

빙상경기장의 공조시스템 분석에 관한 연구

채 문 병^{*}, 윤 해 동^{*}, 이 중 신^{**} 변 운 섭^{**}

^{*}(주)우원M&E 부설연구소, ^{**}(주)우원M&E

A Study on Analysis of Air Conditioning System in Ice Rinks

Mun-Byoung Chae^{**}, Hae-Dong Yun^{*}, Jong-Sin Lee^{**}, Woon-Seob Byun

ABSTRACT: A modern industrial society is presently considering not only cultural life but also health promotion to enhance the quality of life. There are many ways to enjoy the wellbeing life. Especially, ice-skating has been focused on as leisure sports with many remarkable advantages. Even though ice-skating was recognized as winter sport, nowadays people enjoyed skating are increased more and more because of indoor ice link. So, construction of indoor ice link has been boomed up. However, The techniques of ice link freezing system are insufficient because the ice link freezing system on the local construction was designed by advanced country techniques. So, this study has been conducted to analyze the air conditioning and refrigeration system in existing local ice link to suggest the design method of ice link.

Key words: Ice Rink(빙상경기장), Desiccant Air Conditioning System(제습공조기), Heat Load(열부하)

1. 서론

최근 국민의 문화생활 및 건강 증진을 도모할 수 있는 여가 스포츠에 대한 관심이 증대함에 따라 동계 스포츠로만 인식되어 왔던 스케이팅이 사계절 운동으로 행해지고 있으며, 날씨와 계절에 관계없이 스케이팅을 할 수 있는 실내 빙상경기장의 건설이 증가하고 있다. 실내빙상경기장에서 아이스링크의 제빙설비는 외국의 기술을 통하여 설계 및 공급되어 왔으며, 국내의 빙상경기장의 설계 및 시공 사례가 많지 않아 축적된 기술적 자료가 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 빙상경기장에 대한 기술체계 및 설계방법을 제안하기 위한 기초자료로서 이미 건설된 빙상경기장의 공조설비에 대한 자료를 정리하고 적용특징에 대해 분석하고자 한다. 또한 설계자가

빙상경기장 설계시 활용할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 빙상경기장의 기본사항

2.1 빙상경기장의 사용용도

2.1.1 대중 링크

형식에 대한 별도의 제한이 없는 영업용 대중 링크로서 상대방에게 장애를 주지 않고 스케이팅 할 수 있는 약 3m²/인의 유효면적으로 규모산정이 가능하나 일반적으로 아이스하키 링크 또는 스피드스케이팅 링크 등의 규모에 맞추어 시설하고, 초보자 연습용 보조 링크를 설치하는 경우도 있다.

2.1.2 아이스하키 링크

아이스하키 경기를 하기 위한 링크로서 실내에 설치되는 보편화된 링크이며, 국제경기 규격은 폭 30m, 길이 60m, 모서리 반경은 6m 이다. 일반적으로 폭 26~30m,

† Corresponding author

Tel.: +82-02-860-9795; fax: +82-02-860-9788

E-mail address: mbc@300302.com

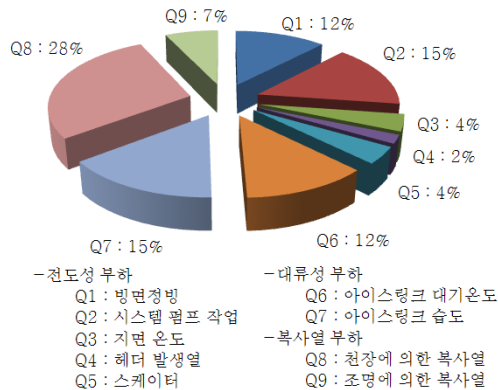


Fig. 1 The total peak load in ice link

길이 56~61m의 범위로 하는 경우도 있다. 펜스는 빙면에서의 높이 1m 이상 1.22m 이하의 높이로 설치되며 경기 선수에게 위협하거나 장애가 되는 구조이어서는 안된다.

2.1.3 스피드스케이팅 링크

스피드스케이팅 경기를 하기 위한 링크로서 실내 스피드스케이팅은 아이스하키 링크 규격과 동일한 링크에서 행한다. 올림픽 규모의 옥외 스피드스케이팅 트랙은 폭 10m, 길이 400m, 112m의 직선구간과 내측 반경 25m를 갖는 곡선구간으로 구성된다.

