

1. 냉각탑의 분류와 비교

구분방법에 따라 다음과 같이 분류할 수 있으며 하나의 냉각탑에 적용되는 여러 종류명을 합하여 호칭할 수 있다.

구분방법	냉각탑 종류	비고
통풍방법	대기압식, 자연통풍식, 강제통풍식(기계식), 팬보조자연통풍식	
송풍방식	흡입식, 압송식	
공기흐름	대향류형, 직교류형, 조합형	
설치방법	공장조립형(팩케이지형), 현장설치형, 모듈라(Modular)	
모양,형상	사각형, 원형, 연결형	
열전달방법	습식(개방형), 건식(공냉식), 습건식(백연방지형), 밀폐형	
충전재형태	필름형, 비말형, 무필[無Fill]형(Spray Filled)*	*속칭
소음구분	일반형(표준형), 저소음형, 초저소음형	규격제정
재료별	철재, 목재, 복합재료(FRP), 콘크리트	주자재.골조
용도별	공조용, 산업용, 폐수용, 지하설치형, 백연방지형(습건식),	통상호칭용

가. 열전달 방법에 따른 구분

- (1) 습식(개방형) : 냉각수와 공기가 직접 접촉하며 냉각수의 증발이 수반되어 열교환하는 형태
- (2) 건식(공냉식, Dry Cooler) : 증발이 없는 감열냉각 형태
- (3) 습건식(백연방지형) : 습식과 건식을 모두 이용하는 형태
- (4) 밀폐형 : 냉각수와 공기가 간접 접촉하여 열교환하는 형태

일반적인 냉각탑은 충전재를 사용하는 개방형이며 증발잠열을 이용하기 때문에 습구온도의 영향을 받아 대기의 건구온도보다 낮은 냉각수온을 얻을 수 있다. 개방형은 대기중의 오염물질이 냉각수를 오염시켜 열교환기 등에 부식과 스케일의 문제를 일으킨다.

밀폐형은 냉각수가 폐쇄회로를 순환하므로 수질오염을 방지할 수 있으나 열교환 코일 외부에 별도의 물을 살포하여 증발잠열을 이용하는 형식이므로 금액이 비싸진다. 밀폐형은 콘덴서 등 장비수명의 연장과 겨울철 결빙문제가 적은 장점을 가지고 있다.

개방형은 냉각수 자체가 증발하고 밀폐형은 살포수가 증발하므로 수질관리와 보급수가 필요해진다. 반면에 드라이쿨러는 감열만을 이용하기 때문에 물의 소모가 전혀 없으나 냉각수온이 높아지고 시스템 비용과 운전비용이 6배 정도 커지게 된다.

고온다습한 냉각탑 토출공기가 대기와 부딪히면서 냉각될 때, 과포화수증기는 응축되어 가시화하며 이 백연이 환경오염과 민원의 대상이 될 수 있다. 백연방지 냉각탑(Plume Abatement Tower)은 백연을 감소시키기 위하여 토출공기를 입구냉각수온에 의해 가열시키는 장치를 설치한다. 가열장치로 핀튜브 코일방식을 사용해 왔으나 최근에는 충전재만으로 구성되어 비용이 저렴한 방식이 개발되고 있다

[그림 1]과 [그림 2]는 인천열병합발전소용으로 동일용량의 냉각탑이 1차 습식으로 건설되어 민원이 발생하여 2차는 습건식으로 건설되었다. [그림 4]의 냉각탑은 인천국제신공항에 건설된 냉각탑으로 총 7셀 중 3셀은 습건식, 4셀은 습식으로 건설되었다.



