부와 연속성을 고려하여 복층 Truss교와 강상형교로 구성되어 있다. 당사에서는 2,250m의 복층 Truss 형식 중 해상구간 1,375m(60,000tons)를 가설하였으며, 본 교량은 상로 6차선 도로, 하로 4차선 도로 및 철도 복선으로 구성된 대규모 강교이다.



<그림 3-1> 영종대교 일반도

3.1.1 당초 설치공법의 문제점

당사에서 수행한 영종대교 가설구간 1,375m는 대부분 해상구간으로 세계최대 규모의 조수간만의 차 및 빠른 조류속도 등으로 인하여 작업 난이도가 높은 현상이었다. 당초 가설공법은 교각사이에 Temporary Bent를 시공하여 75m 중블럭 단위로 교량을 분할한 후 해상크레인을 사용하여 설치하는 Bent 공법으로 계획되었다. 그러나 본 공법을 이용한 공사수행에 있어서 핵심장비인 3,000Tons 해상크레인 은 국내에 1척만을 보유하고 있으며, 해상운송시 사용해야할 Barge 또한 본 교량 규모에 적합한 장비가 세계적으로 희소하여 장비 수급이 어려운 상태였다. 상기 해상크레인은 동일한 기간에 인접 해상공사 구간에서도 사용할 계획이었으므로 원활한 장비사용에 지장을 초래할 수 있을 뿐만 아니라, 10개월 이상 장비를 사용해야하는 본 공사의 경우 임차비용이 고가이므로 공사비용 측면에서도 대단한 부담 요인이었다.

또한 해상 가벤트 설치 개소 및 현장 연결 개소가 많아 품질확보가 불확실하고 대부분 해상에서 수행하는 고소작업이므로 기상변화에 크게 영향을 받게되어 공사 기간이 길어질 가능성이 컸다. 그리고 가설 현장의 조류속도(Max. 2.15m/sec)가 빠르고 조수간만의 차이가 심하여 해상크레인 작업시 정확한 위치에 구조물을 설치하는데 많은 시간이 소요될 것으로 예상되었다.

3.1.2 대안의 설치공법 개발

전기한 바와 같이 공사 수행에 있어 핵심장비 사용에 고비용이 소용되고 수급 또한 원활하지 않을 것으로 예상되며 난이도가 높은 해상작업량이 많으므로 공사 기간 준수가 불확실한 상태에서 원안 설치공법에 의한 물의 없는 교량 가설이 불

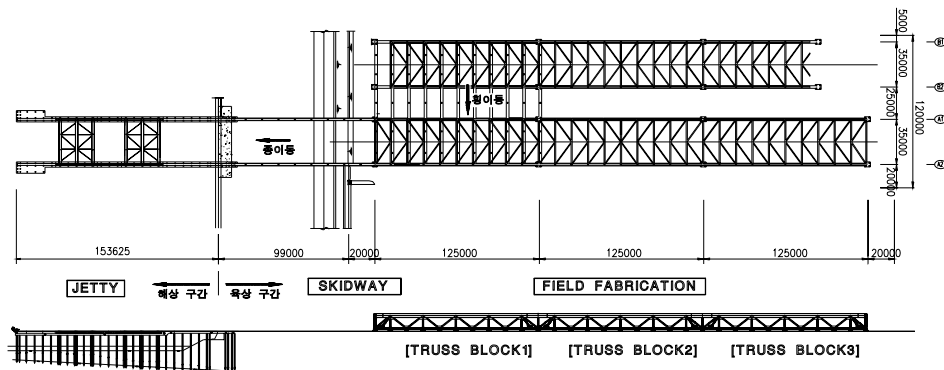
가능한 상태였다. 그러므로 당사에서는 당면한 공사비용, 장비수급, 작업환경, 공기 준수 등의 문제점을 극복할 수 있는 대안의 설치공법을 연구하여 해상 가벤프를 사용하지 않고 해상 크레인의 사용을 최소화함과 동시에 공사수행에 가장 악영향을 끼칠 것으로 예상되는 조석간만의 차를 순기능화하여 교량을 선적 및 거치할 수 있는 신개념의 해상교량 가설공법을 개발하였다. 본 공법은 운송 및 설치 단위 블록을 약 110m로 크게 하여 해상작업을 최소화함으로써 공사기간 단축이 가능하고 교량의 품질을 극대화시킬 수 있는 새로운 대안의 일괄가설공법이다.

3.1.3 가설공법 개요

당사에서는 대블럭 일괄가설공법으로 교량을 가설하기 위해 대형교량의 육상/해상 운송 및 설치 공법을 독자적으로 개발하여 적용하였다. 본 공법은 해상공사수행시 안전 및 품질 확보가 가능하고, 경제성 또한 우수한 교량가설 공법으로 평가받고 있으며, 교량가설시 적용한 주요 공법들의 개요를 설명하면 다음과 같다.

1) Bogie System을 이용한 Load out 공법

<그림 2-9>와 같이 Skid-way를 조성하여 3경간 연속 강 Truss 교량을 육상에서 완전조립 및 검사 완료 후 1경간이 125m인 5,500톤 단위로 교량을 분리하여 해상 Jetty까지 Bogie System을 사용하여 안전하고 신속한 육상 운수작업은 수행하였다

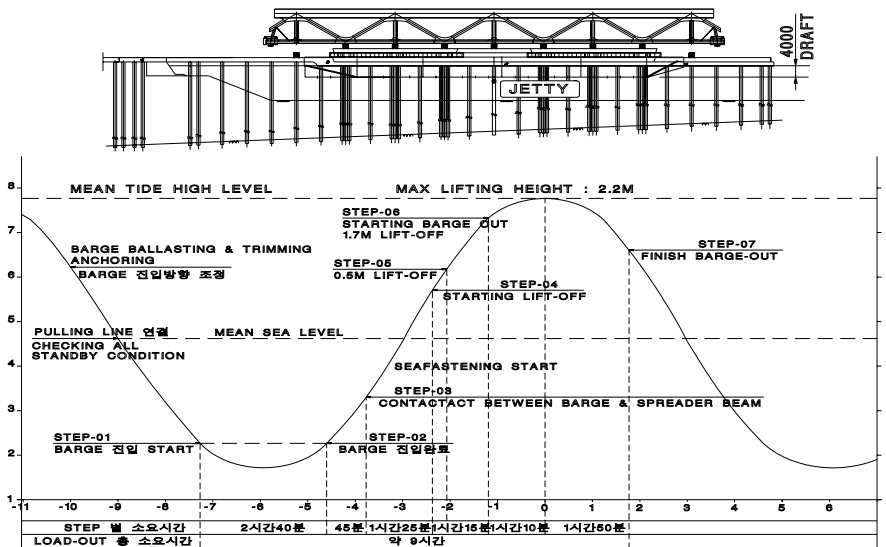


<그림 3-2> Skid Way 및 Jetty 배치도

2) Float Mating 공법에 의한 선적 및 거치 공법

세계에서 조석간만의 차이(약 9.7m)가 가장 큰 인천지역의 자연 조건을 최대한 활용하여 국내 최초로 조석간만의 차이를 이용하여 11,000톤급 중형 Barge에 대형 Truss 교량을 선적하였다. 선적된 Truss는 예인선을 이용하여

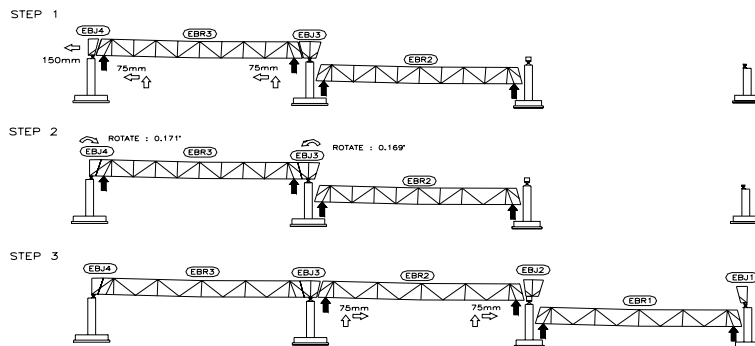
가설 위치까지 약 7.7km 해상 운송 후 교각 기초 상부에 기 설치된 작업대 (Base Structure)에 조수간만의 차이를 이용하여 거치하였다.

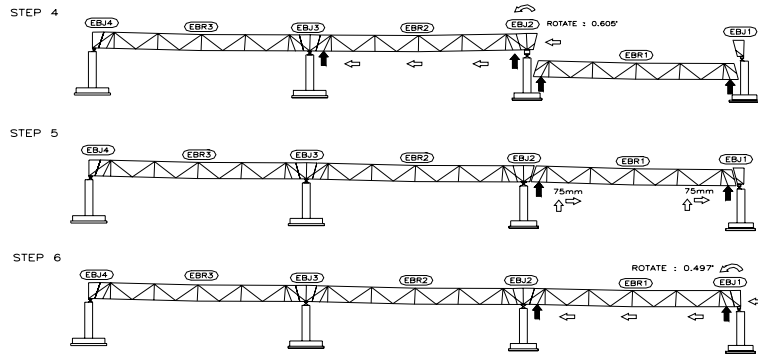


<그림 3-3> Float mating에 의한 선적 Time Schedule

3) Hinged Double Post를 이용한 설치 방법

거치 후 Lifting Post와 Truss 본체를 Lifting System을 이용하여 교각위로 Lifting하고 Truss의 연결작업은 Lifting 장비인 Strand Jack과 교각 상부에 설치된 미세 조정 장치 등의 Jig를 개발하여 상하, 전후, 좌우 이동 및 회전 이 가능하게 하여 작업성을 확보하고, 안전한 작업이 가능하도록 하였다.

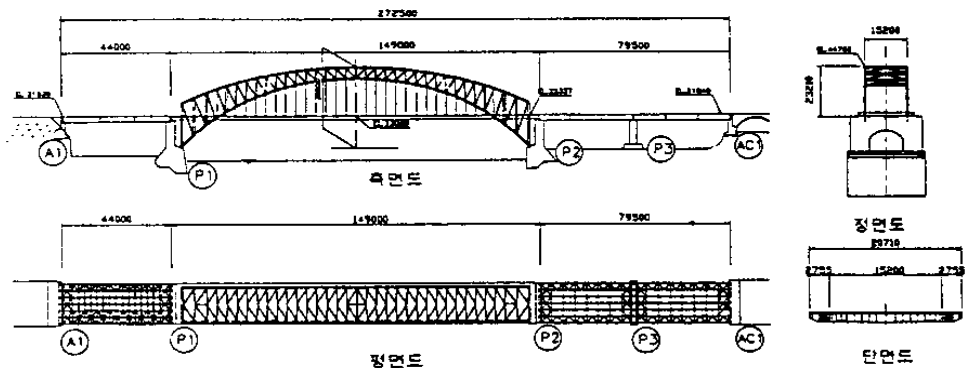




<그림 3-4> Lifting Procedure

3.2 통영대교

통영대교는 통영시의 육지부 당동과 미륵도의 미수동을 연결하는 연육교 공사로서 기존의 통행로는 왕복 2차로의 충무교가 유일하여 주민들의 교통불편을 해소하고, 한려수도 해상국립공원의 중심지인 통영시의 관광발전과 지역의 균형발전을 위하여 계획된 아치형식의 교량이다.



<그림 3-5> 일반도

3.2.1 당초 설치공법의 문제점

본 강 아치트러스교의 가설방법은 공장에서 제작·조립을 완료하고 대형 바지선을 이용하여 설치현장까지 교량을 해상 운반 후 바지선과 Sand Jack을 이용한 일괄설치공법 및 Tide와 Barge의 Ballasting System을 이용하여 설치하는 Float Mating 공법을 검토하였다. 그러나 본 교량 설치현장은 조수간만의 차이가 2 ~

3m이고, 최대유속이 약 1.2m/sec로 빠른 지역에 위치하고 있었다. 이러한 환경하에서 정확한 바지의 흘수조절 뿐만 아니라 현장의 빠른 유속으로 인하여 정밀한 교량 설치가 어려워 바지를 이용한 Float Mating 공법 적용이 불가능하고, Strand Jack을 이용한 설치공법 적용의 경우 빠른 조류속도로 인해 교대 사이로 바지 진입 후 안정성 확보가 어렵고, Lifting Tower와 같은 가설구조물 지지를 위한 교대의 설계변경과 Footing 지지력 보강이 필요하므로 상당한 추가 공사비용이 예상되었다. 또한 본 지역은 선박의 왕래가 빈번하고 설치기간 동안은 선박의 왕래를 완전 차단해야 했으므로 설치방법의 재검토가 불가피했다.

3.2.2 대안의 설치공법 선정

당시 삼성중공업에서 3,000ton 해상크레인을 제작중 이었고 제작완료 시점이 당 현장의 아치트러스 설치예정 시기와 맞아 해상크레인을 이용한 일괄 설치공법을 검토하고 국내 최초로 해상크레인을 이용하여 149m 중앙 경간을 일괄설치하는 공법을 선정하였다.

3.2.3 가설공법 개요

일본의 경우 대형 해상크레인을 이용하여 해상구간의 장대교량을 일괄설치하는 방법은 일반적인 방법이며, 특히, 단일 경간에 적용시 설치공기 및 공사비 측면에서 절대적인 비교 우위를 지니고 있는 공법이다. 그러나, 국내의 경우 대형 Floating Crane(F/C)의 부족으로 본 공법의 검토 시점까지 시공 경험이 거의 없는 실정이었다.

1) Load-out 및 선적

설치공법 변경 이전에는 Skidding 방법을 이용하여 Barge에 일괄선적하는 공법을 계획했으나, 설치공법이 3,000톤 해상크레인을 이용하게됨에 따라 교량을 안벽 가까이에 평행하게 조립한 후 해상크레인을 이용하여 일괄 선적하는 공법으로 변경 적용하였다.

2) F/C를 이용한 일괄설치

실제 현장설치는 현장 도착부터 설치완료까지 4일정도 소요되므로 설치공기를 최소화할 수 있었으며, 교량 운송을 1회에 일괄 완료하여 소요되는 물류비용의 절감뿐만 아니라 항로 폐쇄를 최단시일화 함으로써 간접적인 물류비용도 절감할 수 있었다. 또한 현장에서의 부분조립시 발생할 수 있는 안전사고를 줄일 수 있었으며, 불확실한 원안설계 설치공법을 대형 해상크레인을 이용한 일괄설치공법으로 변경시공 함으로써 성공적인 교량가설이 가능했다.



<그림 3-6> F/Crane을 이용한
일괄 선적



<그림 3-7> F/Crane을 이용한
일괄 설치

4. 결론

본 장에서는 대형 강교량의 해상가설시 현장조건, 공사기간을 고려하여 육상운송(Load-out), 선적(Shipping) 및 설치(Installation)에 가장 적절한 공법들을 소개하고 각 공법들의 장단점을 비교 검토하였다.

4.1 Load-out 공법 선정

대상 교량의 규모에 따라 여러 가지 공법들을 사용할 수 있으나, 본 장에서는 통영대교와 같이 단일 경간만을 1회 선적 및 설치하는 경우와 영종대교의 경우와 같이 약 9개월간 11회의 Load-out을 수행해야하는 경우, 즉 공사기간에 따른 공법 적용성을 비교 검토하였다.

4.1.1 장기간 Load-out에 적합한 공법

Bogie System을 이용하는 방법은 Skidding 방법과 비교하여 여러 차례 반복작업에 적합하고 신속한 Load-out 수행이 가능하다. 본 방법은 Skidding 방법과 달리 구름마찰을 이용함으로 작은 마찰계수를 이용하여 견인이 가능하고, Bogie에 유압 및 제어 장치를 도입하여 Load-out시 균등한 지반반력상태를 유지한 상태로 Load-out을 수행할 수 있는 공법이다. 그러므로 Skid-Way 조성비용을 절약할 수 있으며 소형의 견인장비를 사용하여 공사가 가능하고 기상조건에 관계없이 우천시에도 작업이 가능하다. 그러나 Bogie System의 제작에 상당한 비용이 소요되므로 Load-out 회수 및 공사 후 전용성에 관한 검토가 필요할 것이다.

4.1.2 단기간 Load-out에 적합한 공법

1) Floating Crane 이용하는 방법

통영대교와 같이 대형 해상크레인을 이용하여 단일 경간만을 설치하는 경우 구조물 중량이 F/Crane의 인양능력 범위이내 이므로 안벽 가까이에서 지조립을 수행 후, F/Crane를 이용하여 직접 교량을 선적할 수 있었다. 이 경우 1회의 장비임차로 육상 Load-out 공종을 생략할 수 있어 공사기간 단축 및 경제적인 가설공사 수행이 가능하다. 통영대교의 선적, 설치와 같은 최적의 공법 적용을 위해서는 교량 중량이 F/Crane 인양능력 이내인 경우이며 안벽 가까이에서 지조립장이 조성이 가능해야 하고, F/Crane이 진출입 가능한 준설 및 기타 Mooring 시설이 준비되어야 한다.

상기 방법은 Load-out 대상 교량이 단일 경간일 경우 가장 효과적일 수 있으나, 영종대교와 같이 여러 경간을 반복적으로 장기간 Load-out해야 하는 경우 고가의 해상장비 사용기간이 길어지므로 충분한 경제성 검토가 필요하다.

2) Transporter를 사용하는 방법

대용량의 유압장비를 이용하여 적재하중을 균등하게 지반에 분포시킬 수 있는 방법이지만 장비사용 비용이 고가이므로 장기간 사용해야하는 경우 공사 비용 측면에서 부담스러운 공법이라 할 수 있다. 그러나 단기간 사용시에는 우수한 방법이라 할 수 있으며, 상기 Skidding 또는 Bogie System 적용시 조성해야 하는 Skid-way는 필요하지 않으며, 대상구조물의 중량에 따라 Unit를 조합하여 사용 가능하므로 대용량 구조물의 Load-out에도 적합한 공법이라 할 수 있다.

[표 4-1] Load-out 공법 비교표

구 분 공법명	장 점	단 점	비 고
Floating Crane	-단기간의 Load-out 및 선적시 유리 -설치와 병용하여 사용시 원가 절감의 극대화 가능	-Load-out 회수가 많아 공사 기간이 길어지는 경우 과다한 장비임대료 발생	단기간 공사에 유리
Transporter	-단기간의 Load-out 및 선적시 유리		
Skidding 방법	-가장 일반적으로 사용되는 공법	-대형 Skid-way 조성 및 대형견인장비 필요	
Bogie System	-균등한 지반반력상태로 Load-out 가능	-경제적 Skid-way 조성 및 중형 견인장비 필요 -System제작을 위한 초기 투자비 과대, 유사공사 적용 가능	장기간 반복 공사에 유리

4.2 선적공법 선정

선적공법의 선정은 전술한 Load-out과 관련하여 동일 공법을 적용하는 것이 가장 경제적인 방법이다. 또한 선적공법은 대상교량의 중량, 조수간만의 차이 및 조류속도 등을 고려하여 적절한 공법을 적용하여야 하며, 아래와 같이 조석간만의 차이, 공사기간 및 조류속도 등을 고려하여 적절한 선적공법을 선정하여야 한다.

4.2.1 조석간만의 차이가 큰 지역에서의 선적

1) F/C를 이용하는 방법

해상에서 길이가 긴 교량구조물의 선적은 조수간만의 차이에 따라 공법적용의 제약조건으로 작용한다. 영종대교 가설지역인 인천과 같이 조석간만의 차이가 큰 지역에서 100m 이상의 장경간 구조물을 Barge에 직접 일괄 선적하는 것은 장시간이 소요되므로 Skidding, Transporter 및 Bogie system을 이용하는 공법 적용은 부적절하다. 이러한 경우 가장 적절한 공법은 F/Crane을 이용하는 방법이라 할 수 있으나 장비의 인양 능력에 따라 본 공법 적용여부가 결정되며, 장비 임차 비용이 고가이므로 장비의 사용기간을 충분히 고려해야 할 것이다.

