

KDS 31 40 10 : 2021

냉동냉장 부하계산

2021년 2월 19일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 건축기계설비설계기준에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기계설비설계기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KDS 31 40 10 : 2021	• 건축기계설비설계기준 제정	제정 (2021.2)



제 정 : 2021년 2월 19일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 국토교통부 건설산업과
관련단체 : 대한설비공학회

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
작성기관 : 대한설비공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 고려사항	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 냉장부하계산	1
4.1 외부침입열	2
4.2 냉각열	2
4.3 발생열	3
4.4 환기열	5
4.5 기타 발생열/냉동냉장고 저장 산물의 호흡열 등	6
4.6 안전율을 고려한 총부하	6

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 냉동냉장 등의 부하계산 설계를 규정한다.

1.2 적용 범위

- (1) 이 기준은 냉동냉장 등 식품 및 그 외 저온저장과 관련된 건축물의 부하계산에 적용 범위로 한다. 동결, 제빙 및 저빙, 프리저 등의 부하계산은 이 기준을 응용한다.
- (2) 이 기준은 “1.1 목적” 및 “1.2 적용 범위 (1)”을 원칙으로 하나 초저온 및 의약품 보관 등 특수시설 건축물 부하계산은 설계자가 별도 기준을 적용할 수 있다.

1.3 고려사항

- (1) 이 기준에 나타나 있지 않는 것은 냉동냉장설비 일반사항 규정에 따른다.
- (2) 냉동냉장고는 냉장실 단위면적당 적재용량이 용도에 따라 다양하게 변화되므로 공칭 냉동톤과 실수용 톤과는 용어를 구별해서 사용한다.
- (3) 공칭 냉동톤은 냉장실 유효용적 2.5 m³당 1톤으로 계산한다.
- (4) 유효용적은 벽 등의 구획 중심선에서 측정한 바닥 면적에 바닥 표면에서 천정보의 하단 또는 덕트 하단까지의 높이 중 낮은 쪽의 높이를 곱하고 여기에 기둥이나 방열재 두께 등에서 오는 손실을 고려하여 0.9를 곱하고 위의 (3)을 이용하여 아래와 같이 계산한다.

$$\text{공칭 냉동톤} = \text{냉장고의 용적, m}^3 \times 0.9 \times 0.4 \quad (1.3-1)$$

- (5) 냉장실 실수용 톤의 계산은 보관 상품의 종류에 따라 다르므로 실제 냉동창고에 적재되는 최대 파레트의 수량을 계산하고 파레트 당 적재하중을 곱하여 계산하는 방법이 일반적이다.
- (6) 부하계산은 에너지를 효율적으로 절약할 수 있는 방법으로 하되 냉장실 외벽 표면에 이슬이 발생하지 않아야 한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

내용 없음.

4. 냉장부하계산

냉장부하 계산을 고려하는 요소로는 외부침입열, 냉각열, 발생열, 환기열, 기타 등으로 나눌 수 있으며 환기열과 기타열량은 대략적으로 침입열, 냉각열, 발생열 등의 합계 값의 35%로

계산할 수 있다.

4.1 외부침입열

천정, 외벽, 내벽, 바닥 등 단열면의 크기, 위치에 따라 다르게 나타나며 각 단열면의 열부하는 면적에 비례하여 크게 나타나고, 각 단열면의 일사량에 의한 실내외의 온도 차이에 따라 다르게 산출된다. 외기온도는 기상자료를 참고하여 각 지역의 최고온도 평균치를 사용하되 특수한 용도에 따라서는 최고온도를 기준으로 할 수 있다.

