| 발 간 등 록 번 호 |
| --- |
| 11-B554390-000010-01 |

# 기존 시설물(건축물) 내진성능

# 향상요령

2022. 5.

국토안전관리원

국토안전관리원은 지진으로부터 국민의 안전을 확보하기 위하여 기존 건축물의 내진보강을 체계적으로 수행할 수 있도록 “기존 시설물(건축물) 내진성능 향상요령”을 2004년에 제정하고 2011년에 개정하여 운영 중에 있습니다.

이후, 행정안전부에서는 「국가지진위험지도(2013)」와 「내진설계기준 공통적용사항(2017)」을 제정·공표하였으며, 국토교통부에서는 이를 반영하여 ‘KDS 17 10 00 내진설계 일반’을 제정(2018)하고 ‘KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준’을 개정(2019)하여 고시하였습니다.

이에 따라 건축물의 내진성능 향상이 최신의 기준 및 연구결과, 기존 향상요령의 미비점에 대한 개선사항 등이 반영될 수 있도록 「기존 시설물(건축물) 내진성능 향상요령」을 개정하여 발간하였으니 실무에 많은 활용 바랍니다.

다만, 「기존 시설물(건축물) 내진성능 향상요령」은 실무자의 이해를 돕기 위한 참고도서로써 관계법상 구속력이 없으므로, 관련 기준이나 지침의 내용과 상이한 경우는 발주처와 협의하여 결정된 사항을 따르시길 바랍니다.

# <목 차>


**제1장 총 칙 ····· 1**

1.1 일반사항 ····· 1

1.1.1 내진보강설계절차 ····· 1

1.1.2 설계자의 자격 ····· 1

1.1.3 내진성능향상 설계보고서 및 설계도서 ····· 1

1.1.4 내진보강설계의 검증 및 전문가검토 ····· 2

1.1.5 시공 및 유지관리 ····· 2

1.2 관련기준과 규격 ····· 3

1.3 용어 정의 ····· 3

1.4 참고 기준 ····· 8

**제2장 내진성능향상공법의 선정 ····· 9**

2.1 내진성능평가결과의 분석 ····· 9

2.2 내진성능보강 전략 ····· 9

2.2.1 강도 및 강성증가 ····· 10

2.2.2 연성증가 ····· 11

2.2.3 하중저감 ····· 11

2.2.4 구조항목별 보강전략 ····· 13

2.3 내진성능보강방법 및 선정 ····· 14

**제3장 시스템보강 ····· 17**

3.1 일반사항 ····· 17

3.1.1 개요 ····· 17

3.1.2 주요 고려사항 ····· 17

3.2 철근콘크리트구조 ····· 18

3.2.1 철근콘크리트 채움벽 ····· 18

3.2.2 전단벽 증설 ····· 20

3.2.3 기둥날개벽 증설 ····· 21

3.2.4 모멘트골조 신설 ····· 22

3.2.5 철골가새골조 신설 ····· 24

3.2.5.1 일반사항 ····· 24

3.2.5.2 모델링 ····· 24
3.2.5.3 철골가새골조의 설계 ····· 25
3.2.5.4 신구골조 접합부 설계 ····· 26
3.2.6 철골 끼움골조 ····· 27
3.2.7 철골 끼움가새 ····· 29
3.2.7.1 일반사항 ····· 29
3.2.7.2 모델링 ····· 31
3.2.7.3 철골 끼움가새의 설계 ····· 31
3.2.7.4 신구골조 접합부 설계 ····· 32
3.2.8 부축벽 신설 ····· 33
3.2.9 강판 채움벽 신설 ····· 33
3.2.10 기둥과 내력벽 신설 ····· 35
3.2.11 충전벽 증설 ····· 35
3.2.12 프리캐스트 콘크리트벽 신설 ····· 36
3.3 강구조 및 합성구조 ····· 37
3.3.1 가새 신설 ····· 37
3.3.2 철골 끼움골조 신설 ····· 40
3.3.3 강재 기둥 신설 ····· 41
3.3.4 채움벽 신설 ····· 42

**제4장 기존 철근콘크리트 부재의 보강 ····· 43**
4.1 일반사항 ····· 43
4.1.1 기본 요구사항 ····· 43
4.1.2 재료의 강도 ····· 43
4.1.3 내화요구사항 ····· 43
4.2 부재 보강공법 ····· 44
4.2.1 기둥 보강 ····· 44
4.2.2 보의 보강 ····· 46
4.2.3 벽체 보강 ····· 47
4.2.4 다이아프램 슬래브 보강 ····· 48
4.2.5 시공시 주요 고려사항 ····· 48
4.3 휨 강도 ····· 49
4.3.1 일반사항 ····· 49
4.3.2 섬유복합체 보강 ····· 49

4.3.3 강판 보강 ····· 50
4.3.4 증타설 보강 ····· 51
4.4 압축 강도 ····· 51
4.4.1 일반사항 ····· 51
4.4.2 섬유복합체 보강 ····· 51
4.4.3 강판 보강 ····· 53
4.4.4 증타설 보강 ····· 53
4.5 전단 강도 ····· 53
4.5.1 일반사항 ····· 53
4.5.2 섬유복합체 보강 ····· 54
4.5.3 강판 보강 ····· 55

**제5장 기존 비보강 조적조 및 조적채움벽의 보강 ····· 56**
5.1 일반사항 ····· 56
5.2 내진보강 공법 ····· 56
5.2.1 철거 후 신설 ····· 56
5.2.2 개구부 보강 ····· 57
5.2.3 표면 모르타르 보강 ····· 57
5.2.4 섬유보강재 보강 ····· 58
5.2.5 벽체 덧댐 보강 ····· 58
5.2.6 철골 골조의 설치 ····· 59
5.2.7 앵커-타이 공법 ····· 59
5.2.8 조적채움벽체 전도 방지 ····· 60

**제6장 기존 강구조 및 합성구조의 보강 ····· 61**
6.1 일반사항 ····· 61
6.2 부재 단면 보강 ····· 61
6.2.1 기둥 단면 보강 ····· 61
6.2.2. 보 단면 보강 ····· 62
6.3 좌굴방지를 위한 부재 보강 ····· 63
6.3.1 횡지지 부재 설치 ····· 63
6.3.2 웨브 스티프너 설치 ····· 63
6.4 접합부 성능향상 ····· 64
6.4.1 취약부 개선 방안 ····· 64

6.4.1.1 노치 제거 ····· 64
6.4.1.2 틈새 도입 ····· 64
6.4.1.3 용접에 의한 이음부 보강 ····· 64
6.4.2 플랜지 보강 ····· 65
6.4.3 헌치 보강 ····· 65
6.4.4 중량 전단탭 보강 ····· 66
6.4.5 하부 플랜지 절취 ····· 66
6.5 패널존 보강 ····· 67
6.6 주각부 보강 ····· 67
6.7 특수부위의 보수 ····· 68
6.8 데크 플레이트 보강 ····· 68
6.8.1 전단성능 향상 ····· 68
6.8.2 수평가새 설치 ····· 69
6.8.3 인장 로드 수평가새 ····· 69

**제7장 기존 구조-보강재 연결부 ····· 71**
7.1 일반사항 ····· 71
7.2 후설치 앵커 ····· 71
7.2.1 일반사항 ····· 71
7.2.1.1 설계일반 ····· 71
7.2.1.2 지진하중에 저항하는 앵커의 추가 요구사항 ····· 71
7.2.2 인장강도 ····· 73
7.2.3 전단강도 ····· 79
7.2.4 조합응력 ····· 83
7.2.5 쪼갬파괴를 방지하기 위한 연단거리, 앵커 간격 및 두께 ····· 84
7.2.6 품질관리 ····· 84
7.3 보강철근의 정착 및 이음 ····· 85
7.3.1 기존 콘크리트에 정착 ····· 85
7.3.2 기존 철근과의 이음 ····· 85
7.3.3 불충분한 겹침길이 ····· 85
7.4 합성수지 ····· 86
7.4.1 일반사항 ····· 86
7.4.2 콘크리트 간의 접합 ····· 86
7.4.3 콘크리트와 강판의 접합 ····· 86

7.5 신구 콘크리트 사이의 하중 전달 ····· 87
7.5.1 압축력의 전달 ····· 87
7.5.2 전단력의 전달 ····· 87
7.6 기존 콘크리트와 신설 철골조의 간접접합 ····· 88
7.6.1 스터드 앵커 ····· 88
7.6.2 후설치 앵커 ····· 89
7.6.3 쪼개짐 방지 철근 ····· 90

**제8장 기초 및 지반의 보강 ····· 91**
8.1 일반사항 ····· 91
8.2 기초의 보강 ····· 91
8.3 기초의 신설 ····· 91
8.4 기초단면 확대공법 ····· 91
8.5 기초연결 공법 ····· 92
8.6 마이크로 파일 공법 ····· 92

**제9장 특수공법 ····· 94**
9.1 일반사항 ····· 94
9.2 특수공법의 정의 ····· 94
9.3 성능입증 및 검증 ····· 95
9.3.1 절차 및 기본 요구사항 ····· 95
9.3.2 성능입증방법 ····· 96
9.3.3 실험에 의한 검증 ····· 97
9.3.4 정밀구조해석에 의한 검증 ····· 97
9.4 감쇠장치 ····· 98
9.4.1 감쇠장치 성능요구사항 ····· 98
9.4.2 수치모델링 ····· 99
9.4.2.1 변위의존형 장치 ····· 99
9.4.2.2 속도의존형 장치 ····· 100
9.4.2.3 기타 장치 ····· 101
9.4.3 비선형동적절차 ····· 101
9.4.4 상세 요구사항 ····· 102
9.4.4.1 일반사항 ····· 102
9.4.4.2 풍하중 ····· 102

9.4.4.3 검사 및 교체 ····· 102
9.4.4.4 품질관리 ····· 102
9.4.4.5 유지관리 ····· 102
9.4.4.6 감쇠장치 효과의 검증 ····· 103
9.4.5 설계검토 ····· 103
9.4.6 시험 ····· 104
9.4.6.1 일반사항 ····· 104
9.4.6.2 장치원형 시험 ····· 105
9.4.6.3 감쇠장치의 공칭특성치 ····· 106
9.4.6.4 감쇠장치의 적합성 ····· 107
9.4.6.5 품질관리시험 ····· 107

**제10장 비구조요소의 내진보강 ····· 108**
10.1 일반사항 ····· 108
10.1.1 목적 ····· 108
10.1.2 내진보강 방향 및 절차 ····· 108
10.2 보강 여부 판정 ····· 108
10.3 비구조요소의 내진보강 ····· 108
10.3.1 건축 비구조요소 ····· 109
10.3.1.1 외부에 접착 또는 앵커로 고정되는 중량 외장재 ····· 109
10.3.1.2 칸막이벽 ····· 110
10.3.1.3 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리 ····· 111
10.3.1.4 매달린 천장 ····· 111
10.3.1.5 이중바닥 ····· 113
10.3.1.6 중량 파라펫 ····· 113
10.3.2 기계/전기 비구조요소 ····· 114
10.3.2.1 기계장비 ····· 114
10.3.2.2 전기 및 통신설비 ····· 114
10.3.3 배관 ····· 115
10.3.3.1 압력 배관 ····· 115
10.3.3.2 소화 배관 ····· 115

**부록. 건축물 내진보강방안 검토 매뉴얼 ····· A1**

# <표 목차>

표 2.1 구조항목별 보강 전략 ····· 13
표 2.2 철근콘크리트 모멘트골조의 성능향상방법 ····· 14
표 2.3 철근콘크리트 전단벽의 성능향상방법 ····· 15
표 2.4 철골 모멘트골조의 성능향상방법 ····· 15
표 2.5 철골 가새골조의 성능향상방법 ····· 16
표 2.6 비보강 조적조의 성능향상방법 ····· 16

표 4.1 환경감소계수 ····· 50

표 6.1 판두께별 필릿용접 최대 사이즈 (단위:mm) ····· 62
표 6.2 판두께별 필릿용접 최소 사이즈 (단위:mm) ····· 62

표 7.1 지진하중에 저항하는 앵커의 설계인장강도 ····· 72

# <그림 목차>

그림 2.1 내진성능 향상방법: 강도향상 ····· 12
그림 2.2 내진성능 향상방법: 연성능력 향상 ····· 12
그림 2.3 내진성능 향상방법: 강도와 연성능력 향상 ····· 13

그림 3.1 콘크리트 채움벽 공법 ····· 19
그림 3.2 전단벽의 증설 ····· 21
그림 3.3 기둥날개벽 증설 ····· 22
그림 3.4 기둥날개벽 증설 상세 ····· 22
그림 3.5 RC 및 SRC골조의 증설 ····· 23
그림 3.6 기존 골조와의 접합상세 ····· 23
그림 3.7 철골 가새골조 신설 ····· 24
그림 3.8 철골 끼움골조 신설 ····· 28
그림 3.9 철골 끼움가새 신설 ····· 29
그림 3.10 부축벽 설치 공법 ····· 33
그림 3.11 강판 채움벽 신설 ····· 34
그림 3.12 기둥과 내력벽 신설 ····· 35
그림 3.13 개구부 충전을 통한 내진보강 ····· 36
그림 3.14 프리캐스트 콘크리트벽 증설의 예 ····· 37
그림 3.15 프리캐스트 콘크리트벽의 연결상세 예 ····· 37
그림 3.16 중심가새 골조의 유형 ····· 38
그림 3.17 철골 끼움골조의 신설 ····· 40
그림 3.18 강재 기둥 신설 ····· 41
그림 3.19 채움벽 신설 콘크리트 전단벽의 보-벽체 접합부 상세 ····· 42
그림 3.20 채움벽 콘크리트 전단벽의 기둥-벽체 접합부 상세 ····· 42

그림 4.1 기둥의 콘크리트 덧씌우기 공법 상세 ····· 44
그림 4.2 기둥날개공법 ····· 44
그림 4.3 기둥 철판 보강 공법 ····· 45
그림 4.4 기둥 띠철판 보강 공법 ····· 45
그림 4.5 기둥 탄소섬유 보강 공법 ····· 45
그림 4.6 보 강판 보강 공법 ····· 46

그림 4.7 보 탄소섬유 보강 공법 ····· 46
그림 4.8 벽체 콘크리트 단면 증설 공법 ····· 47
그림 4.9 벽체 탄소섬유 보강 공법 ····· 47
그림 4.10 슬래브 두께 증가 공법 ····· 48

그림 5.1 섬유보강재 보강 ····· 58
그림 5.2 조적채움벽체의 콘크리트/ 숏크리트 보강 ····· 59
그림 5.3 앵커-타이 공법 ····· 59
그림 5.4 조적채움벽체와 보 연결(파괴) ····· 59
그림 5.5 조적채움벽체 면외전도 방지방법(비파괴) ····· 59
그림 6.1 기둥 단면 보강 사례 ····· 61
그림 6.2 보 단면 보강 사례 ····· 63
그림 6.3 볼트접합의 용접보강 사례 ····· 64
그림 6.4 보 상하부 플랜지 보강 사례 ····· 64
그림 6.5 접합부 헌치보강 사례 ····· 65
그림 6.6 중량전단탭 보강 사례 ····· 66
그림 6.7 하부플랜지 절취 사례 ····· 66
그림 6.8 패널존 보강 사례 ····· 67
그림 6.9 주각부를 철근콘크리트로 감싼 보강 사례 ····· 68
그림 6.10 수평가새골조 접합부 사례 ····· 69
그림 6.11 벽체와 인장 로드 접합부 사례 ····· 70

그림 7.1 인장에 의한 후설치 앵커의 파괴 유형 ····· 74
그림 7.2 앵커 위치에 따른 콘크리트 파괴체의 투영면적 $A_{Nc}$ ····· 75
그림 7.3 앵커 위치에 따른 부착파괴의 투영된 영향면적 $A_{Na}$ ····· 78
그림 7.4 전단에 의한 앵커의 파괴 유형 ····· 80
그림 7.5 앵커 위치에 따른 콘크리트 전단파괴의 투영된 영향면적 $A_{Vc}$ ····· 82
그림 7.6 앵커의 인장강도와 전단강도의 상관선 ····· 83

그림 8.1 기초단면 확대 공법 ····· 91
그림 8.2 전단벽 신설시 기초연결 공법 ····· 92
그림 8.3 마이크로 파일 공법 ····· 92
그림 8.4 콘크리트캡 설치 ····· 93

# 제1장 총 칙

## 1.1 일반사항

이 요령은 기존건축물의 내진성능향상에 있어서의 절차, 성능향상방법별 요구조건 및 설계 방법등의 제반사항을 규정한다. 기존 건축물의 내진성능을 평가하는데 관련된 사항은 “기존 시설물(건축물)의 내진성능 평가요령”(이하 평가요령)을 따른다. 이 요령의 규정을 따르지 않은 성능향상공법일 경우에도 구조공학의 원리에 맞는 정밀한 해석과 합리적인 설계 및 시공절차에 따르며 이를 발주자 및 허가권자가 현행 기준 및 절차에 따라 승인할 경우 적용될 수 있다.

### 1.1.1 내진보강설계절차

내진성능향상을 위한 내진보강설계절차는 기존 구조물의 성능을 고려하여야 한다는 점을 제외하고는 건축구조기준의 성능기반설계절차와 동일하다. 즉, 보강전 구조물의 내진성능평가결과의 검토를 통해 내진성능이 취약한 부위를 파악하고 보강의 효율성, 경제성, 시공성 등을 종합적으로 고려하여 보강방법을 결정한다. 결정된 보강방법에 따라 보강설계를 수행하고 보강후 구조물에 대해 평가요령에 따라 내진성능평가를 수행하여 목표성능의 만족여부를 확인한다. 전반적인 평가과정 및 결과는 이 요령의 1.1.4에 따라 2인 이상의 내진공학 전문가로부터 절차 및 결과의 타당성을 검증받아야 한다. 특등급 건축물이 아닌 경우 비구조요소의 내진보강은 건축주의 요구에 따라 수행한다.

### 1.1.2 설계자의 자격

내진성능향상설계 혹은 내진보강설계의 책임구조기술자는 KDS 41 10 05의 7장 및 관련법에 규정된 자격을 갖춘 자로 한다.

### 1.1.3 내진성능향상 설계보고서 및 설계도서

내진성능향상설계 보고서는 문장이 간결하고 앞·뒤 연결 관계가 명확하여야 하며, 객관적인 자료수집과 분석 그리고 합리적인 내진성능향상설계안으로 이루어져야 한다. 보고서에 반드시 다음 사항들을 포함하여야 한다. 보강전 구조물에 대한 내진성능평가보고서에 해당 정보가 기술되어 있을 경우 해당 위치를 참조하여 기술할 수 있다.

① 건축물 일반사항

- 시공 년도와 내진설계 적용 여부
- 용도와 기능
- 행정구역, 지진구역, 지진구역계수
- 건축물 중요도와 내진등급
- 지진위험도 범주

② 구조물에 대한 정보
- 층수, 평면치수, 건물높이
- 구조형식 : 지진력저항시스템(내진설계된 건물일 경우), 중력하중저항시스템
- 주요 부재의 단면크기 및 배근 및 보-기둥접합부 상세
- 주요 비구조 요소(조적채움벽 포함)의 위치 및 치수
- 건물의 용도, 건축법상 내진등급
- 지반종류 및 기초
- 재료강도, 재료상태 및 판단근거

③ 구조물 변경이력
- 구조변경 시기
- 구조변경 위치
- 구조변경 개요 (구조변경 사유와 적용한 시공방법 등 내진성능평가에 반영할 사항)

④ 보강후 내진성능목표 : 목표성능수준 및 해당 지진위험도

⑤ 성능향상설계 정보
- 보강을 위해 신규로 설치되는 부재의 규격 및 재료특성 혹은 부재보강시 사용재료 규격 및 재료특성
- 평면도 및 단면도상 보강위치
- 기존 구조체와의 접합 상세 및 보강부재사이의 접합상세

⑥ 지반 및 기초구조의 내력검토 및 보강설계

⑦ 비구조재의 내진성능향상

⑧ 보강후 구조물의 내진성능평가결과 : 보고서의 형식은 성능평가요령의 1.3을 참조하나, 보강에 따른 효과의 검증 혹은 오류의 방지를 위해 보강전후 중요한 구조적 특성치(주기, 유효감쇠비, 푸시오버곡선, 성능점에서의 밑면전단력 및 지붕층변위, 층간변위각 등)를 비교를 추가한다.

⑨ 시공 및 품질관리 방안

## 1.1.4 내진보강설계의 검증 및 전문가검토

내진성능향상건축물에 대한 내진성능평가는 평가요령에 따라 내진성능평가를 수행하여 목표성능을 만족여부를 확인하여야 한다. 보강설계 및 보강구조물에 대한 평가는 건축구조기준의 성능기반내진설계시와 동일하게 2인 이상의 내진공학 전문가로부터 절차 및 결과의 타당성을 검증받아야 한다. 또한 보강설계 자료 및 특기사항은 해당 허가 담당자 및 소유주에게 보고하여 일정기간 보관하여야 한다.

## 1.1.5 시공 및 유지관리

해당 건축물이 내진보강을 통해 목표한 내진성능을 발휘하기 위해서는 정밀한 시공이 필요하다. 내진보강공사의 시공 및 감리는 관계법령에 따라 수행하되, 시공시 내진보강 설계도서, 관련시방서, 관련규정을 준수여부를 확인하여야 한다. 현장의 상황에 의해 설계도서와 다르게 시공될 경우 감리자는 감독관(발주자)에 보고하고 내진보강설계자에게 확인을 받아야 한다. 최종시공도서 및 시공기록은 해당허가 담당자 및 소유주에게 보고하여 일정기간 보관하여야 한다. 유지관리가 요구되는 내진보강공법이 적용된 경우(예를 들어 댐퍼시스템 등) 정기적인 점검을 통해 사전에 유해요인을 제거하여야 한다.

# 1.2 관련기준과 규격

이 요령에 포함하지 않은 규정은 건축구조기준을 따르며 성능향상 후 내진성능평가는 평가요령을 따른다.

# 1.3 용어 정의

- 가새(brace): 골조에서 기둥과 기둥 간에 대각선상으로 설치한 사재로 수평력에 대한 저항부재의 하나
- 가새골조(braced frame): 건물골조시스템 또는 이중골조시스템에서 가새-보-기둥 골조형식으로 횡력에 저항하는 구성체. 또는 기존 기둥과 보 사이에 내진보강을 위해 추가되는 가새-보-기둥 골조시스템
- 가새추가(addtion of braces): 비구조요소 내부에 버팀대를 추가하거나 비구조요소-구조물간 버팀대를 추가
- 가속도 민감형 요소(acceleration-sensitive component): 관성력에 의한 힘에 민감한 요소
- 가우징(gouging): 금속판의 뒷면 깎기로 용접결함부의 제거 등을 위해 금속표면에 골을 파는 것
- 감쇠(damping): 운동하는 물체 혹은 진동계에서 운동방향의 반대방향으로 발생되는 저항력의 하나로, 위치에너지나 운동에너지를 다른 형태로 변환시켜 운동을 감소시키는 특성을 가짐
- 감쇠시스템(damping system): 개별 감쇠장치와 개별 감쇠장치로부터 구조물의 기초와 지진력저항시스템에 하중을 전달하는 구조요소 또는 가새 등을 모두 포함하는 구조체
- 감쇠장치(damper device): 감쇠시스템의 일부로서 장치 양단부의 상대적 움직임에 따라 에너지를 소산시키는 유연한 구조요소. 다른 구조요소에 연결하기 위해 필요한 핀, 볼트, 거셋플레이트, 가새 연장재 등의 요소들을 포함
- 강도(strength): 구조물이나 구조부재가 외력에 의해 발생하는 힘 또는 모멘트에 저항하는 능력
- 강성(stiffness, rigidity): 구조물이나 구조부재의 변형에 대한 저항능력으로, 적용된 하중(혹은 모멘트)에 대한 변위(혹은 회전)의 비율로 나타낼 수 있음
- 강성 및 강도 증진(enhancement of stiffness and strength): 대상 구조요소 혹은 비구조요소에 대한 설계지진력에 대하여 저항할 수 있도록 적절한 보강을 통해 강성 및 강도를 증진
- 강재 스크류(steel screw): 비보강 조적조의 기존 부재의 보강에 사용하는 연결재
- 강판보강(steel jacketing): 구조부재 둘레에 강판을 붙여 부재의 강도성능을 향상하는 보강방법
- 강판전단벽(steel plate shear wall): 모멘트골조 내에 채움벽으로서 강판을 사용한 횡력저항구조
- 갭(gap): 정모멘트 작용시 중립축 상승을 최소화하기 위해 강기둥 플랜지와 바닥슬래브 사이에 도입하는 틈새
- 거셋플레이트(gusset plate): 트러스의 부재, 스트럿 또는 가새재를 보 또는 기둥에 연결하는 판요소
- 겹침용접(lap welding): 여러 층으로 겹치는 용접
- 계면접합(interfacial adhesion): 모재와 보강재간의 접합
- 공칭설계특성치(nominal design properties): 감쇠장치의 시제품 실험데이터 또는 유사크기의 감쇠장치의 이전 실험데이터로부터 결정되는 하중, 속도, 변위 등의 설계특성치

- 구속효과(confinement effect): 콘크리트 부재 단면내 방향 변형을 억제함으로써 압축 및 휨 성능이 향상되는 효과
- 구조부재(structural component): 기둥・기초・보・가새・슬래브・벽체 등 구조체의 각 구성요소
- 구조물, 구조체(structural skeleton): 건축구조물에 작용하는 각종 하중에 대하여 그 건축구조물을 안전하게 지지하는 구조물의 뼈대 자체를 말하며, 일반적으로 부구조체를 제외한 기본뼈대를 지칭
- 균등하중법(uniform force method): 접합부에 가해지는 하중에 대해 용접부나 전단 스터드가 배치되는 접합부 부근에 균등한 하중이 가해지는 것으로 가정하여 응력을 산정하는 방법
- 그루브용접(groove weld): 접합부재면을 개선하여 이루어지는 용접
- 극한인장변형률(ultimate tensile strain): 재료가 인장력을 받아 파단되는 시점에서의 변형율
- 기계적 정착(mechanical anchorage): 보강재와 철근콘크리트부재의 일체성 확보를 위하여 철물 앵커 등을 이용하여 부착시키는 방법
- 날개벽 (wing wall): 철근콘크리트 모멘트 골조 내부에 기둥의 내진성능 향상을 위해 기둥에 덧붙여 설치한 작은 벽체
- 내부철골조(Internal Steel Frame (ISF)): 기존의 기둥과 보 골조 면내에 삽입하여 내진보강하는 강재보-강기둥으로 이루어진 철골조(강재프레임)
- 내화피복재(fireproofing material): 구조물이 화재시 고온에서 일정시간 이상 강도를 유지할 수 있도록 하기 위해 부재에 입히는 재료
- 대각가새(diagonal bracing): 골조가 수평하중에 대해 트러스거동을 통해서 저항할 수 있도록 경사지게 배치된(주로 축력이 지배적인) 구조부재
- 대린벽(return wall): 한 내력벽에 직각으로 교차하는 벽
- 덧댐, 덧씌우기(overlay): 기존 모체를 보강재료로 둘러쌓아 앵커 및 에폭시 접착제로 밀착 고정시키는 공법
- 데쉬팟(dashpot): 움직임을 제어하기 위해서 사용하는 기계적인 감쇠장치
- 들림(uplift): 기초구조가 전도에 의해서 들어 올려지는 현상
- 라멜라 티어링(lameller tearing): 압연 진행방향과 교차되는 강재 단면 중에서 두께가 얇은 판에 수직인 하중이 작용할 때 변형집중이나 용접후 수축 등에 의해 취성파괴가 발생하는 현상
- 레이턴스(laitance): 콘크리트 타설 후 블리딩 현상으로 콘크리트 표면에 물과 함께 떠오르는 미세한 물질
- 미관(aesthetics): 내진보강 구조물의 형상을 안전하면서도 주변과 조화를 이루는 아름다움을 갖추도록 하는 것
- 미끄러짐 파괴모드(sliding failure mode): 조적조에서 철근콘크리트 바닥판과 조적벽체의 하부 사이의 접합면에서 충분한 부착응력을 확보하지 못하여 발생하는 수평균열 파괴
- 박리(delamination, peeling, spalling): 콘크리트 부재의 피복 등에 균열 등 손상으로 인하여 벗겨지는 현상
- 변위 민감형 요소(deformation-sensitive component): 구조물의 처짐이나 격막의 변위와 같이 변위나 변형에 민감한 요소
- 변위의존형 장치(displacement-dependent device): 장치 양단부의 상대변위의 함수로 하중응답이 결정되는 감쇠장치의 종류. 하중응답은 장치양단부의 상대속도와 진동주파수에 의존하지 않음