2) Float Mating 공법

조수간만의 차이가 약 10m인 영종대교 가설시 적용한 Float mating 공법은 선적보조 시설인 Jetty시설을 개발함으로써 조수간만의 차이에 영향을 받지 않고 선적위치까지 110m 5,500톤 1경간을 Load-Out 완료 후 저조에 Barge가 구조물 아래로 진입하여 Tide가 상승함에 따라 Barge에 교량구조물을 선적하는 자연친화적 선적방법이다. 본 선적 공법은 당사에서 최초로 개발·적용한 선적공법으로 구조물의 중량에 관계없이 적용 가능할 뿐만 아니라 상대적으로 적은 규모의 Barge를 이용할 수 있는 선적공법으로 조수간만의 차이가 큰 지역에서 적용성이 우수하다.

4.2.2 공사기간에 따른 선적공법 선정

전술한 바와 같이 고가의 대형 장비를 임차하여 장기간 공사에 사용하는 경우 상당한 장비임대비용의 발생으로 공사수행에 부담요인으로 작용할 수 있으므로 공사 수행 기간 또한 공법 선정시 중요한 고려 항목이라 할 수 있다.

4.2.3 설치공법의 선정

교량 구조물의 중량, 조석간만의 차이, 유속 등과 같은 현장 조건 및 장비 현황

을 조사 분석하여 최적의 공법을 선정해야할 것이며 설치는 교량 가설시 비중이 가장 큰 공종이다.

1) Float Mating에 의한 일괄설치 공법

본 공법은 대형 Barge를 이용하여 조수간만의 차이가 큰 지역에서 Tide 만을 이용하여 교량을 설치하는 방법과 조수간만의 차이가 작은 지역에서 대형 Barge의 Ballasting System을 이용하는 교량을 설치하는 방법으로 구분할 수 있다. 그러나 조수간만의 차이가 큰 지역에서도 설치시 시간 관계상 Ballasting을 병행하는 경우가 일반적이다. 본 방법을 이용하는 경우 대형 Barge에 설치되는 설치용 가설구조물 만을 이용하므로 경제적인 교량 가설이 가능하다. 그러나 일반적으로 장대교량의 경우 항로 확보와 선형의 조화를 위해 교량 높이가 상당히 높은 경우가 많으므로, Barge 상에 설치되는 가설구조물 높이가 상당히 높게 되어 운송 및 설치시 Barge의 안정성 확보가 어렵게 된다. 따라서 조류 속도가 빠르거나 파도가 높은 현장에서는 적용하기에 물의가 있는 공법이라 할 수 있다.

예로 영종대교 가설 현장과 같이 조수간만의 차이가 큰 지역의 경우 Tide와 Ballasting 시스템을 병행하여 교량가설이 가능하나 설치 위치가 높고 유속이 빠른 현장조건에서는 Barge의 안정성 확보가 불확실하여 본 공법 적용이 어렵다. 또한 통영대교나 단항대교 설치 현장에 본 공법의 적용성을 검토한 결과 교량 가설현장이 유속이 빠른 목(해상 폭이 좁아지는 구간)부분에 위치해 있으므로 조류 속도가 빨라 본 공법 적용이 불가능했다.

2) Floating Crane을 이용한 일괄설치공법

국내에 보유하고 있는 대형 해상크레인은 2,000톤급 설악호와 3,000톤급 삼성호이며 삼성호의 경우 통영대교 가설을 필두로 하여 단항대교, 서해대교, 영종대교 등 국내 대형 교량 가설공사에 핵심장비로 사용되었으며, 본 장비의 설치능력을 고려하여 교량 가설계획시 경간장이나 교량의 설치 높이 계획에도 반영하고 있다. 본 설치방법은 통영대교의 Load-out부분에서 설명한 바와 같이 Load-out, 선적 및 설치공중에 이르기까지 해상크레인을 1회 임차하여 일괄 사용이 가능한 경우 최적의 가설공사 수행이 가능하나, 영종대교 가설과 같이 장기간 여러 Block을 선적 및 설치해야하는 경우 막대한 장비 임차비용으로 인하여 공사비 부담에 커지게 될 것이며, 본 공법은 조류속도가 빠르지 않고 파도가 높지 않은 지역에서의 적용성이 우수하다.

3) Strand Jack을 이용한 일괄설치공법

본 공법은 영종대교 현장에서 적용한 일괄설치공법으로 Barge를 이용하여 해상 운송 후 교각기초에 설치된 지지대(Base Structure)에 교량을 거치한 상태에서 Lifting Post를 설치하여 Strand Jack을 이용하여 설치 높이까지 인양한 후 접합면을 연결하는 방법이다. 본 설치 공법은 해상크레인 또는 Float Mating 공법과 비교하여 해상 및 기상 조건에 거의 관계없이 공사 수행이 가능함으로 신속한 공사 수행이 가능하다. 뿐만 아니라 높은 정밀도를 가지고 자유로운 수직 승강이 가능함으로 접합면 연결작업 수행이 우수하고 교량 중량에 따라 Strand Jack 사용 개수를 증감할 수 있으므로 해상크레인 인양능력 이상의 초대형 교량의 설치에도 적용할 수 있다. 전술한 3종류의 설치공법을 요약 정리하면 [표 4-2]와 같다.

[표 4-2] 설치공법 비교

공법명 구분	Float Mating에 의한 일괄설치 공법	Strand Jack에 의한 Heavy Lifting 공법	해상크레인(F/C)에 의한 일괄설치
현장 조건	1.조수간만의 차이가 큰 지역에서 Tide를 이용하여 설치 2.조수간만의 차이가 작은 지역에서는 주로 Ballasting 시스템을 이용하여 설치 3.상기 1. 2를 동시에 이용하여 가설 4.조류가 빠르지 않고 파고가 낮은 지역에 적용	1.Lifting Post 설치가 적당한 형상의 교각을 가지고 있지 않으면 추가공사 필요	1.해상크레인의 인양 Capa(중량 및 설치높이)이내의 교량이고 조류속도가 빠르지 않은 지역
공사 개요	대형 Ballasting 시스템을 갖춘 초대형 Barge와 조수간만이 차이를 이용하여 교량을 설치	대상 교량의 중량을 고려하여 Jack의 수량을 조절하여 사용할 수 있으며, Lifting Post (Tower)를 설치하여 교량을 Lifting하여 설치	대형해상크레을 이용하여 설치
주요 장비	초대형 Barge (Barge에 선적된 교량의 높이가 높아 Barge 안정성 확보가 필수적이고 대형 Ballasting시스템을 이용하므로 대형 Barge 필요)	1.대형 Strand Jack 장비 일식(Power pack 및 Control System 등) 2.Lifting Post 등의 가설구조물	1.대형 Floating Crane 2.대형 Lifting Lug
장 점	1.가시구조물이 타의 공법에 비해 간단하여 최소의 공사비로 시공가능 2.조석간만의 차이가 큰 지역에 특히 유리 3.초대형 중량교량 설치가능 (F/C인양능력 이상)	1.안전성 측면에서 타공법에 비해 유리 2.기상변화에 크게 영향을 받지 않음 3.S/J의 미세조정이 우수하여 접합면연결 용이 4.장기간 여러차례 설치해야하는 교량의 경우 임차비용은 F/C와 비교하여 저가 5.초대형중량교량 설치가능(F/C인양능력이상)	1.F/C의 인양능력 이내의 설치 Block 수가 작은 경우 유리(장비임대기간 단기간일 경우) 2.선적 및 설치를 동일 장비 이용시 경제성 극대화 가능 3.설치용 가시설물 최소화 작업 가능
단 점	1.정확한 Tide 분석과 설치 계획고를 감안하여 지조립 실시 / 정밀한 설치단계별 준비작업 필요 2.기상조건에 따라 설치시기에 영향을 받음 3.조석간만의 차이가 큰지역에서 Ballasting과 병행하여 설치시 Pump 고장 등의 돌발사태 발생시 위험성 큼 4.Barge에 구조물 선적, 운송 및 설치시 구조물 높이가 높으므로 안정성 확보가 어려워 적용성 낮음	1.Lifting Post와 같은 가설구조물 제작이 많음 2.가설구조물(Lifting Post) 설치 여건이 미비한 경우 별도의 공사 필요	1.F/C인양능력 이상의 교량은 해상 가벤프 조성 필요 2.조류속도가 빠르고 파도가 높은 곳에서는 작업성이 떨어짐 3. 장기간 여러 차례 설치해야하는 교량의 경우 임차비용 고가
비 고	조석간만의 차이가 큰 지역에서 초대형 교량의 설치에 유리	다경간 설치공사에 유리하고 열악한 해상조건에서 초대형 교량 설치시 적절	F/C 인양능력 이내의 단일경간 설치시 적절

파형강판 구조물의 설계 및 시공

건설기술연구소 토목대리 김호비

1. 시작하며

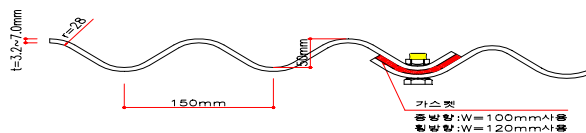
1.1 파형강판 구조물 개요

최근 기존 콘크리트 암거를 대체할 경제적인 구조물 형식으로 파형강판 구조물이 제시된 이후 현장에서는 파형강판 구조물에 대한 문의나 설계변경사례가 증가하고 있다.

여기서 파형강판이란 녹방지를 위한 용융아연도금된 강판에 파형을 성형해 하중에 대한 저항력을 높인 강판으로서 일반강판에 비해 단면계수가 10~30배에 달하고 현장에서의 볼트조립만으로 구조물의 단기간 구축이 가능하다. 파형강판은 판형으로 제작되어 현장에서 볼트체결을 통해 조립된다는 것을 제외하고는 단면형상, 물성치 등이 일체형으로 생산, 사용되는 파형강판과 동일하므로 본고에서는 대단면에 사용 가능한 파형강판을 중심으로 설명하도록 한다.

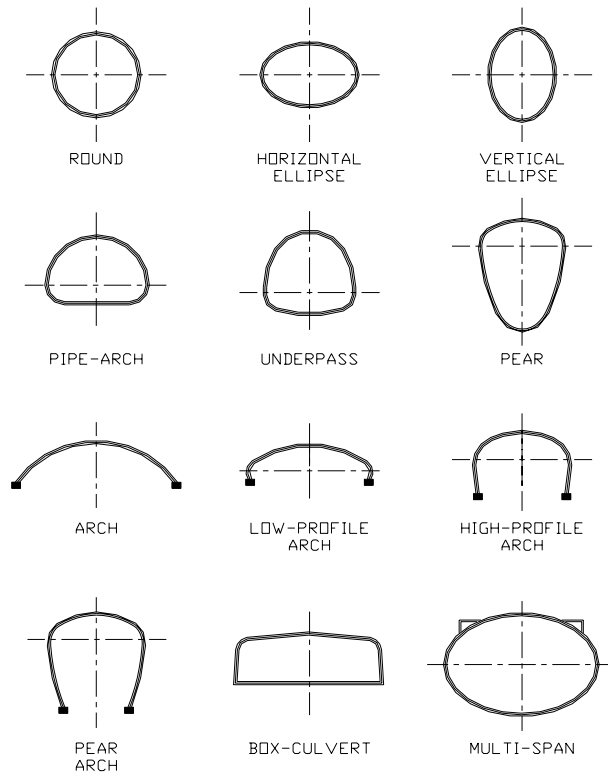
파형강판의 연혁을 살펴보면 1931년 북미지역에 처음 소개된 이후 1960년대 15m, 1990년대 23m span의 구조물에 적용되었다. 국내에서는 1997년 RIST와 한국도로공사가 연구에 착수하여 중앙고속도로에서 시험시공을 실시한 후 수회의 현장시험시공 및 계측을 통한 연구개발 끝에 1999~2001년 기간에만 고속도로 50여개소에서 파형강판을 시공하였으며 현재 사용실적이 폭증하고 있다.

현재 국내에서 사용되는 파형강판의 폭은 1,200mm이며 골 사이의 거리(pitch)가



<그림 1-1> 파형강판의 일반 제원

또한 파형강판은 단면형상을 가장 기본적인 원형단면에서부터, Pipe Arch형, 타원형, Underpass형, Arch형, High-Profile Arch형, Low-Profile Arch형, Pear형, Pear Arch형, Box-Culvert형 등 용도 및 현장 상황에 맞게 다양한 단면을 구현할 수 있다.



<그림 1-2> 파형강판 지중구조물 단면형상

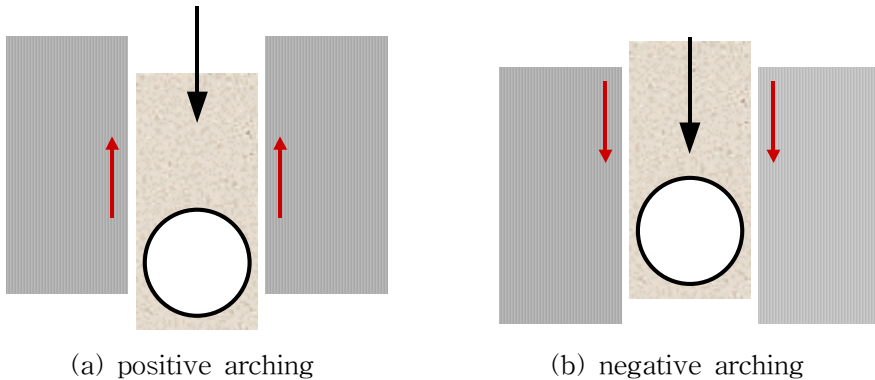
[표 1-1] 파형강판 구조물 재원

단면 명칭	영문 명칭	SPAN(mm)	RISE(mm)
원형	ROUND	2,000~8,000	2,000~8,000
파이프아치형	PIPE-ARCH	1,856~6,204	1,357~3,800
언더패스형	UNDERPASS	1,733~6,380	1,737~5,223
수평타원형	HORIZONTAL ELLIPSE	5,656~11,191	3,773~6,644
반원아치형	ARCH	2,000~8,000	1,000~4,000
높은아치형	HIGH-PROFILE ARCH	6,017~10,830	2,731~6,118
낮은아치형	LOW-PROFILE ARCH	6,017~11,632	2,147~4,508

※ SPAN : 구조물 양측간 길이, RISE : 구조물 솟음길이

1.2 파형강판의 역학적 원리

1.2.1 구조물 상부의 아칭효과에 의한 연직토압 저감



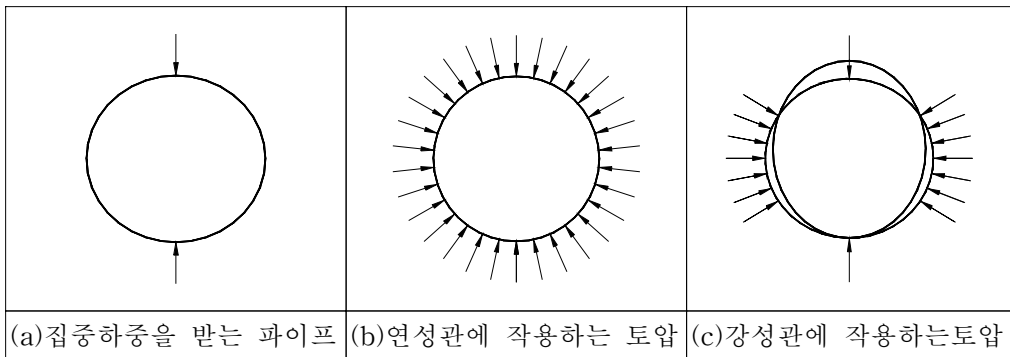
<그림 1-3> 토체의 상대변형에 따른 아칭효과

<그림 1-3>은 지중매설구조물에서 발생하는 아칭의 형태를 나타낸다. 역학의 기초이론을 배경으로 살펴보면 원형관거에는 관거상부에 채워진 성토재의 자중만 작용할 것이다. 그러나 관거의 강성도, 시공조건 등에 따라 (a)와 같이 관거상단토체에 주변토체보다 큰 변형이 발생하면 토체사이에 전단력이 발현되고 상부자중이 경감되는 효과를 가져온다. 이러한 현상을 positive arching이라고 하며 구조물에 유리한 결과를 가져온다. (b)의 경우는 이와 반대의 현상을 가져오며 negative arching이라고 한다. 파형강판에서는 관거의 강성이 작은 연성구조물이므로 <그림 1-3> (a)와 같은 positive arching 효과를 가져온다.

1.2.2 구조물 측면의 수동저항발현에 의한 균등한 외압분포 형성

파형강판 구조물은 강성이 매우 작기 때문에 <그림 1-4> (a)와 같이 하중을 가하면 주철관의 1/2~1/9 정도의 하중밖에 견디지 못하지만 지중에 매설하면 기존의 강성 주철관보다 큰 내하력을 지니게 된다. 파형강판 구조물에 연직토압이 가해지는 경우, 연직방향의 지름이 축소하고 수평방향의 지름이 확대되어 구조물 양측 토사를 압축시킴으로서 수동토압을 유발한다. 이러한 수동토압은 최종적으로 연직토압과 거의 동일한 값이 되어 안정화한다.<그림 1-4> (b) 참조) 이 때문에 파형강판 구조물에는 휨모멘트가 거의 작용하지 않고 축력만이 작용하게 되고 박판의 구조물임에도 큰 외압에 견딜 수가 있는 것이다. 이것은 파형강판 구조물이 연직 토압에 의해 쉽게 변형하고, 그 결과 파형강판 측면에 수동저항이 발현되어 외압이 원주에 걸쳐 균등하게 분포되기 때문이다.

이에 비해 주철관과 같은 강성관거는 변형성이 작으므로 관의 변형에 의한 저항 토압이 연성관에 비해 작으며, 이는 연성관과는 다르게 관거에 작용하는 압력이 균일하지 못하여 큰 휨모멘트를 받게 되며, 이러한 큰 휨모멘트를 견딜 수 있는 파이프 자체의 강성을 확보해야만 한다.(<그림 1-4> (c) 참조) 이 때문에 조립형 파형강판 구조물보다 훨씬 두꺼운 재료를 사용해야 하며, 상대적으로 큰 외압에 견딜 수가 없는 것이다.



<그림 1-4> 파이프에 작용하는 하중

2. 파형강판 구조물의 적용사례 및 시공방법

2.1 파형강판 구조물의 적용사례

국내 파형강판구조물은 고속도로나 철도제방을 횡단하는 지하통로, 용/배수용 암거나 수로에 가장 많이 사용되고 있으며 해외에서는 콘베이어용 커버, 토류벽, 골재 사이로, 수조, 호안용셀, 집수정 등에도 널리 이용되고 있다.



(a) 개착식 터널



(b) 소교량



(c) 지하통로



(d) 수로용 암거

<그림 2-1> 파형강판 구조물의 주요 적용사례

당사에서는 2001년말 동해고속도로 7공구에서 지하통로용 암거를 시공하였으며 현재 마석-답내간 도로현장에서는 국내최장길이(332m)의 수로용 암거의 구조물 시공완료 후 상부 채움중에 있다.



(a) 동해고속도로 7공구(지하통로용 암거) (b) 마석-답내간 도로(수로용 암거)

<그림 2-2> 파형강판 구조물의 당사 적용사례

2.2 파형강판 구조물의 시공방법

파형강판구조물의 시공방법은 매우 간단하다. 1) 현장준비작업, 2)굴착, 3)베딩 형성, 4)강판의 조립, 5)채움재 성토 및 다짐으로 이루어지는 공정에서 가장 세심히 실시해야 할 부분이 채움재의 성토이다. 다짐도가 설계시 제시한 값 이상이 나와야 할 뿐만 아니라 파형강판의 시공중 불규칙적인 솟음 등을 방지하려면 양측의 다짐높이를 성토 1층 두께 이하로 하고 측면다짐시 다짐기계는 구조물 연장방향으로 실시하고 구조물 상부다짐은 구조물 단면방향으로 실시해야 한다. 시공중 파형강판에 발생한 변형은 간단한 계측을 통해 알 수 있으며 조건별 시공모습은 다음에 소개하였다.