[그림 1] 습식(개방형) 냉각탑



[그림 2] 습건식(백연방지냉각탑)



[그림 3] 밀폐형 냉각탑



[그림 4] 습식 및 습건식

[표 1] 냉각탑 비교표 - 열전달 방법에 따른 구분

	습식	건식	습건식	밀폐형
1. 구분	냉각수와 공기가 직접 접촉하며 증발잠열을 이용	증발이 전혀 없는 감열냉각 방식	습식과 건식을 모두 이용	냉각수와 공기가 간접 접촉하며 증발잠열을 이용
2. 특징, 적용 및 장.단점	<ul style="list-style-type: none"> - 범용적인 형태로 가장 저렴하다. - 낮은 냉각수온을 얻을 수 있다. - 수질오염에 따른 부식과 스케일을 방지하기 위한 수처리 시설과 비용이 필요함. 	<ul style="list-style-type: none"> - 대기의 건구온도를 이용하므로 냉각수온이 높다. - 건식 시스템의 시설비와 운전비용이 습식의 5~6배에 달한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 백연방지용이나 특별한 경우의 냉각수절약용으로 사용된다. - 시설비용이 습식의 2~3배에 달한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각수가 폐쇄회로를 순환하므로 수질오염을 방지하므로 값비싼 장비의 수명을 연장시킨다. - 시설비용이 습식의 5~6배에 달한다.
3. 초기투자비용	1	6 (시스템)	3	5
4. 운전비용	1	6 (시스템)	1.2	2
4. 기타	- 보편적으로 사용됨.	- 60도 이상의 프로세스 냉각에 이용한다.	- 국내 열병합발전소에 주로 적용함	- 반도체 제조시설 및 정보통신 시설등에 적용함.
5. 총괄	1. 백연이 민원발생의 원인이 되는 경우를 제외하면 습식으로 선정하는 것이 통상적이며 타당함.			

나. 통풍방식에 따른 구분

통풍방식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

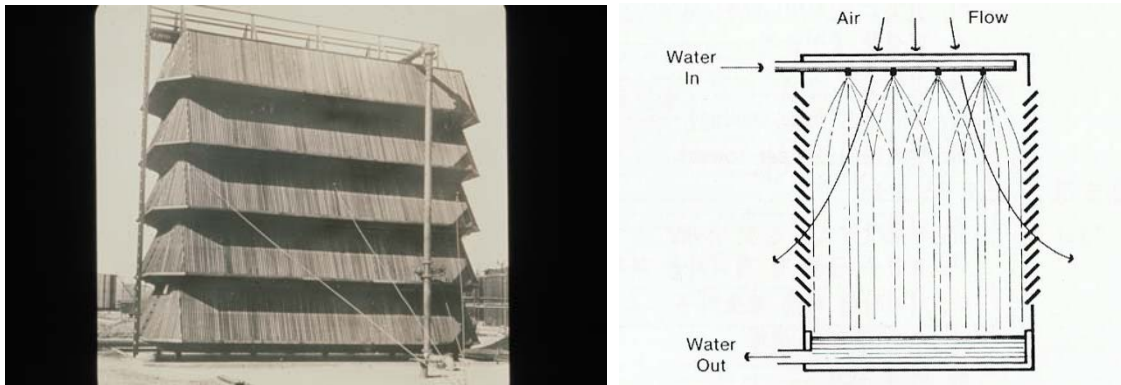
- 1) 대기압식
- 2) 자연통풍식
- 3) 강제통풍식
- 4) 조합식

대기압식 냉각탑(Atmospheric tower)은 산업발전 초기형태의 것으로 압력분무에 따른 공기유입으로 역풍의 영향을 많이 받는다. [그림 5]