(1) 벽면의 침입열

벽면에서의 침입열은 외기에 면한 벽면의 면적에 비례하며, 구조체에서 총괄열전달계수와 면적, 외기와외 온도차의 곱으로써 식(4.1-1)로 계산한다.

$$Q_1 = KA\Delta T \quad (4.1-1)$$

여기서 K : 구조체 총괄열전달계수 $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

A : 외기와 접한 벽체 면적 m^2

ΔT : 외기(T_1)와 냉동고(T_2)와의 온도차 K

(2) 외기온도의 보정

천정, 바닥의 모든 경우에 해당되며, 이들 면에서는 복사열 및 지반에의 접지상황 등을 고려하여 실제의 외기온도로 계산하지 않고 보정값으로 계산하는 것을 원칙으로 한다. 우리나라의 경우 기상청 자료를 참고하며, 기상청 자료가 없는 지역에서의 평균온도는 통상적으로 $33\text{ }^\circ\text{C}$ 기준을 원칙으로 한다. 또한 외벽방위에 따른 온도차 등을 고려하여 벽면온도를 8월의 월 평균온도에 $1\sim 4.5\text{ }^\circ\text{C}$ 를 더하여 계산하여야 하나 전술한 바와 같이 총부하에 미치는 영향이 크지 않으므로 벽면에서의 온도 보정값은 사용하지 않을 수 있다.

① 천정의 경우 : 직천정의 경우와 2중천정의 경우로 대별되어질 수 있으며 일반적으로는 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 로 계산한다. 또한 천정면의 복사열을 고려하여 직천정은 외기온도에 $5\sim 10\text{ }^\circ\text{C}$, 2중 천정에서는 $7\sim 12\text{ }^\circ\text{C}$ 를 더하여 보정값으로 한다.

② 바닥의 경우 : 저장고의 주요구조에 따라 단열장치의 바닥면이 지면과 접지되어 있는 경우와 지면으로부터 접지하여 있지 않은 경우로 나누어 외기온도에 대한 기준을 정한다. 단열장치가 지면에 접지해 있는 경우에는 $15\text{ }^\circ\text{C}$, 단열장치가 지면과 접지하여 있지 않은 경우에는 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 를 표준으로 한다.

4.2 냉각열

(1) 1회 입고량과 입고품의 온도차, 비열 및 냉각율 등에 비례하여 다르게 나타나며, 입고량을 정확하게 계산할 수 있을 때는 계산에 의하여 냉각열량을 구한다. 입고품은 24시간 안에 냉장실 설계온도까지 도달하는 것으로 하며 일반적으로 저온저장시설의 운영실정을 파악하여 결정한다.

냉장품 보관 온도까지 냉각하기 위한 냉각 열량은 아래의 식(4.2-1)로 계산할 수 있다.

$$Q_2 = GC_p(T_3 - T_4)/24 \quad (4.2-1)$$

여기서 G : 1일중 입고되는 냉장품의 중량 kg

C_p : 냉장품의 비열 $W \cdot h/(kg \cdot K)$

T_3 : 입고 냉장품의 온도 K

T_4 : 냉장실의 온도 K

(2) 위 식에서 1회 입고량은,

- ① 공칭수용능력 4000톤 이상 : 수용능력의 2%
- ② 공칭수용능력 4000톤 이하 2000톤 이상 : 수용능력의 2.5%
- ③ 공칭수용능력 2000톤 이하 1000톤 이상 : 수용능력의 3%
- ④ 공칭수용능력 1000톤 이하 : 수용능력의 4%

로 하며, 소비지형 저장고를 기준으로 하고 입고품의 입고온도는 저장고에 따라 $-15^{\circ}C$, $-5^{\circ}C$, $+10^{\circ}C$, $+15^{\circ}C$ 등으로 한다.

냉장품의 비열은 입고품의 온도가 $-15^{\circ}C$ 및 $-5^{\circ}C$ 이면 $0.46 W \cdot h/(kg \cdot K)$, 입고품의 온도가 $+10^{\circ}C$ 및 $+15^{\circ}C$ 일 때는 $0.93 W \cdot h/(kg \cdot K)$ 로 하며, 만약 별도의 규정이 있으면 그것으로 대체할 수 있다.

