토목직 수험서의 BIBLE

CHAPTER

11

교량 및 강구조

SECTION 01 시험에 적용되는 기준과 시방서
SECTION 02 교량 설계 일반사항–한계상태설계법
SECTION 03 하중 – 한계상태설계법
SECTION 04 교량의 배력철근과 신축이음
SECTION 05 강재
SECTION 06 인장부재
SECTION 07 압축부재
SECTION 08 강재 연결 일반사항
SECTION 09 용접 연결
SECTION 10 볼트 연결
SECTION 11 내진설계

국가직 지방직 9급 10개년 통계 – 420문제 2015~2024년

	연도	15		16		17			18		19		20		21		22		23		24		합계		총괄	
	구분	국가	지방	국가	지방	국가	지방 (1차)	지방 (2차)	국가	지방	국가	지방	국가	지방	국가	지방	국가	지방	국가	지방	국가	지방	국가	지방		
1장	서론	3	0	3	1	3	0	1	2	2	2	2	1	2	1	0	2	1	3	2	2	1	22	12	34	(8.1%)
2장	설계 방법	1	1	1	1	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	3	0	1	0	3	0	2	2	17	19	(4.5%)
3장	보의 휨해석과 설계	4	3	1	3	4	3	4	3	3	3	3	6	4	2	3	5	4	2	1	5	2	35	33	68	(16.2%)
4장	전단과 비틀림	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	3	2	2	2	2	0	3	2	1	2	20	17	37	(8.8%)
5장	철근의 정착과 이음	2	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	12	21	(5.0%)
6장	사용성 및 내구성	2	1	2	1	2	2	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	3	0	2	11	16	27	(6.4%)
7장	기둥	1	1	2	2	0	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	3	2	16	19	35	(8.3%)
8장	슬리브와 기초판	1	3	1	2	3	1	2	3	2	4	2	2	2	0	2	1	3	2	2	1	3	18	24	42	(10.0%)
9장	옹벽 및 기타	2	0	1	1	2	0	1	0	2	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	10	21	(5.0%)
10장	프리스트레스트 콘크리트	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	27	32	59	(14.1%)
11장	교량 및 강구조	2	5	3	3	2	4	3	4	2	2	3	2	1	6	2	2	3	3	1	3	1	29	28	57	(13.6%)
	문항 수	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200	220	420	(100%)

[교재 전체 수록] – 870문제

- A B C D 115문제 (115/870 = 13.3%)
- A B C D 25문제 (25/115 = 21.7%)
- A B C D 42문제 (42/115 = 36.5%)
- A B C D 27문제 (27/115 = 23.5%)
- A B C D 21문제 (21/115 = 18.3%)

[최근 10개년 국가직 · 지방직 9급] – 420문제

- A B C D 57문제 (57/420 = 13.6%)
- A B C D 12문제 (12/57 = 21.1%)
- A B C D 24문제 (24/57 = 42.2%)
- A B C D 12문제 (12/57 = 21.1%)
- A B C D 09문제 (09/57 = 15.6%)

N/O/T/E

SECTION 01 시험에 적용되는 기준과 시방서

이 장에 적용되는 기준과 시방서는 다음과 같다.

① KDS 24 10 11 : 교량설계 일반사항(한계상태설계법)
② KDS 24 12 11 : 교량 설계하중조합(한계상태설계법)
③ KDS 24 12 21 : 교량 설계하중(한계상태설계법)
④ KDS 24 14 21 : 콘크리트교 설계기준(한계상태설계법)
⑤ KDS 24 14 31 : 강교 설계기준(한계상태설계법)
⑥ KDS 14 31 05 : 강구조 설계 일반사항(하중저항계수설계법)
⑦ KDS 14 31 10 : 강구조 부재 설계기준(하중저항계수설계법)
⑧ KDS 14 31 25 : 강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

SECTION 02 교량 설계 일반사항–한계상태설계법

1. 일반사항

① 교량은 점검, 경제성 및 미관에 대해 적절히 고려를 하면서 시공성, 안전성 및 사용성의 목표를 달성할 수 있도록 규정된 한계상태에 대하여 설계되어야 한다.
② 적용 해석 방법과 관계없이 규정된 하중효과와 그 조합에 대하여 (식 11.1)을 만족하여야 한다.

- 한계상태(Limit States)는 설계수명 동안 하중을 안전하게 지지할 수 있으면서 시공이 가능하고 기능을 발휘할 수 있도록 고안된 것이다.
- 각종 하중에 의해 발생하는 하중효과는 탄성해석에 의해 결정하지만 구성요소와 접합부의 저항은 대개의 경우 비탄성 거동에 근거하여 결정된다.
- 이러한 불일치는 구조물의 비탄성 거동에 대한 지식이 불완전한 것에 기인하지만 대부분의 현존하는 교량 설계기준들의 공통된 사항이라 할 수 있다.

2. 한계상태

[비법145] 한계상태

(1) 한계상태 일반사항

① 교량 또는 구성요소가 사용성, 안전성, 내구성의 설계규정을 만족하는 최소한의 상태로서, 이 상태를 벗어나면 관련 성능을 만족하지 못하는 한계를 말한다.
② 별도의 규정이 없는 한 교량의 각 구성요소와 연결부는 각 한계상태에 대하여 (식 11.1)을 만족하여야 한다.
③ 사용한계상태에 대한 저항계수는 1.0을 적용하며, 극단상황한계상태에 대한 저항계수는 콘크리트교의 극한한계상태 및 강교의 극단한계상태를 적용한다.
④ 모든 한계상태는 동등한 중요도를 갖는 것으로 고려해야 한다.

$$\Sigma \eta_i \gamma_i Q_i \le R_r \quad \cdots\cdots (식\ 11.1)$$

η_i = 하중수정계수 : 연성, 여용성, 구조물의 중요도에 관련된 계수

최대하중계수가 적용되는 하중의 경우 $\eta_i = \eta_D \eta_R \eta_I \ge 0.95$ ····· (식 11.2a)

최소하중계수가 적용되는 하중의 경우 $\eta_i = \dfrac{1}{\eta_D \eta_R \eta_I} \le 1.0$ ····· (식 11.2b)

η_D = 연성에 관련된 계수

η_R = 여용성에 관련된 계수

η_I = 구조물중요도에 관련된 계수

γ_i = 하중계수 : 하중효과에 곱하는 통계에 기반한 계수이며, 일차적으로 하중의 가변성, 해석정확도의 결여 및 서로 다른 하중의 동시작용확률을 고려하며, 계수 보정과정을 통하여 저항의 통계와도 연관되어 있다.

Q_i = 하중 또는 하중효과

R_r = 계수저항

콘크리트 부재 $R_r = R\{\phi_i X_i\}$ ····· (식 11.3a)

그 이외 부재 $R_r = \phi R_n$ ····· (식 11.3b)

X_i = 재료의 기준강도 : 재료의 특정 성질(강도)에 대해 실험으로 구한 많은 자료의 통계적 분포 곡선으로부터 결정한 재료 특성값. 어떤 경우에서는 공칭값(강도)을 기준값(강도)으로 사용한다.

ϕ_i = 재료계수 : 콘크리트구조 설계에서 사용하는 저항계수이며, 재료 설계값을 구하기 위하여 재료 기준값에 곱하는 부분안전계수로서 대개 1 보다 작은 값으로 재료저항계수라고도 한다.

R_n = 공칭저항 : 설계기준에 명시된 규격, 허용응력, 변형 또는 규정된 재료강도에 의해 산출되는 구성요소 또는 연결부의 하중영향에 대한 저항

ϕ = 저항계수 : 부재나 재료의 공칭값에 곱하는 통계기반 계수이며, 일차적으로 재료와 치수 및 시공의 변동성과 저항모델의 불확실성을 고려하기 위한 계수이다. 기준에서는 콘크리트구조에 사용하는 저항계수는 재료계수, 그 이외의 모든 경우에는 저항계수로 용어를 통일하고 있다.

(2) 사용한계상태

① 균열, 처짐, 피로 등의 사용성에 관한 한계상태로서, 일반적으로 구조물 또는 부재의 특정한 사용 성능에 해당하는 상태를 말한다.

② 사용한계상태는 정상적인 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.

③ 사용한계상태(Serviceability Limit State)는 강도나 통계적인 처리만으로는 도출될 수 없는 경험에 근간한 한계상태이다.

LITE 필수 141 17년 지방직(2차)

강구조물의 하중저항계수설계법에서 사용성한계상태에 대한 검토 항목으로 옳은 것은?

① 재료의 강도한계를 초과하여 부재의 내하력을 상실하게 하는 파손, 파괴
② 구조물의 일부 또는 전체적인 평형 상실로써 전도, 인발, 슬라이딩
③ 최초 국부적인 파손이 전체구조의 붕괴로 확대되는 점진적인 붕괴와 구조건전도의 결핍
④ 구조물의 기능, 외관, 유지관리, 내구성 및 사용자의 편리함

〔 정답 및 해설 〕
보기 ①②③은 강도한계상태(또는 극한한계상태)에 대한 설명이다.

정답 ④

(3) 피로와 파단한계상태

① 피로한계상태는 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계트럭에 의한 응력 범위를 제한하는 것으로 규정한다.

② 파단한계상태는 「KS D 3515-용접구조용 압연강재」에 제시하고 있는 재료인 성요구사항으로 규정한다.

③ 피로한계상태(Fatigue and Fracture Limit State)는 교량의 설계수명 이내에 부재가 파단 되는 것을 방지하기 위하여 반복하중 하에서 균열크기의 증가를 제한하는 것이 목적이다.

(4) 극한한계상태(또는 강도한계상태)

① 설계수명동안 강도, 안정성 등 붕괴 또는 이와 유사한 형태의 구조적인 파괴에 대한 한계상태를 말한다.

② 극한한계상태는 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.

③ 극한한계상태(Ultimate(Strength) Limit State)는 각 구조부재의 안전성(Stability)과 항복(Yielding)을 고려한다.

(5) 극단상황한계상태(또는 극한하중한계상태)

① 교량의 설계수명을 초과하는 재현주기를 갖는 지진, 유빙하중, 차량과 선박의 충돌 등과 같은 사건과 관련한 한계상태

② 극단상황한계상태는 지진 또는 홍수 발생시, 또는 세굴된 상황에서 선박, 차량 또는 유빙에 의한 충돌 시 등의 상황에서 교량의 붕괴를 방지하는 것으로 규정한다.

③ 극단한계상태(Extreme Event Limit States)는 교량의 설계수명보다 월등히 긴 재현주기를 갖는 단독적으로 발생하는 상황들을 다룬다.

3. 연성

① 연성(Ductility)은 비탄성응답을 허용하는 구성요소 또는 접합부의 특성을 말한다.

② 교량구조계는 극한한계상태 및 극단상황한계상태에서 파괴 이전에 현저하게 육안으로 관찰될 정도의 비탄성 변형이 발생할 수 있도록 형상화 및 상세화 되어야 한다.

③ 콘크리트 구조의 경우 연결부의 저항이 인접구성요소의 비탄성 거동에 의해 발생하는 최대 하중효과의 1.3배 이상이면 연성요구조건을 만족하는 것으로 간주할 수 있다.

④ 에너지 소산장치는 연성을 제공하는 방법으로 인정될 수 있다.

〈표 11.1〉 연성계수

극한한계상태의 경우	$\eta_D \geq 1.05$ 비연성 구성요소 및 연결부 $\eta_D = 1.00$ 설계기준에 부합하는 통상적인 설계 및 상세 $\eta_D \geq 0.95$ 설계기준이 요구하는 것 이외의 추가 연성보강 장치가 규정되어 있는 구성요소 및 연결부
기타 한계상태의 경우	$\eta_D = 1.00$

N/O/T/E

LITE 필수 142 19년 지방직

「교량-한계상태설계법」에서 제시된 교량설계 원칙 중 한계상태에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 사용한계상태는 극단적인 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.

② 피로한계상태는 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계트럭에 의한 응력범위를 제한하는 것으로 규정한다.

③ 극한한계상태는 지진 또는 홍수 발생 시, 또는 세굴된 상황에서 선박, 차량 또는 유빙에 의한 충돌 시 등의 상황에서 교량의 붕괴를 방지하는 것으로 규정한다.

④ 극단상황한계상태는 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.

〔 정답 및 해설 〕

① 사용한계상태는 **정상적인** 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.

③ **극단상황한계상태는** 지진 또는 홍수 발생 시, 또는 세굴된 상황에서 선박, 차량 또는 유빙에 의한 충돌 시 등의 상황에서 교량의 붕괴를 방지하는 것으로 규정한다.

④ **극한한계상태는** 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.

정답 ②

[비법146] 연성, 여용성, 중요도

4. 여용성

① 여용성(Redundancy)은 부재나 구성요소의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하지 않는 성능을 말한다.

② 특별한 이유가 없는 한 다재하경로구조와 연속구조로 하는 것이 바람직하다.

③ 여용성에 있어서 각 부재의 여용성 분류(여용 또는 비여용)는 고려하고자 하는 각각의 하중조합과 한계상태의 경우마다 교량안전도에 대한 그 부재의 기여도를 바탕으로 정해져야 한다. 동일한 형태의 구조요소라 할지라도 전체 구조계에 따라 여용성의 판단이 달라질 수 있으므로 발주자의 신중한 판단이 필요하다.

④ 극한한계상태에서 저항계수나 재료계수에 이미 여용성이 반영되어 있는 기초구조물의 경우 통상적인 여용 수준으로 간주하여 1.00을 사용할 수 있으며, 거더가 연속이 되고, 비틂에 저항하는 폐합단면을 가진 정도의 여용성을 넘는 경우 특별한 여용 수준으로 간주하여 0.95를 사용할 수 있다.

〈표 11.2〉 여용성계수

극한한계상태의 경우	$\eta_R \geq 1.05$ 비여용부재 $\eta_R = 1.00$ 통상적 여용수준 $\eta_R \geq 0.95$ 특별한 여용수준
기타 한계상태의 경우	$\eta_R = 1.00$

5. 구조물의 중요도

① 구조물의 중요도(Operational Importance)는 도로 기능상 교량의 중요한 정도를 말한다.

② 구조물의 중요도는 극한한계상태와 극단상황한계상태에만 적용한다.

③ 발주자는 특정교량 또는 그 교량의 구조요소 및 접합부를 중요한 구조로 지정할 수 있다.

④ 구조물의 중요도 분류는 미리 예비된 상황 또는 긴급 상황 시 우선적으로 통행시켜야 하는 중요도에 따라 결정된다. 이 분류는 전체적인 교통망과 그 통제를 관할하는 권한을 가진 발주자에 의해 책임 있게 결정되어야 하며, 이 결정에는 보안, 방비, 경제, 생존에 관련된 사회적 요구사항이 고려된다. 발주자는 교통량(ADTT), 지간길이 우회도로길이 등을 고려할 때 확실히 중요도가 낮은 경우 1.00 보다 작은 값을 사용할 수 있다.

〈표 11.3〉 중요도계수

극한한계상태의 경우	$\eta_I \geq 1.05$ 중요 교량 $\eta_I = 1.00$ 일반 교량 $\eta_I \geq 0.95$ 상대적으로 중요도가 낮은 교량
기타 한계상태의 경우	$\eta_I = 1.00$

BASIC 필수 081 16년 국가직

「교량 – 한계상태설계법」에 제시된 한계상태로서 옳지 않은 것은?

① 파괴 이전에 현저하게 육안으로 관찰될 정도의 비탄성 변형이 발생하지 않도록 제한하는 변형한계상태

② 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계트럭에 의한 응력범위를 제한하는 피로한계상태

③ 정상적인 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 사용한계상태

④ 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 강도와 안정성 확보를 위한 극한한계상태

〔 정답 및 해설 〕
극한한계상태 및 극단상황한계상태에서 파괴 이전에 현저하게 육안으로 관찰될 정도의 비탄성 변형이 발생할 수 있도록 형상화 및 상세화 하는 것은 연성에 대한 설명이다.