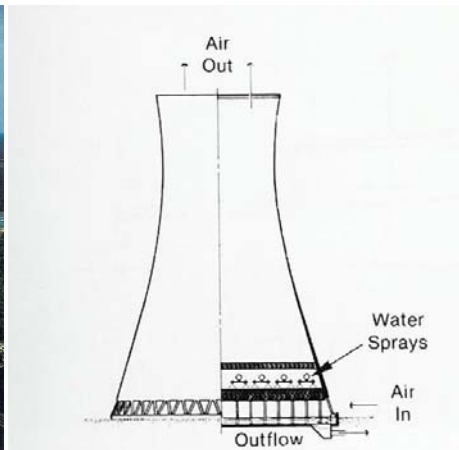
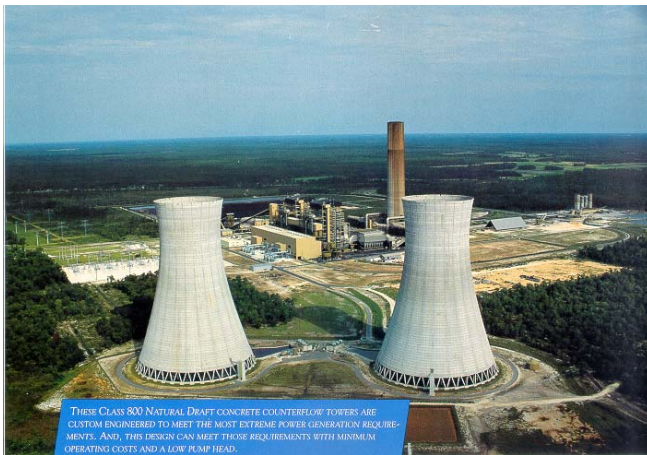
자연통풍식 냉각탑(Natural Draft Tower)은 외부공기와의 밀도차이에 의하여 통풍구동력을 갖으며 설비비는 높으나 전력산업등에서 유지관리비의 비용차이를 상당기간 계상하면 보상이 될 수 있다. 상대습도가 높은 지역에서 유리하다. 강제통풍식 냉각탑과 경제성 비교는 반드시 냉각시스템 전체를 비교하여야 한다. [그림 6]

강제통풍식 냉각탑(Mechanical Draft Tower)은 주로 전기모터로 팬(Fan)을 가동시키므로 열성능의 안정성이 높고 습증기등의 변수에 영향을 덜 받는다.

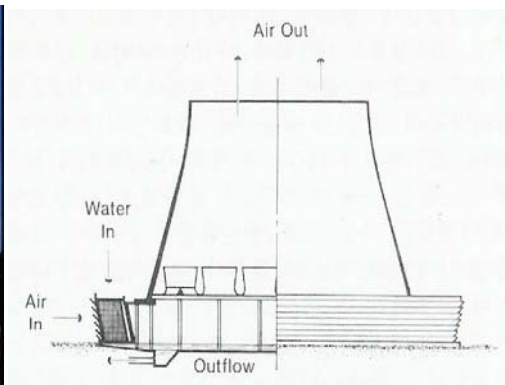
조합식 냉각탑(Hybrid Draft Tower)는 자연통풍식과 강제통풍식을 조합하여 여름철 부하피크시에는 내부 팬을 가동하고 계절과 부하축소에 따라 팬을 정지하고 자연통풍방식으로 운전할 때 에너지를 절감할 수 있다. [그림 7] Fan-assisted natural draft tower



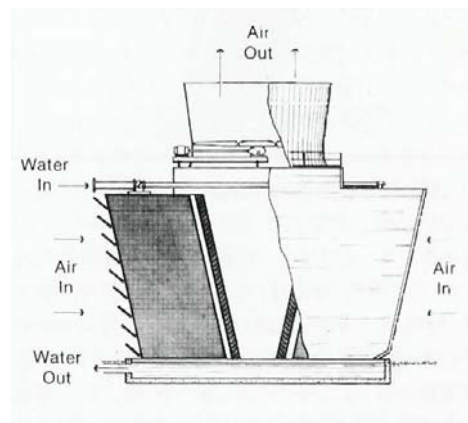
[그림 5] 대기압식 냉각탑(Atmospheric Tower)과 단면도



[그림 6] 자연통풍식 냉각탑(Natural Draft Tower)와 단면도



[그림 7] 조합식 냉각탑(Hybrid Draft Tower)와 단면도
팬보조자연통풍식 냉각탑(Fan Assisted Natural Draft Tower)



[그림 8] 흡입식 냉각탑(Induced Draft Tower), 직교류형 냉각탑(Cross Flow Tower)

