

KDS 14 30 10 : 2019

강구조 부재 설계기준 (허용응력설계법)

2019년5월20일개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

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

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
허용응력설계법에 의한 강구조설계기준	• 골조구조물, 관로구조물, 철탑구조물 등의 일반 강구조물의 설계와 건축물의 구조설계에 활용할 수 있는 표준적인 설계기준과 설계방법을 제시	제정 (2003.12)
KDS 14 30 10 : 2016	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 14 30 10 : 2019	• 철강재 관련 KS가 개정됨에 따라 KS 제품의 강종기호, 물성치 등 변경 사항 반영	개정 (2019.5)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 (작성기관): 한국강구조학회

개 정 : 2019년 5월 20일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	1
4.1 설계 요구사항	1
4.2 골조의 안정성	6
4.3 인장재	7
4.4 압축재	9
4.5 휨재	11
4.6 조합력을 받는 부재	25
4.7 합성부재	27
4.8 일반 강구조물을 위한 추가 규정	38

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준의 규정은 인장재, 압축재, 휨재, 조합력을 받는 부재, 합성부재의 설계에 적용하여야 한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

KDS 14 30 05의 3에 따른다.

4. 설계

4.1 설계 요구사항

4.1.1 일반사항

4는 부재 전반에 관련된 설계 요구사항을 다룬다.

4.1.2 총단면적

부재의 총단면적 A_g 는 부재축에 직각방향인 각 요소의 전체폭과 두께를 곱한 값들의 합이다.

4.1.3 순단면적

부재의 순단면적 A_n 은 각 요소의 순폭과 두께를 곱한 값들의 합이다. 중심인장을 받는 파스너 접합부재의 순단면적은 파스너 구멍의 영향을 고려하여 구한다.

(1) 정열 배치인 경우

$$A_n = A_g - ndt \quad (4.1-1)$$

여기서, n : 인장력에 의한 파단선상에 있는 구멍의 수

d : 파스너 구멍의 직경 (mm)

t : 부재의 두께 (mm)

(2) 엇모배치인 경우

$$A_n = A_g - ndt + \Sigma \frac{s^2}{4g} t \quad (4.1-2)$$

여기서, s : 2개의 연속된 구멍의 종방향 중심간격 (피치) (mm)

g : 파스너 게이지선 사이의 횡방향 중심간격 (게이지) (mm)

4.1.4 유효순단면적

(1) 하중이 연결재로부터 각 단면에 직접적으로 전달될 때 유효순단면적 A_e 는 순단면적 A_n 과 같다.

(2) 파스너접합인 경우

$$A_e = UA_n \quad (4.1-3)$$

여기서, A_n : 부재의 순단면적 (mm^2)

U : 감소계수

U 값은 다음과 같다. 다만, 실험이나 다른 합리적인 방법에 의해 정할 수 있다.

① 플랜지의 폭이 높이의 $\frac{2}{3}$ 이상 되는 I형강, H형강, 그리고 이러한 형강에서 절취한 구조용 T형강의 플랜지를 접합할 때, 응력 방향으로 매 열당 3개 이상의 파스너가 있는 부재

$$U = 0.90$$

② 상기 ①의 조건에 맞지 않는 I형강, H형강, 그리고 이러한 형강에서 절취한 구조용 T형강, 조립단면을 포함한 모든 형강으로서, 응력 방향으로 매 열당 3개 이상의 파스너가 있는 부재

$$U = 0.85$$

③ 응력의 방향으로 매 열당 2개의 파스너만 있는 모든 부재

$$U = 0.75$$

(3) 용접접합인 경우

$$A_e = UA_g \quad (4.1-4)$$

여기서 A_g : 부재의 총단면적 (mm^2)

U 값은 다음과 같다. 다만, 실험이나 다른 합리적인 방법에 의해 정할 수 있다.

① $l \geq 2w$ 인 경우 $U = 1.00$

② $2w > l \geq 1.5w$ 인 경우 $U = 0.87$

③ $1.5w > l \geq w$ 인 경우 $U = 0.75$

여기서, l : 유효용접길이 (mm)

w : 플레이트 폭 (용접선 사이의 거리) (mm)

가. 하중이 플레이트의 단부에서 두 연단을 따라 종방향의 용접에 의해 플레이트에 전달될 때, 용접길이는 플레이트의 폭보다 커야 한다.

나. 하중이 I형강, H형강, 또는 이러한 형강으로부터 절단한 구조용 T형강의 전체 단면이

아닌 일부 단면에 횡방향 용접에 의하여 전달될 때, A_e 는 직접 연결된 요소의 단면적으로 한다.

4.1.5 안정성

- (1) 전체 구조물과 각 압축부재에 대하여 안정성이 확보되어야 한다.
- (2) 보, 기둥, 가새, 접합, 전단벽 등에 대한 영향을 포함하여 구조물이나 수평하중저항시스템의 각 부재 변형으로 발생하는 현저한 하중의 영향을 고려해야 한다.

4.1.6 국부좌굴

4.1.6.1 강재 단면의 분류

- (1) 강재 단면은 조밀단면, 비조밀단면, 세장요소단면으로 구분한다.
 - ① 조밀단면: 단면의 플랜지가 복부에 연속적으로 연결되고, 그 단면의 압축요소 폭두께비 λ 가 표 4.1-1의 λ_p 를 초과하지 않는 단면($\lambda \leq \lambda_p$)
 - ② 비조밀단면: 폭두께비 λ 가 λ_p 를 초과하고 λ_r 을 초과하지 않는 요소를 하나 이상 포함한 단면($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$)
 - ③ 세장판 단면: 폭두께비가 표 4.1-1의 λ_r 을 초과하는 요소를 하나 이상 포함한 단면($\lambda > \lambda_r$)
- (2) 압축력 방향과 평행한 면 중에서 한쪽 면에만 지지되어 있는 비구속요소의 폭은 다음 값으로 한다.
 - ① I형강, H형강, T형강의 플랜지에 대한 폭 b 는 전체 공칭폭의 1/2이다.
 - ② ㄱ형강, ㄴ형강, Z형강의 다리에 대한 폭 b 는 전체 공칭치수이다.
 - ③ 플레이트 폭 b 는 자유단으로부터 파스너의 첫 번째 줄 또는 용접선까지의 거리이다.
 - ④ T형강의 스템 d 는 전체 공칭 높이로 한다.
- (3) 압축력 방향과 평행한 양쪽 면에 지지된 구속요소의 폭은 다음 값으로 한다.
 - ① 압연이나 성형 단면의 복부에 대하여, h 는 각 플랜지에서 필렛이나 모서리 반경을 감한 플랜지 사이의 순간격이다. h_e 는 도심에서 필렛이나 모서리 반경을 감한 압축플랜지의 내측 면까지 거리의 2배이다.
 - ② 조립단면의 복부에 대하여 h 는 인접한 파스너의 열간거리 또는 용접한 경우 플랜지 사이의 순간격이며, h_e 는 도심으로부터 압축플랜지에서 제일 가까운 파스너열 또는 용접한 경우 압축플랜지의 내측 면까지 거리의 2배이다.
 - ③ 조립단면에서 플랜지 또는 다이아프램 플레이트에 대하여 폭 b 는 파스너열 또는 용접선간의 거리이다.
 - ④ 상자형 단면의 플랜지에 대하여 폭 b 는 각 변의 내측 모서리 반경을 감한 복부 사이의 순간격이다. 만일 모서리 반경을 알 수 없으면 단면의 외부치수 폭에서 두께의 3배를 감한 값으로 한다.

4.1.6.2 세장압축요소

세장압축요소를 갖는 휨이나 압축단면은 국부좌굴을 고려하여 설계한다.

표 4.1-1 압축요소의 폭두께비

요소에 대한 설명	폭두께비	한계 폭두께비	
		λ_p	λ_r
- 압연 H형강과 C형강 휨부재 ¹⁾ 의 플랜지	b/t	$171/\sqrt{F_y}$	$250/\sqrt{F_y}$
- 용접 H형강 휨부재의 플랜지	b/t	$171/\sqrt{F_y}$	$250/\sqrt{(F_y)/k_c}$ ³⁾
- 서로 접한 쌍 I형강의 내면 다리 - 압연형강의 보 또는 기둥에서 돌출된 I형강 및 플레이트 - 플레이트거더의 보강재	b/t	-	$250/\sqrt{F_y}$
- 큰보, 조립기둥 또는 기타 압축재에서 돌출된 I형강 또는 플레이트 - 플레이트거더의 압축 플랜지	b/t	-	$250/\sqrt{F_y/k_c}$
- T 형강의 스템	d/t	-	$330/\sqrt{F_y}$
- 단일 I형강의 다리, 서로 접하지 않는 쌍 I형강의 다리 또는 십자단면의 부재와 같이 한쪽 면으로만 단 순지지된 비구속 요소	b/t	-	$200/\sqrt{F_y}$
- 휨 또는 압축을 받고 단면의 두께가 일정한 각형강관의 플랜지 - 파스너열 또는 용접선 사이에 있는 플랜지 덧판과 다 이아프램 플레이트	b/t	$500/\sqrt{F_y}$	$620/\sqrt{F_y}$
- 연속적인 개구부가 있는 유공 덧판의 비지지폭 ²⁾	b/t	-	$830/\sqrt{F_y}$
- 등분포 압축을 받는 다른 모든 구속 요소	b/t h/t_w	-	$660/\sqrt{F_y}$
- 휨압축재에서의 복부 ¹⁾	d/t	$1,680/\sqrt{F_y}$	-
	h/t_w	-	$2,550/\sqrt{F_y}$
	d/t_w	$f_a/F_y \leq 0.16$ 인 경우 $\frac{1,680}{\sqrt{F_y}} \left[1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y} \right]$ $f_a/F_y > 0.16$ 인 경우 $675/\sqrt{F_y}$	-
- 원형강관 • 압축재 • 휨부재	D/t	$23,000/F_y$ $23,000/F_y$	- -

주 1) 하이브리드보의 경우, F_y 대신 플랜지의 항복강도 F_{yf} 를 사용한다.

2) 가장 폭이 큰 구멍이 있는 위치에서 플레이트의 순단면적을 가정한다.

3) $h/t > 70$ 인 경우 $k_c = \frac{4.05}{(h/t)^{0.46}}$, $h/t \leq 70$ 인 경우 $k_c = 1.0$

4.1.7 지지점의 비틀림 구속

보와 트러스는 지지점에서 그 재축에 대해 회전하지 않도록 하여야 한다.

4.1.8 세장비 제한

- (1) 압축재의 세장비 KL/r 은 200을 초과하지 않아야 한다
- (2) 인장재의 세장비 L/r 은 300 이하로 한다. 다만, 강봉에는 적용하지 않는다.

4.1.9 단부구속

- (1) 보, 트러스, 또는 이들에 접합하는 부재의 단면은 연속, 반연속, 혹은 캔틸레버 작용에 의한 단부의 완전구속(강접합) 또는 부분구속(부분강접합)을 고려할 때, 모든 하중과 함께 구속에 의해 유발된 전단력 및 모멘트를 지지하도록 설계되어야 한다.
- (2) 이러한 경우 각 부재는 어떤 위치에서도 4.3~4.5에서 규정하는 허용응력을 넘지 않아야 한다.

4.1.10 휨부재의 단면 산정

4.1.10.1 보의 단면 산정

압연형강, 용접부재, 플레이트거더, 덧판이 있는 보는 일반적으로 총단면적의 단면2차모멘트에 의해 단면을 산정해야 한다.

- (1) 다음 식 (4.1-5)를 만족할 경우 공장이나 현장에서 뚫은 각 플랜지의 볼트 구멍 단면적은 공제하지 않는다.

$$0.5 F_u A_{fn} \geq 0.6 F_y A_{fg} \quad (4.1-5)$$

여기서, A_{fn} :인장 플랜지의 순단면적 (mm^2)

A_{fg} :플랜지의 총단면적 (mm^2)

- (2) 만일 $0.5 F_u A_{fn} < 0.6 F_y A_{fg}$ 이면 부재의 단면특성은 인장플랜지 유효단면적 A_{fe} 에 근거하여 산정한다.

$$A_{fe} = \frac{5}{6} \frac{F_u}{F_y} A_{fn} \quad (4.1-6)$$

- ① 하이브리드보가 총단면적에 $0.15F_y$ 를 곱한 값보다 큰 축력에 대해 저항할 필요가 없을 경우, 하이브리드보는 총단면에 대한 단면2차모멘트에 의해 설계할 수 있으며 4.5의 해당 규정을 적용할 수 있다. 여기서 F_y 는 플랜지의 항복강도이다. 하이브리드보가 되기 위해서는 플랜지는 어느 단면에서나 같은 단면적을 가져야 하며, 같은 등급의 강재이어야 한다.
- ② 용접된 보의 플랜지는 일련의 플레이트를 겹치거나 덧판을 사용함으로써 두께와 폭이 변화될 수 있다.
- ③ 파스너로 접합된 보의 덧판 단면적은 전체 플랜지 단면적의 70%를 넘지 않아야 한다.
- ④ 플랜지와 복부, 덧판과 플랜지를 접합하는 고장력볼트나 용접은 보의 휨모멘트에 의해 생긴 전체 수평전단력에 저항할 수 있어야 한다. 이러한 볼트 또는 단속용접의 종방향 분포는

전단력의 크기에 비례해야 한다. 그러나 종방향 간격은 4.3이나 4.4에 규정된 인장부재나 압축부재에 대한 최대 허용응력을 넘지 않도록 결정해야 한다. 플랜지에 작용하는 하중이 직접 지압에 의해 복부에 전달되는 것이 아닐 경우에는, 플랜지와 복부를 접합하는 볼트 또는 용접은 플랜지에 작용하는 모든 하중이 복부에 전달되도록 해야 한다.

- ⑤ 부분적인 덧판은 이론상의 절단점을 넘어 연장되어야 하며, 그 연장 부분은 이론상의 절단점에서 발생하는 보의 휨응력 중 덧판이 부담하는 응력을 전달할 수 있도록 마찰형 고장력 볼트나 필릿용접으로 플랜지에 접합되어야 한다. 이때 고장력볼트, 필릿용접의 응력은 KDS 14 30 25의 허용응력을 넘지 않아야 한다. 용접한 덧판의 경우, 그 연장길이는 다음과 같다.

가. 덧판 단부면의 전체폭과 길이방향으로 덧판 폭에 해당하는 길이만큼 양단연속 용접하고, 그 용접치수가 덧판 두께의 3/4이상일 때: 연장길이 = 덧판 폭

나. 덧판 단부면의 전체폭과 길이방향으로 덧판 폭의 1.5배 만큼 양단연속 용접하고 그 용접치수가 덧판 두께의 3/4미만일 때: 연장길이 = 덧판 폭 × 1.5

다. 덧판 단부면은 용접하지 않고 길이방향으로 덧판 폭의 2배에 해당하는 길이만큼 양단연속 용접하였을 때: 연장길이 = 덧판 폭 × 2.0

4.1.10.2 크레인 주행보의 단면 산정

크레인이나 다른 이동하중을 지지하는 플레이트거더의 플랜지 단면은 이러한 하중으로 인하여 생기는 수평력에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다.

4.2 골조의 안정성

4.2.1 일반사항

모든 구조물은 부재의 강도와 강성에 관한 요구사항과 더불어, 부재의 변형과 전체 골조의 안정성을 고려하여 설계되어야 한다.

- (1) 골조 설계시 전체 구조물의 안정성을 확보하기 위하여 골조에 작용하는 수직하중 및 횡방향 변위에 의한 2차효과를 고려하여야 한다.
- (2) 골조는 조합하중에 대하여 좌굴이 일어나지 않고 횡적 안정이 유지되어야 한다.
- (3) 안정성 해석에서는 모든 압축재의 축방향 변형을 고려하여야 한다.

4.2.2 골조의 안정성

4.2.2.1 가새골조의 안정성

다음과 같은 요소에 연결되어 횡적 안정이 확보된 골조 또는 트러스에서는 좌굴길이계수를 1.0으로 할 수 있다. 또는 구조해석으로 좌굴길이계수를 구한 경우, 이는 1.0보다 작은 값으로 할 수 있다.

- (1) 가새, 전단벽 또는 적절한 횡적 안정을 갖고 있는 인접 건축물
- (2) 골조면에 평행하게 벽체 또는 가새구조로 보강된 슬래브 또는 지붕틀

4.2.2.2 비가새골조의 안정성

강점으로 접합된 보와 기둥의 휨강성에 의하여 횡적 안정이 좌우되는 골조에서의 좌굴길이계수 K 는 구조해석에 의하여 구하고 그 값은 1.0 이상이어야 한다.

4.3 인장재

4.3.1 일반사항

이 절은 중심축 인장력을 받는 균일 단면부재에 대하여 적용되며 하중의 작용축은 단면의 도심축과 일치하여야 한다. 인장력과 휨모멘트의 조합력을 받는 부재에 대해서는 4.6에 따른다.

4.3.2 허용인장응력

- (1) 허용인장응력 F_t 는 총단면적에 대해서는 $0.6F_y$ 를, 유효순단면적에 대해서는 $0.5F_u$ 로 한다.

$$F_t = \begin{cases} 0.6F_y & : \text{총단면적에 대한 검토} \\ 0.5F_u & : \text{유효순단면적에 대한 검토} \end{cases} \quad \begin{matrix} (4.3-1) \\ (4.3-2) \end{matrix}$$

$$\text{단, } \frac{L}{r} \leq 300$$

여기서, F_t = 인장부재의 기본허용응력 (MPa)

F_y = 강재의 항복강도 (MPa)

F_u = 강재의 인장강도 (MPa)

L = 부재의 길이 (mm)

r = 단면의 회전반경 (mm)

- (2) 인장재 접합부 단부에서의 블록전단강도는 KDS 14 30 25의 4.5를 만족하는지 확인해야 한다.
- (3) 편접합부재의 허용인장응력은 4.3.4에 따른다.

4.3.3 조립 인장재

판재, 형강 등으로 조립인장재를 구성하는 경우 조립재가 일체가 되도록 다음 조건에 따라 조립해야 한다.

- (1) 하나의 판재와 형강 또는 두 개의 판재로 구성되어 연속적으로 접합되는 조립인장재에서 재축방향 긴결간격은 최소한 다음 조건을 만족해야 한다.
 - ① 도장된 부재 또는 부식의 우려가 없어 도장되지 않은 부재의 경우, 얇은 판두께의 24배 이하, 또한 300 mm 이하
 - ② 대기 중에 노출된 도장되지 않은 내후성 강재의 경우 얇은 판두께의 14배 이하, 또한 180 mm 이하
- (2) 두 개 이상의 판재 또는 형강을 연결하는 긴결재의 간격과 단속용접의 재축방향의 간격은 600 mm 이하로 한다.
- (3) 길판을 사용한 두 개 이상의 형강으로 구성된 조립인장재에서 개재의 세장비는 300 이하로 한다.
- (4) 띠판은 조립인장재의 비충복면에 사용할 수 있으며 다음 조건을 만족해야 한다.
 - ① 띠판의 재축방향 길이는 조립부재 개재를 연결시키는 용접이나 파스너 사이 거리의 2/3 이상이어야 하고, 띠판 두께는 이 열 사이 거리의 1/50 이상이어야 한다.
 - ② 띠판에서의 단속용접 또는 파스너의 재축방향 간격은 150 mm 이하로 한다.
 - ③ 띠판 간격은 조립부재 개재의 세장비가 300 이하가 되도록 한다.

4.3.4 핀접합부재

4.3.4.1 허용응력

- (1) 핀접합부재의 순단면적에 대한 허용인장응력은 $0.45 F_y$ 로 한다.
- (2) 핀의 투영면적에 대한 지압응력은 KDS 14 30 25에서 규정한 응력 이하로 한다.
- (3) 아이바의 허용인장응력은 총단면적에 대해서 $0.6 F_y$ 로 한다.

4.3.4.2 핀접합부재

- (1) 부재축과 평행한 방향으로 핀구멍 이외 부분 판재의 최소 순단면적은 핀구멍 위치의 순단면적의 2/3 이상이 되어야 한다.
- (2) 핀구멍 직경은 핀직경보다 0.8 mm 이상 초과해서는 안 된다.

4.3.4.3 아이바

- (1) 아이바는 핀구멍 부분을 보강하지 않은 균일한 두께로 하며, 핀구멍과 동심원이 되는 원형으로 한다.

- (2) 아이바의 원형 머리부분과 몸체 사이의 전이곡률반경은 머리부분의 직경 이상이어야 한다.
- (3) 아이바 몸체의 폭은 아이바 두께의 8배를 초과해서는 안 된다.
- (4) 외부너트가 판재와 길판을 조여서 1차 체결된 경우, 아이바의 두께를 12 mm 이하로 할 수도 있다.
- (5) 구멍 가장자리에서 외력 작용방향과 직각 방향인 판재의 가장자리까지 거리는 아이바 몸체 폭의 2/3배 이상이거나 3/4배 이하이어야 한다.
- (6) 아이바의 구멍 직경은 핀직경보다 0.8 mm 이상 초과해서는 안 된다.
- (7) 항복응력이 500 MPa를 초과하는 강재에서는 구멍 직경이 판재 두께의 5배 이하이어야 한다.