정답 ❶

BASIC 필수 082 17년 지방직(2차)

「교량 – 한계상태설계법」의 설계원칙에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 교량구조계는 극한한계상태에서의 파괴 이전에 육안으로 관찰될 정도의 비탄성 변형이 발생할 수 있도록 형상화 및 상세화되어야 한다.

② 특별한 이유가 없는 한, 다재하경로구조와 연속구조로 하는 것이 바람직하다.

③ 사용한계상태는 정상적인 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것이다.

④ 구조물의 중요도는 피로한계상태에만 적용한다.

〔 정답 및 해설 〕
구조물의 중요도는 극한한계상태와 극단상황한계상태에만 적용한다.

정답 ❹

N/O/T/E

[비법147] 교량등급 및 설계용어

6. 한계상태설계법의 기타사항

(1) 교량의 등급

교량의 등급은 원칙적으로 발주자가 정한다.

〈표 11.4〉 교량의 등급

1등교	차량활하중	설계 차량활하중 KL-510으로 설계하는 교량을 1등교로 한다.
	적용 교량	• 고속국도 및 자동차 전용도로상의 교량 • 교통량이 많고 중차량의 통과가 불가피한 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설하는 교량, 장대교량 • 교통량이 많거나 중차량의 통과가 빈번한 특수산업시설에 인접한 지방도, 시도 및 군도상의 교량
2등교	차량활하중	1등교 활하중효과의 75%를 적용한다.
	적용 교량	• 일반국도, 특별시도와 지방도상의 교통량이 적은 교량 • 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설하는 교량
3등교	차량활하중	2등교 활하중효과의 75%를 적용한다.
	적용 교량	• 산간벽지에 있는 지방도와 시도 및 군도 중에서 교통량이 극히 적은 곳에 가설하는 교량 • 교통량이 극히 적은 경우에는 예외적으로 발주자 또는 담당기술자의 판단에 의하여 3등교로 설계

(2) 설계용어

① 초과홍수 : 유량이 100년 빈도 홍수보다 많고 500년 빈도 홍수보다 적은 홍수 또는 조석흐름

② 100년빈도홍수 : 연 발생확률이 1% 또는 이를 초과하는 폭우 또는 조석에 의한 홍수

③ 500년 빈도 홍수 : 연 발생확률이 0.2% 또는 이를 초과하는 폭우 또는 조석에 의한 홍수

④ **설계유량** : 적용설계조건을 초과하지 않고 교량이 수용할 수 있는 최대 유량

⑤ **안정수로** : 심각한 하상저하, 상승 또는 제방침식이 발생하지 않고 상류유역에서 내려오는 유량 및 유사를 수로로 통과시킬 수 있는 하상경사와 단면을 갖는 하천의 상황

⑥ **월류홍수** : 도로, 교량, 유역경계 또는 비상 배수시설 위로 넘치는 홍수흐름. 월류홍수로 인해 최악의 세굴조건이 발생할 수 있다.

Chapter 11

[비법148] 하중의 종류

SECTION 03

하중 – 한계상태설계법

1. 하중의 종류

교량을 설계할 때 고려하여야 할 하중의 종류를 모두 열거한 것인데, 가교지점의 여러 조건과 구조에 따라 적절한 하중 및 하중의 조합을 선정하여야 하며 반드시 모든 하중을 고려할 필요는 없다.

〈표 11.5〉 하중의 종류

지속하는 하중	변동하는 하중
(1) 고정하중 ① 구조부재와 비구조적 부착물의 중량(DC) ② 포장과 설비의 고정하중(DW)	(7) 활하중 ① 차량활하중(LL) ② 상재활하중(LS) ③ 보도하중(PL)
(2) 프리스트레스 힘(PS) 포스트텐션에 의한 2차하중효과를 포함한, 시공과정 중 발생한 누적 하중효과	(8) 충격(IM)
(3) 시공중 발생하는 구속응력(EL)	(9) 풍하중 ① 차량에 작용하는 풍하중(WL) ② 구조물에 작용하는 풍하중(WS)
(4) 콘크리트 크리프의 영향(CR)	(10) 온도변화의 영향 ① 단면평균온도(TU) ② 온도구배(TG)
(5) 콘크리트 건조수축의 영향(SH)	(11) 지진의 영향(EQ)
(6) 토압 ① 수평토압(EH) ② 상재토하중(ES) ③ 수직토압(EV) ④ 말뚝부마찰력(DD)	(12) 정수압과 유수압(WA)
	(13) 부력 또는 양압력(BP)
	(14) 설하중 및 빙하중(IC)
	(15) 지반변동의 영향(GD)
	(16) 지점이동의 영향(SD)
	(17) 파압(WP)
	(18) 원심하중(CF)
	(19) 제동하중(BR)
	(20) 가설시하중(ER)
	(21) 충돌하중 ① 차량충돌하중(CT) ② 선박충돌하중(CV)
	(22) 마찰력(FR)

2. 하중계수와 하중조합

(1) 한계상태설계법 일반식

하중계수를 고려한 총 설계하중은 (식 11.4)과 같이 결정된다.

$$Q = \Sigma \eta_i \gamma_i Q_i \quad \cdots\cdots \text{(식 11.4)}$$

여기서, η_i = 하중수정계수

γ_i = 하중계수

Q_i = 하중 또는 하중효과

(2) 한계상태설계법에서 제안하는 하중계수

극한한계상태 하중조합 I의 계수하중은 (식 11.5)과 같이 결정된다.

$$U = 1.25D + 1.80L \quad \cdots\cdots \text{(식 11.5)}$$

여기서, U = 계수하중 또는 소요강도

D = 고정하중

L = 활하중

3. 활하중

(1) 차량활하중(LL)

① 재하차로의 수

(가) 차량활하중의 재하를 위한 재하차로의 수 N은 (식 11.6)과 같다.

$$N = \frac{W_C}{W_P} \text{의 정수부} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.6)}$$

단, N이 1이며 W_C가 6.0m이상인 경우에는 재하차로의 수(N)를 2로 한다.

여기서, W_C = 연석, 방호울타리(중앙분리대 포함)간의 교폭(m)

W_P = 발주자에 의해 정해진 계획차로의 폭(m)

(나) 재하차로의 폭 W는 (식 11.7)과 같다.

$$W = \frac{W_C}{N} \le 3.6[\text{m}] \quad \cdots\cdots \text{(식 11.7)}$$

(다) 교량 바닥판상의 차도가 중앙분리대 등에 의해 물리적으로 두 부분으로 나누어져 있는 경우에는 다음을 따른다.

㉠ 두 부분이 영구적인 시설로 분리되어 있는 경우에는 두 부분의 폭을 각각 고려하여 재하차로의 수와 폭을 정하여야 한다.

㉡ 두 부분이 임시적인 시설로 분리되어 있는 경우에는 전체 차도의 폭을 고려하여 재하차로의 수와 폭을 정하여야 한다.

N/O/T/E

[비법149] 하중계수와 하중조합

BASIC 필수 083 18년 국가직

보의 경간이 8m인 단순보에 등분포활하중이 20kN/m, 자중을 포함한 등분포고정하중이 8kN/m가 작용할 때, 휨부재를 설계하는 경우의 계수휨모멘트[kN·m]는? (단, KDS 24 12 11의 극한한계상태 하중조합 Ⅰ에 따라 활하중계수는 1.8, 고정하중계수는 1.25를 적용한다)

① 312.8
② 315.2
③ 368.0
④ 432.9

〔정답 및 해설〕

$w = 1.25w_{DC} + 1.80w_{LL}$

$= 1.25 \times 8 + 1.80 \times 20 = 46\ [\text{kN/m}]$

$\therefore M_u = \frac{wl^2}{8} = \frac{46 \times 8^2}{8}$

$= 368.0\ [\text{kN} \cdot \text{m}]$

정답 ③

[비법150] 차량활하중의 재하방법

Chapter 11

[비법151] 하중-한계상태설계법 활하중

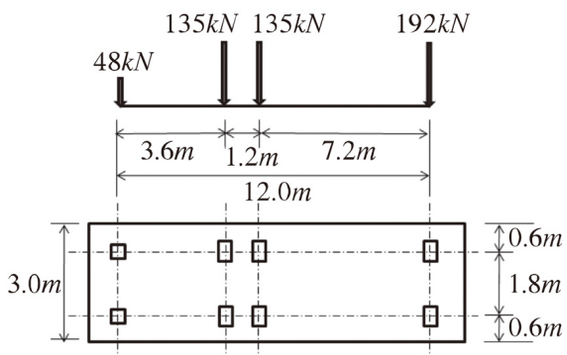
② 설계 차량활하중

- 교량이나 이에 부수되는 일반구조물의 노면에 작용하는 차량활하중('KL-510'으로 명명함)은 표준트럭하중과 표준차로하중으로 이루어져 있다.
- 이 하중들은 재하차로 내에서 횡방향으로 3,000mm의 폭을 점유하는 것으로 가정한다.

(가) 표준트럭하중

㉠ 표준트럭의 중량과 축간거리는 (그림 11.1)와 같다.

㉡ 표준트럭하중은 충격하중을 적용해야 한다.



[그림 11.1] 표준트럭하중

(나) 표준차로하중

㉠ 표준차로하중은 종방향으로 균등하게 분포된 하중으로 (표 11.6)의 값을 적용한다.

㉡ 횡방향으로는 3,000 mm 의 폭으로 균등하게 분포되어있다.

㉢ 표준차로하중은 충격하중을 적용하지 않는다.

〈표 11.6〉 표준차로하중

$L \le 60\,\mathrm{m}$	$w = 12.7$	$[\mathrm{kN/m}]$
$L > 60\,\mathrm{m}$	$w = 12.7 \times \left(\frac{60}{L}\right)^{0.10}$	$[\mathrm{kN/m}]$

여기서, L : 표준차로하중이 재하되는 부분의 지간

(2) 피로하중

① 피로의 영향을 검토하는 경우의 활하중은 규정된 표준트럭하중의 80%를 적용한다.

② 피로하중은 충격하중을 적용한다.

(3) 보도하중

① 바닥판, 바닥틀을 설계하는 경우에 보도 등에는 $5 \times 10^{-3}\,\mathrm{MPa}$의 보도하중이 설계차량활하중과 동시에 적용된다.

② 보도나 보행자 또는 자전거용 교량에서 유지관리용 또는 이에 부수되는 차량통행이 예상되는 경우 이 하중은 설계에 고려되어야한다. 이 차량에 대해 충격하중은 고려하지 않는다.

BASIC 필수 084 15년 국가직

「교량 – 한계상태설계법」에서 하중에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 설계 차량활하중은 표준트럭하중과 표준차로하중으로 이루어지며, 표준트럭하중의 전체 중량은 510kN이다.

② 피로의 영향을 검토하는 경우의 활하중은 규정된 표준트럭하중의 80%를 적용한다.

③ 피로하중은 충격하중을 적용한다.

④ 보도나 보행자 또는 자전거용 교량에서 유지관리용 또는 이에 부수되는 차량통행이 예상되는 경우 이 차량에 대해 충격하중을 설계에 고려하여야 한다.

〔 정답 및 해설 〕

보도나 보행자 또는 자전거용 교량에서 유지관리용 또는 이에 부수되는 차량통행이 예상되는 경우 이 하중은 설계에 고려되어야한다. 이 차량에 대해 충격하중은 고려하지 않는다.

정답 ④

N/O/T/E

4. 충격하중(IM)

① 매설된 부재와 목재부재에서 허용된 경우를 제외하고 원심력과 제동력 이외의 표준트럭하중에 의한 정적효과는 (표 11.7)에 규정된 충격하중의 비율에 따라 증가시켜야한다.

〈표 11.7〉 충격하중계수, IM

성 분		IM
바닥판 신축이음장치 모든 한계상태		70%
모든 다른 부재	피로한계상태를 제외한 모든 한계상태	25%
	피로한계상태	15%

② 정적 하중에 적용시켜야 할 충격하중계수는 (식 11.8)와 같다

$$i = 1 + \frac{IM}{100} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.8)}$$

③ 충격하중은 보도하중이나 표준차로하중에는 적용되지 않는다.

④ 다음과 같은 경우에는 충격하중을 적용할 필요가 없다.

(가) 상부구조물로부터 수직반력을 받지 않는 옹벽

(나) 전체가 지표면이하인 기초부재

⑤ 충격하중은 차량에 의한 진동의 규정에 따라 충분한 증거에 의해 검증될 수 있다면 연결부를 제외한 다른 부재에 대하여 감소시킬 수 있다.

꿀팁! 충격하중을 적용할 필요가 없는 경우

- 보도하중
- 표준차로하중
- 상부구조물로부터 수직반력을 받지 않는 옹벽
- 전체가 지표면이하인 기초부재

Chapter 11

[비법152] 하중-한계상태설계법 기타

11. 풍하중(WL, WS)

(1) 기본풍속

〈표 11.8〉 지역별 기본풍속(V_{10})

구분	지역	지명	기본풍속(m/s)
Ⅰ	내륙	서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주, 광주	30
Ⅱ	서해안	서산, 인천	35
Ⅲ	서남해안 남해안 동남해안	군산 여수, 충무, 부산 포항, 울산	40
Ⅳ	동해안 제주지역 특수지역	속초, 강릉 제주, 서귀포 목포	45
Ⅴ	–	울릉도	50

① 기본풍속(V_{10})이란 재현기간 100년에 해당하는 개활지에서의 지상 10m의 10분 평균 풍속을 말한다.

② 기본풍속은 대상지역 인근 기상관측소의 장기풍속기록(태풍 또는 계절풍)과 지역적 위치를 동시에 고려하여 극치분포로부터 추정하거나 태풍자료의 시뮬레이션 등의 합리적인 방법으로 추정한다.

③ 단 대상지역의 풍속자료가 가용치 못한 경우에는 〈표 11.8〉에 주어진 지역별 기본풍속을 사용할 수 있다.

(2) 설계기준풍속

① 일반 중소지간 교량의 설계기준풍속(V_D)은 40m/s로 한다.

② 태풍이나 돌풍에 취약한 지역에 위치한 중대지간 교량의 설계기준풍속(V_D)은 대상지역의 풍속기록과 구조물 주변의 지형 및 환경 그리고 교량상부구조의 지상 높이 등을 고려하여 합리적으로 결정한 10분 평균 풍속이다.

③ 그러나 대상지역의 풍속자료가 가용치 못한 경우에는 고도보정을 위하여 (식 11.9)을 사용할 수 있다.

$$V_D = 1.723\left(\frac{z_D}{z_G}\right)^{\alpha} V_{10} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.9)}$$

여기서, V_D = 설계고도 z에서의 10분 평균 설계기준풍속(m/s)

α = 지표조도지수

z_D, z_G = 지표조도구분에 의한 계수들

N/O/T/E

SECTION 04

교량의 배력철근과 신축이음

[비법153] 배력철근, 거더의 플랜지 유효폭, 기타

1. 콘크리트교의 배력철근

① 집중하중으로 작용하는 윤하중을 수평 방향으로 분산시키기 위해 정모멘트에 발생되는 바닥판 하부에는 주철근의 직각 방향으로 배력철근을 배치하여야 한다. 이 때 철근량은 정모 멘트에 의해 소요되는 주철근량에 대해 다음과 같이 계산한 백분률을 적용한 값으로 한다.

주철근이 차량 진행 방향에 직각인 경우	$\frac{120}{\sqrt{L}} \leq 67\%$
주철근이 차량 진행 방향에 평행한 경우	$\frac{55}{\sqrt{L}} \leq 50\%$

여기서, L : 바닥판의 지간(m)

② 주철근이 차량 진행 방향에 직각인 경우 위에서 산정한 배력철근을 바닥판 지간 중앙부 1/2 구간에 배치하며, 나머지 구간에는 산정된 배력철근량의 50% 이상 배치한다.

③ 배치할 배력철근량은 온도 및 건조수축에 소요되는 철근량 이상이어야 한다.

2. 교량의 신축이음

[비법154] 신축이음

(1) 설계 이동량 계산 및 허용 틈새 간격

① 신축이음의 이동량은 발생 가능한 모든 하중들의 조합들 중에서 가장 불리한 경우에 대하여 극한한계상태 하중조합을 사용하여 계산하여야 한다.