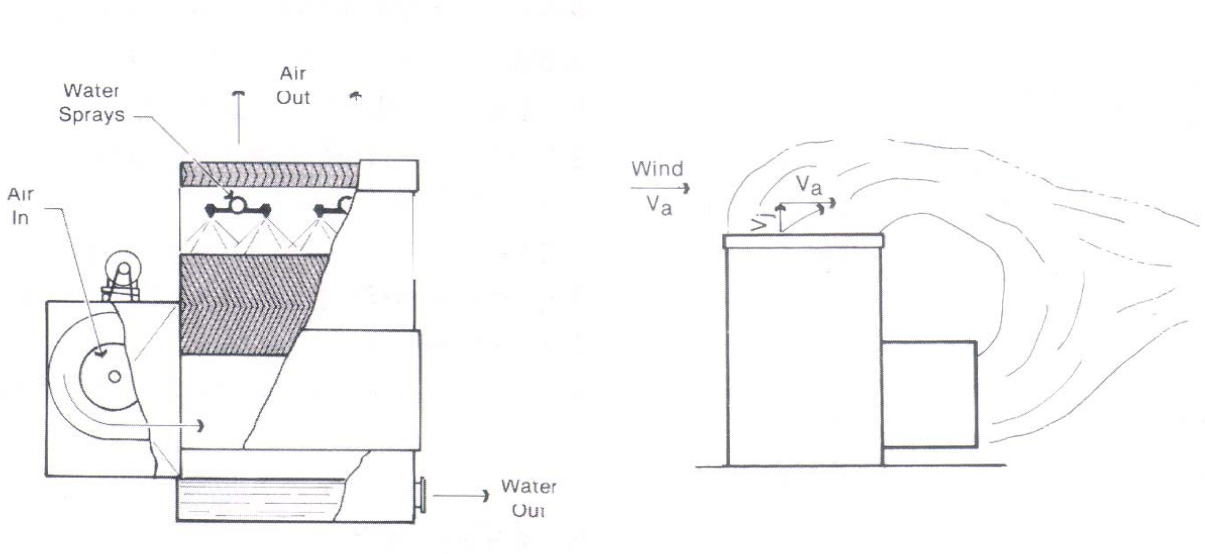
다. 송풍방식에 따른 구분

강제통풍식(기계식) 냉각탑은 송풍방식에 따라 다음과 같이 구분된다.

- (1) 흡입식 : 팬이 냉각탑의 공기출구측에 위치해 있는 것
- (2) 압송식 : 팬이 냉각탑의 공기입구측에 위치해 있는 것

흡입식[그림 8]은 광범위한 용도로 소용량에서 대용량까지 널리 사용되고 있다. 공기흡입속도가 3-4 m/sec 정도이며 출구속도는 3-4 배 빨라서 재순환에 의한 성능저하가 작고 쉽게 계량화가 가능하다.

압송식[그림 9]은 냉각탑에 공기를 불어넣는 방식으로 공기흡입속도가 빠르고 출구속도가 느리므로 바람에 의한 재순환으로 성능저하가 쉽고 크게 발생한다. 운전동력과 소음 및 겨울철 운전에 불리하나 원심송풍기를 사용하여 높은 정압에서도 운전할 수 있어서 지하설치 용도에 적합하다.