- 보강(retrofit): 건물의 구조 및 비구조 요소의 내진성능을 향상시키는 것
- 보강방안(retrofit measures): 목표한 성능목표를 만족시키기 위해서, 내진성능 결함부재나 신규 부재에 적용하는 내진성능 향상방안
- 보단면감소부(Reduced Beam Section (RBS)): 부재의 특정 부위에 비탄성거동을 유도하기 위해 보단면 일부를 감소(절취)시킨 부분
- 보수(repair): 구조부재나 비구조 부재의 손상된 부분이나 부품을 수리하여 원래의 성능수준을 회복하는 것
- 부재교체(replacement of members): 손상되었거나 노후화된 구조부재나 비구조 부재를 새로운 부재로 대체하는 것
- 부재단계(component level): 부재 및 접합부의 보강을 통해서 지진하중 전달능력을 향상시키는 단계
- 부착식 앵커(adhesive anchor): 기존 구조물의 내진보강에 사용할 수 있는 후처리 앵커의 하나로, 조적조 및 콘크리트와 앵커사이에 화학적 및 기계적 결합이 이뤄짐
- 부축벽 (Butress): 판상구조물에 직각방향으로 붙인 벽으로 주로 수평력을 지지함
- 블록전단파단(block shear rupture): 접합부에서 인장파단-전단항복 혹은 인장항복-전단파단이 발생하는 한계상태
- 비조밀단면(nocompact section): 국부좌굴이 발생하기 전에 압축요소에 항복응력이 발생할 수 있으나 회전능력을 갖지 못하는 단면
- 뽑힘강도(pullout strength): 앵커 등 정착장치가 모체로부터 뽑힐 때의 강도
- 상계설계특성치(upper-bound factor) : 감쇠장치의 각종 의존성, 설치환경, 노후도에 의한 감쇠장치의 설계특성치로부터의 변동을 고려하기 위한 수정계수 중 상한 값
- 성능기반설계법(performance-based design): 설계기준에서 규정한 목표성능을 만족하면서 건축구조물을 건축주가 선택한 성능지표(안전성능, 사용성능, 내구성능 및 친환경성능 등)를 만족하도록 설계하는 방법
- 성능수준(performance level): 평가기준 지진작용시 지진력에 의해 발생한 구조물의 변형 혹은 손상 등에 따른 구조물의 상태를 규정하기 위해 설정된 단계. 구조물의 성능수준으로는 즉시거주, 인명안전, 붕괴방지의 세단계로 나뉜다.
- 세장비(slenderness ratio): 휨축과 동일한 축의 단면2차반경에 대한 유효길이의 비
- 세장단면(slender section): 항복모멘트에 도달하기 전에 국부좌굴이 발생하는 단면
- 속도의존형 장치(velocity-dependent device): 장치 양단부의 상대속도의 함수로 하중응답이 결정되는 감쇠장치의 종류
- 숏크리트(shotcrete, airblown mortar): 뿜칠 콘크리트 또는 공기분사 모르타르
- 수직하중저항시스템(gravity load resisting system): 중력하중에 저항하도록 구성된 구조시스템
- 하중 수집재(load collector): 격막 내의 관성력을 수평력 저항시스템 부재에 전달하는 부재
- 스티프너(stiffener): 하중을 분배하거나, 전단력을 전달하거나, 좌굴을 방지하기 위해 부재에 부착하는 ㄱ형강이나 판재 같은 구조요소
- 시스템보강: 취약부재의 철거 및 부재의 신설을 통해서 구조시스템의 내진성능을 향상시키는 단계
- 앵커(anchor): 기초 또는 콘크리트 구조체에 주각, 기둥 등 다른 부재를 정착하기 위하여 묻어두는 볼트 등을 말하며, 또는 그를 묻어 두는 일

- 앵커링 추가(addition of anchoring): 비구조요소를 지지지하는 구조체에 볼트, 또는 앵커를 추가하여 바닥판과 비구조요소간 횡방향 강성 및 지지력을 높임
- 앵커-타이(anchor tie): 벽체 접합부를 다우얼과 앵커 등을 사용하여 보강하는 방식으로 구조체 전체의 일체화 및 연성 증가를 위한 기법
- 약층(weak story): 다층 구조물에서 다른 층에 비하여 횡강도가 작은 층
- 에너지소산시스템(energy dissipation system): 감쇠시스템(damping system)과 동일
- 에너지소산장치(energy dissipation device): 감쇠장치(damping device)와 동일
- 역V형가새골조(inverted-V-braced frame): 대각선 가새가 보 아래에 있는 가새골조
- 연결보(coupling beam): 인접한 철근콘크리트벽 부재를 연결하여 함께 횡력에 저항하게 하는 강재보 혹은 합성보
- 연약층(soft story): 다층 구조물에서 다른 층에 비하여 횡강성이 작은 층
- 외부 버팀벽, 부벽(external buttresses): 공간상의 제약으로 전단벽이나 날개벽 등의 내진성능 향상을 위한 부재를 건물 내부에 설치하지 못하는 경우 횡하중의 지지를 위해 외부에 별도로 설치되는 벽체
- 용접철망(welded wire fabric/mesh): 용접으로 접합하여 엮은 철재 망
- 용접폐쇄형 후프(welded closed hoop): 기존 기둥에 콘크리트로 단면을 확대할 때 135° 갈고리 대신 용접으로 연결한 후프
- 원추형파괴(conical failure): 인장력을 받는 앵커에 의해 원뿔모양의 파괴면을 형성하며 콘크리트가 떨어져 나가는 파괴유형
- 위치유지(position retention): 비구조재가 지진 이후 정상적인 기능수행은 못하나, 탈락과 전복 등의 위험은 피할 수 있을 정도로 고정된 상태를 의미하는 성능수준
- 윙플레이트(wing plate): 철골주각부에 부착하는 강판으로서 사이드앵글을 거쳐서 또는 직접 용접에 의해 베이스플레이트에 기둥으로부터의 응력을 전함
- 유효목두께(effective throat thickness): 보강용접을 포함하지 않는 목두께로서 강도상 유효한 부분
- 응답스펙트럼(response spectrum): 일련의 고유주기를 가진 진동체에 대한 진동에 대한 응답을 변위, 속도, 가속도의 최대치로 작성한 그래프
- 인장지배형 부재(tension-controlled member): 콘크리트의 압축파괴 이전에 철근이 항복하여 일정한 연성도를 갖는 휨부재
- 일체성 강화(reinforcement of structural integrity): 조적조에서 철근콘크리트 바닥판과 조적벽체의 일체성을 강화하는 보강기법
- 전단벽(shear wall): 지진하중에 의한 횡력을 부담하도록 설계된 벽으로 대부분의 전단력을 부담
- 전단파괴형 기둥(column in shear failure): 전단강도의 부족으로 휨파괴에 선행하여 전단으로 파괴되는 기둥
- 접착길이(adhesive length): 접착성능 확보를 위하여 소요된 길이
- 중량전단탭(heavy shear tab): 모멘트접합부에서 기둥면으로부터 이격된 거리에서 보를 안정적으로 항복시키기 위해 기둥플랜지와 보 웨브가 접합되는 지점에 설치하는 두껍고 큰 전단탭
- 중심가새 골조(concentrically braced frame): 부재들의 작업선(working lines)이 한 점에 모이도록 한 가새 골조

- 지진력저항시스템(seismic force-resisting system): 지진하중을 저항하는 구조요소. 골조, 전단벽, 가새 혹은 이들이 복합적으로 사용된 구조시스템.
- 채움벽(infilled wall): 기존 모멘트골조 내부를 조적벽 또는 콘크리트로 채워 만들어진 벽체
- 초고성능 콘크리트(ultra high performance concrete): 포틀랜드 시멘트, 실리카퓸, 고성능 감수제, 고강도 강섬유 등을 사용하여 압축강도뿐만 아니라 인장강도와 내구성이 현저하게 향상된 콘크리트
- 최대고려지진(maximum considered earthquake): 50년간 발생확률이 2%인 지진위험도(평균재현주기2475년)에 해당하는 지진
- 최소성능목표(minimum performance objective): 건축구조기준에서 제시하는 성능기반설계법으로 지진력저항시스템을 설계할 경우 만족해야 할 최소성능목표
- 충전벽(infilled wall): 기존 건물의 개구부를 철근콘크리트를 이용하여 채워 만든 벽체
- 치핑(chipping): 모재와 보강재간의 일체성 확보를 위하여 모재의 표면을 거칠게 처리하는 방법
- 커버플레이트(cover plate): 단면적, 단면계수, 단면2차모멘트를 증가시키기 위하여 부재의 플랜지에 용접이나 볼트로 연결된 플레이트
- 커버플레이트(cover plate): 보 또는 기둥의 플랜지에 이중으로 밀착하여 보강하는 판
- 코어 뜨기, 코어링(coring): 콘크리트 재료강도를 추정하기 위해서 콘크리트의 부재의 일부를 잘라내거나 구멍을 뚫는 방법
- 콘크리트 덧침(concrete jacketing): 콘크리트 부재 보강을 위하여 기존 부재 위에 용접철망 및 용접폐쇄형 철근과 콘크리트를 시공하여 보강하는 방법
- 타이플레이트(tie plate): 조립기둥, 조립보, 조립스트럿의 두 개의 나란한 요소를 결집하기 위한 판재. 두 개의 나란한 요소에 타이플레이트는 강접되어야 하고 두 요소 사이의 전단력을 전달하도록 설계되어야 함
- 탄소섬유보강(carbon fiber reinforcement): 보의 하단에 탄소섬유를 붙여서 보의 휨강도 향상 또는 보의 측면에 탄소섬유를 붙여 전단강도 향상을 꾀하는 보강
- 패널존(panel zone): 접합부를 관통하는 보와 기둥의 플랜지의 연장에 의해 구성되는 보-기둥접합부의 웨브영역으로, 전단패널을 통하여 모멘트를 전달하는 영역
- 패널존 보강판(doubler plate): 패널존의 비탄성변형상태에서 전단좌굴을 최소화하기 위한 패널존의 최소두께를 확보하기 위하여 패널존 기둥웨브에 추가하는 보강판
- 평균강도(average strength): 실제로 기대되는 구조재료 혹은 구조요소 강도의 평균값으로 공칭강도보다 높음
- 지레작용 강도(prying out strength): 전단을 받는 앵커의 지렛대 작용으로 콘크리트가 튕겨져 나오듯 일어나는 파괴가 발생하는 시점의 강도
- 지레작용 파괴(prying out failure): 전단을 받는 앵커의 지렛대 작용으로 콘크리트가 튕겨져 나오듯 일어나는 파괴
- 피로(fatigue): 하중의 반복작용에 따른 균열생성 및 성장한계상태
- 필릿용접(fillet weld): 용접되는 부재의 교차되는 면 사이에 일반적으로 삼각형의 단면이 만들어지는 용접

- 필릿용접보강(fillet weld reinforcement): 그루브용접을 보강하기 위해 추가된 필릿용접
- 하계설계특성치(lower-bound factor): 감쇠장치의 각종 의존성, 설치환경, 노후도에 의한 감쇠장치의 설계특성치로부터의 변동을 고려하기 위한 수정계수 중 하한값
- 헌치(haunch): 철골모멘트접합부를 보강하기 위하여 보 플랜지 상부 또는 하부에 설치하는 보강부재. 삼각형상으로 보강하는 삼각헌치와 H형강을 수평으로 보강하는 수평헌치 등 있음
- 횡지지부재(lateral bracing): 주 골조부재의 횡좌굴 또는 횡비틀림좌굴이 방지되도록 설계된 부재
- 후크(hook): 보강근의 정착을 확보하기 위하여 단부를 구부린 것, 갈고리
- V형가새골조(V-braced frame): 보의 상부 또는 하부에 위치한 한 쌍의 대각선가새가 보의 경간 내의 한 점에 연결되어 있는 중심가새골조.
- X형가새골조(X-braced frame): 한 쌍의 대각가새들이 가새의 중간 근처에서 교차하는 중심가새골조

# 1.4 참고 기준

이 요령에서 언급하거나 인용하는 건축구조기준은 KBC 2016을 가리킨다. 다만 건축구조기준 중 내진설계부분은 2019년 3월에 고시된 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)을 따랐다. 또한 콘크리트용 앵커 설계는 KDS 14 20 54 콘크리트용 앵커 설계기준을 따랐다.

# 제2장 내진성능향상공법의 선정

## 2.1 내진성능평가결과의 분석

내진성능향상공법의 적용을 통해 합리적으로 내진성능목표를 확보하기 위해서는 보강전 구조물의 내진성능평가에서 고려된 상세, 부재, 그리고 시스템의 내진 취약성을 종합적으로 분석 및 검토하여 보강의 기본방향을 설정하여야 한다.

[해설]

내진성능평가보고서를 근거로 분석이 필요한 항목은 다음과 같다.

(1) 보강전 구조물 내진성능의 확인

내진성능평가보고서에 보고된 기존 구조물의 내진성능을 재평가하고 결과를 분석한다. 정밀평가 결과 보유성능이 적절한 경우에는 이를 보고하고 사업을 종료한다.

(2) 목표성능 미달한 부재의 평면 및 입면상 분포 분석

각 부재별 내진성능을 조사하여, 많은 보강이 필요한지 아니면 간략한 보강을 사용할 수 있는지 판단한다. 평면적으로 넓은 면적에 보강 부위가 분포하는지 아니면 국부적인 영역에 국한되는지 판단한다.

(3) 가능한 보강전략 및 방법 고려

보강전략은 강도보강, 연성보강, 하중저감방법이 있으며, 구조물의 구조형식, 층수, 면적을 고려하여 경제적이면서 효율적인 보강방법을 선택한다. 목표성능 대비 보유성능이 현저히 낮은 경우에는 전단벽 설치 등 집중보강(시스템보강)을 고려하고, 보유성능이 목표성능에 근접하여 제한적인 보강만 필요할 경우에는 개별보강을 고려하는 것이 바람직하다.

(4) 경제성, 공사기간의 비교

보유성능이 낮은 경우에는 경제성과 시공성을 위하여 집중보강방법을 선택한다.

중력하중에 대한 보강이 필요한 경우에는 해당 부재에 보강을 해야 하므로, 보강 위치를 조정하기 어렵다. 따라서 중력하중과 지진하중에 대하여 모두 효율적인 보강방법을 선택하는 것이 바람직하다. 중력하중에 대하여 내력이 부족한 것으로 평가되는 경우에도, 현장조사를 통하여 그러한 징후가 발견되지 않는 경우에는 정밀한 조사에 의해 근거를 파악한 후 해당 사용조건을 유지하는 것을 전제로 보강 없이 계속 사용할 수 있다.

## 2.2 내진성능보강 전략

보강전략적인 측면에서 강도와 강성을 증대시키는 방법, 연성을 향상시키는 방법, 하중을 저감시키는 방법을 선택할 수 있다.

## 2.2.1 강도 및 강성증가

(1) 강도 및 강성증가는 일반적인 건축재료를 사용하여 보강하는 방법으로서 각 부재를 보강(개별보강)하거나 새로운 부재 혹은 구조시스템을 신설(시스템보강 또는 집중보강)하는 방법이다. 강도의 증가는 강성의 증가를 수반하여 지진하중을 증가시킬 수 있으므로 이에 대한 영향을 검토하여야 한다.

(2) 부재 신설시의 고려사항 (시스템보강)

① 부재 신설의 대표적인 방법은 전단벽, 채움벽 또는 가새골조의 설치이다. 성능이 부족한 부재가 많거나 각 부재보강이 여의치 않은 경우, 집중적인 보강을 통하여 구조물의 강도 및 강성을 증가시키고, 성능이 부족한 부재들의 요구하중 및 요구변위를 감소시킨다.

② 신설 부재는 하중의 전달 경로와 분포를 변화시키고 구조물 전체의 하중 증가를 유발하므로 기존 부재와 기초의 안전성을 면밀히 검토하여야 한다.

③ 일반적으로 기초 보강이나 신설이 필수적이므로 시공성을 고려해야 한다.

④ 큰 부재를 신설하기 위해서는 주로 개구부을 없애거나 외관을 변경하여야 하므로 건축주 및 건축사와 긴밀한 협의가 요구된다.

(3) 기존 부재 보강시의 고려사항

① 기둥에 대한 보강방법은 날개벽 설치, 기둥단면 증가 등이며, 보에 대한 보강방법은 강판보강, FRP보강이 대표적이다.

② 신설공법에 비하여 건물외관과 사용성에 미치는 영향이 작은 반면, 개소수가 많아지면 시공성이 저하되어 경제성이 떨어진다.

③ 중력하중에 대한 보강이 요구되는 경우에는 효율적으로 사용이 가능하다.

(4) 기타 고려사항

① 강도와 강성을 증대시키는 내진보강을 적용하면 구조물의 주기가 짧아져 응답지진력이 커지게 되고, 거동특성 상 건축물의 연성능력은 향상되지 않으나 강도 및 강성이 커지게 되어 내진성능의 향상된다. 또한 신설된 부재는 하중의 전달경로와 분포를 변화시키고 구조물 전체의 하중이 증가되므로 기존 부재의 안전성도 검토하여야 한다.

② 전단벽, 가새 또는 부축벽을 추가로 설치하는 경우 횡력의 상당부분은 신설된 부재가 저항하게 되어 기초 보강이 요구되므로 이에 대한 검토가 요구된다.

③ 기초에 인장력이 발생하지 않도록 보강방법을 채택한다. 기초 면적을 증가시키거나 주변 기초들을 연결하여 인장력이 아닌 휨모멘트로 저항할 수 있도록 한다.

④ 외부 창호벽에 강재가새골조 또는 콘크리트벽을 끼워 넣는 공법이 사용되는 경우, 이 끼움골조는 해당 기존 기둥과 보를 직접적으로 보강하는 공법이 아니며, 특히 다층구조의 경우 기둥이 연속으로 보강되지 않으므로, 해석과 강도평가 시에 힘의 흐름의 적절성을 면밀히 검토하여야 한다. 이러한 검토와 구체적인 설계방법이 제시되지 않은 경우 특수공법으로 분류하여 성능입증 자료가 요구된다.

## 2.2.2 연성증가

(1) 연성증가는 구조부재의 변형능력을 향상시킴으로써 각 성능수준에 해당하는 허용변형량을 증가시키는 방법이다.

(2) 기둥과 보에 대한 연성증가방법으로는 섬유보강공법, 철판보강공법등이 있다.

(3) 구조물의 연성을 증가시키기 위해서는 해당되는 건물내 모든 구조부재의 연성보강이 필요하다. 따라서, 비내진구조의 경우 많은 부재에 내진보강이 요구되어 적절하지 않으며, 내진설계가 이루어진 구조물에서 국부적으로 연성능력이 부족한 경우 효과적이다.

(4) 보강재료에 따라서는 강도증가와 연성증가 효과를 동시에 고려할 수 있는 방법이 있으나, 이 경우에도 보강효과는 해당 보강부재에 국한되므로 전체 시스템의 강도 및 연성능력의 향상에는 한계가 있다.

## 2.2.3 하중저감

(1) 하중저감은 지진하중의 직접적인 원인과 경로를 차단 또는 저감하는 방법이다.

(2) 하중저감 방법으로는 다음의 방법을 선택할 수 있다.

① 질량을 저감하거나 제거하여 관성력에 의한 지진하중을 저감하는 방법

② 일부 부재를 제거하여 강성을 낮추고 주기를 증가시키는 방법

③ 감쇠장치 또는 면진장치를 설치하여 감쇠 또는 면진에 의해 하중을 저감하는 방법

(3) 감쇠장치 혹은 면진장치를 사용하는 경우 건축구조기준에 따라 장치에 대한 입증자료가 요구된다.

(4) 다만, 변형능력이 크지 않은 구조물의 경우, 감쇠장치에 의한 내진보강은 효율적이지 않을 수 있다.

[해설]

부재 단위의 성능향상은 부재 단면의 보강을 통한 강도, 강성, 그리고 연성도 증가를 위해 강재, 콘크리트, 유리섬유, 탄소섬유, 에폭시 등을 이용한다. 건축물에서는 기둥, 벽, 가새와 같은 수직부재가 구조물의 지진하중 및 수직하중의 저항에 큰 역할을 하므로 대부분의 경우 내진보강은 건축물의 수직부재를 대상으로 한다.

시스템보강에서는 추가적인 모멘트 골조, 전단벽, 가새, 혹은 버팀벽의 설치를 통해 전체 구조물의 강성 및 강도를 증가시킨다. 연직하중 저항시스템의 낮은 횡변형능력이 문제가 될 경우 추가적인 연직하중 저항시스템의 설치가 횡하중 저항부재의 보강에 비해 경제적인 방법이 될 수 있다.

신설 구조부재의 설치와 기존 부재의 보강 시에는 하중의 흐름이 바뀌므로, 기존 부재를 포함한 하중경로 상의 구조요소가 변화된 하중을 견딜 수 있는지를 확인하여 설계자가 의도한 바와 같은 하중의 분포가 이루어질 수 있도록 접합부, 보강층 하층부의 수직부재, 기초 등의 보강이 적절히 이루어져야 한다. 가능한 한 부재의 항복순서가 내진성능이 효율적인 붕괴기구로 이루어질 수 있도록 즉, 보의 항복 이후 기둥이 항복하며, 가새부재의 항복 이후 접합부가 항복하고, 기둥과 전단벽의 경우 휨항복이 전단파괴보다 선행하도록 유도하여야 한다.

성능향상을 위한 또 다른 접근방법으로는 상층부를 제거하거나 비구조재를 경량재로 교체하는 방법을 통하여 구조물의 중량을 저감시켜 결과적으로 지진하중의 크기를 저감시키는 방법을 사용할 수도 있다. 이는 지진하중의 크기 즉, 요구량을 감소시키는 방법이다. 또한 감쇠장치를 통해 구조물의 동특성을 변화(주로 감쇠비를 증가)시켜 지진하중을 감소시키는 방법을 사용할 수도 있다. 감쇠장치의 경우 크게 점탄성댐퍼 혹은 이력댐퍼 등 감쇠비를 증가시키는 감쇠장치와 부가질량의 운동을 통해 주구조체의 변위를 감소시키는 동조질량장치로 구분할 수 있다. 이 요령의 9장에서는 감쇠장치를 이용한 성능향상기법을 다루고 있다. 동조질량장치의 경우 일반적으로 강진 시 내진성능의 향상에는 큰 효과가 없는 것으로 보고되고 있다. 하지만 해석을 통해 효과가 있을 것으로 판단되어 동조질량장치를 적용할 경우 또는 이 요령에서 다루지 않은 감쇠장치를 적용할 경우 구조공학의 원리에 맞는 해석과 설계절차를 통해 사용될 수 있다.

면진장치나 감쇠장치를 사용한 특수보강공법은 시공이 간편하기 때문에 선호되는 경향이 있으나 충분한 에너지소산을 위해 기존 부재가 일정 수준 이상의 변형 능력을 가져야 하는 전제조건이 따른다. 또한 개별 장치의 에너지소산 능력이 전체 건물에 비해 크지 않을 경우 설치개소가 많이 필요하여 기존의 방법보다 비용이 증가할 수 있다.

마지막으로 충분한 변형능력을 가진 부재에 취성적인 거동을 하는 요소가 같이 붙어있을 경우 취성거동 요소를 제거하거나 분리시켜 전체적인 내진성능을 향상시킬 수 있다. 모멘트골조의 기둥 사이에 채움벽이 있을 경우 채움벽을 제거하는 방법이 여기에 해당한다.

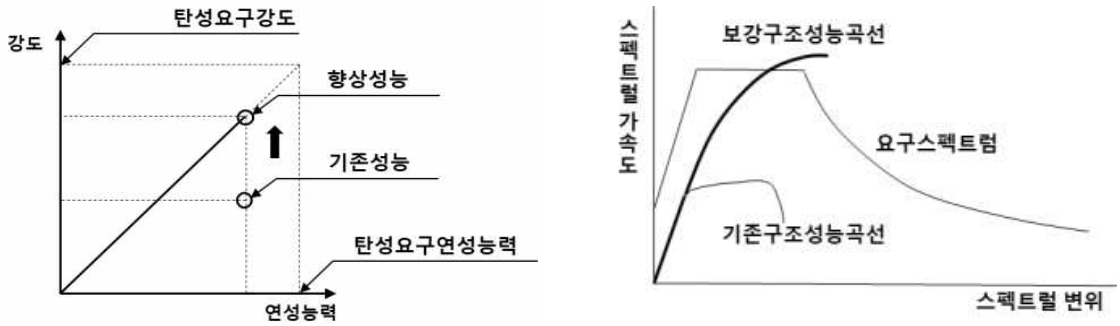



그림 2.1 내진성능 향상방법: 강도향상

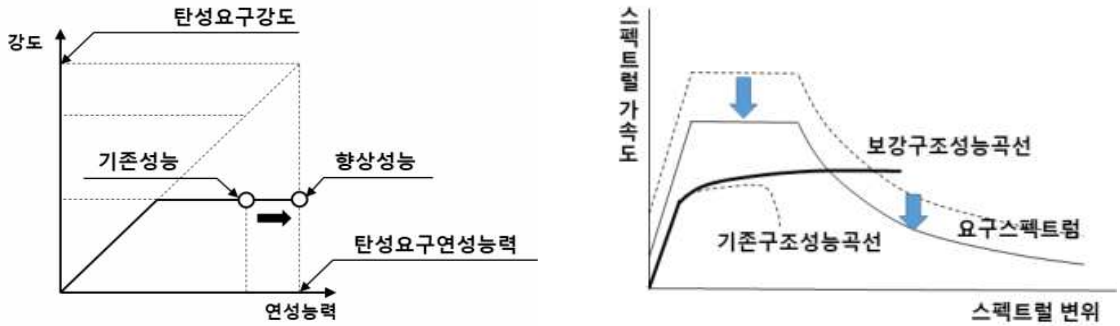



그림 2.2 내진성능 향상방법: 연성능력 향상

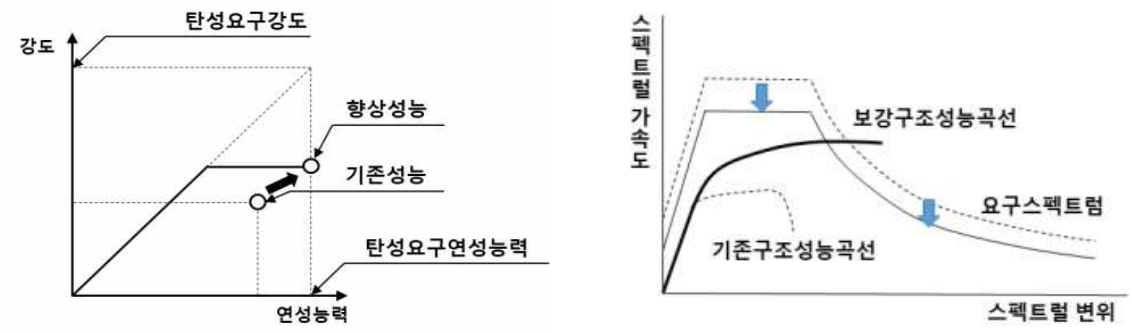



그림 2.3 내진성능 향상방법: 강도와 연성능력 향상

## 2.2.4 구조항목별 보강전략

표 2.1은 구조항목별 성능이 부족한 경우 선택할 수 있는 보강전략을 요약하여 나타내고 있다.

표 2.1 구조항목별 보강 전략

| 항목 | | 보강 전략 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 부재신설 | 부재단면증설 | 연결성제고 | 하중저감/연성능력 | 부재제거 |
| 시스템 | 강도 | 골조/벽체/가새 | - | - | 채움벽제거 | 채움벽제거 |
| | 강성 | 골조/벽체/가새 | - | - | 채움벽제거 | 채움벽제거 |
| | 연성 및 에너지소산 능력 | - | - | - | 감쇠장치 | - |
| 시스템 형상 | 약층 | 벽체/가새 | 기둥보강 | - | - | - |
| | 비틀림 | 벽체/가새 | - | - | - | - |
| 하중 경로 | 수직하중 경로 | 수직부재의 추가 | 필로티기둥의 보강 | 수직부재의 연결 | - | - |
| | 수평하중경로 (인접건물간격) | - | - | 격막슬래브의 연결 | - | - |
| 기초 | 기초판 | 기초판신설 | 기초판확장 기초판연결 | - | - | - |
| | 지반 | 마이크로파일 | - | - | - | - |
| 부재 | 단면 | 날개벽 | 단면증설, 강판보강 | - | 섬유보강 | - |
| | 접합부 | 날개벽 | 단면증설 | - | - | - |
| | | | | | | |

# 2.3 내진성능보강방법 및 선정

(1) 표 2.2 ~ 표 2.6은 각각 철근콘크리트 모멘트골조, 철근콘크리트 전단벽구조, 철골 모멘트골조, 철골 가새골조, 및 비보강보적조의 일반적인 성능향상방법을 제시한다.

(2) 강 콘크리트 합성구조의 성능향상방법은 콘크리트와 강구조의 성능향상방법을 따른다.

(3) 여러 개의 구조형식으로 구성된 혼합구조의 성능향상방법은 각 구조형식의 성능향상방법을 따른다.

(4) 여기서 제시되지 않는 성능향상방법은 책임구조기술자의 판단하에 사용될 수 있다.