4.3 발생열

식품을 보관하는 저온저장고내에 발생하는 열량은 유닛쿨러를 사용할 경우에는 송풍기가 저장고 내에서 열을 발생시키고 또한 작업시간 내에는 하역기계, 조명기구, 작업자의 발열 등으로 구별할 수 있다. 이러한 고내 발생열은 각 기기들의 수량 및 용량, 단위 발생량 등에 의하여 구해질 수 있으며 각 기기와 인체의 발열량을 각각 계산한 후 그 합계로서 저장고내의 총 발생열을 구할 수 있다.

(1) 전동 송풍기에 의한 발생열

전동 송풍기에 의한 발생열은 아래의 식(4.1-3)와 같이 계산하며, 전동송풍기의 자동운전에 의한 사용 시간을 1일 16시간으로 하고 정지시간은 1일 8시간으로 적용한다. 전동 송풍기의 총 동력은 아래식 (4.3-1)로 계산한다.

$$Q_{3.0} = W N n/24 \quad (4.3-1)$$

여기서 w : 전동 송풍기 총 동력 kW

N : 전동 송풍기 수량

n : 1일 동안의 전동 송풍기 사용 시간 h

(2) 하역기계(fork-lift)에 의한 발생열

하역기계 사용에 의한 발생열은 식(4.3-2)와 같이 계산하며, 하역기계의 주행동력(MP)과 승강동력(EP) 합의 1/2에 단위 발생열을 곱하여 구한다. 또한 저장고 내의 하역기계의 사용은 일반적으로 공칭수용능력 1000톤당 1대를 기준으로 하며, 저장고내의 사용 시간은 1일당 3시간을 기준으로 한다. 표 4.3-1은 하역기계의 적재하중별 동력을 나타낸

것이다.

$$Q_{3.1} = W N n/24 \tag{4.3-2}$$

여기서 w : 하역기기 총 동력 kW
 N : 하역기기의 대수
 n : 1일 동안의 하역기기 사용시간 h

표 4.3-1 하역기계의 적재하중별 동력
 (단위 : kW)

적재하중, kg	800	1 000 ~ 1 200	1 500 ~ 1 800	2 000
주행동력, MP	1.2	1.6	2.0	2.2
승강동력, MP	3.7	3.7	3.7	7.5
합 계 동 력	4.9	5.3	5.7	9.7

(3) 작업원의 발생열

제품의 입·출고시 하역작업 및 하역기계의 작동을 위한 작업원에 의한 발생열로서, 작업시간에 따른 작업인원의 수, 인체의 단위 발생열량 등으로 계산한다. 일반적으로는 1일당 3시간을 작업 기준으로 하며, 공칭수용능력 500톤당 1인을 표준으로 하고 아래의 식(4.3-3)과 같이 계산한다. 표 4.3-2는 저온저장고의 온도에 따른 작업원의 단위발열량을 나타낸 것이다.

$$Q_{3.2} = W N n/24 \tag{4.3-3}$$

여기서 w : 인체에서 발생하는 열량 kW
 N : 냉장실에서 작업하는 인원수
 n : 1일 동안 작업시간 h

표 4.3-2 저장고 온도에 대한 작업원 단위발열량

온도, °C	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-40
작업원									
발열량, kW	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.50

(4) 전등에 의한 발생열

제품의 입·출고시 작업을 용이하게 하기 위한 저장고내에 조명기구로써 각 기구의 용량 및 수량, 단위 발생열 및 냉각시간으로 계산하며 식(4.3-4)와 같이 구한다.

$$Q_{3.3} = W N n/24 \tag{4.3-4}$$

여기서 w : 전등 총 동력 kW

N : 전등 대수

n : 1일 동안의 전등 사용시간 h

이상에서 저장고 내의 총 발생열 Q_3 는 아래의 식(4.3-5)로 나타낼 수 있다.