[그림 9] 압송식 냉각탑(Forced Draft Tower)과 재순환 가능성

[표 2] 냉각탑 비교표 - 흡입형 / 압입송풍형

비교기준	흡입형	압입송풍형
1. 외관	- 통상 상부에 축류팬이 노출되어 있다.	
2. 성능	- 토출/흡입 공기속도비가 커서 바람에 의한 재순환 성능저하가 적다.	- 토출/흡입 공기속도비가 적어 바람에 의한 재순환 성능저하가 많아 치명적일 수 있다.
3. 소음		- 비교적 크다.
4. 보수, 정비	- FAN PART는 WET STREAM내에 있어서 불편하고 빈번한 보수·점검이 요구된다.	- 점검·보수가 불편하고 운전중 접근이 불가하다. - 내부에 압력이 걸리므로 누수 주의가 요망됨.
5. 운전비		- 압송식의 특성상 공기저항이 크므로 팬 동력비가 40%이상 커진다.
6. 투자비	1.0	1.6 ~ 1.9
7. 용도	- 일반적인 옥외형.	- 공기유동 저항이 큰 지하설치용에 적합.
8. 총괄	1. 압입송풍형은 미국에서 1940년대부터 제작되었으며 국내에서는 1980년대에 활성화 되었다가 지금은 지하설치용 이외에 거의 사용하지 않음 2. 일반적인 옥외설치에 있어서 FORCED DRAFT TYPE은 바람의 영향 및 재순환에 의한 심각한 성능저하를 예상해야 한다.	

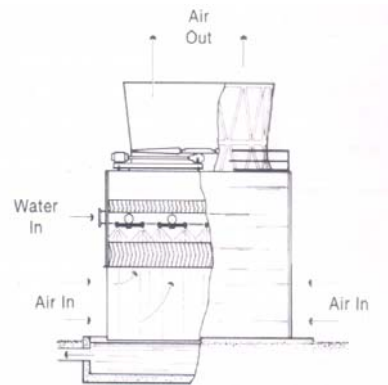
라. 공기흐름에 따른 구분

(1) 대향류형 : 충전부에서 공기의 흐름이 수직상방향으로 움직여 냉각수와 마주 교차하며 열교환되는 형태 [그림 8]

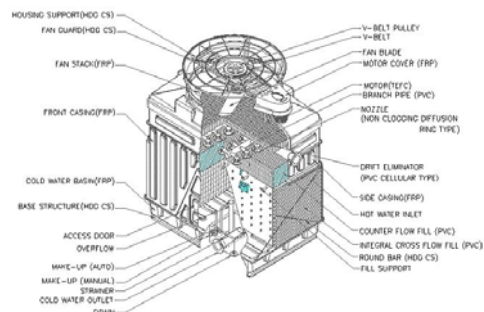
(2) 직교류형 : 충전부에서 공기의 흐름이 수평방향으로 움직여 냉각수와 직각으로 교차하며 열교환되는 형태 [그림 10]

(3) 조합형 : 대향류형과 직교류형이 조합된 형태 [그림 11]

대향류형은 소용량의 경우, 직교류형보다 냉각수 분사압력과 공기압 손실이 더 커지므로 냉각수 순환펌프와 팬의 동력이 크게되나 대용량의 경우에는 저압의 중력식 물분배 방식을 사용하고 충분한 공간확보가 가능하여 직교류형과 비슷하다. 설치면적과 시설비용에 있어서는 대향류형이 유리하고 보수점검성과 유지관리비용은 직교류형이 유리하다. 대향류형의 발생소음은 낙하수음이 포함되어 3 dBA 정도 높게 나타난다.



[그림 10] 대향류형 냉각탑(Counter Flow Tower)과 단면도



[그림 11] 조합형 냉각탑과 겨냥도

[표 3] 냉각탑 비교표 - 직교류형 / 향류형

비교기준	직교류형	향류형
1. 소음		- 수적음이 크다.
2. 보수, 정비	- 냉각탑 각 부의 접근이 용이하고 점검·보수성이 좋다. - 운전중에도 수분배 계통, 하부수조 등의 점검·보수 및 접근이 용이하다.	- NOZZLE 등 수분배 계통의 점검 및 보수가 불편하다. 냉각수의 순환 운전 중에는 수분배계통, 충전재, 하부수조 보급수 계통 및 스트레이너 등의 점검, 보수, 접근이 곤란하다.
3. 투자비	1.2 ~ 1.3	1.0
4. 용도	- 수질이 나쁠 경우, 보수·점검이 좋으므로 적합함. - 공조용 : 소형이므로 점검, 보수, 접근의 용이성이 가치가 큰 경우	- 저렴한 초기 투자비
5. 총괄	<p>1. 과거의 통상적인 비교 특징은 더 이상 유효하지 않으나 여전히 비교가치가 있는 것은 다음 사항이다.</p> <p>① 점검·보수성 : CROSS FLOW가 좋음.</p> <p>② 초기 투자비용 : COUNTER FLOW가 좋음.</p> <p>2. 따라서, 초기비용의 면에서는 COUNTER FLOW가 유리하며, 수질이 나쁘거나 냉각탑이 소형으로 내부 진입이 어려운 경우 또는 점검·보수성의 가치가 클 경우 CROSS FLOW가 유리하다.</p>	