표 2.2 철근콘크리트 모멘트골조의 성능향상방법

| 보강법의 분류 | 보강방법 | 효과 |
|---|---|---|
| 신설 부재 | 콘크리트채움벽<br>전단벽의 증설 및 신설<br>철골 끼움가새 신설<br>철골 가새골조의 신설<br>부축벽 신설<br>RC기둥 및 내력벽 신설<br>철근콘크리트 골조의 신설<br>PC 골조의 신설<br>철골골조의 신설<br>PC 벽의 신설<br>강판 채움벽 신설<br>충전벽 신설<br>기초 신설 | 강도 및 강성의 증가 |
| 기존 부재의 보강 | 기둥단면 확대<br>기둥날개벽<br>기둥 강판둘레 보강<br>기둥 띠철판둘레 보강<br>기둥 섬유둘레 보강<br>보 강판 보강<br>보 섬유 보강<br>슬래브 연결<br>기초 확장/기초 연결 | 강도 및 강성증가<br>강도 및 강성증가<br>강도 및 강성증가<br>변형능력의 증가<br>변형능력 증가<br>휨강도, 전단강도증가<br>휨강도, 전단강도증가<br>다이아프램 작용<br>강도증가 |
| 지진하중의 저감 | 상층부 철거<br>감쇠장치 설치 | 질량의 감소<br>감쇠비의 증가 |
| 부재의 제거 | 전단파괴형 기둥의 제거<br>채움벽 제거 | 연성거동 유도 |

표 2.3 철근콘크리트 전단벽의 성능향상방법

| 보강법의 분류 | 보강방법 | 효과 |
|---|---|---|
| 신설 부재 | 콘크리트채움벽<br>전단벽의 증설 및 신설<br>버팀벽 신설<br>기초 신설 | 강도 및 강성의 증가 |
| 기존 부재의 보강 | 전단벽의 섬유보강<br>전단벽의 콘크리트덧침<br>전단벽의 강판보강<br>기초 확장/기초 연결 | 강도 및 변형능력의 증가 |

표 2.4 철골 모멘트골조의 성능향상방법

| 보강법의 분류 | 보강방법 | 효과 |
|---|---|---|
| 신설 부재 | 전단벽의 증설 및 신설<br>철골가새의 신설<br>철골골조의 신설<br>강판전단벽 신설<br>기초 신설 | 강도 및 강성의 증가 |
| 기존 부재의 보강 | 기둥 단면보강<br>보 단면보강<br>보 기둥 좌굴방지보강<br>접합부 보강<br>패널존 보강<br>주각부 보강<br>기초 확장/기초 연결 | 강도 및 변형능력의 증가 |
| 지진하중의 저감 | 상층부 철거<br>감쇠장치 설치 | 질량의 감소<br>감쇠비의 증가 |
| 부재의 제거 | 채움벽 제거 | 연성거동 유도 |

표 2.5 철골 가새골조의 성능향상방법

| 보강법의 분류 | 보강방법 | 효과 |
|---|---|---|
| 신설 부재 | 철골가새의 신설<br>강판전단벽의 신설<br>기초 신설 | 강도 및 강성의 증가 |
| 기존 부재의 보강 | 가새의 교체<br>가새의 보강<br>기둥단면 보강<br>보 단면 보강<br>기초 확장/기초 연결 | 강도 및 변형능력의 증가 |

표 2.6 비보강 조적조의 성능향상방법

| 보강법의 분류 | 보강방법 | 효과 |
|---|---|---|
| 신설 부재 | 철골골조의 신설<br>전단벽의 신설<br>대린벽의 설치<br>기초 신설 | 강도 및 강성의 증가<br>강도 및 강성의 증가<br>강도 및 강성의 증가<br>강도의 증가 |
| 기존 부재의 보강 | 조적벽의 섬유보강<br>조적벽의 콘크리트덧침<br>개구부의 채움<br>개구부 인방보보강<br>강재 스크류 앵커보강<br>일체성 강화<br>조적채움벽 전도보강<br>기초 확장 | 강도 및 변형능력의 증가 |

# 제 3 장 시스템보강

## 3.1 일반사항

### 3.1.1 개요

(1) 이 장에서는 여러 개의 부재들로 구성된 시스템을 추가하여 집중보강하는 시스템보강공법을 규정한다. 각 부재의 개별 보강공법 및 설계는 4 - 8장에 따른다.

(2) 이 장에서 규정하는 보강공법은 철근콘크리트 및 철골 부재를 신설하여 내진보강을 하는 일반공법에 한정한다. 일반공법은 건축구조기준에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법으로 설계가 가능하면서 보편적으로 사용되어 내진성능과 설계절차가 검증된 공법을 가리킨다. 이 장에 소개되지 않은 공법이라도 건축구조기준에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법으로 설계가 가능하면서 보편적으로 사용되어 내진성능과 설계절차가 검증된 경우 일반공법으로 볼 수 있다.

(3) 시스템보강 일반공법은 철근콘크리트구조와 강구조 일반공법으로 구분된다.

(4) 이 장에서 다루는 공법의 경우에도 각각에 대해서 제시되는 요구조건을 충족하지 못하는 경우에 특수공법으로 간주하며, 9장에 따른 검증 및 성능확인이 요구된다. 특수공법은 건축구조기준에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법을 사용하여 설계하기 어렵거나 동기준에 근거가 제시되어 있지 않은 공법으로 정의한다. 신재료를 사용하는 공법, 감쇠장치와 면진장치, 신구재료 및 구조 사이에 특수한 접합방법이나 부분접합을 사용하는 공법을 포함한다.

[해설]

(1) 부재 보강단계에서 보강의 범위가 너무 많아지는 경우에는 시스템보강에 의해 지진하중을 집중적으로 지지하게 하는 것이 구조적으로 효율적일 수 있다. 시스템보강으로는 전단벽, 날개벽, 가새, 강접골조 또는 부축벽 등을 추가하는 방법이 보편적으로 사용되고 있다. 보강공법에 따라 내진보강의 구조적인 효율성, 공사비용 및 공사기간이 크게 차이가 날 수 있으므로 보강공법 선정 시 합리적인 선정방법에 따라 적합한 공법을 선정하여야 한다.

(4) 특수공법이란 건축구조기준에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법을 사용하여 설계하기 어렵거나 동기준에 근거가 제시되어 있지 않은 공법으로 특수공법을 적용하는 경우에는 합리적인 이론의 정립이나 실험 등을 통해 적용의 타당성을 입증하여야 한다.

### 3.1.2 주요 고려사항

(1) 시스템 보강공법의 선정시 기존 건물의 구조적인 특징 외에도 미관 및 사용성 등의 건축적인 측면도 고려하여야 하며, 시스템 보강공법에 따라 공사기간, 공사규모 등이 크게 달라질 수 있으므로 기존 건물의 특성을 충분히 고려하여 공법을 선정하여야 한다.

(2) 시스템보강을 위해 부재가 추가되는 경우에는 신설 부재로 인해 하중의 경로와 분포를 변화시킬 뿐만 아니라 구조물 전체의 하중 증가를 유발할 수 있으므로 기존 부재들의 안전성을 검토하여야 한다.

(3) 설계자는 구조해석 시 보강된 구조물이 보강설계 시에 가정한 대로 거동할 수 있도록 합리적인 방법으로 모델링하여야 한다.

[해설]

(3) 동일한 시스템보강 공법이라도 모델링 방법에 따라 전혀 다른 결과가 나와 보강량이 크게 달라질 수 있으므로 설계자는 구조적으로 합리적인 방법으로 모델링하여야 한다. 시스템보강공법 적용 시 고려하여야 할 주요사항은 다음과 같다.

① 기초에 연결보(지중보)가 있는 경우 지점을 고정단으로 모델링할 수 있으며 힌지로 모델링하는 경우에는 연결보를 모델링에 포함하여야 한다. 이때 연결보와 기초사이의 기둥부분의 안전성을 확인하여야 한다. 혹은 연결보와 기초사이의 기둥부분을 포함시켜 모델링한다. 또한 기초에 인발이 생기는 경우 인발력의 지지여부에 따라 지지조건을 모델링하여야 한다.

② 조적채움벽에 대한 모델링 시 현장조사를 통해 조적채움벽의 위치와 치수, 모르타르의 충전상태, 파괴모드에 따른 강도 및 면외전도에 대한 사항을 고려하여야 한다.

③ 기존 구조물과 신설 부재사이의 앵커설계를 위해 해석모델에 연결부 요소를 포함시켜 접합면에서의 요구되는 전단력과 인장력을 산정할 수 있다. 이 요소는 기존 부재와 신설 부재의 동일한 위치에 있어야 하며 축력과 전단력만 전달하는 것으로 모델링하여야 한다.

④ 외부에 골조가 추가로 설치되는 경우 보강된 골조로 지진하중이 충분히 전달될 수 있는지 하중 전달 과정을 검토하여야 한다.

# 3.2 철근콘크리트구조

## 3.2.1 철근콘크리트 채움벽

(1) 철근콘크리트 채움벽 보강공법은 모멘트골조내에 철근콘크리트벽을 신설하고 벽체의 수직과 수평철근을 보와 기둥에 정착시키는 보강공법을 가리킨다.

(2) 채움벽은 그림 3.1에서와 같이 개구부가 있는 경우와 없는 경우로 구분할 수 있으며 공간 기능상 장애가 되지 않도록 배치를 충분히 고려하여야 하고, 평면상 또는 입면상으로 균형있게 배치하여야 한다.

(3) 신설되는 채움벽의 철근을 기존보에 관통시키지 않는 경우 채움벽은 전단력만을 전달하도록 구조해석되고 설계되어야 한다. 채움벽의 수직철근과 수평철근은 벽체의 전단력을 전달하는 데 충분하도록 보와 기둥에 정착되어야 한다. 또한, 단부 기둥과 채움벽을 포함하는 벽체의 휨모멘트에 의한 인장력은 단부기둥의 수직철근에 의하여 저항되어야 한다. 따라서, 벽체의 휨모멘트는 채움벽을 제외한 단부 기둥이 지지하는 것으로 검토하여야 한다.

(4) 기초까지 채움벽 또는 벽체가 설치되는 경우에는 채움벽이 전단력과 함께 휨모멘트를 전달하도록 설계할 수 있다. 다만, 이때 채움벽의 휨인장강도는 보에 배근된 스터럽이 발휘하는 인장력을 초과할 수 없다. 또한 수직철근은 설계인장력을 충분히 발휘할 수 있도록 이음길이, 정착길이 및 부착강도가 확보되어야 한다.

(5) 채움벽골조의 휨모멘트를 저항하기 위하여 기초의 안전성이 검토되어야 한다. 필요한 경우 기초를 확장하거나 인근 기초와 연결하여 휨모멘트를 저항해야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

(6) (3)-(5)을 만족하지 않거나 명확한 해석과 설계방법을 제시하지 않는 공법은 특수공법으로 분류하고 9장을 따른다.

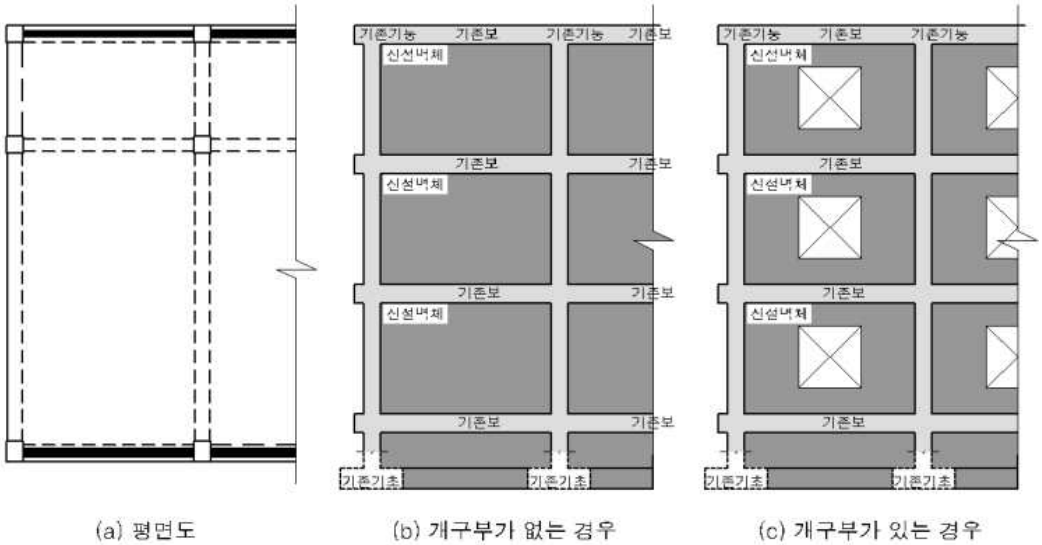



그림 3.1 콘크리트 채움벽 공법

[해설]

(1) 철근콘크리트 보-기둥 골조 내에 채움벽으로 전단벽을 설치하는 경우 신설벽체의 수직철근은 기존보에 정착시키거나 보를 관통시킬 수 있다. 수직철근의 정착방법에 따라 힘의 흐름이 달라지므로 설계 시 이를 충분히 고려하여야 한다. 특히 채움벽의 수직철근은 기존 보의 철근과의 간섭으로 인해 상하층에 연결하기 어렵다. 이러한 경우에 채움벽은 전단력만 전달하도록 설계되어야 한다.

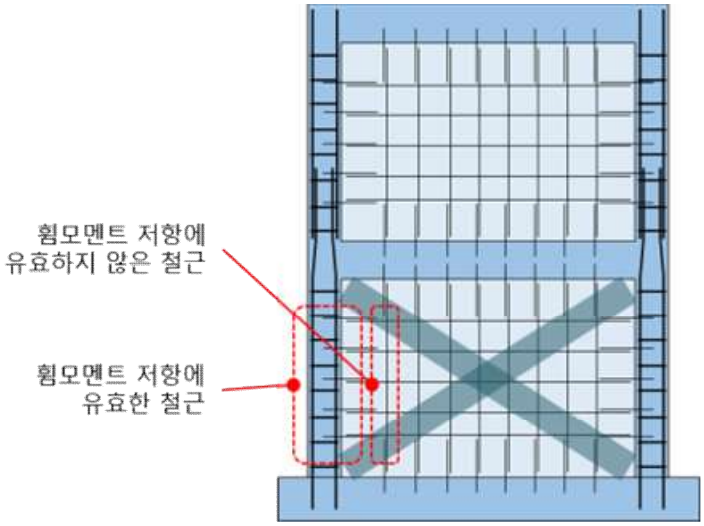
(2) 실내에 신설되는 채움벽과 전단벽은 실의 사용에 제약을 받을 수 있고, 실외에 신설되는 경우에는 외관 및 실의 용도에 따른 채광에 문제가 있을 수 있으므로 설치 위치는 사용자와의 협의를 통해 조정하는 것이 바람직하다.

(3) 채움벽이 기존의 골조와 충분히 일체로 거동하게 하기 위해서는 연결부의 설계와 시공이 매우 중요하다. 신설채움벽과 기존구조체와의 연결부는 철근을 기존 구조체에 매입시킨 후 신설되는 채움벽의 철근과 이음을 통하여 일체화시키는 방법이 보편적으로 사용되고 있다. 이 때 벽체가 충분한 휨강도를 가지기 위해서는 벽체의 철근이 기초에서부터 상하층으로 연속되도록 보강되어야 하나 만일 벽체철근이 연속되지 않거나 충분히 정착되지 않은 경우에는 벽체의 휨강도 산정시 정착철근의 허용인발력을 고려하여 철근량을 산정하거나 채움벽이 전단력만을 지지하도록 검토하여야 한다(해그림 3.1). 채움벽이 전단력만을 지지하도록 설계하는 경우에는 벽체를 스트럿과 같은 압축가새요소로 치환하여 모델링할 수 있고 벽체는 기초까지 연속되지 않아도 된다.

(4) 채움벽에서는 보 영역에서 수직철근이 연속되지 않는 경우 휨인장강도가 제한되어야 한다. 수직철근이 콘크리트구조기준에 따라 산정된 이음길이 및 정착길이, 부착강도를 만족하여 스터럽을 통한 인장력전달에 문제가 없을 것으로 생각되는 경우 채움벽의 휨모멘트 강도는 스터럽이 지지할 수 있는 인장력과 채움벽의 수직철근이 지지할 수 있는 인장력 중 작은 값에 근거하여 산정할 수 있다.

(5) 채움벽이 설치되면 지진력의 대부분이 해당 위치 또는 경간에 집중되므로 기존 기초의 내력이 부족하게 되어 반드시 기초 보강에 대한 검토가 요구된다. 전단벽이 일반적으로 건물 내부에 설치되어 있어 기초 보강도 건물 내부에서 이루어져야 하므로 보강설계시 실내에서 시공이 가능한 보강공법을 선정하여야 한다.

기초 보강은 기존 기초와의 변형적합성과 힘의 분배를 고려하여 설계하여야 한다. 또한 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성에 큰 영향을 미치므로 해당 부위 경계조건 변화후 목표성능 만족여부의 재검토 혹은 인근 기초와의 연결 등을 통해 인발파일을 사용하지 않는 대안을 우선 검토한다.




해그림 3.1 상하층의 철근이 연속되지 않는 채움벽 보강상세

## 3.2.2 전단벽 증설

(1) 전단벽 증설은 그림 3.2에서와 같이 기존 벽에 덧대어 벽체를 증설하여 일체형 전단벽을 구성하는 방법이다.

(2) 벽체의 수직철근은 필요한 위치에서 기초까지 연속되어야 하며, 수평철근은 필요시 기존 수직재에 정착되어야 한다.

(3) 벽체는 축력, 휨모멘트, 전단력에 저항하도록 설계하며, 필요한 철근량을 배치한다. 기존구조의 단부기둥에 요구되는 휨인장철근을 신설 또는 증설 벽체에 배치할 수 있다.

(4) 신설 또는 증설되는 벽체는 기존 구조에 연결재로 연결하여 일체화해야 한다.

(5) 전단벽에서부터 기초 및 지반까지 하중전달에 문제가 없는지 검토하고 필요할 경우 기초를 보강하거나 신설한다. 기초의 보강은 3.2.1(5)를 따른다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

[해설]

(4) 덧씌운 콘크리트는 부착식 앵커나 보강철근을 이용하여 기존 벽체에 부착한다. 콘크리트는 거푸집에 현장 타설하거나 숏크리트를 사용할 수 있다. 기존 벽체와 덧씌운 부분이 변형적합성과 힘의 분배효과에 따라 하중을 분담한다고 보고 설계하거나 보수적으로 덧씌운 부분이 모든 하중에 저항한다고 보고 설계한다. 전단벽의 단면을 증가시킬 경우 기존 단면의 철근이 필요 철근량보다 적을 경우가 대부분이고 기존 단면은 이미 축하중을 부담하고 있으므로 덧씌운 부분이 지진력을 모두 부담하도록 설계하는 것을 바람직하다. 또한 기초 부분도 추가된 지진력에 대해 보강하여야 한다.

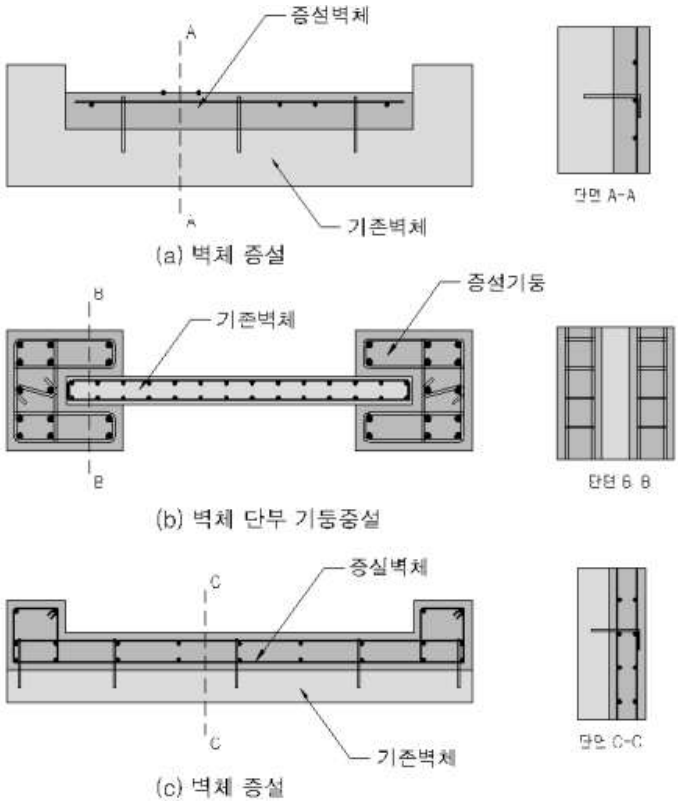



그림 3.2 전단벽의 증설

## 3.2.3 기둥날개벽 증설

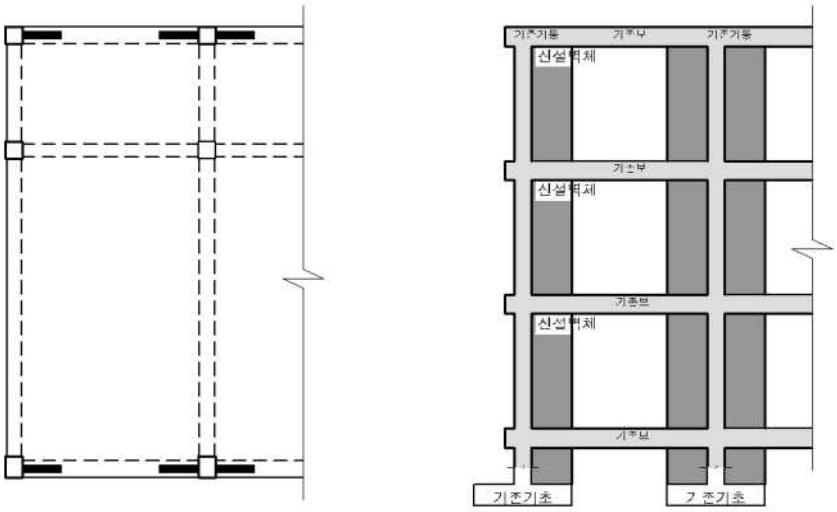
(1) 기둥날개벽 공법은 그림 3.3에서와 같이 철근콘크리트 골조 기둥의 좌우에 일정 크기의 철근콘크리트 날개벽을 설치하여 내진성능을 향상시키는 방법을 가리킨다.

(2) 날개벽은 평면적, 입면적으로 균형있게 설치하여야 한다.

(3) 날개벽과 주변 부재와의 연결부는 그림 3.4에서와 같이 기존 구조체와 신설 날개벽의 연결부는 전단벽체의 증설에서와 동일하며 조합된 설계하중을 충분히 전달할 수 있도록 설계되어야 한다. 신설된 벽체 주변 골조의 기둥과 보는 보강전단벽의 경계요소로 거동하므로 강도, 정착, 변형적합성 등을 충분히 검토하여야 한다.

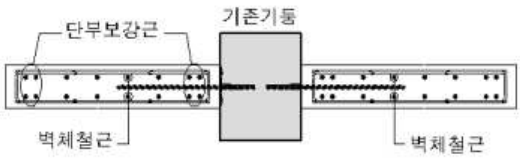
(4) 일반적으로 날개벽은 보 상하부 사이에 설치되어 철근을 연속하기 어려우므로 압축력만 받는 날개벽으로 설계할 수 있다. 이 경우 양쪽 중에 압축을 받는 한쪽만의 날개벽을 유효한 날개벽으로 고려한다. 면내 전단에 대해서는 양쪽 날개벽이 유효한 것으로 평가한다.

(5) 증설된 날개벽과 기존 기둥에 증가된 지진력에 대한 기초와 주각부의 안전성을 검토하고, 기초확장공법을 사용하여 보강한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

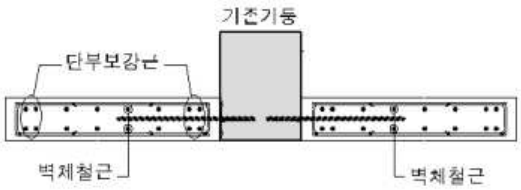



(a) 평면도 (b) 입면도

그림 3.3 기둥날개벽 증설




(a) 기둥중앙에 설치되는 경우




(b) 기둥 끝단에 설치되는 경우

그림 3.4 기둥날개벽 증설 상세

## 3.2.4 모멘트골조 신설

(1) 이 보강방법은 그림 3.5에서와 같이 기존의 철근콘크리트 골조 외부에 현장타설 철근콘트리트 골조, 철골조, 또는 철골철근콘크리트 골조를 설치하고 그림 3.6과 같이 앵커를 통해 접합시켜 일체로 거동하게 하는 방법이다.

(2) 신설된 철근콘크리트골조, 철골조 또는 철골철근콘크리트 골조의 보는 기존 골조와 일체로 거동하도록 설계하거나 또는 적어도 지진력을 전달할 수 있도록 설계하여야 한다.

(3) 필요한 경우 기초를 확장하고, 추가되는 철근콘크리트골조의 기둥 주근 및 철골부재는 기초에 충분히 정착되어야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

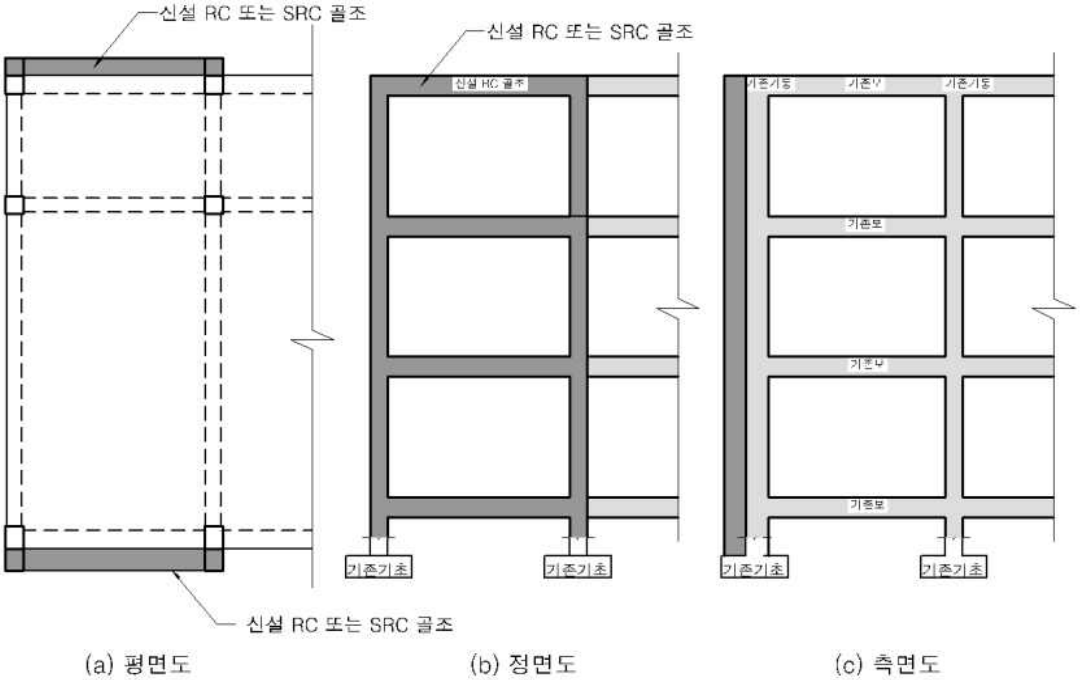
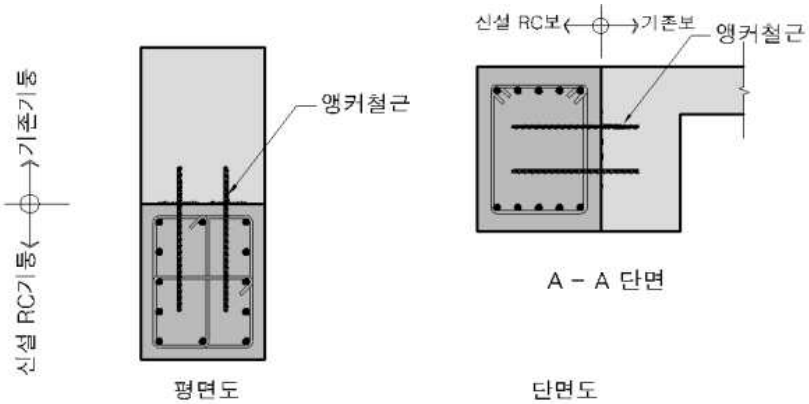
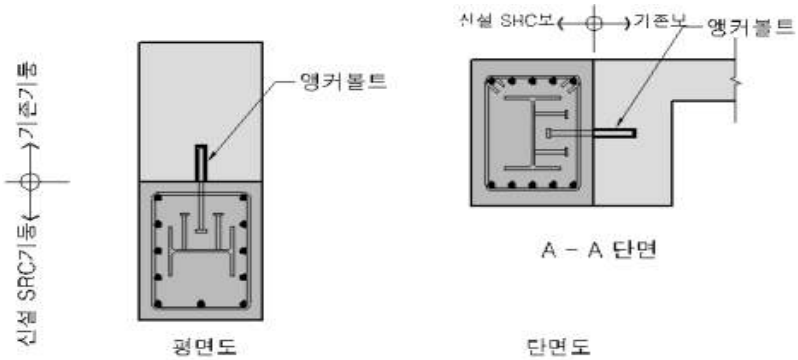



그림 3.5 RC 및 SRC 골조의 증설




(a) RC와 기존 골조와의 접합상세




(b) SRC와 기존 골조와의 접합상세

그림 3.6 기존 골조와의 접합상세

## 3.2.5 철골가새골조 신설

### 3.2.5.1 일반사항

(1) 그림 3.7에서와 같이 독립적으로 또는 기존의 철근콘크리트 골조에 붙여서 철골가새골조를 설치하는 보강공법을 가리킨다.

(2) 보강하는 철골가새의 형태는 X자형이나, V자형 등을 적용할 수 있으며, 가새의 배치는 전단벽에서와 유사하게 평면적, 입면적으로 균형 있게 설치하여야 한다.

(3) 철골가새골조에 요구되는 하중을 저항할 수 있도록 수직재, 수평재, 가새부재, 접합부를 안전하게 설계하여야 한다.

(4) 철골가새골조를 기존 골조에 붙여서 시공하는 경우, 보와 기둥은 합성부재로 설계할 수 있으며, 그에 필요한 연결재로 연결하고 밀착되도록 채움재료를 사용하여야 한다.

(5) 철골가새골조가 기존 골조와 독립적으로 거동하도록 설계 시공되는 경우에는 각층에서 층전단력을 가새골조에 전달할 수 있도록 기존 구조의 수평재와 신설 구조의 수평재사이에 전단연결재로 긴결되어야 한다.