② 각종 이동량 및 시공 여유량 등을 모두 고려하여 차량 진행방향으로 산정한 신축이음 노면 최대 틈새 간격(W, mm)은 다음을 만족하여야 한다.

틈새가 하나인 경우	$W \leq 100\text{mm}$	····· (식 11.10a)
틈새가 여러 개인 모듈 형식	$W \leq 80\text{mm}$	····· (식 11.10b)

③ 강교량인 경우 노면 틈새 간격은 계수하중을 고려한 극한 이동 상태에서 최소 25mm 이상이어야 한다.

④ 콘크리트교량인 경우 크리프 및 건조수축 변형을 감안하여 초기에 일시적으로 최소 틈새 간격이 25mm 보다 작을 수 있다.

(2) 설계 하중

① 신축이음의 설계 연직하중은 표준트럭의 후륜하중으로 한다.

② 윤하중 분배 면적 크기는 레일형 및 핑거형 등 개방식 신축이음인 경우에는 트럭 바퀴가 접촉되지 않는 부분이 발생하므로 분포하중 산정 시 이를 고려해야 한다.

③ 신축이음의 설계 수평하중은 설계 연직하중의 20 % 로 하고 신축이음에서의 바퀴 접촉과 분포를 고려한다.

[비법155] 강구조의 장점과 단점

LITE 필수 143 14년 지방직

강재와 콘크리트 재료를 비교하였을 때, 강재의 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

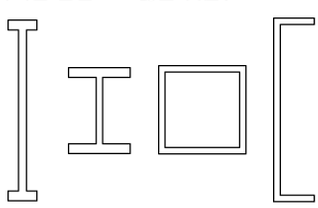
① 단위체적당 강도가 크다.
② 재료의 균질성이 뛰어나다.
③ 연성이 크고 소성변형능력이 우수하다.
④ 내식성에는 약하지만 내화성에는 강하다.

〔 정답 및 해설 〕
강재는 일반적으로 내식성(부식에 대하여 저항하는 성질)과 내화성(열에 대하여 저항하는 성질)이 약하다.

정답 ④

BASIC 필수 085 17년 지방직(2차)

동일한 재료와 단면적을 사용하여 비틀림에 저항하는 부재를 설계할 때, 가장 효과적인 단면으로 옳은 것은?



① (a)
② (b)
③ (c)
④ (d)

〔 정답 및 해설 〕
비틀림에 저항하는 부재를 설계할 때 가장 효과적인 단면은 중공단면(닫힌 공간)인 (c)에 해당한다.

정답 ③

[비법156] 강재의 기호

SECTION 05 강재

1. 강구조의 장점과 단점

(1) 장점

① 단위중량에 비해 고강도라 장스팬, 고층건물에 적합하다.
② 재료가 균질하기 때문에 재료적 결함이 적고 품질이 우수하다.
③ 다른 구조재료보다 탄성적이라 설계가정에 가깝게 거동한다.
④ 내구성이 우수해서 관리가 잘 된 강재는 무한히 사용가능하다.
⑤ 연성이 우수하여 파괴시 조짐이 있어 이를 인식가능하게 한다.
⑥ 강구조는 쉽게 구조변경이 가능하다.
⑦ 사전 조립이 가능하여 현장 가설 속도가 빠르다.
⑧ 다양한 형상과 치수를 가진 구조물로 만들 수 있다.
⑨ 구조물을 해체하여 재사용이 가능하고 구조재료로 사용이 불가능한 경우에는 고철 등으로 재활용이 가능하다.
⑩ 세장한 부재가 가능하다.

(2) 단점

① 내화성을 고려하여야 한다.
② 부식에 따른 유지관리가 필요하다. 즉, 유지비용이 많이 든다.
③ 접합부의 신중한 설계와 용접부의 검사가 필요하다.
④ 좌굴의 영향이 크다.
⑤ 처짐 및 진동을 고려해야 한다.
⑥ 응력반복에 따른 피로에 의한 강도저하가 심하다.

2. 강재의 기호 및 형상

(1) 강재의 기호

SM 275 A
① ② ③

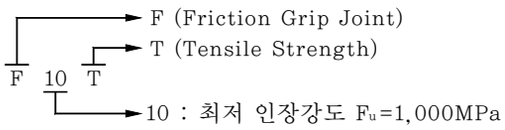
① 강재의 명칭
- SS(Steel Structure): 일반구조용 압연강재
- SM(Steel Marine): 용접구조용 압연강재
- SMA(Steel Marine Atmosphere): 용접구조용 내후성 열간 압연강재
- HSB(High performance Steel for Bridges): 교량구조용 압연강재

② 강재의 항복강도
- 강재의 항복강도 $F_y = 275\text{MPa}$를 의미함(단, 판 두께가 16mm 이하인 경우)
- 과거 인장강도 기준에서 항복강도 기준으로 변경하여 개정함

③ 기타 정보

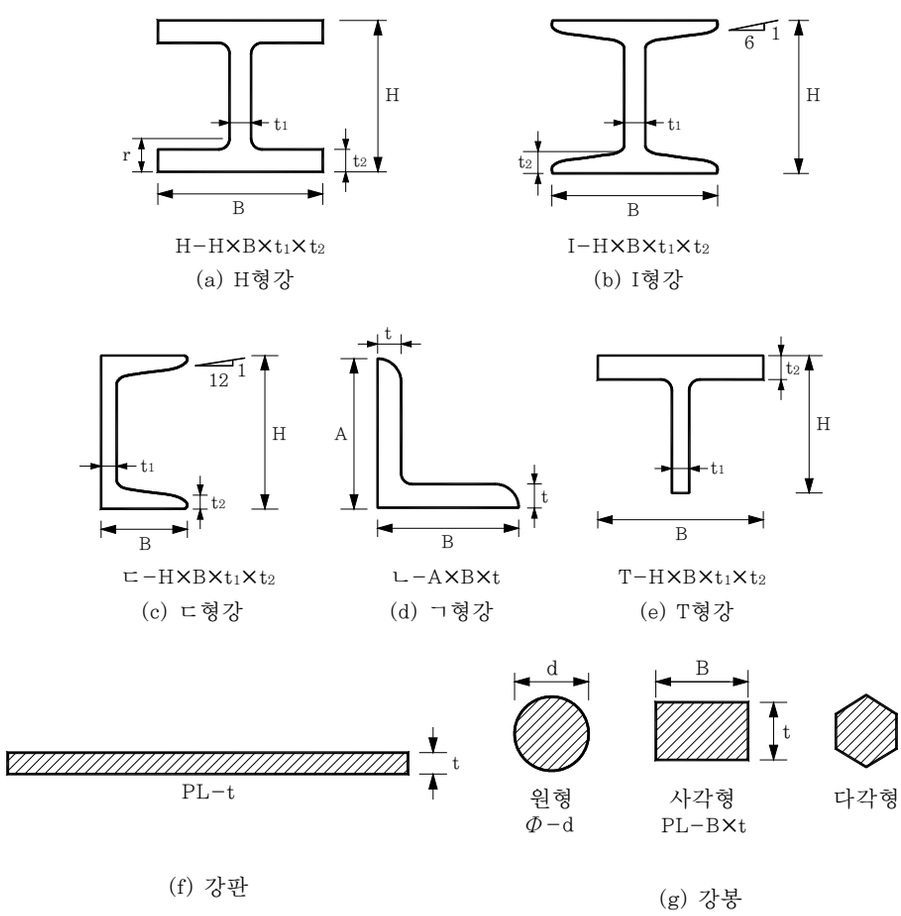
- P(인) 및 S(황)의 함유량이 0.035%(A급), 0.030%(B급), 0.025%(C급), 0.020%(D급)을 의미.
- TMC는 강재에 열가공제어를 하는 경우를 말함.

(2) 접합재료의 기호



(3) 형상 및 치수

형상 – 높이 × 폭 × 높이의 두께 × 폭의 두께



[그림 11.2] 강재의 형상 및 치수

BASIC 필수 086 16년 지방직

구조용 강재에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① SS410 강재는 건축구조용 압연강재이다.
② HSB500 강재는 교량구조용 압연강재이다.
③ SM275B 강재는 용접구조용 압연강재이다.
④ SMA460W 강재는 용접구조용 내후성 열간압연강재이다.

[정답 및 해설]

SS410 강재는 일반구조용 압연강재이다.

정답 ①

참고 접합재료의 최소강도 (MPa)

강종 / 최소강도	고장력볼트의 재료강도		
	F8T	F10T	F13T
F_y	640	900	1,170
F_u	800	1,000	1,300

[비법157] 인장부재-구조기준

SECTION 06

인장부재

1. 인장부재 일반사항

① 강교(한계상태설계법)와 강구조(하중저항계수설계법)의 인장부재 설계는 이 규정에 따른다.

② 이 규정은 중심축 인장력을 받는 부재에 적용한다.

2. 세장비 제한

① 교량을 제외한 강구조의 경우, 인장을 받는 부재의 설계 시 최대 세장비의 제한은 없다. 다만, 인장력에 기초하여 설계되는 부재의 세장비 L/r은 가급적 300을 넘지 않도록 한다. 이 제한은 인장력을 받는 강봉이나 매달린 부재에는 적용하지 않는다.

② 교량 강구조의 경우, 아이바, 봉강, 케이블, 판을 제외한 모든 인장부재의 세장비는 다음을 만족해야 한다.

〈표 11.9〉 인장부재의 세장비 제한

부재	세장비(L/r)
교번응력을 받는 주부재	$L/r \leq 140$
교번응력을 받지 않는 주부재	$L/r \leq 200$
2차 부재	$L/r \leq 240$

여기서, L = 비지지 길이[mm]

r = 단면의 회전반경[mm]

BASIC 필수 087 18년 국가직

축방향 인장을 받는 부재 및 이음재의 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 설계코드(KDS)를 적용한다)

① 축방향 인장을 받는 부재의 강도는 전단면 파단을 고려하여 결정한다.

② 인장부재는 세장비 규정과 피로에 관한 규정을 만족해야 하며, 연결부 끝 부분에서 블록전단강도에 관한 검토를 해야 한다.

③ 축방향 인장력과 휨모멘트를 동시에 받아 순압축응력이 작용하는 플랜지는 국부좌굴에 대한 검토가 필요하다.

④ 아이바, 봉강, 케이블 및 판을 제외한 인장부재에서 교번응력을 받지 않는 인장 주부재의 최대 세장비는 200이다.

〔 정답 및 해설 〕

축방향 인장을 받는 부재의 강도는 전단면의 항복과 순단면의 파단을 고려하여 결정한다.

정답 ①

[비법158] 인장부재-순단면적

3. 단면적의 산정

(1) 총단면적

부재의 총단면적 A_g는 부재축의 직각방향으로 측정된 각 요소단면의 합이다.

$$A_g = b_g \times t \quad \cdots\cdots \text{(식 11.11)}$$

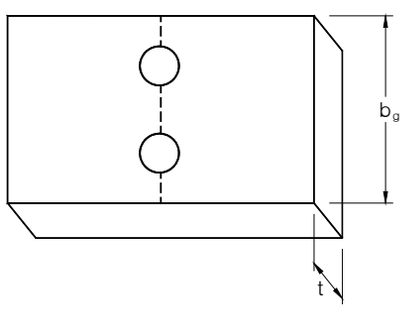
여기서, A_g : 강판의 순단면적

b_g : 강판의 총폭, t : 강판의 두께

(2) 순단면적

대각선 또는 지그재그선의 한 부분을 지나는 연속된 구멍의 경우, 순폭은 전체 폭에서 일련의 모든 구멍의 직경 또는 슬롯 치수의 합을 빼고 각 게이지에 대한 $s^2/4g$를 더한 값으로 구한다. 순단면적 A_n은 최소 순단면적을 갖는 파단선으로부터 구한다.

① 정열배치인 경우



[그림 11.3] 일직선 배치

$$\begin{cases} b_n = b_g - n d \\ A_n = b_n t \\ A_n = b_g t - n d t = A_g - n d t \end{cases} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.12)}$$

여기서, A_n : 강판의 순단면적 t : 강판의 두께

b_n : 강판의 순폭 b_g : 강판의 총폭

n : 인장력에 의한 파단선상에 있는 구멍의 수

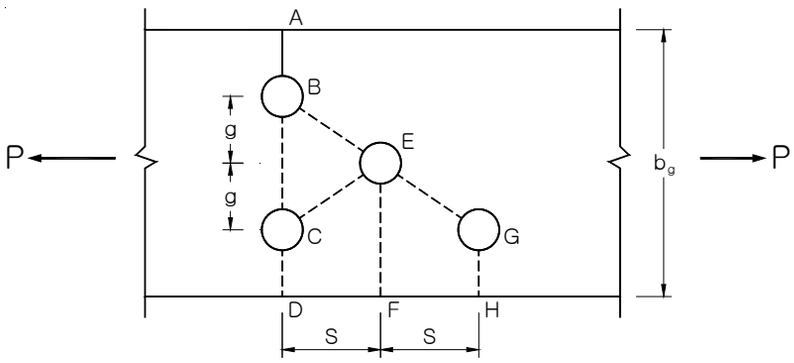
d : 연결재 구멍 공칭치수(mm)

Chapter 11

〈표 11.10〉 고장력볼트의 공칭구멍 치수(mm)

고장력볼트의 호칭	표준구멍의 직경	과대구멍의 직경	단슬롯	장슬롯
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	27	30	27 × 32	27 × 60
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75

② 불규칙배치(엇모배치)인 경우



[그림 11.4] 지그재그 배치

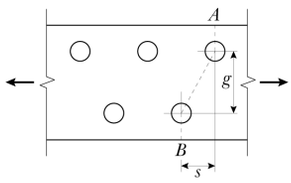
구멍이 불규칙배치된 강판의 순폭은 총폭에서 예상 파단선에 있는 모든 구멍의 지름을 뺀 후, 대각선 경로 수만큼 차례대로 $\frac{s^2}{4g}$를 더하여 구한다.

$$\begin{cases} b_n = \left[\begin{array}{l} case\,1.\ ABCD \text{ 경로} : b_{n1} = b_g - 2d \\ case\,2.\ ABECD \text{경로} : b_{n2} = b_g - 3d + \frac{s^2}{4g} \times 2\text{개} \\ case\,3.\ ABEF \text{ 경로} : b_{n3} = b_g - 2d + \frac{s^2}{4g} \\ case\,4.\ ABEGH \text{경로} : b_{n4} = b_g - 3d + \frac{s^2}{4g} \times 2\text{개} \end{array}\right]_{\min} \\ A_n = b_n t \\ A_n = b_g t - n\,dt + \Sigma\frac{s^2}{4g}t = A_g - n\,dt + \Sigma\frac{s^2}{4g}t \end{cases} \quad \cdots\cdots (식\ 11.13)$$

여기서, s(pitch) : 인접한 2개 구멍의 응력 방향 중심간격(mm)
g(gauge) : 연결재 게이지선 사이의 응력 수직방향 중심간격(mm)

LITE 필수 144 22년 지방직

그림과 같이 강재를 사용한 인장부재(두께 t)의 볼트 연결부(구멍직경 d)가 있다. 예상되는 파단선이 A－B일 때 순단면적(A_n)은? (단, A_g는 총단면적이다)



① $A_g - 2 \cdot d \cdot t$

② $A_g - 2 \cdot d \cdot t + \frac{s^2}{4g} \cdot t$

③ $A_g - d \cdot t + \frac{g^2}{4s} \cdot t$

④ $A_g - d \cdot t$

〔정답 및 해설〕

$b_{n2} = b_g - 2 \cdot d + \frac{s^2}{4g}$

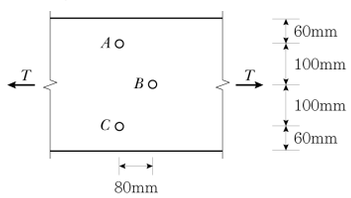
$A_n = b_{n2} \times t = \left(b_g - 2 \cdot d + \frac{s^2}{4g}\right) \times t$