2.1.4 피겨스케이팅 링크

공식경기는 아이스하키 링크와 동일 규격 또는 그 이상의 링크에서 행하므로 피겨스케이팅 전용 링크는 설치하지 않는 것이 보통이다.

2.1.5 컬링 링크

빙상볼링이라고도 하며, 아이스하키 링크 또는 대중 링크와 병용하여 사용하는 것이 보통이다. 링크 규격은 폭 4.3m, 길이 45m 이다.

2.2 빙상경기장의 열부하

실내빙상경기장의 운영 에너지와 작동 경비는 매우 중요하다. 따라서 설계할 때 이 경비에 대한 분석이 필요하며, 설계 작동 조건에 열부하 요소를 더해야 예상 냉동부하를 보다 정확히 산출해 낼 수가 있다. 아이스링크의 열부하는 전도, 대류, 복사의 요소들로 구성되며, 실내 빙상경기장의 최대 총부하는 Fig. 1과 같다. 각 부하요소에 따른 수치는 효율적인 설계 및 작동을 통해 줄일 수 있는데 Fig. 2는 최대한의 감소량을 개략적인 비율(%)로 나타낸 것이다.

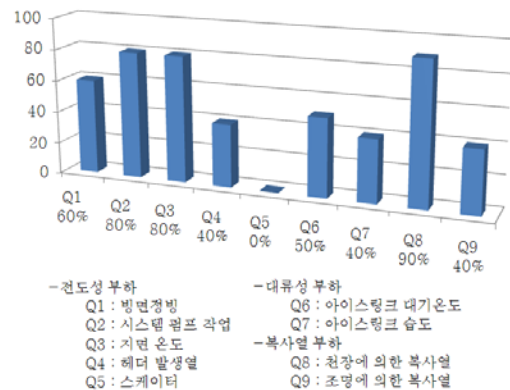


Fig. 2 The reduction rate of load due to the efficient design operation

2.3 빙상경기장의 바닥구조

빙상경기장의 바닥구조는 개방형 바닥, 영구형 바닥, 철관형 바닥으로 구분되며, 운전방법, 보수성, 건설비 등을 고려하여야 한다. 빙상경기장의 바닥구조 비교를 Table 1에 나타내었다.

2.4 빙상경기장의 제빙방식

빙상경기장의 아이스링크 제빙방식은 간접제빙 방식과 직접제빙방식으로 나누어지며, Table 2는 제빙방식별 사용냉매를 나타내고 있다.

Table 1 The comparison of the flooring types in ice link

구 분	개방형 바닥	영구형 바닥	철관형 바닥
냉각방식	간접냉각방식	간접냉각방식 직접냉각방식	간접냉각방식 직접냉각방식
냉각관	합성수지 폴리에틸렌관	강관 폴리에틸렌관	합성수지, 강관 폴리에틸렌관
초기투자비	A	B	C
운전관리	A	C	B
결빙식도	B	B	A

※ A> B> C 순으로 유리

Table 2 The refrigerant due to freezing method in ice link

구 분	간접제빙방식		직접제빙방식
사용냉매	1차	R-22, 암모니아	R-22, 암모니아
	2차	브라인(에틸렌그리콜)	

Table 3 The comparison of air conditioning system characteristics in ice link

구 분	정풍량단일덕트 +컨벡터	정풍량단일덕트	정풍량단일덕트 +팬코일유닛
초기투자비	B	C	A
운전비	B	C	A

※ A> B> C 순으로 유리

2.4.1 간접제빙방식(브라인식)

냉동기에서 냉각된 1차 냉매에 의해 열교환된 2차 냉매를 링크면에 강제순환시켜 결빙하는 방식이다.

2.4.2 직접제빙방식(직접팬창식)

냉동기에서 냉각된 1차 냉매를 링크면에 직접 전달하여 열을 흡수함으로써 동결되도록 하는 방식이다.

2.5 빙상경기장의 공조방식

2.5.1 정풍량 단일덕트

(1) 운전방식

하절기 및 동절기에는 모든 부하를 정풍량 단일덕트로 처리한다. 중간기에는 정풍량 단일덕트로 외기냉방이나 환기를 하게 된다.