(6) 철골가새골조 하부에는 기초를 신설하여야 하며, 기존 기초를 확장하여 설계할 수 있다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일 보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

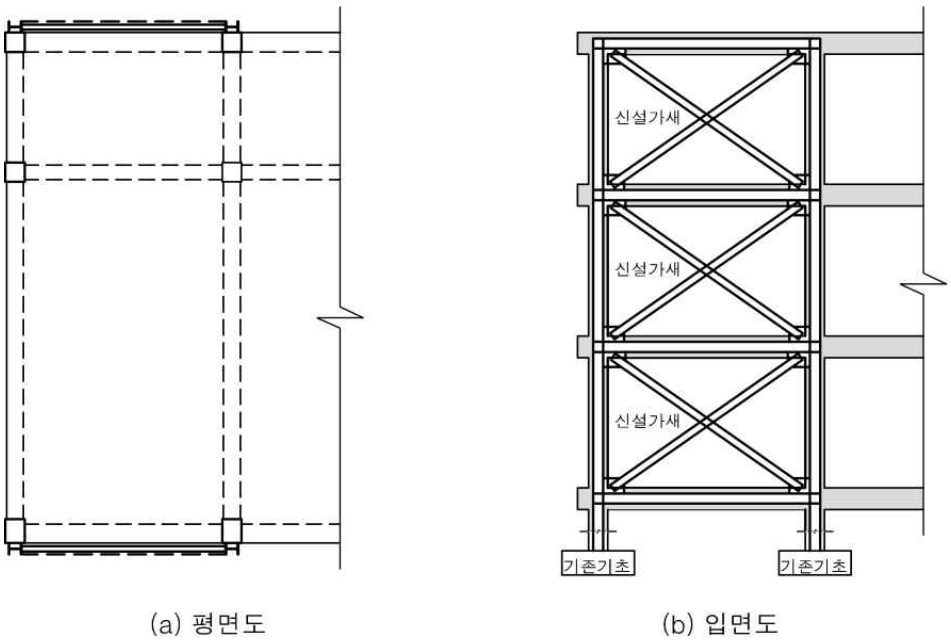



그림 3.7 철골 가새골조 신설

### 3.2.5.2 모델링

(1) 신설골조와 기존골조 사이에 합성작용으로 인한 강성증가 및 하중분담 효과를 반영할 수 있도록 부재 중심축의 위치와 자유도의 종속 관계를 모델링에 반영한다.

(2) 신설골조와 기존골조는 계면에서 수평 또는 수직 전단력을 전달할 수 있도록 적절한 요소를 사용하여 연결한다.

(3) 철골 중심가새골조의 상세한 모델링 파라메터 및 허용기준은 평가요령 제7장에 따른다. 신설골조와 기존골조의 부재를 독립적인 부재로 모델링했을 경우에는 각각의 재료에 대한 평가요령을 따른다.

### 3.2.5.3 철골가새골조의 설계

(1) 보강부의 파괴모드를 확인하고 그에 적합하게 철골부재 상세 및 신구골조 접합부를 설계한다.

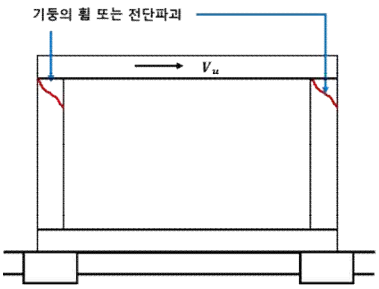
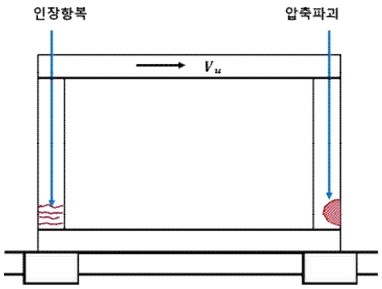
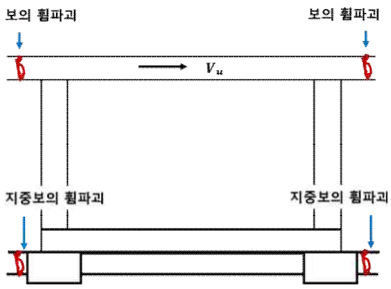
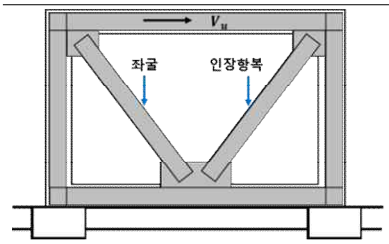
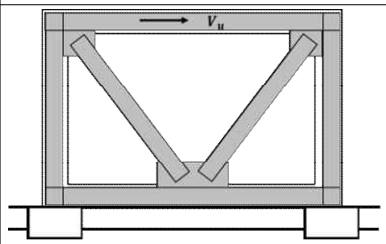
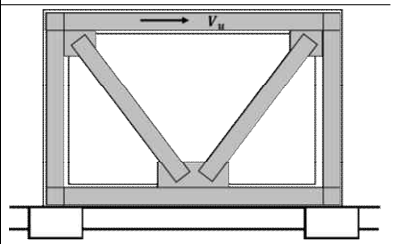
(2) 신설 철골 가새골조의 설계에 관해서 이 요령에서 정하지 않은 사항에 대해서는 건축구조기준에 따른다.

(3) 주각부를 별도로 모델링하지 않은 경우에 작용하중에 대하여 건축구조기준에 따라 설계한다.

[해설]

(1) 철골가새골조 신설 공법으로 보강할 경우 보강부의 파괴모드는 기존골조, 철골보강부 및 신구골조의 접합부 요소의 파괴 양상에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있다. 대표적인 파괴모드 세 가지를 해표 3.1에 나타내었다. 철골가새가 항복 또는 좌굴하는 철골가새 파괴 형식으로 설계 시 가새 부재의 강도 뿐만 아니라 연성까지 활용할 수 있다. 신설골조가 외부에 부착되어 신구골조의 접합부 파괴시 보강효과가 급격히 감소하므로 충분한 전단연결재를 설치하여야 한다.

해표 3.1 구성요소의 파괴양상에 따른 대표적인 파괴모드

| (a) 철골가새 파괴 | (b) 보강된 기존골조 휨파괴 | (c) 기존골조 회전 |
|---|---|---|
| ◆ 기존골조<br>가새 좌굴후 기둥 또는 보의 휨 또는 전단파괴<br>◆ 철골가새<br>가새의 인장항복 또는 좌굴<br>◆ 접합부<br>파괴되지 않음<br>◆ 기초<br>파괴되지 않음 | ◆ 기존골조<br>인장기둥의 인장항복<br>압축기둥의 압축파괴<br>◆ 철골가새<br>파괴되지 않음<br>◆ 접합부<br>파괴되지 않음<br>◆ 기초<br>파괴되지 않음 | ◆ 기존골조<br>보강된 경간 인접 보 휨항복<br>◆ 철골가새<br>파괴되지 않음<br>◆ 접합부<br>파괴되지 않음<br>◆ 기초<br>회전에 의한 지중보 휨파괴 및 기초의 부상 |
|  |  |  |
| 〈보강부 배면〉 | 〈보강부 배면〉 | 〈보강부 배면〉 |
|  |  |  |
| 〈보강부 전면〉 | 〈보강부 전면〉 | 〈보강부 전면〉 |

### 3.2.5.4 신구골조 접합부 설계

(1) 접합부에 전달되는 하중은 역량설계법에 의해 하중을 전달하는 부재의 최대내력에 기초하여 산정한다. 여러 작용력의 조합에 대해서 설계할 때에는 각 힘의 합력이 최대가 되는 부재 내력을 조합하여 사용한다.

(2) 역량설계법에 의해 설계하지 않는 경우에 접합부에 전달되는 하중은 적용된 평가법에서 사용하는 구조해석을 통해서 결정할 수 있다.

(3) 기존골조와 신설골조의 경계부에 설치되는 앵커는 기본적으로 부재 길이방향의 전단력만을 전달하도록 설계하며 그 밖의 하중을 전달하기 위해서는 해당 하중에 저항하는 앵커를 별도로 설치한다. 또는 앵커가 부담하는 하중을 상세해석을 통하여 결정한 뒤 조합력에 대해서 설계한다.

(4) 가새의 좌굴에 의해 발생하는 불균형력의 영향을 접합부 설계에 고려한다.

(5) 보강효과가 신구골조 접합부의 내력에 의해 한정되는 경우에는 7.2.1.2(2)~(4)의 요구조건에 따라 적절한 안전율을 확보하여야 한다.

(6) 가새와 철골프레임을 연결하는 거셋플레이트와 접합상세를 포함하여 신설 철골가새골조의 각부 상세는 건축구조기준에 따라 설계한다.

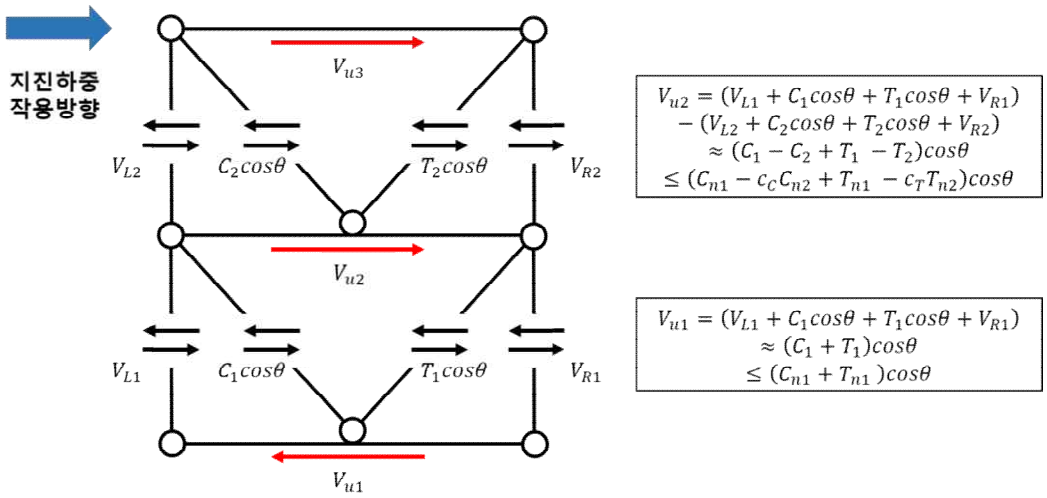
[해설]

(1) 지진하중 작용 시 보 또는 기둥의 신구골조 접합면에 전달되는 수평 및 수직분력은 해그림 3.2와 같이 평가할 수 있다. 여기서 가새 축력의 수평성분은 역량설계법(capacity design method)을 적용하여 인장강도 및 압축강도를 적용한다. 수평부재의 상하에 가새가 있는 경우에 각각의 가새에서 전달되는 하중은 상쇄되는 부분이 있으므로 이를 고려하여 접합부의 작용전단력을 산정한다. 작용 전단력이 최대가 되기 위해서는 상쇠되는 다른 하나의 축력은 잔류강도를 적용한다. 해그림 3.2에서 $c_C$ 및 $c_T$는 각각 압축 및 인장에 대한 잔류강도계수를 의미하며, 평가요령 표 7.5.2의 잔류강도 계수 c를 활용할 수 있다. 또는 안전측으로 0을 적용한다. 접합부 설계하중 산정 시 가새에 작용하는 인장력과 압축력은 각각 인장강도와 압축강도를 적용한다.

(2) 역량설계법에 의해 설계하지 않는 경우에 최대하중은 최대고려지진을 포함하여 안전측으로 결정한다.

(3) 기존골조와 신설골조의 계면을 통해 전달되는 다양한 힘에 대해서 설계하여야 한다. 다만 하나의 앵커가 다양한 성분의 힘에 저항하도록 설계하기 위해서는 상호작용을 고려하여야 한다. 이에 대한 대안으로서 개별 성분의 힘에 저항하는 앵커를 구분하여 각각 설계하는 경우에는 상호작용을 고려하지 않을 수 있다.

(4) 가새의 인장강도와 잔류압축강도의 차이로 인하여 발생하는 불균형력은 수평부재의 비틀림 및 휨변형을 유발할 수 있으므로 앵커접합부 및 신구골조 수평부재 검토에 반영한다. 불균형력이 중력하중과 상쇄될 수 있는 V형 가새가 역V형 가새보다 유리할 수 있다.




해그림 3.2 철골 가새골조 신설 보강의 접합부 설계하중 산정 예

## 3.2.6 철골 끼움골조

(1) 그림 3.8에서와 같이 기존의 철근콘크리트 골조 내부에 철골골조를 설치하는 보강공법을 가리킨다.

(2) 신설된 철골골조는 후설치 앵커를 통해 기존 철근콘크리트골조와 접합시켜 일체로 거동하게 한다.

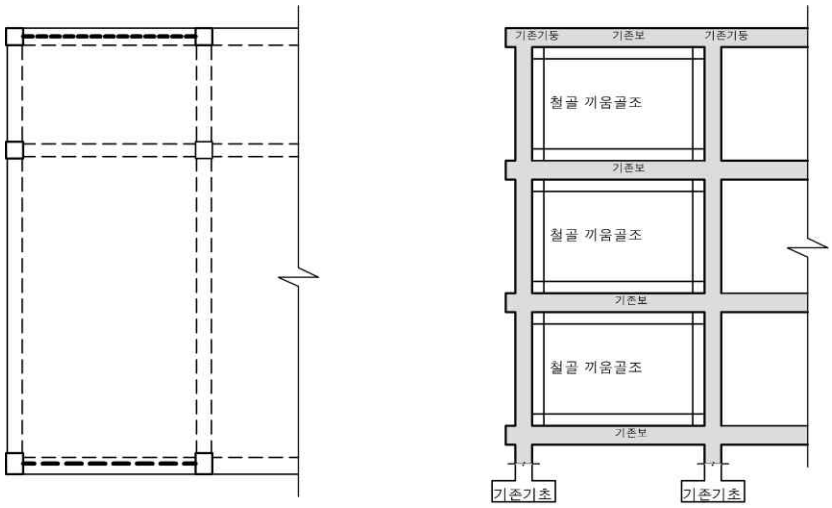
(3) 끼움골조와 기존 콘크리트골조에 발생하는 축력, 휨모멘트, 전단력에 안전하도록 강재부재와 기존 콘크리트부재가 설계되어야 한다. 끼움골조의 스플라이스는 가급적 부재 단부에서 최대한 이격하여 설치한다.

(4) 끼움골조의 힘이 기존 골조에 전달할 수 있도록 연결재로 연결되어야 한다. 기존 부재와 신설 부재가 밀착되도록 충분한 강도를 가진 채움 재료를 사용하여야 한다.

(5) 끼움골조에 의하여 단부기둥에 발생하는 인장력은 기존 기둥에 의하여 저항되어야 하며, 보-기둥 접합부 영역과 주각부에서 기둥을 보강하지 않는 한, 끼움골조의 수직재의 기여는 무시되어야 한다. 따라서 보-기둥 접합부 영역과 주각부에서 단부기둥에 별도의 보강이 없는 경우에는 단부 기둥의 인장강도는 단부 기둥의 수직철근강도에 의하여 제한되어야 한다.

(6) 끼움골조의 전도모멘트를 저항하기 위하여 기초의 안전성이 검토되어야 한다. 필요한 경우 기초를 확장하거나 인근 기초와 연결하여 전도모멘트를 저항하여야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

(7) (3) ~ (6)을 만족하지 않거나 명확한 해석과 설계방법을 제시하지 않는 공법은 특수공법으로 분류한다.




(a) 평면도 (b) 입면도

그림 3.8 철골 끼움골조 신설

[해설]

(2) 철근콘크리트 골조 내부에 설치되는 H형강과 콘크리트의 접합방법은 해그림 3.4, 해그림 3.5와 유사하게 직접접합방법과 간접접합방식이 있을 수 있다. 강재단면과 RC 단면 사이의 계면전단력은 강재앵커에 의해서만 전달되는 것으로 가정하며 연결부 설계는 이 요령의 7장 기존부재-보강재 연결부에 따른다.

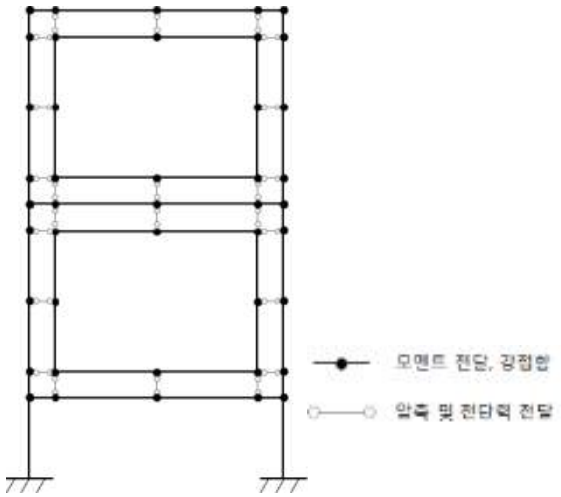
(3) 기존 골조 부재에 앵커를 시공하는 경우 일반적으로 콘크리트 속에 묻혀 있는 철근과 간섭이 발생하여 앵커 시공시 앵커의 위치가 철근의 위치에 따라 보정되어야 한다. 직접접합방법은 철골부재와의 접합성을 고려할 때 시공성이 떨어질 것으로 예상된다. 따라서 직접접합에 대한 설계는 충분한 안전율이 확보되어야 하며, 시공시 철저한 품질관리가 요구된다. 간접접합의 상세는 7.6 기존 콘크리트와 신설 철골조의 간접접합을 참고한다.

(5) 요구사항을 만족하기 위한 구조해석모델로서 해그림 3.3을 사용할 수 있다. 모델의 특징은 다음과 같다.

① 보-기둥접합부에서 인장력은 기존골조의 기둥에 의해서만 연결된다.

② 끼움부재와 기존골조를 연결하는 연결재는 압축력과 전단력만을 전달한다.

③ 선행해석 및 비선형해석에 모두 사용할 수 있다.



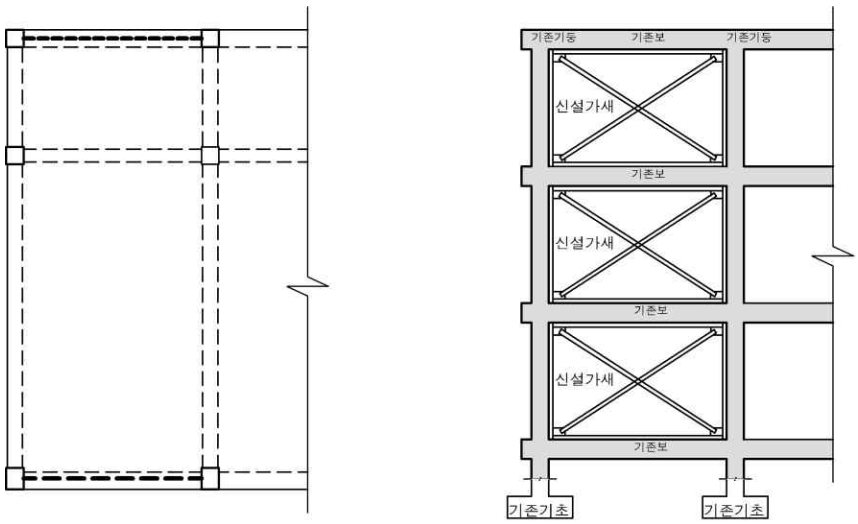

해그림 3.3 끼움골조의 해석모델 예(기존골조에 연결하여 해석)

(6) 기초내력이 부족한 경우, 기초를 보강하거나 골조의 내력을 제한하여야 한다.
(7) 특수공법으로 분류되는 경우에는 이 요령의 9장을 따라야 한다.

## 3.2.7 철골 끼움가새

### 3.2.7.1 일반사항

(1) 그림 3.9에서와 같이 기존의 철근콘크리트 골조 내부에 철골가새를 설치하는 보강공법이다.
(2) 보강하는 철골가새의 형태는 X자형이나, V자형 등을 적용할 수 있으며, 가새의 배치는 전단벽에서와 유사하게 평면적, 입면적으로 균형 있게 설치하여야 한다.
(3) 철골가새에 전달되는 인장력과 압축력에 안전하도록 가새와 접합부가 설계되어야 한다.
(4) 철골가새의 인장력과 압축력을 기존 골조에 전달할 수 있도록 기존 부재와 끼움철골부재가 일체화 되도록 연결재로 연결되어야 한다. 기존 부재와 신설 부재가 밀착되도록 충분한 강도를 가진 채움 재료를 사용하여야 한다.
(5) 철골가새에 의하여 단부기둥에 발생하는 인장력은 기존 기둥에 의하여 저항되어야 하며, 보-기둥 접합부 영역과 주각부에서 기둥을 보강하지 않는 한, 끼움철골조의 수직재의 기여는 무시되어야 한다. 따라서 보-기둥 접합부 영역과 주각부에서 단부기둥에 별도의 보강이 없는 경우에는 단부 기둥의 인장강도는 단부 기둥의 수직철근강도에 의하여 제한되어야 한다.
(6) 끼움가새골조의 전도모멘트를 저항하기 위하여 기초의 안전성이 검토되어야 한다. 필요한 경우 기초를 확장하거나 인근 기초와 연결하여 전도모멘트를 저항하여야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.
(7) (3) ~ (6)을 만족하지 않거나 명확한 해석과 설계방법을 제시하지 않는 공법은 특수공법으로 분류한다.




(a) 평면도 (b) 입면도

그림 3.9 철골 끼움가새 신설

[해설]

(3) 철골가새가 지진력을 부담하는 과정에서 지진력을 전달해 주는 철근콘크리트의 주변 부재가 탄성상태로 유지되어야 하므로 구조해석 시 이 점을 반드시 확인하여야 하며 부재 설계 시 다음사항에 주의 하여야 한다.

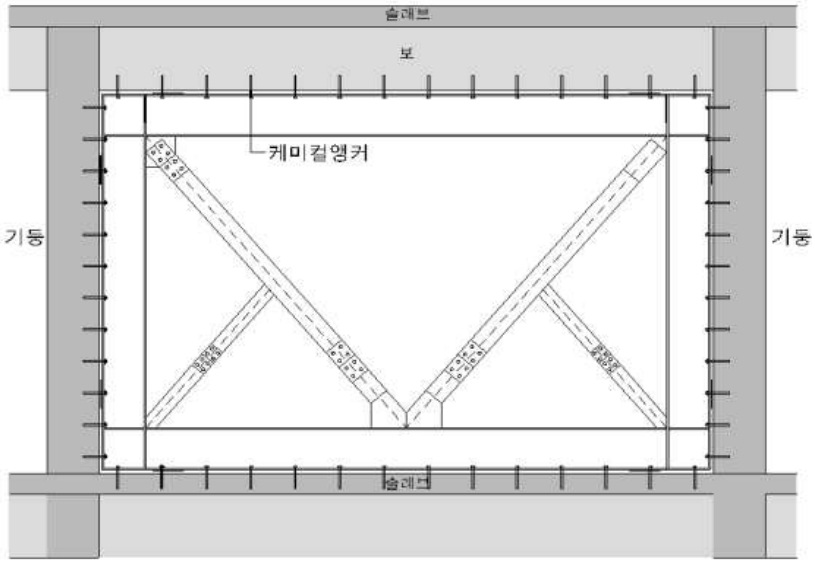
① 가새는 국부좌굴 및 휨좌굴에 의해 조기에 강도 저하가 발생하지 않고 충분한 강도와 에너지 소산능력을 발휘할 수 있도록 한다.

② 가새를 통한 보강에 있어 가새와 기둥면 간 접합부와 가새와 보 간 접합부를 유의하여야 하고, 보 웨브 국부좌굴, 보 웨브 크리핑 등을 고려하여야 한다.

③ 가새 단부는 볼트나 용접을 통해 거셋플레이트에 접합한다. 이 때, 거셋플레이트의 항복, 거셋플레이트의 단면파단, 거셋플레이트의 블럭전단파단, 거셋플레이트의 좌굴 등을 검토하여야 한다.

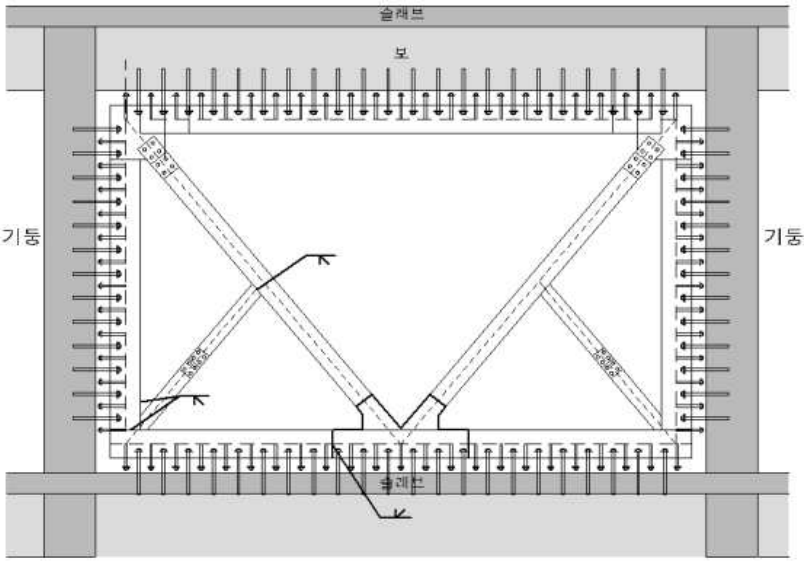
(4) 직접접합방법은 해그림 3.4와 같고, 간접접합방식은 해그림 3.5와 같다. 기존 골조 부재에 앵커를 시공하는 경우 일반적으로 콘크리트 속에 묻혀 있는 철근과 간섭이 발생하기 때문에 앵커 시공시 앵커의 위치가 철근의 위치에 따라 보정이 되어야 한다. 이 때 직접접합방법은 철골부재와의 접합성을 고려할 때 시공성이 떨어질 것으로 예상된다. 따라서 접합방법은 책임구조기술자의 판단에 따라 정하는 것이 바람직하다. 간접접합부의 설계는 이 요령의 7.6에 따른다.

(6) 철골가새로 보강할 경우 전단벽보강과 마찬가지로 지진력이 보강한 철골가새에 집중하게 되므로 기존 기초에 필요한 지지력이 증가할 것으로 예상되기 때문에 기초 검토를 반드시 수행하여야 한다.




* 거셋플레이트 등의 접합부 상세는 6.8을 따른다.

해그림 3.4 직접접합을 이용한 철골보강공법의 예




* 거셋플레이트 등의 접합부 상세는 6.8을 따른다.

해그림 3.5 간접접합을 이용한 철골보강공법의 예

### 3.2.7.2 모델링

(1) 3.2.7.1(5)에 따라 신설 철골끼움가새골조 기둥의 기여도를 무시하여야 하는 경우에는 구조해석 모델에 가새 부재만을 포함한다.

(2) 가새의 축력은 평가요령에 따라 변형지배 거동으로 모델링하되 신뢰할 수 있는 거동을 보장하기 위해 신구골조의 접합부 파괴가 선행하지 않도록 앵커를 설계하여야 한다.

(3) 신구 골조의 접합부 파괴가 선행하는 끼움 철골가새는 힘지배 거동으로 모델링한다.

(4) 변형지배로 모델링하는 철골 가새의 상세한 모델링 파라메터 및 허용기준은 평가요령 제7장에 따른다.

### 3.2.7.3 철골 끼움가새의 설계

(1) 보강부의 파괴모드를 확인하고 그에 적합하게 철골부재 상세 및 신구골조 접합부를 설계한다.

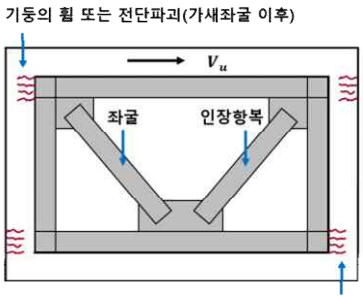
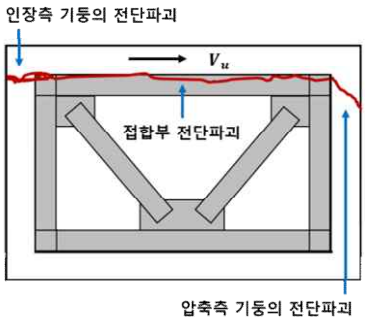
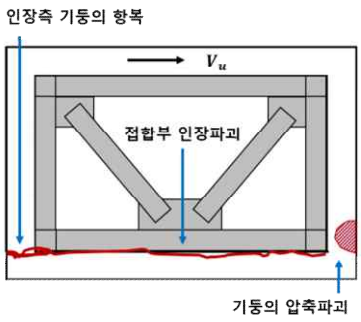
(2) 신설 철골 끼움가새의 설계는 건축구조기준에 따른다.

(3) 가새와 철골 프레임을 연결하는 거셋플레이트와 접합상세를 포함하여 신설 철골가새골조의 각부 상세는 건축구조기준에 따라 설계한다.

[해설]

(1) 철골 끼움가새 신설 공법으로 보강할 경우 보강부의 파괴모드는 기존골조, 철골보강부 및 신구골조의 접합부 요소의 파괴 양상에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있다. 대표적인 파괴모드 3가지를 해표 3.2에 나타내었으며, 그 밖의 파괴모드가 발생할 수 있다. 철골가새의 인장력과 압축력을 기존 골조에 전달할 수 있는 철골가새 파괴모드로 설계하는 것이 가장 바람직하며 신구골조의 접합면이 파괴되지 않도록 충분한 전단연결재를 설치하여야 한다. 신구골조 접합면파괴나 휨파괴형은 연성적 거동을 기대하기 힘들므로 유의하여야 한다.