2.2.1 개(開)단면 시공사례

반원아치형 · 높은 아치형 · 낮은 아치형 등과 같은 개단면은 콘크리트 기초 설

치 후 파형강판을 조립하고 성토재를 채움하는 순서로 시공을 실시한다. <그림 2-3>은 ○○철도공사현장에 적용한 반원 아치형식 개단면의 시공순서를 보여준다



(1) 기초옹벽 제작



(2) 파형강판 조립



(3) 이음부 방수처리



(4) 파형강판 측면 뒷채움 및 다짐



(5) 파형강판 상면 뒷채움 및 다짐



(6) 단부 보강 및 완공

<그림 2-3> 반원아치 파형강판 시공(○○ 철도공사)

2.2.2 폐(閉)단면 시공 사례

원형·파이프 아치형·언더패스형·수평타원형과 같은 닫힌 단면의 시공은 베딩(bedding)처리된 지반면상에서 파형강판을 조립하는 일반적인 경우와 베딩처리와 동시에 인근에서 조립된 파형강판을 지반면상에 옮겨 시공함으로써 파형강판의 조립에 따른 소요시간을 없앤 급속시공방법이 있다. <그림 2-4>는 ○○고속도로 현장에서 폐단면을 갖는 통로암거의 파형강판의 시공순서를 보여주고 있다.



(1) 기초다짐



(2) 하부 강판 조립



(3) 측상부 강판 조립



(4) 조립 완료



(5) 이음부 방수/채움재 다짐



(6) 날개벽 설치 및 완공

<그림 2-4> 원형파형강판의 일반적 시공(○○고속도로)

3. 파형강판 구조물의 설계방법

현재까지 국내에서는 파형강판만이 건설교통부 도로설계편람(2001)의 “암거”편에 설계·시공지침이 마련되어 있으며 파형강판에 관한 설계시방지침은 마련되어 있지 않다. 국내 설계 및 시공지침은 AISI(American Iron and Steel Institute), AASHTO(American Association of State Highway Transportation Officials), OHBDC(Ontario Highway Bridge Design Code) 등을 참조하여 작성된 자료를 이용하여 실시하고 있다. 여기서는 파형강판 구조물의 설계방법중 몇 가지 사항만을 검토해 보기로 한다.

3.1 벽체에 작용하는 설계하중 계산

파형강판의 상단에 작용하는 설계하중(P_v)은 식 (3.1)과 식 (3.2)에 의해서 결정된다. 이때 설계하중은 토피고(H)와 구조물의 스패 또는 직경(S)에 의해 <그림 3-1>과 같은 다짐밀도에 따른 K 값을 반영한다. 이 때 하중계수 K 는 다짐밀도 증가에 따라 야칭효과에 의해 설계하중이 1이하가 될 수 있다는 것을 말해주고 있다. 그러나 현재까지 국내 파형강판은 K 를 1로 보고 설계하고 있다.

$$P_v = K \times (DL + P_{VL}) : H \geq S \text{ 인 경우} \quad (3.1)$$

$$P_v = DL + P_{VL} : H < S \text{ 인 경우} \quad (3.2)$$

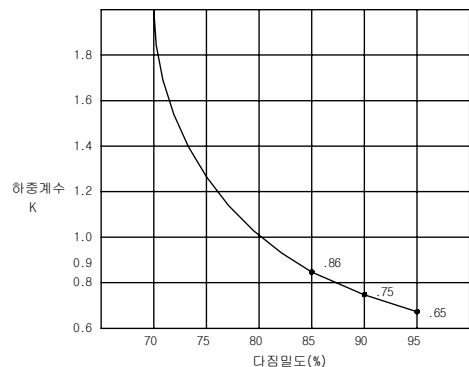
여기서,

P_v : 설계압(t/m^2)

K : 다짐밀도에 따른 하중계수

DL : 사하중에 의하여 강판 정점에
작용하는 압력 = $\gamma \times H$ (t/m^2)

P_{VL} : 충격을 포함한 활하중에 의한
강판 정점에 작용하는 압력
(t/m^2)



<그림 3-1> 다짐도에 따른 하중계수 K

3.2 벽체 단면에 작용하는 압축응력 계산

벽체에 작용하는 설계하중 산정 후 파형강판단면설계를 위한 압축응력을 검토할 때에는 설계하중에 의해 파형강판에는 균등한 축력이 작용한다는 압축링이론(Ring Compression Theory)을 적용한다. 그러나 실제로는 강판에 균등한 축력이 발생할 수 없으므로 축력분포의 불균형으로 인하여 모멘트가 발생한다.

$$C = P_v \times \frac{D}{2} \quad (3.3)$$

여기서, C : 파형강판 벽체의 압축력(t/m)

P_v : 설계하중(t/m^2)

D : 파형강판의 직경(m)

3.3 벽체의 허용응력 산정

AISI에서는 벽체의 좌굴을 포함한 최대응력(f_b)상태를 설정하고 최대응력의 1/2을 허용응력(f_a)으로 규정하고 있다. 벽체의 최대응력은 링의 유연도에 따라 ① 압축과괴모드 (유연도가 작을 때) : 암거가 항복응력에 도달하여 파괴되는 경우, ② 링 좌굴에 의한 파괴모드 (유연도가 클 때), ③ 압축과괴와 좌굴의 상호작용에 의한 복합적인 파괴모드 (유연도가 중간정도일 때) 등으로 구분하고 있다.

$$f_a = \frac{1}{2} f_b \quad (3.4)$$

뒷채움토의 다짐밀도가 AASHTO 표준다짐도의 85%이상일 때 항복응력 23,200[t/m²]에 대하여 파형강관 및 강관구조물의 최대응력(f_b)은 식(3.5)~식(3.6)과 같다.

$$f_b = f_y = 23,200 \text{ [t/m}^2\text{]} \quad \frac{D}{r} < 294 \text{ 일 때} \quad (3.5)$$

여기서, $\frac{D}{r}$: 유연도, D : 암거의 직경, r : 파형강관의 단면 2차 반경

$$f_a = \frac{3.47 \times 10^9}{\left(\frac{D}{r}\right)^2} \quad \frac{D}{r} > 500 \text{ 일 때} \quad (3.6)$$

$$f_b = 28122 - 0.057 \left(\frac{D}{r}\right)^2 \quad 294 < \frac{D}{r} < 500 \text{ 일 때} \quad (3.7)$$

3.4 강관의 두께결정

허용응력이 결정되면 단위 길이당 암거의 필요 단면적을 식 (3.8)과 같이 계산할 수 있다. 이때 식 (3.8)에 의해서 암거 단면적이 결정되면 파형에 따라 강관두께별 단면 특성표로부터 강관의 두께를 선정한다

$$A = \frac{C}{f_a} \quad (3.8)$$

여기서, A : 암거의 단면적(m²/m)

C : 벽체에 작용하는 압축력(t/m)

f_a : 암거의 허용응력(t/m²)

4. 맺음말

본고에서는 최근 사용량이 증가하고 있는 파형강판구조물에 대해 일반적인 사항을 소개하였다. 연성구조물인 파형강판은 기존의 강성구조물에 비해 많은 장점을 갖고 있으나 설계·시공시 여러 가지 문제점으로 인해 강판의 변형, 볼트구멍의 찢김 등이 발생할 수 있으며 특히 단면의 과도한 변형은 구조물의 기능성을 상실할 수 있으므로 시공시 특히 주의하여야 한다. 본 자료는 1997년 국내에서 시작된 파형강판 연구자료 및 시공자료 등을 기초로 작성되었으며 좀 더 자세한 사항은 당사 건설기술연구소로 문의해주시기 바랍니다.

<참고문헌>

1. 포항종합제철, RIST, 평산SI(1999), "파형강판 구조물의 설계와 시공"
2. 윤태양(2001), "파형강판구조물의 도입현황 및 향후개발방향", 파형강판 구조물 세미나
3. 조성민, 김경석, 정현구, 이종구, 김명모(2001), "지중강판구조물의 거동특성 및 적용기준", 파형강판 구조물 세미나
4. 조성민(2000), "파형강판을 이용한 연성지중구조물의 설계와 시공", 토목공사용 강건재 이용기술 발표회
5. 김용준, 위영민, 임병수(2002), "파형강판 구조물의 시공", 강구조학회지 14권 1호 pp. 92~101.

인천국제공항 대한항공 Hangar Roof Lift-up 공법 시공 사례

항공기 정비시설 A 현장소장 송병철

건축차장 이제창

1. 개 요

영종도 인천국제공항에 신축한 대한항공 Hangar는 경간이 180m인 무주대공간 철골구조물로 대형항공기의 중정비가 가능한 격납고이며, 중량물의 Hangar Roof 설치를 위한 공법으로 당사에서 여러 차례 수행 경험이 있는 Lift-up 공법을 선정하였다. 본 공사에서는 Lifting 절차 외에 기둥을 Roof에 접합한 후 Lowering 및 Presetting의 절차가 포함되어 있는 것이 특징이라고 할 수 있다.

1.1 건축 개요

공 사 명	인천국제공항 항공기 정비시설 A 신축공사		
용 도	항공기 정비시설		
건축면적	28,111m ²	연 면 적	39,696m ²
규 모	지하 1층, 지상 3층 Hangar : 180m(폭)×90m(깊이)×39.6m(높이)		
구 조	철골조, 철근콘크리트조		
Lift 높이	24m		

본 구조물은 3차원 철골조 입체 트러스로서, 2대의 B747기와 1대의 B727기를 수용할 수 있는 항공기 정비격납고이다. 총중량은 6,000톤 정도로서 항공기의 중정비를 위한 장비로는 Travelling Bridge Crane, Service Trolley, Telescopic Platform이 Hangar Roof Grid Truss 하부에 설치된다.



<그림 1-1> 조감도

1.2 구조 형식

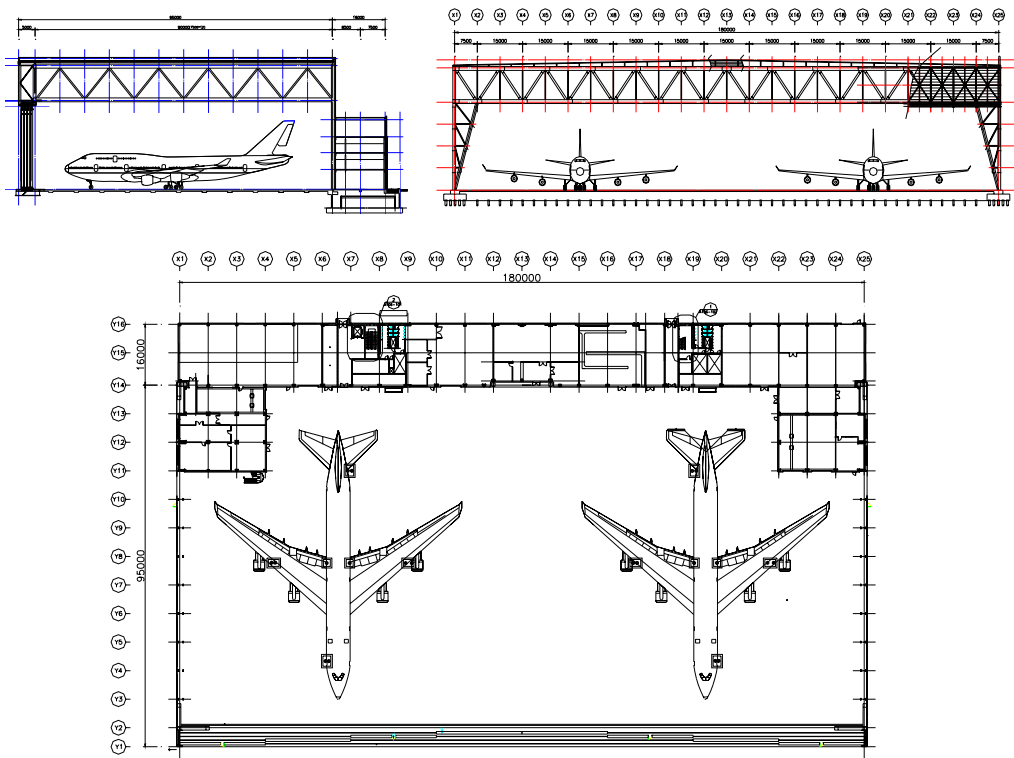
구조 형식은 3차원의 입체 트러스 구조로서 입면상으로는 Portal Frame으로 볼 수 있으며 외곽부 네 모서리에 있는 4개의 기둥과 후면 중앙에 위치한 2개의 기둥에 의해 지지되는

시스템이다. 지붕트러스는 큰 강성을 갖는 전후좌우면 테두리의 Edge Truss와 내부에 격자형으로 배치된 Grid Truss로 구성되어 있다.

[표 1-1] 주요 부재 단면

명 칭	위 치	Size	사용강재
Grid Truss	상하현재, 사재	H-400×400	SM490 (40mm이상의 부재는 TMCP 강재사용)
Edge Truss	상하현재	□ -1200×900	
	사재	□ -900×400	
Column	외곽부	□ -1200×900	
	내부	□ -900×900	

Edge Truss는 박스형의 부재로 종과 횡방향의 Stiffener에 의해 Compact Section으로 구성된 상하현재에 박스형의 Web Diagonal 부재가 와렌트러스로 구성되어 있다. Grid Truss의 평면 배치는 격자형으로 상부하중을 2방향으로 분산하게 되어 있다. 기둥과 기둥 사이의 Grid Truss는 응력이 많이 집중되어 이 방향의



<그림 1-2> Hangar 단면, 입면 및 평면

부재 강성이 크게 설계되어 있다.

본 구조물은 4개의 주기둥과 후면의 중앙기둥에 의해 수직하중과 횡하중(풍하중, 지진하중)을 저항하게 되어 있다. 기둥이 모두 외곽에 설치되어 있으며 구조물 내부에는 기둥이 없는 무주대공간을 형성하고 있으며 4모서리 기둥은 3개의 부재를 Truss형태로 역삼각형 모양을 이루어 수직 및 수평하중에 저항하도록 되어 있으며, 후면 2개의 보조기둥은 주로 수직하중에 저항하도록 설계되었다.

2. Lift-up 공법

2.1 공법의 이해

Lift-up 공법은 지상에서 조립한 본 구조물을 미리 시공한 본기둥 또는 가설기둥을 지지점으로 하여 소정의 위치까지 유압잭을 이용하여 양중, 설치하는 공법이다. 주로 고공 작업 등 가설구대에 의한 작업이 용이하지 않을 때 주로 이용된다. 현재 공법의 발전으로 대형 돔 구장 등 체육시설에서부터 공장, 정비고, 전파송수신용탑, 교량 등에 이르기까지 적용범위가 넓어지고 있다. Lift-up 공법은 현재 국내에서 대공간 구조물에 적용되고 있는 주요공법중 하나로, 한진중공업에서 수행한 Lift-up 사례로는 김포 대한항공빌딩 Hangar Roof(180m×90m×28m), 인천국제공항 여객터미널 Roof(90m×50m×12m), 영종대교 가설공사 등이 있다.

Lift-up 공법은 기존공법에 비해 다음과 같은 장점이 있는 것으로 평가되고 있다.

- 1) 시공성 향상 : 지상에서 본 구조물의 설치 및 조립이 이루어지기 때문에 작업 조건이 양호하여 작업능률 및 시공성을 향상시킬 수 있다.
- 2) 품질 확보 : 부재의 검사업무가 수월하여 원하는 품질의 확보가 용이하다.
- 3) 안전성 확보 : 고소 작업의 감소로 안전성을 확보할 수 있다.
- 4) 공사비 절감 : 가설비계 및 중장비 절감으로 공사비를 줄일 수 있다.
- 5) 공기 단축 : 시공성 향상으로 동일한 투입 조건하에서 공기 단축이 가능하다.

2.2 공법의 선정 및 고려사항

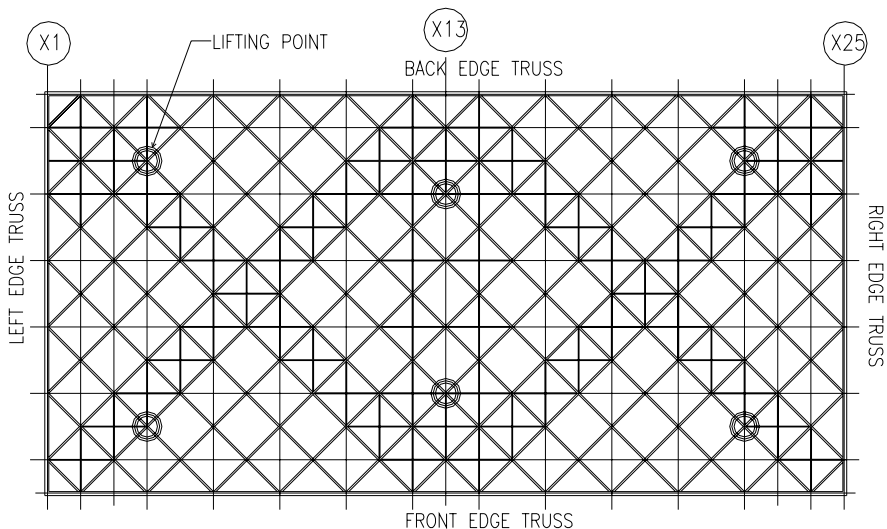
공법 선정을 위하여 기존의 가설구대 조립공법과 Lift-up 공법을 다음과 같이 비교·검토하였다.

본 구조물은 26.5m 높이 위에 10.6m의 Roof Truss가 설치되는 180m 경간의 대공간 구조물로서 일반적인 가설구대에 의한 조립공법으로 시공할 경우 많은 가

설 부재와 고공작업으로 인한 품질확보, 작업자의 안전성, 대형장비, 장기간의 조립기간 등이 필요하게 된다. 또한 자중에 의한 처짐량을 미리 계산하여 Camber를 두게 하였으므로 이에 따른 정밀한 Leveling 작업이 필요하게 된다. 따라서 본 프로젝트에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 Lift-up 공법을 선정하게 되었다. 또한 Lifting시 구조물 전체의 안정성을 고려하여 Lift Tower를 전후면에 3개씩 총 6개를 계획하였다.

[표 2-1] 가설구대 조립공법과 Lift-up 공법과의 비교

항 목	가설구대 조립공법	Lift-up 공법
공법 특성	가설구대를 설치하고 그 위에서 Crane과 인력 조립	지상에서 본 구조물 조립 후 소정의 높이까지를 Lift-up
장비 사용	대형장비 사용	소형장비 사용
품질 관리	Level유지 및 Camber 조정의 어려움	Camber의 조정이 용이하며, 작업성이 상대적으로 우수하고 부재의 검사업무가 수월
안전 관리	고소작업으로 많은 주의가 필요	지상조립으로 양호
공기	고소 인력작업으로 작업능률 저하	경장비 사용 및 지상작업으로 작업능률이 향상
기술력	경험이 많아 적용이 용이	특별한 기술이 필요
종합	작업 경험이 풍부하여 구조물의 안전성은 확보할 수 있으나, 고공 작업으로 인한 작업성이 떨어짐	Lifting 및 기둥 접합시 특별한 기술이 필요하나, 작업조건이 좋아 품질확보 및 안전성에 유리함



<그림 2-1> Lifting Point

본 프로젝트에 적용한 Lift-up 공법의 고려사항으로는 Lifting 후의 구조물의 조건이 지상 조립시의 조건과 상이하므로 기둥의 접합 조건을 일치시키는 것이 구조물의 안전성에 막대한 영향을 끼친다. 최종 접합은 공기 및 안전성에 막대한 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 세심한 사전 검토가 필요하다.

2.3 적용된 구조개념

Hangar Roof는 거대한 Portal Frame으로서 지상에서 고정하중에 의한 처짐량을 계산하여 약 370mm의 캠버를 둔 상태에서 제작되었다.

6 Point Lifting시 Hangar Roof는 외곽부 네 모서리에서 가장 큰 처짐을 갖게 되는데, 이것은 Lift-up된 상태에서 기둥을 용접하였을 때 기둥 하단부가 도면상의 위치보다 내부방향으로 기울게 된다. 기둥용접이 완료되고 하강 후, 각 모서리의 기둥은 Jack을 사용하여 도면상의 위치로 조정하여 고정시키도록 하였다.

제작오차, 측량오차 및 바람하중에 의한 일시적 변형 등을 고려할 때 Lifting 및 Lowering 후 기둥의 위치가 상부 구조물과 수직이 되게 하는 것은, 기둥이 단지 도면상의 베이스플레이트에 정확하게 고정되는 것보다 더욱 중요하다고 할 수 있다. 그것은 기둥이 수직을 이루지 못하였을 경우 설계 하중 외의 추가 응력이 작용하기 때문이다.