4.4 압축재

4.4.1 일반사항

- (1) 이 절은 중심축 압축력을 받는 조밀 및 비조밀 균일단면부재에 적용한다. 축방향 하중의 축은 단면의 도심축과 일치하여야 한다.
- (2) 세장판요소 부재에 대해서는 4.1.6을 따른다.
- (3) 압축력과 휨모멘트의 조합력을 받는 부재에 대해서는 4.6을 따른다.

4.4.2 좌굴길이와 세장비

- (1) 좌굴길이계수 K 는 4.2.2를 따른다.
- (2) 세장비의 한계는 4.1.8을 따른다.

4.4.3 허용압축응력

허용압축응력 F_c 는 다음 식에 따라 산정한다.

- (1) $KL/r \leq C_c$ 일 때

$$F_c = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \quad (4.4-1)$$

- (2) $KL/r > C_c$ 일 때

$$F_c = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2} \quad (4.4-2)$$

여기서, F_c : 허용압축응력 (MPa)

C_c : 한계세장비 ($= \sqrt{2\pi^2 E_s / F_y}$)

KL : 좌굴길이 (mm)

r : 단면 회전반경 (mm)

E_s : 강재의 탄성계수 (MPa)

F_y : 강재의 항복강도 (MPa)

4.4.4 휨비틀림좌굴에 대한 허용압축응력

ㄱ형강 또는 T형강과 같은 1축대칭 및 비대칭 기둥과, 매우 얇은 판으로 구성된 십자형 혹은 조립 기둥과 같은 2축대칭 기둥은 휨비틀림좌굴과 비틀림좌굴에 대하여 고려해야 한다.

4.4.5 조립압축재

4.4.5.1 조립압축재의 종류

길판, 띠판, 래티스를 사용한 조립압축재를 대상으로 한다.

4.4.5.2 구조제한

- (1) 베이스플레이트 또는 절삭마감면에 접합되는 조립재 단부에서 개재 상호간의 접합은 다음과 같이 한다.
 - ① 용접접합은 조립재의 최대폭 이상의 길이로 연속용접하여야 한다.
 - ② 고력볼트접합은 조립재 최대폭의 1.5배 구간에서 길이방향으로 볼트직경의 4배 이하 간격으로 한다.
- (2) 조립압축재 중간의 단속용접 또는 고력볼트의 길이방향 간격은 설계응력을 전달하기에 적절해야 하며, 그 최대간격은 600 mm 이하로 한다.
- (3) 덧판을 사용한 도장된 부재 또는 부식의 우려가 없어 도장되지 않은 조립압축재의 파스너 및 단속용접 최대간격은 다음과 같이 한다.
 - ① 정렬배치인 경우 덧판두께의 $330/\sqrt{F_y}$ 배 또는 300 mm 이하
 - ② 엇빗배치인 경우 덧판두께의 $500/\sqrt{F_y}$ 배 또는 450 mm 이하
- (4) 길판으로 분리된 두 개 이상의 조립압축재는 긴결재 사이에서 각 개재의 세장비는 조립압축재 세장비의 3/4배 이하로 해야 한다.
- (5) 길판, 띠판, 래티스로 나누어지는 구간 개수는 3 이상으로 한다.

4.4.5.3 래티스형식의 조립압축재

- (1) 평강, ㄱ형강, ㄷ형강, 기타 형강을 래티스로 사용한다.
- (2) 조립부재의 재축방향의 접합간격은 소재 세장비가 조립압축재의 최대세장비를 초과하지 않도록 한다.

- (3) 단일래티스 부재의 세장비 L/r 은 140 이하로 하고, 복래티스의 경우에는 L/r 를 200 이하로 하며, 그 교차점을 접합한다.
- (4) 압축력을 받는 래티스의 길이는 단일래티스의 경우에는 주부재와 접합되는 비지지된 대각선의 길이이며, 복래티스의 경우에는 이 길이의 70%로 한다.
- (5) 부재축에 대한 래티스 부재의 기울기는 다음과 같이 한다.
 - ① 단일래티스의 경우, 60° 이상
 - ② 복래티스의 경우, 45° 이상
- (6) 조립부재의 개재를 연결하는 재축방향의 용접 또는 파스너열 간격이 400 mm를 초과하면, 래티스는 복래티스로 하거나 ㄱ형강으로 한다.
- (7) 부재의 단부에는 띠판을 설치하여야 하며, 래티스 설치에 지장이 있는 경우에는 그 부분의 양 단부와 중간부에 띠판을 설치하도록 한다. 이 때의 띠판은 다음 조건에 맞도록 설치되어야 한다.
 - ① 부재 단부에 사용되는 띠판의 폭은 조립부재 개재를 연결하는 용접 또는 파스너열 간격 이상이어야 한다.
 - ② 부재 중간에 사용되는 띠판의 폭은 부재 단부 띠판길이의 1/2 이상이 되어야 한다.
 - ③ 띠판 두께는 조립부재 개재를 연결시키는 용접 또는 파스너열 간격의 1/50 이상이 되어야 한다.
 - ④ 띠판과 조립부재의 접합은 용접의 경우에는 용접길이는 띠판길이의 1/3 이상이어야 하고, 볼트접합의 경우에는 띠판에 최소한 3개 이상의 파스너를 파스너 직경의 6배 이하 간격으로 접합해야 한다.

4.5 휨재

4.5.1 일반사항

- (1) 이 절은 단면의 대칭축에 재하되는 경우에 적용하며 하이브리드보에도 적용할 수 있다.
- (2) ㄱ형강으로서 전단중심을 통과하며 복부판에 평행한 면내에 재하되는 경우 또는 하중점과 지지점에서의 비틀림에 대하여 구속된 경우 이 장을 적용할 수 있다.
- (3) 복부판의 판폭두께비가 $2,550/\sqrt{F_y}$ 보다 큰 경우는 4.5.6에 따른다.
- (4) 건축물의 허용휨응력은 4.5.2~4.5.7에서 결정된 값을 사용한다. 건축물 이외의 일반강구조물의 허용휨응력은 4.5.2~4.5.7의 허용응력에 KDS 14 30 05의 4.2에 규정된 구조물별 허용응력 보정계수와 하중조합별 허용응력 보정계수를 곱한 값으로 한다.

4.5.2 허용휨응력

휨을 받는 부재의 허용휨응력 F_b 는 다음과 같이 산정한다.

4.5.2.1 강축휨을 받는 H형강 및 C형강

(1) 조밀단면

조밀단면인 경우에는 식 (4.5-1)을 적용한다. 단, 하이브리드보는 제외한다.

$$F_b = 0.66F_y \quad (4.5-1)$$

단, 휨부재 압축플랜지의 횡방향 비지지길이 L_b 는 휨부재의 한계비지지길이 L_c 보다 작아야 한다. 여기서, L_c 는 식 (4.5-2)와 식 (4.5-3) 중에서 작은 값으로 한다.

$$L_c = \frac{200b_f}{\sqrt{F_y}} \quad (4.5-2)$$

$$L_c = \frac{138,000}{(d/A_f)F_y} \quad (4.5-3)$$

(2) 비조밀 단면

① 플랜지는 비조밀요소이고 복부는 조밀요소인 압연형강의 경우에는 식 (4.5-4)를 적용한다.

단, 휨부재 압축플랜지의 횡방향 비지지길이 L_b 는 (1)항에서 규정한 휨부재의 한계비지지길이 L_c 보다 작아야 한다.

$$F_b = F_y \left[0.79 - 0.00076 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \quad (4.5-4)$$

② 플랜지가 비조밀요소인 조립단면인 경우에는 식 (4.5-5)를 적용한다. 단, 휨부재 압축플랜지의 횡방향 비지지길이 L_b 는 (1)항에서 규정한 휨부재의 한계비지지길이 L_c 보다 작아야 한다.

$$F_b = F_y \left[0.79 - 0.00076 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \right] \quad (4.5-5)$$

여기서, $h/t_w \leq 70$ 인 경우, $k_c = 1.0$

$$h/t_w > 70 \text{ 인 경우, } k_c = \frac{4.05}{(h/t_w)^{0.46}}$$

③ ①항과 ②항의 적용범위를 벗어난 비조밀단면의 휨부재로서 횡비지지길이 L_b 가 식 (4.5-2)의 한계비지지길이 L_c 보다 작은 경우에는 식 (4.5-6)을 적용한다.

$$F_b = 0.6F_y \quad (4.5-6)$$

④ 하이브리드 보는 ③항을 적용한다.

(3) $L_b > L_c$ 인 조밀단면과 비조밀단면

휨부재의 단면이 조밀단면 또는 비조밀단면인 경우에 적용한다.

① 인장측 허용휨응력은 다음과 같이 산정한다.

$$F_b = 0.6F_y \quad (4.5-7)$$

② H형강인 경우 압축측 허용휨응력은 다음 식 (4.5-8) 또는 식 (4.5-9)에 의해 산정한 값과 식 (4.5-10)에 의해 산정한 값 중 큰 값으로 한다. 다만, $0.6F_y$ 를 초과할 수 없다.

$$\text{가. } \sqrt{702,000 \frac{C_b}{F_y}} \leq \frac{L_b}{r_T} < \sqrt{3,510,000 \frac{C_b}{F_y}} \quad \text{인 경우}$$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{10,530,000 C_b} \right] F_y \quad (4.5-8)$$

$$\text{나. } \frac{L_b}{r_T} \geq \sqrt{3,510,000 \frac{C_b}{F_y}} \quad \text{인 경우}$$

$$F_b = 1,170,000 \frac{C_b}{(L_b/r_T)^2} \quad (4.5-9)$$

다. 모든 L_b/r_T 에 대하여

$$F_b = \frac{83,000 C_b}{L_b d / A_f} \quad (4.5-10)$$

여기서 L_b : 보의 횡비지지길이 (mm)

r_T : 압축 플랜지와 압축 복부 부분의 1/3을 합한 단면의 복부축에 대한 단면2차반경 (mm)

A_f : 압축 플랜지의 면적 (mm²)

$$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3$$

$C_b = 1.0$, 횡지지가 안된 캔틸레버보 또는 횡지지 구간 내의 모멘트가 횡지지

단부모멘트보다 큰 보의 경우

M_1 :보의 횡지지점 모멘트 중에서 작은 값 (N·mm)

M_2 :보의 횡지지점 모멘트 중에서 큰 값 (N·mm)

(M_1/M_2)는 단곡률 휨의 경우 부(-), 복곡률 휨의 경우 정(+)로 한다.

③ ㄷ형강인 경우 식 (4.5-10)을 적용한다.

④ 하이브리드 단면인 경우 식 (4.5-8) 또는 식 (4.5-9)를 적용한다.

4.5.2.2 약축힘을 받는 H형강, ㄷ형강 및 봉강

(1) H형강

H형강인 경우 비지지길이 L_b 에 대한 제한은 없다.

① 조밀단면인 경우

$$F_b = 0.75F_y \quad (4.5-11)$$

② 플랜지가 비조밀요소인 경우

$$F_b = F_y \left[1.075 - 0.0019 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \leq 0.75F_y \quad (4.5-12)$$

③ ②항의 적용범위를 벗어난 비조밀단면인 경우

$$F_b = 0.6F_y \quad (4.5-13)$$

(2) ㄷ형강

ㄷ형강의 경우 식 (4.5-13)을 적용한다.

(3) 봉강

원형 강봉, 정사각형 봉강, 약축에 대해 힘을 받는 직사각형 봉강인 경우에 식 (4.5-11)을 적용한다.

4.5.2.3 박스형 단면, 각형강관, 원형강관

(1) 조밀단면으로서 다음의 조건을 만족하는 경우 식 (4.5-14)를 적용한다.

$$F_b = 0.66F_y \quad (4.5-14)$$

① 단면의 높이 폭비 d/b 는 6 이하이어야 한다.

② 플랜지의 두께 t_f 는 복부의 두께 t_w 의 2배 이하이어야 한다.

③ 횡지지길이 L_b 는 식 (4.5-15)와 식 (4.5-16)의 L_c 중 큰 값 이하이어야 한다.

$$L_c = \left(13,400 + 8,300 \frac{M_1}{M_2} \right) \frac{b}{F_y} \quad (4.5-15)$$

$$L_c = 8,300 \frac{b}{F_y} \quad (4.5-16)$$

여기서, M_1/M_2 의 기호는 4.5.2.1에 따른다.

(2) (1)항의 적용범위를 벗어난 조밀단면과 비조밀단면의 경우

$$F_b = 0.6F_y \quad (4.5-17)$$

4.5.2.4 세장단면

휨부재의 단면이 세장단면인 경우, 국부좌굴을 고려하여 설계한다.

4.5.3 허용전단응력

4.5.3.1 형강의 복부가 전단력을 받는 경우

이 절은 형강보의 복부가 전단력을 받는 경우에 적용한다. 전단면적에 대한 허용전단응력 F_v 는 다음과 같이 산정한다.

(1) $h/t_w \leq 1,000/\sqrt{F_y}$ 인 경우

$$F_v = 0.4F_y \quad (4.5-18)$$

이 경우 전단면적은 보의 전체 높이 d 와 복부 두께 t_w 의 곱으로 산정한다.

(2) $h/t_w > 1,000/\sqrt{F_y}$ 인 경우

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} C_v \leq 0.4F_y \quad (4.5-19)$$

$$\text{여기서, } C_v \leq 0.8 \text{ 이면 } C_v = \frac{310,000k_v}{F_y(h/t_w)^2}$$

$$C_v > 0.8 \text{ 이면 } C_v = \frac{500}{h/t_w} \sqrt{\frac{k_v}{F_y}}$$

$$a/h \leq 1.0 \text{ 이면 } k_v = 4 + \frac{5.34}{(a/h)^2}$$

$$a/h > 1.0 \text{ 이면 } k_v = 5.34 + \frac{4}{(a/h)^2}$$

a : 수직 보강재 간격

h : 플랜지 사이의 순 높이

이 경우, 전단면적은 플랜지 사이의 복부 높이 h 와 복부 두께 t_w 의 곱으로 산정한다.

4.5.3.2 형강의 플랜지가 전단력을 받는 경우

형강보의 플랜지가 전단력을 받는 경우 전단면적에 대한 허용전단응력 F_v 는 식 (4.5-18)에 따른다.

4.5.4 중간 보강재

- (1) $h/t_w > 260$ 이고 최대전단응력 F_v 가 식 (4.5-19)보다 큰 경우 수직보강재가 필요하다.
- (2) 보강재가 필요한 경우, 그 간격은 전단응력이 식 (4.5-19) 또는 식 (4.5-42)의 허용전단응력을 초과하지 않도록 하여야 하며 다음 식 (4.5-20)을 만족하여야 한다. 다만, 식 (4.5-20)의 a/h 값은 3.0을 초과할 수 없다.

$$\frac{a}{h} \leq \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2 \quad (4.5-20)$$

4.5.5 복부 변단면부재

4.5.5.1 적용조건

변단면부재는 다음 제한조건을 만족할 경우에 이 규정을 적용할 수 있다.

- (1) 부재에 휨모멘트가 작용할 경우, 휨 작용면과 직각으로 교차하는 최소 1개 이상의 대칭축을 가져야 한다.
- (2) 플랜지는 등단면이어야 한다.
- (3) 변단면 부재의 높이는 다음과 같이 직선적으로 변화하여야 한다.

$$d = d_o \left(1 + \gamma \frac{z}{L} \right) \quad (4.5-21)$$

여기서, d_o : 변단면 부재에서 작은 단면의 높이 (mm)

d_L : 변단면 부재에서 큰 단면의 높이 (mm)

$\gamma = (d_L - d_o)/d_o$ 로서 0.268(L/d_o) 와 6.0중 작은 값 이하

z : 변단면 부재의 작은 단면에서부터의 거리 (mm)

L : 변단면 부재의 비지지길이 (mm)

4.5.5.2 허용인장응력

변단면 인장부재의 허용인장응력은 4.3.2를 따른다.

4.5.5.3 허용압축응력

변단면 압축부재의 허용압축응력 F_{cy} 는 유효세장비 S 에 따라 다음과 같이 산정한다.

- (1) $S \leq C_c$ 인 경우

$$F_{cy} = \frac{\left(1.0 - \frac{S^2}{2C_c^2}\right)F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3S}{8C_c} - \frac{S^3}{8C_c^3}} \quad (4.5-22)$$

(2) $S > C_c$ 인 경우

$$F_{c\gamma} = \frac{12\pi^2 E_s}{23S^2} \quad (4.5-23)$$

여기서, S : 약축 휨에 대해서는 KL/r_{oy} 이고, 강축 휨에 대해서는 $K_\gamma L/r_{ox}$

K : 등단면 부재의 유효길이계수

KL : 등단면 부재의 유효길이 (mm)

K_γ : 이론적 해석에 의해 결정된 변단면 부재의 유효길이계수

r_{ox} : 변단면 부재의 작은 단면에서 강축에 대한 단면2차반경 (mm)

r_{oy} : 변단면 부재의 작은 단면에서 약축에 대한 단면2차반경 (mm)

4.5.5.4 허용휨응력

변단면부재의 허용휨응력 $F_{b\gamma}$ 는 다음과 같이 산정한다.

(1) $F_{b\gamma} \leq F_y/3$ 인 경우

$$F_{b\gamma} = \frac{2}{3} \left[1.0 - \frac{F_y}{6B\sqrt{F_{s\gamma}^2 + F_{w\gamma}^2}} \right] F_y \leq 0.6F_y \quad (4.5-24)$$

(2) $F_{b\gamma} > F_y/3$ 인 경우

$$F_{b\gamma} = B\sqrt{F_{s\gamma}^2 + F_{w\gamma}^2} \quad (4.5-25)$$

식 (4.5-24)와 (4.5-25)에서,

$$F_{s\gamma} = \frac{83,000}{d_s L d_o / A_f} \quad (4.5-26)$$

$$F_{w\gamma} = \frac{1,170,000}{(d_w L / r_{To})^2} \quad (4.5-27)$$

$$d_s = 1.0 + 0.0230\gamma\sqrt{L d_o / A_f} \quad (4.5-28)$$

$$d_w = 1.0 + 0.00385\gamma\sqrt{L / r_{To}} \quad (4.5-29)$$

여기서, γ_{To} : 변단면 내 작은 단면에서 압축플랜지와 압축복부 부분의 1/3을 합한 단면의 복부 측에 대한 단면2차반경 (mm)

A_f : 압축플랜지의 단면적 (mm²)

또한 B 는 다음과 같이 결정된다.

① 연속 3구간으로 이루어진 부재에서 각 구간의 비지지길이가 거의 동일하고, 최대휨모멘트 M_2 가 가운데 구간에 존재하며 M_1 은 3구간 단부의 모멘트중 큰 모멘트일 때

$$B = 1.0 + 0.37\left(1.0 - \frac{M_1}{M_2}\right) + 0.5\gamma\left(1.0 - \frac{M_1}{M_2}\right) \geq 1.0 \quad (4.5-30)$$

- ② 비지지길이가 거의 동일한 두 인접 구간 중 큰 단면을 갖는 구간에서 최대휨응력 f_{b2} 가 발생하고, f_{b1} 은 부재의 2구간 중 작은 단부에서의 휨응력이라면

$$B = 1.0 + 0.58\left(1.0 - \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) + 0.7\gamma\left(1.0 - \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) \geq 1.0 \quad (4.5-31)$$

- ③ 부재의 비지지길이가 거의 동일한 인접한 2구간 중 작은 단면의 단부에서 최대휨응력 f_{b2} 가 발생하고, f_{b1} 은 부재의 2구간 중 큰 단면의 단부에서의 휨응력이라면

$$B = 1.0 + 0.55\left(1.0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) + 2.2\gamma\left(1.0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) \geq 1.0 \quad (4.5-32)$$

식 (4.5-30)~(4.5-32)에서, 높이 변화율 $\gamma = (d_L - d_o)/d_o$ 는 최대휨응력이 발생하는 비지지구간에서 산정한다. 또한 M_1/M_2 는 단곡률 휨의 경우 정(+)으로 하고, 복곡률 휨의 경우 $M_1/M_2 = 0$ 으로 한다. f_{b1}/f_{b2} 은 단곡률 휨의 경우 정(+)으로 하고, 복곡률 휨의 경우 f_{b1}/f_{b2} 는 부(-)로 한다. 또한 $f_{b1}/f_{b2} \neq 0$ 이다.

- ④ 변단면부재 또는 구간의 작은 단부에 발생된 휨응력이 0일 때

$$B = \frac{1.75}{1.0 + 0.25\sqrt{\gamma}} \quad (4.5-33)$$

여기서, 높이 변화율 $\gamma = (d_L - d_o)/d_o$ 는 휨응력이 0인 점에 인접한 구간에서 산정한다.