$= A_g - 2 \cdot d \cdot t + \frac{s^2}{4g} \cdot t$

정답 ②

BASIC 필수 088 20년 국가직

그림과 같은 볼트구멍이 있는 강판에 인장력 T가 작용할 때, 순단면적[mm²]은? (단, 볼트구멍의 직경 d=25 mm, 강판의 두께 t=10 mm이며, KDS 14 31 10을 따른다)



① 2,450
② 2,700
③ 2,770
④ 3,075

〔정답 및 해설〕

$b_g = 60 + 100 + 100 + 60 = 320[\text{mm}]$

$b_{n2} = b_g - 2d_h = 320 - 2 \times 25 = 270[\text{mm}]$

$b_{n3} = b_g - 3d_h + \frac{p^2}{4g} \times 2\text{개}$

$= 320 - 3 \times 25 + \frac{80^2}{4 \times 100} \times 2$

$= 277[\text{mm}]$

$b_n = [b_{n2}, b_{n3}]_{\min} = 270[\text{mm}]$

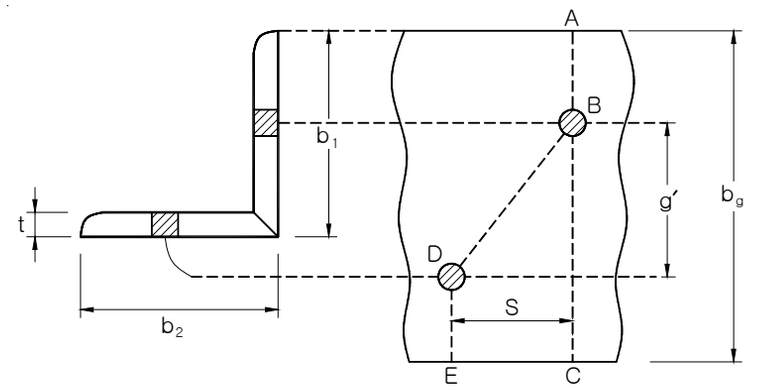
$\therefore A_n = b_n \times t = 270 \times 10$

$= 2,700[\text{mm}^2]$

정답 ②

Chapter 11

③ ㄱ형강



[그림 11.5] ㄴ형강

볼트구멍이 있는 ㄱ형강의 순단면적은 다리를 동일평면에 전개한 후 산정한다. 이 경우 전개된 인접한 두 면의 구멍의 게이지는 ㄱ형강의 뒷면으로부터 산정한 게이지들의 합에서 두께를 감한 값이다.

$$\begin{cases} b_n = \left[\begin{array}{l} case\,1.\ ABC \ \text{경로} : b_{n1} = b_g - d \\ case\,2.\ ABDE \text{경로} : b_{n2} = b_g - 2d + \dfrac{s^2}{4g} \end{array} \right]^{\min} \\ A_n = b_n t \end{cases} \quad \cdots\cdots (식\ 11.14)$$

여기서, $b_g = b_1 + b_2 - t$

$g = g' - t$

(3) 유효순단면적

① 접합부에서 어느 정도 떨어진 위치에서는 인장재 내의 응력은 단면에 걸쳐 균등하게 분포된다. 그러나 접합부 부근에서는 접합의 형태에 따라 응력의 분포가 달라질 수 있다. 만약 인장재의 한 변만이 접합에 사용된 경우에는 접합의 중심이 인장재의 중심과 일치하지 않게 되어 편심에 의한 영향을 받게 된다. 이처럼 편심이 발생하는 접합부에서의 응력이 흐름을 살펴보면 인장력은 먼저 접합에 사용된 면을 통해 전단응력의 형태로 점차 전체 단면으로 전달하게 된다. 이때 접합에 사용된 면은 전체가 인장력을 받게 되나 접합에 사용되지 않은 면에는 인장력이 불균등하게 생기게 되는데 이러한 현상을 전단뒤짐(전단지연, shear lag)이라 한다.

② 이러한 전단뒤짐의 영향을 고려하기 위해 순단면적 대신에 다음과 같은 유효순단면적 A_e를 사용한다.

$$A_e = U \times A_n \quad \cdots\cdots (식\ 11.15)$$

여기서, U : 전단뒤짐계수

4. 인장부재의 설계인장강도

인장재의 설계인장강도는 총단면의 항복한계상태과 유효순단면의 파단한계상태에 대해 (식 11.16b)과 (식 11.17b)에 의해 산정된 값 중 작은 값으로 한다.

(1) 총단면의 항복한계상태

① 총단면의 항복한계상태–공칭인장강도

$$P_{ny} = F_y A_g \quad \cdots\cdots \text{(식 11.16a)}$$

여기서, A_g : 부재의 총단면적(mm^2)

F_y : 항복강도(MPa)

P_{ny} : 총단면의 항복 시 공칭인장강도(N)

② 총단면의 항복한계상태–설계인장강도

$$P_{r1} = \phi_y P_{ny} = \phi_y F_y A_g \quad \cdots\cdots \text{(식 11.16b)}$$

여기서, ϕ_y(강구조 설계기준–하중저항계수설계법)=0.90

ϕ_y(강교 설계기준–한계상태설계법)=0.95

(2) 유효순단면의 파단한계상태

① 유효순단면의 파단한계상태–공칭인장강도

$$P_{nu} = F_u A_e \quad \cdots\cdots \text{(식 11.17a)}$$

여기서, A_e : 유효순단면적(mm^2)

F_u : 인장강도(MPa)

P_{nu} : 유효순단면의 파단 시 공칭인장강도(N)

② 유효순단면의 파단한계상태–설계인장강도

$$P_{r2} = \phi_u P_{nu} = \phi_u F_u A_e \quad \cdots\cdots \text{(식 11.17b)}$$

여기서, ϕ_u(강구조 설계기준–하중저항계수설계법)=0.75

ϕ_u(강교 설계기준–한계상태설계법)=0.80

[비법159] 인장강도

BASIC 필수 089 24년 지방직

SM275 강재(항복강도 F_y=275MPa, 인장강도 F_u=410MPa)로 제작된 인장부재의 총단면의 항복한계상태에 대한 공칭인장강도 P_n[N]은? (단, 부재의 총단면적 A_g=10mm^2, 유효 순단면적 A_n=8mm^2이다)

① 2,200
② 2,460
③ 2,750
④ 4,100

정답 및 해설

하중저항계수설계법에 따른 공칭인장강도

총단면의 항복한계상태

$P_{ny} = F_y A_g = 275 \times 10 = 2,750[N]$

유효순단면의 파단한계상태 (참고)

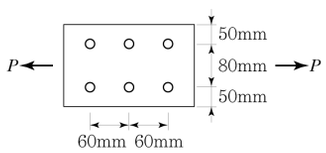
$P_{nu} = F_u A_e = 410 \times 8 = 3,280[N]$

정답 ❸

[비법160] 인장강도 〈허용응력설계법〉

BASIC 필수 090 17년 국가직

그림과 같이 두께가 10mm인 강판을 리벳으로 연결한 경우 강판이 최대로 허용할 수 있는 인장력 P[kN]는? (단, 강판의 허용인장응력 f_{ta} = 150MPa, 리벳구멍의 지름 25mm이다)



① 135
② 155
③ 175
④ 195

정답 및 해설

$A_n = b_n \times t = (b_g - 2d_h) \times t$
$= (180 - 2 \times 25) \times 10$
$= 1,300[mm^2]$

$\therefore P_t = f_{ta} \times A_n = 150 \times 1,300$
$= 195,000[N] = 195[kN]$

정답 ❹

[비법161] 인장부재의 설계블록전단강도

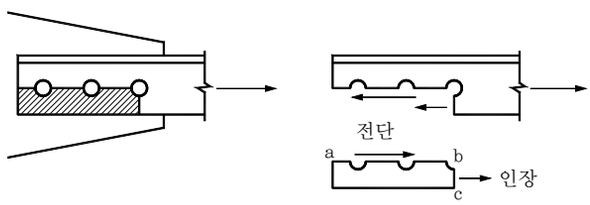
5. 인장부재의 설계블록전단강도

(1) 일반사항

① 고장력볼트의 사용이 증가함에 따라 접합부의 설계는 보다 적은 개수의 그리고 보다 큰 지름의 볼트를 사용하는 경향이 있다.

② 그러나 이러한 경향은 접합부에서 블록전단파괴(block shear rupture)이라는 파괴양상이 일어날 수 있는 가능성이 커지게 되었다.

③ 블록전단파괴란 (그림 11.6)와 같이 a–b부분의 전단파괴와 b–c부분의 인장파단에 의해 접합부의 일부분이 찢어져 나가는 파괴형태이다.



[그림 11.6] 블록전단파괴

④ 플랜지가 절취된 보의 복부판 연결부와 연결판, 이음판, 연결판을 포함한 모든 인장 연결부는, 설계강도가 발휘되도록 적절하게 부재가 연결되어 있는지를 검토해야 한다.

⑤ 연결부는 부재나 연결판의 모든 가능한 파괴면에 대해서 검토해야 한다. 파괴면은 작용하중에 평행 또는 수직인 면을 포함해야 한다.

⑥ 작용하중에 평행인 면은 전단응력만 지지하도록 하고, 작용하중에 수직인 면은 인장응력만 지지하도록 한다.

(2) 설계블록전단강도

전단 파괴선을 따라 발생하는 전단파단과 직각으로 발생하는 인장파단의 조합인 블록전단파단 한계상태에 대한 설계강도는 다음과 같이 산정한 공칭강도에 $\phi = 0.75$을 적용하여 구한다. 보단부 이음부의 상단플랜지 없는 이음부 및 거셋플레이트 등은 블록전단강도를 검토해야 한다.

① 공칭블록전단강도

$$R_n = [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \le [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \quad \cdots\cdots \text{(식 11.18a)}$$

여기서, A_{gv}: 전단저항 총단면적(mm^2)

A_{nv}: 전단저항 순단면적(mm^2)

A_{nt}: 인장저항 순단면적(mm^2)

U_{bs}: 인장응력이 균일할 경우 1.0, 불균일할 경우 0.5 적용

② 설계블록전단강도

$$R_r = \phi R_n \quad \cdots\cdots \text{(식 11.18b)}$$

여기서, ϕ=0.75(강구조－하중저항), ϕ=0.80(강교－한계상태)

BASIC 필수 091 19년 국가직

접합부에서, 한쪽 방향으로는 인장파단, 다른 방향으로는 전단항복 혹은 전단파단이 발생하는 한계상태는?(단, 현행 강구조설계기준을 적용한다)

① 전단면 파단
② 블록전단파단
③ 순단면 항복
④ 전단면 항복

〔정답 및 해설〕
블록전단파단은 전단 파괴선을 따라 발생하는 전단파단과 직각으로 발생하는 인장파단의 블록전단파단 한계상태를 말한다.

정답 ②

N/O/T/E

[비법162] 압축부재

[비법163] 저항계수 요약

SECTION 07 압축부재

1. 압축부재 일반사항

① 강교(한계상태설계법)와 강구조(하중저항계수설계법)의 압축부재 설계는 이 규정에 따른다.

② 이 규정은 중심축 압축력을 받는 부재에 적용한다.

2. 압축부재의 설계압축강도

$$P_r = \phi_c P_n \quad \cdots\cdots \text{(식 11.19)}$$

여기서, ϕ_c=0.90(강구조－하중저항)

ϕ_c=0.90(강교－한계상태)

P_n= 공칭압축강도(휨좌굴, 비틀림좌굴, 휨-비틀림좌굴의 한계상태 중 작은 값으로 한다)

3. 세장비 제한

① 강구조 건축물과 일반 강구조의 경우, 유효길이계수 K와 기둥의 유효세장비 (L_c/r)의 산정은 이 규정에 따른다. 압축력에 기초하여 설계되는 부재의 유효세장비(L_c/r)는 가급적 200을 넘지 않도록 한다.

② 교량 강구조의 경우, 압축부재의 세장비는 다음을 만족해야 한다.

〈표 11.11〉 압축부재의 세장비 제한

부재	세장비(L_c/r)
주부재	$L_c/r \leq 120$
가새	$L_c/r \leq 140$

여기서, L=휨좌굴에 대한 비지지길이[mm]

r=단면2차반경[mm]

K=유효좌굴길이계수

$L_c(=KL)$=부재의 유효길이[mm]

Chapter 11

[비법164] 용접과 볼트의 병용

SECTION 08

강재 연결 일반사항

1. 용접과 볼트

(1) 용접 또는 볼트의 배열

① 편심에 대한 별도의 검토가 없는 경우, 축방향 힘을 전달하는 부재의 단부에서 용접이나 볼트의 군은 그 군의 중심이 부재의 중심과 일치하도록 배열해야 한다.

② 정적하중을 받는 ㄱ형강, 쌍ㄱ형강 부재 또는 이와 유사한 부재의 단부접합에서는 상기 ①을 적용하지 않는다.

(2) 용접과 볼트의 병용

① 볼트접합은 용접과 조합해서 하중을 부담시킬 수 없다. 이러한 경우 용접이 전체하중을 부담 하는 것으로 한다.

② 다만 전단접합에는 용접과 볼트의 병용이 허용된다. 전단접합 시 표준구멍과 하중방향에 직각인 단슬롯의 경우 볼트접합과 하중방향에 평행한 필릿용접이 하중을 각각 분담할 수 있다. 이때 볼트의 설계강도는 지압볼트접합 설계강도의 50%를 넘지 않도록 한다.

③ 마찰볼트접합으로 이미 시공된 구조물을 개축할 경우 고장력볼트는 이미 시공된 하중을 받는 것으로 가정하고 병용되는 용접은 추가된 소요강도를 받는 것으로 용접설계를 병용할 수 있다.

(3) 볼트와 용접의 제한

다음의 접합부에 대해서는 용접접합, 마찰접합 또는 전인장조임을 사용해야 한다. 단, 교량의 경우에는 볼트접합 시 마찰접합만 허용한다.

① 높이가 38m 이상인 다층 구조물의 기둥이음부

② 높이가 38m 이상인 구조물의 기둥–보 연결부와 기둥가새가 연결된 모든 보의 접합부

③ 용량 50kN 이상의 크레인을 설치한 구조물의 지붕트러스 이음부, 지붕트러스와 기둥 연결부, 기둥 이음부, 기둥가새, 크레인 지지부

④ 기둥–보 모멘트접합부에서 볼트가 용접과 병용될 경우에 마찰볼트접합을 사용

⑤ 기계받침과 교량 등과 같이 동적 하중을 받는 구조물의 접합부

BASIC 필수 092 16년 국가직

강구조에서 용접과 볼트의 병용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 볼트접합은 원칙적으로 용접과 조합해서 하중을 부담시킬 수 없다. 이러한 경우 볼트가 전체하중을 부담하는 것으로 한다.

② 볼트가 전단접합인 경우에는 예외적으로 용접과 하중을 분담하는 것이 허용된다.

③ 마찰볼트접합으로 기 시공된 구조물을 개축할 경우 고장력볼트는 기 시공된 하중을 받는 것으로 가정하고 병용되는 용접은 추가된 소요강도를 받는 것으로 용접설계를 병용할 수 있다.

④ 전단접합 시 표준구멍과 하중방향에 직각인 단슬롯의 경우 볼트와 하중방향에 평행한 필릿용접이 하중을 각각 분담할 수 있다.

〔 정답 및 해설 〕

볼트접합은 원칙적으로 용접과 조합해서 하중을 부담시킬 수 없다. 이러한 경우 용접이 전체하중을 부담하는 것으로 간주한다.