해석 모델과 실제 구조물과의 강성 차이로 인한 변위의 차이와 현장 시공의 오차를 감안할 때 기둥이 수직을 이루기 위해서는 변형에 의하여 나타나는 수치보다는 하중값이 더 중요하게 고려된다. 실제구조물과 해석모델상의 강성의 차이로 인한 변위의 차이는 있을 수 있으나 작용점은 동일한 값을 나타낸다. 그러므로 구조해석에서 가장 중요한 값은 기둥이 원래의 위치로 움직이게 하는 하중(반력)의 산정이다. 이것은 본 프로젝트와 같이 응력의 흐름이 복잡한 3차원 트러스 구조물인 경우 수계산에 의한 계산은 불가능하므로 전산구조해석에 의해서만 가능하게 된다. 또한 시공시 현장 여건을 고려하여 기둥의 조정위치가 베이스 플레이트의 허용오차 이내에 들어오게 하는 것도 중요하다.

3. Lift-up공법을 위한 가시설

3.1 Stillage

철골부재의 지상조립을 위한 조립구대로서 부재 Unit의 하중 및 Camber 위치에 따라서 바닥위에 배치하였다. Stillage는 지상에서의 조립을 위한 경장비의 이

둥이 이루어질 수 있도록 지상에서 3.3m의 높이로 제작되었으며 상부에 조립될 철골 부재의 수직하중과 바람 및 온도하중에 저항할 수 있도록 설계되었다. Grid Truss 부위에 48개, Edge Truss 부위에 38개가 배치되었으며, 각각 수직하중 80톤과 95톤에 대해 설계되었다.

3.2 Lifting Tower

Lifting Tower는 Lift-up 공법 적용을 위한 가장 중요한 구조물로서 Lifting 이 후까지 Hangar Roof를 지지할 수 있는 자립구조물이며, 높이 46m, 전후면에 3개씩 총 6개를 배치하였다. 기둥은 삼각형 트러스가 2조로 구성되어 있으며 상부에는 2대의 Lift Jack을 지지하는 프레임으로 구성되었다. Lifting이 완료된 후에는 중앙에 브레이스를 설치하여 횡력에 저항하도록 하였으며 1,200톤의 수직하중과 태풍시의 횡하중을 고려하여 설계하였다.

3.3 Lifting Jack

Lifting Jack은 대당 600톤의 양중 능력을 가지고 있으며 상·하부의 앵커 블록과 유압 실린더와 피스톤, 스트랜드로 구성되며, 1회 Stroke 당 400mm를 Lift할



<그림 3-1> Lifting Tower



<그림 3-2> Stillage



<그림 3-3> Lifting Jack

수 있다. Jack은 소정의 높이까지 유압 피스톤에 의해 Lift를 시행하며, 상·하부의 앵커 블록의 Wedge가 스트랜드를 잡아 올리고 고정시키는 작업의 반복에 의하여 1 Stroke를 진행하게 된다. 하강도 똑같은 원리에 의해 작동되며, 호스 과열 등의 문제 발생시에는 Mechanical Wedge System에 의해서 자동으로 작동이 중지된다.

4. Lift-up 공법 수행

4.1 지상 조립

철골공장에서 정밀 제작된 부재는 각종 용접검사를 완료하고 현장에 반입되어 현장에서는 주로 볼트접합에 의한 조립이 이루어지게 된다.

지상조립은 Stillage 위에서 이루어지면, 후면 양쪽 모서리부터 시작하여 전면 중앙부로 진행된다. 후면 양쪽 모서리 부분의 Edge Truss를 약 30m 단위로 바닥에서 조립하여 양중, 설치하고 이와 직각 방향인 Grid Truss는 Piece 단위로 조립을 실시한다. 이 단계에서 부재 Unit별로 미리 계산된 Camber에 의해 부재의 Level이 조정되어 진다.

Roof Frame은 Grid Truss의 상현재와 함께 설치된 후 Purlin을 설치한다. 조립과정 중 Lifting Tower를 설치하며, Lifting Jack 및 Strand는 Lifting 전에 설치한다. 철골지상 조립이 완료되면 Crane Runway, 기계, 소방, 전기, 조명 설비를 설치한다.

4.2 Lifting 단계

4.2.1 Initial Lifting

지상 조립이 완료된 부재의 볼트가 완전 체결된 상태에서 Lifting을 위한 현장 정리를 실시한다. 각 Lifting Tower에 줄자를 설치하고 Grid Truss 상부에 카메라를 설치하여 6개의 Lifting Tower에서 Roof의 양중량을 Jack의 매 Stroke마다 기록하게 된다. Lifting 되는 구조물의 총중량은 4,500톤 정도로서 Lowering시는 기둥을 포함하여 5,000톤이 된다.

2001년 11월 22일 지상 조립이 완료된 구조물을 지상에서 600mm를 양중하여 24시간 동안 구조물의 변형에 대한 계측 및 부재의 이상 유무를 검사하는 Initial Lifting을 실시하였다.



<그림 4-1> 지상조립 전경



<그림 4-2> Initial Lifting 전경

Lifting 실시 전 본 구조물의 수직 Brace를 제거하고, 계측을 위하여 CCTV를 관제실에 설치하였다. 양중시 풍속은 초속 20m 이내이어야 하며, 양중시 풍속을 계측 관리하였다. 관제실에서는 설치된 CCTV를 통해 수직 변위를 계측하고 기록 하였으며, 잭조정실과 긴밀한 통신을 유지하여 전체 Lift를 통제하였다. 또한 각 Lifting Tower에는 양중시 발생할 수 있는 응급상황에 대비하여 현장요원이 배치 되었으며, 부재간의 간섭이나 이상 징후시 관제실에 즉시 연락하게 하였다.

4.2.2 Main Lifting

Initial Lifting이 완료된 후 구조물의 전체 변형을 계측하였으며, 각 유압잭에 작용하는 압력에 의하여 각 Lifting Point에서 구조물의 하중을 계측·기록하였다. 2001년 11월 24일부터 이틀간에 걸쳐 23.3m의 Main Lifting을 최종의 높이까지 실시하였다. 이 높이는 기둥을 접합하였을 때 기둥의 하부가 베이스 플레이트와 약 300mm의 간격이 되는 위치이다.

Lifting Tower 간의 양중량의 차이가 최대 허용 오차인 35mm 이내로 오차를 관리하였으며, 매 2m Lifting마다 각 타워별 양중 높이와 Jack Load를 비교하여 Lifting Tower간의 오차를 수정하였다. 실시 결과, Lifting 계획시 철골중량과 계측결과와는 일치하는 것으로 나타났다.

Lifting이 완료된 후 준비 하였던 목재 켄치를 Grid Truss와 Lifting Tower 사이



<그림 4-3> Lifting 완료

에 끼어 넣어 Hangar Roof의 흔들림을 방지하였으며, 기둥을 설치하는 동안 Hangar Roof는 Lifting Tower 에 의해 지지된다.

4.3 Lowering & Presetting 단계

4.3.1 Lowering

이미 Lifting된 Hangar Roof 각 모서리에 4개의 기둥 접합이 완료된 후, Lowering을 실시하는데, Lowering은 2002년 2월 16일 실시하였으며, 임시 고정용 췌기는 작업 바로 전에 제거한다. Lowering은 약 300mm 정도를 진행시켜 베이스 플레이트와 5mm 간격이 되도록 조정하였으며, Lifting Tower 간의 양중량의 차이가 최대 허용 오차인 25mm 이내로 상대 오차를 관리하였다. 정면에서 보는 전면 기둥을 바깥 방향으로 벌어지도록 하기 위하여, 전면 중앙의 Lifting Point를 미리 계산에 의한 하중으로 조정하였다.

이 과정이 끝난 후, 바람의 영향으로 기둥이 조금씩 흔들리므로 정확한 기둥간의 간격을 구하기 위하여 각 모서리 기둥의 변위를 동시에 계측한다.

4.3.2 Presetting

Hangar Roof의 Lift-up은 김포대한항공빌딩과는 다르게, 들어올린 후 기둥 위에 얹는 것이 아니라 들어올린 상태에서 기둥을 접합한 후 내려놓는 순서로 진행되었다. 이러한 것은 Lifting Point와 기둥 위치가 다르기 때문에 매달린 상태의 기둥 하부는 전체 구조물의 내부 쪽으로 기울게 된다. 이는 약 20~40mm 정도 수 치이지만, 이 상태로 베이스 플레이트와 접합을 하게 되면 원하지 않는 부가응력이 생기게 된다. 이러한 부가응력이 생기지 않게 하기 위하여 구조해석을 통하여 구한 작용력으로 기둥의 위치를 유압잭을 사용하여 조정하였다.

조정순서는 후면 기둥을 장스팬 방향 바깥으로 유압잭을 사용하여 벌어지게 하였으며, 이를 위하여 사전에 기둥에 Guide Plate와 Jack Support Block을 베이스 플레이트에 임시 부착하였다. 후면 기둥의 조정이 완료된 후 임시 고정된 상태에서 전면 기둥을 단스팬 바깥 방향으로 유압잭을 사용하여 위치 조정을 실시하였다.

기둥의 위치 조정이 끝나고 기둥과 베이스플레이트의 용접이 완료된 후 Lifting 잭의 하중을 순차적으로 줄여 나가 최종적으로는 기둥에 의해 구조물이 지지되게 된다.



<그림 4-4> Lowering 및 Presetting이 완료된 상태

5. 맺음말

국내의 대공간 구조물은 비행기 격납고뿐만 아니라 실내경기장, 대형전시장 등 그 수요는 증가하리라 예상되며, 각기 프로젝트마다 적합한 공법을 적용하는 것이 중요한 관건이라 하겠다. 현장에서의 공법선정은 이러한 특수한 여건을 반영하면서 품질, 안전 및 공기 단축 등의 요구를 충족할 수 있어야 한다.

본 프로젝트에서는 Lift-up 공법을 적용하여 이러한 요건들을 충족시키며 성공적으로 수행하였으며, 프로젝트의 진행을 위한 제반 검토사항이 매우 많고 다양함을 알 수 있었다. 특히 대공간 구조물에 있어 역학적 개념을 현장시공에 적용하는 절차 등에 대한 실질적인 연구의 필요성을 느끼게 되었다.

본 프로젝트를 진행시키며 특히 건설에 있어서는 이론보다는 경험의 중요성을 다시 생각하게 되었으며, 추후 유사 프로젝트의 Lift-up 공법 적용에 있어 참고자료가 되었으면 한다.

친환경건축물(Green Building)

인증제도 소개

품질안전팀 건축부장 조한구

본 자료는 2002.3.6 친환경건축물 인증제도 합동설명회 자료 중
건설교통부 이용락과장의 [친환경건축물 인증제도의 취지 및 향후 정책방향]과
한국에너지기술연구원 박상동박사의 [국내외 친환경건축물 인증제도의 비교]
원고 중 일부 내용을 발췌·편집하여 소개함

1. 배경 및 필요성

1.1 배경

지속 가능한 발전을 추구하는 우리시대 최고의 패러다임은 “환경”이다. 개발산업시대가 지나면서 전세계적으로 환경에 대한 관심이 나날이 고조되고 있으며 이제는 개발과 환경을 더 이상 분리해서 생각할 수 없게 되었다. 국제사회에서는 ‘92년 기후변화협약 체결이후 최근 모로코 마라케시에서 교토의정서 이행 안이 채택되는 등 CO₂와 같은 환경오염물질에 대한 규제의 움직임이 범 지구적 차원에서 일고 있으며, OECD 회원국인 우리나라도 머지 않은 장래에 이러한 일련의 규제 대상에 포함될 것으로 판단된다. 이에 따라 최근 범정부적 차원에서 여러 가지 방향이 모색되고 있으며, 각 부서별로 구체적인 정책을 개발·추진하고 있다.

1.2 필요성

건축물의 건설, 사용 및 폐기과정에서 에너지와 자원의 소비, 오염물질과 폐기물의 발생 등 환경부하 및 오염요인이 크고 건축물은 에너지소비의 3분의 1, 자원소비의 40%, CO₂ 배출의 50%, 폐기물배출의 20~50%를 차지하며, 건축물의 경우 철강 등 기초소재, 수도 단열재 등 건축기자재, 전기 및 기계설비, 조경 등 연관산업에 대한 파급 효과가 큰 분야라 할 수 있다.

세계적으로 기후변화문제와 관련하여 건물의 에너지 사용과 CO₂ 배출 저감 등 환경성 증진방안에 대한 논의가 국제적으로 활발하게 진행중이고 대도시의 과밀

화와 신도시 개발 등으로 인한 건축물의 신축과 재건축이 활발한 우리 나라 현실에서 건축물의 건설과 관련하여 친환경적 요소에 대한 사전 고려가 필요한 것은 필수적인 요소로 자리잡고 있는 것 같다.

따라서, 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증하는 친환경건축물인증제도의 시행을 통해서 친환경적 건축물의 확산이라는 직접적인 효과를 거둘 뿐만 아니라, 국민들에게는 환경가치에 대한 인식을 제고시키고, 업계와 학계에 대해서는 환경기술 발달 및 연구활동을 진흥시키는 등의 부수적인 효과도 기대할 수 있을 것이다.

환경관련 인증제도는 핀란드, 프랑스, 덴마크, 캐나다, 미국, 일본, 스위스를 비롯한 선진 각국에서 이미 시행중이거나 시행을 위한 준비가 상당정도 진척되고 있으며, 우리나라에서도 이번에 건교부와 환경부가 연구기관 및 학계·업계의 의견을 들어, 친환경건축물인증제도 시행방침을 최종적으로 확정하여 금년 1월부터 시행하게 되었다.

2. 해외 그린빌딩 사례

2.1 미국

2.1.1 LEED Green Building Rating System

미국에서는 그린빌딩기술의 연구, 개발, 보급을 촉진하기 위하여 USGBC(U.S. Green Building Council)가 조직되어 운영되고 있으며, USGBC는 회원제로 운영되는 비영리단체로서 1993년 설립되어 그린빌딩 관련기술 개발을 지원하고 국가차원의 표준체계를 설정하여 관련 연구결과를 교환하고 또 활용하기 위한 활동을 벌이고 있다. 이 USGBC가 LEED Green Building Rating System 개발을 주도하였으며 LEED는 신축 혹은 기존의 상업용, 공공시설용, 고층 주거용 빌딩의 등급을 매기기 위해 고안된 자체 평가 시스템이다. 그린빌딩의 구성요소에 대한 명확한 표준을 제공함으로써 LEED는 건물의 생애주기(life cycle)에 걸쳐 “건물 전체”적 관점에서 환경성능을 평가한다. LEED는 이미 통용되고 있는 에너지 및 환경원칙에 기초하고 있고 이미 알려져 유효하게 시행되고 있는 사항들과 새로이 대두되는 개념 사이에서 균형을 이루고 있는 평가시스템이다.

2.1.2 오스틴市의 Commercial Green Building Program

텍사스州 오스틴市는 미국내에서도 그린빌딩의 보급확산이 가장 활성화되어 있으며 ‘그린빌딩 프로그램’ 특히 ‘상업용 그린빌딩 프로그램’을 다년간 운영하면서 많은 경험과 기술축적이 되어있을 뿐만 아니라 정부차원의 지원정책도 州에 비례 앞서 있다. 즉, 지속가능한 건축설계 점검표를 만들어 두고 이들의 채용정도에 따라 설계팀에서 최고 US \$6,000의 보너스를 제공하고 있으며 (과거에는 건물주에게 시설장려금으로 US \$150,000까지 제공됨) 특히 공공건물은 의무적으로, 민간건물에 대해서는 인센티브제도를 이용하여 이를 권장하고 있다.

2.1.3 샌프란시스코市의 그린빌딩 건축 조례

1999년 7월 샌프란시스코市는 市 소유 건물에 대해서 그린빌딩으로 건축하도록 하는 조례를 채택한 미국 내 최초의 지방자치단체가 되었다. “자원효율적 건축조례”로 알려진 이 샌프란시스코 市 조례의 추가사항은 두가지 독특한 부분으로 구성되어 있다. 첫 번째 부분은 수자원 보전, 에너지 효율적 조명, IAQ 및 재활용에 대한 몇 가지 필요사항을 규정하고 있고, 두 번째 부분은 市가 혁신적인 설계와 재료의 사용을 전시해 보일 시범 그린빌딩 프로젝트를 많이 지정하도록 하는 요구를 담고 있다. 그리고 이를 프로젝트는 완공 후 평가를 거쳐 市의 관리위원회에 그 성능이 보고된다.

2.2 캐나다 : GBTool (Green Building Challenge의 기준)

- 1) Green Building Challenge는 건물에 대한 환경 성능 평가 체계를 시험하고 개발하기 위한 20개 이상의 국가들의 국제 컨소시엄이다.
- 2) GBC 프로젝트의 일반적인 목표는 다음과 같다.
 - 건물 환경성능 평가방법의 기술적 수준을 향상
 - 일반적으로 “그린” 빌딩이 지속가능성과 관련이 있음을, 특히 건물 환경성능 평가방법의 내용 및 구조가 지속가능성과 관련이 있음을 규명하여 지속가능성 이슈에 대한 주의를 유지
- 3) 건물환경 연구분야와 실제 건축주들 사이의 의견교환을 증진시키고 친환경적 건물에 대한 성능을 평가, 발표하는 회의를 주최
- 4) 이 프로젝트는 GBC'98과 SB2000 회의를 거쳐 현재 SB2002를 준비하고 있다.

2.3 영국 : BREEAM

영국 건축연구원(BRE) 주도로 BREEAM이라는 등급 평가기준을 만들었으며

1990년대 초반부터 요소기술의 개발과 아울러 각종 가이드·북을 제작·보급하고 있다. BRE내에 The Environmental Building이라는 대표적 그린빌딩 외에 수많은 사례가 있으며 BRE가 이 기술의 개발·보급에 중추적 역할을 하고 있다. 아울러 설계자 리스트, 자재 리스트, 기술 핸드·북, 가이드·북이 보급되고 있고 국가차원에서 이의 건축을 권장하고 있다.

2.4 일본

일본 건설성에서 환경공생주택 추진회와 주택·건설성 에너지기구와 공동으로 계획기법 가운데 자원·에너지절약과 이산화탄소의 배출감소, 수자원의 유효이용, 폐기물의 감축 등 환경공생주택의 기본성능에 관한 정량화된 평가기법을 제시하였다.

3. 인증제도 개요 및 운영방침

3.1 통합 인증제도 추진경위

전세계적으로 환경에 대한 관심이 고조되고, 1992년 기후협약 등 구체적인 움직임이 국제사회에서 일기 시작함에 따라 1999년부터 건교부와 환경부는 친환경 건축물 인증과 관련한 제도를 각각 마련하여 시범적으로 운영해 오고 있었다. 그러나, 유사한 제도가 중복되어 시행될 경우 혼란이 발생할 수 있고 관련업계의 부담도 가중될 수 있기 때문에, 2000년 5월부터 두 제도를 통합하기로 하고, 양부처가 공동으로 실무팀을 구성하였다. 여러 차례의 실무협회의와 학계 및 업계의 의견수렴과정을 거쳐 통합제도의 명칭을 『친환경 건축물 인증제도』로 결정하였고, 2001년 12월에는 친환경건축물 인증평가 기준을 마련하였고, 2002년 1월에 대한주택공사 주택도시연구원 등 3개 기관이 인증업무를 수행해 나갈 인증기관으로 지정됨으로써 친환경건축물인증제도가 비로소 본격적으로 시행되게 되었다.