4.5.5.5 허용전단응력

변단면부재의 허용전단응력은 4.5.3을 따른다.

4.5.5.6 휨과 축력 조합

이 규정은 복부가 일정하게 변하는 변단면부재의 강축에 대하여 휨과 압축이 동시에 작용하는 경우에 적용한다.

- (1) 휨과 압축이 동시에 작용하는 경우 다음 식 (4.5-34)와 식 (4.5-35)를 만족하여야 한다.

$$\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}}\right) + \frac{C'_m}{\left(1 - \frac{f_{\alpha o}}{F_{e\gamma}}\right)} \left(\frac{f_{bl}}{F_{b\gamma}}\right) \leq 1.0 \quad (4.5-34)$$

$$\frac{f_c}{0.60F_y} + \frac{f_b}{F_{b\gamma}} \leq 1.0 \quad (4.5-35)$$

- (2) $f_{co}/F_{c\gamma} \leq 0.15$ 인 경우에는 식 (4.5-34)와 식 (4.5-35) 대신에 다음 식 (4.5-36)을 적용할 수 있다.

$$\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}}\right) + \left(\frac{f_{bl}}{F_{b\gamma}}\right) \leq 1.0 \quad (4.5-36)$$

여기서, $F_{c\gamma}$: 휨모멘트가 없는 경우 허용압축응력 (MPa)

$F_{b\gamma}$: 압축력이 없는 경우 허용휨응력 (MPa)

$$F_{c\gamma}' = \frac{12\pi^2 E_s}{23(K_\gamma L_b/r_{bo})^2}$$

L_b : 비지지길이 (mm)

r_{bo} : L_b 에 해당하는 작은 단부에서의 단면2차 반경 (mm)

f_{co} : 비지지 구간에서 최소 단면에서의 압축응력 (MPa)

f_{bl} : 비지지 구간에서 최대 단면에서의 휨응력 (MPa)

- ① 단곡률 휨을 일으키는 양단부 모멘트가 작용하고 양단부의 휨모멘트 크기가 거의 비슷할 경우

$$C_m' = 1.0 + 0.1\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}'}\right) + 0.3\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}'}\right)^2 \quad (4.5-37)$$

- ② 부재의 비지지 구간내 작은 단면의 단부에서 생기는 휨모멘트가 0일 경우

$$C_m' = 1.0 - 0.9\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}'}\right) + 0.6\left(\frac{f_{co}}{F_{c\gamma}'}\right)^2 \quad (4.5-38)$$

- (3) $KL/r \geq C_c$ 이고 조합응력을 전 구간에 걸쳐 점진적으로 검토할 경우에는 식 (4.5-34)와 식 (4.5-36)에서 f_{co} 대신에 f_c , f_{bl} 대신에 f_b 를 적용할 수 있다.

4.5.6 플레이트 거더

4.5.6.1 일반사항

- (1) 플레이트 거더는 H형 단면의 보로서 $h/t_w > 2,550/\sqrt{F_y}$ 인 경우에 적용한다.
- (2) 허용전단응력과 중간보강재 설계에 대해서는 4.5.3와 4.5.4의 해당하는 항을 적용하고, 인장 역작용을 고려하는 경우 4.5.6.3과 4.5.6.4를 적용한다.
- (3) 복부의 판폭두께비의 상한값은 보강재 간격 a 에 따라 다음과 같이 산정한다.
 - ① 중간 보강재가 없는 경우 또는 $a/h > 1.5$ 인 경우

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{96,000}{\sqrt{F_{yf}(F_{yf} + 1.14)}} \quad (4.5-39)$$

② $a/h \leq 1.5$ 인 경우

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{5,250}{\sqrt{F_{yf}}} \quad (4.5-40)$$

4.5.6.2 허용휨응력

복부판의 판폭두께비가 $2,550/\sqrt{F_y}$ 를 초과하는 경우에 압축플랜지의 최대허용휨응력 F'_b 는 다음 식 (4.5-41)의 값을 초과하지 않아야 한다.

$$F'_b \leq F_b R_{PG} R_e \quad (4.5-41)$$

여기서, F_b : 4.5.2에서 산정된 허용휨응력 (MPa)

$$R_{PG} = 1 - 0.0005 \left(\frac{A_w}{A_f} \right) \left(\frac{h}{t} - \frac{2,000}{\sqrt{F_b}} \right) \leq 1.0$$

$$R_e = \frac{12 + \left(\frac{A_w}{A_f} \right) (3\alpha - \alpha^3)}{12 + 2 \left(\frac{A_w}{A_f} \right)} \leq 1.0$$

(하이브리드보가 아닌 경우 $R_e = 1.0$ 로 한다.)

A_w : 복부판의 단면적 (mm^2)

A_f : 압축 플랜지 단면적 (mm^2)

$$\alpha = 0.6 \left(\frac{F_{yw}}{F_b} \right) \leq 1.0$$

4.5.6.3 인장역 작용을 이용한 허용전단응력

- (1) (2)항의 경우를 제외하고 복부판의 평균전단응력 f_v 는 식 (4.5-19)의 값을 초과할 수 없다.
- (2) 하이브리드거더가 아닌 일반거더에서 중간보강재가 4.5.6.4의 규정을 만족시키고 $C_v \leq 1.0$ 일 경우에는 식 (4.5-19)의 허용전단응력 대신에 인장역 작용을 고려한 다음 식 (4.5-42)를 적용할 수 있다.

$$F_v = \frac{F_{yw}}{2.89} \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \leq 0.40 F_{yw} \quad (4.5-42)$$

4.5.6.4 중간 보강재

- (1) 중간 보강재는 4.5.4 규정을 만족하여야 한다.
- (2) 인장역 작용을 이용하여 단부 패널, 큰 구멍이 있는 패널, 큰 구멍이 있는 패널의 인접패널 등을 설계하는 경우 f_v 의 값은 식 (4.5-19) 이하이어야 한다.
- (3) 복부판과 보강재를 접합하는 볼트의 중심간격은 300 mm 이하이어야 하고, 단속 필렛용접을 할 경우에 용접부의 순거리는 복부판 두께의 16배 이하이고 250 mm 이하로 한다.

- (4) 복부판 중심축에 대한 양면 보강재 또는 단일 보강재의 단면2차모멘트 I_{st} 는 다음의 식 (4.5-43)을 만족하여야 한다.

$$I_{st} \geq \left(\frac{h}{50} \right)^4 \quad (4.5-43)$$

- (5) 식 (4.5-42)에 의해 간격이 설계된 중간보강재의 전체 단면적(양면일 경우 총단면적) A_{st} 는 다음 식 (4.5-44)을 만족하여야 한다.

$$A_{st} \geq \frac{1 - C_v}{2} \left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h} \right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h} \right)^2}} \right] YDht \quad (4.5-44)$$

여기서, C_v , a , h , t 는 4.5.3을 참조

Y = 보강재의 항복강도에 대한 복부판의 항복강도의 비

$D = 1.0$: 양면 보강재

1.8 : 단일 $\neg$ 형강 보강재

2.4 : 단일 플레이트 보강재

패널의 전단응력 f_v 가 식 (4.5-42)의 값보다 작으면 전체 단면적 A_{st} 를 비례식으로 감소할 수 있다.

- (6) 식 (4.5-42)에 의해 설계된 중간 보강재는 전체 전단력(단위길이당 전단력)을 전달하기 위해 연결되는데, 단일 또는 양면 보강재의 단위길이당 힘(N/mm)의 값이 식 (4.5-45)을 초과하여야 한다.

$$f_{vs} = h \sqrt{\left(\frac{F_{yw}}{650} \right)^3} \quad (4.5-45)$$

단, 인접패널의 최대전단응력 f_v 가 식 (4.5-42)의 허용치보다 작도록 같은 비율로 전단전달은 감소시킬 수 있다. 그러나, 집중하중이나 반력을 복부판에 전달하기 위한 중간 보강재의 용접은 하중이나 반력 이상을 지지하여야 한다.

- (7) 중간 보강재에 집중하중이나 반력이 작용하지 않아서 지압내력이 필요하지 않으면 인장플랜지와 만나는 중간 보강재는 인장플랜지에 연결하지 않아도 된다. 중간 보강재와 복부판의 용접은 복부판과 플랜지의 용접단으로부터 복부판두께 (t_w)의 4~6배 사이에서 끝을 낸다. 단일 보강재의 경우에는 플레이트의 비틀림에 의한 들림현상을 방지하기 위해 압축플랜지와 연결한다. 횡가새가 한쪽 또는 양쪽의 보강재에 설치될 경우에는 플랜지 응력의 1%를 가새가 부담하도록 하기 위해 보강재와 플랜지를 연결한다.

4.5.6.5 전단과 인장응력의 조합

인장역작용을 이용하기 위해 식 (4.5-42)에 의해 설계된 플레이트거더의 복부판에서 모멘트에 의한 휨인장응력 f_{tw} 는 $0.60 F_y$ 이하이어야 하고 다음 식 (4.5-46)를 만족하여야 한다.

$$f_{tw} \leq \left(0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v} \right) F_y \quad (4.5-46)$$

여기서, f_v : 복부판 평균전단응력 (복부판 단면적으로 나눈 전단응력)

F_v : 식 (4.5.42)에 의한 복부판 허용전단응력

4.5.7 집중하중을 받는 플랜지 및 복부판

- (1) H형 단면재에서 한쪽 플랜지에 수직이며 복부판에 대하여 대칭인 집중하중을 받는 경우에 플랜지 및 복부판은 플랜지의 국부휨, 복부판의 국부항복, 복부판 크립플링, 복부판 횡좌굴에 대하여 4.5.7.1, 4.5.7.2, 4.5.7.3, 4.5.7.4에 의해 설계한다.
- (2) 양측의 플랜지에서 집중하중을 받는 경우에 복부판은 복부판 국부항복, 복부판 크리플링 및 복부판의 압축좌굴에 대하여 4.5.7.2, 4.5.7.3, 4.5.7.5에 의해 설계한다.
- (3) 집중하중이 작용하는 점에서 복부판의 양측에 있는 1쌍의 보강재 높이가 작용면으로부터 단면높이의 1/2 이상이면 4.5.7.1 및 4.5.7.2의 검토를 하지 않아도 된다.
- (4) 큰 전단력을 받는 기둥의 복부판은 4.5.7.6에 의해 설계한다.
- (5) 보강재의 설계는 4.5.7.7에 따른다.

4.5.7.1 플랜지의 국부휨강도

플랜지의 두께가 식 (4.5-47)보다 작을 때, 인장플랜지 반대쪽에 1쌍의 보강재를 배치한다.

$$0.4 \sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} \quad (4.5-47)$$

여기서, F_{yc} : 기둥의 항복강도 (MPa)

P_{bf} : 플랜지 또는 모멘트 집합판에 의하여 전달되는 힘(N)으로, 활하중과 고정하중만에 작용할 경우는 5/3을 곱하고, 활하중과 고정하중에 풍하중 또는 지진하중이 부가될 때는 4/3을 곱한다.

단, 플랜지 단면에 하중을 전달하는 부재의 폭이 플랜지 폭 b_f 의 0.15배 이하이면 식 (4.5-47)의 검토는 필요하지 않다.

4.5.7.2 복부판의 국부항복강도

집중하중에 의한 복부판 필렛 선단부의 압축응력이 $0.66 F_y$ 를 초과하면 보강재를 배치한다.

(1) 인장 또는 압축 집중력의 작용점이 부재 단부에서 부재 높이 d 이상 떨어져 있을 때

$$\frac{R}{t_w(l_c + 5k)} \leq 0.66 F_y \quad (4.5-48)$$

(2) 상기 집중력의 작용점이 부재 단부에서 부재 높이 보다 작은 거리에 있을 때

$$\frac{R}{t_w(l_c + 2.5k)} \leq 0.66 F_y \quad (4.5-49)$$

여기서, R : 집중력 또는 반력 (N)

k : 플랜지 표면에서 복부판 필렛 선단까지의 거리 (mm)

l_c : 집중력이 작용하는 폭 (단부 반력인 경우 k 이상의 값) (mm)

t_w : 복부판의 두께 (mm)

4.5.7.3 복부판의 크리플링강도

압축력이 다음 제한값을 초과할 때 집중력을 받는 복부판에 보강재를 배치한다.

(1) 집중력이 재단에서 $d/2$ 이상 떨어진 위치에서 작용할 때

$$R_n = 180 t_w^2 \left[1 + 3 \frac{l_c}{d} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (4.5-50)$$

(2) 집중력이 재단에서 $d/2$ 미만 떨어진 위치에서 작용할 때

$$R_n = 90 t_w^2 \left[1 + 3 \frac{l_c}{d} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (4.5-51)$$

여기서, F_{yw} : 복부판의 항복강도 (MPa)

d : H형 단면재의 전체 높이 (mm)

t_f : 플랜지의 두께 (mm)

보강재의 길이가 복부판 높이 $1/2$ 이상이면, 식 (4.5-50)과 식 (4.5-51)의 검토는 필요하지 않다.

4.5.7.4 복부판의 횡좌굴강도

집중 압축하중을 받는 부재가 보강재 또는 가새에 의해 플랜지의 횡방향 이동이 구속되어 있지 않고 압축력이 다음의 제한값 R 을 초과할 때, 복부판에 지압형 보강재를 설치한다.

(1) 하중을 받는 플랜지가 회전에 대해 구속되어 있고 $(d_c/t_w)/(l/b_f)$ 가 2.3미만일 때

$$R = \frac{48,000 t_w^3}{h} \left[1 + 0.4 \left(\frac{d_c/t_w}{l/b_f} \right)^3 \right] \quad (4.5-52)$$

(2) 하중을 받는 플랜지가 회전에 대해 구속되어 있지 않고 $(d_c/t_w)/(l/b_f)$ 가 1.7미만일 때

$$R = \frac{48,000t_w^3}{h} \left[0.4 \left(\frac{d_c/t_w}{l/b_f} \right)^3 \right] \quad (4.5-53)$$

여기서, l : 하중점에서 각 플랜지의 횡방향 비지지길이 (mm)

b_f : 플랜지의 폭 (mm)

$d_c = d - 2k$: 필렛 부분을 공제한 복부판의 순 높이(mm)

다만, $(d_c/t_w)/(l/b_f)$ 의 값이 2.3 또는 1.7을 초과하거나 복부판가 등분포하중을 받는 경우 식 (4.5-52) 또는 식 (4.5-53)의 검토는 필요하지 않다.

4.5.7.5 복부판의 압축좌굴강도

필렛 반경을 감한 복부판의 순높이 h_c 가 식 (4.5-54)보다 큰 경우, 양쪽 플랜지에 집중력을 받는 비보강 복부판에 대하여 1개 또는 1쌍의 보강재를 압축플랜지 반대편에 배치한다.

$$\frac{10,800 t_{wc}^3 \sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}} \quad (4.5-54)$$

여기서, P_{bf} : 접합부에서의 보 플랜지의 내력(N)

t_{wc} : 기둥 복부판의 두께 (mm)

F_{yc} : 기둥의 항복강도 (MPa)

4.5.7.6 패널영역의 전단강도

큰 전단력을 받는 패널영역의 경우, 패널영역의 허용전단응력은 4.5.3에 따라 산정한다.
패널영역의 전단응력은 다음 식에 따라 산정한다.

$$f_s = \frac{1}{A_p} \left[\frac{(M_{b1} + M_{b2})}{(d_b - t_f)} - V_c \right] \quad (4.5-55)$$

여기서, $A_p = d_c t_{wc}$

d_c : 기둥단면의 높이 (mm)

t_{wc} : 기둥 단면의 복부판 두께 (mm)

M_{b1}, M_{b2} : 양단보의 휨모멘트 (N · mm)

d_b : 보의 높이 (mm)

t_f : 보 플랜지의 두께 (mm)

V_c : 기둥의 전단력 (N)

4.5.7.7 집중하중이 작용하는 부분의 보강재

- (1) 보 또는 기둥의 중간부에 집중력이 작용하는 점 또는 보 단부에서는 필요시 4.5.7.1~4.5.7.5에 따라 복부판의 양측에 한 쌍의 보강재를 배치한다.
- (2) 4.5.7.1, 4.5.7.2 또는 식 (4.5-56)에 따라 보강재가 필요한 경우, 다음의 경우를 제외하고 보강재의 길이를 복부판 높이의 절반보다 길게 할 필요가 없다. 4.5.7.3과 4.5.7.5에 따라 보강재를 산정하는 경우, 복부판 높이 전체에 한 쌍의 보강재를 배치하고, 부재 중간(복부판 유효폭 $25 t_w$) 및 단부(복부판 유효폭 $12 t_w$)의 보강재는 +자형 단면으로서 유효좌굴길이 $0.75 h$ 의 압축재로 4.4.3에 따라 설계한다.
- (3) 플랜지에 수직으로 작용하는 힘이 인장력인 경우, 보강재는 집중력을 받는 플랜지에 용접한다. 플랜지에 수직으로 작용하는 힘이 압축력의 경우, 보강재는 집중력을 받는 플랜지에 밀착시키거나 용접한다.

$$A_{st} = \frac{P_{bf} - F_{yc} t_{wc} (t_b + 5k)}{F_{yst}} \quad (4.5-56)$$

여기서, F_{yst} : 보강재 항복강도 (MPa)

k : 기둥플랜지 표면에서 복부판 필렛 선단까지의 거리 (mm)

t_b : 집중력을 전달하는 플랜지 또는 접합판의 두께 (mm)

- (4) 보 단부 접합에서 플랜지 또는 모멘트 접합판을 H형단면 기둥의 플랜지에 용접할 때, 식 (4.5-56)의 단면적 A_{st} 가 양(+)이면 그 이상의 값을 갖는 기둥의 복부판 보강재 1쌍을 배치한다.
- (5) 4.5.7.1, 4.5.7.4 및 식 (4.5-56)에 의한 보강재는 다음 기준에 따른다.
 - ① 각 보강재의 폭과 기둥 복부판 두께 1/2의 합은 집중력을 전달하는 플랜지폭 또는 판폭의 1/3 이상으로 한다.
 - ② 보강재의 두께는 집중력을 전달하는 플랜지 또는 판 두께의 1/2 이상으로 한다.
 - ③ 기둥 복부판에 용접된 보강재는 기둥 불균형모멘트에 의해 유발되는 힘을 전달하도록 크기를 정한다.

4.6 조합력을 받는 부재

4.6.1 일반사항

이 절은 축력과 휨모멘트를 받는 1축 또는 2축 대칭인 단면재에 적용한다.

4.6.2 축압축과 휨

축압축과 휨을 함께 받는 부재는 다음 식 (4.6-1)과 식 (4.6-2)를 만족하여야 한다.

$$\frac{f_c}{F_c} + \frac{C_{mx}f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_c}{F'_{ex}}\right)F_{bx}} + \frac{C_{my}f_{by}}{\left(1 - \frac{f_c}{F'_{ey}}\right)F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.6-1)$$

$$\frac{f_c}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.6-2)$$

다만, $f_c/F_c \leq 0.15$ 일 경우 식 (4.6-1)과 식 (4.6-2) 대신에 식 (4.6-3)을 적용할 수 있다.

$$\frac{f_c}{F_c} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.6-3)$$

여기서, F_c : 압축력만이 존재할 때의 허용압축응력 (MPa)

F_b : 휨모멘트만이 존재할 때의 허용휨응력 (MPa)

$F'_e = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL_b/r_b)^2}$: 안전율을 포함한 오일러 좌굴응력 (MPa)

L_b : 휨부재의 비지지길이 (mm)

r_b : L_b 에 대응하는 단면2차반경 (mm)

K : 좌굴길이계수

f_c : 축압축응력 (MPa)

f_b : 휨압축응력 (MPa)

C_m : 1) 휨면 내에서 절점의 이동이 구속되고, 그 지지점 사이에 수평하중을 받지 않는 골조 내에서 구속된 압축재의 경우 : $C_m = 0.6 - 0.4 (M_1/M_2)$

여기서, M_1/M_2 는 휨면 내에서 구속되지 않은 부재 양단부 모멘트 중 큰 단부모멘트에 대한 작은 단부모멘트의 비율이다. 그리고 M_1/M_2 의 부호는 부재가 단곡률 휨인 경우 부(-), 복곡률 휨인 경우 정(+)이다.

2) 하중면 내에서 절점 이동이 구속되어 있고, 그 지지점 사이에 수평하중을 받는 골조 내의 압축재에 대해서 C_m 의 값은 엄밀한 해석에 의하지 않는 경우 다음 값을 따른다.

단부회전이 구속된 부재의 경우 : $C_m = 0.85$

단부회전이 구속되지 않은 부재의 경우 : $C_m = 1.00$

4.6.3 축인장과 휨

축인장과 휨을 함께 받는 부재는 다음 식 (4.6-5)를 만족하여야 한다.

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.6-5)$$

여기서, F_t : 허용인장응력 (MPa)

f_t : 축인장응력 (MPa)

f_b : 휨인장응력 (MPa)

4.7 합성부재

4.7.1 일반사항

4.7.1.1 적용범위

이 절은 압연형강, 용접형강, 조립형강이 구조용 콘크리트와 함께 거동하도록 구성된 합성기둥과 합성보에 적용한다.