정답 ①

N/O/T/E

2. 이음부 설계세칙

〈표 11.12〉 볼트중심에서 연단까지 최소거리(mm)

볼트의 공칭직경(mm)	연단부의 가공방법	
	전단절단, 수동가스절단	압연형강, 자동가스절단, 기계가공마감
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42	30
27	48	34
30	52	38
30 초과	1.75d	1.25d

① 응력을 전달하는 필릿용접의 최소유효길이는 공칭용접치수의 10배 이상 또한 30mm 이상을 원칙으로 한다.
② 응력을 전달하는 겹침이음은 2열 이상의 필릿용접을 원칙으로 하고, 겹침길이는 얇은쪽 판두께의 5배 이상 또한 25mm 이상(구 20mm 이상)으로 한다.
③ 고장력볼트의 공칭구멍 치수은 (표11.10)에 따른다.
④ 고장력볼트의 구멍중심간의 거리는 공칭직경의 2.5배를 최소거리로 하고 3배를 표준거리로 한다.
⑤ 고장력볼트의 구멍중심에서 피접합재의 연단까지의 최소거리는 연단부 가공방법을 고려하여 (표11.12)에 따른다.
⑥ 고장력볼트의 구멍중심에서 볼트머리 또는 너트가 접하는 부재의 연단까지의 최대거리는 판두께의 12배 이하 또한 150mm이하로 한다.

SECTION 09 용접 연결

1. 용접의 종류

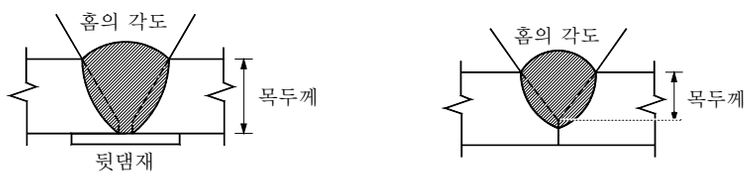
그루브용접 (구 홈용접, 맞대기 이음)	① 완전용입 그루브용접 ② 부분용입 그루브용접
필릿용접 (구 필렛용접, 겹침이음)	① 응력방향에 평행한 필릿용접 ② 응력방향에 직각인 필릿용접 ③ 응력방향에 경사진 필릿용접
플러그용접과 슬롯용접	주요 부재에 사용해서는 안 된다. 부득이 쓸 경우에는 응력의 전달을 고려하여야 한다.

2. 용접 일반사항

(1) 그루브용접

① 양쪽 강판사이에 홈을 두어 서로 맞대거나 또는 T형 이음에서 양쪽 모재사이의 홈에 용접금속을 넣는 방법으로 목두께의 방향이 적어도 모재의 표면과 직각 또는 거의 직각을 이루게 하여야한다.

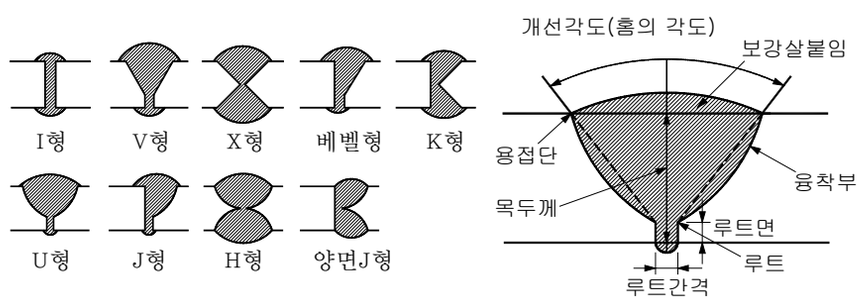
② 모재 사이에 홈을 만들어 용접하는 것으로 완전용입 그루브용접, 부분용입 그루브용접이 있다.



(a) 완전용입 그루브용접　　(b) 부분용입 그루브용접

[그림 11.7] **그루브용접의 종류**

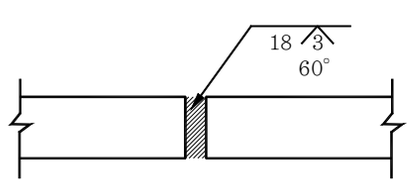
③ 그루브용접은 홈의 형상에 따라 I형, V형, X형, V(베벨)형, K형, U형, J형, H형, 양면 J형 등이 있다.



(a) 홈의 형상　　(b) 그루부용접의 각부명칭

[그림 11.8] **홈의 형상과 그루브용접의 각부명칭**

④ 그루브용접의 용접기호는 다음과 같다.



(가) 홈의 형상 : V형 그루브용접
(나) 홈의 각도 : 60°
(다) 목두께 : 18mm
(라) 루트간격 : 3mm
(마) 용접하는 쪽이 화살 있는 쪽*

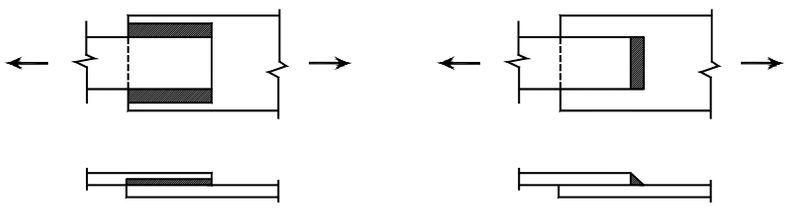
[그림 11.9] **그루브용접의 용접기호**

* 기호 및 사이즈는 용접하는 쪽이 화살 있는 쪽일 때는 수평선의 아래쪽에, 화살의 반대쪽이거나 뒤쪽이면 수평선의 위쪽에 기재한다.

(2) 필릿용접

① 필릿용접은 형강이나 강판 등의 겹대기 이음, T자 이음, 단부 이음, 모서리 이음 등에 있어서 교차하는 두 모재의 모서리부를 용접하는 삼각형상의 단면을 갖는 용접이다.

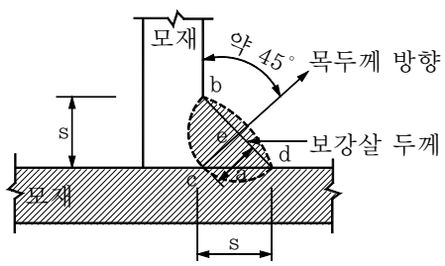
② 필릿용접의 방향에 따라 측면 필릿용접, 전면 필릿용접, 빗방향 필릿용접이 있다.



(a) 측면 필릿용접 (b) 전면 필릿용접

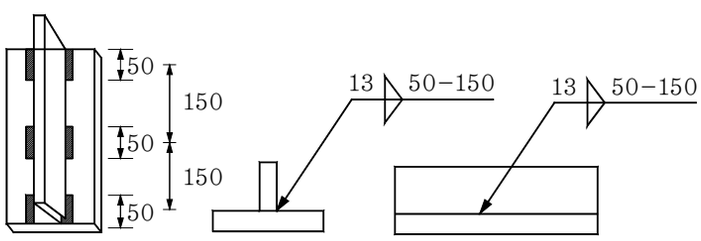
[그림 11.10] 필릿용접의 종류

③ 필릿용접의 각부명칭은 다음과 같다.



[그림 11.11] 필릿용접의 각부명칭

④ 필릿용접의 용접기호는 다음과 같다.



[그림 11.12] 필릿용접의 용접기호

(가) 병렬단속 필릿용접*

(나) 용접치수 : 13 mm

(다) 용접길이 : 50 mm

(라) 용접피치 : 150 mm

* 용접방법 : 연속(◺), 단속-병렬(▷), 단속-지그재그(◹)

Chapter 11

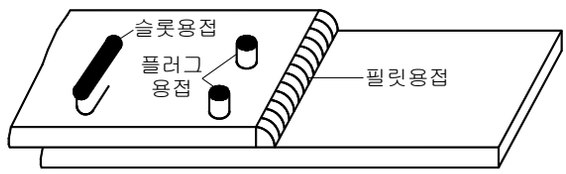
(3) 플러그용접(Plug Weld) 과 슬롯용접(Slot Weld)

① 플러그용접

둥근 구멍을 뚫어서 판 표면까지 구멍을 용접금속으로 가득 메운 용접이다.

② 슬롯용접

긴 구멍을 가득 메우는 용접이다.



[그림 11.13] **플러그용접과 슬롯용접**

(4) 용접이음의 장점과 단점

① 장점

(가) 이음부에서 이음판이나 L형강과 같은 강재가 필요 없고 부재를 직접 이을 수 있으므로 재료가 절약되는 동시에 단면이 간단해진다.

(나) 리벳 구멍으로 인한 인장재 단면이 감소되지 않기 때문에 강도의 저하가 없다.

(다) 작업의 소음이 적고, 경비와 시간이 절약된다.

② 단점

(가) 부분적으로 가열되므로 잔류응력 및 변형이 남게 된다.

(나) 용접부위의 내부 검사가 간단하지 않다.(X선 검사)

(다) 용접부에 응력집중 현상이 발생하기 쉽다.

(라) 반복하중으로 인한 피로에 약하다.

3. 그루브용접의 유효면적

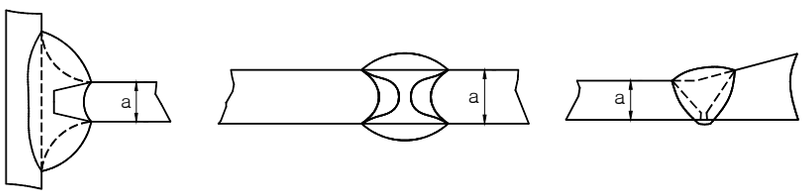
[비법165] 그루브용접-구조기준

그루브용접의 유효면적은 유효목두께에 유효길이를 곱한 것으로 한다.

(1) 그루브용접의 유효목두께 a

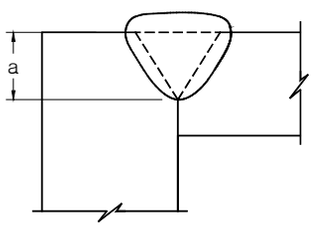
[비법166] 그루브용접강도 〈허용응력설계법〉

① 완전용입 그루브용접의 유효목두께는 (그림 11.14)과 같이 취하고 두께가 서로 다를 경우에는 얇은 부재의 두께로 한다.



[그림 11.14] 완전용입 그루브용접의 유효목두께

② 부분용입 그루브용접의 유효목두께는 (그림 11.15)과 같이 그루브 깊이를 이용하여 산정한다.



[그림 11.15] 부분용입 그루브용접의 그루브 깊이

(2) 그루브용접의 유효길이 l_e

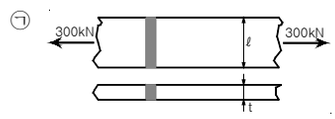
① 용접축이 응력방향과 직각인 경우 ② 용접축이 응력방향과 직각이 아닌 경우

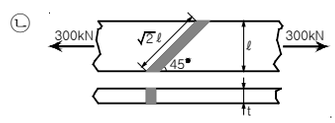
한계상태		한계상태	
하중저항	$l_e = l$	하중저항	$l_e = l_1 \sin\alpha$
허용응력		허용응력	

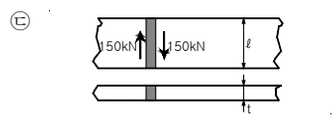
[그림 11.16] 그루브용접의 유효길이

LITE 필수 145 16년 지방직

그림과 같이 폭과 두께가 일정한 강재를 완전용입용접으로 연결하였을 때 용접부에 작용하는 응력[MPa]은? (단, $l = 300$ mm, $t = 10$ mm이다)

㉠


㉡


㉢


	㉠	㉡	㉢
①	100	100	100
②	100	141	100
③	100	141	50
④	100	100	50

〔정답 및 해설〕

㉠ $f = \frac{P}{A} = \frac{P}{l \times t} = \frac{(300 \times 10^3)}{300 \times 10}$
$= 100[\text{MPa}]$

㉡ $f = \frac{P}{A} = \frac{P}{l \times t} = \frac{(300 \times 10^3)}{300 \times 10}$
$= 100[\text{MPa}]$

㉢ $v = \frac{V}{A} = \frac{V}{l \times t} = \frac{(150 \times 10^3)}{300 \times 10}$
$= 50[\text{MPa}]$

정답 ④

(3) 완전용입 그루브용접 제한사항

① 토목구조물의 경우, 모재의 규정 항복강도와 인장강도 이상이 되도록 용접된 완전용입 그루브용접의 공칭강도는 접합되는 모재 중 공칭강도가 작은 쪽 값으로 한다.

② 단, 인장강도 600MPa 이상의 강종에 대해 언더매칭 용접을 한 경우에는 용접금속의 인장강도를 기준으로 공칭강도를 정한다.

(4) 부분용입 그루브용접 제한사항

① 토목구조물의 경우, 부분용입 그루브용접의 유효목두께는 $\sqrt{2t}\,(\mathrm{mm})$ 이상으로 한다. 여기서, t는 접합부의 두꺼운 쪽 판의 두께이다. 단, 부분용입 그루브용접의 유효목두께는 얇은 쪽 판의 두께 이하이어야 한다.

② 부분용입 그루브용접의 용접방법 및 그루브 형상에 따른 유효목두께는 (표 11.13)에 따른다.

③ 부분용입 그루브용접의 공칭강도는 용접축에 평행으로 작용하는 인장 또는 압축에 대해서는 고려할 필요가 없으며, 그 외의 경우에는 (표 11.16)에 따른다.

〈표 11.13〉 부분용입그루브용접의 유효목두께

용접방법	용접자세	그루브 형상	유효목두께
SMAW GMAW	모든 자세	J 또는 U 그루브 60° V 그루브	그루브 깊이
SAW	아래보기 자세	J 또는 U 그루브 60° 베벨 또는 V 그루브	
GMAW FCAW	아래보기 자세 수평 자세	45° 베벨	
SMAW	모든 자세	45° 베벨	그루브 깊이에서 3mm 공제
GMAW FCAW	수직 자세 위보기 자세		

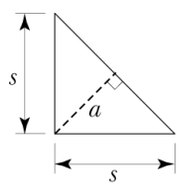
4. 필릿용접의 유효면적

[비법167] 필릿용접-구조기준

필릿용접의 유효면적은 유효목두께에 유효길이를 곱한 것으로 한다.

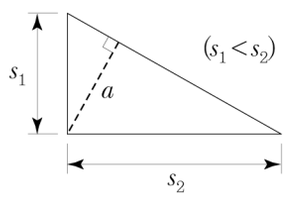
(1) 필릿용접의 유효목두께

필릿용접의 유효목두께는 용접치수의 0.7배로 한다. 접합하는 두 부재사이의 각도가 90°가 아닌 경우, 또는 용접 다리의 크기가 서로 다른 경우의 필릿용접 유효목두께는 용접루트를 꼭지점으로, 용접 외측면을 밑변으로 하는 용접단면 내접 삼각형의 높이로 한다.



한계상태 하중저항 $a = 0.7s$

허용응력 $a = \dfrac{s}{\sqrt{2}} \simeq 0.7s$



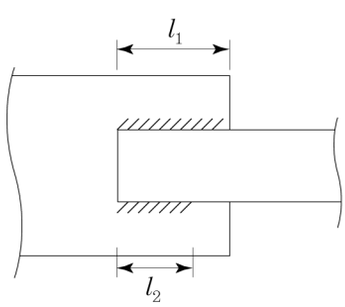
한계상태 하중저항 $a = \dfrac{s_1 s_2}{\sqrt{{s_1}^2 + {s_2}^2}}$

허용응력 $a = \dfrac{s_1}{\sqrt{2}} \simeq 0.7s_1$

[그림 11.17] 필릿용접의 유효목두께

(2) 필릿용접의 유효길이

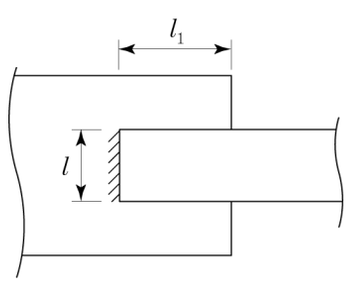
① 측면 필릿용접



한계상태 하중저항 $l_e = (l_1 - 2s) + (l_2 - 2s)$ [1)]

허용응력 $l_e = l_1 + l_2$

② 전면 필릿용접



한계상태 하중저항 $l_e =$ (표 13.40) [2)]

허용응력 $l_e = l$

[그림 11.18] 필릿용접의 유효길이

BASIC 필수 093 16년 서울시(2차)

「강구조 – 하중저항계수설계법」에 규정된 용접연결에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 용접축에 평행한 압축이나 인장에 대한 필릿용접의 설계강도는 모재의 설계강도를 사용한다.