마. 충전재 종류에 따른 구분

(1) 필름형 : 표면적을 넓힌 수직형태의 충전재를 사용해서 냉각수가 그 표면에 얇은 막을 형성하며 흘러내리도록 한 것

(2) 비말(飛沫)형 : 충전재를 평행되게 상하로 교차시키는 방법 등으로, 물이 표면을 적시며 반복적으로 방해받아 낙하하면서 작은 물방울로 흩뿌려지게 하는 형식의 것 [그림 5]

(3) 무필(無Fill)형 : 별도의 충전재를 삽입하지 않는 형식

필름형 충전재는 열교환 효율이 뛰어난 반면 스케일이나 슬라임에 의해 막힐 수 있으므로 냉각수 수질관리가 필요하다. KS M 0077 냉각수 수질기준에 규정된 수질유지는 필름형을 사용하는데 전혀 문제가 없다.

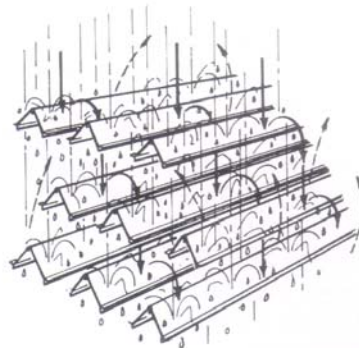
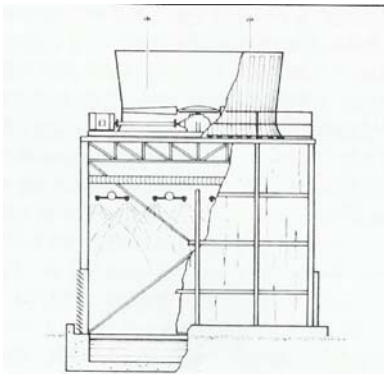
비말형 충전재는 주변환경의 문제 등으로 냉각수 오염이 심한 경우에 사용할 수 있으나 열교환 효율이 필름형의 1/4정도에 불과하다. 무필형은 폐수의 냉각 등 슬러지가 과대한 경우 사용된다.



필름형(Film Type)



비말형(Splash Type)



[그림 12] 충전재(Fill)의 형태

[표 4] 냉각탑 충전재 비교표 - 필름형 / 비말형

비교기준	필름형 충전재	비말형 충전재
1. 장점	<ul style="list-style-type: none"> - 단위 체적당 열교환 능력이 높아 고효율을 나타내며 소요면적이 작다. (Ka : 19000 ~ 23000) - 냉각탑을 FILM FILL로 개선할 경우 통상 30~50%의 냉각능력을 더 키울 수 있다. - 화재대비 자기소화성을 가지고 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각수의 오염이 심한 폐수처리용 등으로 주로 쓰인다. - 고온의 냉각수에 적용이 가능하다. - CROSS FLOW 냉각탑의 경우 청소 및 유지보수가 편리하다.
2. 단점	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각수의 오염이 심한 경우 적용이 불리 하다. - 고온의 냉각수에 적용이 불리하다. - 수질관리가 반드시 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 단위 체적당 열교환 능력이 적으므로 저열전달 효율을 나타내며 소요면적이 크다. (Ka : 5000 ~ 7000) - 방부처리가 불완전하게 되었을 경우 부식이나 미생물학적인 파손이 심해 빨리 파손되어 냉각효과를 떨어뜨린다. - COUNTER FLOW에는 적합하지 않다.
3. 적용	<ul style="list-style-type: none"> - NEW TYPE으로 높은 열교환 효율을 갖고 있어 최근 주사용 품이며, COUNTER FLOW 및 수질이 양호한 저온 냉각수 CROSS FLOW 냉각탑에 주로 사용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> - OLD TYPE으로 낮은 열교환 효율을 갖고 있어 사용이 줄고 있으며 CROSS FLOW 및 고온의 냉각수를 사용하는 냉각탑이나 오염이 심한 냉각수의 경우에 주로 사용한다.
4. 총괄	<p>1. 폐수 등 특별한 경우 이외에는 별도의 수처리 설비를 갖추고 FILM FILL을 사용하는 것이 바람직하다.</p>	