4.7.1.2 골조해석 기본사항

- (1) 합성부재 및 접합부의 내력 산정을 위해서는 작용하중 단계마다 적용되는 유효단면을 적절히 고려하여야 한다.
- (2) 합성기둥의 압축강성과 휨강성은 정확한 계산에 의하지 않을 경우, 철근 단면을 제외한 콘크리트의 전체 단면과 강재 단면만의 완전합성으로 환산하여 환산단면적과 환산단면2차모멘트를 계산할 수 있다.
- (3) 연속합성보의 휨강성 산정에서 환산단면2차모멘트 값은 정모멘트 구간의 값으로 사용하며, 보의 경간 전체에 대해서 균등하다고 가정할 수 있다.
- (4) 합성단면으로서의 콘크리트에 하중이 지속적으로 작용하는 경우 콘크리트 크리프에 의한 영향을 고려한다.
- (5) 콘크리트 건조수축에 의한 영향을 고려한다.

4.7.2 압축재

4.7.2.1 적용범위

- (1) 이 규정은 철근콘크리트 단면 내에 강재 형강이 매입된 매입형 합성기둥과 강관 내부에 콘크리트를 충전한 충전형 합성기둥에 적용한다.
- (2) 합성기둥의 단면형상은 2축 대칭이어야 하며, 전체 길이에 걸쳐 등단면이어야 한다.

4.7.2.2 구조 제한

- (1) 매입형과 충전형 합성기둥의 공통적인 구조 제한
 - ① 합성기둥 단면에서의 강재 단면적은 총단면적의 1% 이상으로 한다.
 - ② 콘크리트의 설계기준강도 f_{ck} 는 21 MPa 이상으로 한다.
 - ③ 강재와 철근의 설계기준 항복강도는 650 MPa 이하로 한다. 다만, 이 값을 초과할 경우에는 650 MPa 를 적용할 수 있다.
 - ④ 기둥과 보의 접합부에서 합성기둥의 유효단면을 연속적으로 확보하기 위해서는 콘크리트의 불완전 충전 등 접합부위에서 단면 결손이 생겨서는 안 된다.

(2) 매입형 합성기둥의 구조 제한

- ① 주철근비는 0.4% 이상이며 4% 미만으로 한다. 주철근비가 0.4% 미만으로 합성될 경우, 철근 및 콘크리트 효과를 무시하고 강재단면만으로 설계할 수 있다.
- ② 합성기둥 내의 띠철근 배치간격은 기둥단면 최소폭의 2/3 또는 300 mm 이하로 하며 기둥 상하단에서 첫 번째 철근은 일반 띠철근 간격의 1/2 이내로 배치한다. 또한, 띠철근의 단면적비는 다음 식을 만족하여야 한다.

$$\frac{A_h}{h s} \geq 0.001 \quad (4.7-1)$$

여기서, A_h : 띠철근 총단면적 (mm^2)

h : 장변방향의 기둥 폭 (mm)

s : 띠철근 간격 (mm)

- ③ 철근의 피복두께는 40 mm 이상이어야 하며, 강재와 철근과의 간격은 25 mm 이상이어야 한다.
- ④ 모든 주근은 띠철근의 모서리에 위치하거나 보조 띠철근으로 긴결되어 국부좌굴이 방지되도록 구속되어야 한다. 다만, 어떤 주근의 좌우 150 mm 이내에 띠철근의 모서리가 있는 경우에 이 주근도 국부좌굴에 대해 구속된 것으로 간주한다.

(3) 충전형 합성기둥의 구조 제한

- ① 각형강관의 판폭두께비 b/t 는 $\sqrt{3E_s/F_y}$ 이하이며, 원형강관의 지름두께비 D/t 는 $\sqrt{8E_s/F_y}$ 이하이어야 한다.
- ② 주근이 포함될 경우, 주근비는 4% 미만이어야 한다.

4.7.2.3 단면성능

합성기둥 부재의 허용응력 산정에서 사용되는 단면적, 항복강도, 단면2차반경, 탄성계수는 다음과 같다.

(1) 합성단면적 A_m

합성단면적은 강재만의 단면적 A_s 를 사용한다.

$$A_m = A_s \quad (4.7-2)$$

(2) 합성항복강도 F_{ym}

① 매입형 합성기둥

$$F_{ym} = F_y + 0.7 F_{yr} \frac{A_r}{A_s} + 0.6 f_{ck} \frac{A_c}{A_s} \quad (4.7-3)$$

② 충전형 각형강관 합성기둥

$$F_{ym} = F_y + F_{yr} \frac{A_r}{A_s} + 0.6 f_{ck} \frac{A_c}{A_s} \quad (4.7-4)$$

③ 충전형 원형강관 합성기둥

$$F_{ym} = F_y + F_{yr} \frac{A_r}{A_s} + \left(1 + 1.8 \frac{t}{D} \frac{F_y}{f_{ck}}\right) 0.6 f_{ck} \frac{A_c}{A_s} \quad (4.7-5)$$

여기서, F_{yr} : 주근 항복강도 (MPa)

A_r : 주근 단면적 (mm²)

A_c : 콘크리트 단면적 (mm²)

t : 원형강관 두께 (mm)

D : 원형강관 외경 (mm)

(3) 합성단면의 단면2차회전반경 r_m

$$r_m = r_s \quad (4.7-6)$$

여기서, r_s : 강재만의 단면2차회전반경 (mm). 다만, 매입형 합성기둥에서 r_s 가 합성단면 폭의 0.3배 이하인 경우에는 0.3배의 값으로 한다.

(4) 합성탄성계수 E_m

기둥의 좌굴을 고려시에만 사용하는 합성탄성계수는 다음과 같다.

① 매입형 합성기둥

$$E_m = E_s + 0.2 E_c \frac{A_c}{A_s} \quad (4.7-7)$$

② 충전형 합성기둥

$$E_m = E_s + 0.4 E_c \frac{A_c}{A_s} \quad (4.7-8)$$

여기서, E_c 는 KDS 14 20 10(4.3)에 따른다.

(5) 합성단면계수 S_m

① 매입형 합성기둥

$$S_m = S_s + \frac{A_r}{3} (h_2 - 2c_r) \frac{F_{yr}}{F_y} + A_w \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w F_y}{1.7 f_{ck} h_1} \right) \quad (4.7-9)$$

② 충전형 합성기둥

$$S_m = S_s + \frac{A_r}{3} (h_2 - 2c_r) \frac{F_{yr}}{F_y} \quad (4.7-10)$$

여기서, S_s : 강재의 단면계수 (mm^3)

A_w : 강재의 복부판 단면적 (mm^2)

h_1 : 휨면에 대한 기둥 전체 단면의 폭 (mm)

h_2 : 휨면에 대한 기둥 전체 단면의 높이 (mm)

c_r : 압축측 주근 중심으로부터 측정한 압축측 콘크리트 면까지의 거리와 인장측 주근 중심으로부터 측정한 인장측 콘크리트 면까지의 거리의 평균값 (mm)

4.7.2.4 합성기둥의 허용응력

(1) 허용압축응력

합성기둥의 허용압축응력 F_c 산정은 4.4의 강재 허용압축응력 산정방법과 동일하며, 다만 합성부재의 단면성능 A_m, r_m, F_{ym}, E_m 을 4.4의 압축재 식의 A_g, r, F_y, E_s 대신에 각각 적용하여 산정한다.

(2) 허용휨응력

① 매입형 합성기둥

$$F_b = 0.66 F_y \quad (4.7-11)$$

② 충전형 합성기둥

$$F_b = 0.75 F_y \quad (4.7-12)$$

(3) 허용전단응력

$$F_v = 0.4 F_y \quad (4.7-13)$$

4.7.2.5 매입형 합성기둥에서 이음부와 주각의 축하중 전달

(1) 기둥 이음부의 축하중 전달

① 합성기둥에서 콘크리트가 부담하는 허용압축력 P_{ac} 는 이음부 콘크리트의 지압에 의해 지지되도록 다음 식을 만족하여야 한다.

$$P_{ac} \leq 0.35 f_{ck} A_{bc} \sqrt{\frac{A_{bc}'}{A_{bc}}} \quad (4.7-14)$$

다만, $\sqrt{\frac{A_{bc}'}{A_{bc}}} \leq 2$ 이어야 한다.

$$\text{여기서, } P_{ac} = \frac{0.6 f_{ck} A_c}{F_{ym} A_m} P_a$$

$$P_a = F_c A_m$$

A_{bc} : 이음부 상하에서 콘크리트가 직접 접촉하는 지압면의 면적 (mm^2)

A_{bc}' : 이음부 상부의 재하면적으로부터 수직 1, 수평 2의 비율로 측면경사를 취하여, 지지부 내부에 완전히 포함된 가장 큰 피라미드, 원뿔 또는 경사진 쉼기 모양의 하부 면적 (mm^2)

② 합성기둥의 이음부 콘크리트가 횡팽창에 대해 구속되었을 경우에는 다음 식에 따른다.

$$P_{ac} \leq 0.7 f_{ck} A_{bc} \quad (4.7-15)$$

(2) 주각부의 축하중 전달

① 베이스플레이트 밑면의 콘크리트 지압

합성기둥 주각부에 설치되는 베이스플레이트는 다음 식으로 산정한다.

$$P_{as} \leq 0.7 f_{ck} A_{bp} \quad (4.7-16)$$

$$\text{여기서, } P_{as} = \frac{F_y}{F_{ym}} P_a$$

A_{bp} : 베이스플레이트의 면적 (mm²)

② 합성기둥 밑면 전체 단면에 대한 콘크리트의 지압

합성기둥 주각부 밑면의 전체 단면에 대한 콘크리트의 지압은 다음과 같이 검토한다.

$$P_a \leq 0.35 f_{ck} A_g \sqrt{\frac{A_g'}{A_g}} \quad (4.7-17)$$

다만, $\sqrt{\frac{A_g'}{A_g}} \leq 2$ 이어야 한다.

여기서, A_g : 합성기둥 주각부 밑면의 전체 단면적 (mm²)

A_g' : 합성기둥 상부의 재하면적으로부터 수직 1, 수평 2의 비율로 측면경사를 취하여, 지지부 내부에 완전히 포함된 가장 큰 피라미드, 원뿔 또는 경사진 켜기 모양의 하부 면적 (mm²)

③ 합성기둥에서 콘크리트가 부담하는 허용압축력 P_{ac} 는 베이스플레이트 면적을 제외한 합성기둥 단면이 직접 접촉하는 콘크리트 지압면의 허용지압강도를 초과할 수 없다.

$$P_{ac} \leq 0.7 f_{ck} (A_g - A_{bp}) \quad (4.7-18)$$

4.7.3 휨 부재

4.7.3.1 적용범위

- (1) 이 규정은 압연형강 또는 용접형강이 구조용 콘크리트와 함께 거동하는 합성보에 적용한다.
강재 보의 형강은 좌우 대칭인 단면이어야 하며, 하이브리드보 단면을 사용할 수 있다.
- (2) 이 규정은 노출형 합성보와 매입형 합성보 모두에 적용한다.
- (3) 노출형 합성보는 강재 보와 콘크리트 슬래브가 전단연결재로 연결되어야 하며, 일정한 두께의 콘크리트 슬래브나 데크플레이트를 사용한 슬래브 모두에 해당된다.

- (4) 노출형 합성보는 전단연결재의 사용 정도에 따라 완전합성보와 불완전합성보로 분류하며, 불완전합성보는 작은보에만 허용된다.

4.7.3.2 구조 제한

(1) 데크플레이트와 결합된 노출형 합성보

- ① 동바리를 사용하지 않을 경우, 콘크리트가 설계기준강도 f_{ck} 의 75%에 도달하기 전에 작용하는 모든 시공하중을 지지할 수 있도록 강재단면을 설계하여야 한다.
- ② 데크플레이트의 공칭 골 깊이는 75 mm 이하이어야 하며, 골의 폭 또는 헨치의 평균 폭 w_r 은 50 mm 이상이어야 한다.
- ③ 콘크리트 슬래브와 강재 보를 연결하는 스티드연결재는 지름이 22 mm 이하이어야 하며, 부착 후 데크플레이트 상단 위로 35 mm 이상 돌출되어야 한다.
- ④ 데크플레이트 상단 위의 콘크리트 두께는 50 mm 이상이어야 한다.

(2) 매입형 합성보

- ① 강재보의 측면과 하부는 피복두께가 50 mm 이상이어야 한다.
- ② 강재보의 상단은 슬래브의 상부 면에서 최소 40 mm 아래에, 슬래브 하부 면에서 최소 50 mm 위에 설치되어야 한다.
- ③ 콘크리트는 탈락 방지를 위하여 스티럽, 와이어메시 또는 기타 철물로 적절하게 보강되어야 한다.

4.7.3.3 합성보의 유효폭

보 중심을 기준으로 좌우 각 방향에 대한 콘크리트 슬래브의 유효폭은 다음 중에서 최솟값을 택하여 결정한다.

- (1) 보 스패(지지점의 중심간)의 1/8
- (2) 보 중심선에서 인접 보 중심선까지 거리의 1/2
- (3) 보 중심선에서 슬래브 가장자리까지의 거리

4.7.3.4 단면설계 가정

(1) 데크플레이트 골 내부의 콘크리트

- ① 데크플레이트의 골 방향이 강재 보와 평행인 경우에는 골 내부의 콘크리트를 단면특성 계산에 포함할 수 있고, 강재 보에 직각인 경우에는 포함할 수 없다.
- ② 강재보에 직각인 경우에 있어서 데크플레이트가 연속하지 않고 절단 및 격리되어 있으면, 격리된 부분에 채워진 콘크리트는 포함할 수 있다.

(2) 응력분포와 환산단면

합성부재의 각 부분 응력은 탄성응력분포로 가정하며, 인장측 콘크리트 단면은 무시하고, 압축측 콘크리트 단면은 탄성계수비로 나눈 환산단면으로 취급한다.

(3) 횡좌굴

정모멘트의 경우에는 슬래브의 구속 효과에 의해 보의 횡좌굴을 고려하지 않아도 되며, 부모멘트의 경우에는 하부 플랜지가 압축력을 받으므로 횡좌굴을 고려하여야 한다.

(4) 불완전합성보의 단면성능

① 유효단면2차모멘트

$$I_e = I_s + \sqrt{\frac{V_h'}{V_h}} (I_{tr} - I_s) \quad (4.7-19)$$

여기서, V_h : 완전합성보의 수평전단력 (N)

V_h' : 불완전합성보의 수평전단력 (N)

I_{tr} : 합성보의 환산단면2차모멘트 (mm^4)

② 인장측 유효단면계수

$$S_{te} = S_{ts} + \sqrt{\frac{V_h'}{V_h}} (S_{ttr} - S_{ts}) \quad (4.7-20)$$

여기서, S_{ts} : 강재 보만의 인장측에 대한 환산단면계수 (mm^3)

S_{ttr} : 합성보의 인장측에 대한 환산단면계수 (mm^3)

③ 압축측 유효단면계수

$$S_{ce} = \sqrt{\frac{V_h'}{V_h}} S_{ctr} \quad (4.7-21)$$

여기서, S_{ctr} : 합성보의 압축측에 대한 환산단면계수 (mm^3)

(5) 장기하중에 대한 허용휨응력

① 강재 부분

$$F_b = 0.66 F_y \quad (4.7-22)$$

② 콘크리트 부분

$$F_{bc} = 0.4 f_{ck} \quad (4.7-23)$$

4.7.3.5 노출형 합성보의 정모멘트에 대한 설계

(1) 시공 중에 동바리를 설치하지 않는 경우

① 시공하중을 포함하여 콘크리트 경화 이전의 하중에 대한 강재 보 단면만의 응력은 단기허용휨응력 이하이어야 한다.

- ② 건축물 사용시의 고정하중 및 활하중에 대한 합성단면의 강재 부분 응력은 허용휨응력 F_b 이하이어야 한다.
- ③ 콘크리트 경화 이전의 하중에 대한 강재 보 단면만의 응력과 콘크리트 경화 이후의 하중에 대한 합성단면의 강재 부분 응력의 합은 $0.9 F_y$ 이하이어야 한다.
- ④ 콘크리트 경화 이후의 하중에 대한 합성단면의 콘크리트 부분 응력은 환산단면계수를 사용하여 검토하며 허용휨응력 F_{bc} 이하이어야 한다.

(2) 시공중에 동바리를 설치하는 경우

- ① 건축물 사용 시의 고정하중 및 활하중에 대한 합성단면의 강재 부분 응력은 허용휨응력 F_b 이하이어야 한다.
- ② 건축물 사용시의 고정하중 및 활하중에 대한 합성단면의 콘크리트 부분 응력은 환산단면계수를 사용하여 검토하며 허용휨응력 F_{bc} 이하이어야 한다.

4.7.3.6 노출형 합성보의 부모멘트에 대한 설계

다음 조건을 모두 만족하면 유효폭 슬래브 내의 종방향 철근을 합성보의 단면설계에 포함할 수 있다.

- (1) 강재보가 조밀단면이며 적절히 횡지지된 경우
- (2) 전단연결재가 설치된 경우
- (3) 유효폭 내의 슬래브 철근이 적절히 이음 또는 정착된 경우

4.7.3.7 매입형 합성보의 설계

- (1) 콘크리트에 완전히 매입된 강재보는 전단연결재가 없어도 완전합성으로 간주하며, 횡좌굴을 고려하지 않아도 된다.
- (2) 단면설계시 유효폭의 슬래브를 포함한 합성단면의 단면계수 또는 식 (4.7-9)의 합성단면계수 S_m 과 식 (4.7-22)의 허용휨응력 F_b 를 적용한다.

4.7.3.8 전단력에 대한 설계

- (1) 합성보에 작용하는 전단력 전체는 강재 보의 복부판이 단독으로 부담하는 것으로 한다.
- (2) 합성보 단부의 접합에서 전단력 전체가 복부판을 통하여 전달되는 것으로 한다.

4.7.3.9 처짐

- (1) 합성보의 처짐은 탄성이론에 의해 산정하며, 콘크리트 타설시 안전성과 건축물 사용시 사용성을 유지하여야 한다.

- (2) 동바리를 사용하지 않는 경우 고정하중에 의한 처짐은 강재보만의 단면2차모멘트 I_s 를, 활하중에 의한 처짐은 유효단면2차모멘트 I_e 를 사용하여 계산한다.
- (3) 동바리를 사용하는 경우 고정하중과 활하중에 의한 처짐 모두 유효단면2차모멘트 I_e 를 사용하여 계산한다.

4.7.4 압축과 휨의 조합

합성기둥의 대칭면 내에서 축방향 압축력과 x방향 및 y방향의 휨모멘트의 조합은 다음 식에 의한다.

$$\left(\frac{f_c}{F_c}\right)^2 + \frac{a_x f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{a_y f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.7-24)$$

여기서,

$$f_c = \frac{N_c}{A_m} \quad (4.7-25)$$

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_{m,x}} \quad (4.7-26)$$

$$f_{by} = \frac{M_y}{S_{m,y}} \quad (4.7-27)$$

또한, x방향과 y방향의 모멘트 확대계수 a_x 와 a_y 는 각각 다음 식에 의한다.

$$a_x = \frac{C_{mx}}{1 - \frac{f_c}{F_{ex}'}} \geq 1.0 \quad (4.7-28)$$

$$a_y = \frac{C_{my}}{1 - \frac{f_c}{F_{ey}'}} \geq 1.0 \quad (4.7-29)$$

$$F_{ex}' = \frac{12 \pi^2 E_m}{23 (KL_{bx}/r_{mx})^2} \quad (4.7-30)$$

$$F_{ey}' = \frac{12 \pi^2 E_m}{23 (KL_{by}/r_{my})^2} \quad (4.7-31)$$

4.7.5 전단연결재

4.7.5.1 구조 제한

- (1) 전단연결재는 용접 후의 높이가 단면의 지름의 4배 이상이며 머리가 있는 스테드연결재나 압연 ㄷ형강으로 하여야 한다.
- (2) 전단연결재의 콘크리트 피복두께는 어느 방향으로나 25 mm 이상으로 한다. 다만, 데크플레이트의 골 속에 설치되는 경우 측면의 피복두께는 이 제한을 적용하지 않는다.
- (3) 강재 보의 복부판 선상에 설치되는 전단연결재를 제외하고는 스테드연결재의 지름은 플랜지 두께의 2.5배 이하로 한다.
- (4) 스테드연결재의 종방향 피치는 스테드연결재 지름의 6배 이상으로, 횡방향 게이지는 스테드연결재 지름의 4배 이상으로 한다.
- (5) 스테드연결재의 피치 및 게이지는 슬래브 전체두께의 8배 이하로 한다.