② 그루브용접과 필릿용접에는 매칭금속을 사용하며, 언더매칭의 경우에는 용접재의 인장강도를 사용한다.

③ 두께가 6mm 이상인 부재의 필릿용접 치수는 계약서에 용접을 전체 목두께만큼 육성하도록 명시되지 않는 한 그 부재 두께보다 2mm 큰 값으로 한다.

④ 강도를 기반으로 하는 설계되는 필릿용접의 최소길이는 공칭용접치수의 4배 이상으로 하여야 한다.

〔 정답 및 해설 〕

두께가 6mm 이상인 부재의 필릿용접 치수는 계약서에 용접을 전체 목두께만큼 육성하도록 명시되지 않는 한 그 부재 두께보다 2mm 작은 값으로 한다.

정답 ③

BASIC 필수 094 20년 국가직

필릿용접에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 31 25를 따른다)

① 유효면적은 유효길이에 유효목두께를 곱한 것으로 한다.
② 유효길이는 필릿용접의 총길이에서 용접치수의 3배를 공제한 값으로 한다.
③ 유효목두께는 용접치수의 0.7배로 한다.
④ 단속 필릿용접의 한 세그멘트 길이는 용접치수의 4배 이상이며 최소 38 mm이어야 한다.

〔 정답 및 해설 〕

유효길이는 필릿용접의 총길이에서 용접치수의 2배를 공제한 값으로 한다.

정답 ②

BASIC 필수 095 21년 지방직

강구조연결설계기준(하중저항계수설계법)에서 제시된 이음부의 설계세칙으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 31 25을 따른다)

① 응력을 전달하는 필릿용접의 최소 유효길이는 공칭용접치수의 10배 이상 또한 30mm 이상을 원칙으로 한다.
② 응력을 전달하는 겹침이음은 2열 이상의 필릿용접을 원칙으로 하고, 겹침길이는 얇은쪽 판 두께의 5배 이상 또한 20mm 이상으로 한다.
③ 고장력볼트의 구멍중심 간의 거리는 공칭직경의 2.5배를 최소거리로 하고 3배를 표준거리로 한다.
④ 고장력볼트의 구멍중심에서 볼트머리 또는 너트가 접하는 부재의 연단까지의 최대거리는 판 두께의 16배 이하 또한 200mm 이하로 한다.

〔 정답 및 해설 〕

고장력볼트의 구멍중심에서 볼트머리 또는 너트가 접하는 부재의 연단까지의 최대거리는 판 두께의 12배 이하 또한 150 mm 이하로 한다.

정답 ④

1) 필릿용접의 유효길이는 필릿용접의 총길이에서 용접치수의 2배를 공제한 값으로 한다. 그리고 플러그용접과 슬롯용접의 유효길이는 목두께의 중심을 잇는 용접중심선의 길이로 한다.

2) 부재 단부에 용접된 필릿용접의 유효길이

〈표 11.14〉 부재 단부에 용접된 필릿용접의 유효길이

$l \le 100s$	$l_e = l$
$100s < l \le 300s$	$l_e = l \times \beta$
$300s < l$	$l_e = 180s$

여기서, l = 부재 단부 필릿용접의 실제 길이(mm)
s = 필릿용접의 치수(mm)
$\beta = 1.2 - 0.002\left(\frac{l}{s}\right) \le 1.0$

(3) 필릿용접 제한사항

① 필릿용접의 최소치수

〈표 11.15(a)〉 토목구조물 필릿용접의 최소치수(mm)

접합부의 두꺼운 쪽 소재 두께 t	필릿용접의 최소치수 s_{min}
$t \le 20$	6
$20 < t$	8

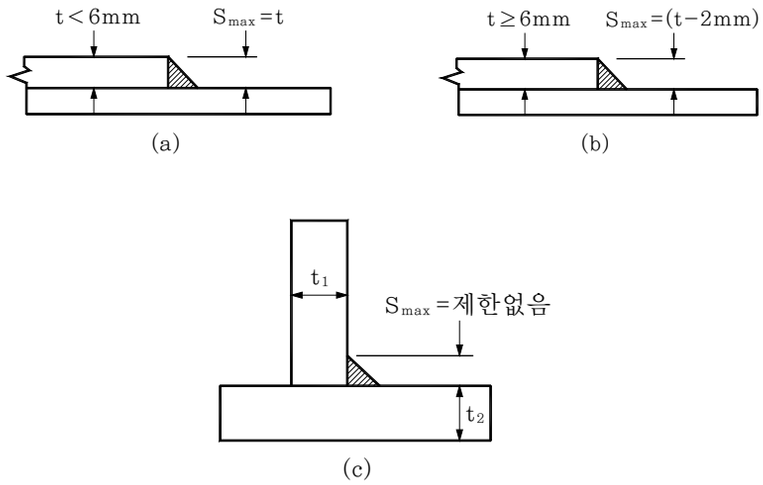
〈표 11.15(b)〉 건축구조물 필릿용접의 최소치수(mm)

접합부의 얇은 쪽 소재 두께 t	필릿용접의 최소치수 s_{min}
$t < 6$	3
$6 \le t < 13$	5
$13 \le t < 20$	6
$20 \le t$	8

※허용응력설계법에서는 13을 12로 대체한다.

② 겹침이음 시 필릿용접 최대치수(연단이 용접되는 경우)

- $t < 6\text{mm}$ 일 때, $s_{max} = t$
- $t \ge 6\text{mm}$ 일 때, $s_{max} = t - 2\text{mm}$

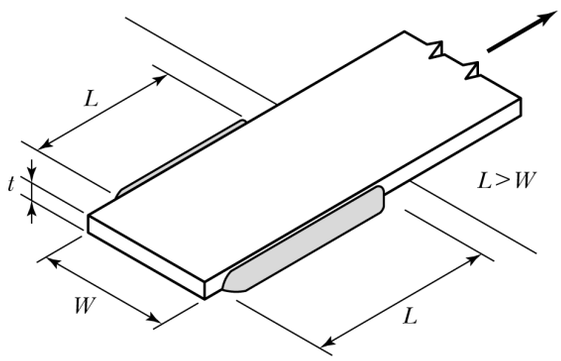


[그림 11.19] 필릿용접의 최대치수

③ 필릿용접의 최소 유효길이

강도를 기반으로 하여 설계되는 필릿용접의 최소길이는 공칭용접치수의 4배 이상으로 하여야 한다.($l_e \geq 4s$) 또는 유효용접치수는 그 유효길이의 1/4 이하로 하여야 한다.($s \leq \frac{l_e}{4}$)

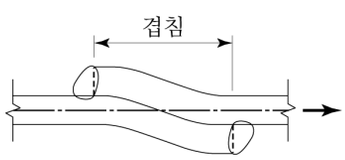
④ 평판 인장재의 단부에 길이방향으로 필릿용접이 될 경우 각 필릿용접의 길이는 이들 용접의 직각방향 간격보다 길게 해야 한다.



[그림 11.20] 평판 인장재

⑤ 단속 필릿용접은 연결부 또는 겹친 면사이의 힘을 전달하거나 조립부재의 요소를 서로 접합 하는데 사용할 수 있다. 단속 필릿용접의 한 세그먼트 길이는 용접치수의 4배 이상이며 최소 38mm(구 최소 40mm)이어야 한다.

⑥ 겹침이음의 경우 최소 겹침길이는 응력 전단에 무리가 없도록 연결부의 얇은 쪽 판 두께의 5배 또는 25mm로 한다.



[그림 11.21] 겹침이음

⑦ 축방향력을 받는 부재의 겹침이음이 횡방향 필릿용접만으로 된 경우 겹쳐진 부재의 양쪽 단부는 필릿용접을 해야 한다. 그러나 최대하중 작용 시에 접합부가 벌어지지 않도록 겹친 부분의 변형이 충분히 구속된 경우에는 예외로 한다.

(4) 플러그 및 슬롯용접 제한사항

① 플러그 및 슬롯용접의 유효전단면적은 접합면에서의 구멍 또는 슬롯의 공칭단면적으로 한다.

② 플러그 및 슬롯용접은 겹침이음부에서의 전단력 전달, 겹침이음한 요소들 사이의 벌어짐 또는 좌굴을 방지, 조립단면의 요소들 사이의 접합 등을 위해 사용할 수 있다.

③ 플러그용접을 위한 구멍의 직경은 구멍이 있는 판의 두께에 8mm를 더한 값 이상, 용접 두께의 2.25배 또는 최소 직경에 3mm를 더한 값 이하로 한다.

N/O/T/E

④ 플러그용접의 최소 중심간격은 공칭구멍 치수의 4배로 한다.

⑤ 슬롯용접의 슬롯길이는 용접두께의 10배 이하로 한다. 슬롯의 폭은 슬롯이 있는 판의 두께에 8mm를 더한 값 이상, 용접두께의 2.25배 이하로 한다. 슬롯의 끝부분은 반원형, 또는 귀퉁이를 판두께 이상의 반지름으로 둥글게 해야 한다.

⑥ 슬롯용접 길이에 횡방향인 슬롯용접선의 최소간격은 슬롯 폭의 4배로 한다. 길이방향의 최소 중심간격은 슬롯길이의 2배로 한다.

⑦ 슬롯용접선의 횡방향 최소간격은 슬롯 폭의 4배로 한다. 길이방향의 최소 중심간격은 슬롯 길이의 2배로 한다.

⑧ 플러그 및 슬롯용접의 두께는 판 두께 16mm 이하의 경우 판 두께와 동일하게 하고, 16mm를 초과하는 경우에는 판 두께의 1/2 이상으로 하되 최소 16mm로 한다.

[비법168] 필릿용접강도

5. 용접의 설계강도

(1) 용접의 설계강도 일반식

용접의 단위길이당 설계강도, ϕR_n은 다음 식으로 구하며, (식 11.21)에 따른 용접 단위 길이당 소요강도 P_u 이상이어야 한다.

$$\phi R_n = \phi F_{nw} A_w \quad \cdots\cdots \text{(식 11.20a)}$$

$$\phi R_n \geq P_u \quad \cdots\cdots \text{(식 11.20b)}$$

여기서, ϕ와 F_{nw}는 다음 표에 따른다.

〈표 11.16〉 용접부 응력의 공칭강도(MPa)

용접구분	응력구분	공칭강도 (F_{nw})	강구조-하중저항 저항계수(ϕ)	강교-한계상태 저항계수(ϕ)
완전용입 그루브용접	용접축에 직각인 인장	모재와 동일		
	용접축에 직각인 압축	모재와 동일		
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음		
	전단	$0.6F_u$ 1)	0.8	0.85
부분용입 그루브용접	용접축에 직각인 인장	$0.6F_u$ 1), 2)	0.8	0.8
	기둥의 선단밀착접합부 압축	별도 검토하지 않음		
	기둥 외의 선단밀착접합부 압축	$0.6F_u$ 1)	0.8	–
	선단밀착접합부 외의 압축	$0.9F_u$ 1)	0.8	–
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음		
	전단	$0.6F_u$ 1), 2)	0.75	0.8
필릿용접	전단	$0.6F_u$ 1), 2)	0.75	0.8
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음		
플러그 및 슬롯용접	접합면에 평행한 전단	$0.6F_u$ 1), 2)	0.75	–

1) 용접부 모재의 인장강도이며, 언더매칭용접의 경우에는 용접재의 인장강도를 적용한다.
2) 인장강도 600MPa의 강종(HSB460)은 $0.56F_u$, 800MPa의 강종(HSA650, HSB690)은 $0.45F_u$을 적용 하며, 인장강도가 이들 사이인 강종의 경우에는 보간법을 적용한다.

N/O/T/E

(2) 필릿용접의 단위길이 당 소요강도

필릿용접의 단위길이 당 소요강도, P_u는 용접의 단위길이 당 작용하는 모든 방향의 힘들의 합력의 크기이다. 여기서 합력의 크기는 임의의 방향으로 작용하는 힘들의 벡터 합으로 구할 수 있으며, 작용하는 힘을 용접의 유효면에서 서로 직각인 3방향으로 구분한 경우에는 다음 식과 같이 계산할 수 있다.

$$P_u = \sqrt{{P_\perp}^2 + {V_\perp}^2 + {V_\parallel}^2} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.21)}$$

여기서, $P_\perp$: 필릿용접의 유효면에 작용하는 수직력

$V_\perp$: 필릿용접의 유효면에서 용접축에 직각방향으로 작용하는 전단력

$V_\parallel$: 필릿용접의 유효면에서 용접축에 평행으로 작용하는 전단력

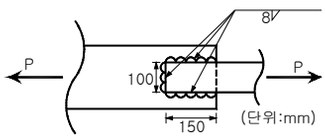
(3) 용접의 병용

접합부에서 2가지 이상의 용접유형(그루브용접, 필릿용접, 플러그용접, 슬롯용접)을 병용할 경우, 용접군의 축에 대하여 각각 구분하여 계산해야 한다.

[비법169] 필릿용접강도 〈허용응력설계법〉

LITE 필수 146 16년 국가직

그림과 같은 유효길이를 갖는 필릿용접부가 받을 수 있는 인장력 P[N]는? (단, 필릿용접의 허용전단응력 $v_a = 80$ MPa이다)



① $P = 80 \times \frac{8}{\sqrt{2}} \times (150 \times 2)$

② $P = 80 \times \frac{8}{\sqrt{2}} \times (150 \times 2 + 100)$

③ $P = 80 \times 8 \times (150 \times 2)$

④ $P = 80 \times 8 \times (150 \times 2 + 100)$

〔 정답 및 해설 〕

$a = \frac{s}{\sqrt{2}}$, $l = 150 \times 2$줄 $+ 100$

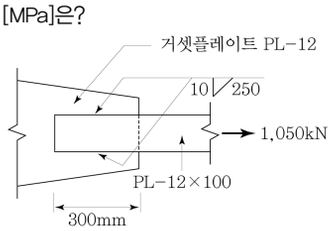
$P_v = v_a \times (a \times l) = v_a \times \left(\frac{s}{\sqrt{2}} \times l \right)$

$= 80 \times \frac{8}{\sqrt{2}} \times (150 \times 2 + 100)$ [N]

정답 ②

LITE 필수 147 17년 지방직(1차)

그림과 같은 필릿용접부의 전단응력 [MPa]은?