$$Q_3 = \sum_{i=1}^3 Q_{3,i} \quad (4.3-5)$$

4.4 환기열

- (1) 환기열은 입·출고를 위한 문의 개방과 주야 및 계절에 의한 차이를 고려하여 검토한다. 또한 환기열은 기타의 열손실과 함께 침입열, 발생열, 냉각열에 의한 열부하의 35%로 약산할 수 있으나 좀 더 정확하고 근거 있는 계산을 위해서 식(4.4-1)과 같은 방법으로 계산한다. 환기량이 없는 야간과 환기가 이루어지는 주간 발생열량 부하의 대비는 약 1 : 2 정도로 고려할 수 있다.

$$Q_4 = V(h_a - h_r)n/24 \quad (4.4-1)$$

여기서 V : 냉장실의 유효 내용적 m^3

h_a : 외부 공기의 엔탈피 KJ/kg

h_r : 내부 공기의 엔탈피 KJ/kg

n : 1일 동안 환기 회수

- (2) 유효 내용적은 외형 용적에 90%에 해당하는 용적으로 아래의 식(4.4-2)로 구한다.

$$V = L W H \times 0.9 \quad (4.4-2)$$

여기서 V : 유효 내용적 m^3

L : 건물의 길이(벽 중심선으로 부터) m

W : 건물의 폭(벽 중심선으로 부터) m

H : 건물의 높이(보나 덕트의 하단) m

단위 체적당 환기열량과, 내용적과 온도차에 따른 환기횟수는 냉장고 부하계산 설계에 따르며 4.4-1 및 표 4.4-2와 같다.

표 4.4-1 단위체적 (1m³) 당 환기열량, W · h/m³

실내온도 \ 외기온도	10℃	0℃	-10℃	-20℃	-30℃	-40℃	-50℃	-60℃
-5 ℃	0	0	2	6	12	16	21	26
0 ℃	0	0	5	9	14	20	24	29
5 ℃	0	2	7	12	17	22	27	33
10 ℃	0	5	9	16	21	27	28	38
15 ℃	2	9	14	19	24	30	36	41
20 ℃	5	10	17	22	29	35	41	47
25 ℃	9	16	21	29	35	41	48	54
30 ℃	16	21	29	34	41	48	54	60
35 ℃	21	28	35	42	48	56	64	69

표 4.4-2 내용적과 온도차에 따른 환기횟수(회)

내용적, m³ \ Δt	200	300	500	1 000	2 000
70 ℃	7	5.5	4	2.5	1.4
60 ℃	6.5	5	3.8	2.3	1.3
35 ℃	4.5	3.8	2.8	1.7	1

Δt : 저장고 내외 온도차.

4.5 기타 발생열/냉동냉장고 저장 산물의 호흡열 등

청과류는 수확 후에도 호흡작용으로 인해 내부에너지를 소모하여 이산화탄소, 수증기를 방출하기 때문에 신선도를 잃어 부패하게 된다. 온도조건, 환경가스 조건 등을 고려하지 않고, 또한 적당한 환기를 하지 않으면 기능장애를 일으키게 되어 일종의 냉장병을 발생시킬 수 있다. 또 입고할 때는 소정의 온도까지 빨리 도달할 수 있도록 예냉조작이 필요하다. 이러한 호흡작용은 발열반응을 동반하게 되며 그 열량은 식 (4.4-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_5 = G R n/24 \tag{4.4-3}$$

여기서 G : 1회 입고량 kg

n : 입고 횟수

R : 호흡열 kW/kg

4.6 안전율을 고려한 총부하

일반적으로 안전율을 10%로 할 때, 안전율을 고려한 부하 q₆는 다음의 식(4.6-1)으로 계산할 수 있다.