4.7.5.2 수평전단력

매입형 합성단면을 제외하고는 강재 보와 콘크리트 슬래브면 사이의 전체 수평전단력은 전단연결재에 의해서만 전달된다고 가정한다. 휨모멘트를 받는 강재 보와 콘크리트 슬래브가 합성작용하기 위해서는 총 수평전단력은 해석상의 값과 상관없이 다음과 같이 산정한다.

- (1) 최대 정모멘트점과 영(0) 모멘트점 사이의 총 수평전단력 V_h 는 다음 중 작은 값으로 한다.

$$V_h = \frac{F_y A_s}{2} \quad (4.7-32)$$

$$V_h = \frac{0.85 f_{ck} A_c}{2} \quad (4.7-33)$$

여기서, A_s : 강재보의 단면적 (mm^2)

A_c : 슬래브의 유효폭 내에 있는 콘크리트 단면적 (mm^2)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

다만, 작은보를 불완전합성보로 설계할 경우, 상기 수평전단력 값을 50%까지 저감할 수 있다. 즉, $V_h' \geq 0.5 V_h$ 이어야 한다.

- (2) 최대 부모멘트점과 0 모멘트점 사이의 총 수평전단력은 다음 값으로 한다.

$$V_h = \frac{F_{yr} A_r}{2} \quad (4.7-34)$$

여기서, F_{yr} : 철근의 설계기준항복강도 (MPa)

A_r : 슬래브의 유효폭 내에 있는 보강철근 단면적 (mm²)

다만, 기둥면에서의 정모멘트를 합성보로 설계할 경우, 다음 값과 비교하여 큰 값으로 한다.

$$V_h = 0.65 f_{ck} b_c t_c \quad (4.7-35)$$

여기서, b_c : 기둥면과 접한 콘크리트 부분의 폭 (mm)

t_c : 기둥면과 접한 콘크리트 부분의 두께 (mm)

4.7.5.3 스티드연결재의 내력

(1) 스티드연결재 허용내력

콘크리트 슬래브에 매입된 스티드연결재 한 개의 허용내력 V_{sa} 는 다음과 같이 산정한다.

$$V_{sa} = 0.25 R_q A_{sc} \sqrt{f_{ck} E_c} \leq 0.5 A_{sc} F_u \quad (4.7-36)$$

여기서, A_{sc} : 스티드연결재의 단면적 (mm²)

F_u : 스티드연결재의 인장강도 (MPa),

다만, F_u 가 440 MPa 을 초과할 경우에는 440 MPa 로 한다.

(2) 감소계수

허용내력식에 포함된 감소계수 R_q 는 슬래브의 형태에 따라 다음과 같이 산정한다.

① 일정한 두께의 슬래브에 연결된 경우

$$R_q = 1.0 \quad (4.7-37)$$

즉, 스티드연결재의 허용내력을 100% 사용하므로 감소계수는 1.0으로 한다.

② 데크플레이트의 골 방향이 강재보에 직각인 경우

$$R_q = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \frac{w_r}{h_r} \left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0 \right) \leq 1.0 \quad (4.7-38)$$

여기서, N_r : 데크플레이트 골 당 스티드연결재의 개수, 단 $N_r \leq 3$

w_r : 데크플레이트 골의 평균 폭 (mm)

h_r : 데크플레이트 골의 높이 (mm)

H_s : 스티드연결재의 높이 (mm), 단 $H_s \leq (h_r + 75)$

다만, 데크플레이트가 강재 보 위에서 연속하지 않고 절단 및 격리되어 보의 플랜지에 직접 용접된 경우, 격리된 거리를 w_r 로 하여 감소계수 식 (4.7-39)를 사용할 수 있다.

③ 데크플레이트의 골 방향이 강재 보와 평행인 경우

$$R_q = 0.6 \frac{w_r}{h_r} \left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0 \right) \leq 1.0 \quad (4.7-39)$$

다만, $w_r / h_r \geq 1.5$ 인 경우 $R_q = 1$ 이다.

4.7.5.4 전단연결재의 개수 산정 및 배열

- (1) 최대 휨모멘트(정 또는 부)점과 인접한 영(0)모멘트 점 사이에 배열되는 전단연결재의 소요 개수는 4.7.5.2에서 산출한 수평전단력을 4.7.5.3에서 산출한 전단연결재 한 개의 허용내력으로 나누어 구한다.
- (2) 일정 구간 내에 소요되는 개수의 전단연결재는 균등한 간격으로 배열한다.
- (3) 집중하중을 받는 점과 영(0)모멘트 점 사이에는 다음 식에 따라 산정되는 전단연결재의 소요 개수 N_2 를 배열하여야 한다.

$$N_2 = \frac{N_1 \left(\frac{M\beta}{M_{\max}} - 1 \right)}{\beta - 1} \quad (4.7-40)$$

여기서, M : 집중하중 점의 모멘트, 단 $M \leq M_{\max}$

$M_{\max}$: 최대 모멘트

N_1 : 최대 모멘트점과 영(0)모멘트점 사이의 전단연결재 소요 개수

$$\beta = \frac{S_{tr}}{S_{ts}} \text{ 또는 } \frac{S_{te}}{S_{ts}}$$

4.8 일반 강구조물을 위한 추가 규정

건축물 이외의 일반 강구조물을 설계하는 경우, 4.8.1~4.8.8의 규정을 추가로 적용하여야 한다.

- (1) 강관구조물 (4.8.1)
- (2) 골조구조물 (4.8.2)
- (3) 박판구조물 (4.8.3)
- (4) 관로 및 곡면구조물(4.8.4)
- (5) 철탑구조물 (4.8.5)
- (6) 케이블 구조물(4.8.6)
- (7) 말뚝 및 널말뚝 구조물(4.8.7)
- (8) 해양구조물(4.8.8)

4.8.1 강관 구조물

4.8.1.1 강재

강관부재로 사용되는 강재는 다음의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.

(1) 기성강관을 사용하는 경우에는 표 4.8-1에 준한다.

표 4.8-1 기성강관의 규격과 종류

규격번호 및 명칭	종류	강종
KS D 3566	2종	SGT275
	4종	SGT355

(2) 각각의 강종에 대한 인장강도는 KS D 3566의 규정을 따른다.

(3) 제작방법에 따른 강관의 종류와 그 선정방법은 표 4.8-2에 준한다.

표 4.8-2 강관의 선정

부재	제조방법에 따른 분류	강종
주요 부재	아크용접 강관	SGT275, SGT355
	전기저항용접 강관	SGT275
2차 부재	아크용접 강관	SGT275, SGT355
	전기저항용접 강관	SGT275
	이음매 없는 강관	
	단접 강관	

주요 부재로 사용되는 강관의 이음매 부분은 원칙적으로 KS B 0832에 규정된 표면 휨시험을 실시하여 휘어진 부분의 외측에 균열 또는 다른 뚜렷한 결함이 없다는 것이 확인되어야 한다. 그렇지만 축방향의 단면력을 받는 부재로 응력의 여유가 있는 경우에는 표면 휨시험을 생략해도 좋다.

(4) 굽힘시험에 의해 제작관에 사용하는 강관은 표 4.8-3에 준한다. 표 4.8-3은 주로 지름 300 mm 이상, 두께 6.9 mm 이상의 강관을 대상으로 한다. 강관은 강관을 롤러에 의해 원통형으로 가공한 후에 이음매 부분을 아크용접으로 제작하는 것으로 한다.

표 4.8-3 강관의 제작에 사용하는 강관의 종류

규격번호 및 명칭	종류	강종
KS D 3503 일반 구조용 압연 강재	2종	SS275
KS D 3515 용접 구조용 압연 강재	1종 2종 3종 4종	SM275A,B,C,D,-TMC SM355A,B,C,D,-TMC SM420A,B,C,D,-TMC SM460B,C,-TMC
KS D 3529 용접 구조용 내후성 열간 압연 강재	1종 2종 3종	SMA275A,B,C (W,P) SMA355A,B,C (W,P) SMA460 (W,P)

4.8.1.2 허용응력

강관의 허용응력은 4.3~4.7과 KDS 14 30 25의 규정을 준한다.

4.8.1.3 강관의 최소 두께

구조 내력상 중요한 부재에는 판두께 2.0 mm 이상의 강관을 사용한다.

4.8.1.4 단일강관 부재

- (1) 강관이 세장비가 큰 행거, 지주 또는 트러스부재 등에 사용되는 경우에는 바람에 의한 진동을 제한하기 위해 그 강관의 바깥지름은 식 (4.8-1)을 만족시켜야 한다. 단, 특별히 진동에 대한 대책을 고려한 후 그 효과를 풍동시험 등으로 확인한 경우 또는 직접 바람의 영향을 받지 않는 부재에 대해서는 예외로 한다.

$$d \geq \frac{l}{30} \sqrt{\frac{8}{t}} \quad \text{단, } d \geq \frac{l}{40} \quad (4.8-1)$$

여기서, l : 부재의 길이 또는 유효좌굴길이(m)

d : 강관의 바깥지름(m)

t : 강관의 판두께(mm)

- (2) (1)의 규정에 따라 설계된 강관부재의 단부를 용접이음하는 경우에는 반드시 온둘레용접을 해야 하고, 그 방법은 일반적으로 필렛용접으로 한다. d 가 $l/25$ 이하의 경우에 대해서는 V형 용접으로 해야 한다.
- (3) 부득이하게 연결판이나 리브를 붙일 경우에 그 앞부분은 피로강도가 저하되기 쉬우므로 용접부를 매끈하게 다듬질해야 한다.

4.8.1.5 보강재

4.8.1.5.1 보강재의 최대간격

강관부재에는 전단 및 비틀림에 의한 좌굴 또는 국부적인 변형을 방지하기 위한 링보강재 또는 다이아프램을 설치하는 것을 원칙으로 하며, 그 최대간격은 바깥지름의 3배로 한다. 단, 식 (4.8-2)의 조건을 만족하는 경우에는 보강재를 생략할 수 있다.

$$\frac{R}{t} \leq 30 \quad (4.8-2)$$

여기서, R : 강관의 반지름 (mm)

t : 강관의 판두께 (mm)

4.8.1.5.2 링보강재의 강도

링보강재의 폭과 두께는 식 (4.8-3)을 만족해야 한다. 단, 집중하중이 작용하는 점에 대해서는 4.8.1.6의 규정에 따라야 한다.

$$\begin{aligned} b &\geq \frac{d}{20} + 70 \\ t &\geq \frac{b}{17} \end{aligned} \quad (4.8-3)$$

여기서, b : 링보강재의 폭 (mm)

t : 링보강재의 판두께 (mm)

d : 강관의 바깥지름 (mm)

4.8.1.6 격점부

집중하중이 작용하는 격점부나 받침부는 국부적인 변형을 방지하기 위해 링보강재 또는 다이아프램으로 보강하는 것을 원칙으로 한다.

(1) 격점부의 변형량은 식 (4.8-4)를 만족해야 한다.

$$\delta \leq \frac{R}{500} \quad (4.8-4)$$

여기서, δ : 격점부 변형량 (mm)

R : 강관의 반지름 (mm)

(2) 단면2차모멘트가 일정한 링보강재를 사용하는 경우에는 격점부의 변형량을 식 (4.8-5)에 의해서 구해도 좋다.

① 지지재를 병용하는 경우(그림 4.8-1(a) 참조)

$$\delta = 0.007 \frac{P R^3}{E I} \quad (4.8-5(a))$$

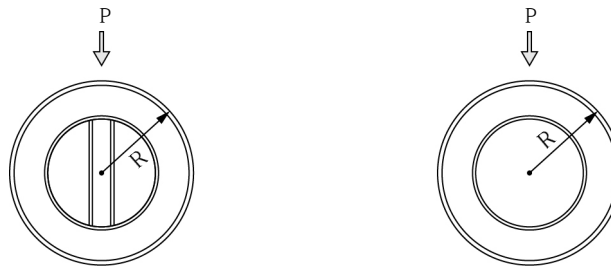
② 링보강재만 사용하는 경우(그림 4.8-1(b) 참조)

$$\delta = 0.045 \frac{P R^3}{E I} \quad (4.8-5(b))$$

여기서, P : 작용하중 (N)

I : 링보강재의 단면 2차 모멘트 (mm⁴)

E : 탄성계수 (MPa)



(a) 지지재를 병용하는 경우

(b) 링보강재만 사용하는 경우

그림 4.8-1 링보강재의 구조

(3) 링보강재의 단면2차모멘트를 산출할 때 강관의 유효폭은 식 (4.8-6)에 따른다.

$$\lambda = 0.78 \sqrt{Rt} \quad (4.8-6)$$

여기서, λ : 강관의 유효폭 (mm)

R : 강관의 반지름 (mm)

t : 강관의 판두께 (mm)

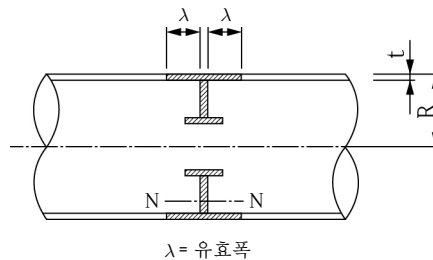


그림 4.8-2 강관의 유효폭

4.8.1.7 굴곡관

굴곡관을 사용하여 부재를 구성하는 경우에는 굴곡부의 국부응력을 검토하여야 한다. 단, 꺾임 각이 식 (4.8-7)을 만족하는 경우에는 직선부재로서 설계해도 좋다.

$$\theta \leq 0.04 \frac{D}{L} \quad (4.8-7)$$

여기서, θ : 꺾임각(radian), 원호아치의 경우 $\theta = L/R_a$

D : 강관의 지름 (mm)

L : 직선부재의 길이 (mm)

R_a : 아치의 곡률반경 (mm)

4.8.1.8 강관의 연결

(1) 강관과 강관을 축방향으로 연결하는 경우에는 고력볼트 또는 용접에 의한 직접연결을 원칙으로 한다. 다만, 2차부재로서 부득이할 경우는 플랜지 연결로 할 수 있다.

- (2) 부재축의 방향이 다른 기타 부재와 강관을 연결하는 경우에는 연결판 연결 또는 가지 연결로 한다.

4.8.2 골조 구조물

4.8.2.1 적용범위

4.8.2는 트러스, 라멘, 아치 등의 설계에 적용된다.

4.8.2.2 트러스

4.8.2.2.1 트러스의 구성

- (1) 트러스 구성은 부재의 중심축과 단면의 도심이 일치하도록 하여 가급적 2차응력이 발생하지 않도록 한다.
- (2) 트러스의 절점은 강결에 의한 2차응력이 가능한 한 작도록 한다.

4.8.2.2.2 압축재의 유효좌굴길이

(1) 트러스 면내

- ① 현재의 유효좌굴길이는 부재길이를 한다.
- ② 거세트플레이트에 의하여 현재에 연결된 수직재 및 사재의 유효좌굴길이는 연결고력볼트 군의 중심간 거리를 사용해도 된다. 단, 부재길이의 0.8배 이상으로 한다. 또한, 수평브레이싱(수평가새)이나 수직브레이싱(수직가새) 등의 부재에서 부재의 양면에 거세트플레이트를 설치하지 않은 구조에서는 부재길이의 0.9배를 사용한다.
- ③ 부재의 중간점을 다른 부재가 유효하게 지지하는 경우는 그 지지점 사이를 유효좌굴길이를 사용해도 좋다.

- (2) 트러스 면외에 대하여 압축부재의 트러스 면외 유효좌굴길이는 부재의 길이를 사용한다. 단, 수평브레이싱(수평가새), 수직브레이싱(수직가새), 교문브레이싱(교문가새)에 의해 지지된 주 트러스 현재 및 복부판재는 그 지지점간 길이를 유효좌굴길이를 사용해도 좋다.

- (3) 축력이 다른 트러스 부재의 경우 면외 유효좌굴길이는 축력의 분포에 따라 적절히 조정할 수 있다.

그림 4.8-3에 표시한 $\overline{aa}$ 부재와 같이 $\overline{ab}$, $\overline{ba}$ 에 크기가 다른 압축력이 작용하고 트러스 면외에 지지재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스 면외에 대한 유효좌굴길이 l 은 식 (4.8-8)에 의해 구할 수 있다.

$$l = \left(0.75 + 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L \quad (4.8-8)$$

여기서, P_1 , P_2 는 부재 $\overline{aa}$ 의 각 격간 $\overline{ab}$, $\overline{ba}$ 에 작용하는 압축력이며, $P_1 \geq P_2$ 이다. 또한, 그

림 4.8-4에 표시한 K트러스의 수직재 $\overline{aa}$ 와 같이 $\overline{ab}$, $\overline{ba}$ 에서 부호가 다른 축력이 작용하고 트러스 면외에 지지재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스 면외에 대한 유효좌굴길이 l 은 식 (4.8-9)에 의해 구할 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} l &= \left(0.75 - 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L & (P_1 \geq P_2) \\ l &= 0.5L & (P_1 < P_2) \end{aligned} \right\} \quad (4.8-9)$$

단, P_1 은 압축력의 절대치, P_2 는 인장력의 절대치로 한다. 또한, 이들 식은 부재 $\overline{aa}$ 의 단면이 일정한 경우에 적용할 수 있다.

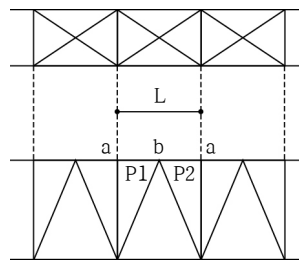


그림 4.8-3 축력이 다른
트러스 현재의 면외
유효좌굴길이

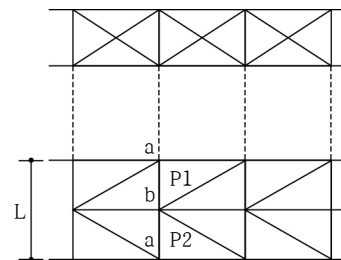


그림 4.8-4 축력이 다른
트러스 수직재의 면외
유효좌굴길이

4.8.2.2.3 직접하중을 받는 부재

절점 이외의 부위에 하중이 작용하는 경우 부재에 축력이외에 추가적인 휨모멘트가 발생하므로 이를 포함하여 조합응력으로 고려하여야 한다.

4.8.2.2.4 브레이싱

- (1) 수평브레이싱(수평가새), 수직브레이싱(수직가새), 교문브레이싱(교문가새)은 주 트러스와 함께 교량이 입체적인 기능을 유지할 수 있도록 충분한 강성을 가져야 하고 그 배치가 적당해야 한다.
- (2) 수평브레이싱(수평가새)이나 수직브레이싱(수직가새)에서 부재를 서로 교차시킬 경우에는 부재의 교점은 연결되어야 한다.

4.8.2.2.5 2차응력

- (1) 트러스의 절점이 2차응력이 가능한 한 작게 되도록 설계하기 위하여 주 트러스 부재의 높이는 부재길이의 1/10보다 작도록 한다.
- (2) 절점의 강점에 의한 2차응력이 무시할 수 없는 범위에 있는 경우에는 2차응력을 고려하여 부

재의 응력 검토를 시행하여야 한다.

4.8.2.3 라멘구조

- (1) 라멘구조의 설계 시 구조물 전체의 구조 안정성을 확보하기 위하여 골조에 작용하는 연직하중 및 변위에 의한 2차효과를 고려하여야 한다.
- (2) 라멘구조에서 압축부재의 유효좌굴길이는 가새골조, 비가새 골조, 단부조건에 따라 구한다. 힌지단을 가지는 가새골조의 좌굴길이계수는 0.7~1.0이며, 힌지단을 가지는 비가새골조의 좌굴길이계수는 2.0 이상으로 한다. 또한, 고정단을 가지는 가새골조는 0.5~0.7을, 고정단을 가지는 비가새골조는 1.0~2.0을 좌굴길이계수로 사용한다.
- (3) 비가새골조의 경우, 최소 좌굴길이계수는 1.0이며 일반적으로 좌굴길이계수는 1.0 이상이어야 한다.
- (4) 라멘구조는 휨, 축방향력, 전단력의 조합에 대한 안전성을 고려하여 설계한다.
- (5) 기초구조물의 회전 및 이동이 예상되는 경우에는 골조의 설계에 그 영향을 고려한다.

4.8.2.4 아치

- (1) 아치부재는 축방향 압축력과 휨모멘트를 받는 부재로 설계해야 한다. 휨모멘트가 작은 경우에는 축방향 압축력을 받는 부재로 설계할 수 있다.
- (2) 아치 부분의 부재축선은 골조선과 일치시키는 것을 원칙으로 한다.

4.8.2.5 접합부

4.8.2.5.1 트러스

(1) 일반

절점은 가급적 단순한 구조로 하여 각 부재의 연결이 용이하도록 하고, 검사 및 청소 등의 유지관리에 지장이 없도록 한다.