해표 3.2 구성요소의 파괴양상에 따른 대표적인 파괴모드

| (a) 철골가새 파괴 | (b) 신구골조 접합면파괴 | (c) 휨파괴 |
|---|---|---|
| ◆ 기존골조<br>가새 좌굴후 기둥 또는 보의 의 휨 또는 전단파괴<br>◆ 철골가새<br>가새의 인장항복 또는 좌굴<br>◆ 접합부<br>파괴되지 않음 | ◆ 기존골조<br>기둥 또는 보의 전단파괴<br>◆ 철골가새<br>좌굴 또는 항복하지 않음<br>◆ 접합부<br>전단파괴 (미끄럼파괴) | ◆ 기존골조<br>인장측 기둥의 항복<br>압축측 기둥의 압괴<br>◆ 철골가새<br>좌굴 또는 항복하지 않음<br>◆ 접합부<br>인장파괴 |
|  |  |  |

## 3.2.7.4 신구골조 접합부 설계

(1) 접합부에 전달되는 하중은 역량설계법에 의해 하중을 전달하는 부재의 최대내력에 기초하여 산정한다. 설계에 적용하는 가새의 축력은 인장강도와 좌굴을 고려한 압축강도를 적용한다.

(2) (1)에 따르는 대신에 적용된 평가법에서 사용하는 구조해석을 통해서 접합부에 전달되는 하중을 결정할 수 있다.

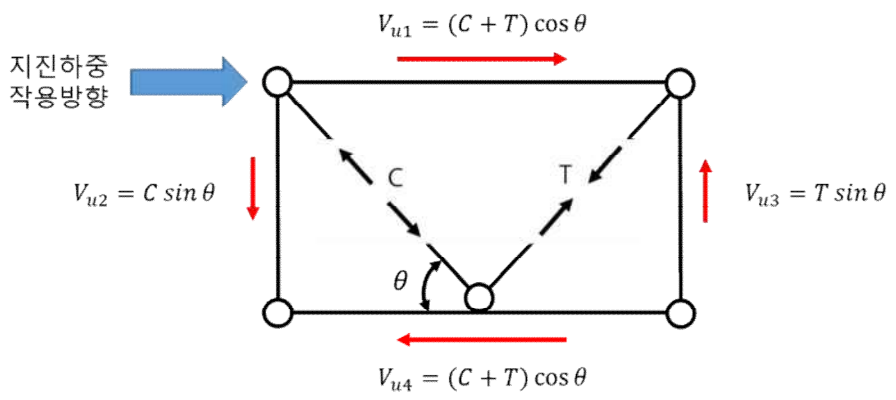
(3) 가새 축력의 수평 및 수직성분은 각각 수평 및 수직부재 신구접합부에 설치된 앵커의 전단강도가 모두 부담하도록 설계하며 그 밖의 하중을 전달하기 위해서는 해당 하중에 저항하는 앵커를 별도로 설치한다. 또는 앵커가 부담하는 하중을 상세해석을 통하여 결정한 뒤 조합력에 대해서 설계한다.

(4) 보강효과가 신구골조 접합부의 내력에 의해 한정되는 경우에는 7.2.1.2(3)의 요구조건에 따라 보강효과의 적정성을 확인하여야 한다.

[해설]

(1) 지진하중 작용 시 보 또는 기둥의 신구골조 접합면에 전달되는 수평 및 수직분력은 해 그림 3.6과 같이 평가할 수 있다. 여기서 가새 축력의 수평성분은 역량설계법(capacity design method)을 적용하여 인장강도 및 압축강도를 적용한다. 인장강도와 잔류압축강도의 차이로 인하여 발생하는 불균형력을 앵커 및 신구골조 수평부재 검토 시 반영한다.

(2) 역량설계법에 의해 설계하지 않는 경우에 최대하중은 최대고려지진을 포함하여 안전측으로 결정한다.




해그림 3.6 철골 끼움가새 신설 보강의 접합부 설계하중 산정 예

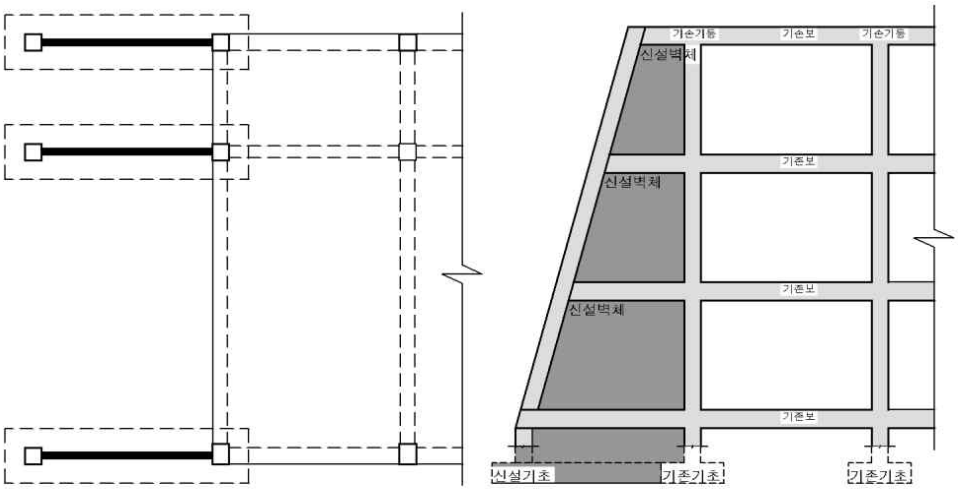
## 3.2.8 부축벽 신설

그림 3.10에서와 같이 공간 기능상의 제약으로 철근콘크리트 골조 내부에 전단벽 또는 가새 설치가 불가능한 경우, 건물 외측에 부축벽을 신설하여 내진성능을 향상시키는 방법이다.

(1) 외부에 설치되는 계단이나 승강기를 설치하기 위해 활용할 수 있으며, 수평증축을 위한 확장부 벽체로도 활용할 수 있다. 기존 격막(슬래브)으로부터 횡력이 전달될 수 있도록 충분한 수집재(collector)를 설치하여야 한다.

(2) 부축벽과 기존 구체가 연결되는 부위의 부재에 대하여 내력을 검토하여 필요시 강도와 연성도를 향상시켜야 한다.

(3) 건물 외부에 새로 설치되는 부축벽을 따라 새로운 기초를 설치하여야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.




(a) 평면도 (b) 입면도

그림 3.10 부축벽 설치 공법

## 3.2.9 강판 채움벽 신설

(1) 그림 3.11에서와 같이 모멘트골조내에 강판 채움벽을 신설하는 공법을 가리킨다. 강도 및 강성을 증가시키면서 벽체의 폭을 감소시키고 건식공법을 사용하여야 할 경우, 강판채움벽을 사용할 수 있다.

(2) 강판 채움벽은 전단력만을 전달하도록 구조해석되고 설계되어야 한다.

(3) 강판의 국부좌굴을 고려하지 않는 경우에는 강판은 전단에 의한 대각 인장력과 압축력을 전달하도록 설계될 수 있다. 이 경우에는 강판의 국부좌굴을 억제하도록 충분한 보강재를 격자형으로 설치한다.

(4) 강판의 국부좌굴을 허용하는 경우에는 강도 계산시 인장역 하중(tension-field action)을 고려하여 강판의 대각인장내력만을 고려하여야 하며, 구조해석에서 대각 인장가새로 고려해야 한다.

(5) 강판벽의 전단강도 (또는 대각 인장강도)를 기존 구조에 전달할 수 있도록 강판경계부를 연결재로 연결해야 하며, 기존 부재와 밀착 시공되도록 충분한 강도의 채움재료를 사용하여야 한다.

(6) 단부 기둥과 강판 채움벽을 포함하는 합성벽체의 휨모멘트에 의한 인장력은 단부기둥의 수직철근에 의하여 저항되어야 한다. 따라서, 단부 기둥에 별도의 보강이 없는 경우에는 합성벽체의 휨모멘트는 단부기둥의 수직철근강도에 의하여 제한되어야 한다.

(7) 벽체의 휨모멘트강도를 증가시키기 위해서는 단부 기둥의 철근이 상하층으로 기초까지 연속되도록 보강되어야 한다.

(8) 벽체의 휨모멘트를 저항하기 위하여 기초의 안전성이 검토되어야 한다. 필요한 경우 기초를 확장하거나 인근기초와 연결하여 휨모멘트를 저항해야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

(9) (2) ~ (8)을 만족하지 않거나 명확한 해석과 설계방법을 제시하지 않는 공법은 특수공법으로 분류하고 9장에 따른다.

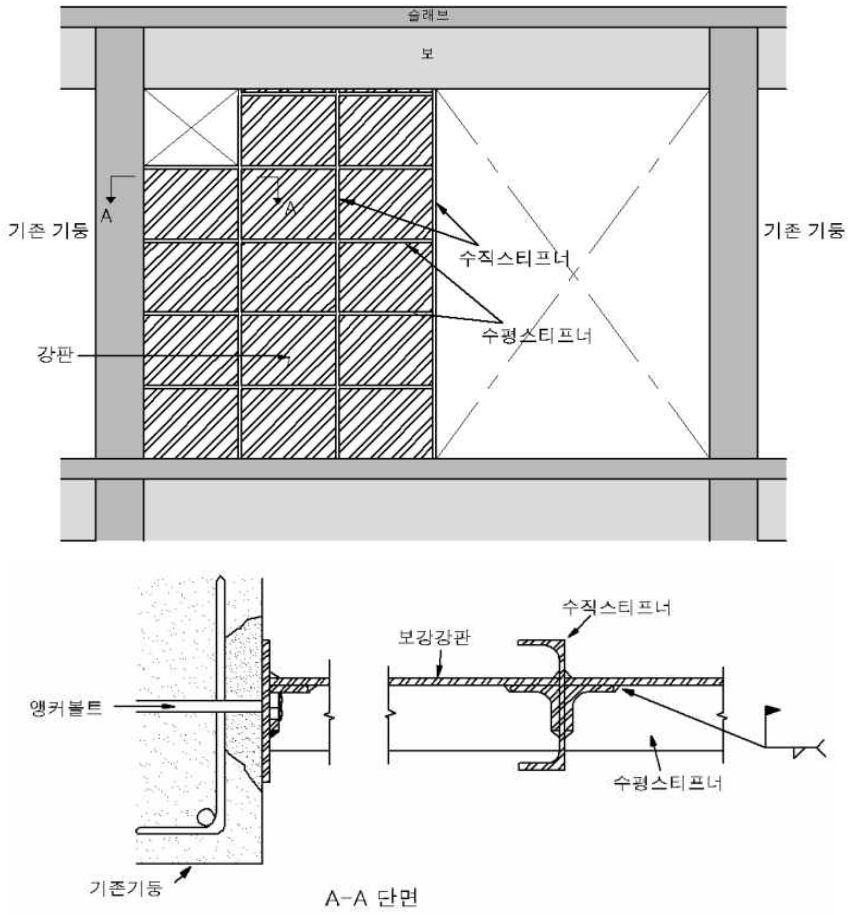



그림 3.11 강판 채움벽 신설

## 3.2.10 기둥과 내력벽 신설

(1) 그림 3.12에서와 같이 기둥과 내력벽을 신설하여 내진성능을 향상시키는 방법이다.

(2) 기존 구조물이 중력하중에 대한 저항력이 부족하거나 수직부재에 지나치게 큰 인발하중이 작용하는 경우 기둥과 내력벽을 설치하여 내진성능을 향상시킨다.

(3) 새로 설치된 수직부재와 기존의 부재가 접하는 부분에서 기존 부재에 대한 내력을 검토하고 필요시 강도와 연성도를 향상시킨다.

(4) 새로 설치된 기둥과 내력벽을 따라 새로운 기초를 설치하여야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

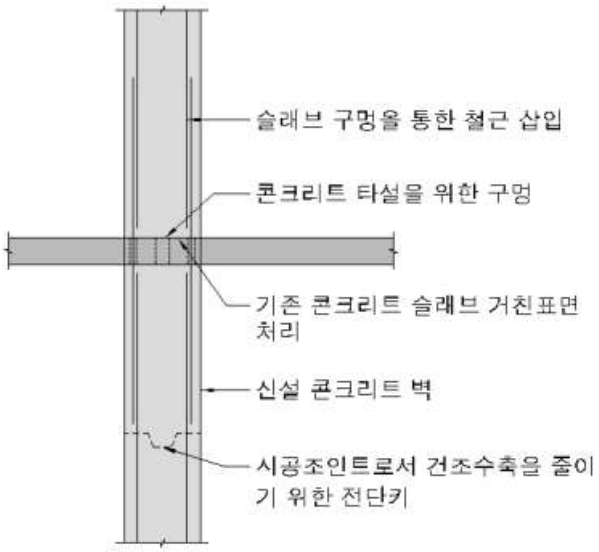



그림 3.12 기둥과 내력벽 신설

## 3.2.11 충전벽 증설

(1) 그림 3.13에서와 같이 벽체의 개구부를 충전시키는 공법을 가리킨다. 개구부를 철근콘크리트로 충전함으로써 내진성능을 향상시킨다.

(2) 설계방법과 기존 부재와의 연결은 3.2.1 또는 3.2.2에 따른다.

(3) 충전벽 증설후 변화한 부재력에 대해 기초의 안전성이 검토되어야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

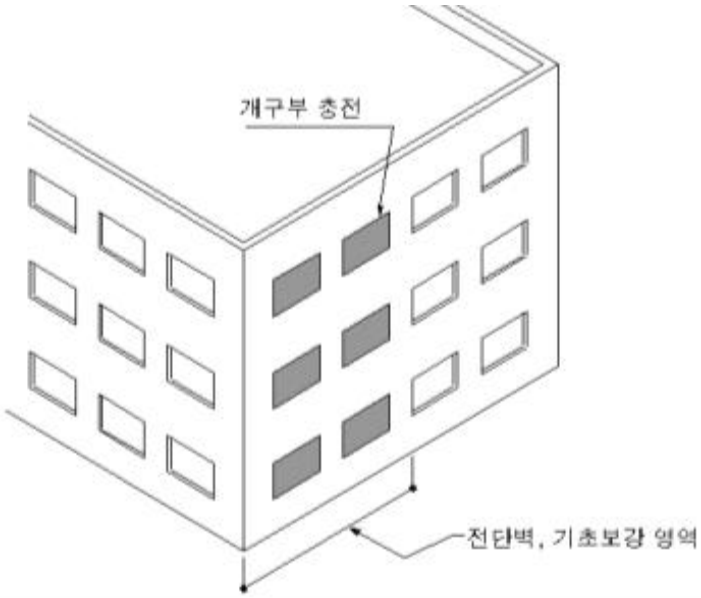



그림 3.13 개구부 충전을 통한 내진보강

## 3.2.12 프리캐스트 콘크리트벽 신설

(1) 그림 3.14에서와 같이 기존 골조의 내,외부에 프리개스트 콘크리트 벽체를 추가하는 공법을 가리킨다. 전단벽을 현장 타설하는 대신에 프리캐스트 전단벽을 설치하여 내진성능을 향상시키는 방법이다.

(2) 프리개스트 콘크리트 벽체의 형상과 크기에 따라 설계 및 시공방법이 달라질 수 있으며, 현장 타설작업을 최소화할 수 있으므로 공기를 줄일 수 있다.

(3) 그림 3.15에서와 같이 전단벽체의 신설에서와 유사하게 기존 골조와 프리캐스트 벽체가 일체로 거동할 수 있도록 연결재와 채움재료를 사용하여 긴결해야 한다.

(4) 기초 확장 및 기초연결공법을 사용하여 기초를 보강하여야 한다. 기초에 인발력이 생기는 경우 인발파일이 필요하나 경제성과 시공성을 고려하여 가급적 인발파일보강을 사용하지 않는 보강안을 우선 검토한다.

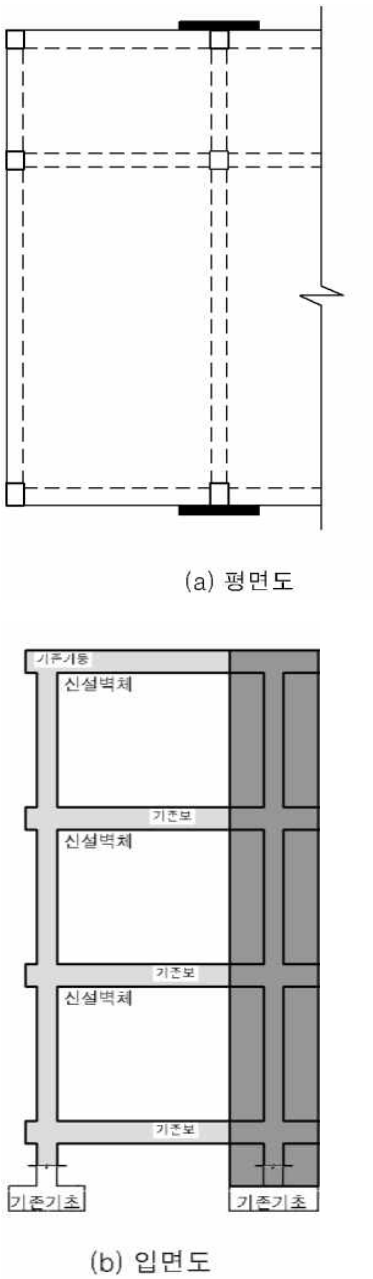



그림 3.14 프리캐스트 콘크리트벽 증설의 예

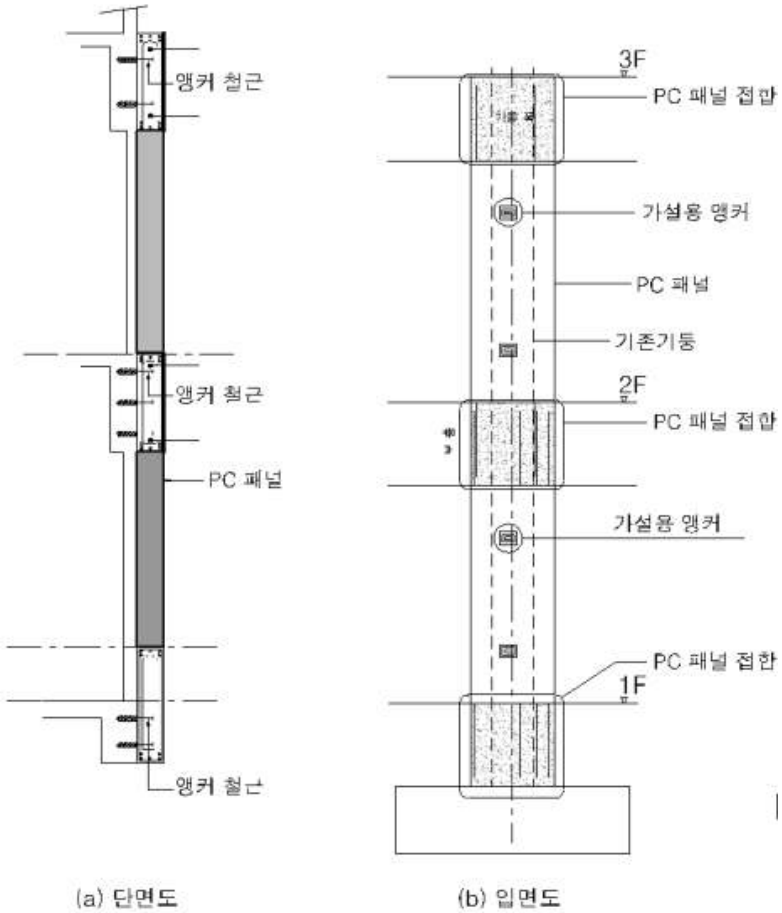



그림 3.15 프리캐스트 콘크리트벽의 연결상세 예

# 3.3 강구조 및 합성구조

## 3.3.1 가새 신설

가새추가는 횡력에 저항하기에 충분하지 않거나 허용층간변위를 만족시키지 못하는 모멘트골조에 가새를 추가하여 가새골조로 전환하는 방안이다. 일반적으로 철골 중심가새골조로 전환하며, 대각가새골조, X형 가새골조, V형 및 역V형 등의 형상들을 고려한다. 가새를 활용한 보강을 통해 내진성능을 향상시킬 경우, 가새골조를 형성하는 가새, 보, 기둥, 거셋플레이트, 접합부를 검토하고, 기초구조도 반드시 검토하여야 한다. X형 가새골조의 경우 가새의 교차점의 상세를 반영하여 모델링하여야 한다.

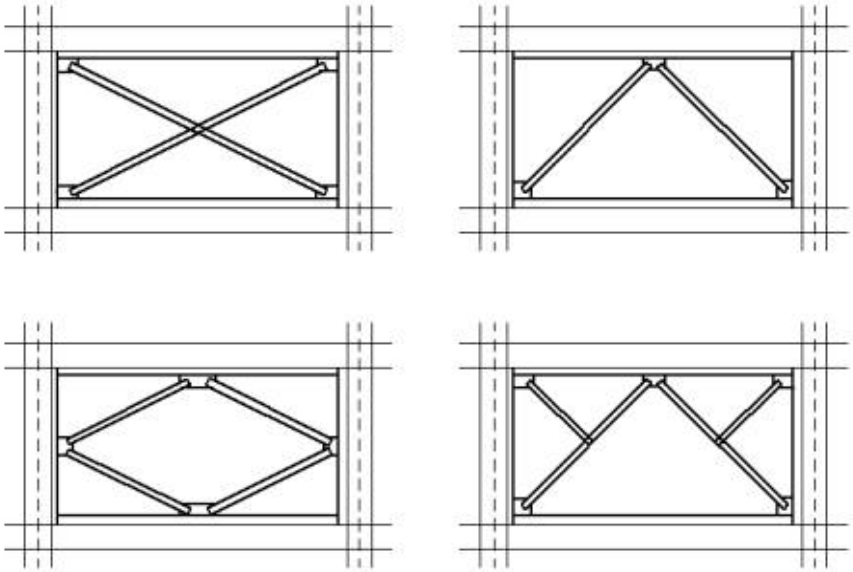
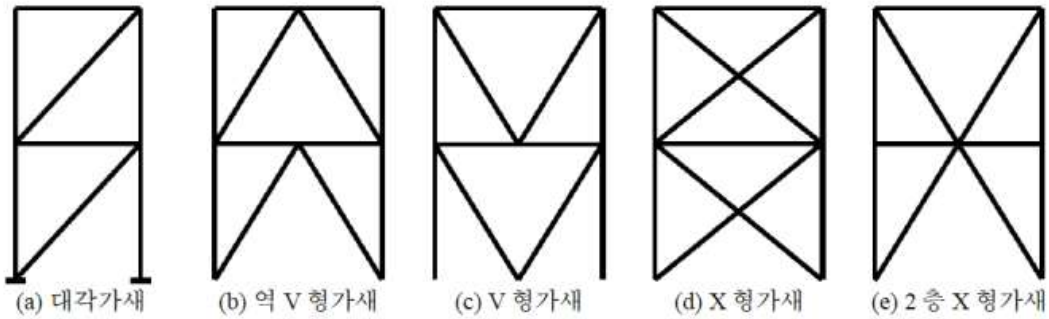


그림 3.16 중심가새 골조의 유형

[해설]

(1) 가새를 통한 보강은 구조물의 강성 및 강도를 증가시켜서 내진성능을 향상시키거나 또는 가새의 인장항복과 비탄성좌굴을 통한 에너지 소산에 의해 내진성능을 향상시키는 용도로 활용될 수 있다.

(2) 대표적인 철골중심가새골조 형상은 해그림 3.7과 같다.




해그림 3.7 대표적인 철골중심가새골조 형상

가새추가 통한 내진보강설계시 고려사항은 아래와 같다.

(1) 가새 추가는 강성을 증가시키므로, 보강된 구조물을 증가된 횡력과 전도모멘트에 대해 평가하여야 한다.

(2) 기존 구조물의 재료와 강도에 대한 충분한 정보를 통해 기존 부재와 신설 부재간의 상호작용이 예상대로 이루어지도록 하여야 한다.

(3) 가새는 기존 부재, 접합부, 기초의 강도를 사용할 수 있도록 가능한 기존 모멘트골조 경간에 설치한다.

(4) 가새는 항복 후 조기에 좌굴이나 파단이 발생하지 않도록 단면을 선택한다.

(5) 가새의 설계는 건축구조기준의 제7장 강구조내진설계의 요구사항에 따른다.

(6) 거셋플레이트를 사용하여 가새를 골조 부재에 접합한다. 이 때, 가새와 기둥면 간 접합부와 가새와 보 간 접합부를 유의하여야 한다.

(7) 특수중심가새골조에서 면외좌굴 후 가새 성능을 고려할 경우, 안정적인 좌굴후거동을 확보하기 위하여 거셋플레이트가 구속없는 소성회전을 발현하도록 한다. 이를 위한 거셋플레이트 상세는 건축구조기준의 강구조내진설계에 따른다.

(8) 접합부 설계에서 거셋플레이트의 항복, 단면파단, 블럭전단파단, 좌굴 등을 검토하여야 한다. 부가적으로, 보 웨브 국부좌굴, 보 웨브 크리플핑 등을 고려하여야 한다.

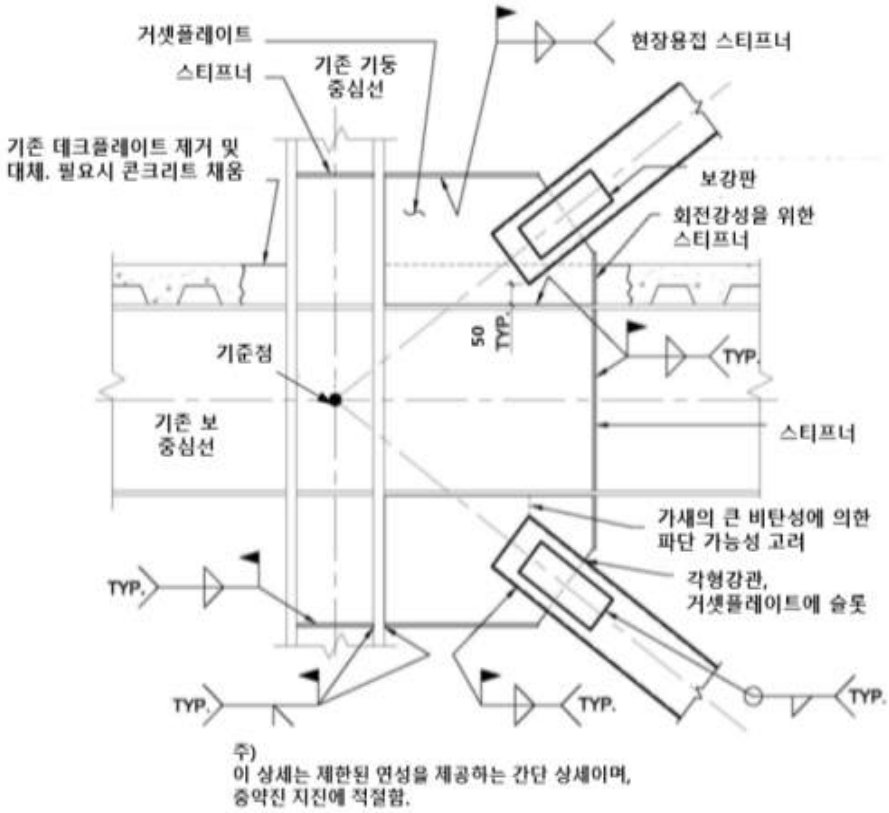
(9) 접합부의 소요 인장강도는 가새가 발현할 수 있는 최대 인장강도를 기준으로 산정한다. 여기서 재료의 기대항복강도를 적용한다.

(10) 접합부의 소요압축강도는 가새가 전달하는 최대 압축강도를 기준으로 산정한다. 여기서 재료의 기대항복강도를 적용하며, 압축강도초과계수인 1.1을 도입할 수 있다.

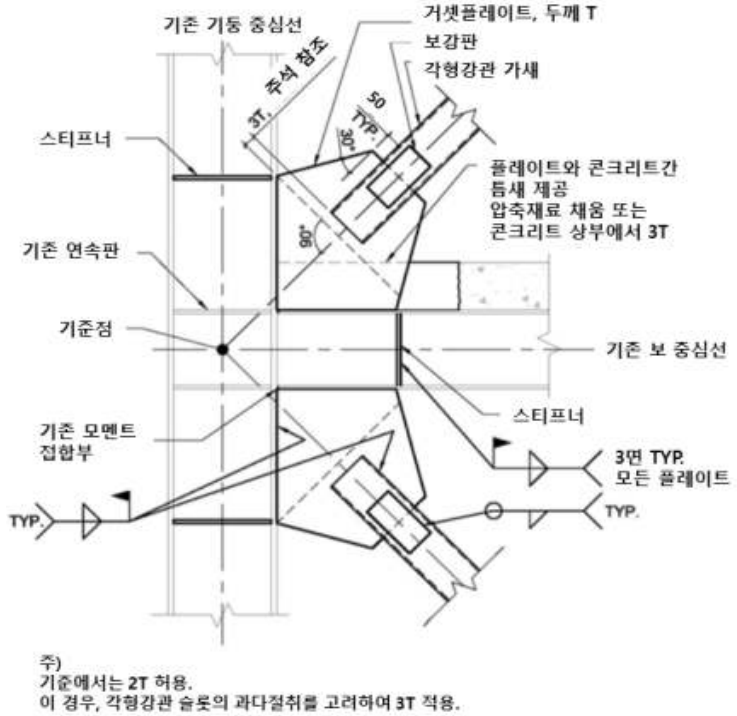
[해설]

(5) 쌍ㄱ형강, 쌍각형강관, 쌍ㄷ형강과 같은 조립부재를 특수중심가새골조 가새로 사용할 경우, 보다 엄격한 기준을 적용한다. 건축구조기준의 강구조내진설계의 상세를 참고한다.

(6) 해그림 3.8은 기존 보-기둥 접합부에 각형강관 가새를 추가한 간단상세를 가진 보통 중심가새골조 사례이다. 기존 보-기둥 접합부에 각형강관 가새를 추가한 특수 중심가새골조 사례는 해그림 3.9와 같다.