[표 3-1] 통합전 인증제도

시행 기관	인증제도의 명칭	시행 기간	내 용
환경부	그린빌딩 시범인증	'99.10~ '00.10	-시범인증기관 : (주)능률협회인증원 -대상 : 17개 공동주택
건교부	주거환경우수주택 시범인증	'00.4~ '00.12	-시범인증기관 : 대한주택공사주택, 도시연구원 -대상 : 8개 공동주택

3.2 친환경건축물인증제도의 운영

3.2.1 친환경건축물 인증제도 도입 의의

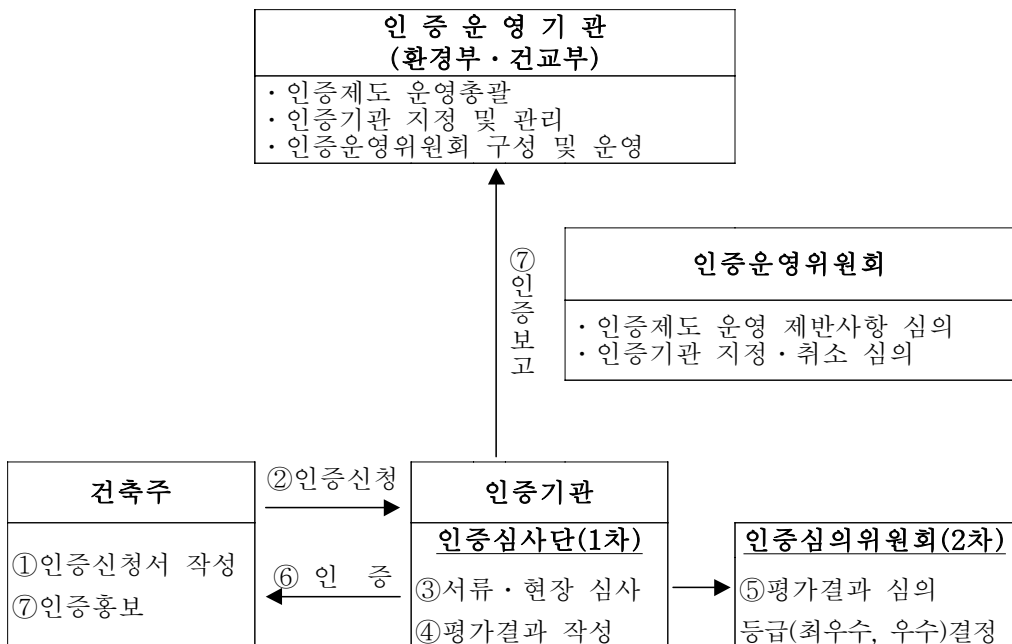
친환경건축물 인증제도는 건축물의 환경성을 높이기 위한 정책수단의 하나로써 건축물 전 생애를 대상으로 환경영향을 평가하여 환경성도가 우수한 건축물을 인증하는 제도로서 이를 통하여 건축물로 인한 환경영향을 최소화하고 에너지 등의 자원사용을 효율화하며 쾌적한 주거환경 조성 등으로 환경보호 뿐만 아니라 경제발전에도 기여할 수 있을 것이다.

우리나라에서도 2002. 1.1부터 친환경건축물 인증제도가 시행됨으로써 환경과 건축의 조화, 즉 지속 가능한 건축(Sustainable Building)을 실현할 수 있는 기반을 마련하였다.

3.2.2 인증 대상건축물

2002년에는 공동주택을 대상으로 시행하고 단계적으로 주상복합, 업무용(공공, 일반건물), 상업용(학교·병원 등), 리모델링 건축물까지 확대하여 시행할 계획이다. 인증 심사는 준공된 건축물을 대상으로 하되, 건축주가 희망하는 경우에는 설계단계에서 인증심사를 하고 예비인증을 수여한다.

3.2.3 운영체제



1) 인증운영기관 (환경부·건교부)

인증운영기관은 인증대상건축물의 확대, 인증심사기준 제·개정, 인증기관 지정 및 관리 등 인증제도 운영을 총괄하며 환경부와 건설교통부가 교대로 담당하게 된다. 인증운영기관은 인증제도 운영에 관한 제반사항을 심의하기 위하여 인증운영위원회를 구성·운영하며 인증운영위원회는 친환경건축물 분야별(토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경부하, 생태 환경, 실내 환경) 전문가를 중심으로 총 20인 이내의 위원으로 구성한다.

2) 인증기관

인증기관에서는 친환경건축물 인증심사 및 인증건축물의 사후관리를 담당하며 인증기관으로 지정받기 위하여는 인증업무를 수행할 전담조직 및 업무수행체계를 갖추고 토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경 부하(관리), 생태 환경, 실내 환경 등 4개 분야별 인증심사원 각 2인 이상을 보유하여야 하며 이중 분야별 각 1인은 상근 심사원으로 보유하여야 한다. 현재 친환경건축물 인증기관으로 대한주택공사 주택도시연구원, 한국에너지기술연구원, (주)한국능률협회인증원 등 3개 기관이 지정되어 있다.

분 야	분야별 심사원 전문분야
토지이용 및 교통	단지계획, 교통계획, 건축계획, 도시계획
에너지·자원 및 환경부하(관리)	에너지, 대기환경, 수질환경, 폐기물처리·재활용, 건축설비(기계/전기), 건축시공 및 재료, 건축물 운영관리
생 태 환 경	생태조경, 조경계획, 토양·토질, 단지계획, 건축계획
실 내 환 경	온열환경, 소음·진동, 빛 환경, 실내공기환경, 건축설계

3) 인증신청 및 인증절차

친환경건축물로 인증을 받기 위하여는 건축주(건물소유자) 또는 건축주의 동의를 받은 시공자가 인증기관에 인증 신청을 하여야 하며, 사용승인을 득한 건축물의 경우는 항상 인증신청이 가능하고 예비 인증신청을 설계단계에서 하여야 한다.

4) 인증심사

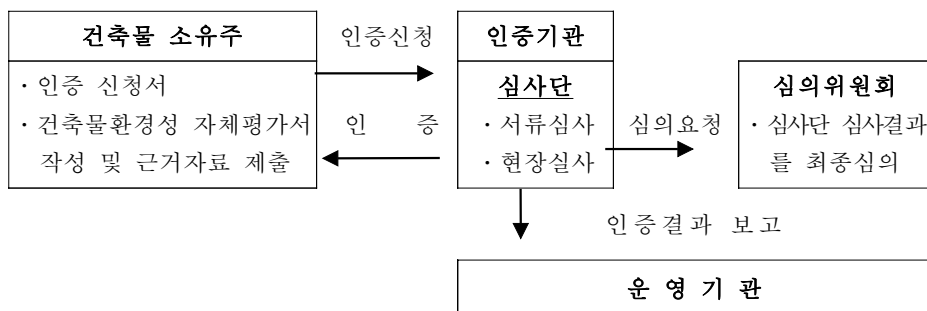
인증기관의 인증심사는 인증심사단의 심사(1차 서류심사, 2차 현장심사)와 인증 심의위원회의 심의 2단계로 구분하여 이루어진다. 인증기관은 인증심사를 위하여 토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경부하(관리), 생태 환경, 실내 환경 등 분야별 심사원 각 1인을 포함한 4인 이상으로 인증심사단을 구성하고 인증심사기준에 의하여 서류심사 및 현장심사를 실시한다.

[표 3-2] 인증 신청 및 절차

구분	설계단계	사용승인	유지관리
인 증		인증신청 ↓ 인증심사 ↓ 인증수여	인증연장신청 ↓ 인증심사 ↓ 1차 인증연장 ↓ 2차 인증 연장신청
예비인증부터 신청하는 경우	예비인증신청 ↓ 인증심사 ↓ 예비인증수여	인증전환신청 ↓ 인증심사 ↓ 인증수여	
비 고	○ 예비인증서 발급 - 분양광고에 활용 ○ 인증유효기간 - 사용승인까지	○ 인증서 및 인증현판 발급(건축물에 부착) ○ 인증유효기간 - 5년	○ 1차인증연장은 인증내용 유지를 심사하여 결정 ○ 2차는 신규인증신청과 동일

그리고 인증심의를 위하여 타 인증기관 소속 전문가 또는 인증운영위원회 소속 전문가를 중심으로 해당분야 전문가 각 1인이 포함된 4인 이상의 외부 전문가를 중심으로 인증심의위원회를 구성하고 인증심사단의 심사결과에 대하여 심의하여 최종적으로 인증여부를 결정한다.

[표 3-3] 인증심사 절차



5) 인증심사 및 인증기준

인증심사는 4개분야 (토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경부하(관리), 생태 환경, 실내 환경) 44개 항목에 대하여 심사하고 인증등급은 우수, 최우수 2등급으로 구분하여 인증한다. 분야별 인증심사항목 및 인증등급은 붙임과 같다.

6) 인증 유효기간 및 인증서 발급

친환경건축물 인증 유효기관은 인증 후 5년으로 하고 인증유효기간 경과 후 인증 연장을 신청할 때에는 1회에 한하여 당초 인증수여시 인증기준 유지여부를 심사하여 5년간 인증기간을 연장한다. 예비인증의 유효기간을 사용승인시(검사일)까지로 한다. 인증기관에서는 인증심사결과 친환경건축물로 인증을 받은 건축물에 대하여는 친환경 건축물 인증서와 인증명판을 교부한다. 친환경건축물의 인증마크의 녹색은 태양과 꽃을 상징하는 이미지로 자연 생태계의 생명력을 표현하고 원모양의 청색은 지구의 영원한 환경친화적인 순환성을 의미하며 인간생활의 근본을 나타며 건물은 환경친화적 건축물임을 나타낸다.



인증마크는 인증 유효기간 내에서만 사용이 가능하며 인증홍보는 대상건축물과 직접 관련 있는 인쇄물, 광고물 등에 사용할 수 있으며, 이 경우 전반적으로 인증 받은 것으로 오인되지 않도록 인증범위 및 인증기관과 인증유효기간을 반드시 포함하여야 하며 인증 획득 건축물은 표시·광고의 공정화에 관한 법률 제3조의 규정에 의한 “부당한 표시·광고 행위의 금지” 규정 준수하여야 한다.

7) 사후관리

인증기관에서는 (예비)인증을 받은 친환경건축물이 인증기준을 계속적으로 유지하고 있는 지에 대하여 사후관리를 하여야 하며 인증기준을 유지하지 못하거나 인증받은 건축물이 인증을 받은 업체에서 인증서를 반납한 경우, 인증을 받은 건물의 건축허가가 취소되었거나 건축물이 멸실된 경우, 인증을 받은 기업의 부도·해체, 연락두절 등으로 인증 받은 자에 실체가 없어지거나 확인되지 않은 경우 등과 같은 사유가 발생시에는 인증을 취소하여야 한다.

4. 정부의 역할

친환경건축물 인증제도는 쾌적한 주거환경 조성, 주변 생태계 보호, 지구 온난화의 요인인 CO₂ 발생 저감 등 우리가 살고 있는 지구를 건강하게 후손들에게 물려줄 수 있는 지속가능한 사회의 건설에 기여할 수 있는 환경경제통합 정책수단이다.

이러한 친환경건축물 인증제도를 통한 친환경건축물 건축의 촉진은 국가 경제적 차원에서는 환경부하 저감, 에너지 및 수자원의 효율적 이용, 폐기물 감축, 지역경제 발전 등의 성과를, 건축주 입장에서도 토·공사비 절감, 건물가치 향상 등의 성과를 그리고 거주자 입장에서는 건물 유지관리비 절감, 위험 감소, 재실자 건강과 생산성 증대 등의 성과를 거둘 수 있다. 그러나 초기 건설비용 증가, 환경친화적인 건축자재·기술 부족, 신기술 적용 기피 등의 사유로 친환경 건축물 건축 확산에 어려움도 예상된다.

따라서 정부에서는 친환경건축물 관련산업 육성, 친환경건축물에 대한 인센티브 부여방안 강구 등을 통하여 친환경건축물의 건축을 촉진할 계획이다. 그리고 단계적으로 친환경건축물 인증제도 대상 건축물을 주상복합용, 업무용, 상업용, 리모델링 건축물까지 확대하고 더 나아가 건축물 설계단계에서 환경을 고려하도록 하는 친환경건축물 설계기법을 개발·보급할 계획이다.

붙임

1) 분야별 인증항목 및 인증 등급

분 야	세 부 항 목
토지이용 및 교통 (11개)	기존대지의 생태학적 가치, 체계적 상위계획 수립여부, 용적률, 인접대지에 대한 일조권 간섭방지 대책의 타당성, 대중교통에의 근접성, 도시중심 및 지역중심과 단지중심간 거리, 단지내 자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부, 단지내 음환경, 단지내 보행자 전용도로 조성여부, 외부보행자 전용도로 네트워크 연계여부, 단지주변 하천·산림 등으로의 접근성, 커뮤니티 센터 및 시설계획 여부
에너지·자원 및 환경부하 (관리) (15개)	라이프사이클 변화를 고려한 평면개발, 에너지 소비량, 환경친화제품의 사용, 생활용 가구재 사용억제 대책의 타당성, 환경친화적(공업화) 공법 및 신기술 적용, 이산화탄소 배출저감, 재활용 생활폐기물 분리수거, 음식물 쓰레기 저감, 생활용 상수 절감 대책의 타당성, 우수이용, 우수부하 절감대책의 타당성, 시공시 환경관리 계획의 타당성 및 시행, 운영/관리 문서 및 지침 제공의 타당성, 사용자 매뉴얼 제공, 정보통신 및 첨단 생활설비 채용의 타당성,
생태환경 (6개)	표토 재활용율, 생태환경을 고려한 인공환경녹화기법 적용 여부, 녹지공간률, 연계된 녹지축 조성, 수생비오톱 조성, 육생비오톱 조성
실내환경 (6개)	휘발성 유기물질 저 방출자재의 사용, 자연환기 설계의 정도, 각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부, 세대간 경계벽 차음성능 수준, 발코니 녹지 공간 비율, 노약자·장애자 배려의 타당성
총 38개 항목	100점
추가 항목 (6개 20점)	단지 내 음환경, 대체에너지 이용, 중수도 설치, 기존 자연자원 보전을, 층간경계 바닥 충격음 차단성능 수준, 세대내 일조확보율,

등 급	평가점수	비 고
최우수	85점 이상	100점 만점 (추가 20점)
우 수	65점 이상	

2) 친환경건축물 인증심사기준(Green Building Certification Criteria)

부 문	범 주	분류 번호	통 합 기 준	세 부 평 가 기 준	배 점
1. 토지 이용 및 교통	1-1.토지이 용과 토지 질에 있어 서의 변화	111	R2-2 기존대지의 생태 학적 가치	생태학적 가치가 낮은 대지 면적	2
		112	R2-1 체계적 상위계획 수립 여부	도시설계·상세계획 수립여부, 지 구단위계획수립여부, 기타 주변과 의 조화를 고려한 계획 수립여부	2
		113	R2-5 용적률	계획 용적률 평가 $Y=(-X+220)/10$	6
	1-2 인접 대지영향	121	L4-1 인접대지에 대한 일조권 간섭방지 대책의 타당성	지반 인접 대지 경계선으로부터 심 사대상 건물 각 부분의 높이를 켄 최대양각	2
	1-3 교통	131	T1-1 대중교통에의 근 접성	대중교통시설(철도역,지하철역, 버스 터미날, 버스정류소)과의 도보거리	2
		132	T1-2 도시중심 및 지역 중심과 단지중심간 거리	도시중심 및 지역중심과 단지중심 간의 직선거리에 따라 평가	2
		133	T1-3 단지 내 자전거 보관소 및 자전거도로 설치여부	세대수의 일정비율이상 자전거보관 소를 설치하고 자전거 전용도로를 단지내외부와 연계시킨 정도	2
	1-4 거주 환경의 조 성	141	T2-1 단지 내 보행자 전용도로 조성여부	보행자 전용도로 조성 상태 평가	3
		142	C2-2 외부 보행자 전 용도로 네트워크 연계여 부	보행자 전용도로와 외부와의 연계 정도	1
		143	C4-1 단지주변 하천, 산림 등으로의 접근성	단지 주변의 하천, 산림, 근린공원 과의 인접여부 및 거리 평가	2
		144	S5-1 커뮤니티 센터 및 시설계획 여부	단지내 일정수준 이상의 커뮤니티 시설이나 커뮤니티공간의 조성여부	3
2. 에너 지 자원 및 환경 부하	2-1. 에너 지	211	R1-1 에너지 소비량	에너지소비량 평가점수 $Y=12X(EPI점수-60)/25$ (계산결과 소수점 둘째 자리에서 반올림. 평가점수가 12점 을 초과하는 경우 12점	12
	2-2. 자원 의 절약	221	S1-1 라이프사이클 변 화를 고려한 평면개발	가변형, 병합형 및 주문형 평면 적 용 세대 비율	3
		222	R5-3 환경친화제품 사 용	심사대상건물의 환경마크, GR마크 를 획득한 제품수	2
		223	R5-2 생활용 가구재 사 용억제 대책의 타당성	방면적 대비 수납공간 비율	1

		224	R5-1 환경친화적(공업화) 공법 및 신기술적용	심사대상건물 총공사비 대비 공업화 건축 공사비 및 국가공인 신기술 채택 적용 여부	3
	2-3.환경 오염부하	231	L1-1 이산화탄소 배출 저감	난방부하의 20% 이상을 열병합발전의 배열을 이용하거나 사용 에너지 및 이에 따른 이산화탄소 배출량을 산정하여 평가	3
		232	L2-1 재활용 생활폐기물 분리수거	재활용 생활폐기물 보관시설 및 분리품목 종류에 따라 평가	1
		233	L2-2 음식물 쓰레기 저감	음식물 쓰레기 분리수거를 위한 저장, 취급시설과 처리시설 및 세대 내 음식물 쓰레기 탈수기 설치 유무에 따라 평가	1
	2-4. 수자원	241	R3-1 생활용 상수 절감 대책의 타당성	기준건물대비 심사대상건물의 일일 1인당 상수 사용량 절감율	3
		242	R3-2 우수 이용	우수를 이용한 살수용수, 조경용수 등으로 이용하는 시설의 설치 여부에 따라 평가	2
		243	L3-1 우수부하 절감대책의 타당성	투수성 포장을 한 포장면적 비율과 지상주차장 둘레, 도로변, 산책로변 길이에 우수침투시설을 한 비율	3
	2.5. 관리	251	M1-1 시공시 환경관리 계획의 타당성 및 시행	건설현장에서 환경에 민감한 사항에 대한 관련법규 및 산업규격요구수준 만족정도	1
		252	M2-1 운영/관리 문서 및 지침 제공의 타당성	심사대상건물 및 관련 장비/설비의 효과적인 운영을 위한 적절한 문서가 작성되어 있는지의 여부 평가	2
		253	M2-2 사용자 매뉴얼 제공	입주자들에게 사용자 매뉴얼을 제공하는지의 여부에 따라 평가	1
		254	S5-2 정보통신 및 첨단 생활설비 채용의 타당성	초고속정보통신설비 1등급 수준 이상 설치시(2점), 2등급 수준 이상 설치시(1점) +인터넷생활컨텐츠/네트워크제공 계획시(1점)	3
3. 생태 환경	3-1.자연 자원의 활용	311	R2-4 표토재활용율	전체표토량 대비 식재지반에 활용한 재활용 표토량의 비율	1
	3-2.단지 내녹지공 간조성	321	S4-2 생태환경을 고려한 인공환경녹화기법 적용 여부	옹벽대체녹화, 인공지반 녹화, 입면 녹화에 대해 면적 및 난이도를 감안한 산식으로 평가	4
		322	C3-1 녹지공간률	녹지공간 법적 기준 대비 추가 조성률	5

		323	C3-2 연계된 녹지축 조성	단지내부의 연속된 녹지축 조성, 단지 녹지축과 외부녹지와 생태적 연결 여부	2
	3-3. 생물서식공간 조성	331	C5-1 수생바이오톱 조성	대지면적대비 수생바이오톱 조성률과 조성기법에 따라 평가	3
		332	C5-2 육생바이오톱 조성	대지면적대비 육생바이오톱 조성률과 조성기법에 따라 평가	3
4.실내환경	4-1. 공기환경	411	Q1-1 휘발성 유기물질 저 방출자재의 사용	□ (가중치① × 0.5) + (가중치② × 1.5)으로부터 산출 □ 가중치 : ①UFFI 사용시(0), 미사용시 (1) ②휘발성유기물질 방출량 기준이하 제품수별 가중치 1개 자재(0.25), 2개 자재(0)	3
		412	Q1-2 자연환기 설계의 정도	환기구 또는 장치설비 유무 및 환기 설계 정도	3
	4-2. 온열환경	421	S2-1 각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부	각 실별 또는 난방 존별 자동 온도 조절장치 적용 비율	2
	4.4. 음환경	441	Q2-1 세대간 경계벽 차음성능 수준	한국산업규격(KS F 2809)에 의한 실간 음압레벨차 측정결과와 설계도면에서의 벽체구조체(철근콘크리트 옹벽의 경우) 두께 중 유리한 것으로 평가	3
	4.5. 실내공간	451	S4-1 발코니 녹지공간 비율	발코니 녹지공간 조성비율	2
		452	S5-3 노약자, 장애자 배려의 타당성	노약자 및 장애자를 배려한 설계 수준에 따라 평가	1
			지표수	38	100
A.추가항목		A1	C1-1 단지 내 음환경	환경기준 대비 평가소음 저감	3
		A2	R1-2 대체에너지 이용	태양열 온수 급탕 등 대체에너지를 이용한 시설의 설치 여부 및 규모	3
		A3	R3-3 중수도 설치	중수도 시설을 설치하여 중수도 수질 기준에 적합한 중수를 사용한 비율	4
		A4	R2-3 기존 자연자원 보존율	심사대상건물의 자연자원 보존면적÷부지면적×100	3
		A5	Q2-2 층간 경계 바닥 충격음 차단성능 수준	충격음 차단성능 등급별가중치에 따라 평가	3

		A6	S3-1 세대 내 일조확보 율	심사대상건물의 전체세대수에 대한 동지일 기준으로 오전 9시부터 오후 3시 사이에 최소 2시간의 연속일조 를 받는 세대율	4
			지표수	6	20

부 문	지 표 수	배 점
토지이용 및 교통	11	27
에너지 및 환경오염부하/관리	15	41
생태환경	6	18
실내환경	6	14
추가항목	6	20
합 계	44	120

생태 건축과 자연채광

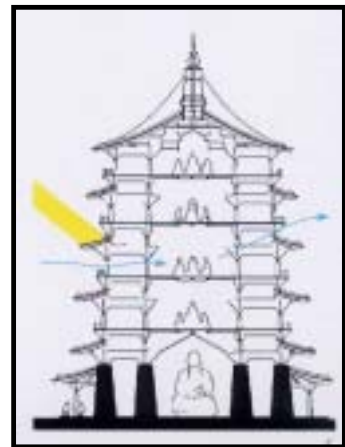
건설기술연구소 건축기사 김상식

1. 생태환경의 역사적 고찰(History of Ecological Environment)

1.1 지구환경(global environment)과 생태(生態, ecology)의 동양적 사고관

고대 중국에서는 이미 오래전에 「환경(環境, environment)」이라는 단어가 사용되었는데 「주례정요」에서 이 단어를 볼 수 있다. 중국의 명(明)나라 시대에 출간된 「원사(元史)」에 환경(環境)이라는 단어가 있으며, 성길사한(成吉思汗, 징기스칸)에 의해 유럽에까지 영토가 확장되었던 당시의 정황으로 보면 아마도 **경계**의 의미로 사용된 듯 하다.