(2) 온도조절기능

냉난방 운전시에는 공기조화기의 리턴 공기온도 감지기에 의해 실내온도를 조절하므로 정확한 실내 온도 조절이 어려우나 충분한 환기량의 확보로 실내 공기질을 확보할 수 있다.

2.5.2 정풍량 단일덕트 + 컨벡터

(1) 운전방식

하절기에는 모든 부하를 정풍량 단일덕트로 처리하며, 중간기에는 정풍량 단일덕트로 외기냉방이나 환기를 하게 된다. 동절기에는 정풍량 단일덕트는 환기용으로 사용하고 외부 손실부하는 컨벡터로 처리한다.

(2) 온도조절기능

난방 운전시에는 컨벡터에 설치된 자동2방밸브와 실내온도 조절기의 연동으로 온도조절이 가능하다. 냉방 운전시에는 공기조화기의 리턴 공기온도 감지기에 의해 실내온도를 조절하므로 정확한 실내온도 조절이 어렵다.

2.5.3 정풍량 단일덕트 + 팬코일유닛

1) 운전방식

하절기에는 내주부 부하를 정풍량 단일덕트로 처리하고 외주부 부하는 팬코일유닛으로 처리하며, 중간기에는 정풍량 단일덕트로 외기냉방이나 환기를 하게 된다. 동절기에는 정풍량 단일덕트는 환기용으로 사용하고 외부 손실부하는 팬코일유닛으로 처리한다.

(2) 온도조절기능

난방 운전시에는 팬코일유닛에 설치된 자동

2방밸브와 실내온도 조절기로 온도조절이 가능하다. 냉방 운전시에는 실내온도를 공기조화기의 리턴 공기온도 감지기에 의해 조절하므로 정확한 실내온도 조절이 어렵다.

2.6 빙상경기장의 제습·결로방지

2.6.1 천정면 히터설치

천정주변에 히터를 설치 또는 천정내부에 외부 공기를 유입시켜 천장면 온도를 상승시키는 방법이다. 히터 설치시 서포트 및 열원이 해결되어야 하며 복사에 의한 냉동부하가 증대된다. 또한 외부 공기 유입시 덕트공간이 필요하다. 실내 청정도 향상 및 쾌적한 실내 온습도 조절이 어려우며, 관리상 화재의 우려가 있어 안전관리에 어려움이 있다.

2.6.2 제습기 설치

제습기를 설치하여 습도만 제거하는 방법이다. 국부적으로만 제습효과가 있고 전 공간에 걸쳐 효율성이 떨어진다. 실내 청정도 및 온습도 제어가 곤란하며 소음이 발생한다. 소형 개별식으로 시공성이 양호하나 천정 부착물의 과다로 안전성에 문제가 있다.

2.6.3 공조기 설치

공조기를 설치하여 외기를 도입하고 제습/재열 사이클을 구비시켜 상대습도 감소는 물론 청정도 및 온도 관리를 하는 방법이다. 공조기 설치 공간 및 덕트 루트 등의 공간확보가 필요하나, 공조기 관리가 용이하며 안정성이 양호하다. 쾌적한 실내 환경조성의 효율성이 증대되고, 청정도 향상 및 온습도 제어가 가능하며 쾌적한 환경조성에 유리하다.

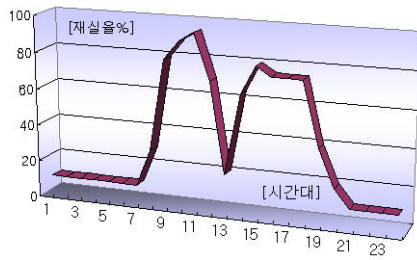
3. 빙상경기장의 설계 사례

3.1 빙상경기장의 재실율 분석

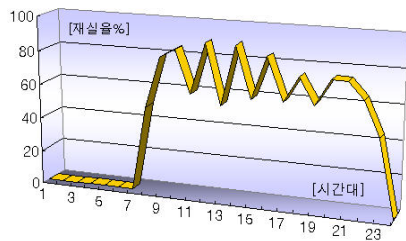
사용패턴 특성에 맞는 공조방식을 도입하기 위해서는 빙상경기장의 사용특성을 고려한 재실율 분석이 선행되어야 한다. 빙상경기장의 재실율은 Fig. 3과 같다.

(1) 사무실, 관리실 계통 : 주간 시간대에 비교적 균일한 재실율을 가지고 있으나 실별로 사용시간대가 상이하다.