① 250
② 300
③ 325
④ 350

〔 정답 및 해설 〕

$a = \frac{s}{\sqrt{2}} \simeq 0.707s \simeq 0.7s = 0.7 \times 10$

$= 7$[mm]

$\therefore v = \frac{P}{\sum al} = \frac{(1{,}050 \times 10^3)}{7 \times (250 \times 2\text{줄})}$

$= 300$[MPa]

(주의. 용접길이는 겹쳐진 300mm가 아닌 250mm를 적용해야 한다)

정답 ②

6. 용접 연결–허용응력설계법

(1) 축방향력 또는 전단을 받는 용접이음의 응력

① 이음에 축방향력 또는 전단력이 작용하는 경우에 용접부에 생기는 응력은 다음 식으로 계산한다.

$$f = \frac{P}{\sum al} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.22a)}$$

② 단, 필릿용접 및 부분용입 그루브용접의 경우에 생기는 응력은 작용하는 힘의 종류에 관계없이 항상 전단응력을 받는 것으로 보고 다음 식으로 계산한다.

$$v = \frac{P}{\sum al} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.22b)}$$

여기서, f : 용접부에 생기는 수직응력[MPa]
v : 용접부에 생기는 전단응력[MPa]
P : 용접부에 작용하는 외력[N]
l : 용접의 유효길이[mm]
a : 용접의 유효두께(목두께)[mm]

(2) 휨모멘트를 받는 용접이음부에 응력

① 완전용입 그루브용접

$$f = \frac{M}{I} y \quad \cdots\cdots \text{(식 11.23a)}$$

② 필릿용접

$$v = \frac{M}{I} y \quad \cdots\cdots \text{(식 11.23b)}$$

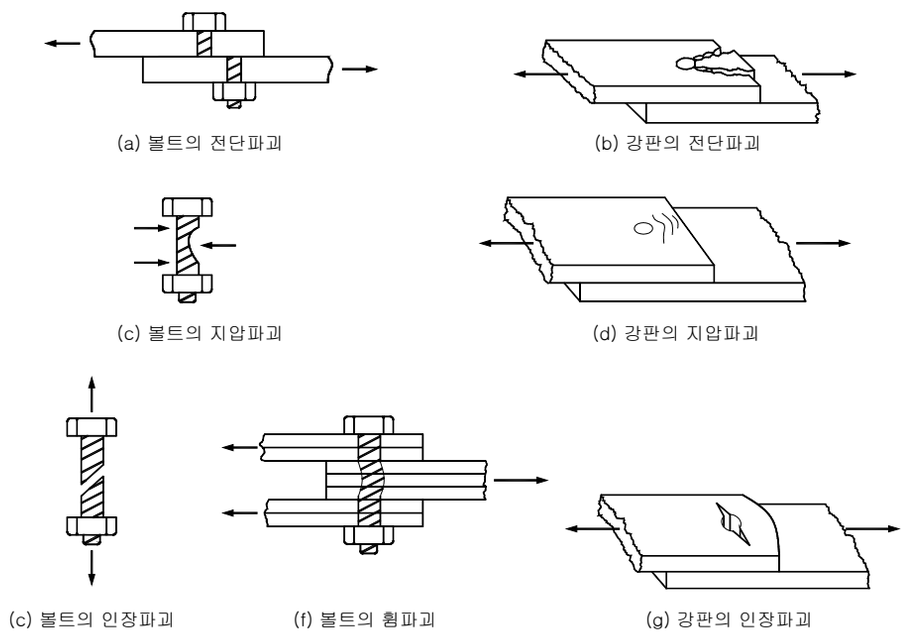
여기서, f : 용접부에 생기는 수직응력[MPa]
M : 용접부의 설계에 쓰이는 휨모멘트[N·mm]
I : 목두께를 이음면에 전개한 단면의 중립축둘레의 단면2차모멘트[mm^4]
y : 목두께를 이음면에 전개한 단면의 중립축에서 응력을 계산하는 점까지의 거리[mm]
v : 용접부에 생기는 전단응력[MPa]

SECTION 10

볼트 연결

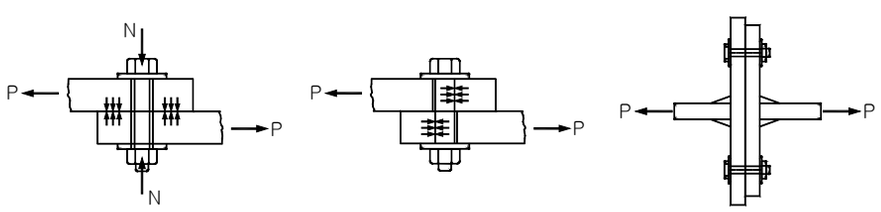
1. 볼트 연결부의 파괴유형 및 볼트의 이음형식

(1) 볼트 연결부의 파괴유형



[그림 11.22] **볼트 연결부의 파괴유형**

(2) 볼트의 이음형식



(a) 마찰이음 (b) 지압이음 (c) 인장이음

[그림 11.23] **볼트의 이음형식**

마찰이음	마찰이음은 하중의 전달이 볼트 체결에 의해서 발생하는 연결 부재간의 마찰에 의해서만 이루어지고 미끄러짐에 의한 볼트의 지압이음은 발생하지 않는 연결방법이다.
지압이음	지압이음은 하중의 전달이 연결 부재의 미끄러짐이 발생하여 연결 부재간의 지압에 의해서 이루어지는 연결방법이다.
인장이음	인장이음은 볼트의 축방향의 저항력에 의하여 연결부의 응력이 전달되는 이음이다.

2. 볼트의 종류

(1) 고장력볼트

① 모든 고장력볼트는 너트회전법, 직접인장측정법, 토크관리법, 토크-전단형 볼트(T/S볼트) 등을 사용하여 (표 11.18)에 주어진 설계볼트장력 이상으로 조여야 한다.

② 마찰접합에서 하중이 접합부의 단부를 향할 때는 적절한 설계지압강도를 갖도록 검토해야 한다.

③ 다음의 경우에는 밀착조임을 사용할 수 있다. 여기서, 밀착조임이란 임팩트렌치로 수 회 또는 일반렌치로 최대로 조여서 접합되는 판들이 서로 충분히 밀착된 상태가 된 볼트 조임을 말한 다. 밀착조임은 설계도면과 시공도면에 명확히 표기해야 한다.

㉠ 지압접합

㉡ 진동이나 하중변화에 따른 고장력볼트의 풀림이나 피로를 설계에 고려할 필요가 없는 F8T의 경우

(2) 일반볼트

일반볼트는 영구적인 구조물에 구조용으로는 사용할 수 없으며, 가체결용으로만 허용한다.

(3) 고장력볼트의 장점

① 내화력이 리벳이음이나 용접이음보다 크다.
② 소음이 거의 없다.
③ 연결보의 증설 및 변경이 쉽다.
④ 이음매의 강도가 크다.
⑤ 현장시공 설비가 간편하다.
⑥ 소요작업 인원이 적고 공사시간을 단축할 수 있어 경제적이다.

3. 볼트의 설계강도

[비법170] 볼트의 전단강도

(1) 볼트의 인장강도와 전단강도

밀착조임 볼트, 장력도입 볼트, 또는 나사 강봉의 설계인장강도 또는 설계전단강도 ϕR_n은 인장파단과 전단파단의 한계상태에 대하여 다음과 같이 산정한다.

① 볼트의 공칭인장강도와 공칭전단강도

$$R_n = F_n A_b \quad \cdots\cdots \text{(식 11.24a)}$$

여기서, F_n : (표 11.17)에 따른 공칭인장강도 F_{nt}(MPa), 또는 공칭전단강도 F_{nv}(MPa)

A_b : 볼트, 또는 나사 강봉의 나사가 없는 부분의 공칭단면적(mm^2)

② 볼트의 설계인장강도와 설계전단강도

$$R_r = \phi R_n \quad \cdots\cdots \text{(식 11.24b)}$$

여기서, ϕ=0.75(강구조－하중저항)
ϕ=0.80(강교－한계상태)

③ 소요인장강도는 접합부의 변형에 의한 지레작용을 고려한 인장력으로 한다.

〈표 11.17〉 볼트의 공칭강도(MPa)

강도 \ 강종		고장력볼트			일반볼트
		F8T	F10T	F13T	KS B 1002에 따른 강도 구분
공칭인장강도 F_{nt} [1]		600	750	975	300
지압접합의 공칭 전단강도 F_{nv} [2]	나사부가 전단면에 포함될 경우[3]	320	400	520	160
	나사부가 전단면에 포함되지 않을 경우[4]	400	500	650	200

1) 인장강도의 0.75배
2) 힘 작용 방향으로 볼트접합부의 첫 번째 볼트와 맨 끝 볼트의 중심 거리가 800mm 이하인 경우에 대한 것임. 이를 초과하는 경우에는 주어진 값의 85%를 적용함.
3) 인장강도의 0.4배
4) 인장강도의 0.5배

(2) 지압접합에서 인장과 전단의 조합

지압접합이 인장과 전단의 조합력을 받을 경우 볼트의 설계강도는 다음의 인장과 전단파괴의 한계상태에 따라서 산정한다.

① 지압접합에서 인장과 전단의 조합－공칭강도

$$R_n = F_{nt}' A_b \quad \cdots\cdots \text{(식 11.25a)}$$

$$F_{nt}' = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_v \le F_{nt} \quad \cdots\cdots \text{(식 11.25b)}$$

여기서, F_{nt}' : 전단응력의 효과를 고려한 공칭인장강도(MPa)
F_{nt} : (표 11.17)에 따른 공칭인장강도(MPa)
F_{nv} : (표 11.17)에 따른 공칭전단강도(MPa)
f_v : 소요전단응력(MPa)

② 지압접합에서 인장과 전단의 조합–설계강도

$$R_r = \phi R_n \quad \cdots\cdots \text{(식 11.25c)}$$

여기서, ϕ=0.75

③ 볼트의 설계전단응력이 단위면적 당 전단소요응력 f_v 이상이 되도록 설계한다.

④ 전단 또는 인장에 의한 소요응력 f가 설계응력의 20% 이하이면 조합응력의 효과를 무시할 수 있다.

[비법171] 볼트의 지압강도

(3) 볼트구멍의 지압강도

지압강도 한계상태에 대한 볼트구멍에서 설계강도 ϕR_n은 다음과 같이 산정한다.

① 볼트의 공칭지압강도1

표준구멍, 과대구멍, 단슬롯의 모든 방향에 대한 지압력 또는 장슬롯의 길이방향에 평행으로 작용하는 지압력의 경우

사용하중상태에서 볼트구멍의 변형을 설계에 고려할 필요가 있는 경우

$$R_n = 1.2 L_c t F_u \le 2.4 d t F_u \quad \cdots\cdots (식\ 11.26a)$$

사용하중상태에서 볼트구멍의 변형을 설계에 고려할 필요가 없는 경우

$$R_n = 1.5 L_c t F_u \le 3.0 d t F_u \quad \cdots\cdots (식\ 11.26b)$$

② 볼트의 공칭지압강도2

장슬롯의 길이방향에 직각으로 작용하는 지압력의 경우

$$R_n = 1.0 L_c t F_u \le 2.0 d t F_u \quad \cdots\cdots (식\ 11.26c)$$

여기서, t : 피접합재의 두께(mm), d : 볼트 공칭직경(mm)

F_u : 피접합재의 공칭인장강도(MPa)

L_c : 하중방향 순간격, 구멍의 끝과 피접합재의 끝 또는 인접구멍의 끝까지의 거리(mm)

③ 볼트의 설계지압강도

$$R_r = \phi R_n \quad \cdots\cdots (식\ 11.26d)$$

여기서, $\phi = 0.75$(강구조－하중저항), $\phi = 0.80$(강교－한계상태)

④ 접합부에 대하여 지압강도는 각각 볼트의 지압강도의 합으로 산정한다.

⑤ 지압접합과 마찰접합 모두에 대하여 볼트구멍의 지압강도를 검토해야 한다.

[비법172] 볼트의 미끄럼강도

(4) 볼트접합의 미끄럼강도

① 마찰접합은 미끄럼을 방지하고 지압접합에 의한 한계상태에 대하여도 검토해야 한다.

② 마찰볼트에 끼움재를 사용할 경우에는 미끄럼에 관련되는 모든 접촉면에서 미끄럼에 저항할 수 있도록 해야 한다.

③ 미끄럼 한계상태에 대한 마찰접합의 공칭강도

$$R_n = \mu h_f T_o N_s \quad \cdots\cdots (식\ 11.27a)$$

μ : 미끄럼계수 = 0.5 (무도장 블라스트 처리한 마찰면)

= 0.45 (무기질 아연말 프라이머 도장한 표면)

h_f : 끼움재계수 = 1.0 (움재를 사용하지 않는 경우와 끼움재 내 하중의 분산을 위하여 볼트를 추가한 경우 또는 끼움재 내 하중의 분산을 위해 볼트를 추가하지 않은 경우로서 접합되는 재료 사이에 1개의 끼움재가 있는 경우)

= 0.85 (움재 내 하중의 분산을 위해 볼트를 추가하지 않은 경우로서 접합되는 재료 사이에 2개 이상의 끼움재가 있는 경우)

T_o : (표 11.18)의 고장력볼트의 설계볼트장력(kN)

N_s : 볼트 1개당 미끄러짐 면의 수

④ 미끄럼 한계상태에 대한 마찰접합의 설계강도

$$R_r = \phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s \quad \cdots\cdots \text{(식 11.27b)}$$

ϕ= 1.00 (표준구멍 또는 하중방향에 수직인 단슬롯)

= 0.85 (과대구멍 또는 하중방향에 평행한 단슬롯)

= 0.70 (장슬롯)

〈표 11.18〉 고장력볼트의 설계볼트장력

볼트의 등급	볼트의 호칭	공칭단면적(㎟)	설계볼트장력 T_o(kN)[1]
F8T	M16	201	84
	M20	314	132
	M22	380	160
	M24	452	190
F10T	M16	201	106
	M20	314	165
	M22	380	200
	M24	452	237
	M27	573	301
	M30	707	371
F13T	M16	201	137
	M20	314	214
	M22	380	259
	M24	452	308

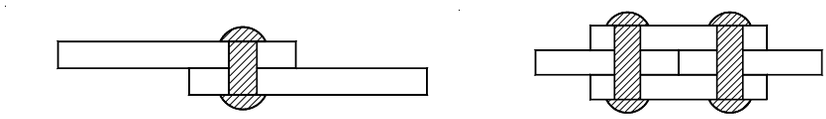
1) 설계볼트장력은 볼트의 인장강도의 0.7배에 볼트의 유효단면적을 곱한 값
볼트의 유효단면적은 공칭단면적의 0.75배

[비법173] 볼트의 잔단강도, 지압강도〈허용응력설계법〉

4. 볼트 연결–허용응력설계법

(1) 볼트 연결의 종류

겹대기 이음	강판을 겹쳐서 접합하는 방법을 겹대기 이음이라고 한다.
맞대기 이음	강판의 끝부분을 서로 맞대고 한쪽 또는 양쪽에 이음판을 붙여 결합하는 방법을 맞대기이음이라고 한다.

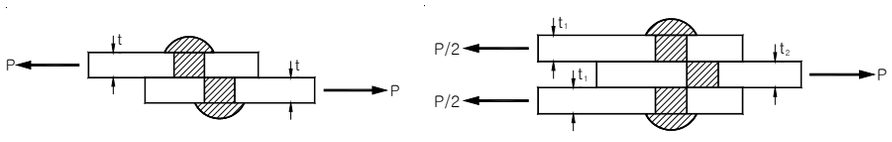


(a) 겹대기 이음 (b) 맞대기 이음

[그림 11.24] 볼트 연결의 종류

(2) 볼트의 응력

① 전단응력



(a) 1면 전단(단전단) (b) 2면 전단(복전단)

[그림 11.25] 볼트의 전단파괴

1면 전단 : $v = \dfrac{P}{A_{단면}} = \dfrac{4P}{\pi d^2}$ ..... (식 11.28a)

2면 전단 : $v = \dfrac{P}{2A_{단면}} = \dfrac{2P}{\pi d^2}$ ..... (식 11.28b)

여기서, $A_{단면} = \dfrac{\pi d^2}{4}$

d = 볼트의 지름

② 지압응력

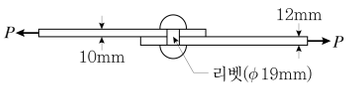
1면 전단 : $f_b = \dfrac{P}{A_{투영}} = \dfrac{P}{dt}$ ..... (식 11.29a)

2면 전단 : $f_b = \dfrac{P}{A_{투영}} = \dfrac{P}{dt_o}$ ..... (식 11.29b)

여기서, $t_o = [2t_1, t_2]_{\min}$

LITE 필수 148 21년 지방직

그림과 같은 리벳 접합의 허용전단력[kN]은? (단, 리벳의 허용전단응력은 120 MPa, 허용지압응력은 170MPa이다)



① 32.3
② 34.0
③ 38.7
④ 40.0

〔정답 및 해설〕

$P_v = v_a \times A_{단면} = 120 \times \dfrac{\pi \times 19^2}{4}$

$\simeq 34.0 \times 10^3[\mathrm{N}] = 34.0[\mathrm{kN}]$

$P_b = f_a \times A_{투영} = 170 \times (19 \times 10)$

$= 32.3 \times 10^3[\mathrm{N}] = 32.3[\mathrm{kN}]$

(여기서 $A_{투영} = d \times t_{\min}$)

$\therefore P_s = [P_v, P_b]_{\min}$

$= [34.0, 32.3]_{\min} = 32.3[\mathrm{kN}]$

정답 ①

(3) 볼트의 강도

① 허용전단강도

1면 전단 : $P_v = v_a \times A_{단면} = v_a \times \frac{\pi d^2}{4}$ ····· (식 11.30a)

2면 전단 : $P_v = v_a \times (A_{단면} \times 2개) = v_a \times \left(\frac{\pi d^2}{4} \times 2개\right)$ ····· (식 11.30b)

여기서, v_a=볼트의 허용전단응력

② 허용지압강도

1면 전단 : $P_b = f_{ba} \times A_{투영} = f_{ba} \times (d \times t)$ ····· (식 11.31a)

2면 전단 : $P_b = f_{ba} \times A_{투영} = f_{ba} \times (d \times t_o)$ ····· (식 11.31b)

여기서, f_{ba}=볼트의 허용지압응력

$t_o = [2t_1, t_2]_{\min}$

③ 볼트의 강도

허용전단강도(P_v)와 허용지압강도(P_b) 중에서 작은 값을 볼트의 강도로 결정한다.