해그림 3.8 기존 보-기둥 접합부에 각형강관 가새를 추가한 보통 중심가새골조 사례




해그림 3.9 기존 보-기둥 접합부에 각형강관 가새를 추가한 특수중심가새골조 사례

## 3.3.2 철골 끼움골조 신설

(1) 그림 3.17에서와 같이 기존 철골골조의 면내에 공장에서 제작된 일체형의 철골프레임을 현장용접과 고력볼트로 접합하는 보강방법을 말한다.

(2) 추가되는 내진골조에 전달되는 수평력을 지지하기 위한 접합부를 검토하여야 한다.

(3) 추가되는 골조의 보와 기둥에는 국부변형이 생기지 않도록 스티프너 등으로 보강하고, 시공시 모재에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다.

(4) 신설된 골조의 양측의 기존 기둥에 축력이 증가되므로 기초를 포함한 하부구조에 대해 검토하여야 한다.

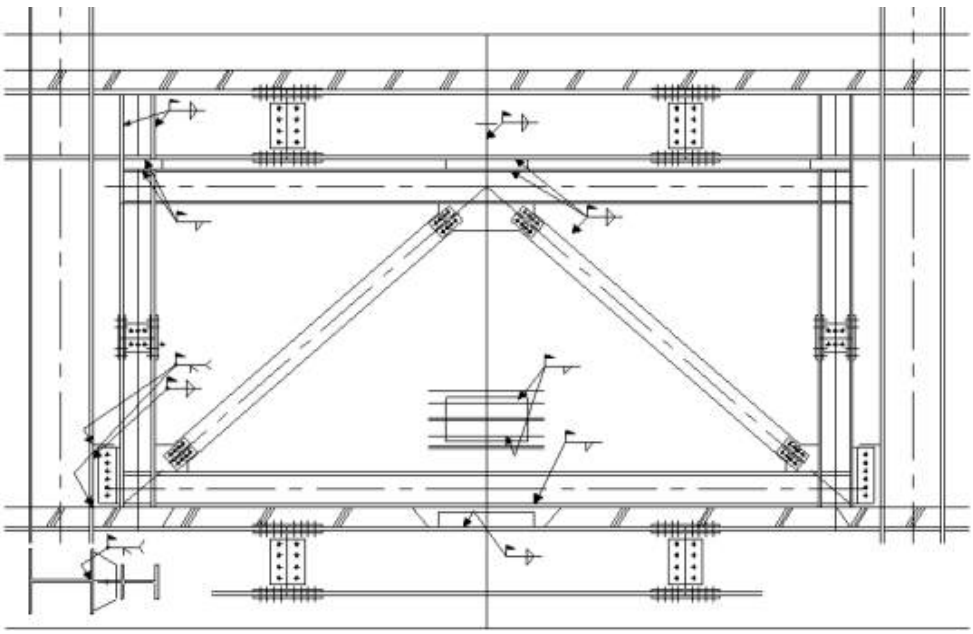


그림 3.17 철골 끼움골조의 신설

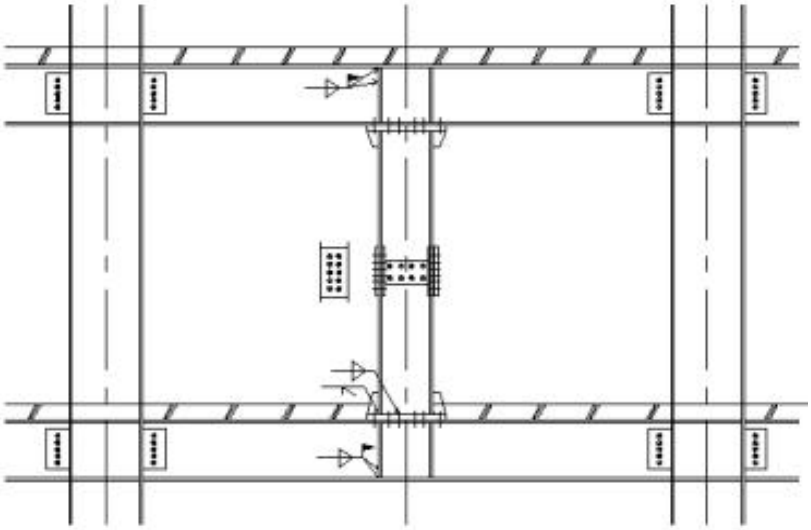
## 3.3.3 강재 기둥 신설

(1) 그림 3.18에서와 같이 기존 철골조 내부에 강재기둥을 설치하여 골조의 강성을 증가시켜주는 방안이다.

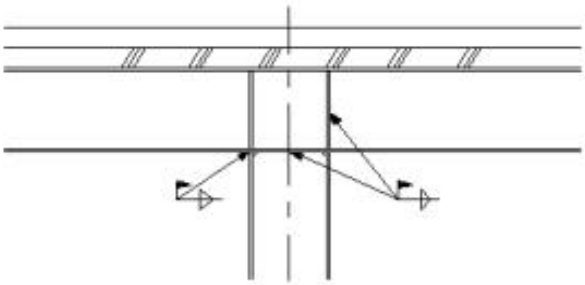
(2) 기둥의 하부면은 슬래브를 파취하여 보에 직접 연결하여야 하며, 기둥의 상, 하부는 기둥과 보가 모멘트접합이 되도록 설계한다.

(3) 기존 보에 보강 리브와 스티프너 등을 설치하여 국부변형을 방지하고, 시공 시에도 모재가 손상되지 않도록 한다.

(4) 보의 전단스팬이 작은 경우에는 전단내력의 확보에도 유의한다.



(a)고력볼트에 의한 접합



(b) 용접에 의한 접합

그림 3.18 강재 기둥 신설

[해설]

(1) 그림 3.18(a)는 추가되는 기둥을 기존 보와 고력볼트로 접합한 예이다. 반면에, 용접에 대하여 충분한 품질관리를 확보할 경우에는 그림 3.18(b)와 같이 추가되는 기둥을 직접 기존 보에 용접할 수 있다.

## 3.3.4 채움벽 신설

(1) 채움벽 신설은 그림 3.19 및 그림 3.20에서와 같이 기존 철골골조 내부에 철근콘크리트 또는 조적에 의해 내부를 채워 보강하는 방법을 가리킨다.

(2) 채움벽과 철골골조의 합성효과에 따라 강도 및 강성의 차이가 매우 크므로 철골골조와 채움벽의 접합상태에 따른 접합부에 대한 적절한 평가를 한 후 적용하여야 한다.

(3) 콘크리트 채움벽의 경우, 전단연결재와 벽체철근 사이에 충분한 정착길이가 확보되지 않는 한, 콘크리트 채움벽의 휨모멘트 저항력은 무시되어야 하며, 이러한 경우에는 채움벽은 전단력만 전달하도록 설계되어야 한다.

(4) 조적 채움벽의 경우에는 대각 압축력에 의한 전단력만 전달되도록 설계되어야 하며, 조적벽이 전도되지 않도록 조치되어야 한다.

(5) 기초의 안전성이 검토되어야 하며, 기초확장 또는 기초연결 공법을 사용하여 보강되어야 한다.

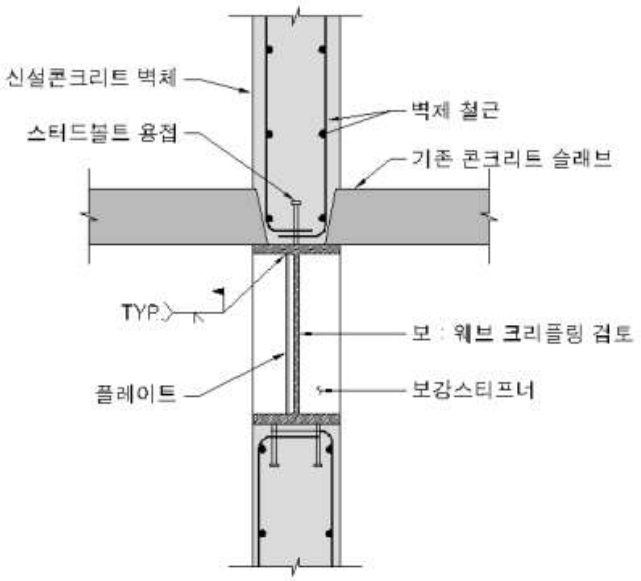



그림 3.19 채움벽 신설 콘크리트 전단벽의 보-벽체 접합부 상세

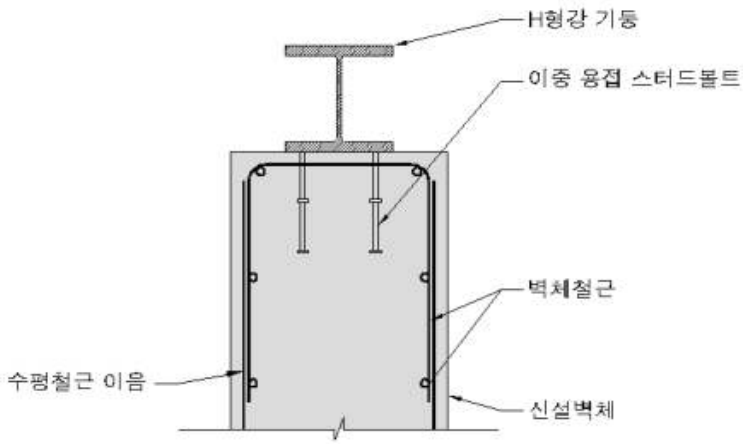



그림 3.20 채움벽 콘크리트 전단벽의 기둥-벽체 접합부 상세

# 제 4 장 기존 철근콘크리트 부재의 보강

## 4.1 일반사항

### 4.1.1 기본 요구사항

(1) 이 장은 철근콘크리트부재의 개별보강시 강도 및 상세를 규정한다. 섬유복합체, 강판, 혹은 증타로 보강된 부재의 휨, 압축, 전단강도의 평가는 4.3-4.6을 따른다. 여기에 기술되지 않은 사항은 원칙적으로 건축구조기준을 따르나 강도감소계수는 적용하지 않는다.

(2) 보강된 부재의 강도산정시 휨모멘트에 의한 연성적인 거동에 대해서는 재료강도로 기대강도를 사용한다. 그 외에 전단, 압축, 기존 콘크리트와의 접합부에서 발생하는 휨모멘트, 보강근의 이음 및 정착 등에 의한 취성적인 거동에 대해서는 재료강도로 공칭강도를 사용한다.

(3) 강판보강공법을 사용할 경우에는 반드시 기계적 정착을 적용하여야 한다.

(4) 보강된 부재의 변형능력은 실험자료 혹은 합리적 가정에 근거한 해석결과로부터 결정한 값을 사용할 수 있다. 다만, 검증된 자료가 없을 때, 보강부위가 건축구조기준의 상세를 만족한다면 보강전 부재와 동일한 변형능력을 가지는 것으로 가정할 수 있다.

[해설]
이 장에 제시된 보강사례 및 상세도는 각 보강공법의 개요를 이해하기 쉽게 하도록 도시한 그림이므로 강재가 사용된 보강공법의 정확한 접합상세는 강구조학회의 건축강구조 표준접합상세 등의 자료를 참고한다.

### 4.1.2 재료의 강도

(1) 기존 부재의 재료강도는 평가요령에 제시된 규정에 따라 결정한다.

(2) 보강 또는 신설되는 부재의 재료강도는 공인기관에 의하여 확인된 값을 사용한다. 통계적으로 재료강도 특성이 확인된 경우, 연성적인 거동이 예상되는 부재의 평균강도는 적절한 보정계수를 적용하여 산정된 값을 사용할 수 있다.

(3) 콘크리트, 철근 및 강재를 제외한 구조재료는 공인기관에 의하여 구조성능, 내구성, 내화성능 등을 확인하여야 한다.

(4) 섬유복합체로 부재를 보강할 경우 섬유복합체의 단면적은 모재와의 계면의 화학적 접착력에 의한 부착강도에 해당하는 단면적을 사용하여야 하며, 이를 초과할 경우 기계적 정착을 병행하여 충분한 정착 및 부착력을 확보하여야 한다.

### 4.1.3 내화요구사항

(1) 탄소섬유, 철판보강 등의 내화가 입증되지 않은 보강재료에 대하여 내화피복을 하지 않는 경우에는 건축구조기준의 화재시의 하중조합을 만족하도록 설계되어야 한다.

[해설]
(1) 화재 시 하중조합은 건축구조기준에 규정되어 있다.

# 4.2 부재 보강공법

## 4.2.1 기둥 보강

(1) 기둥 단면 확대 : 기존 기둥의 단면을 확대하기 위하여 주철근과 폐쇄형 후프를 배치하고 콘크리트를 증타설한다. 기둥의 휨 모멘트, 전단력 및 축방향 강도와 연성을 향상시킬 목적으로 사용한다. 추가되는 수직철근은 단면의 코너에 배치하여 상하층과 기초까지 연속이 되도록 설계 시공되어야 한다. 이 때, 폐쇄형 후프는 시공편의성을 위하여 그림 4.1과 같이 양단부에 각각 90도, 135도 후크를 갖는 횡보강근 2개로 이뤄진 폐쇄형 후프를 사용할 수 있다. 이때 90도 후크부분은 충분한 정착 또는 연장길이를 확보해야 한다.

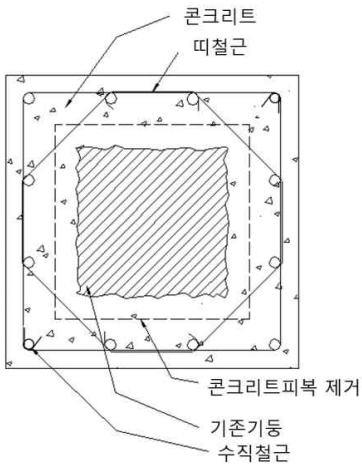



그림 4.1 기둥의 콘크리트 덧씌우기 공법 상세

(2) 기둥 날개벽 : 철근콘크리트 골조의 기둥의 좌우에 일정 크기의 철근콘크리트 날개벽을 설치하여 내진성능을 향상시킨다. 수직철근이 상하층에 연속되어 배치할 수 있도록 날개벽의 위치를 정하는 것이 바람직하다. 보강공법의 주요 절차 및 규정은 3.2.3에 따른다.

(a) 수직철근 연속형 날개벽공법

(b) 날개벽내의 후프철근의 시공

그림 4.2 기둥날개공법

(3) 기둥에 철판 보강 : 기존 기둥 단면에 철판을 감은 후 기둥과 철판 사이에 모르타르 또는 에폭시로 충전하여 기둥의 전단강도와 연성의 향상 목적으로 사용한다. 단, 기둥의 상단부와 하단부로 인장력을 전달할 수 없는 경우 휨강도 보강효과는 기대할 수 없다.

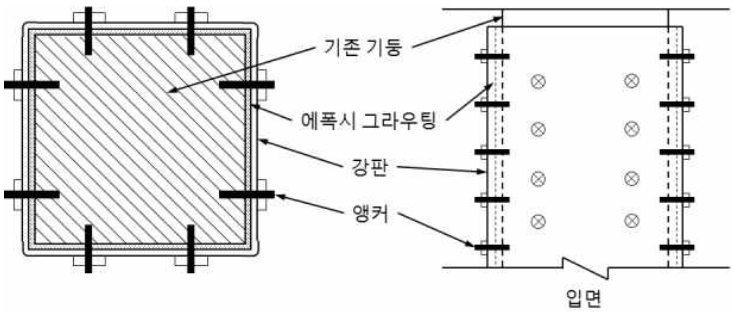



그림 4.3 기둥 철판 보강 공법

(4) 기둥에 띠철판 보강 : 기존 기둥에 띠철판을 감아 전단보강효과와 압축측콘크리트의 횡구속에 의한 연성증가효과는 기대할 수 있다. 단, 기둥의 상단부와 하단부로 인장력을 전달할 수 없는 경우 휨강도 보강효과는 기대할 수 없다.

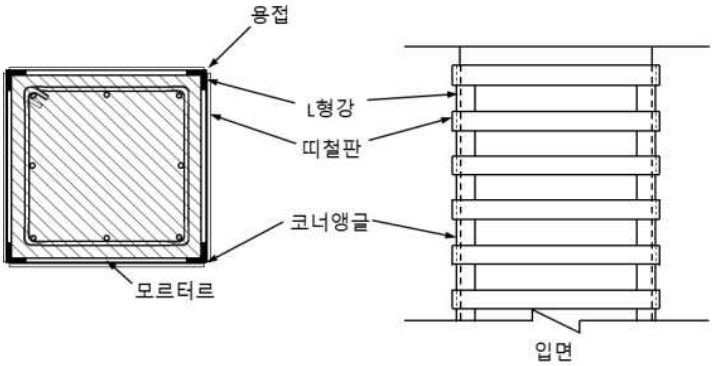



그림 4.4 기둥 띠철판 보강 공법

(5) 기둥의 탄소섬유 보강 : 기둥 둘레에 탄소섬유를 붙여 전단보강효과와 압축측콘크리트의 횡구속에 의한 연성증가효과는 기대할 수 있다. 단, 기둥의 상단부와 하단부로 인장력을 전달할 수 없는 경우 휨강도 보강효과는 기대할 수 없다.

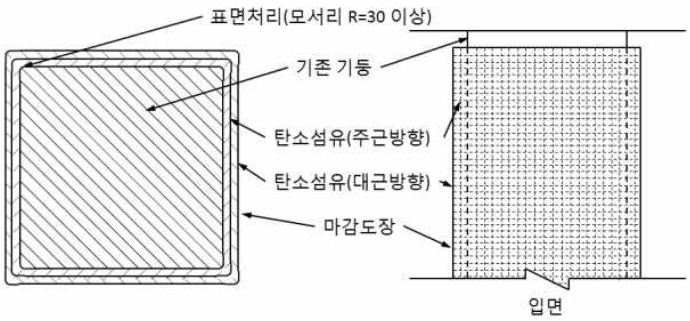



그림 4.5 기둥 탄소섬유 보강 공법

## 4.2.2 보의 보강

(1) 보의 강판보강 : 보의 하단에 강판을 붙여 보의 정모멘트강도를 향상시키거나, 보의 측면에 강판을 붙여 전단강도를 향상시킨다.

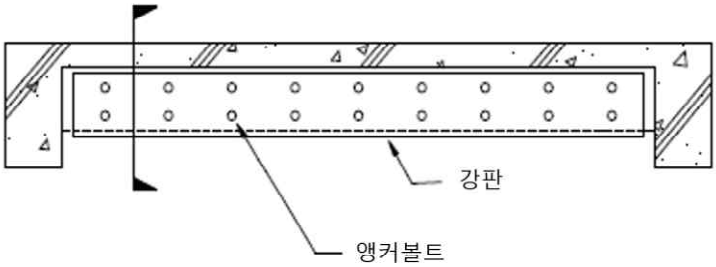



그림 4.6 보 강판 보강 공법

(2) 보의 탄소섬유보강 : 보 단면의 하부에 탄소섬유를 붙여 보의 정모멘트강도를 향상시키거나, 보의 측면에 탄소섬유를 붙여 전단강도를 향상시킨다.

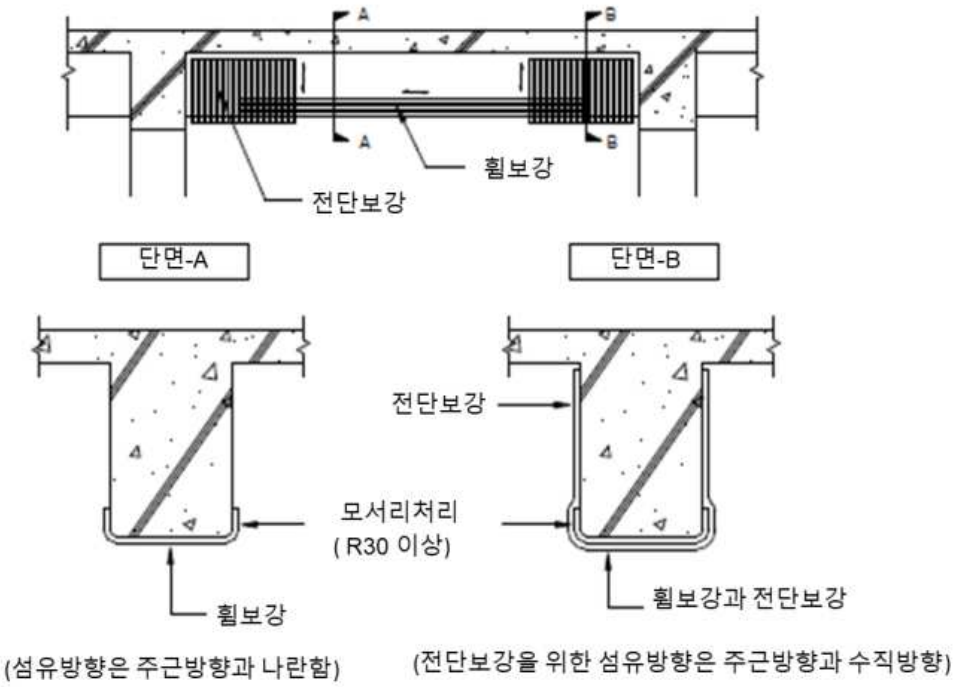



그림 4.7 보 탄소섬유 보강 공법

### 4.2.3 벽체 보강

(1) 벽체의 콘크리트 단면 증설 : 기존 벽체에 추가로 콘크리트를 타설하여 벽체의 단면적을 증대시켜, 휨 및 전단강도를 향상시킨다. 추가 수직철근은 상하층에 연속되도록 시공되어야 하며, 기둥과 연결되는 경우에는 수평철근을 기둥에 정착시켜야 한다.

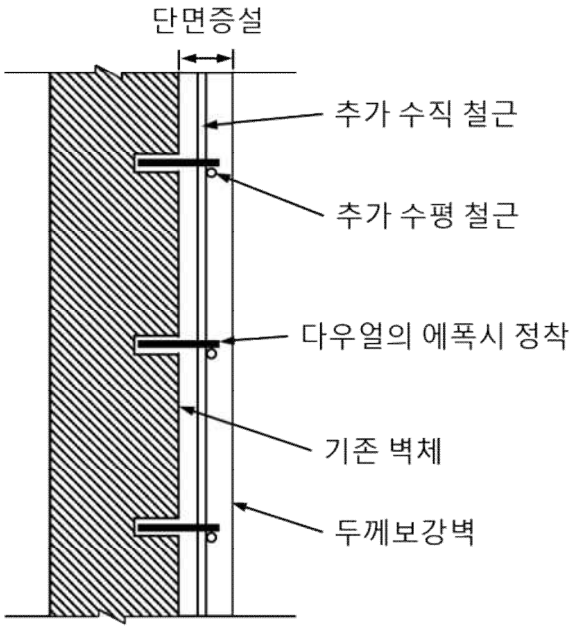



그림 4.8 벽체 콘크리트 단면 증설 공법

(2) 벽체의 탄소섬유보강 : 벽의 한쪽 또는 양쪽에 탄소섬유를 붙여 면내 전단력을 향상시킨다. 벽체 면에 수평방향으로 탄소섬유를 붙여 벽체 전단성능을 증가시킴으로써 주철근 항복 이후의 연성거동을 확보할 수 있도록 한다. 개구부 상부의 인방 또는 연결보의 경우 주로 부재 길이 수직방향으로 탄소섬유를 붙여 보강한다.

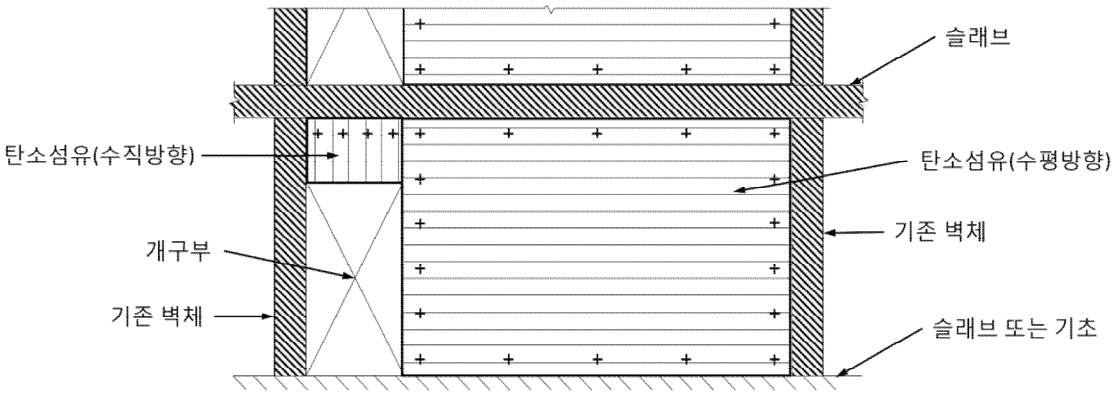



그림 4.9 벽체 탄소섬유 보강 공법

## 4.2.4 다이아프램 슬래브 보강

(1) 슬래브 두께 증가 : 슬래브의 두께를 증가시켜 휨 및 전단강도를 증대시켜 다이아프램 작용을 확보할 수 있다. 이때 기존 슬래브 표면을 거칠게 처리하거나 다우얼 철근을 추가하여 기존 슬래브 및 수직재와 보강재 간 일체성을 확보하여야 한다.

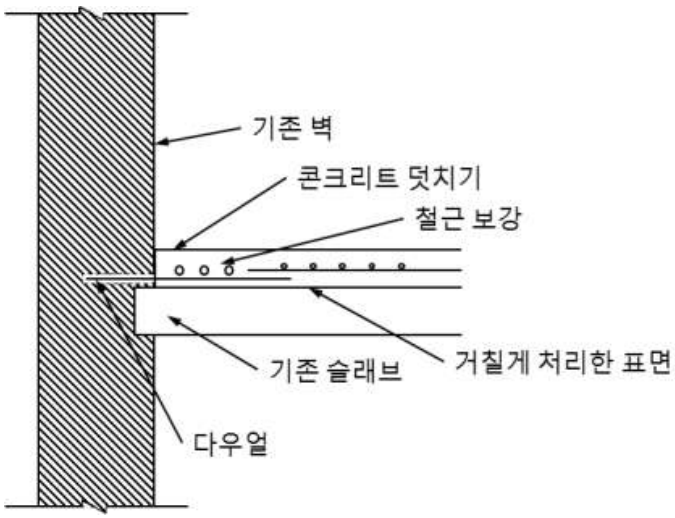



그림 4.10 슬래브 두께 증가 공법

(2) 슬래브 접합부 보강 : 슬래브와 수직재 사이 접합부에 철물을 삽입하거나 콘크리트를 추가로 타설하여, 접합부의 휨 및 전단성능, 연성능력 등을 향상시킨다.

(3) 익스팬션 조인트의 슬래브 보강 : 익스팬션 조인트로 분리된 두 구조체의 일체형 거동이 필요한 경우, 양쪽 슬래브를 연결한다. 슬래브의 철근이 연속되도록 충분한 이음길이를 사용하여야 하며, 연결 부위에 콘크리트 또는 모르타르를 타설하여 연결한다.

[해설]

(1) 슬래브 두께의 증가는 건물 중량의 증가로 이어지고, 이는 지진하중의 증가로 이어지므로 적용 시 유의해야 한다.

## 4.2.5 시공시 주요 고려사항

(1) 신구콘크리트의 접합을 위하여 기존 기둥이나 보의 피복콘크리트를 제거한 후, 적절한 강도의 콘크리트 또는 모르타르를 타설하여 일체성을 확보한다.

(2) 기존 콘크리트 일부 제거 또는 파취 시에 존치하고자 하는 콘크리트에 손상이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.

(3) 기존 철근콘크리트 부재 단면에 철근, 강판, 섬유보강체, 콘크리트 등을 사용하여 단면증가를 위해 덧댐으로 보강하는 방법에서는 모재 표면을 거칠게 처리하거나 필요시 전단연결재를 적용하는 등 계면의 부착강도를 확보하여야 한다.

# 4.3 휨 강도

## 4.3.1 일반사항

(1) 휨부재의 해석은 실제 부재의 역학적인 거동을 고려하여 변형률 적합조건 및 힘의 평형조건을 만족하여야 한다.

(2) 이질 재료 간에는 미끄러짐이나 탈락이 발생하지 않도록 접합되어야 한다. 신·구 재료가 완전히 접착된 경우에는 모든 재료가 일체로 거동하는 것으로 가정하여 부재의 강도를 산정할 수 있다.

[해설]

(1) 해석 및 설계 시 아래의 가정을 사용할 수 있다.

① 부재의 단면은 부재가 휨 변형한 후에도 그 평면을 유지한다.

② 콘크리트 압축연단의 최대 압축변형률은 0.003이다.

③ 보강재와 콘크리트 사이에는 미끄러짐이 발생하지 않는다.

## 4.3.2 섬유복합체 보강

(1) 섬유복합체로 접착 보강된 콘크리트 부재의 휨강도는 콘크리트와 철근에 섬유복합체 보강효과를 고려하여 식 (4.1)로 산정한다. 다만, 강도의 증가는 기존 부재 강도의 40퍼센트까지만 허용된다.

$$M = A_s f_s \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \Psi_f A_f f_{fe} \left( h - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \tag{4.1}$$

여기서,

$f_s, f_{fe}$ : 각각 인장철근의 응력, 섬유복합체의 유효응력으로 보강공사 방법에 따라 철근의 기존 변형률의 영향을 고려하여야 한다.

$A_f$ : 섬유복합체의 단면적

$\Psi_f$ : 부분강도감소계수로서 0.85를 사용

(2) 섬유복합체의 인장변형률이 과도한 경우에는 재료의 탈락에 따른 파괴가 발생할 수 있으므로 부재의 공칭휨강도는 식 (4.2)의 변형률에 의하여 제한하여야 한다. 변형률 적합성에 근거하여 극한 상태에서 섬유복합체의 유효 변형률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\epsilon_{fe} = 0.003 \left( \frac{d_f - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \tag{4.2}$$

여기서,

$\epsilon_{fe}$, $\epsilon_{bi}$ : 각각 섬유복합체의 유효변형률, 모재콘크리트 초기 변형률이다.