(2) 아이스링크 계통 : 선수들의 운동패턴에 따라 재실율이 변동된다.



(a) The office zone



(b) The ice link zone

Fig. 3 The occupant load rate in ice link

3.2 OO 아이스링크장

3.2.1 기본 개요

	규모	지하1층, 지상3층	
	링크장 규모	주링크	400×14(m)
		보조링크	61×30(m)
관람석	2,700석		

3.2.2 링크면 바닥구조

OO 아이스링크장은 사용기간 또는 비사용 기간을 막론하고 다른 다목적으로 사용할 수 있도록 냉각관을 바닥 콘크리트 속에 매설하고 표면을 마감하는 영구 매립식바닥을 채택하고 있다.

3.2.3 링크면 제빙방식

태릉 빙상경기장은 1차 냉매(R-22)에 의해 열교환되어 냉각된 냉매(브라인)를 링크면에 강제 순환시키는 간접제빙방식을 채택하고 있다.

3.2.4 제습 및 공조방식

(1) 경기장 계통 : 경기전 및 유지관리시

가변 선회형 디퓨저의 취출방향을 링크면으로 유지하여 링크 내부에 기류 형성을 유도하고, 냉각식 제습기를 설치하여 실내온도를 제어하였다. 또한 기류유인팬을 통하여 경기장 측면 기류를 형성시켜 기류 정체현상을 해결하였다.

(2) 경기장 계통 : 경기중

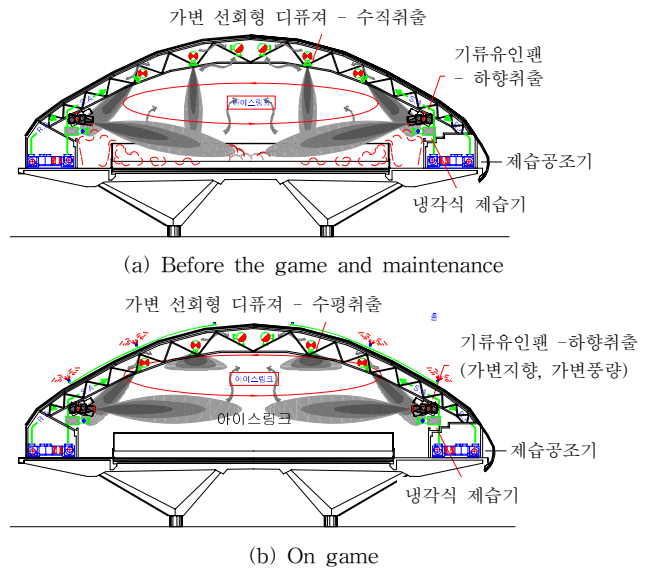
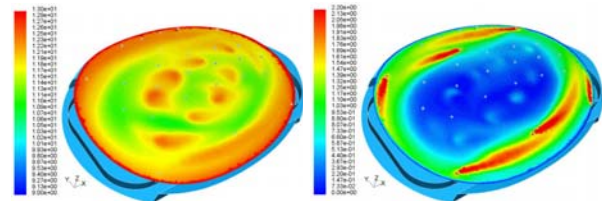


Fig. 4 The desiccant air conditioning and fan types in oo ice link



(a) The effect of ventilation (b) The effect of ventilation fan and variable diffuser in the temperature distribution the air distribution

Fig. 5 The verification of simulation in oo ice link

가변 선회형 디퓨저의 취출방향을 천정으로 유지하여 경기에 지장이 없도록 하며 천정측 결로현상을 방지하였다. 건식제습공조기를 통하여 신선외기 도입 및 실내 온·습도를 유지하였으며, 수분을 제거하여 빙무 및 결로를 방지하였다.

(3) 아이스링크 관람석

객석하부에 방열기를 설치하여 객석 주변 콜드 드래프트를 방지함으로써 난방효율을 극대화 하였다.

(4) 사무실, 심판관실

실별제어가 용이한 가스구동형 히트펌프를 채택하였으며, 제습공조기를 통한 외기공급 및 실별 ON/OFF 제어시스템을 구축하였다. 콜드 드래프트를 방지하기 위하여 컨벡터를 설치하였다.

(5) 탈의실

알루미늄 방열패드를 이용한 바닥난방시스템을 설치하여 균 일한 온도분포에 의한 쾌적한 난방이 이루어지게 하였다.