$P_s = [P_v, P_b]_{\min}$ ····· (식 11.32)

(4) 볼트 개수 산정

$n = \frac{P}{P_s}$의 정수부 ····· (식 11.33)

여기서, n=볼트의 개수

P_s=볼트의 강도

P=작용외력

(5) 강판의 강도

압축부재 : $P_{ca} = f_{ca} \times A_g$ ····· (식 11.34a)

여기서, P_{ca}=강판의 허용압축강도

f_{ca}=강판의 허용압축응력

A_g=강판의 총단면적

인장부재 : $P_{ta} = f_{ta} \times A_n$ ····· (식 11.34b)

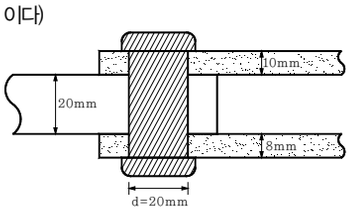
여기서, P_{ta}=강판의 허용인장강도

f_{ta}=강판의 허용인장응력

A_n=강판의 순단면적

BASIC 필수 096 15년 국가직

그림과 같은 연결에서 볼트의 강도[kN]는? (단, 계산 시 π=3, 허용전단응력 v_{sa}=200MPa, 허용지압응력 f_{ba}=300MPa이다)



① 87
② 108
③ 120
④ 125

〔정답 및 해설〕

$P_v = v_{sa} \times A_{단면} \times 2개$

$= 200 \times \frac{3 \times 20^2}{4} \times 2$

$= 120,000[N] = 120[kN]$

$P_b = f_{ba} \times A_{투영} = f_{ba} \times (d \times t_{\min})$

$= 300 \times (20 \times 18) = 108,000[N]$

$= 108[kN]$

(여기서 $t_{\min} = [t_1, t_2]_{\min}$

$= [20, (10+8)]_{\min} = 18[mm]$)

$\therefore P_s = [P_v, P_b]_{\min} = 108[kN]$

정답 ②

Chapter 11

[비법174] 내진설계

SECTION 11

내진설계

1. 내진설계 용어

① 유효지반가속도(S): 지진하중을 산정하기 위한 기반암의 지반운동 수준으로 유효수평지반가속도와 유효수직지반가속도로 구분

② 지진구역계수(Z): 지진구역I과 지진구역II의 기반암상에서 평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평지반가속도를 중력가속도 단위로 표현한 값

③ 위험도계수(I): 평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평지반가속도를 기준으로 하여, 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도를 상대적 비율로 나타낸 계수

④ 응답수정계수: 탄성해석으로 구한 각 요소의 내력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수

⑤ 지반계수: 지반상태가 탄성지진응답계수에 미치는 영향을 반영하기 위한 보정계수

⑥ 설계변위: 설계에서 요구되는 수평방향의 지진변위

2. 내진설계의 기본방침

(1) 목적

① 이 기준은 설계지진에 대해서 교량의 기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호 및 붕괴방지 수준의 내진성능 수준 중에서 최소 2개 이상의 내진성능수준을 확보하는데 필요한 최소 설계요구조건을 규정하는 데 있다.

② 다만, 기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호 수준에 대한 기술적 구현방법에 대해서는 연구가 진행 중에 있어 본 기준에서는 붕괴방지수준에 대한 설계법에 대해서만 규정하고, 추후 기능수행, 즉시복구 및 장기복구/인명보호 수준의 설계법에 대한 연구성과가 축적되면 이를 반영한다.

(2) 내진설계기준의 기본개념

① 인명피해를 최소화 한다.

② 교량 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적인 붕괴는 방지한다. 또한 가능한 한 교량의 기본 기능은 발휘할 수 있게 한다.

③ 이 기준을 따르지 않더라도 창의력을 발휘하여 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.

④ 이러한 기본 개념을 구현하기 위해서는 강도와 연성을 확보하여야 하며, 낙교방지를 확보하여야 한다. 낙교방지는 가능하면 특별한 장치없이 교각의 연성거동을 수용할 수 있도록 하여 확보하고, 그렇지 않은 경우 낙교방지 장치(전단키, 변위구속장치 등)를 설치하여 확보하여야 한다. 또한, 필요한 경우 지진격리시스템을 설치할 수 있다.

LITE 필수 149 18년 지방직

내진설계기준의 기본개념에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 도로교설계기준(한계상태설계법)을 적용한다)

① 설계기준은 제주도를 제외한 남한 전역에 적용될 수 있다.

② 지진 시 교량 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적인 붕괴는 방지한다.

③ 지진 시 가능한 한 교량의 기본 기능은 발휘할 수 있게 한다.

④ 교량의 정상수명 기간 내에 설계지진력이 발생할 가능성은 희박하다.

〔 정답 및 해설 〕

설계기준은 남한 전역에 적용될 수 있다.(제주도 포함)

정답 ①

N/O/T/E

3. 설계지반운동

(1) 일반사항

① 설계지반운동은 교량이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 지반운동으로 정의한다.

② 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

③ 설계지반운동은 흔들림의 세기, 진동수 성분 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성을 정의하여야 한다.

④ 설계지반운동은 통계학적으로 독립적인 수평 2축 방향 성분과 수직 방향 성분으로 정의하며, 수평 2축 방향 성분은 그 세기와 특성은 동일하다고 가정한다. 수직 방향 성분의 특성은 수평 방향 성분과 동일하지만 세기는 암반지반(S_1)에서는 수평 방향 성분의 0.77, 토사지반($S_2 \sim S_5$)에서는 공학적 판단하에 결정할 수 있다.

⑤ 모든 점에서 똑같이 가진하는 것이 합리적이지 않은 교량 건설부지에 대해서는 지반운동의 공간적 변화모델을 사용하여야 한다.

(2) 지진위험도 및 유효수평지반가속도

① 지진구역

〈표 11.19〉 지진구역

지진구역	행정구역	
Ⅰ	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부[1)]
Ⅱ	도	강원 북부[2)], 제주

1) 강원 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백
2) 강원 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

② 지진구역계수

〈표 11.20〉 지진구역계수(평균재현주기 500년에 해당)

지진구역	Ⅰ	Ⅱ
지진구역계수, Z	0.11	0.07

③ 위험도계수

평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평지반가속도(S)를 기준으로 하여, 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도의 상대적 비율을 의미하는 위험도계수(I)는 다음에 따른다.

〈표 11.21〉 위험도계수

재현주기(년)	50	100	200	500	1,000	2,400	4,800
위험도계수, I	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.0	2.6

Chapter 11

LITE 필수 150 16년 지방직

우리나라 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상 교량의 내진등급은? (단, 교량 – 한계상태설계법을 적용한다)

① 내진 I등급
② 내진 II등급
③ 내진 III등급
④ 내진 IV등급

〔 정답 및 해설 〕

정답 ①

④ 유효수평지반가속도

교량이 위치할 부지에 대한 지진지반운동의 유효수평지반가속도(S)를 행정구역에 의해 결정하는 경우, 식(13.51)과 같이 지진구역계수(Z)에 각 평균재현주기의 위험도계수(I)를 곱하여 결정한다.

$$S = Z \times I \quad \cdots\cdots \text{(식 11.35)}$$

단, 유효수평지반가속도(S)를 국가지진위험지도를 이용하여 결정하는 경우, 행정구역에 의해 결정한 값의 80% 보다 작지 않아야 한다.

참고 설계지반운동 수준

① 평균재현주기 50년 지진지반운동 (5년내 초과확률 10%)
② 평균재현주기 100년 지진지반운동 (10년내 초과확률 10%)
③ 평균재현주기 200년 지진지반운동 (20년내 초과확률 10%)
④ 평균재현주기 500년 지진지반운동 (50년내 초과확률 10%)
⑤ 평균재현주기 1,000년 지진지반운동 (100년내 초과확률 10%)
⑥ 평균재현주기 2,400년 지진지반운동 (250년내 초과확률 10%)
⑦ 평균재현주기 4,800년 지진지반운동 (500년내 초과확률 10%)

4. 내진등급

교량의 내진등급은 (표 11.22)과 같이 교량의 중요도에 따라서 내진특등급, 내진I등급, 내진II등급으로 분류한다. 다만, 교량의 관할기관에서 교량의 내진등급을 별도로 정할 수 있다.

〈표 11.22〉 교량의 내진등급

내진등급	교량
내진특등급	• 내진I등급 중에서, 국방, 방재상 매우 중요한 교량 또는 지진 피해 시 사회경제적으로 영향이 매우 큰 교량
내진 I등급	• 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 및 이들 도로 위를 횡단하는 교량 • 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량 및 이들 도로 위를 횡단하는 교량 • 해당도로의 일일계획교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량
내진 II등급	• 내진특등급 및 내진I등급에 속하지 않는 교량

BASIC 필수 097 19년 지방직

「교량 – 한계상태설계법」에서 제시된 교량 내진설계에 관한 내용 중에서 옳지 않은 것은?

① 위험도계수 I는 평균재현주기가 1,000년인 지진의 유효수평지반가속도 S를 기준으로 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도의 상대적 비율을 의미한다.
② 교량의 지진하중을 결정하는데 사용되는 지반계수는 지반상태가 탄성지진응답계수에 미치는 영향을 반영하기 위한 보정계수이다.
③ 교량의 내진등급은 중요도에 따라 내진특등급, 내진I등급, 내진II등급으로 분류하며 지방도의 교량은 내진I등급이다.
④ 교량이 위치할 부지에 대한 지진지반운동의 유효수평지반가속도 S는 지진구역계수 Z에 각 평균재현주기의 위험도계수 I를 곱하여 결정한다.

〔 정답 및 해설 〕

위험도계수 I는 평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평 지반가속도 S를 기준으로 평균재현주기가 다른 지진의 유효 수평지반가속도의 상대적 비율을 의미한다.

정답 ①

N/O/T/E

5. 내진성능목표

(1) 교량의 최소 내진성능목표

교량은 (표 11.23)에 규정한 최소 내진성능목표를 만족하도록 설계한다.

〈표 11.23〉 최소 내진성능목표

	내진성능수준 / 평균재현주기	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
설계지진	50년	내진II등급			
	100년	내진I등급	내진II등급		
	200년	내진특등급	내진I등급	내진II등급	
	500년		내진특등급	내진I등급	내진II등급
	1,000년			내진특등급	내진I등급
	2,400년				내진특등급
	4,800년				내진특등급

참고 내진성능수준

① 시설물의 내진성능수준은 기능수행수준, 즉시복구수준, 장기복구/인명보호수준과 붕괴방지수준으로 분류하며, 시설물의 중요도에 따라 요구되는 내진성능수준을 만족하도록 설계하여야 한다.
② 기능수행수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능수준이다.
③ 즉시복구수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 크지 않아 단기간 내에 즉시 복구되어 원래의 기능이 회복될 수 있는 성능수준이다.
④ 장기복구/인명보호수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 큰 손상이 발생할 수 있지만 장기간의 복구를 통하여 기능 회복이 가능하거나, 시설물에 상주하는 인원 또는 시설물을 이용하는 인원에 인명손실이 발생하지 않는 성능수준이다.
⑤ 붕괴방지수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준이다.

(2) 교량의 내진성능목표

① (표 11.24a) 또는 (표 11.24b)과와 같이 기능수행을 포함하고, 즉시복구, 장기복구/인명보호, 붕괴방지 수준 중에서 하나 이상의 내진성능수준을 선택할 수 있다.

〈표 11.24a〉 교량의 내진성능목표(1)

	내진성능수준 / 평균재현주기	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
설계지진	50년	내진II등급			
	100년	내진I등급			
	200년	내진특등급			
	500년				내진II등급
	1,000년				내진I등급
	2,400년				내진특등급

Chapter 11

〈표 11.24b〉 교량의 내진성능목표(2)

	내진성능수준 / 평균재현주기	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
설계지진	50년	내진II등급			
	100년	내진I등급			
	200년	내진특등급			
	500년		내진특등급	내진I등급	내진II등급
	1,000년				
	2,400년				

② 내진설계의 기본방침에서 기술한 바와 같이, 잠정적으로 붕괴방지수준만을 내진성능수준으로 선택할 수 있다.

6. 응답수정계수

① 교량의 각 부재와 연결부분에 대한 설계지진력은 탄성지진력을 (표 11.25)의 응답수정계수로 나눈 값으로 한다. 다만 하부구조의 경우 축방향력과 전단력은 응답수정계수로 나누지 않는다.

② 응답수정계수 R은 하부구조의 양 직교축방향에 대해 모두 적용한다.

〈표 11.25〉 응답수정계수

하부구조	R	연결부분[1]	R
벽식 교각	2	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝 가구(Bent)			
1. 수직말뚝만 사용한 경우	3	상부구조의 한 지간내의 신축이음부	0.8
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	2		
단일 기둥	3	기둥, 교각 또는 말뚝 가구와 캡빔 또는 상부구조	1.0
강재 또는 합성강재와 콘크리트 말뚝 가구			
1. 수직말뚝만 사용한 경우	5		
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	3		
다주 가구	5	기둥 또는 교각과 기초	1.0

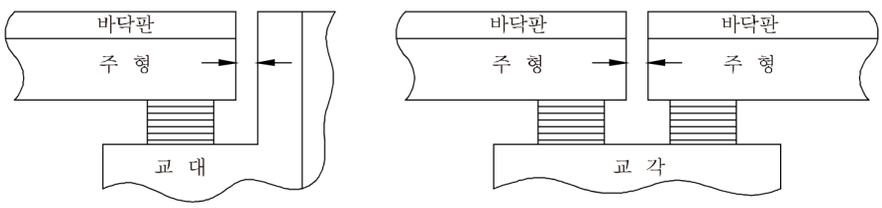
1) 연결부분은 부재간에 전단력과 압축력을 전달하는 기구를 의미하며, 교량받침과 전단키 등이 이에 포함된다. 이때, 응답수정계수는 구속된 방향으로 작용하는 탄성지진력에 대해서만 적용된다.

7. 설계변위

① 최소받침지지길이는 모든 거더의 단부에서 확보하여야 한다.

② 최소받침지지길이의 확보가 어렵거나 낙교방지를 보장하기 위해서는 변위구속장치를 설치하여야 한다.

③ 교량의 여유간격은 지진 시에 상부구조물과 교대 혹은 인접하는 상부구조물간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계 시 고려된 내진성능이 발휘될 수 있도록 하기 위하여 교량의 단부에는 (그림 11.26)에 나타낸 바와 같이 여유간격을 설치하여야 한다.



[그림 11.26] 교량의 여유간격

④ 교량의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안되며, 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다는 커야 한다.

$$\Delta l_i = d + \Delta l_s + \Delta l_c + 0.4\Delta l_t \quad \cdots\cdots \text{(식 11.36)}$$

여기서, Δl_i =교량의 여유간격(mm)

d =지반에 대한 상부구조의 총변위(mm)

Δl_s =콘크리트의 건조수축에 의한 이동량(mm)

Δl_c =콘크리트의 크리프에 의한 이동량(mm)

Δl_t =온도변화로 인한 이동량(mm)

⑤ 교축직각방향의 지진 시 변위에 의한 인접교량 및 주요 구조부재간의 충돌가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치하여야 한다.