환경이라고 하는 것은 **외계와 주변의 사물 및 외부조건, 자연물들을 총칭해서 사용하는 것이며**, 생태라는 말은 살아있는 모든 것을 나타내고 생물의 상태를 의미한다. 중국에 있어서는 環境보다도 이미 오래전 남북조의 양(梁)나라 시대로 갈 수 있는데, 당(唐)나라 시대의 시성, 두보의 시에서도 生態라는 단어를 찾아볼 수 있다.



1.2 지구환경(global environment)과 생태(生態, ecology)의 서양적 사고관

「생태학(生態學)」 = 생태(生態), 이른바 생물의 생활을 연구하는 학문. 자연계에 있어서 생물이 자신을 유지하고 환경과의 관계를 도모하는 과정을 연구하는 학문을 말한다. 흔히 생태학은 개체군들과 그들의 환경에 관한 생물학으로 정의하며 생물과 환경사이의 상호작용을 연구하는 학문으로 이해되어진다.

생물의 입장에서 본다면 환경학 또는 환경 과학은 생태학의 한 분야이다. 다아윈의 진화론이 제창되기에 이르고 1859년 「종의 기원(種起源)」이 발표되면서 박물학이 과학으로서의 생태학으로 거듭나게 되는 계기가 되었다. E. H 헤켈은 다아윈의 진화론을 열렬히 지지하고 동물 분류에 대해 계통나무를 작성하고 나아가 개체발생과 계통발생의 반복설을 제창하였으며, 생태학에 대해 oikos(가정, 경제)

와 Logos(논리, 학문)의 합성어 okologie(Ecology)라고 하는 학술용어를 작성하였다. 이것은 다아윈이 밝힌 “Economy of nature”에 대응하는 명칭이다. 생태학은 개체생태학, 군집생태학, 산림생태학, 해양생태학 등 생물과 환경 및 다른 생물과의 관계를 연구하는 학문분야로 정의할 수 있다.

1.3 생태계의 생물적 요소와 비생물적 요소

지구의 생태계(Ecosystem)는 생물적 구성요소와 비생물적 구성요소로 이루어져 있으며, 구성요소들은 환경과 절대적-유기적인 관계를 이루고 있다.

1) 비생물적 구성요소

- 지구의 물질순환에 관여하는 C, N, H₂O, CO₂ 등의 무기물
- 무생물과 생물과의 관계를 연결하는 탄수화물, 단백질, 지방 등의 유기 화합물
- 공기, 온도, 습도, 기후 등 지구에서의 물리적 요소

2) 생물적 구성요소 (생산자, 거대 소비자, 분해자)

- 생산자 : 생산자는 단순한 무기물들로부터 탄수화물과 같은 유기물을 합성할 수 있는 생물로서 대표적인 생물은 독립영양생물(autotroph)
- 녹색 고등식물의 광합성 : 지구에서 광합성이 일어나는 주된 생물은 녹색 식물이며 탄산가스를 유기물로 전환하는 광합성 과정은 녹색식물이 빛 에너지를 흡수하여 화학포텐셜로 전환하고 다시 화학 포텐셜을 안정화시킨 후 저장

환경학 또는 환경과학(environmental science)은 인류의 삶의 질을 향상하고 미래를 대비하기 위해 지구에 대한 환경실태를 구체적으로 파악하고 그 원인 및 기구를 과학적으로 해명하여 해결책을 모색함으로써 환경보호를 목적으로 하는 제반사항을 연구하는 종합적인 학문이라 할 수 있다.

환경이란 원래 어떤 사람(생물)을 둘러싸고 있는 주변의 사물 또는 상태를 가리키는 것으로 주로 인류가 주체가 된다고 할 수 있으며, 환경학은 그 접근 방법이 다양하고 여러 학문분야를 기초로한 다각적인 사고를 도입하여 현실적인 문제를 해결하기 위한 목표지향적인 성격을 지니고 있으므로 당연히 내용이 포괄적이며 광범위한 특징을 지니고 있다.

환경학의 역사는 불과 30 여년 전인 1960년대 후반에 이르러 태동되어 졌다. 이 시대의 선진 각국은 급격한 산업발달과 고도 경제성장에 따른 대기오염 및 수질악화등과 같은 심각한 공해문제가 대두되기 시작하였다. 도시화, 공업화, 관광지 개발 등에 의해 자연파괴가 급속도로 진행되어지면서, 이에 대응하기 위해 1968년

12월에 열린 UN총회에서는 1972년 스웨덴의 스톡홀름에서 「UN인간환경회의」를 개최할 것을 의결하였다.



1.4 환경에 대한 우리나라의 의식 변화

- 1) 1960년대 : 경공업 위주의 산업구조
- 2) 1970년대 : 수출 및 외화획득을 위해 국가 정책적으로 중화학 공업을 활발히 육성하게 되었고, 중화학 공업으로 인해 수질 및 대기, 토양 환경 등을 오염시키는 공해물질을 대량으로 유발
산업발달로 인구의 도시 집중화를 유발시켜 도시 생활환경이 악화
- 3) 1980년대 : 점차 공해 및 환경오염에 대해 관심을 가짐
- 4) 1990년대 : 시민단체는 물론 국가적인 차원에서 다양한 대응방법 모색하게 되었음. 일상생활에서 환경을 생각하는 정서의 확산과 아울러 자연생태적인 의미의 균형이 이루어질 수 있도록 하는 환경적으로 건전한, 지속가능한 발전(Environmentally sound and Sustainable Development)을 궁극적인 목표로 삼게 됨

포스터(1972)는 그의 저서 「환경과학 입문」에서 환경과학이란 인간의 환경문제 특히 인간복지를 위협하는 각종 문제들을 해결할 수 있는 방법을 탐색하는 학문이라고 규정하였다.

환경학을 오늘날 인간이 처한 위기상황을 해결하기 위해 출발한 실용적이고 종합적인 학문이라는 관점으로 보면 생태 환경학의 해석 및 응용은 미래의 인류변영을 위한 궁극적인 목표에 도달할 수 있는 방법론적 과정에 중점을 두고 해결방안을 모색하는 시각이 중요할 것이다.



2. 생태건축의 최근 동향(국외)

지속가능한 개발 (Sustainable Development)

지속가능한 개발은 UN Bluntland Report에서 "다음 세대의 요구를 만족시킬 수 있는 여지를 방해하지 않는 범위내에서 현세대의 요구를 반영한 개발"로 정의하고 있다. 이러한 지속가능한 개발은

- ① 자연 자원의 경제적 이용
- ② 주민의 참여와 균등한 배분
- ③ 환경의 보호

의 목표를 정하고 있다.



환경에 대한 관심이 커지면서 미래지향적 건축의 대안으로 환경친화적 건축이 대두되었다. **Environment Design, Ecology Design, Sustainable Design, Green Design** 등의 용어로 각기 차별화되는 개념을 지닌 환경친화적 디자인이

생겨났다. 이러한 것 중 대표적 성공사례로 독일의 생태건축과 일본의 환경공생주택 등을 들 수 있다. 우리나라에서도 90년대부터 이러한 개념들이 도입되어 연구가 진행되고 있다.



2.1 독일의 생태건축의 발달

1970년대 급속한 도시화로 공해와 환경파괴에 시달리던 독일에서 생태건축을 구체화하기 위해 시작했다. 여기서 생태건축이란 " 자연환경과 조화되며 자원과 에너지를 생태학적 관점에서 최대한 효율적으로 이용하여 건강한 주생활 또는 업무가 가능한 건축" 이라고 정의하고 있으며 건축이 자연 생태계의 일부가 되는 시스템을 가져 환경에 대한 부하가 거의 없이 자연자원을 효과적으로 활용하도록 하고 자연의 순환체계와 서로 통합되도록 계획한다. 이 생태건축이 추구하는 건축적 목표는

- ① 자원과 에너지의 생태적 이용
- ② 자연 환경과의 조화
- ③ 건강한 주생활 추구

이다.



2.1.1 Ecological & Sustainable Design 1

Commerzbank, Frankfurt (1992-1997)

건축가 : Norman Foster

건물높이 : 259m (60층)

환경친화적 건축의 대표적 사례

Commerzbank는 60층의 세계 최초의 생태학적 초고층 빌딩

자연환기를 포함한 오피스 환경의 생태학적 작업 유형에 대한 새로운 아이디어 개발로 사무소 건물의 개념을 바꿈

4개층의 Winter Garden은 시각적, 사회적 중심이 되도록 올라가고 중앙의 아트리움과 연결되어 굴뚝효과로 자연 환기를 일으킴



Winter Garden & Natural Ventilation

중정(아트리움)을 가진 삼각형 평면 구성

9개의 Winter Garden이 건물을 에워싸고 설치되어 자연채광/환기

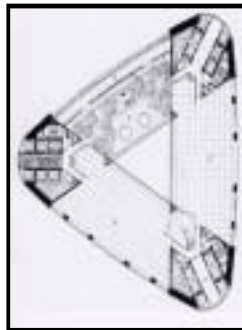
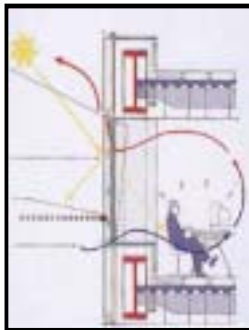
Winter Garden은 중앙 아트리움과 연결되어 굴뚝효과로 자연환기

아트리움에 면한 창을 통하여 아트리움의 가열공기를 실내로 유입

이중외피의 외부 유리벽에 있는 개구부를 통해 외기유입

이중외피의 안쪽 창을 통하여 사무공간으로 공기를 유입

실내측 창을 제어를 통한 자동 개폐로 개별 환기 시행



2.1.2 Ecological & Sustainable Design 2

Dusseldorf City Gate (1995-1997)

건축가 : Petzinka

Dusseldorf City Gates는 2개의 16층 타워로 이루어져 하부 두 터널과 연결

외부는 단층 유리로 내부는 복층 유리로 구성

융통성있는 환기 시스템을 구성하기 위해 내부 각 층에 컨트롤 박스를 설치

겨울철 12도와 여름철 28도 사이를 별도의 에너지 없이 조절 가능하도록 함



2.1.3 Ecological & Sustainable Design 3

RWE Headquarters(1994-1996)

건축가 : Ingenhoven

직경 32m의 경사 유리면을 통해 공원과 호수로 개방된 단일층 주각에 고층 블록이 구성된 형태

이중 외피를 구성하고 이중 외피 안쪽으로 환기 기능을 추가

구조체 자체로의 축열시스템과 자연환기가 가능한 형태로 기술 설치를 최소화



3. 생태건축의 최근 동향(국내)

3.1 그린 빌딩 (Green Building)

에너지 절약과 환경 보전을 목표로 함

에너지 부하 저감, 고효율 설비(Energy), 자연 재활용, 환경공해 저감 기술(Environmental)을 적용하여 자연 친화적 (Ecology)으로 설계, 건설하고 유지관리 한 후, 건물의 수명이 끝나 해체 될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 계획한 건축물

에너지에 관한 기술(Energy Efficiency)과 지속가능성(Sustainability)



4. 맺음말

생태학(Ecology)은 독일의 생물학자 Ernst Haeckel에 의해 19세기 말 처음 제창되었다. 생태학 즉 Ecology는 어원적으로 집을 뜻하는 Oikos와 Logos의 합성어로 지구에서 상호 의존하는 존재들로서 더불어 살고 있는 동물, 식물, 미생물, 사람들을 포함하는 주거에 대해서 연구하는 학문이라고 할 수 있다.

지난 세기동안 우리는 과연 무엇을 위하여 건축하였는가? 우리가 추구하는 건축의 주체는 과연 무엇이었는가?

18C 후반부터의 서구 산업화와 근대화로 인류는 물질적 풍요와 팽창을 가져왔다. 그러나 이러한 인간 중심적 개발은 다른 한편으로 자연파괴, 환경오염, 에너지원 고갈이라는 많은 문제를 야기하였다.

특히 이러한 문제는 단지 지역적으로 국한되는 것이 아니라 지구의 온난화, 오

존층의 파괴, 열대림의 무분별한 훼손 등 범지구적인 인류 생존에 대한 문제로 부상되었다.

결국 21C의 새롭게 이루어지는 건축의 패러다임 주체가 바로 인간이 아닌 자연이 되어야 한다는 것을 깨닫기 시작한 것이다.

이러한 지구의 환경문제를 해결하기 위한 대안으로 생태학적 개념을 도입하여 지구 생태계의 구성요소 속에 인간이 존재하면서 자연과 조화를 이루어야 한다는 사상이 대두되었다.

자연채광의 생태지역적 접근은 설계가 특정지역의 생활과 밀접한 관계가 있다. 태양의 궤적, 하늘의 상태, 기후 또는 대지의 특성은 자연채광에 영향을 미치는 생태지역적 요소들이다. 이와 같은 각각의 영향과 경험들은 특정의 지리, 위도, 경도에 따라 다르게 된다. 역사적으로 건축형태와 건물의 기술들은 현명하게 지역적인 영향과 부합되어왔다. 태양은 항상 많은 양의 빛과 열을 제공해왔으며 우리의 생활을 인도하고 정보를 제공하는 역할을 해왔다. 앞으로의 건축물은 형태나 건축 기법, 자연채광 기법들을 통해 태양과 자연을 보다 잘 활용하는 방안을 모색해야 할 것이다.

친환경 관련 용어 설명

건설기술연구소 건축과장 정상민

■ 그린빌딩

- 에너지 절약과 환경보전을 목표로 ‘에너지 부하 저감, 고효율 에너지 설비, 자원 재활용, 환경공학 저감기술 등을 적용하여 자연친화적으로 설계, 건설하고 유지 관리한 후 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 계획된 건축물’을 말한다.

■ 교토의정서

: 기후변화협약에 따른 온실가스 감축목표에 관한 의정서

- 교토프로토콜이라고도 하며, 지구온난화의 규제 및 방지를 위한 국제협약인 기후변화협약의 구체적 이행 방안으로, 선진국의 온실가스 감축 목표치를 규정하였다. 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 채택되었다.
- 1995년 3월 독일 베를린에서 개최된 기후변화협약 제1차 당사국총회에서 협약의 구체적 이행을 위한 방안으로 2000년 이후의 온실가스 감축목표에 관한 의정서를 1997년 제3차 당사국총회에서 채택기로 하는 베를린 위임사항(Berlin Mandate)을 채택함에 따라 1997년 12월 제3차 당사국총회에서 최종 채택되었다. 그러나 의정서가 채택되기까지는 온실가스의 감축 목표와 감축 일정, 개발도상국의 참여 문제로 선진국간, 선진국·개발도상국간의 의견 차이로 심한 대립을 겪기도 했다.
- 의무이행 대상국은 오스트레일리아, 캐나다, 미국, 일본, 유럽연합(EU) 회원국 등 총38개국이며 각국은 2008~2012년 사이에 온실가스 총배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 감축하여야 한다. 각국의 감축 목표량은 -8~+10%로 차별화하였고 1990년 이후의 토지 이용변화와 산림에 의한 온실가스 제거를 의무이행 대상국의 감축량에 포함하도록 하였다. 감축 대상가스는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 불화탄소(PFC), 수소화불화탄소(HFC), 불화유황(SF_6) 등 6가지이다. 당사국은 온실가스 감축을 위한 정책과 조치를 취해야 하

며, 그 분야는 에너지효율향상, 온실가스의 흡수원 및 저장원 보호, 신·재생에너지 개발·연구 등도 포함된다.

- 의무이행 당사국의 감축 이행시 신축성을 허용하기 위하여 배출권거래(Emission Trading), 공동이행(Joint Implementation), 청정개발체제(Clean Development Mechanism) 등의 제도를 도입하였으며, 1998년 11월 부에노스아이레스에서 개최된 제4차 당사국총회에서는 신축적인 제도운용과 관련한 작업을 2000년까지 완료한다는 부에노스아이레스 행동계획(Buenos Aires Plan of Action)이 채택되었다.
- 한국은 제3차 당사국총회에서 기후변화협약상 개발도상국으로 분류되어 의무대상국에서 제외되었으나, 미국을 비롯한 몇몇 선진국들은 감축목표 합의를 명분으로 한국·멕시코 등이 선진국과 같이 2008년부터 자발적인 의무부담을 할 것을 요구하였고, 제4차 당사국총회 기간에 아르헨티나·카자흐스탄 등의 일부 개발도상국은 자발적으로 의무를 부담할 것을 선언하였다.

■ 탄소세

: 지구의 온난화 방지를 위해 이산화탄소를 배출하는 석유, 석탄 등 각종 화석에너지 사용량에 따라 부과하는 세금

- 탄소세의 효과는 2가지로 분류할 수 있다. 첫째는 이산화탄소를 많이 함유하는 화석연료의 가격을 전반적으로 인상시킴으로써 화석연료 이용을 억제하는 것이다. 둘째는 대체에너지 개발을 촉진해 간접적으로 이산화탄소의 배출량을 억제하는 것이다.
- 1991년 12월 유럽공동체 에너지환경 각료회의에서 탄소세 도입 방침이 처음 합의된 이후 현재 탄소세를 실시하고 있는 나라는 스웨덴, 핀란드, 네덜란드, 덴마크, 노르웨이 등 몇 개국에 불과하다. 미국은 전세계 이산화탄소 배출량의 약 20%를 배출하고 있으나 아직 탄소세를 실시하지 못하고 있다.
- 이와 같이 대부분의 나라들이 탄소세의 필요성을 인정하면서도 실시를 꺼리는 데는 여러 가지 이유가 있다. 첫째, 탄소세의 실시가 국민경제에 미칠 악영향에 대한 우려다. 산업화된 모든 나라가 화석연료에 절대적으로 의존하고 있기 때문이다. 둘째, 탄소세의 명분이 되는 지구온난화 방지는 어느 한 나라의 문제가 아니라 범지구적인 문제이기 때문에 탄소세 실시는 국제적 공동보조를 전제로 한다. 따라서 다른 나라들과 공조체제가 갖추어진 다음에 탄소세를 실시해도 늦지

않을 것이다.