(6) 출입문

출입문에 덤프에어(Dump Air)를 도입하여 제습처리 되지 않은 외기의 침입을 차단하였다.

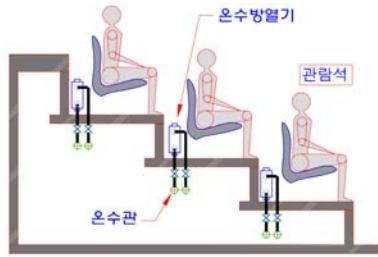


Fig. 6 The heating schematic diagram of seats in oo ice link

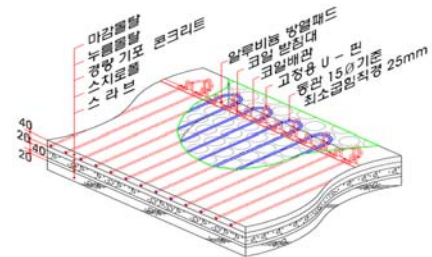


Fig. 8 The heating schematic diagram of a dress room in oo ice link

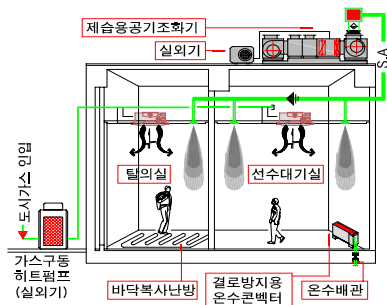


Fig. 7 The air conditioning schematic diagram of an office and a referee room in oo ice link

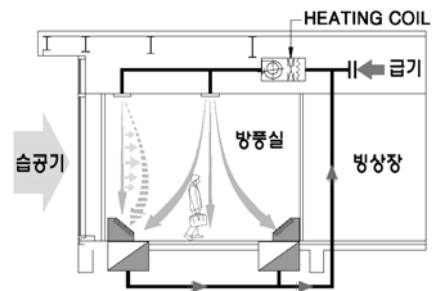


Fig. 9 The damper air schematic diagram of door in oo ice link

3.3 OO 피겨 · 쇼트트랙 경기장

3.3.1 기본 개요

	규모	지하1층, 지상5층
	링크장 규모	61×30(m)
	관람석	12,000석

3.3.2 링크면 바닥구조

냉각관을 바닥면에 노출하고 하단에는 모래를 충전하는 개방형바닥을 채택하였다.

3.3.3 링크면 제빙방식

링크면 제빙방식은 간접제빙방식을 채택하였다.

3.3.4 제습 및 공조방식

(1) 경기장 계통 : 경기전 및 유지관리시

가변 선회형 디퓨저를 링크면 방향으로 유지하여 링크 내부에 취출기류를 형성하고, 기류유인팬을 통한 환기 방식으로 빙무 제거 및 기류 정체 현상을 해결 하였다.

(2) 경기장 계통 : 경기중

가변 선회형 디퓨저를 천정 방향으로 유지하여 취출기류가 경기장에 영향을 미치지 못하게 하여 결로 현상을 방지하였다.

신선외기 도입 및 실내 온·습도를 유지하기 위해 건식제습공조기를 설치하였다.

(3) 아이스링크 관람석

관람석 국소난방을 위하여 방열기를 객석하부에 설치하여 객석 주변 콜드 드래프트를 방지하였다.

(4) 일반계통

정풍량 단일덕트방식 및 컨벳터를 설치하였으며, 신선외기량을 도입하여 재실자의 실내 쾌적성을 높였다. 매립형 컨벳터 설치로 실내 유효면적을 극대화하였으며, 동절기 콜드 드래프트 및 결로를 방지하였다.

(5) 선수관련시설

자연에너지를 이용한 지열 히트펌프의 열원을 이용하여 냉난방을 공급하였다.

(6) 샤워실

균일한 온도분포를 위하여 알루미늄 방열패드를 이용한 바닥난방시스템을 설치하였다.