박리가 발생할 때 섬유복합체의 유효변형률 $\epsilon_{fd}$는 다음 식과 같다.

$$\epsilon_{fd} = 0.41\sqrt{\frac{f_{ck}}{nE_f t_f}} \le 0.9\epsilon_{fu} \tag{4.3}$$

여기서,

$n$ : 섬유복합체 개수

$E_f$ : 섬유복합체의 탄성계수

$t_f$ : 섬유복합체의 두께

$\epsilon_{fu}$ : 섬유복합체의 설계파단 변형률로서 다음 식으로 구한다.

$$\epsilon_{fu} = C_E \epsilon_{fu}^{*} \tag{4.4}$$

여기서,

$\epsilon_{fu}^{*}$ : 섬유복합체 제조사로부터 제공된 극한인장변형율

$C_E$ : 섬유복합체의 종류 및 노출조건에 따른 환경감소계수

$C_E$는 표 4.1과 같다.

표 4.1 환경감소계수

| 노출 조건 | 섬유 종류 | 환경감소계수 |
|---|---|---|
| 내부 노출 | 탄소 | 0.95 |
| | 유리 | 0.75 |
| | 아라미드 | 0.85 |
| 외부 노출 | 탄소 | 0.85 |
| | 유리 | 0.65 |
| | 아라미드 | 0.75 |

(3) 보강재는 탈락이나 단부 박리가 일어나지 않도록 설계하여야 한다. 단부 부착면적은 모재의 수평전단응력과 인장응력에 기초하여 산정한다. 섬유복합체는 겹쳐 잇는 방법으로 연속성을 유지할 수 있는데, 소요 겹침길이는 인장강도와 두께, 각 층사이의 접착력에 따라 달라진다. 보강 공법에서 소요 겹침 길이는 재료의 제조자에 의해 제시되어야 하며 실험을 통해 입증되어야 한다.

## 4.3.3 강판 보강

(1) 기존 휨부재의 인장철근이 단배근이고 보 하단에 강판이 보강된 경우 휨강도는 식 (4.5)로 산정할 수 있다.

$$M = A_s f_s \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + A_{sp} f_{sp} \left( h - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \tag{4.5}$$

여기서,

$f_s$, $f_{sp}$ : 각각 인장철근의 응력, 강판의 응력으로 보강공사방법에 따라 철근의 기존변형률의 영향을 고려하여야 한다.

(2) 모재의 수평전단응력과 인장응력에 기초한 검토를 통해 강판의 단부박리가 발생하지 않음을 확인하여야 한다.

(3) 강판 보강재에 의한 휨성능 향상기여도를 확보하기 위해서는 강판과 기존 콘크리트 부재의 일체성을 확보할 수 있도록 충분한 앵커가 설치되어야 한다. 앵커의 설계는 평가요령 5.6과 향상요령 7.2를 따른다.

### 4.3.4 증타설 보강

(1) 증타설 보강된 단면의 휨강도는 일반적인 철근콘크리트 휨부재와 동일하게 산정한다.

(2) 기존 콘크리트와 증타설된 콘크리트의 충분한 부착을 확보하도록 기존 콘크리트의 표면처리 후 증타설 시공되어야 한다.

(3) 증타설 보강한 부분에는 보강된 부재의 상세가 건축구조기준의 관련 규정을 만족하도록 휨철근과 함께 스터럽 철근을 설치하여야 한다.

(4) 보강 강재 단면을 사용하는 경우 철근콘크리트 부재와 일체화되도록 철물 앵커 등의 기계적 연결재로서 충분히 부착하여야 한다.

## 4.4 압축 강도

### 4.4.1 일반사항

(1) 휨과 압축을 동시에 받는 부재의 내력은 휨모멘트와 압축력의 상호작용을 고려한다.

(2) 압축부재의 해석은 변형률 적합조건 및 힘의 평형조건을 만족해야 한다.

(3) 신구재료가 완전접착이 된 경우에는 모든 재료가 일체로 거동하는 것으로 가정하여 부재의 압축내력을 산정할 수 있다.

### 4.4.2 섬유복합체 보강

(1) 섬유복합체의 섬유방향은 콘크리트의 횡구속에 의하여 발생하는 후프 인장력에 저항할 수 있도록 배치한다.

(2) 섬유복합체로 부재를 횡구속시킨 압축재의 압축강도는 다음 식을 이용하여 계산할 수 있다. 단, 아래 식 (4.6)과 식 (4.7)은 모멘트에 의한 편심이 부재 장변 길이의 10퍼센트 이하일 때에만 유효하다. 편심이 부재 장변 길이의 10퍼센트를 초과할 때에는 축력-모멘트 상호작용을 고려하여야 한다.

① 나선형 철근을 가진 철근콘크리트 부재

$$P_n = 0.85[0.85f_{cc}'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \tag{4.6}$$

② 띠철근을 가진 철근콘크리트 부재

$$P_n = 0.80[0.85f_{cc}'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \tag{4.7}$$

식 (4.6)과 식 (4.7)에서 $f_{cc}'$는 횡구속된 콘크리트의 압축강도이며 다음 식으로 구한다.

$$f_{cc}' = f_{ck}\Psi_f(3.3)\kappa_a f_l \tag{4.8}$$

여기서,

$f_{ck}$ : 횡구속되지 않은 콘크리트의 공칭압축강도

$\Psi_f$ : 감소계수로서 0.95를 사용

$f_l$ : 횡구속응력

$$f_l = \frac{2E_f n t_f \epsilon_{fe}}{D} \tag{4.9}$$

$$D = \sqrt{b^2 + h^2} \tag{4.10}$$

여기서,

$b, h$ : 각각 섬유복합체로 둘러싸인 사각형 기둥 단면의 단변 및 장변 방향 길이

$\kappa_a$ : 단면의 형상을 반영하는 유효계수, 원형단면일 때에는 1.0, 원형단면이 아닌 사각형 단면일 때에는 다음 식을 사용한다.

$$\kappa_a = \frac{A_e}{A_c}\left(\frac{b}{h}\right)^2 \tag{4.11}$$

여기서,

$A_c$ : 섬유복합체로 둘러싸인 사각형 기둥 단면적

$A_e$ : 사각형 기둥에서 섬유복합체로 둘러싸인 콘크리트의 유효 횡구속 면적 $A_e$는 다음 식으로 구한다.

$$\frac{A_e}{A_c}=\frac{1-\dfrac{\left[\left(\dfrac{b}{h}\right)(h-2r_c)^2+\left(\dfrac{h}{b}\right)(b-2r_c)^2\right]}{3A_g}-\rho_g}{1-\rho_g} \tag{4.12}$$

여기서,

$r_c$ : 사각형 단면 모퉁이에서 섬유복합체의 회전 반경

$\rho_g$ : 주철근비

$A_g$ : 기둥의 순 단면적

### 4.4.3 강판 보강

(1) 강판 부착으로 보강된 단면에서는 강판의 강도 기여도를 고려하되 강판 부착에 의한 콘크리트 압축강도의 증가를 고려하지 않는다. 다만, 실험에 의하여 입증된 경우에 한하여 증가된 콘크리트 압축강도를 사용할 수 있다.

### 4.4.4 증타설 보강

(1) 증타설 부분의 주철근과 띠철근의 이음과 정착은 건축구조기준을 따라야 한다.

(2) 증타설된 부재는 기존 콘크리트기둥과 완전일체가 되도록 전단연결재를 설치한 경우에는 일체화된 부재로 가정하고 공칭강도는 건축구조기준에 따라 산정한다.

(3) 기존 압축부재의 둘레를 감싸서 증타설한 부재로서 (1)의 조항을 만족하는 부재는 일체화된 부재로 가정하고 공칭강도는 건축구조기준에 따라 산정한다.

(4) 콘크리트로 증타설한 부분이 기존 콘크리트 기둥과 완전일체가 되지 않은 부재는 각각 부재의 저항 능력을 더하여 강도를 계산한다. 이 때 증설되는 부분은 건축구조기준을 따라야 한다.

(5) 합성부재의 설계도 (1) ~ (4)의 조항을 따른다. 다만, 독립된 강재단면을 사용하는 경우에는 기존 압축부재와 분리되어 독립적으로 하중을 전달하는 것으로 본다.

## 4.5 전단 강도

### 4.5.1 일반사항

(1) 각 재료의 전단성능을 합하여 부재의 전단내력으로 산정할 수 있다.

(2) 전단보강을 하는 경우에도 전단철근과 보강재에 의한 전단강도의 합은 $0.66\sqrt{f_{ck}}b_w d$를 초과할 수 없다.

## 4.5.2 섬유복합체 보강

(1) 섬유복합체로 부착 보강된 콘크리트 부재의 공칭전단강도는 콘크리트와 철근에 섬유복합체 보강 효과를 더하여 결정한다.

$$V_n = (V_c + V_s + \Psi_f V_f) \tag{4.13}$$

여기서,

$V_c$, $V_s$, $V_f$ : 각각 콘크리트, 전단보강근, 섬유복합체가 저항하는 전단강도

$\Psi_f$ : 부분강도감소계수로 다음과 같다.

= 0.95, 전단면의 둘레를 감싼 경우

= 0.85, 양면 혹은 U형으로 부착한 경우

섬유복합체의 전단강도 $V_f$는 다음 식으로 구한다.

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin\alpha + \cos\alpha) d_{fv}}{s_f} \tag{4.14}$$

여기서,

$$A_{fv} = 2nt_f w_f \tag{4.15}$$

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} E_f \tag{4.16}$$

이고,

$\alpha$ : 보 수평면과 섬유복합체가 이루는 각

$d_{fv}$ : 보 옆면에서 보강된 섬유복합체의 상부 끝에서 인장측 철근까지의 거리

$w_f$ : 개별 섬유복합체의 폭

$\epsilon_{fe}$ : 섬유복합체의 유효변형율로서 다음과 같다.

= $0.75\epsilon_{fu} \le 0.004$, 전단면의 둘레를 감싼 경우

= $\kappa_v \epsilon_{fu} \le 0.004$, 양면 혹은 U형으로 부착한 경우

또한,

$\kappa_v$ : 부착감소계수로서 다음 식으로부터 구한다.

$$\kappa_v = \frac{k_1 k_2 L_e}{11{,}900\epsilon_{fu}} \le 0.75 \tag{4.17}$$

$$L_e = \frac{23,300}{(n_f t_f E_f)^{0.58}} \tag{4.18}$$

$$k_1 = \left(\frac{f_{ck}}{27}\right)^{2/3} \tag{4.19}$$

$$k_2 = \begin{cases} \dfrac{d_{fv} - L_e}{d_{fv}} & : U\text{형 부착} \\ \dfrac{d_{fv} - 2L_e}{d_{fv}} & : \text{양면 부착} \end{cases} \tag{4.20}$$

## 4.5.3 강판 보강

(1) 강판으로 접착 보강한 콘크리트 부재의 공칭전단강도는 콘크리트의 전단강도에 강판의 전단보강 효과를 더하여 결정한다.

$$V_n = (V_c + V_s + V_{sp}) \tag{4.21}$$

여기서,

$V_{sp}$ : 강판에 의한 공칭전단강도이며, 이는 아래의 수식을 이용하여 산정한다.

$$V_{sp} = 0.5h(2t_j b/s) f_{yj.d} (\cot\alpha + \cot\beta)\sin\beta \tag{4.22}$$

여기서,

$h$ : 콘크리트 부재 단면의 깊이

$t_j$ : 보강 강판의 두께

$b$ : 부재 한 면에 부착되는 보강강판의 폭

$s$ : 보강 띠철판의 간격

$\alpha$ : 스트럿 경사각

$\beta$ : 보강 띠철판과 부재간의 각도

$f_{yj.d}$ : 콘크리트 부재에 부착되는 강판의 응력으로 설계의 간편성과 안전성을 확보하기 위하여 강판보강재 항복강도의 절반으로 사용할 수 있다.

이 때, 띠철판이 아닌 강판으로 부재 전체를 둘러싸는 경우, $b/s = 1$ 그리고 $\beta = 90^\circ$ 로 한다.

# 제 5 장 기존 비보강 조적조 및 조적채움벽의 보강

## 5.1 일반사항

국내 기존 건물 중 조적조로 지어진 경우가 다소 존재하며, 이는 보강재가 사용되지 않은 비보강 조적조로서 테두리보와 같은 일체성 확보가 없는 경우 횡하중에 대해서 저항성능이 취약하다. 조적조 건물의 바닥구조는 철근콘크리트로 구성되어 있으며 벽체 상부에 테두리보가 없고 개구부 상부 인방보가 없는 상태의 벽체는 개구부 주변에서 균열 손상이 크게 발생한다. 또한, 개구부가 없는 벽체에서는 철근콘크리트 바닥과 조적벽체의 하부가 충분한 부착응력을 확보하지 못해 수평균열 파괴를 동반하는 미끄러짐 파괴가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다.

조적채움벽이 많이 사용된 건축물로 학교건물을 들 수 있다. 국내 대부분의 학교시설의 구조형식은 철근콘크리트 모멘트골조이며, 보 하부에 비보강 조적채움벽을 시공하여 교실을 구획하는 경우가 많다. 일반적으로 교실간의 조적채움벽은 1.0B쌓기를 하고 있으며, 모르타르를 충전하여 벽돌과 주변 구조체 사이를 접합한다. 벽돌 간의 접합상태는 수평면은 밀실하나 수직면은 잘 채워지지 않는 경우가 많으며, 특히 상부 보와 조적재료간의 접착면에 모르타르 시공이 불량한 경우가 많다. 다만, 조적채움벽의 면을 일반적으로 약 1 cm 두께의 모르타르로 마감하고 있어 이 모르타르에 의한 보와의 접합성능을 기대할 수 있다. 비보강 조적채움벽은 철근콘크리트 골조의 전체 강성과 강도를 증가시키며, 경계면에서 미끄러짐이 발생할 때 어느 정도의 에너지 소산 효과도 기대할 수 있다. 그러나 면내 사인장균열에 의한 파괴 및 면외방향 전도에 의한 붕괴는 인명 피해를 야기할 수 있으므로 이런 점들을 내진성능평가와 보강 시 고려하여야 한다.

[해설]

포항지진(2017)시 발생한 조적채움벽의 주요 파괴모드는 다음과 같다.

(1) 상부 보 및 기둥과의 접합면 미끄러짐 파괴
(2) 지진력 직각 방향의 벽체 면외 변형 붕괴
(3) 상부 모서리 부분 균열손상
(4) 사인장 대각 균열

## 5.2 내진보강 공법

기존 비보강 조적조 및 조적채움벽의 내진보강 방향은 철거후 신설, 개구부 보강, 벽체강도 보강, 일체성 강화로 구분할 수 있다.

### 5.2.1 철거 후 신설

골조 내부 조적채움벽의 시공상태가 불량하거나 줄눈에 열화가 많이 진행된 경우, 기존벽의 일부 또는 전체를 철거한 후 조적벽을 신설함으로써 조적채움벽 골조가 기존 보다 더 신뢰성 높은 성능을 발휘하도록 보강할 수 있다.

## 5.2.2 개구부 보강

개구부가 있는 조적채움벽의 경우, 개구부를 신설 조적벽으로 채움으로써 내진보강을 수행할 수 있다. 이 경우 보강된 전체 조적채움벽의 강성 및 강도는 기존 조적벽 부분의 재료특성에 근거하여 산정하여야 한다.

## 5.2.3 표면 모르타르 보강

(1) 기존 조적벽의 표면 전체 또는 일부에서 모르타르마감이 누락된 경우, 모르타르를 추가로 시공함으로써 조적벽의 내진성능을 증가시킬 수 있다. 이 경우 보강된 조적벽의 조적 상태를 '양호'로 상향시켜 내진성능 보강 효과를 검증한다.

(2) 벽체 표면에 모르타르를 덧붙여 전체 조적벽의 두께를 증가시킴으로써 조적벽의 강성 및 강도를 증가시킬 수 있다. 이 경우 보강 모르타르 두께를 포함한 전체 조적벽의 두께에 대하여 조적채움벽의 강성 및 강도를 산정할 수 있다. 다만, 실제 조적벽에서 채취한 시험편에 대한 재료시험을 통하여, 보강 조적벽체의 재료특성을 확인하여야 한다.

[해설]

(1) 국내 학교건축물에 대한 현장조사 결과, 조적채움벽의 모르타르마감과 관련하여 다음 유형의 불량한 조적 상태가 확인되었다. 1) 조적채움벽의 일면에만 모르타르마감이 있는 경우, 2) 칠판 뒷면의 모르타르마감 누락, 3) 천장재 윗 공간에서 조적벽 표면 모르타르마감 누락 등. 이 경우 잔존하는 모르타르마감이 양호하면, 모르타르마감이 누락된 조적벽 표면에 새로 모르타르를 시공함으로써 조적채움벽이 더욱 신뢰성 높은 내진성능을 발휘할 수 있도록 한다. 다만, 보강된 전체 조적채움벽의 강성 및 강도 산정에 모르타르 두께를 포함하지 않는다.

(2) 모르타르마감 내부의 조적벽 및 줄눈 상태를 확인하기 어려우므로, 모르타르마감이 조적개체와 분리되었는지 여부를 확인함에 있어 각별한 주의가 요구된다. 부착성능이 저하되어 조적재료와 분리된 기존 모르타르마감이 있는 경우, 이를 완전히 제거한 후 보강 모르타르를 시공하여야 한다.

## 5.2.4 섬유보강재 보강

기존 조적조 벽체에 섬유계 보강재를 부착하여 벽체의 전단강도를 향상시키는 공법이다. 조적조 벽체의 모르타르 마감 전면에 섬유보강을 부착하거나 띠 형태로 벽체 일부만 부착할 수 있다. 공사가 간단하고 적용할 수 있는 부위가 넓으며 벽체의 강도증가 효과가 높은 장점이 있지만, 화재에 취약하며 접착재의 환경적인 영향 및 시간이 지남에 따라 부착효과가 감소되기 때문에 이에 대한 영향을 고려하여야 한다. 따라서 설계시에는 화재, 접착효과에 대한 설계근거 혹은 실험자료가 제시되어야 한다. 내화요구사항은 4..1.3을 참고한다.

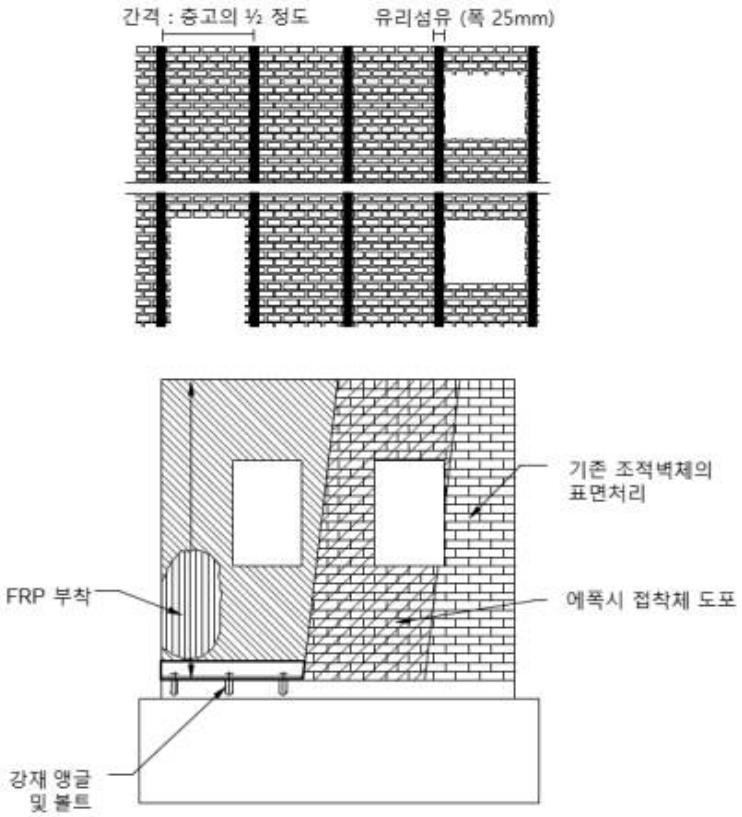



그림 5.1 섬유보강재 보강

## 5.2.5 벽체 덧댐 보강

기존 조적조 및 조적채움벽의 전단강도를 높이기 위해 기존 벽체에 덧대어 콘크리트 또는 숏크리트벽체를 타설하고 그 접합면을 다우얼 철근으로 보강하여 일체화시키는 보강공법이다[그림 5.2]. 숏크리트를 사용할 경우 거푸집이 필요하지 않으므로 시공이 더 편리하다.

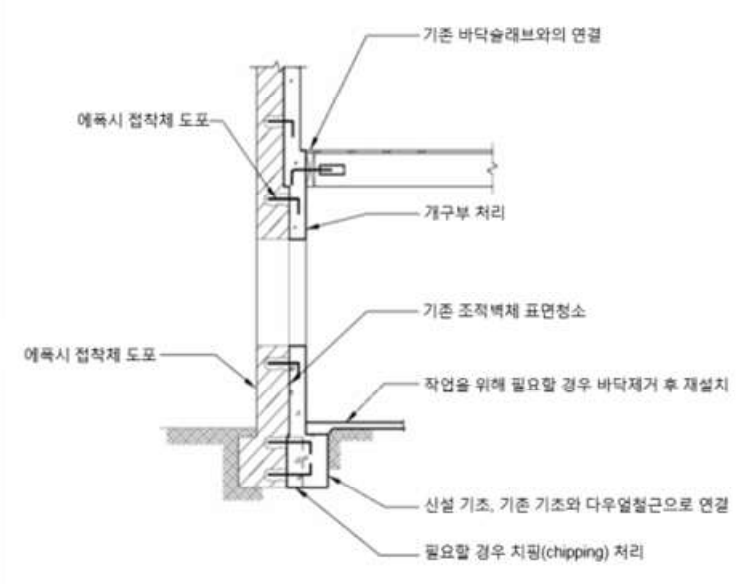



그림 5.2 조적채움벽체의 콘크리트/ 숏크리트 보강

## 5.2.6 철골 골조의 설치

기존 건축물이 조적벽체의 양이 부족하거나, 노후화 정도가 심하여 구조체로서의 역할을 상실하였다고 판단될 경우, 철골 골조를 구조체 내부에 신설하고 기존의 콘크리트 슬래브와 조적벽과 일체하는 공법이다. 확실한 내진보강효과가 있으나 공사비가 높으며 경우에 따라 기초 보강이 필요할 수도 있다.

## 5.2.7 앵커-타이 공법

벽체 접합부를 다우얼 철근과 앵커 등을 사용하여 보강하는 방식으로 구조체 전체의 일체화 및 연성 증가를 위한 공법이다[그림 5.3]. 공사가 간편하며 공사비도 적게 소요되나, 내진성능 향상의 정도가 낮으며 연결부위 기존 구조물의 강도가 낮을 경우 보강효과가 감소할 수도 있다.

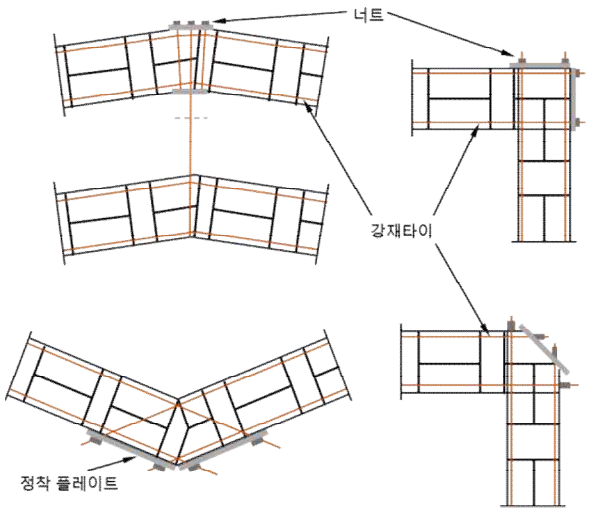
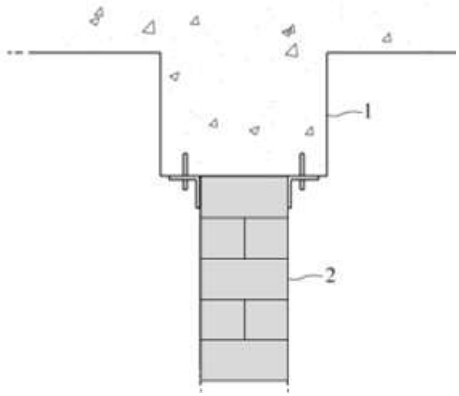



그림 5.3 앵커-타이 공법

## 5.2.8 조적채움벽체 전도 방지

조적채움벽-보 연결부 보강은 조적채움벽의 미끄러짐 파괴를 억제하고 철근 콘크리트 보와 조적채움벽의 일체성을 높여 면외방향 전도를 방지할 수 있는 보강방법이다. 보강공사는 어렵지 않으나 건축마감을 철거해야 하므로 사용중에는 공사가 불가하다. 면외방향 전도 방지를 위해 앵글, 보조철물, 기타 끼움재를 사용하여 조적채움벽 상단부를 구속하는 내진상세를 사용할 수도 있다. 그림 5.4는 조적벽체의 면외방향 전도방지를 위한 기존 방법으로 상부 보에 앵커를 삽입하고 철제 앵글을 사용하여 고정하는 방법이다. 그러나 이 방법들은 상부 보를 천공하여야하기 때문에 보 철근이 파손될 위험이 있으므로 시공에 주의가 필요하다.

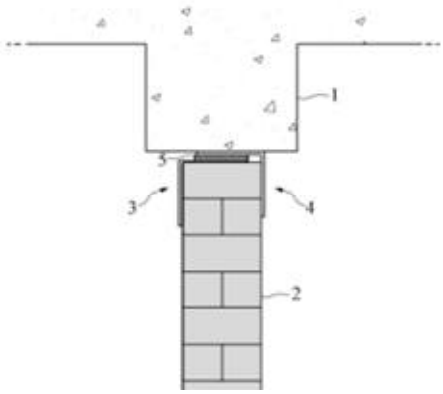



앵글과 철물을 사용한 방법

1: 철근콘크리트보, 2: 조적채움벽

그림 5.4 조적채움벽체와 보 연결(파괴)

다음 그림 5.5와 같이 기존 보에 대한 파손 없이 앵글부재와 마찰패드를 조적채움벽과 보하단사이에 삽입하여 조적채움벽의 면외방향 전도를 방지하고, 상부보와의 결합력을 증대시키는 방법을 고려할 수 있다.




앵글과 덧댐판을 이용한 방법

1 : 철근콘크리트보, 2: 조적채움벽

3: 마찰패드 하부 앵글, 4 : 마찰패드 상부 앵글, 5: 마찰패드

그림 5.5 조적채움벽체 면외전도 방지방법(비파괴)

# 제 6 장 기존 강구조 및 합성구조의 보강

## 6.1 일반사항

(1) 이 장은 기존 강구조 또는 합성구조 지진력 저항시스템을 가진 기존 건물을 대상으로 강재를 이용하여 보강하는 방법을 포함한다.

(2) 보강된 부재 및 추가된 신설 부재의 강도산정 및 상세 등의 기본적인 사항은 건축구조기준의 강구조를 따른다. 단, 강도감수계수 $\phi$는 1.0을 적용한다.

(3) 내진보강 후 기존 건물의 내진성능평가는 평가요령 4장에 따르며, 재료강도, 부재강도, 허용기준은 평가요령 7장에 따른다.

(4) 기존 강구조 및 합성구조의 내진보강은 기존 부재 보강, 부재 간 접합부 성능향상 또는 신설 부재 설치를 통해 이루어진다.

[해설]

이 장에 제시된 보강사례 및 상세도는 각 보강공법의 개요를 이해하기 쉽게 하도록 도시한 그림이므로 강재가 사용된 보강공법의 정확한 접합상세는 강구조학회의 건축강구조 표준접합상세 등의 자료를 참고한다.

(4) 기존 강구조 및 합성구조의 내진보강은 부재 단계에서 기존 부재 단면 보강, 접합부 보강 또는 시스템 단계에서 신설 부재 설치를 통해 지진력 저항시스템의 강성, 강도, 또는 연성의 증가를 유도한다. 기존 강구조 및 합성구조에 새로운 시스템을 설치하는 대표적인 보강 방안은 철골가새골조 또는 철골모멘트골조를 설치하는 방안이다. 강구조 및 합성구조의 부재신설을 통한 보강 (시스템보강)은 3.3을 참조한다.

## 6.2 부재 단면 보강

### 6.2.1 기둥 단면 보강

(1) 기둥단면에 보강판을 부착하여 단면형상을 변화시키거나 두께를 증가시켜 단면적 또는 단면성능 등을 향상시키는 방법이다. 보강판을 부착하는 사례는 그림 6.1과 같다. 대표적인 기둥단면인 H형강 및 각형강관의 플랜지 또는 웨브에 보강판을 부착한다.