■ 기후변화협약

: 지구의 온난화를 규제·방지하기 위한 국제협약

- 정식명칭은 '기후변화에 관한 유엔 기본협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)'이다. 1979년 G.우텔과 G.맥도날드 등의 과학자들이 지구온난화를 경고한 뒤 논의를 계속했다.
- 1987년 제네바에서 열린 제10차 세계기상회의에서 정부간 기후변화패널(Inter-Governmental Panel on Climate Change:IPCC)을 결성했다. 1988년 6월 캐나다 토론토에서 주요 국가의 대표들이 모여 지구온난화에 대한 국제협약 체결을 공식으로 제의했다. 1990년 제네바에서 열린 제2차 세계기후회에서 기본적인 협약을 체결하고, 1992년 5월 정식으로 기후변화협약을 체결하였으며, 발효시기는 1994년 3월 21일로 해당국가는 156개국이다.
- 목적은 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 방출을 제한하여 지구온난화를 방지하고자 하는 데에 있다. 규제대상 물질은 탄산·메탄가스·프레온가스 등이 대표적 예이다. 협약 내용은 기본원칙, 온실가스 규제문제, 재정지원 및 기술이전문제, 특수상황에 처한 국가에 대한 고려로 구성되어 있다.
- 기후변화협약 체결국은 염화불화탄소(CFC)를 제외한 모든 온실가스의 배출량과 제거량을 조사하여 이를 협상위원회에 보고해야 하며 기후변화 방지를 위한 국가계획도 작성해야 한다.

■ 국제환경협약

: 환경과 관련하여 국가간에 서로 협의한 뒤 맺는 약정

- 우루과이 라운드 이후 그린라운드가 새로운 무역규제 장벽으로 등장하면서 국제환경협약에 대한 관심이 높아지고 있다. 1933년부터 1990년에 이르기까지 체결된 국제환경협약은 150여 개에 달하며 모든 협약이 무역규제 조항을 담고 있는 것은 아니다. 특히 1992년에 열린 리우회의를 전후해 빠르게 진행되고 있다. 지금 국제적 영향력이 큰 환경협약으로 한국이 가입한 협약은 바젤협약, 몬트리올 의정서, 기후변화 방지협약, 생물다양성보존협약, 런던협약 등이다.

- 바젤협약은 국제적으로 문제가 되는 유해 폐기물의 수출입과 그 처리를 규제하려는 목적으로 1981년 제9차 국제연합환경계획 총회에서 다루어진 이래 여러 차례의 회의를 거쳐 1989년 3월 스위스 바젤에서 제정된 협약이다. 이 협약은 1992년부터 발효되었다.
- 몬트리올 의정서는 오존층 파괴 물질인 염화불화탄소(CFCs)의 생산과 사용을 규제하려는 목적에서 제정한 협약이다. 이 협약은 1989년 1월에 발효되었으며 한국은 1992년 5월에 가입하였다. 이에 따라 염화불화탄소와 같은 규제 물질을 포함한 냉장고나 에어컨 등의 제품은 1992년 5월 이후 비가입국으로부터 수입할 수 없게 되었다.
- 생물다양성 보존협약은 지구상의 생물종을 보호하기 위한 협약이다. 이 협약이 처음 논의된 것은 1987년 국제연합환경계획이 생물종의 보호를 위해 전문가 회의를 개최하면서부터이다. 그 뒤 7차례에 걸친 각 정부간 회의를 통해 1992년 6월 유엔환경개발회의에서 158개국 대표가 서명함에 따라 채택되었고 1993년 12월부터 발효되었다.
- 기후변화 방지협약은 지구 온난화를 일으키는 온실 기체 배출량을 억제하기 위한 협약이다. 지구온난화를 일으키는 온실 기체는 탄산가스, 메탄, 이산화질소, 염화불화탄소 등 여러 가지 물질이 있다. 이 협약은 1992년 6월 리우회의에서 채택되어 1994년 3월부터 발효되었다.
- 런던협약은 폐기물의 해양투기로 인한 해양오염을 방지하기 위한 국제협약이다. 1972년에 채택되어 1975년부터 발효되었고, 한국은 1992년에 가입했는데 1994년부터 가입국으로서 효력이 발생했다. 런던협약은 유럽 북해가 각국의 폐기물 투기로 오염이 심해짐에 따라 1972년 2월 유럽 국가들이 모여 체결한 오슬로협약이 그 모체이다.

■ 지구온난화

: 이산화탄소 등 온실기체에 의해 지구의 평균기온이 올라가는 현상.

- 지구온난화는 산업혁명 이전에도 자연계에 있었던 현상이나 20세기 들어서 석탄·석유와 같은 화석연료 사용량의 증가, 삼림벌채 등으로 인해 그 속도가 빨라지고 있다. 지구온난화는 1972년 로마클럽의 보고서에서 공식적으로 지적된 이후 1985년 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)이 이산화탄소가 온난화의 주범임을 공식 선언하였다. 1988년에는 기후변화에 관한 정부간 패널

이 구성되어 기후 변화에 관한 조사연구를 수행하며 대응전략을 제시하고 있다. 2000년 7월 미국항공우주국(NASA)은 지구온난화로 그린란드 빙원이 녹아내려 지난 100년 동안 해수면이 약 23cm 상승하였다고 발표하였다. NASA 연구팀은 사이언스지에 게재한 논문에서 첨단 레이저 기술을 이용해 조사한 결과, 그린란드 빙원이 녹아 1년에 500억 t 이상의 물이 바다로 흘러 해수면이 0.13mm씩 상승하고 있으며, 이에 따라 그린란드의 빙하 두께는 매년 2m씩 얇아지고 있다고 지적했다.

- 지구온난화를 일으키는 물질에는 이산화탄소 외에 메탄·아산화질소·염화불화탄소(프레온)·수증기 등이 있다. 이중 이산화탄소에 의한 영향이 55%이며, 염화불화탄소 24%, 메탄 15%, 아산화질소가 6%의 영향을 미친다. 이중 메탄과 아산화질소는 많은 양이 자연계에서 방출되기 때문에 배출을 억제하기가 어려우나 이산화탄소·염화불화탄소 등은 산업화와 밀접한 관련이 있다. 특히 염화불화탄소는 오존층을 파괴하는 물질로 잘 알려져 있다. 지구의 기온이 상승하면 바닷물이 따뜻해져 팽창하고 남극 및 북극의 빙하와 고산지대의 만년설이 녹아 해수면이 높아지게 된다. 또한 육상 및 해양 생태계가 파괴되고, 농작물의 수확량이 감소하는 등 지구 전역에 광범위한 피해가 예상된다. 얼음이 녹을수록 지구 표면이 태양 에너지를 많이 흡수하여 지구온난화가 촉진되는 악순환이 계속되고 있다. 지구의 온난화 현상을 방지하기 위해서는 대체 에너지 개발과 이산화탄소 고정화기술 개발이 이루어져야 한다. 그러나 무엇보다 개개인의 에너지 절약을 위한 노력과 국제간의 협력이 중요하다.

연구소 소식

1. 2001년도 건설기술연구성과발표회 개최

지난 3월30일 서울 구의동 본사 3층 교육장에서 제 1회 한진중공업 건설기술 연구 성과발표회를 개최하였다. 당사 건설기술연구소가 수행중인 산학연 공동연구 중 5개과제 책임자를 모시고 진행된 발표회는 지금까지 심혈을 기울여 연구한 내용에 대한 설명, 질의시간으로 구성되었는데 우리회사 임직원 약 80여명이 참석하여 뜨거운 관심을 보였고 과제별 20분의 발표와 10분의 질의 응답시간으로 구성되어 좀더 구체적이고 실질적인 성과발표회가 되도록 하였다.

연구성과발표회는 최근 당사가 수행해온 연구에 대한 결과를 임직원에게 소개할 수 있는 기회였을 뿐만 아니라, 공동연구진에게도 실질적인 연구개발을 통해 현장에서 사용가능한 기술의 극대화를 모색하는 등 학계, 연구계 입장에서도 큰 도움이 되었으리라 판단되며, 발표된 연구과제의 내용을 간략하게 정리하고자 한다.

과 제 명	현장콘크리트 강도관리를 위한 전문가시스템 개발에 관한 연구		
연구기관	한양대학교	연구책임자	지남용 교수
연구기간	2001. 3 ~ 2001. 9		

본 연구에서는 현장 콘크리트의 강도관리를 위해 현장 콘크리트의 배합표와 시험일지를 바탕으로 각 구성재료의 구성비와 압축강도와 관계 분석하여 구조체에 타설되기 이전의 콘크리트 28일 압축강도를 예측할 수 있는 강도추정식을 도출하여 현장 콘크리트 강도관리 측면에서의 활용성을 검토분석한 연구과제이다.

과 제 명	지하 철근콘크리트 박스 구조물의 균열제어 시공기술 개발 (건설교통부 기술정책연구 공동참여과제)		
연구기관	서울대학교	연구책임자	오병환 교수
연구기간	2001. 2 ~ 2002. 2		

본 연구는 지하 철근콘크리트 박스 구조물의 시공시 발생하는 균열의 발생원인 및 기구를 분석하고, 균열에 영향을 미치는 변수를 선정하여 사전 정밀해석을 수행하며 균열발생과 균열제어를 위한 포괄적인 모형 실험 및 현장시험 시공을

통하여 최종적으로 실용적인 균열의 제어 및 저감기법을 개발하는 데 그 목적이 있다.

지하 박스구조물의 시공 중 발생하는 온도분포 해석결과 단면두께가 커질수록 같은 배합의 콘크리트에서도 최대온도 상승량이 크게 발생하는 것으로 나타났고, 타설높이의 영향은 온도차이에 별 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 타설 길이의 영향을 분석한 결과 지하 박스구조물의 타설길이가 30m에서 20m로 줄어들 경우 응력의 영향이 크지 않으나 10m로 줄어들 경우에는 응력이 감소하는 것으로 나타났다. 균열유발줄눈을 설치하여 균열을 제어하는 경우 단면감소를 20% 이상으로 충분히 감소시킬 경우 균열제어의 효과가 나타났다.

과 제 명	EPS의 압축성을 이용한 콘크리트 옹벽 시스템 연구		
연구기관	한국건설기술연구원	연구책임자	김진만 선임연구원
연구기간	2000. 3. 1 ~ 2001. 2. 28		

본 연구는 1970년대 이후 경량성토재로 사용이 점차 확대되고 있는 EPS 블록을 이용하여 새로운 콘크리트 옹벽시스템을 제안하는 것이다. 우선 불투수성인 EPS 블록의 형상을 개량하여 배수재로 사용가능하도록 제안하고 이를 옹벽 배면에 적용하여 토체의 인위적인 변위를 유발함으로써 수평토압을 저감시키는 것이다.

과 제 명	공동주택 소음저감을 위한 바닥, 벽, 천장 보수·보강 기술개발		
연구기관	한양대학교	연구책임자	전진용 교수
연구기간	2000. 2. 25 ~ 2002. 2. 24		

본 과제는 최근 공동주택의 품질판단에 중요한 요소로 인식되고 있는 층간소음 즉 바닥충격음의 저감을 위한 보수·보강 기술 개발을 목표로 하였다. 이를 위해 각 구조부위별 차음시공을 실시하여 가장 효과적으로 층간소음을 저감할 수 있는 방안을 강구하였다.

과 제 명	철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 위한 재료, 시공기술 및 보수공법 개발		
연구기관	충남대학교	연구책임자	김무한 교수
연구기간	2001. 8. ~ 2002. 8		

본 연구는 국내 철근콘크리트 구조물의 현황 및 염해·중성화 현황을 파악한 후 국내에서 사용되고 있는 보수재료 및 공법 등을 검토하여 국내 실정에 맞는 보수재료·시공기술 및 보수공법을 개발하고자 하며, 국내 철근콘크리트 구조물의 리해빌리테이션에 있어서 현실적인 문제점을 파악하고 아울러 국내 주요 시설물의 리해빌리테이션 기본방향을 제시하고자 한다.

2. 한국지반공학회, 한국강구조학회 홍보행사 참여

최근 학술단체에서는 학술발표회의 활성화 및 정보교류, 관련업계의 노하우를 알리기 위해 학술발표회와 동시에 홍보행사를 실시하고 있다. 당사에서는 2002년부터 참여계획을 마련하고 지난 3월에 개최된 한국지반공학회, 6월에 개최된 한국강구조학회의 홍보행사에 참가하였다.



<그림 1> 한국지반공학회, 한국강구조학회 당사 참가부스사진

국내 토질 및 기초분야, 강구조 기술분야를 대표하는 이들 학회는 관련 전문기술인이 한데 모이는 가장 큰 자리라고 할 수 있다. 한진중공업은 지반분야에서 수많은 도로시공실적, 국내최초 NATM 터널 시공, 2001년 서울지하철 7호선 우수시공업자 지정, 인천국제공항 초기단계부터 참여한 시공의 공로를 인정받아 수훈한 금탑산업훈장 등 뛰어난 기술을 가지고 있으며, 강구조분야에서는 국내 최초 철골조 건물인 한진해운센터빌딩 시공실적을 필두로 건축분야의 Lift-up 공법(KOC, 인천공항 여객터미널, 정비기지), Mega Truss Travelling공법(수원민자역사), 토목분야의 영종대교 가설공법, 해상크레인을 이용한 일괄가설공법(단항대교, 통영대

교) 등 당사 임직원의 영광의 땀으로 더욱 빛이 나는 작품이 있었다.

올해 상반기에 실시한 홍보행사에서는 앞서 서술한 사항을 각 사업부문, 기술 부문으로 나누어 패널제작 후 선보였으며 학회 관계자분들의 뜨거운 관심속에 당사에 대한 인식이 새로워지는 느낌을 주었다.

산업재산권 출원/등록

2002년도 상반기에 당사에서 출원/등록한 산업재산권에 대하여 간략히 요약·소개하고, 현재 보유하고 있는 산업재산권 현황을 알려드립니다.

1. 바닥충격음 저감을 위한 천장방진기

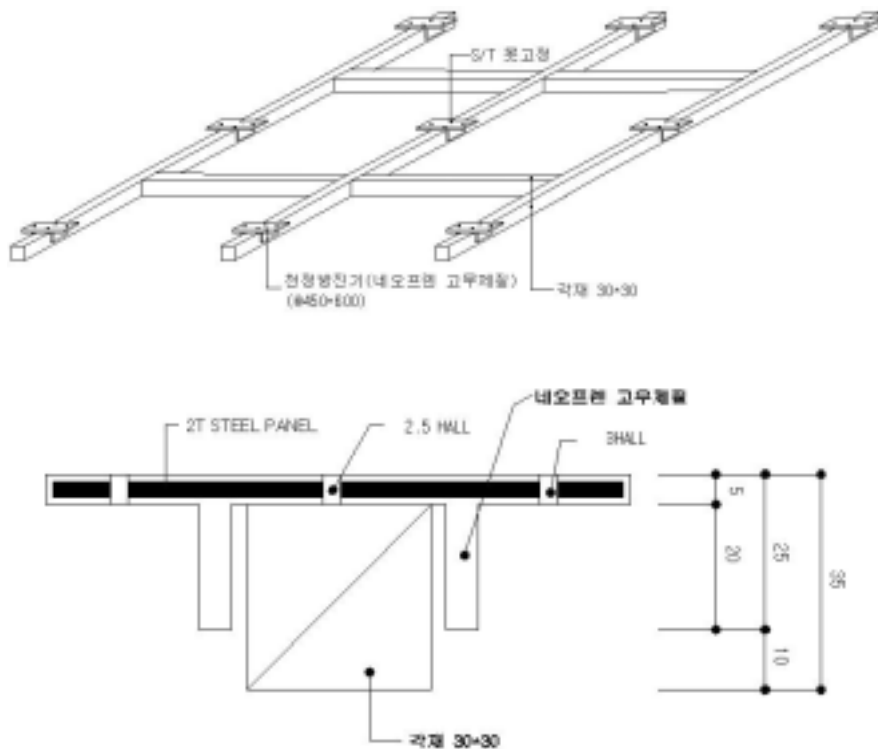
(특허출원번호 : 2002-24829호, 출원일 : 2002. 5. 6)

본 발명은 아파트와 같은 공동주택의 바닥충격음 저감을 위한 천장 구조 개선에 관한 것으로, 더 구체적으로는 경량충격음과 중량충격음으로 구분되는 바닥충격음을 동시에 저감하기 위한 바닥충격음 저감을 위한 천장방진기에 관한 것이다.

상부층 바닥충격으로 인해 하부 층으로 전달되는 바닥충격음은 상부층의 뜬바닥 시공을 통해 저감할 수 있지만 최근 뜬바닥 시공이 바닥충격음의 저감에는 한계가 있는 것으로 알려지고 있는 것이 사실이다. 또한, 상부층 슬래브와 연결되어 있는 목재 천장 틀 하부에 제공되는 석고 보드 전면에 차음재로서 고무판을 부착하는 방법이 있지만, 이 방법에서는 석고 보드와 고무판 사이에 습기가 발생하는 결로 현상이 야기되며, 이 결로 현상을 방지하도록 틈을 형성하게 되면 차음 효과를 얻기가 어렵고, 전체적인 시공이 매우 어려운 문제도 있다. 실제로 바닥 충격음은 상부층의 바닥판의 진동에 의해 하부 층으로 방사되는 형태이므로 하부 층에서의 천장시공 및 천장구조 개선을 통하여 개선할 수 있다.

천장방진기는 상부층 슬래브에서 전달되는 바닥충격진동 저감을 위해 바닥충격음을 저감할 수 있는 구조물 및 천장 구조개선 안으로 슬래브와 천장구조물 사이에 진동절연을 위한 구조물을 설치하는 것이다.

바닥충격진동을 절연하기 위한 구조물은 네오프렌 고무와 스틸 프레임으로 구성된 천장방진기로 슬래브 하부에 천장방진기를 설치한 후 천장틀 시공을 하는 방식을 선택한다. 이는 기존의 천장틀을 활용하기가 용이하며 시공방법에 있어서도 추가적인 공정이 필요하지 않은 방법이다.



2. 토목섬유와 EPS블록을 이용한 매설암거의 연직하중저감 시공방법 (2002. 5. 22 특허출원)

다층 EPS블록을 이용한 매설암거의 연직하중저감 시공방법 (2002. 5. 22 특허출원)

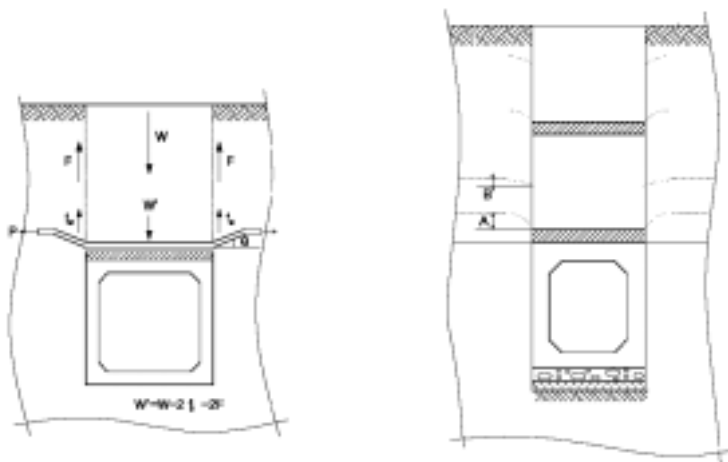
2001년도 산·연 공동으로 연구하고 있는 “지중매설구조물의 하중저감대책연구”과제 진행중 출원된 특허의 내용을 요약한다.

1950년대 독일 BASF사에서 개발되어 ‘스티로폴’이라는 상품명으로 더 익숙한 EPS블록은 1972년 노르웨이에서 도로하부층 경량성토재로 최초사용된 이후 1980년대 후반부터 전세계에서 그 사용량이 급증하고 있는 추세이다. 한편, 1990년대 초반부터 노르웨이, 미국, 일본 등지에서는 공학적 우수성이 입증된 EPS블록의 압축성을 이용하여 토체내의 응력-변형거동을 변화시킴으로서 토압을 저감하는 기법에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 현재까지 미국(Horvath, 1991 외)에서는 이론적인 수치해석을 통해 토압저감효과를 규명하였으며 노르웨이(NRRL, 1994

외)에서는 관거에 대한 현장실험을 통해 이러한 사실규명에 노력하였다. 한편 일본북해도 토목연구소에서는 수로박스구조물 상단에 약 1m의 EPS블록을 포설함으로써 연직토압저감효과를 규명하였다.