3.4 OO대학교 빙상경기장

3.4.1 기본 개요

	규모	지하2층, 지상4층
	링크장 규모	61×30(m)
	관람석	500석

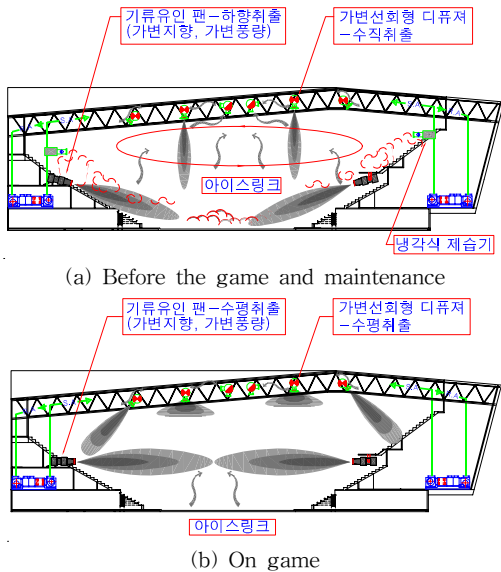


Fig. 10 The desiccant air conditioning and fan types in oo figure and short track stadium

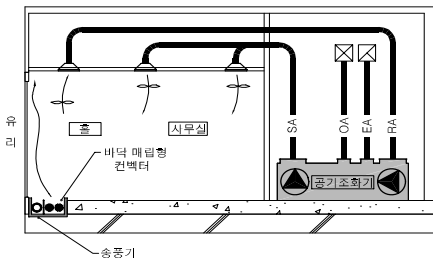


Fig. 11 The air conditioning schematic diagram of the general zone in oo figure and short track stadium

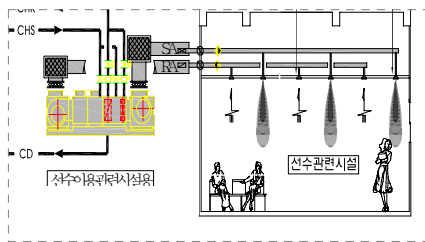


Fig. 12 The air conditioning schematic diagram of athletic facilities in oo figure and short track stadium

3.4.2 링크면 바닥구조

개방형바닥구조로 냉각관을 바닥면에 노출시키는 방식을 채택하였다.

3.4.3 링크면 제빙방식

초기투자비가 저렴하고 유지관리가 용이한 간접제빙 방식을 채택하였다.

3.4.4 제습 및 공조방식

(1) 경기장 계통

정풍량 단일덕트방식으로 외기조화기를 설치하였으며, 제습공기를 공급하여 빙무를 제거하도록 하였다.

(2) 아이스링크 관람석

외기조화기를 이용하여 제습공기를 공급하고, 관람석 바닥에 전기열선을 설치하여 국소난방이 되도록 하였다.

(3) 일반계통

외주부에 컨벡터를 설치하여 난방을 하고 동절기 콜드 드래프트 및 결로를 방지하였다.

4. 결론

빙상경기장의 기본사향 및 설계 사례를 통하여 공조 시스템의 특징을 분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 빙상경기장의 열부하에서 링크장 운영 에너지, 작동 경비 및 재실을 분석은 매우 중요한 요소이기 때문에 초기 설계 단계에서부터 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

(2) 빙상경기장의 바닥구조에서 초기투자비 및 운전 관리 측면에서 유리한 개방형 바닥구조를 가장 많이 채택하고 있다. 향후 다른 용도의 다목적 시설로 변경하거나 리모델링의 용이성을 확보하기 위한 것으로 판단된다.

(3) 빙상경기장의 제빙방식에서 직접제빙방식은 결빙 시간, 운전비 등의 면에서 유리한 방식이나 국내 사례에서는 대부분 초기투자비용이 저렴하고 유지관리가 용이한 간접제빙방식을 채택하고 있다.

(4) 빙상경기장 운영시 저온의 제습된 외기를 공급하여 빙무 제거 및 결로방지를 위해 제습공조기를 채택하고 있으며, 원활하고 쾌적한 기류 및 실내온도분포를 위하여 기류유인팬 가변 선회 디퓨저, 냉각식 제습기 등을 적용한 사례를 찾아볼 수 있다. 일반실의 외주부 계통에서는 실내 유효면적의 극대화 및 콜드 드래프트를 방지 측면에서 정풍량 단일덕트+컨벡터 방식을 채택하고 있다.

참고문헌

1. ASHRAE, 2006, Refrigeration Handbook Chapter 35
2. Lim, M. T. et al., A Study on the Performance Evaluation with the Estimated Method for Refrigeration Load of Indoor Ice Rinks, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 7, No.3, pp73~81