바. 설치방법에 따른 구분

- (1) 공장조립형 : 공장에서 조립되어 완제품으로 공급되는 형태
- (2) 현장조립형 : 사용할 장소에서 주요 조립작업을 하는 형태

일명 팩케이지형이라고 불리는 공장조립형은 공장에서 완전조립상태 또는 운송수단이 허용하는 제한크기 이내로 분할된 부분조립상태에서 출하되는 형태를 말하며 큰 용량은 셀 단위로 조립하여 현장에서 이어 붙여 설치한다. 제조공장에서 사전 조립검사와 시운전이 가능하므로 안정된 품질과 설치기간의 단축을 기대할 수 있다.

현장설치형은 대용량 발전산업 및 화학,제철 산업용에 주로 쓰인다.

사. 모양에 따른 구분

- (1) 사각형 : 평면상 탑의 형체가 사각인 것
- (2) 원형 : 평면상 탑의 형체가 동글거나 8각형 이상의 다면체 형태
- (3) 연결형 : 셀을 계속 이어 붙여 갈 수 있는 형태

냉각탑 몸체가 원통형을 이루면 바람으로 인한 재순환 영향을 작게 받는다. 반면, 사각형은 바람에 방해정도가 크므로 후면쪽에 압력이 낮은 후류가 형성되어 토출공기의 재순환이 더 많다.

대용량의 경우에 냉각탑을 이어 붙여 설치하는 연결형으로 설계하게 되며 여름철 주된 바람의 방향과 냉각탑 연결길이 방향을 일치시키는 것이 재순환 방지에 유리하다.

아. 소음에 따른 구분

- (1) 일반형 : 저소음 기준치 이상의 것
- (2) 저소음형 : 저소음 기준치 미만의 것
- (3) 초저소음형 : 초저소음 기준치 이하의 것

소음기준은 한국설비협회 단체규격 KARSE B-003으로 제정하였으며 일본냉각탑협회(JCI) 규격과 동일하나 소용량의 공장조립형에 적용한다.

[표 5] 냉각탑 비교표 - 공장조립형 / 현장설치형

비교기준	공장조립형	현장설치형
1. 특징	- SHOP에서 조립 시운전 후 출하하므로 설치 기간이 짧고 설치 작업이 간단 하며 설치비용이 적게 들고 완벽한 성능을 보장한다.	- SHOP에서 부분 조립후 출하하여, 설치장소에서 조립 시운전하므로 설치 기간이 길고 설치작업이 복잡하여, 설치비용이 많이 들고, 성능 보장에 어려움이 있다.
2. 구조	- 통상 하부에 자체의 냉각수조와 보급수 조정구 및 스트레이너 등을 포함한다.	- 통상 하부의 냉각수조는 별도의 콘크리트 토목공사에 의한다.
3. 보수, 정비	- 셀 수가 커지므로 관리대상 숫자가 많다. 보수·정비는 낮은 수준으로 쉽게 할 수 있다.	- 관리 대상 숫자는 적으나 중 보수·정비 수준이 요구된다.
4. 운전비	- 시스템이 세분화되고 독립적인 경우 분할 및 STEP 운전이 용이하여 좋으나, 단일 시스템의 중앙집중식의 경우 운전비가 커질 수 있다.	- INVERTER CONTROL 등이 가능하다.
5. 투자비	1.2 (냉각수조 포함)	1.0 (별도 냉각수조 : 0.8)
6. 용도	- 공조용/냉동, 냉장용 - 전자/통신	- 제철/발전/화학
7. 총괄	1. 공장조립형은 납기가 빠르고 옥상설치가 가능한 장점을 갖고있다. 또한, 냉각탑의 이동, 재배치가 용이하다. 2. 공장조립형은 재순환과 보수·정비성에서 불리하다.	