(2) 거세트플레이트

- ① 부재를 거세트플레이트로 연결하는 고력볼트의 배치는 부재의 축에 대칭으로 하며, 부재와 거세트플레이트와의 접촉면 전체에 이어지도록 한다.
- ② 트러스 절점에서 현재의 복부판에 거세트플레이트를 겹쳐 붙이는 구조로서 부재 양면에 거세트플레이트를 사용하는 경우, 거세트플레이트의 두께는 강재의 종류에 관계없이 식 (4.8-10)에 의하여 계산한 값을 사용한다.

$$t = 2.0 \frac{P}{b} \quad (4.8-10)$$

여기서, t : 거세트플레이트의 두께 (mm)

P : 거세트플레이트로 연결되는 단주 또는 복부판재에 작용하는 최대 부재력 (kN)

b : 거세트플레이트로 연결되는 단주 또는 복부판재의 거세트플레이트 면에 접하는 부분의 폭 (mm)

③ 거세트플레이트의 최소두께는 9 mm를 표준으로 한다.

4.8.2.5.2 라멘

우각부는 보와 기둥의 응력흐름을 원활하게 하고 국부적인 응력집중에 대해서 충분한 고려가 필요하다.

4.8.2.5.3 아치

아치의 케이블재 등에 의한 접합부는 응력집중 또는 2차응력 발생에 의해 결함이 발생하지 않도록 주의가 필요하다.

4.8.2.6 전체 골조구조에 대한 유의사항

4.8.2.6.1 좌굴

- (1) 전체 길이에 비하여 그 간격이 매우 좁은 트러스에서는 전체 좌굴에 대하여 합리적인 방법에 의하여 조사한다.
- (2) 라멘구조의 경우, 일반적으로 4.8.2.3에 따라 부재를 설계하면 전체좌굴 조사는 불필요하나, 특수한 형식을 쓰는 경우에는 별도로 엄밀한 계산을 하여 조사한다.
- (3) 아치의 경우, 전체 구조의 배치와 형상, 부재 단면 선정에 있어서 아치 면내에 전체 좌굴이 생기지 않도록 한다.

4.8.2.6.2 변위

골조구조물의 수평 및 수직 변위는 사용목적에 따라 지장이 발생하지 않도록 해야 한다.

4.8.2.6.3 솟음

필요한 경우 고정하중에 대해 솟음을 두어 제작하도록 하여 완성 형상을 확보할 수 있도록 한다.

4.8.2.7 지점

각 골조구조의 설계하중이 하부구조로 원활히 전달될 수 있도록 지점부에 대해 세심한 설계가 필요하다.

4.8.3 박판 구조물

4.8.3.1 적용범위

4.8.3은 박판 평판요소로 구성된 구조물 설계에 적용한다.

4.8.3.2 평판요소의 설계

- (1) 평판요소의 설계는 각 부재의 응력상태에 따라 해당되는 요구조건을 만족시키도록 한다.
- (2) 특수한 평판요소의 구조해석은 합리적인 하중조건이나 지지조건하에서 실행한다.

4.8.3.3 유효폭

휨부재 또는 휨을 받는 박판구조물의 평판요소는 변형이나 전단지연 효과를 고려하여 유효폭을 산정하여야 한다. 플랜지의 한쪽 유효폭 λ 는 휨모멘트 분포가 부재축에 따라 포물선 분포를 하는 경우는 식 (4.8-11)을 사용하고, 직선분포를 하는 경우는 식 (4.8-12)를 사용한다. 식 (4.8-11)과 식 (4.8-12)에서 l 은 지간에 등분포하중이 재하되는 경우에 휨의 변곡점간 거리를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

$$\begin{aligned}\lambda &= b & (b/l \leq 0.05) \\ &= (1.1 - 2(b/l))b & (0.05 < b/l < 0.30) \\ &= 0.15l & (0.30 \leq b/l)\end{aligned} \quad (4.8-11)$$

$$\begin{aligned}\lambda &= b & (b/l \leq 0.02) \\ &= (1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2)b & (0.02 < b/l < 0.30) \\ &= 0.15l & (0.30 \leq b/l)\end{aligned} \quad (4.8-12)$$

여기서, λ : 플랜지 또는 평판의 한쪽 유효폭 (mm)

b : 복판 또는 리브간격의 1/2 또는 단부에서 플랜지 돌출폭 (mm)

l : 등가 지간길이 (mm)

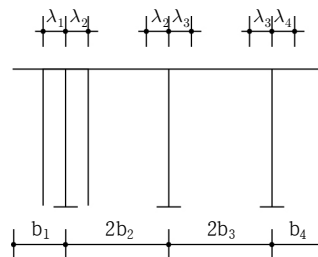


그림 4.8-5 플랜지의
유효폭

4.8.3.4 평판의 보강

4.8.3.4.1 면내력을 받는 평판의 보강

- (1) 주로 축압축력을 받는 평판의 보강에 관해서는 압축부재 설계에 관한 규정을 따른다.
- (2) 평판에 작용하는 면내력이 주로 휨과 전단인 경우에, 후좌굴강도를 어느 정도 기대할 수 있는 경우는 4.5의 복부판 설계 규정을 따른다.

4.8.3.4.2 면외력 또는 면외력과 면내력을 동시에 받는 평판의 보강

- (1) 면외력을 받는 평판을 보강하는 경우에는 평판의 휨과 응력이 한계치를 넘지 않도록 보강재의 배치와 강도를 정하는 동시에, 보강재에 대해서도 안전성 조사를 실시하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 면외력과 면내력을 동시에 받는 평판을 보강하는 경우에는 각각의 작용에 대해서 안전성을 확보하는 동시에, 이러한 2가지 작용이 동시에 작용된 경우에 대해서도 안전하도록 하는 것을 원칙으로 한다.

4.8.3.5 연결부

평판의 연결부 설계는 KDS 14 30 25를 따른다.

4.8.3.6 우각부

라멘구조의 우각부는 보와 기둥의 응력흐름을 원활하게 전달시키는 동시에 우각부 내의 국부적인 응력집중에 대해서 충분히 고려해야 한다.

4.8.3.7 집중하중에 대한 배려

- (1) 박판구조물의 하중 집중점에는 수직보강재 또는 다이아프램을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 가설과 같이 일시적인 받침부가 되는 부위에는 하중분포 길이를 증가시켜 집중하중을 분산시키도록 한다.
- (2) 집중하중이 작용하는 위치의 수직보강재는 다음과 같이 국부좌굴을 고려한 단면에 대해 축방향 압축력을 받는 기둥으로 설계하는 것을 원칙으로 한다.
 - ① 기둥으로서의 유효단면적은 보강재 단면 및 설치 위치에서 양쪽으로 각각 복부판 또는 다이아프램 두께의 12배까지로 한다. 다만, 전체 유효단면적은 보강재 단면적의 1.7배를 넘지 않는 것으로 한다.
 - ② 강도 계산에 쓰이는 단면회전반경은 복부판 또는 다이아프램의 중심선에 대해서 구하며, 유효좌굴길이는 판형 높이의 1/2로 한다.

4.8.3.8 전체구조로서 주의 사항

- (1) 부(-)반력이 가능한 한 생기지 않도록 지점조건을 결정한다.
- (2) 개단면 판형에는 단면 형상의 유지, 강성 확보 및 횡하중을 받침으로 원활히 전달하기 위해 거더 사이에 가새, 가로보 등을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 가새는 2차부재로서 설계하는 것이 원칙이지만, 주하중의 하중분배를 고려하는 경우나 입체 해석에 의해 설계하는 경우에는 1차부재로서 취급해도 좋다. 또한, 지점에서는 각 거더 사이에 수직재나 가로보 설치를 원칙으로 한다.

- (3) 박스형 거더에는 중간 다이아프램의 설치를 원칙으로 한다.
- (4) 구조물의 완성형상을 관리하기 위해 필요에 따라서 제작변형(숫음)을 부가할 필요가 있다.

4.8.4 관로 및 곡면구조물

4.8.4.1 관로구조물

4.8.4.1.1 적용범위

4.8.4.1은 관로구조물의 설계에 적용된다.

4.8.4.1.2 적용법규 및 기준

관로구조물은 종류에 따라 각각의 관련 기준을 준수하여 설계하여야 한다.

4.8.4.1.3 재료

관로구조물에 사용하는 재료는 법규 및 기준이 있는 경우에는 각각의 기준에 따라야 하며, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.4.1.4 하중

관로구조물의 설계에 있어서 고려해야 할 하중의 종류와 조합은 법규 및 기준이 있는 경우에는 각각의 기준에 따라야 하며, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.4.1.5 구조 일반

(1) 설계 원칙

관로구조물은 4.8.4.1.4에서 정하는 하중에 대해서 안전하고, 충분한 액밀성 및 기밀성을 가지며, 내구성이 우수하고 점검 및 보수가 용이한 구조로 설계하여야 한다.

(2) 최소 판두께

강재의 판두께는 제작, 운반, 현장시공, 부식, 마모 등을 고려하여 합리적으로 정해야 한다.

(3) 부식

강재의 판두께는 필요에 따라 부식에 대한 적절한 여유분을 고려하여 선정해야 한다.

4.8.4.1.6 안전성 검토

(1) 응력

관로구조물의 응력검토는 원주방향 응력, 축방향 응력, 전단응력 및 합성응력에 대하여 검토하여야 한다.

(2) 좌굴

좌굴에 대한 검토는 합리적인 계산식에 의해 수행한다.

(3) 지진

지진시에 대해서는 구조물의 종류, 제반 특성, 용도, 규모, 입지조건, 관련구조물 및 지반의 지진피해 경험 등을 고려하여 적합한 내진설계법을 적용하여 구조물의 안전성을 검토하여야 한다.

(4) 사용성

필요에 따라 변형, 처짐 등 사용성에 대한 검토를 수행한다.

4.8.4.2 수문**4.8.4.2.1 적용범위**

4.8.4.2는 각종 수문의 설계에 적용한다.

4.8.4.2.2 적용법규 및 기준

수문의 설계는 하천설계기준, 하천공사 표준시방서 등 관련되는 법규와 기준을 준수하여야 한다.

4.8.4.2.3 재료

수문에 사용하는 재료는 법규와 기준이 있는 경우에는 그것에 따라야 하며, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.4.2.4 하중

문체의 설계는 자중, 정수압, 니압, 파압, 부력, 개폐력, 빙압, 지진 시 동수압, 지진시 관성력, 풍하중, 설하중, 온도변화에 의한 영향, 유수에 의한 수압의 변화 및 이로 인한 진동에 따른 하중 증가를 고려해야 한다.

4.8.4.2.5 구조 일반

(1) 설계 원칙

예상되는 하중에 대해서 안전하고 충분한 수밀성이 있으며, 개폐가 용이하고 확실하여야 한다. 또한 내구성이 크고 사용에 있어서 유해한 진동이 없으며, 점검 및 보수가 용이한 구조로 설계하여야 한다.

(2) 구조해석

각 하중에 따라 수문에 발생하는 응력과 변위의 계산은 합리적인 방법으로 수행한다. 특히, 방사형 수문에 대해서는 각주의 좌굴강도를 검토하여야 한다.

(3) 주요 부재의 강성

문체의 각 부는 구조물의 형상을 일정한 수준 이상으로 유지할 수 있는 충분한 강성을 가져야 한다. 문체의 휨에 의한 변형은 허용치 이하로 해야 한다.

(4) 부식

문체에는 물과 접하는 부분 및 마모의 우려가 있는 부재에 대해서는 계산에 의한 판두께에 표 4.8-4의 값 이상을 더한 값을 적용한다. 단, 평상시 물에 접하지 않는 수문의 경우에는 한쪽 면에 대해서 표 4.8-4의 값에 0.5 mm를 감소시켜도 무방하다.

표 4.8-4 부식 여유분(단위 : mm)

장소	스킨플레이트		기타 주요부재
	한쪽면	양쪽면	양쪽면
접수면 또는 마모면			
평상시 담수중에서 사용	1 (1)	2 (1)	2
평상시 해수중에서 사용	1.5	3	2

주) () 안은 마모에 대한 여유두께를 표시하였다. 마모의 우려가 있는 경우는 이 값을 가산한다.

(5) 최소 판두께

문체에 사용하는 주요 부재의 최소 판두께는 부식 여유분을 포함한 강판에서는 6 mm 이상, 형강에서는 5 mm 이상으로 해야 한다.

4.8.4.2.6 안전성 검토

수문에 생기는 응력의 검토는 4.8.4.2.5(2)의 규정에 의해 계산된 응력에 대한 안전성 검토를 수행한다. 지진하중을 고려할 때의 안전율은 평상시 안전율의 2/3로 감소된 값을 적용할 수 있다. 단, PS강재는 해당되지 않는다.

4.8.4.2.7 구조 설계

(1) 방사형 수문

① 형상 및 구조

방사형 수문은 사용 목적에 적합한 형상이어야 하며, 안전하고 확실하게 개폐되는 구조로 하고, 부분 개방 시에도 진동이 생기지 않도록 해야 한다.

② 가구

각 가구는 원칙적으로 트라니온부를 고정으로 하고, 각주 및 주형의 중립축을 연결한 라멘 구조로서 계산한다.

③ 각주 및 각주 사이의 연결트러스

각주의 수평면 내 좌굴에 대한 유효좌굴길이에 대해서는 트라니온핀 중심에서 주형의 중립축까지로 하고, 수직면내의 유효좌굴길이에 대해서는 트러스형식의 보강을 하는 경우는 연결트러스의 격점 간 거리로 한다. 각주 및 각주 사이의 연결트러스는 축력 이외에 자중 및 개폐시의 트라니온부의 마찰에 의한 휨모멘트, 개폐력에 의한 하중을 고려하여 부재

단면을 결정해야 한다.

④ 각주 사이의 연결트러스의 접합부

트러스형식의 보강을 하는 경우, 각주 사이의 연결트러스의 접합부는 트러스 격점에 대한 강도를 유지할 수 있는 구조로 해야 한다.

⑤ 정착장치

정착장치는 문체의 받침부에서 전체 수압하중을 집중적으로 받는 주요 부분이므로, 이 하중을 안전하고 확실하게 콘크리트 내부로 넓게 분산시켜서 전달하는 구조로 하고 사용 목적에 부합되는 형식의 것을 선정해야 한다.

(2) 미단이식 수문

① 형상

미단이식 수문은 사용 목적에 따라서 확실히 개폐되고, 저부 방류 때에도 가급적 진동이 적고, 하향력 또는 상향력이 적은 형상으로 해야 한다.

② 주형

주형은 각 보가 전체 수압을 합리적으로 분담할 수 있는 일정 수준 이상의 강도 및 강성이 있는 형상으로 해야 한다.

③ 보조보

보조보는 스킨플레이트의 지지 보강 및 주형의 연결 보강, 문체 전체의 강도 등을 고려하여 배치하고, 각각에 적합한 구조 형상으로 해야 한다.

④ 단부보

단부보는 수압으로 인한 하중을 안전하게 주 롤러에 전달할 수 있는 구조로 해야 한다.

⑤ 주 롤러

주 롤러는 모든 개방단계에 있어서 수압하중, 자중 및 풍하중 등을 안전하게 문의 접촉부에 전달할 수 있도록 그 크기, 개수, 장치의 위치 등을 정해야 한다. 또한, 하중을 받은 상태에서 원활히 회전되고, 유지관리가 용이해야 한다.

⑥ 문 접촉부

문 접촉부는 문체의 받침부에서 하중을 안전하게 지지구조물에 전달하는 구조로 하고 사용 목적에 따라 적절한 형상이어야 한다.

4.8.4.3 저장탱크

4.8.4.3.1 적용 범위

4.8.4.3은 저장탱크의 설계에 적용한다.

4.8.4.3.2 적용 범위 및 기준

저장탱크는 재해방지를 목적으로 제정된 구조상 또는 취급상 관련 법규와 기준을 준수하여 설계하여야 한다.

4.8.4.3.3 재료

저장탱크의 재료는 법규 또는 기준이 있는 경우는 그것에 따라야 하며, 없는 경우는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.4.3.4 하중

저장탱크의 설계에 있어서 고려해야 할 하중의 종류와 조합은 법규 또는 기준이 있는 경우에는 그것에 따라야 하며, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.4.3.5 구조 일반**(1) 설계 원칙**

저장탱크는 예상되는 하중에 대해서 안전하고, 충분한 액밀성 또는 기밀성을 갖추어야 한다. 또한, 내구성이 우수하며, 점검 및 보수가 용이한 구조로 설계한다.

(2) 저장 능력

저장 능력은 법규 또는 기준이 있는 경우에는 그것에 따라야 하며, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

(3) 판두께의 최솟값 및 최댓값

저장탱크에 사용하는 강재는 사용 목적에 따라 적절한 최소 및 최대 판두께를 설정하여 적용하여야 한다.

(4) 부식

부식 및 마모에 대비한 여유분은 다음의 조항에 따라야 한다.

- ① 부식 또는 마모가 예상되는 부분에 대해서는 부식 여유분을 추가시켜야 한다.
- ② 사용하는 부분에 따라서 부식의 진행 상황이 다를 것으로 예상되는 경우에는 모든 부분에 동일한 부식 여유분을 적용하지 않아도 좋다.

4.8.4.3.6 안전성 검토

저장탱크에 생기는 응력은 합리적인 계산식을 사용하여 산출하고, 안전성을 검토해야 한다.

4.8.4.3.7 구조 설계

(1) 저장탱크의 앵글라판 설계에 있어서는 기초의 형식과 앵커의 유무 등을 고려하여 매우 안전하도록 설계해야 한다.

(2) 내력을 갖춘 저장탱크의 측판과 지붕판의 접합부는 너클플레이트 또는 컴프레션링 형식으로 한다.

(3) 지붕의 설계에 있어서는 지붕형식 종류의 특성을 고려해야 한다.

- (4) 노즐 및 부속품 장치부는 일반적으로 운전 중외에도 지진, 강풍, 온도변화에 의한 변위에 대해서 안전한 구조로 한다.
- (5) 지지방법, 지지부재의 배치 및 본체에 대한 설치방법은 최대부하를 고려하여 결정한다.
- (6) 앵커 설계 시 온도변화에 의한 측판의 변위를 고려해야 한다.
- (7) 저장탱크에 단열을 하는 경우 요구 단열성능을 만족시키는 동시에 작용하중에 대해 충분한 강도를 갖추어야 한다.

4.8.4.38 내진설계

내진설계에는 저장탱크 구조의 종류, 제반 특성, 중요도, 규모, 입지조건, 관련 구조물 및 지반의 지진피해 기록 등을 종합적으로 감안하여 적합한 내진설계 방법을 적용하여 수행하여야 한다.

4.8.4.39 기초 설계

기초의 설계에 있어서는 저장탱크의 규모, 형상, 용도, 구조 등의 특성을 고려하여 상부구조물의 설계개념에 부합하도록 하여야 하며, 설치 지점의 지반 및 환경조건에 적합하여야 한다.

4.8.5 철탑구조물

4.8.5.1 일반사항

4.8.5.1.1 적용범위

- (1) 4.8.5에서는 조명탑·통신탑·송전탑·관람탑·광고탑 등의 철탑류, 강제 굴뚝류, 그 밖의 탑체 형상을 만드는 강구조물의 구조설계에 적용한다.
- (2) 4.8.5에서 규정하는 이외의 사항에 대해서는 그 밖의 관련 기준 또는 지침에 따른다.

4.8.5.1.2 녹·부식에 대한 고려

구조물 각부의 단면은 녹·부식을 고려하여 설계한다.

4.8.5.2 재료 및 허용응력

4.8.5.2.1 구조재료의 품질·형상·치수 및 정수

- (1) 구조재료의 품질, 형상, 치수, 정수는 강재에 대해서 본 기준을 따르고, 그 밖의 재료에 대해서는 관련 KS표준 및 지침에 따른다.
- (2) 구조용 와이어로프는 아연도금된 것을 사용하며, 품질, 형상, 치수는 설계에서 가정된 조건을 만족해야 한다. 구조용 와이어로프의 탄성계수는 실험에 기초하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

4.8.5.2.2 구조재료의 허용응력

- (1) 구조재료의 허용응력은 4.3~4.7을 따르고, 그 밖의 재료에 대해서는 관련 기준 혹은 지침에 따른다.
- (2) 철판의 지지에 사용되는 지선(구조용 와이어로프) 및 정착부의 허용내하력은 절단 하중 및 정착강도의 1/3.5로 하고, 단기응력에 대한 할증은 하지 않는다.
- (3) 강재골뚝과 같이 지름-두께비가 큰 원통을 사용하는 경우에는 국부좌굴을 고려한 허용응력을 사용한다.

4.8.5.3 하중 및 응력 산정**4.8.5.3.1 설계하중**

설계하중은 원칙적으로 KDS 14 30 05를 따르고, 세부사항은 관련 지침에 따른다.

4.8.5.3.2 바람의 동적효과

진동이 발생하기 쉬운 구조물에 대해서는 바람에 의한 동적효과를 고려한다.

4.8.5.3.3 지진하중

지진하중에 대한 안전성 확인이 필요한 특수한 철판은 관련 지침에 따른다.

4.8.5.3.4 빙설하중

지선 또는 전선에 착빙, 착설이 발생하는 지역 및 탑체의 구조에 다량의 적설이 예상되는 지역에서는 이들의 영향을 고려한다.