본 특허는 과거 EPS블록의 압축성을 이용하여 옹벽과 같은 흙막이구조물에 적용하였던 것과 흡사한 형태이긴 하나 지중내 토체의 연직방향의 상대변형을 바꾸어 줌으로서 연직하중을 저감한다는 면에서 다소 다른 측면이 있다.

또한 일본 등지에서 실시하였던 1단의 EPS블록보다 훨씬 작은 두께의 EPS블록을 여러층 포설함으로써 지중내 동일침하면 하단에서만 발생하는 응력-변형 관계의 변화를 지중 전체에서 유발되도록 바꾸어 줌으로서 훨씬 큰 토압저감효과를 가져다 준다고 할 수 있다. 추후 본 기술의 적용시 시공상 현재 8m 정도까지 허용되고 있는 상부채움높이를 훨씬 높일 수 있는 구조물이 탄생될 것으로 기대된다.



(a) 토목섬유와 EPS블록

(b) 다층 EPS블록

<그림> Geosynthetic을 이용한 지중매설암거의 연직하중저감방법

[산업재산권 현황]

2002. 7. 25. 현재

구분	제목(발명의 명칭)	등록/출원번호	등록/출원일
특허 등록 (8건)	일반전화기와 TV를 이용한 홈오트메이션 시스템과 그 제어방법	제110146호	1997.01.07
	교류전원 라인을 통신매체로 하는 전등 개별제어회로	제145755호	1998.05.06
	골프용 전자유도식 카트 안내레일	제156805호	1998.07.24
	해상 수송관용 부합	제179446호	1998.11.27
	체인 및 PS강연선을 이용한 거푸집 조립공법	제0260273호	2000.04.17
	철근콘크리트 구조물의 흡진·흡음용 절연판 및 그의 제조방법	제0307508호	2001.08.21
	플로트매팅 방식에 의한 중량물 선적 방법 및 장치	제0337573호	2002.05.09
	프리캐스트(Pre-cast)엘레멘트 접합부	제0339808호	2002.05.24
특허 출원 (21건)	이동식비계장치의 가설공법	97-19096호	1997.05.13
	동바리 인양용 지그 및 그를 이용한 동바리 리프트업 시공방법	2000-26157호	2000.05.16
	EPS를 이용한 배수용 블록(I)	2000-49000호	2000.08.30
	EPS를 이용한 배수용 블록(II)	2000-49001호	2000.08.30
	EPS를 이용한 배수용 블록(III)	2000-49002호	2000.08.30
	보기 시스템 및 그를 이용한 중량물 로드-아웃 방법	2000-52623호	2000.09.06
	교량시공방법 및 장치	2000-53853호	2000.09.09
	교량용 트러스의 승강장치	2000-53854호	2000.09.09
	교량의 이동식 가시설 수평조정장치	2000-53855호	2000.09.09
	일체형 콘크리트 날개식 교량점검대 제조방법	2000-62506호	2000.10.24
	EPS블록을 이용한 지중 콘크리트 구조물의 배수 및 수평도압 저감방법	2001-10576호	2001.02.28
	중량물 거치를 위한 압소바시스템	2001-15326호	2001.03.23
	소음 및 진동 저감형 강재 천정지지 행거	2001-22011호	2001.04.24
	좌굴을 이용한 강지주 철거방법	2001-28950호	2001.05.25
	바닥충격을 저감용 뜬바닥층 구조 및 건축용 바닥재	2001-47224호	2001.08.06
	바닥충격을 저감을 위한 천장방진기	2002-24829호	2002.05.06

특허 출원	중량구조물 시공방법	2002-25042호	2002.05.07
	바닥충격음 저감 완충 system 1	2002-25566호	2002.05.09
	바닥충격음 저감 완충 system 2	2002-25578호	2002.05.09
	토목섬유와 EPS블록을 이용한 매설암거의 연직하중저감시공방법	2002-28507호	2002.05.22
	다층 EPS블록을 이용한 매설암거의 연직하중저감 시공 방법	2002-28509호	2002.05.22
실용 신안 등록 (6건)	동바리 인양용 지그	제200919호	2000.08.14
	교량용 트러스의 승강장치	제215202호	2000.12.18
	교량의 이동식 가시설 수평조정장치	제215203호	2000.12.18
	보기 시스템 및 그를 이용한 중량물 로드-아웃 방법	제218110호	2001.01.13
	중량물 거치를 위한 압소바시스템	제234681호	2001.06.05
	소음 및 진동 저감형 강재 천정지지 행거	제241362호	2001.07.24
실용 신안 출원 (3건)	배터리용 커넥터	95-27679	1995.10.04
	건축물 바닥 흡진 패드	98-9537호	1998.06.05
	바닥충격음 저감을 위한 천장방진기	2002-13828	2002.05.06
의장권 등록 (1건)	건축물의 방진패드	제238759호	1999.03.11
상표권 등록 (4건)	방진패드(노레스, 소레스, 라피스, 한캄)	제448376호, 제448377호, 제448378호, 제448379호	1999.05.25
건설 신기술 (2건)	타워크레인을 이용한 교량상판의 시공방법	제 90 호	1998.01.17
	HJ너클시스템을 이용한 리프트 업(Lift up) 공법	제 146 호	1999.02.10
프로 그램 (6건)	HJHA(도로 선형해석프로그램)	9501125773	1995.12.26
	HJPSW(흙막이 해석프로그램)	9501125774	1995.12.26
	PS흙막이(흙막이 해석프로그램)	9701121769	1997.04.30
	GEMP/W (연약지반상의 성토관리 프로그램)	9801157197	1998.12.31
	건설정보관리시스템	9701115865	1997.11.27
	루버주광설계 v0.94	2001-01-12 -871	2001.02.26

자료/정보 이용 안내 및 신착 자료 접수 현황

1. 자료/정보 이용 안내

1.1 자료 보유 현황

1) 자료 종류별 보유 현황

구 분	기술자료	일반자료	기타자료	합 계
	단행본, 간행물, 규격, 도면	단행본, 간행물, 법령, 사진	CD, Micro Film, 영상매체, 지도 등	
보유 건수	18,675 건	7,211 건	3,159 건	29,045 건

2) 공사기록자료 보유 현황

구분	공사지	CD-ROM	Micro Film	Video Tape
자료 수량	311 권	708 개	45,699 장	239 개

※ 상기 준공현장 공사기록자료는 인터넷(당사 기술정보시스템)에서도 스캐닝 입력된 자료를 보실 수 있습니다. 사용법을 모르시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.

1.2 각종 자료/정보 제공 서비스 안내

1) 최신 주요 규격 자료 제공

No	규 격 명	발행년도	자료형태	비 고
1	KS	2002년	CD-ROM	CD 11장
2	ASTM	2002년	CD-ROM	CD 3장
3	NFPA	2002년	CD-ROM	CD 1장

2) Nice - Tips 기업/신용정보 - 한국신용정보(주) 제공

- 기업정보 : 7만여 기업에 대한 기업현황, 재무 및 각종 분석/평가 자료 등
- 신용정보 : 은행 등 금융기관 및 백화점 등 일반소비자 신용공여기관으로 부터 등록된 개인 및 법인의 신용거래, 불량거래 정보 등
- 조기경보 : 등록된 업체의 신용변동상태를 매일 제공

3) JOINS 인물정보 - 중앙일보(조인스닷컴) 제공

중앙일보 인물정보 JOINS는 1985년부터 국내 각계 주요인사 11만여명의 상세 프로파일 및 활동사항 등 62항목의 다양한 정보 제공

4) 대외인사인맥정보 - 당사 임직원 제출 자료(보안 자료)

당사 임직원이 제출한 정계, 관계, 재계, 언론계, 법조계, 학계, 군계, 기타 전문직 종사자 등의 대외인사 인맥정보 약 3,500명의 자료 보유 및 제공

1.3 자료/정보 이용 신청 방법

- 방문, 전화/FAX 또는 Workflow로 신청하시면 즉시 제공해 드리겠습니다.

- 담당자 : 건설기술연구소 차장 윤순홍, 사원 양혜영

☎ 전화 : (02) 450 - 8212~3, FAX : (02) 450 - 8134

2. 신착 자료 접수 현황

2.1 공사기록자료

No	현 장 명	자료종류	접수일
1	동양화재 부천사옥 신축공사	CD	2001-11-23
2	북한 잠수함 전시관 신축공사	CD	2001-11-23
3	백화점 SAY 별관 신축공사	CD	2001-11-24
4	홍보지구 보령 1공구 배수공사	CD	2001-12-13
5	대구공항 확장공사	CD	2001-12-14
6	해남-옥천간 도로확장 및 포장공사	CD	2001-12-14
7	154KV 양주-녹양 T/L 건설공사	CD	2001-12-20
8	용담댐 발전설비 설치공사	CD	2001-12-20
9	서울외곽순환고속도로(신평-일산간) 제20공구	CD	2001-12-22
10	분당 물류터미널 신축공사	CD	2001-12-26
11	대구 물류터미널 신축공사	CD	2001-12-26
12	인천국제공항 여객터미널 신축공사 (건축마감)	CD	2001-12-27
13	동두천 하수도설치(2차차집시설)공사	CD	2002-02-01
14	애경중앙연구소 신축공사	CD	2002-03-11
15	수인산업도로 고가차도 설치공사	CD	2002-03-12
16	상평공단-문산IC간 도로개설공사	CD	2002-03-23
17	양산-동면간 도로(국지도60호)4차로 확장공사	CD	2002-03-20

18	모란광장-야탑동간 도로개설 및 확장공사	CD	2002-03-21
19	오창과학 지방산업단지 2단계 1공구 건설공사	CD	2002-03-25
20	구리인창 한진그랑빌 조합아파트 신축공사	CD	2002-04-10
21	인천문학경기장 전기공사	CD	2002-04-30
22	용산 BARRACKS 개보수 현장	CD	2002-05-21
23	양양국제공항 여객터미널 및 부대건물 신축공사	CD	2002-05-23
24	인천국제공항 여객터미널 시설개설공사	CD	2002-05-31
25	신북로타리 입체화(고가차도) 시설공사	CD	2002-06-03
26	서해안고속도로(군산~무안간)건설공사 제21공구	CD	2002-06-12
27	광주도시철도 1호선 1-1공구	CD	2002-06-12
28	광주도시철도 1호선 1-1공구 소태분기전력구	CD	2002-06-12
29	양양국제공항 건설공사(토목분야)	CD	2002-06-24

2.2 도서/간행물

No	자 료 명	발행처
	< 건설 관련 도서 >	
1	2002년판 건설인명감	대한건설협회
2	2002년판 건축법.조례 해설	기문당
3	2002년판 표준 기계설비공사품셈	(주)도서출판기다리
4	2002년판 표준 전기.신호.통신공사 품셈	(주)도서출판기다리
5	2002년판 환경산업총람	환경관리연구소
6	2002년판 건설공사표준품셈(토목.건축.기계설비)	대한건설협회
7	2002년판 건설표준품셈	건설연구사
8	2002년판 건축공사 표준품셈	한국적산연구소
9	2002년판 건적실무	한국적산연구센터
10	2002년판 토목공사 표준품셈	(주)건설연구사
11	2002년판 표준 일위대가표	한국건설적산
12	4D CAD를 기반으로 한 건설사업관리 시스템 개발	한국건설기술연구원
13	건설공사 클레임 가이드북	대한건설협회
14	건설기술관리법령집(2001년 8월)	원기술

15	건설사업정보화요소기술 개발(Ⅰ)-건설산업의 지식관리 체계	한국건설기술연구원
16	건설사업정보화요소기술 개발(Ⅱ)-건설산업 지식네트워크	한국건설기술연구원
17	건설사업관리요소기술 BENCHMARKING 및 적용기반 연구	한국건설기술연구원
18	건설사업관리(CM) 제도 현황과 발전방향	한국건설산업연구원
19	건설산업기본법령집	대한건설협회
20	건설신기술 일위대가표	한국건설신기술협회
21	건설신기술 품셈	한국건설신기술협회
22	건축공사 표준일위대가(2002년도 최신판)	도서출판 효성
23	건축물 화재안전시스템 구축-건축물내화설계 데이터베이스	한국건설기술연구원
24	건축법규해설(2002년 1월 개정판)	세진사
25	건축영어사전 (부록 : 한.영 용어해설)	기문당
26	건축자재의 환경친화성 평가기법 제도화방안 연구	한국건설기술연구원
27	공동주택의 장수명화 및 재생을 위한 IHCS 표준 모델 개발	한국건설기술연구원
28	광섬유 센서를 이용한 산사태 계측기법 개발	한국건설기술연구원
29	교각내진성능평가 및 교량비선형 내진해석프로그램 개발	한국건설기술연구원
30	구조계특성 추정기법에 의한 교량 내하성능 평가기술	한국건설기술연구원
31	기계설비 성능진단 및 리노베이션 방안 연구	한국건설기술연구원
32	도로설계요령-제1권 : 도로계획 및 지하구조	한국도로공사
33	도로설계요령-제2권 : 토공 및 배수	한국도로공사
34	도로설계요령-제3권 : 교량	한국도로공사
35	도로설계요령-제4권 : 터널, 제5권 : 포장	한국도로공사
36	도로설계요령-제6권 : 도로안전 부대시설 및 환경	한국도로공사
37	도로설계편람	건설교통부
38	도심지 옹벽의 안전성 조사와 피해경감을 위한 기초연구	행정자치부
39	동절기 지반의 동결심도 장기조사	한국건설기술연구원
40	물리화학적처리예의한 오염부지의 현장복원기술 개발	한국건설기술연구원
41	발주기관 PQ적격심사기준해설(사례 및 해설 중심)	대한건설협회
42	복개 터널구조물의 거동해석 및 설계요소기술개발	한국건설기술연구원

43	사업설비공사 일반표준시방서	한국건설기술연구원
44	사이버 아파트의 시스템 구축에 관한 연구	고려대학교
45	산업기술주요통계요람(2001년판)	한국산업기술진흥협회
46	산업환기-이론과 설계-	도서출판 동화기술
47	서울지하철7호선 7-20공구(내방~이수구간)화보집	(주)한진중공업
48	설계단계의 건설사업관리 가이드북	한국건설감리협회
49	수자원의 염소내성 병원성미생물 처리기술 개발	한국건설기술연구원
50	스마트 토목용어사전	도서출판 탐구원
51	시험유역의 운영 및 수문특성 조사.연구-설계강우 지속기간	한국건설기술연구원
52	알기쉬운 영상조명기술	아르케라이팅아트
53	요약해설 건축제법규(2002년 개정판)	기문당
54	전기.신호.통신 표준품셈(2001년)	대한전기협회
55	조명 설비 및 설계	성안당
56	천해설계과 산정 수치모형 개발	한국건설기술연구원
57	최신 항만공사 시공 실무편람	신기술
58	콘크리트 교량의 염해 내구성 평가 기술 개발	한국건설기술연구원
59	콘크리트 구조물의 내구성 인자 중장기 조사 연구	한국건설기술연구원
60	토목공사 표준일위대가(2002년도)	도서출판 효성
61	폴리모합성개질아스팔트 포장의 신재료기술 개발 및 성능	한국건설기술연구원
62	하도급 거래 공정화 관계 법령집(2002년 1월)	대한건설협회
63	한국건설산업의 21세기 비전-정책과제와 건설시장	대한토목학회
64	한국소음진동공학회 발간자료 CD(PDF파일)	한국학술정보(주)
65	항공등화 기술기준	건설교통부
66	AR+ 건축용어사전	성안당
67	Contemporary Architecture 리모델링 I	산업도서출판공사
68	KS 핸드북 조명 - (I)	KSA한국표준협회
69	KS 핸드북 조명 - (II)	KSA한국표준협회
70	PMP EXAM - Practice Test & Study Guide	ESI
71	PMP EXAM - Review Material,Explanations	ESI

No	자 료 명	발행처
	<경영/경제 및 컴퓨터>	
72	2002년 계정과목별 회계와 세무해설	삼일인포마인(주)
73	2002년 조세편람	(주)조세통람사
74	2002년 대법전	법전출판사
75	2002년 법전	현암사
76	건축 그래픽,이것만 알면 컴고수(판넬, 투시도 제작기법)	성안당
77	공병호의 자기경영노트	(주)북21
78	기초에서 활용까지 한글 WINDOWS XP	정보문화사
79	대용량 데이터베이스 솔루션 I	(주)엔코아컨설팅
80	디지털 카메라 내가 최고!	(주)영진닷컴
81	물권법	박영사
82	부동산 금융과 투자	부동산연구사
83	부동산 투자@성공 전략(새로운 시장흐름 따라잡기)	한국경제 신문
84	상경	더난출판
85	열보다 더 큰 아홉	매일경제신문사
86	원천징수실무	삼일인포마인(주)
87	윈도우 XP, 무작정 따라하기	길벗
88	유답	도서출판명상
89	유시민의 경제학 카페	돌배개
90	전국대학 건축관련학과 명부	대한건축학회
91	지방세 실무(2002년 개정신판)<실무총서>	한국지방세연구회
92	지방세법편람(2002년 개정신판)	한국지방세연구회
93	직장인을 위한 변명	거름
94	채권각론	박영사
95	채권총론	박영사
96	초보자를 위한 컴퓨터	(주)NSF삼성출판사
97	초보자를 위한 컴퓨터 길라잡이 2002	정보문화사
98	편람식 조세법전(2002년 개정신판)	삼일인포마인(주)
99	포토샵 6	(주)NSF삼성출판사

100	한권으로 끝내는 부동산 경매	도서출판 현대미디어
101	할 수 있다! 웹 디자인을 위한 PHOTOSHOP 6	영진.COM
102	할 수 있다! 엑셀 2002 기본+활용 쉽게배우기	(주)영진닷컴
103	환경대법전	(주)중앙경제
104	ALL OF HOMEPAGE KNOW-HOW	넥서스BOOKS
105	BETTER WEB DESIGN(1주 완성 웹 포트폴리오)	정보문화사
106	HOW TO BECOME CEO	황금가지

2.3 정기간행물 구독 현황

No	간기	자 료 명	발행처
1	월간	거래가격	대한건설협회
2	월간	건설감리	(사)한국건설감리협회
3	계간	건설경제	국토개발연구원
4	월간	건설교통 JOURNAL	대한건설진흥회
5	월간	건설기술정보	한국건설기술연구원
6	월간	건설저널	한국건설기술연구원
7	월간	건축기술	주식회사 건축기술
8	월간	경영과 컴퓨터	경컴
9	월간	대한건축학회 논문집 계획계	대한건축학회
10	월간	대한건축학회 논문집 구조계	대한건축학회
11	월간	대한건축학회 건축	대한건축학회
12	격월	대한토목학회 논문집(구조공학,원자력공학)	대한토목학회
13	격월	대한토목학회논문집(수공학,항만,해안,환경)	대한토목학회
14	월간	대한토목학회지 토목	대한토목학회
15	월간	도로교통	한국도로교통협회
16	월간	마이크로 소프트웨어	정보시대
17	월간	물가자료	한국물가협회

18	월간	부동산뱅크	(주)정보사
19	월간	설비 공조.냉동.위생	한국설비기술협회
20	월간	설비기술	도서출판 한미
21	월간	월간 건축문화	건축문화
22	월간	월간 국토	국토연구원
23	월간	월간 설비기술	도서출판 한미
24	월간	월간 전기저널	대한전기협회
25	월간	월간 창호	창호공사협회
26	월간	월간 첨단 환경기술	환경관리연구소
27	월간	월간 전기	전우문화사
28	월간	전설공업	(주)의제
29	격월	조명.전기설비학회지	한국조명전기설비학회
30	월간	종합물가정보	한국물가정보
31	격월	철구조 공사기술정보	철물공사협회
32	계간	한국건축시공학회지	한국건축시공학회
33	계간	Architectural Research	대한건축학회
34	월간	INTERIORS (인테리어)	가인디자인그룹
35	격월	Journal of Structural Engineering	대한토목학회
36	월간	PC LINE	한경PC라인