$$Q_6 = \sum_{i=1}^5 Q_i \times 0.1, \text{ kW} \quad (4.6-1)$$

따라서 저장고내 총 열부하 Q_T , kW는 아래 식(4.6-2)와 같이 계산된다.

$$Q_T = \sum_{i=1}^6 Q_i, \text{ kW} \quad (4.6-2)$$



집 필 위원

성 명	소 속	성 명	소 속
박수석	(주)한국마이콤	오종택	전남대학교
이동건	(주)큐익엔지니어링		

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김천용	(주)한미설비	김광호	(주)기성이앤씨

건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
구재동	한국건설기술연구원	김기현	한국건설기술연구원
김나은	한국건설기술연구원	김천용	한미설비
김태송	한국건설기술연구원	김태형	디앤테크건설기술연구소
김희석	한국건설기술연구원	류상훈	한국건설기술연구원
서병택	용인송담대학교	성순경	가천대학교
신영기	세종대학교	이수연	한일엠이씨
이용수	한국건설기술연구원	원훈일	한국건설기술연구원
정재원	한양대학교	주영경	한국건설기술연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	허원호	한국건설기술연구원

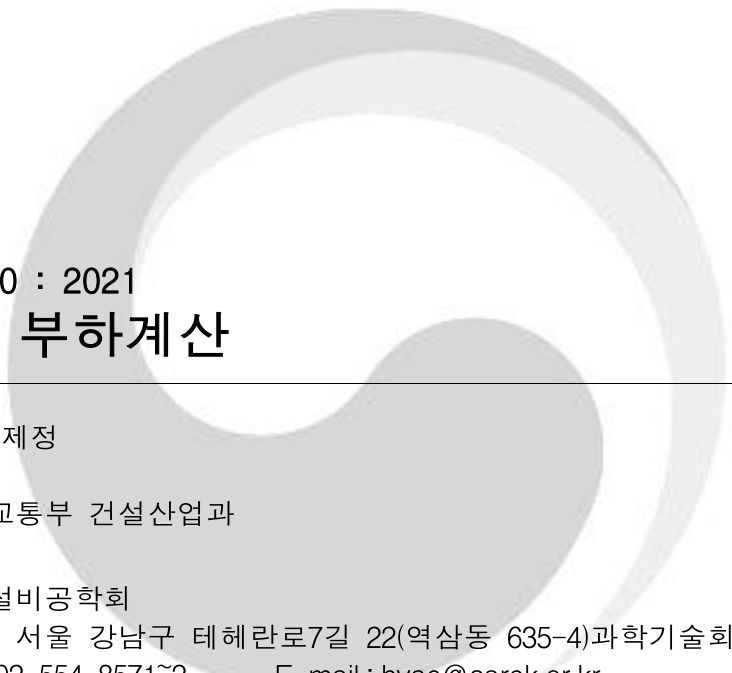
중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김일수	목포대학교	곽명근	한국토지주택공사
박보경	(주)비전이엔지	윤영수	한국수자원공사
이영범	(주)수성엔지니어링	이현정	(주)다산엔지니어링

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
김광림	국토교통부 건설산업과		
박균성	국토교통부 건설산업과	김송이	국토교통부 건설산업과
이광우	국토교통부 건설산업과	방현민	국토교통부 건설산업과

(분야별 가나다순)



KDS 31 40 10 : 2021
냉동냉장 부하계산

2021년 2월 19일 제정

소관부서 국토교통부 건설산업과

관련단체 대한설비공학회
06130 서울 강남구 테헤란로7길 22(역삼동 635-4)과학기술회관 신관 902호
Tel : 02-554-8571~2 E-mail : hvac@sarek.or.kr
<http://www.sarek.or.kr/>

작성기관 대한설비공학회
06130 서울 강남구 테헤란로7길 22(역삼동 635-4)과학기술회관 신관 902호
Tel : 02-554-8571~2 E-mail : hvac@sarek.or.kr
<http://www.sarek.or.kr/>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>