자. 기타

[표 6] 냉각탑 골조재 비교표 - 목재 / 철재 / FRP / 콘크리트

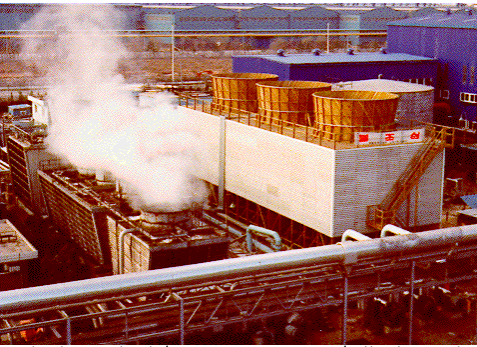
	WOOD	STEEL	F.R.P	CON'C
1. 수명	15년	10년	30년	40년 이상
2. 특징 및 보수정비성	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각탑은 약 7~8년 주기로 INFILL 부분 교체 및 대부분의 부품들의 교체 또는 정비가 필요하며 이에 따른 정비 보수시에 어려움이 크다. - 변형 또는 부분 부식 등이 발생될 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각탑은 약 7~8년 주기로 INFILL 부분 교체 및 대부분의 부품들의 교체 또는 정비가 필요하며 이에 따른 정비 보수시에 어려움이 크다. - 변형 또는 부분 부식 등이 발생될 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각탑은 약 7~8년 주기로 INFILL 부분 교체 및 대부분의 부품들의 교체 또는 정비가 필요하며 이에 따른 정비 보수시에 어려움이 크다. - 부식 발생이 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 보수 정비가 매우 용이하다.
3. 초기 투자 비용 (FRAME 금액)	0.85	1	1.25	1.3 ~ 1.4
4. 기타	<ul style="list-style-type: none"> - 상용화됨. - 문제점(부식 등)이 도출됨. - 중, 소형의 용량의 경우에는 적합 	<ul style="list-style-type: none"> - 상용화됨. - 문제점(부식 등)이 도출됨. - 중, 소형의 용량의 경우에는 적합 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 적용단계 - 중, 소형의 용량의 경우에는 적합 	<ul style="list-style-type: none"> - 상용화됨. - 중, 대형의 용량에 적합
5. 총괄	1. FRAME 부재는 WOOD/STEEL에서 FRP를 선호하는 추세임. 2. CONCRETE는 타 부재에 비해 중량이 상당히 커짐.			



공장조립형



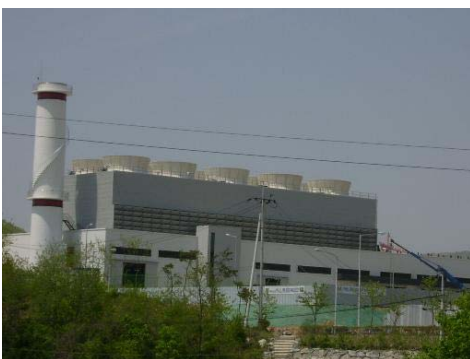
현장조립형/CONC. 골조/대향류형
BACK TO BACK



현장조립형/WOOD 골조/대향류형



현장조립형/CONC. 골조/원형



현장조립형/FRP 골조/대향류형
BACK TO BACK



현장조립형/CONC. 골조/습건식
화성열병합

[그림 13] 냉각탑