4.8.5.3.5 온도 응력

온도변화에 따라 특히 큰 응력이 생기는 구조물에서는 그 영향을 고려한다.

4.8.5.3.6 응력 산정

응력의 산정은 원칙적으로 탄성설계를 따른다.

4.8.5.3.7 설계응력

- (1) 구조물 각부의 응력 조합은 KDS 14 30 05를 따르고, 지선 또는 전선이 있는 철판의 경우 다음의 (2)를 따른다.
- (2) 지선 및 전선이 있는 구조물에 있어서는 평균온도 시 응력에 최저온도 시에 대한 지선 및 전선의 인장력에 대한 응력을 가산한다. 또한, 가접선 및 지선에 착빙 또는 착설이 생기는 경우에는 이에 의해 풍하중을 받는 면적의 증대를 고려한다.

4.8.5.4 각부 구조의 설계**4.8.5.4.1 접합**

- (1) 접합은 KDS 14 30 25를 따른다.
- (2) 철탑구조에서는 볼트 접합을 사용할 수 있다. 볼트 구멍의 직경은 볼트 직경보다 1.0 mm 큰 것을 최대로 한다.

4.8.5.4.2 보, 압축재, 인장재

보, 압축재 및 인장재의 설계는 4.2~4.5를 따른다.

4.8.5.4.3 폭두께비가 큰 원통의 압축휨 및 전단

폭두께비가 큰 원통의 휨 압축축 응력은 관련 지침에 따라 검토한다.

4.8.5.4.4 탑체의 단면 변형에 대한 고려

얇은 원통 혹은 다각형 평면을 갖는 트러스로 된 철탑 구조물에서는 그 횡단면 변형에 의한 지장이 생기지 않도록 한다.

4.8.5.4.5 변형

변형은 사용목적에 대하여 지장이 없도록 한다.

4.8.5.4.6 강재굴뚝 등의 개구부

강재굴뚝 원통에 개구부가 있는 경우에서는 원통 전체의 변형 형상의 변화를 고려하도록 하고, 개구에 따른 응력분포 변화와 우각부 응력집중을 고려하여 개구부 주위 단면을 할증하여 계산하며, 우각부에서는 적당한 곡률을 가지게 한다.

4.8.5.4.7 주각 및 정착부

- (1) 주각부의 설계는 관련 지침에 따른다.
- (2) 건물 위에 철탑을 설치하는 경우는 철탑으로부터의 하중을 건물에 안전하게 전달할 수 있도록 설계한다.
- (3) 철탑의 주구조재를 직접 콘크리트 속에 매립하는 경우에는 철탑 하중을 안전하게 기초에 전달시키도록 한다.
- (4) 강재굴뚝의 주구조체 정착부는 주구조체로부터의 하중을 안전하게 전달하도록 한다. 또한 앵커볼트를 주구조체의 외측만에 배치할 때에는 편심의 영향을 고려한다.

4.8.5.4.8 기초

- (1) 기초설계는 원칙적으로 이 기준 또는 콘크리트구조설계기준을 따른다. 또한, 주구조재와 기초간의 부착설계 또한 콘크리트구조설계기준을 따른다.
- (2) 기초부에 단기 인발력이 작용하는 경우, 직접기초에 있어서는 기초 자중 및 기초 상부 흙의 자중에 대하여 저항하도록 하고, 말뚝기초에 있어서는 말뚝에 의한 허용인발저항값을 가산한다. 인발력 이외의 모멘트를 동시에 받는 경우에는 허용인발저항값을 감소시킨다.
- (3) 기초부에 단기 수평력이 작용하는 경우, 직접기초에 있어서는 기초부 저면의 마찰력이 저항하는 것으로 하고, 말뚝기초에 있어서는 말뚝의 수평저항에 의한 것으로 한다. 기초부 주변의 흙을 충분히 다짐한 경우에 한하여 측압에 따른 흙의 수평저항을 고려할 수 있다.

4.8.6 케이블 구조물**4.8.6.1 적용범위**

4.8.6은 케이블을 기본 부재로 하는 구조물 및 케이블 부재와 케이블을 지지하거나, 또는 케이블에 의해 지지되는 구조 부재로 이루어진 구조물 등 케이블을 주요부재로 하는 구조물의 설계에 적용한다.

4.8.6.2 케이블부재**4.8.6.2.1 재료 종류**

로프 강선의 종류 및 규격은 관련 KS를 따른다.

4.8.6.2.2 재료의 정수 및 강도

로프 및 평행강선 케이블의 탄성계수, 인장강도, 안전율은 관련 KS를 따른다.

4.8.6.2.3 곡선부

케이블 곡선부는 완만한 곡률의 유지를 위하여 안장, 활차 등을 배치하여 휨, 조임응력에 의한 강도저하 및 휨에 의한 2차응력을 경감시키는 것으로 한다.

4.8.6.2.4 정착부**(1) 중간 정착부**

케이블의 중간 정착은 금속슬리브에 의한 압축정착 및 케이블밴드, 클램프에 의한 마찰정착을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 조임응력에 의한 강도저하 등을 충분히 배려하여 정착력, 정착길이 등을 결정한다.

(2) 단부 정착부

케이블의 단부 정착은 압축정착, 아이압축정착, 소켓정착을 원칙으로 한다. 다만, 아이압축정착은 휨과 조임응력에 의한 강도저하 등을 피할 수 있는 대책을 마련한다.

4.8.6.2.5 방식과 방호

케이블의 설계에서는 방식 대책을 충분히 검토하여야 하며, 특히 주요 부재로 사용하는 케이블은 피복을 실시하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 케이블 사용시에 손상을 받을 가능성이 있는 경우에는 특별한 방호책을 강구한다.

4.8.6.3 케이블지지 구조부재**4.8.6.3.1 일반**

4.8.6.3은 케이블을 지지하거나, 또는 케이블에 의해 지지되는 구조부재에 관한 구조설계에 적용한다.

4.8.6.3.2 유효폭

케이블 장력에 의한 전단지연현상이 발생하는 지지구조물부재는 필요하면 적절한 유효폭을 설정한다. 전단지연현상으로 인한 부가모멘트를 고려한 유효폭의 설정은 관련구조물의 규정에 준하며, 규정이 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.6.3.3 유효좌굴길이

케이블과 탄성 지지상태에 있는 지지구조부재는 필요하면 적절한 유효좌굴길이를 설정한다. 유효좌굴길이의 설정은 관련구조물의 규정에 준하며, 규정이 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.6.3.4 정착구조

케이블 정착구조는 응력집중을 충분히 고려하여 지지구조부재의 각 부분에 원활하게 힘이 전달될 수 있는 구조로 하며, 필요하면 합리적인 보강을 실시한다. 또한, 케이블의 시공성 및 절곡에 의한 2차응력도 고려하여야 한다.

4.8.6.3.5 수평받침

지지구조부재의 수평받침은 소요 이동량에 대해 충분히 대처할 수 있도록 고려한다.

4.8.6.3.6 고정

케이블의 고정은 중력식을 원칙으로 하고, 고정판에 대해서는 고정블록 전체에 원활하게 힘이 전달되는 구조로 한다. 또한, 시공성은 물론 유지관리의 용이성 및 미관도 고려하여야 한다.

4.8.6.4 구조해석

4.8.6.4.1 해석방법

케이블구조물의 구조해석은 초기형상을 고려한 유한변위이론을 사용하여 정적 탄성해석을 실시하는 것을 원칙으로 하나, 필요하다고 인정되는 경우에는 동적해석을 실시한다. 또한, 사용하는 프로그램은 적정성이 충분히 검증된 것이라야 한다.

4.8.6.4.2 계산상의 가정

케이블구조물의 설계계산에서는 케이블부재 휨강성의 영향과 케이블의 신장에 의한 미소한 처짐의 영향은 무시한다. 또한, 지지구조부재에 대해서는 관련구조물의 기준 등이 정해진 경우에는 그것에 준하고, 없는 경우에는 합리적인 자료에 기초하여 판단하고 근거를 제시한다.

4.8.6.5 구조설계

4.8.6.5.1 일반

4.8.6.5는 케이블구조물의 구조설계 중 케이블 구조형식의 특수한 항목에 대해서 규정하나, 기타 여러 가지의 규정은 해당하는 다른 시방서, 지침, 규격 등의 규정에 근거한다.

4.8.6.5.2 형상결정

케이블구조물은 완공 후에 케이블의 프리스트레스를 포함하여 설계된 장력상태이므로 구조계 전체가 설계한 형상이 되도록 사전에 형상을 결정한다.

4.8.6.5.3 프리스트레스

프리스트레스를 도입하는 경우에는 지지구조부재의 단면력을 저감하고 케이블 구조물의 구조 특성에 대한 장점을 살릴 수 있도록 프리스트레스 도입량을 결정하며, 이를 각 부재 설계에 반영한다. 또한, 프리스트레스의 도입방법과 관리방법에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

4.8.6.5.4 처짐과 부반력

케이블구조물의 처짐은 구조물의 형상을 고려하여 충분히 검토하고, 구조물의 사용성을 저하시키는 일이 없도록 한다. 또한, 부반력에 대해서도 충분히 검토하여 안전성을 확인하고, 필요에 따라 상쇄질량 및 합리적인 보강을 실시한다.

4.8.6.5.5 동적효과

케이블구조물의 설계에서 충격, 바람 및 지진 등에 의한 동적효과를 구조물 형상에 유의하여 충분히 검토하고, 필요한 경우 합리적인 조치를 강구한다.

4.8.6.5.6 온도변화

케이블부재, 지지구조부재의 각 부분에 온도변화의 영향을 충분히 고려하고, 가설 상황에 따라 합리적인 조치를 강구한다.

4.8.6.5.7 크리프와 릴랙세이션

케이블부재 설계 시 콘크리트 크리프와 강재 릴랙세이션의 영향을 고려하여 충분히 검토하고, 필요한 경우에 합리적인 조치를 강구한다.

4.8.6.5.8 지점이동

각 지점의 부등침하에 의한 지점이동의 영향을 고려할 필요가 있는 경우에는 설계에 고려하여 충분한 검토를 실시한다.

4.8.6.5.9 시공단계의 고려

케이블구조물에서는 필요에 따라서 시공중의 안전성을 조사하고 설계에 반영한다. 또, 가설공법의 특성, 기자재의 배치 등에 대해서도 유의하여야 한다.

4.8.6.5.10 제작 및 가설 오차

케이블구조물에서 제작 및 가설 오차의 영향을 필요에 따라서 설계에 고려한다. 또한, 시공시의 관리방법에 대해서도 유의한다.

4.8.7 말뚝 및 널말뚝 구조물**4.8.7.1 일반사항****4.8.7.1.1 적용범위**

4.8.7은 강말뚝 및 강널말뚝의 설계에 적용한다.

4.8.7.1.2 사용재료 및 강도

강재의 강도는 표 4.8-5의 설계강도를 표준으로 한다.

표 4.8-5 말뚝 강재의 설계강도

구분	규격	기호	설계강도 (MPa)	
강관말뚝	KS F 4602	STP275	275	
		STP355	355	
H형강 말뚝	KS F 4603	SHP275	t ≤ 16mm t > 16mm	275 265
		SHP275W	t ≤ 16mm t > 16mm	275 265
		SHP355W	t ≤ 16mm t > 16mm	355 345
열간압연 강널말뚝	KS F 4604	SY300,W	300	
		SY400,W	400	
강관널말뚝	KS F 4605	SKY400	235	
		SKY490	315	

4.8.7.1.3 설계를 위한 지반정수

강말뚝 및 강널말뚝 구조물의 설계에 사용하는 지반의 모든 정수는 지반조사 및 토질시험의 결과를 종합적으로 판단하여 결정하여야 한다.

4.8.7.2 말뚝의 설계

4.8.7.2.1 설계 기본사항

말뚝머리부에 발생하는 축방향력은 말뚝의 허용지지력을 초과해서는 안 된다. 또한, 말뚝의 단면력과 변위는 허용범위 이내이어야 한다.

4.8.7.2.2 말뚝 제원의 가정

설계조건을 충분히 고려하여 말뚝의 재질, 지름, 길이, 개수, 배열, 말뚝머리의 고정조건 등 제원을 결정하여야 한다.

4.8.7.2.3 말뚝의 허용지지력

외말뚝의 허용연직압축지지력, 허용연직인발지지력, 부주면마찰력, 허용수평지지력 및 무리말뚝의 영향에 대하여 검토하여야 한다.

4.8.7.2.4 말뚝의 스프링정수

(1) 외말뚝의 축방향 스프링정수는 시험을 통해 하중-침하량 곡선으로부터 구하며, 기존의 시험에 기초한 결과를 이용하여 추정할 수도 있다.

- (2) 외말뚝의 축직각방향 스프링정수는 수평방향 지반반력계수를 이용하여 탄성지반 위의 보 이론을 기초로 산출하여야 한다.

4.8.7.25 말뚝머리 반력 및 변위의 계산

말뚝반력과 변위량은 확대기초를 강체로 보고 확대기초의 변위(연직, 수평 회전 변위)를 고려한 탄성해석법(변위법)으로 계산하는 것을 원칙으로 한다.

4.8.7.26 말뚝 본체의 설계

(1) 말뚝 단면력에 대한 검토

- ① 말뚝본체의 축력은 하중전이 특성을 고려하여 구하며, 축직각방향력 및 모멘트에 의한 단면력은 말뚝을 탄성지반 위의 보로 가정하여 구한다.
- ② 말뚝본체 각 부분은 축력, 휨모멘트 및 전단력에 대하여 안전하여야 한다. 또한, 전 길이가 땅속에 근입된 말뚝은 단주로 간주하여 설계한다.
- ③ 일반적인 환경에서 강관말뚝의 부식두께는 외측 2 mm로 한다.

(2) 이음

- ① 말뚝의 이음은 시공중 및 완공 후에 작용하는 하중에 대해 안전하여야 한다.
- ② 이음의 위치는 단면에 여유가 있고, 부식 등의 영향이 적은 곳으로 설정한다.

(3) 말뚝과 확대기초의 결합부

말뚝과 확대기초의 결합부는 말뚝머리 고정으로 설계하고, 결합부에 생기는 모든 응력들에 대해서 안전하도록 설계하여야 한다.

(4) 시공 시의 검토

말뚝은 시공 시와 시공오차에 따른 응력(기성말뚝의 경우 운반 및 타설 과정에서 발생될 수 있는 응력)에 대하여 안전하여야 한다.

4.8.7.27 구조세척

- (1) 강말뚝은 KS F 4602 및 KS F 4603의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.
- (2) 강관말뚝의 현장이음은 원칙적으로 전둘레·전두께 아크용접으로 이음한다. H형강 말뚝의 경우는 말뚝 본체 상호의 맞대기용접 혹은 덧붙임판을 사용한 필렛용접 중 어느 것을 사용해도 좋다.

4.8.7.3 강널말뚝의 설계

4.8.7.3.1 적용범위

이 절은 자립식, 타이로드식, 버팀대식 강널말뚝의 설계에 적용한다.

4.8.7.3.2 설계의 기본

토압, 수압 등의 외력에 의해 발생하는 단면력은 강널말뚝의 강도 이하이어야 하며, 또한 허용범위의 변위를 초과하지 않도록 설계하여야 한다.

4.8.7.3.3 외력산정**(1) 토압**

널말뚝에 작용하는 토압은 토질, 구조물의 종류, 지반-구조물 상호작용을 고려하여 산정한다.

(2) 잔류수압

잔류수압은 전면수위와 잔류수위에 따라서 산출한다.

4.8.7.3.4 자립식 널말뚝의 설계**(1) 가상 지표면**

널말뚝벽 위치에 작용하는 주동토압과 잔류수압의 합이 수동토압과 같은 위치를 가상 지표면으로 한다.

(2) 단면력 산정

강널말뚝의 단면력은 4.8.7.3.3의 토압, 잔류수압 외에 필요한 하중을 고려하여 계산한다.

(3) 단면력에 대한 검토

모멘트에 의하여 말뚝에 발생하는 휨응력은 식 (4.8-13)을 만족하여야 한다.

$$F_a \geq \frac{M_a}{Z} \quad (4.8-13)$$

여기서, F_a : 널말뚝의 허용휨응력 (MPa)

M_a : 설계휨모멘트 (N · mm)

Z : 단면계수 (mm³)

(4) 근입장

근입장은 선단이 충분히 지중에 지지되는 길이로 한다.

(5) 변위량의 검토

변위량은 널말뚝 윗면에 대해서 구하며, 허용변위보다 작아야 한다.

(6) 사면활동에 대한 검토

연약지반에 설치한 자립식 널말뚝에 대해서는 널말뚝 근입 선단깊이 이하의 사면활동면을 가정하여 사면활동에 대하여 검토한다.

4.8.7.3.5 타이로드식 널말뚝의 설계

(1) 타이로드 설치 위치의 결정

타이로드의 설치 위치는 시공 난이도, 공사비 등을 고려하여 결정한다.

(2) 근입장

널말뚝의 근입장은 주동토압 및 잔류수압에 의한 타이로드 설치점에 관한 모멘트와 수동토압에 의한 타이로드 설치점에 관한 모멘트의 비가 소요 안전율 이상이 되도록 정한다.

(3) 단면력 계산법

타이로드식 널말뚝에 작용하는 최대 휨모멘트는 타이로드 설치점 및 해저면을 지점으로 가정하고, 해저면 위의 토압과 잔류수압이 하중으로 작용하는 단순보로 가정하여 구한다.

(4) 휨모멘트에 대한 검토

타이로드식 널말뚝 본체의 휨모멘트는 식 (4.8-13)을 이용하여 검토한다.

(5) 사면활동에 대한 검토

연약지반에 설치한 타이로드식 널말뚝에 대해서는 널말뚝 하단 이하를 통과하는 사면활동에 대하여 검토하여야 한다.

(6) 타이로드의 설계

타이로드에 작용하는 장력은 다음 식에 의해 산정하며, 타이로드 인장강도와의 비율과 안전율을 이용하여 검토하여야 한다.

$$T = R_r l \sec \theta \quad (4.8-14)$$

여기서, T : 타이로드의 장력 (N)

R_r : 타이로드의 설치점 반력 (N/mm)

l : 타이로드 설치 간격 (mm)

θ : 수평면에 대한 타이로드 경사각 (°)

(7) 띠장의 설계

① 띠장의 최대 휨모멘트는 다음 식과 같다.

$$M = T \frac{l}{10} \quad (4.8-15)$$

여기서, M : 띠장의 최대 휨모멘트 (N · mm)

T : 식 (4.8-14)에 의한 타이로드 장력 (N)

② 띠장의 휨모멘트에 대한 검토

띠장의 휨모멘트는 식 (4.8-13)을 이용하여 검토한다.

(8) 버팀공의 설계

- ① 버팀공의 구조형식에는 버팀판, 버팀널말뚝, 버팀직선말뚝, 버팀틀말뚝 등이 있으며, 여기서는 버팀판 및 버팀널말뚝의 설계에 한정한다.
- ② 버팀공의 설치 위치는 강널말뚝의 주동봉괴면과 버팀공 수동봉괴면을 고려하여 결정한다.
- ③ 버팀판의 설계

가. 버팀판 앞면의 수동토압 및 타이로드 장력과 버팀판 뒷면의 주동토압의 비가 소요 안전율 이상이 되도록 설치 높이와 깊이를 정한다.

나. 단면력의 계산

일반적으로는 근사적으로 토압을 등분포 하중으로 간주하고, 수평방향으로는 연속판, 수직방향으로는 캔틸레버판으로 가정하여 다음의 식에 의해 최대 휨모멘트를 구한다.

$$\left. \begin{aligned} M_H &= \frac{Tl}{12} \\ M_V &= \frac{Th}{8l} \end{aligned} \right\} \quad (4.8-16)$$

여기서, M_H : 수평방향 최대 휨모멘트 (N·mm)

M_V : 수직방향의 최대 휨모멘트 (N·mm)

h : 버팀판의 높이 (mm)

④ 버팀널말뚝의 설계

가. 타이로드 설치점 아래의 강널말뚝 길이를 긴 말뚝으로 간주할 수 있는 경우

강널말뚝과 해저면의 교차점을 통과하는 주동봉괴면과 타이로드 설치점으로부터 아래 $l_{m1} / 3$ (l_{m1} : 휨모멘트 제1영점)의 위치를 통과하는 수동봉괴면이 타이로드 설치점 밑에서 교차되지 않도록 설치한다.

나. 긴 말뚝으로 간주할 수 없는 경우

타이로드 설치점에서 아래 $l_{m1} / 2$ (l_{m1} : 긴 말뚝으로 볼 때의 제1영점 깊이)까지의 강널말뚝을 유효로 하여 버팀판의 설계와 동일하게 설계한다.

4.8.7.3.6 버팀대식 널말뚝의 설계

(1) 띠장과 버팀대 위치의 결정

- ① 띠장의 수직간격은 식 (4.8-13)~식 (4.8-15)를 이용하여 결정하고, 널말뚝 윗면에서 1 m 이내 제1단째의 띠장을 넣는 것을 원칙으로 한다.
- ② 버팀대의 수평 및 수직간격은 모두 계산에 의해 결정한다.
- ③ 띠장의 이음 간격은 6 m 이상으로 한다.

(2) 가상 지지점 및 근입길이

- ① 가상 지지점은 굴착 저면에서 균형 깊이까지의 중간 수동토압 합력의 작용점 위치로 한다. 단, 가상 지지점의 최대깊이는 굴착저면에서 5 mm로 한다.

② 근입길이는 균형깊이의 1.2배로 한다. 단, 근입길이의 최솟값은 3 mm, 최댓값은 굴착깊이의 1.8배로 한다.

(3) 단면력의 산정

버팀대식 널말뚝의 단면력 산정은 4.8.7.3.3(1)의 토압에 의한 것으로 하고, 버팀대 위치 및 가상 지지점으로 하는 단순보로서 검토한다.

(4) 휨모멘트에 대한 검토

버팀대식 널말뚝의 휨모멘트는 식 (4.8-13)을 이용하여 검토한다.

(5) 변위량의 계산

변위량은 최상단 버팀대 위치 및 최종굴착저면과 가상 지지점의 중간점을 탄성지지점으로 한 단순보로서 가정하여 계산하며, 최대변위 및 탄성지지점으로 인한 변위를 이용하여 구한 변위량은 허용범위 내에 들도록 설계한다.

(6) 보일링 및 히빙의 검토

지반의 토질 조건에 따라서 보일링 및 히빙의 검토를 실시하고, 근입길이를 결정하여야 한다.

(7) 띠장 및 버팀대의 설계 계산

① 띠장 및 버팀대에 작용하는 하중은 아래 방향 분단법을 이용하여 구한다.

② 띠장은 버팀대를 지점으로 한 단순보에 버팀대설치점 반력이 등분포하중으로 작용한다고 가정하고 설계한다.

③ 버팀대는 버팀대 위치반력이 등분포 하중으로 작용한다고 가정하고 설계한다.

4.8.8 해양 구조물

4.8.8.1 적용범위

4.8.8은 해양구조물중 플랫폼구조물 및 기초구조의 설계와 시공에 대해 적용한다. 설계 이전에 구조물의 목적, 용도, 사용조건, 환경조건에 기초하여 설계조건을 정하고 구조형식을 선정하는 등 기본계획을 이해하여 경제적인 설계를 하여야 한다.

4.8.8.2 구조계획

4.8.8.2.1 사용조건

해양구조물의 용도, 목적에 따라 소요의 기능이 발휘되도록 배려하고, 필요에 따라서 사용조건을 정해야 한다. 구조물의 사용성 확보를 위하여 구조물의 변위 및 진동에 대한 안전대책을 고려하여 설계하여야 한다.

4.8.8.2.2 환경조건

해양구조물의 설계에는 구조물에 영향을 미치는 모든 환경조건을 고려하여야 한다. 환경조건에는 바람, 파도, 조류, 조수위, 얼음, 온도, 구조물에 부착되는 해양생물, 적설, 세굴, 지진 등이 있다.

4.8.8.2.3 현장조사

현장의 지질조건이나 해저지형 등을 파악하기 위해서는 원칙적으로 현장조사를 실시하여야 한다. 현장조사의 범위 및 내용은 구조물의 형식, 크기, 중요도 또는 현장토질의 균질성, 해저면의 상황 등에 따라 달라진다.

4.8.8.2.4 구조계획상의 주의사항

해양구조물의 세부계획에 영향을 미칠 수 있는 모든 작업상의 요구사항과 환경적 자료를 포함하여, 경제성과 안전성을 고려하여 다음 사항들에 대하여 계획하여야 한다.

- (1) 위치선정, 방위 및 수심
- (2) 플랫폼 갑판 입면
- (3) 가공·제작 및 현장까지의 예인과 설치법
- (4) 장비 및 부속구조물의 배치계획
- (5) 접근입구, 탈출경로 및 방재에 대한 계획
- (6) 현지공사와 공사 중의 안정
- (7) 설치 후의 안정 및 세굴
- (8) 보수·점검의 방법

4.8.8.3 하중**4.8.8.3.1 하중의 분류****(1) 고정하중**

고정하중은 대기 중의 플랫폼 및 이에 반영구적으로 설치되는 장비와, 부속구조물의 자중 및 수면아래 구조물에 작용하는 정수압을 포함한다.

(2) 활하중

활하중은 플랫폼의 사용기간 동안 용도변화에 따른 하중변화를 포함하며 생산장비 자중·저장품·기기 등의 중량, 선박의 접안 및 계류에 의한 하중, 크레인에 의한 하역작업에 따르는 하중 등을 포함한다.

(3) 환경하중

바람, 파도, 조류, 얼음, 눈, 지진 등의 환경조건에 따라 생기는 하중이다. 또한, 파도와 조수에 의한 수심의 변화로 인한 정수압과 부재력의 변동도 포함된다.

(4) 시공하중

시공중 조립, 하중의 제거, 이동 및 설치로 인하여 생기는 하중을 고려한다.

(5) 동적하중

반복적인 하중이나 충격의 반작용으로 인하여 플랫폼에 가해지는 하중으로서 파도, 바람, 지진 등의 환경하중과 플랫폼에 장치된 기계류에 의하여 발생할 수 있다. 또한 선박의 정박이나 해상작업으로 인해 발생할 수 있다.

4.8.8.3.2 환경하중의 산정

(1) 파도하중

파도하중은 구조물의 종류, 형상, 구조물이 건설되는 해역의 지형 등에 따라서 다르며, 이에 따라 합리적인 하중을 선정하여야 한다. 해양에 건설되는 부재에 작용하는 파도에 의한 항력과 관성력은 식 (4.8-17)과 같이 산정할 수 있다.

$$F = C_d \frac{w}{2g} A u |u| + C_m \frac{w}{g} V \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4.8-17)$$

여기서, F : 부재에 작용하는 단위길이당의 파력

w : 해수 단위중량 (=10.06kN/m³)

g : 중력가속도

C_d : 항력계수(원형부재의 경우 0.6~1.0)

u : 파도에 의한 물입자 속도

C_m : 관성력계수(원형부재의 경우 1.5~2.0)

$\frac{\partial u}{\partial t}$: 파도에 의한 물입자 가속도

A : 부재의 단위길이당의 유수 방향의 투영 면적

V : 부재의 단위길이당의 체적

(2) 풍하중

풍하중은 식 (4.8-18)에 의해 산정한다.

$$F = C_s \frac{w}{2g} A V^2 \quad (4.8-18)$$

여기서, F : 바람에 의해 구조물에 작용하는 단위길이당의 힘

C_s : 형상계수

V : 설계풍속

A : 풍하중의 작용 방향에 직각인 면에 대한 구조물 또는 부재의 단위길이당 투영면적

(3) 조류에 의한 하중

조류에 의해 해양구조물에 작용하는 하중은 식 (4.8-17)에서 C_d 대신 수정된 항력계수 C'_d 를 사용하고, 파도에 의한 물입자의 속도가 $0(\partial u/\partial t=0)$ 이라 간주하여 구한다.

(4) 빙하중

얼음이 구조물의 강관부재에 충돌할 경우에 얼음이 구조물에 미치는 하중은 식 (4.8-19)를 이용하여 산정한다.

$$F = C f_c D h \quad (4.8-19)$$

여기서, F : 빙력

f_c : 얼음의 1축 압축강도

D : 부재의 바깥지름

C : 빙압계수 (0.3~0.7)

h : 얼음의 두께

(5) 지진하중

① 일반

해양구조물은 구조물의 사용기간 동안 치명적인 구조적 손상을 입지 않도록 안전한 강도와 강성을 지니고, 구조적 손상이 발생하더라도 지진에 의해 붕괴되는 것을 방지할 수 있는 충분한 내진성능을 가지도록 설계한다.

② 내진해석

내진설계 시에는 동적해석을 원칙으로 하며, 응답스펙트럼법 또는 시간이력해석법을 사용한다. 일반적으로 구조물의 해석모델은 지반운동의 구조물과 구조물주변 유체의 부가 질량을 고려하여 3차원으로 한다. 2차원 모델로 하는 경우에는 비틀림응답의 영향을 고려하여야 한다.

③ 설계스펙트럼

응답스펙트럼법에 의해 구조물의 지진응답을 구하는 경우 가설지점의 지반에 적합한 응답스펙트럼을 사용하여야 한다.

④ 시간이력해석법에 사용되는 입력지진

시간이력해석법에 사용되는 입력지진은 가설지점의 과거 지진기록, 지반조건과 유사한 지점의 지진기록, 또는 그것들을 수정한 것에 의하는 것으로 한다.

4.8.8.4 구조용 강재의 설계

4.8.8.4.1 일반

해양구조물에 사용하는 강재에 대하여는 허용응력 설계법을 적용한다. 측면 및 연직방향으로 설계환경하중을 받는 경우 허용응력의 1/3을 증가시킬 수 있다.

4.8.8.4.2 강관부재의 허용응력

(1) 축방향력을 받는 강관부재

① 축방향력이 인장인 경우

축방향력이 인장인 경우, 허용인장응력 F_t 는 다음 식으로부터 구한다.

$$F_t = 0.6 F_y \quad (4.8-20)$$

여기서, F_y = 항복강도 (MPa)

② 축방향력이 압축인 경우

축방향력이 압축이고, 강관의 바깥쪽 지름 D 와 강관의 두께 t 의 비(D/t)가 60 이하인 경우 허용압축응력 F_c 는 식 (4.4-1) 및 식 (4.4-2)으로 구한다. D/t 가 60보다 큰 경우에는 국부좌굴에 대한 고려가 필요하므로 식 (4.4-1) 및 식 (4.4-2)에서 F_y 대신에 탄성 국부좌굴응력 F_{xe} 혹은 비탄성 국부좌굴응력 F_{xc} 중에서 작은 값을 대입하여, C_c 와 F_c 를 계산한다.

가. 탄성 국부좌굴응력, F_{xe}

$$F_{xe} = \frac{2 C E t}{D} \quad (4.8-21)$$

여기서, C : 위험 탄성좌굴계수

E : 탄성계수

나. 비탄성 국부좌굴응력, F_{xc}

$$\left. \begin{aligned} F_{xc} &= [1.64 - 0.23(D/t)^{1/4}] F_y \leq F_{xe} \\ F_{xc} &= F_y \quad ; \quad \frac{D}{t} \leq 60 \text{인 경우} \end{aligned} \right\} \quad (4.8-22)$$

(2) 휨모멘트를 받는 강관부재

휨모멘트를 받는 강관부재의 허용휨응력 F_b 는 다음 식으로부터 구한다.

$$F_b = 0.75 F_y ; \quad \frac{D}{t} \leq \frac{105,460}{F_y} \text{인 경우} \quad (4.8-23)$$

$$\left. \begin{aligned} F_b &= \left[0.84 - 1.74 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y ; \\ \frac{105,460}{F_y} &< \frac{D}{t} \leq \frac{210,920}{F_y} \text{인 경우} \end{aligned} \right\} \quad (4.8-24)$$

$$\left. \begin{aligned} F_b &= \left[0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y ; \\ \frac{210,920}{F_y} &< \frac{D}{t} \leq 300 \text{인 경우} \end{aligned} \right\} \quad (4.8-25)$$

(3) 전단을 받는 강관부재

① 전단

원통형 강관의 최대전단응력 f_v 는 다음과 같이 계산된다.

$$f_v = \frac{V}{0.5 A} \quad (4.8-26)$$

여기서, f_v : 최대전단응력

V : 횡방향 전단응력

A : 단면적

허용전단응력 F_v 는 다음과 같다.

$$F_v = 0.4 F_y \quad (4.8-27)$$

② 비틀전단

원통형 강관의 최대비틀전단응력 f_{vt} 는 다음과 같이 계산된다.

$$f_{vt} = \frac{M_t (D/2)}{I_p} \quad (4.8-28)$$

여기서, f_{vt} : 최대비틀전단응력

M_t : 비틀모멘트

I_p : 극관성모멘트

허용비틀전단응력 F_{vt} 는 다음과 같다.

$$F_{vt} = 0.4 F_y \quad (4.8-29)$$

(4) 정수압을 받는 강관부재

정수압을 받는 모든 강관부재의 후프응력 f_h 는 안전율을 고려한 임계 후프좌굴응력 F_{hc} 를 넘지 않도록 해야 한다.

$$f_h \leq F_{hc} / (SF)_h \quad (4.8-30)$$

$$f_h = pD/2t \quad (4.8-31)$$

여기서, f_h : 정수압에 의한 후프응력

p : 정수압

$(SF)_h$: 수압으로 인한 파괴에 대한 안전계수

(5) 축방향력과 휨모멘트를 받는 강관부재

① 축방향력이 압축인 경우

가. 강관부재 : 부재 길이방향으로 모든 점에서 4.6.2의 규정에 준하여 검토되어야 한다.

나. 강관말뚝 : 점토질 지반아래의 말뚝에 대해서는 좌굴에 대해 검토하여야 한다. 또한, 횡방향 및 축방향하중을 받는 경우 2차효과를 고려하여야 한다.

② 축방향력이 인장인 경우

축방향인장력 및 휨모멘트를 받는 강관부재는 부재길이방향으로 모든 점에서 4.6.3의 규정에 준하여 검토되어야 한다.

(6) 축방향력 및 정수압을 받는 강관부재

① 축방향력이 인장인 경우

축방향인장 및 후프압축에 의한 응력이 동시에 발생한다면, 다음의 상관식을 만족하여야 한다.

$$A^2 + B^2 + 2\nu|A|B \leq 1.0 \quad (4.8-32)$$

$$\text{여기서, } A = \frac{f_a + f_b - 0.5f_h}{F_y} \cdot (SF)_x$$

$$B = f_h \cdot (SF)_h / F_{hc}$$

ν : 포아송비 (= 0.3)

F_y : 항복강도

f_a : 작용하는 축방향응력의 절댓값

f_b : 작용하는 휨응력의 절댓값

f_h : 작용하는 후프압축응력의 절댓값

F_{hc} : 임계후프응력

$(SF)_x$: 축방향 인장에 대한 안전계수

$(SF)_h$: 후프압축에 대한 안전계수

② 축방향력이 압축인 경우

축방향압축 및 후프압축에 의한 응력이 동시에 발생한다면, 다음의 상관식을 만족하여야 한다.

$$\frac{f_a + 0.5f_h}{F_{xc}} \cdot (SF)_x + \frac{f_b}{F_y} \cdot (SF)_b \leq 1.0 \quad (4.8-33)$$

$$\frac{f_h}{F_{hc}} \cdot (SF)_h \leq 1.0 \quad (4.8-34)$$

여기서, $(SF)_b$: 휨에 대한 안전계수

4.8.8.5 접합부의 설계

4.8.8.5.1 축방향력을 받는 부재의 접합

강관의 단순접합부는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$\frac{F_{yb} (\gamma \tau \sin \theta)}{F_{yc} (11 + 1.5/\beta)} \leq 1.0 \quad (4.8-35)$$

여기서, F_{yb} : 지관부재의 항복강도

F_{yc} : 주관부재의 항복강도로 F_y 와 $0.67F_u$ 중 작은 값

θ : 주관에 대한 지관의 경사각

$$\gamma = \frac{D}{2T}$$

$$\tau = \frac{t}{T}$$

$$\beta = \frac{d}{D}$$

D : 주관의 외경

d : 지관의 외경

T : 주관의 관 두께

t : 지관의 관 두께

4.8.8.5.2 구속조건 및 수축

구조상세는 연성 거동에 대한 구속을 최소화하고, 과도한 용접의 집중을 피하며, 용접위치의 용이한 접근이 보장되어야 한다. 또한, 격점부는 용접부의 냉각에 의한 응력집중이 최소화되도록 설계되어야 한다.

4.8.8.5.3 강관 접합부

(1) 단순격점부

- ① 단순격점부는 하중형태에 따라 K, T, Y, 또는 크로스 격점으로 분류되며, 직경이 비슷한 K, X 격점부에서의 편심모멘트에 대해서는 유의하여 설계하여야 한다.
- ② 격점부에서는 지관의 편칭전단 및 공칭내력에 대하여 안전하게 설계하여야 한다.
- ③ 단순격점부에서 지관사이의 최소거리는 50 mm를 확보하여야 하며, 주관 혹은 지관의 두께가 증가하는 경우에는 그림 4.8-6을 따라야 한다.

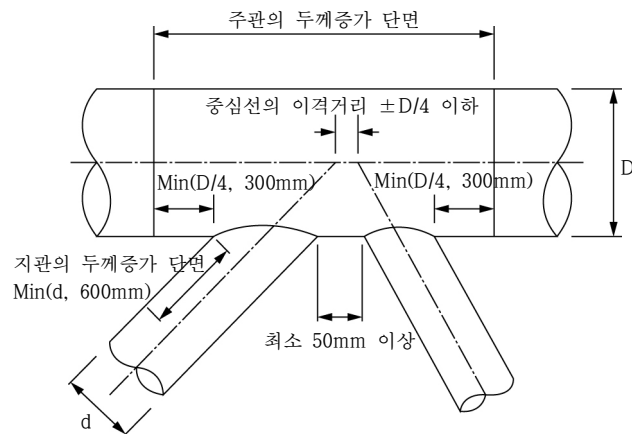


그림 4.8-6 단순격점부의 상세

(2) 중첩되는 격점부

지관모멘트가 작고 축방향 하중의 일부가 하나의 지관에서 다른 지관으로 공통된 용접부를 통하여 직접적으로 전달되는 경우, 주관에 직각방향으로의 허용축방향 하중성분을 고려한다. 어떠한 경우에도 지관두께가 주관두께를 초과해서는 안 된다.

(3) 복합된 접합부

인접한 평면의 지관이 중첩된 접합부와 겹치면, 다음의 사항들이 고려되어야 한다.

- ① 어느 위치에서든 1차지관이 2차지관보다 두꺼운 경우 2차지관은 상기 (2)의 중첩되는 지관들처럼 설계되어야 한다.
- ② 접합부에서 단면이 커지는 경우에는 상기 (1)의 단순격점부를 따라 설계한다.
- ③ 구형 접합부가 사용될 경우 상기 (1)의 편칭전단에 근거를 두어 설계한다.
- ④ 접합부에 장애물이 될 수 있는 2차지관은 이격시켜야 하며, 편심에 의한 모멘트가 발생할 경우에는 설계에서 고려하여야 한다.

(4) 주관을 통한 하중 전달

크로스 격점부, 헌치레그 격점부, 주관을 가로질러 하중을 전달하는 격점부 등은 일반적인 붕괴에 저항하도록 설계되어야 한다.

(5) 다른 복잡한 격점부

상기 (1)~(4)에서 다루지 않은 복잡한 격점부는 적당한 실험, 시공경험 및 상세한 구조해석을 근거로 설계하여야 한다.

4.8.8.6 피로

강구조로 이루어진 해양구조물에 대해서는 피로설계를 수행하는 것을 원칙으로 하며, 피로해석 및 설계는 KDS 14 30 20 또는 관련 설계기준을 준용한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	토목	배두병	국민대학교	교수
	토목	심창수	중앙대학교	교수
	건축	이경구	단국대학교	교수
	토목	오창국	국민대학교	교수
	건축	엄태성	단국대학교	교수

자문위원	분야	성명	소속
	토목	박영석	명지대학교
	건축	김상섭	한국기술교육대학교
	건축	이명재	중앙대학교
	토목	정경섭	충북대학교
	토목	조재병	경기대학교
	토목	최동호	한양대학교
	토목	신동구	명지대학교
	건축	오영석	대전대학교
	건축	이은택	중앙대학교
	건축	이철호	서울대학교
	건축	김주우	세명대학교
	건축	양재근	인하대학교
	건축	김우범	공주대학교
	토목	최상현	한국교통대학교
	토목	성택룡	포스코
	건축	신경재	경북대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	구조	백인열	가천대학교
		박동욱	서울시
		이은택	중앙대학교
		김태진	(주)창민우구조건설터트
		장종진	한국토지주택공사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이상민	비엔티엔지니어링(주)
	이희업	한국철도기술연구원
	이상희	(주)이디시엠
	박성운	대림산업
	노성열	동부엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단
	김태진	창민우구조건설터트

국토교통부	성명	소속	직책
	정선우	국토교통부 기술기준과	과장
	김병채	국토교통부 기술기준과	사무관
	김광진	국토교통부 기술기준과	사무관
	이선영	국토교통부 기획총괄과	사무관
	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청	사무관
	김남철	국토교통부 기술기준과	주무관

설계기준

KDS 14 30 10 : 2019

강구조 부재 설계기준(허용응력설계기준)

2019년 5월 20일 발행

국토교통부

관련단체 한국강구조학회

05801 서울특별시 송파구 송이로 30길 21

☎ 02-400-7101 E-mail : kssc@mail.kssc.or.kr, kssc1989@chol.com

<http://www.kssc.or.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>