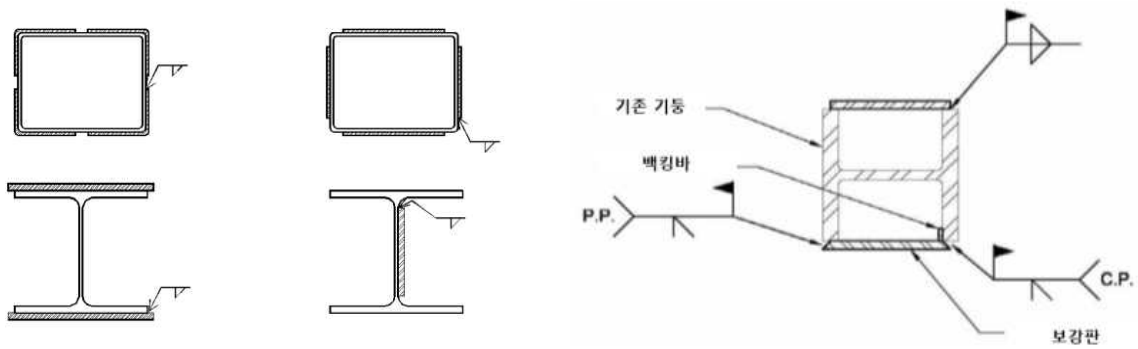



그림 6.1 기둥 단면 보강 사례

(2) 일반적으로 필릿용접을 통해 기둥에 보강판을 부착하며, 다음 사항을 고려한다.

① 보강판과 기존 기둥의 일체화 거동을 확보할 수 있도록 용접 사이즈와 길이를 확보하여야 한다.

② 필릿용접의 사이즈는 원칙적으로 접합되는 모재의 얇은 쪽 판두께 이하로 하며, 필릿용접의 최대 사이즈와 최소 사이즈는 판두께에 따라 각각 표 6.1 및 표 6.2와 같다.

표 6.1 판두께별 필릿용접 최대 사이즈 (단위:mm)

| 접합재 단부 판두께, t | 필릿용접의 최대사이즈, s |
|---|---|
| $t < 6$ | $s = t$ |
| $t \geq 6$ | $s = t - 2$ |

표 6.2 판두께별 필릿용접 최소 사이즈 (단위:mm)

| 접합부의 얇은 쪽 판두께, t | 필릿용접의 최소사이즈 |
|---|---|
| t ≤ 6 | 3 |
| 6 < t ≤ 13 | 5 |
| 13 < t ≤ 19 | 6 |
| 19 < t | 8 |

③ 평판인장재의 단부에 길이방향으로 필릿용접이 될 경우 각 필릿용접의 길이는 수직방향 간격보다 길어야 한다.

④ 필릿용접부의 설계강도 $\phi R_n$은 건축구조기준의 강구조에 따른다.

[해설]

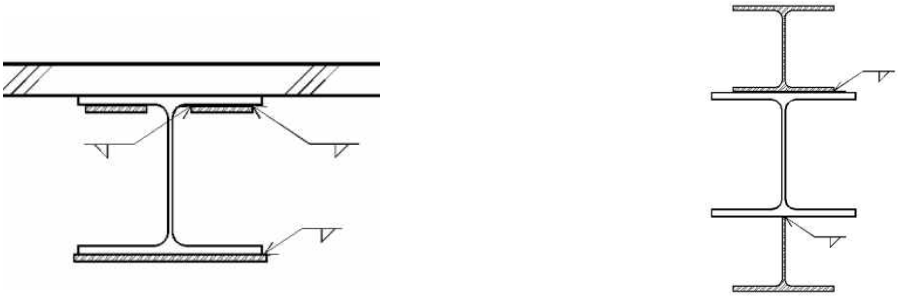
(1) 강재 보가 접합하는 부분의 기둥면에 대해서 박스 형태로 보강하는 작업은 곤란할 수 있다. 그러나, 세장비가 큰 기둥의 경우, 보-기둥 접합부 부분에 박스 형태의 보강이 없더라도 기둥 순간격내의 박스형태 보강은 좌굴내력을 증가시키므로 효과적이다.

(2) 기둥에 보강판을 부착하기 위하여 고장력볼트를 사용할 수도 있다.

## 6.2.2. 보 단면 보강

(1) H형강 보 상부 또는 하부 플랜지에 그림 6.2와 같이 보강판, H형강, T형강 등을 추가한다. 이를 통해 단면형상을 변화시키거나 두께를 증가시켜 단면성능을 향상시키는 방법이다.

(2) 일반적으로 필릿용접을 통해 보에 보강판, H형강, T형강을 부착하며, 용접 시 고려사항은 6.2.1(2)에 따른다.



(a) H형강 보 상하부 강판 보강 (b) H형강 보 상하부 형강 보강

그림 6.2 보 단면 보강 사례

[해설]

(1) 보 상부에 기존 슬래브가 있는 경우에 상부 플랜지 보강은 작업이 곤란할 수 있다. 하부 플랜지만 보강하는 경우 상부 플랜지 응력의 삭감 정도는 매우 작다. 그러나 단면2차 모멘트는 증가하므로 골조 횡변위를 감소시킬 수 있다.

# 6.3 좌굴방지를 위한 부재 보강

## 6.3.1 횡지지 부재 설치

(1) 보의 횡좌굴방지 부재 설치

보의 중앙부인 정모멘트 구간에서는 압축응력을 받는 상부 플랜지를 슬래브가 구속하여 횡좌굴이 방지되지만, 보의 단부인 부모멘트 구간에서는 압축응력을 받는 하부 플랜지에 횡좌굴이 발생할 우려가 있으므로 적절한 횡지지 부재를 설치하여 보강한다. 보 단부의 횡지지 부재는 큰 연성능력이 요구되는 경우에만 필요하다.

(2) 압축재의 좌굴방지 부재 설치

기둥 또는 트러스의 압축 현재가 세장한 경우 좌굴길이를 감소시키는 횡지지부재를 설치한다.

## 6.3.2 웨브 스티프너 설치

(1) 국부좌굴 가능 부위에 웨브 스티프너 설치

국부좌굴이 발생할 가능성이 큰 세장판단면이나 비조밀단면인 경우에 압축응력이 발생하는 단면 주변에 웨브 스티프너를 설치한다.

(2) 집중하중 부위에 웨브 스티프너 설치

집중하중이 작용하거나 집중반력이 발생하는 부위에 웨브 스티프너를 설치하여 국부적인 파괴를 방지한다. 특히, 집중하중이나 집중반력이 인장력인 경우에는 파단의 우려를 검토하여 웨브 스티프너를 설치한다.

# 6.4 접합부 성능향상

## 6.4.1 취약부 개선 방안

접합부의 취약 부분을 개선함으로써 각각의 접합부가 보다 더 신뢰도 높은 성능을 발현하도록 보강한다.

### 6.4.1.1 노치 제거

최소 수준의 내진성능 향상 방안으로 용접 접합부에 존재하는 노치효과를 제거하거나 최소화한다. 뒷댐판의 제거 및 백가우징이 어려운 경우에는 돌출부만 절삭하고 연마한 후 뒷댐판과 기둥플랜지 사이를 필릿용접 보강하는 방안도 대안이 될 수 있다

### 6.4.1.2 틈새 도입

기둥플랜지와 바닥슬래브 사이에 약 25mm의 틈새(gap)를 도입하여 정모멘트 작용 시 콘크리트 지압을 억제시켜 중립축의 상승을 최소화한다. 필요 시 이 틈새에는 압축성 완충재를 삽입할 수 있다

### 6.4.1.3 용접에 의한 이음부 보강

(1) 볼트접합 이음판 용접보강

고장력볼트 또는 일반볼트로 접합되어 볼트 개수가 부족한 경우에 그림 6.3 (a)와 같이 이음판 주변을, 그림 6.3 (b)와 같이 거셋플레이트 주변을 용접으로 보강한다.

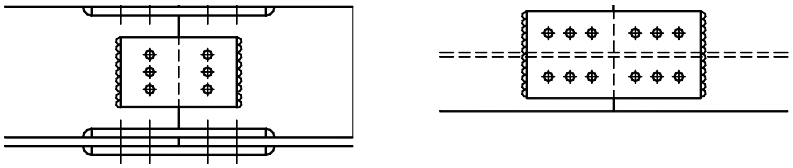
(2) 용접 유효목두께 증대

필릿용접에서 유효목두께가 부족한 경우, 표면 처리 후에 용접을 추가하여 유효목 두께를 증대시킨다.

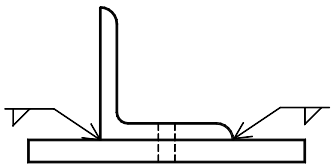
(3) 용접불량 보강

① 용접검사에서 확인된 내부 공극 또는 균열 부위는 가우징한 후에 재용접을 시행한다.

② 외부 표면의 용접불량 역시 부분 가우징 후에 재용접을 시행한다.



(a) 볼트접합 이음판 용접보강



(b) 볼트접합 거셋플레이트 용접보강

그림 6.3 볼트접합의 용접보강 사례

## 6.4.2 플랜지 보강

(1) 접합부 보강을 위해 보 단부의 상하부 플랜지에 강판을 덧대어 보강할 경우 보강판이 필요한 시점으로부터 사다리꼴 형태로 단면을 점차적으로 감소시켜서 급작스러운 단면 변화에 따른 파단 가능성을 방지하여야 한다 (그림 6.4 참조).

(2) 보강판 설계 시 고려할 주요 사항은 다음과 같다.

① 중력하중과 지진하중을 조합한 휨모멘트도에 근거하여 보강판의 길이를 산정하여야 한다.

② 보 단부에만 보강판을 사용하는 경우, 단면 변화에 따른 모멘트 분배 변화를 고려하여야 한다.

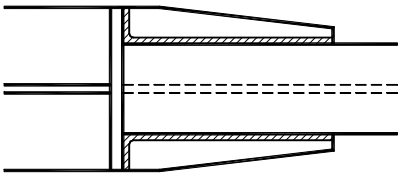


그림 6.4 보 단부 하부 플랜지 보강 사례

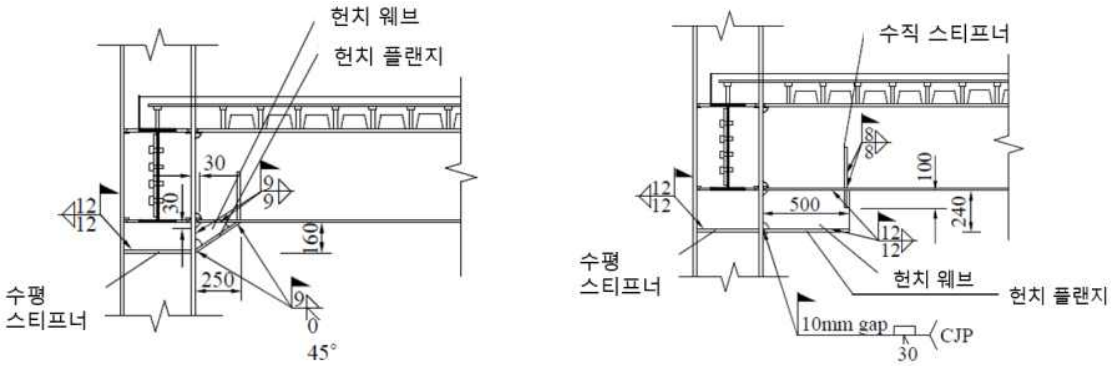
[해설]

(2) 그림 6.4는 보의 단부에서 사다리꼴형의 보강판이 하부플랜지하부에 용접된 보강 사례를 나타낸다. 보강판을 사다리꼴로 한 이유는 급작스러운 단면 변화에 따른 파단 가능성을 방지하기 위한 것으로, 설계시에는 단면 변화에 따른 모멘트 분배 변화를 고려하여야 한다.

## 6.4.3 헌치 보강

(1) 접합부에서 보 하부 플랜지를 수평헌치 또는 삼각헌치로 보강한다.

(2) 이러한 보강은 상대적으로 고비용이 소요되므로 특수모멘트 골조 접합부 수준의 내진보강이 요구되는 경우 적절한 방안이다.




(a) H형강 보 하부 삼각헌치 보강 (b) H형강 보 하부 수평헌치 보강

그림 6.5 접합부 헌치보강 사례

[해설]

(1) 기존 구조물의 경우 상부플랜지는 바닥슬래브의 존재로 인해 접근성이 떨어져 보강 및 수정이 곤란하다. 특히 의도치 않은 합성효과로 인한 부작용은 하부 플랜지와 관계되므로, 하부 플랜지를 수평헌치 또는 삼각헌치로 보강한다.

## 6.4.4 중량 전단탭 보강

(1) 기둥 플랜지와 보 웨브가 접합되는 지점에 중량 전단탭을 추가하여 기둥면에서 이격된 거리에서 보의 소성힌지가 위치하도록 하는 방안이다.

(2) 이러한 보강은 상대적으로 고비용이 소요되므로 특수모멘트 골조 접합부 수준의 내진보강이 요구되는 경우 적절한 공법이다.

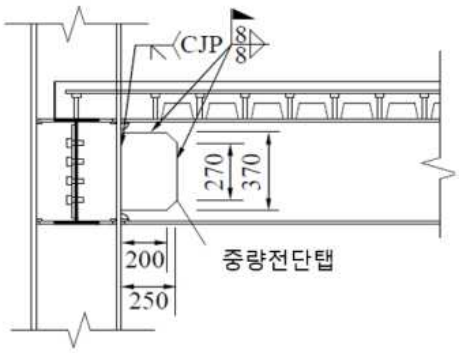



그림 6.6 중량전단탭 보강 사례

## 6.4.5 하부 플랜지 절취

(1) 바닥슬래브를 고려하여, 하부플랜지만을 절취한 보단면 감소부(RBS)를 도입하여, 기둥면에서 이격된 거리에서 조기에 항복시키는 방안이다.

(2) 이러한 보강은 상대적으로 고비용이 소요되므로 특수모멘트 골조 접합부 수준의 내진보강이 요구되는 경우에 사용가능한 공법이다.

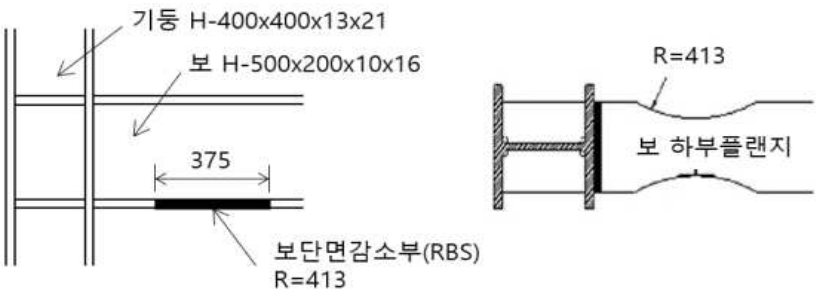



그림 6.7 하부플랜지 절취 사례

# 6.5 패널존 보강

(1) 패널존의 전단변형이 큰 경우, 그림 6.8과 같이 패널존 보강판(doubler plate)으로 보강한다.

(2) 기둥의 약축 방향으로 보가 없는 경우에는 기둥웨브의 한 면 또는 양 면에 패널존 보강판을 설치할 수 있다.

(3) 기둥의 약축 방향으로 보가 있는 경우에는 보 웨브 접합면 좌우로 나누어서 패널존 보강판을 설치할 수 있다.

(4) 기둥 웨브에 이중판을 설치하는 대신에 기둥의 양쪽 플랜지 끝단을 연결하는 형태로 패널존 보강판을 설치할 수 있다.

(5) 패널존 보강판은 플랜지에 그루브용접 또는 필릿용접을 통해 접합한다.

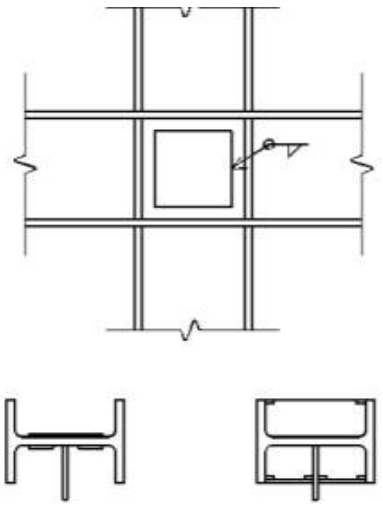


그림 6.8 패널존 보강 사례

# 6.6 주각부 보강

(1) 주각부는 지진하중의 증가 또는 상부 골조시스템의 변화에 따라 기둥에 증가된 부재력, 즉 축력과 모멘트, 전단력을 기초로 전달할 수 있어야 한다.

(2) 주각부를 구성하는 모든 소재, 즉 베이스 플레이트의 휨내력, 앵커볼트의 인장내력 및 전단내력, 기초판의 지압내력이 확보되었는지를 검토하여 필요시 보강하여야 한다. 내력이 심하게 부족한 경우 그림 6.9와 같이 철근콘크리트로 감싸 주각을 보강할 수 있다.

(3) 베이스 플레이트 보강

기둥에 증가된 축력 또는 모멘트에 의해 베이스 플레이트의 휨내력 증대가 필요한 경우 두께를 증가시키거나, 윙플레이트 등의 스티프너를 추가하여 보강할 수 있다.

(4) 앵커볼트 보강

인장력 또는 전단력에 저항하는 앵커볼트를 증가시키기 위해서는 베이스 플레이트와 기초판을 천공하여 기계적 정착이음을 사용할 수 있다.

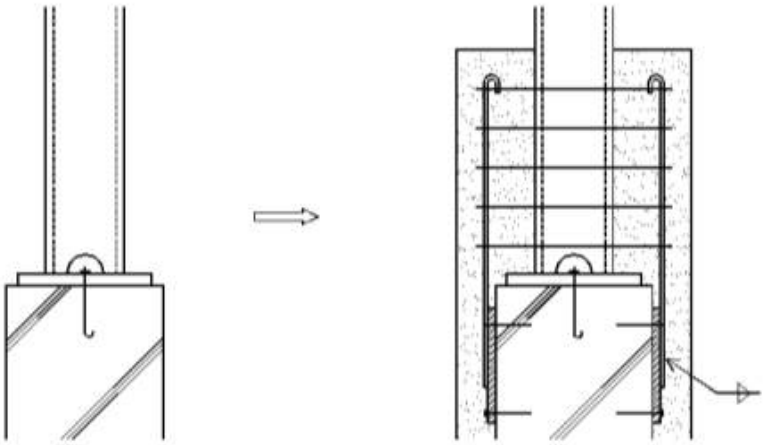


그림 6.9 주각부를 철근콘크리트로 감싼 보강 사례

# 6.7 특수부위의 보수

(1) 녹 제거와 방청 처리

녹 발생이 심한 경우에 단면적의 부족뿐만 아니라 일종의 노치가 형성되어 파단의 우려가 있으므로 녹을 제거한 후, 노치 부분을 매끈하게 간 후 적절한 방청처리를 하여야 한다.

(2) 피로 균열 부위 보강

반복하중에 따른 반복응력이 발생되는 부위에는 피로 균열 여부를 검사하여야 하며, 피로 균열이 발생시 보강하여야 한다.

(3) 소성변형 부위 보강

응력이 집중되어 또는 충격 등에 의해 소성변형이 발생한 부위는 강판 또는 형강을 첨부하여 추가적인 변형에 따른 파단을 방지하여야 한다.

(4) 러멜러 테어링 가능 부위 보강

형강 또는 강판의 두께가 크거나, Z방향의 강재 재질이 미흡한 경우에는 러멜러 테어링의 가능성이 크므로 보강하여야 한다.

# 6.8 데크 플레이트 보강

## 6.8.1 전단성능 향상

(1) 콘크리트가 없는 데크 플레이트 자체 또는 지진력 저항시스템과의 접합부의 내진성능이 부족한 경우 보강한다.

(2) 접합부 성능은 지진하중에 대한 데크 플레이트의 연성거동을 확보할 수 있어야 한다.

(3) 접합부는 용접이나 파스너로 보강한다. 기존 철골골조와 데크 플레이트의 접합부가 용접된 경우, 퍼들(puddle)용접을 사용하여 보강한다. 기존 접합부가 스크루, 샷핀(shot pin), 익스팬션앵커로 연결된 경우, 동일한 파스너를 사용하여 보강한다. 콘크리트 벽체와 같이 용접이나 파스너 직접 설치가 어려운 경우, 강재 ㄱ형강을 추가하고 확장형 앵커나 다우얼 철근으로 연결한다.

(4) 데크 유닛사이의 길이방향 조인트(연결부)를 심(seam)용접 또는 주름(crimp)으로 보강한다. 데크 스티프너를 추가할 수도 있다.

(5) 접합부 성능이 아닌 데크 플레이트 자체 성능이 부족한 경우, 콘크리트를 채우거나 수평가새 골조를 설치할 수 있다.

## 6.8.2 수평가새 설치

(1) 콘크리트슬래브가 없는 지붕 철골조에서 기존 다이아프램 자체 성능이 부족한 경우, 데크 플레이트를 대체하거나 콘크리트를 채우는 대신, 데크 플레이트 아래 수평가새를 설치하여 다이아프램으로 작용하도록 하는 방안이다.

(2) 기존 데크 플레이트와 신설 수평가새가 다이아프램의 전단력을 적절히 분배하도록 수평가새의 강성을 선택하여야 한다.

(3) 수직의 지진력 저항시스템이 비탄성 연성거동을 발현할 때 다이아프램은 탄성상태를 유지하여야 한다.

(4) 수평가새의 경사는 지붕 경사와 동일하여야 한다.

(5) 수평가새는 기존 골조에 용접 또는 볼트 접합한다. 거셋플레이트의 유무는 선택할 수 있다.

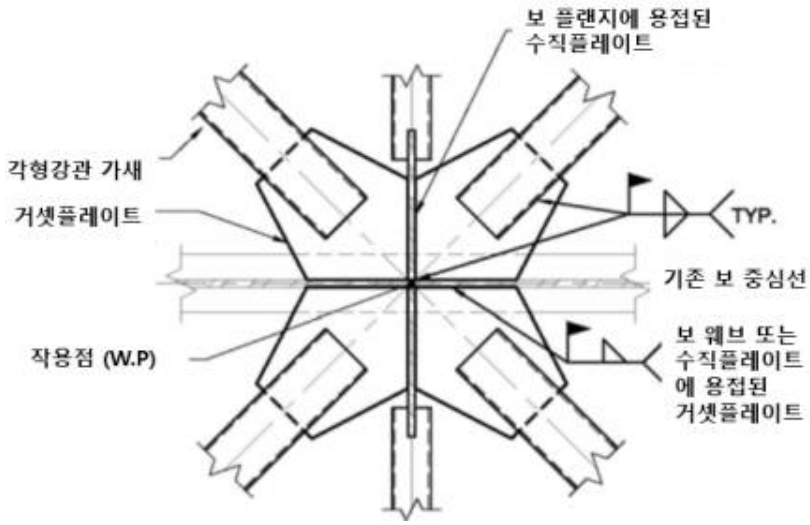



그림 6.10 수평가새골조 접합부 사례

## 6.8.3 인장 로드 수평가새

(1) 지붕에 설치된 인장 로드 가새는 턴버클들이 클레비스(clevis) 핀으로 연결된 로드들로 구성된다.

(2) 내진성능이 부족한 인장 로드는 전체를 교체하여야 한다.

(3) 클레비스 핀은 거셋플레이트에 볼트접합하여야 한다. 거셋플레이트는 강재보나 기둥, 벽체에 접합한다.

(4) 접합부는 전형적인 가새골조접합부와 유사하게 보강될 수 있다.

(5) 접합부의 강도는 로드 강도를 발현할 수 있어야 한다.

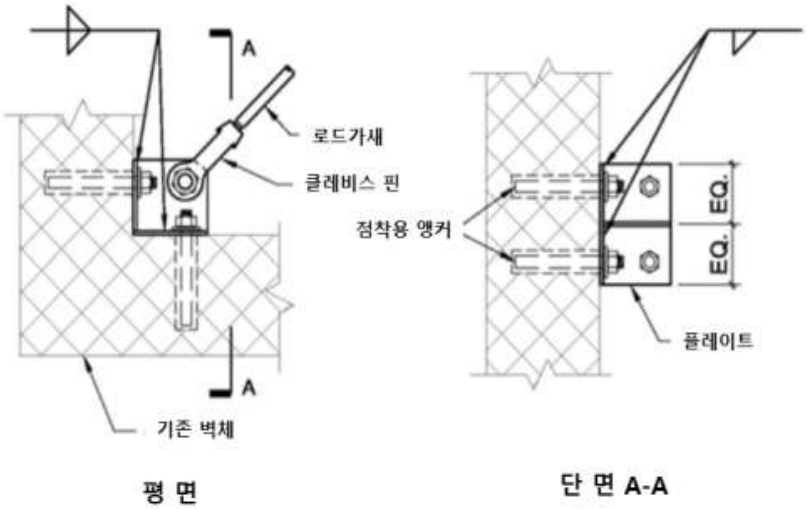



그림 6.11 벽체와 인장 로드 접합부 사례

# 제 7 장 기존 구조-보강재 연결부

## 7.1 일반사항

(1) 이 장은 기존 콘크리트와 보강재의 연결부 설계 및 내진성능평가에 적용한다.

(2) 기존 콘크리트와의 접합부에 발생하는 전단력, 인장력, 휨모멘트, 지랫대작용(prying action) 등은 힘지배거동으로 본다. 따라서 접합부의 강도는 재료강도의 하한값인 설계기준강도를 적용하여 이 장의 규정에 따라 산정한다.

(3) 강도감소계수 $\phi$는 1.0을 적용한다.

(4) 접합부에 균열이 발생할 수 있는 경우 접합부의 강도에서 콘크리트 저항은 고려하지 않는다.

## 7.2 후설치 앵커

### 7.2.1 일반사항

지진하중에 저항하는 후설치 앵커의 내진설계는 이 요령에서 별도로 규정하는 사항을 제외하면 KDS 14 20 54 콘크리트용 앵커 설계기준에 따른다.

#### 7.2.1.1 설계 일반

(1) 후설치 앵커에 가해지는 모든 작용은 힘지배형작용으로 간주한다. 후설치앵커의 공칭재료강도는 KDS 14 20 54의 규정에 따라 결정한다.

(2) 앵커를 부재의 모서리에 가깝게 설치하는 경우 연단거리의 효과를 고려하여 공칭강도를 감소시킨다.

(3) 앵커그룹은 무리 효과에 의한 강도감소를 고려하여야 한다. 하중의 편심효과 등으로 개별 앵커에 작용하는 하중이 불균등한 경우에 강재강도 및 뽑힘강도는 가장 큰 하중이 작용하는 앵커에 대해서 검토한다.

(4) 적절한 정착길이가 확보되는 횡철근 배근 시 콘크리트에 대한 구속효과나 직접 저항력을 고려할 수 있다.

(5) 기존의 콘크리트와 새로운 콘크리트를 연결하기 위해 앵커를 사용한 경우, 접촉면을 경계로 기존 콘크리트와 새로운 콘크리트는 각각 다른 설계기준강도를 나타내므로 각각의 강도를 적용하여 설계한다.

#### 7.2.1.2 지진하중에 저항하는 앵커의 추가 요구사항

건축구조기준에서 정의하는 지진구역 II의 내진특등급과 지진구역I의 내진1등급 및 내진특등급 구조물에 사용하는 앵커는 (1)에서 (5)까지의 요구사항을 추가로 만족하여야 한다. 여기서 규정하지 않은 사항은 콘크리트용 앵커 설계기준(KDS 14 20 54)에 따른다.

(1) 소성힌지 구간에서는 후설치 앵커의 묻힘 깊이를 강도계산 시 적용된 값보다 20 퍼센트 이상 증가시켜서 설치하고 설계도서에 명기한다. 앵커 설치 위치에서 예상되는 최대 균열폭이 모의 지진시험에서 적용된 균열폭보다 작음을 입증하는 경우에 한하여 묻힘깊이를 증가시키지 않을 수 있다.

(2) 지진하중에 저항하는 후설치 앵커는 다음 항목에 대하여 모의지진시험을 통해 검증된 것으로서 공인된 기관에서 발행한 성적서를 구비하여야 한다.

① 확장앵커 및 언더컷앵커 : 뽑힘강도 $N_p$와 강재의 전단강도 $V_{sa}$

② 부착식 앵커 : 부착강도 $\tau_{uncr}$, $\tau_{cr}$ 및 강재의 전단강도 $V_{sa}$

(3) 인장력에 대하여 다음 ①~④ 중에서 하나를 만족하도록 설계한다. 다만 지진하중이 차지하는 비중이 전체 하중의 20%보다 작은 경우에는 이 규정을 적용하지 않는다

① 7.2.2(2)~(4)에 따른 콘크리트 브레이크아웃, 뽑힘 및 부착강도가 7.2.2(1)에 따른 공칭 강재강도의 1.2배보다 크도록 설계한다. 앵커는 콘크리트용 앵커 설계기준(KDS 14 20 54) 4.1(3) ④다(가)의 요구사항에 따라 충분한 연성능력을 확보할 수 있는 재료와 상세로 제작 및 설치되어야 한다.

② 초과강도와 변형경화 효과를 고려한 부속물의 연성항복 메커니즘에 의해서 앵커에 전달될 수 있는 최대 인장력에 대해 설계한다.

③ 항복하지 않는 부속물에 의해 앵커로 전달될 수 있는 최대 인장력에 대해서 설계한다.

④ 초과강도에 의해서 증가되는 지진력을 포함하는 설계하중조합으로부터 얻은 최대 인장력에 대해 설계한다.

(4) 콘크리트에 균열이 발생하지 않는다고 판단할 수 없다면 앵커의 설계인장강도는 표 7-1을 적용한다.

(5) 전단력에 대하여 다음 ①~③ 중에서 하나를 만족하도록 설계한다. 다만 지진하중이 차지하는 비중이 전체 하중의 20%보다 작은 경우에는 이 규정을 적용하지 않는다.

① 초과강도와 변형경화 효과를 고려한 부속물의 연성항복 메커니즘에 의해서 앵커에 전달될 수 있는 최대 전단력에 대해 설계한다.

② 항복하지 않는 부속물에 의해 앵커로 전달될 수 있는 최대 전단력에 대해서 설계한다.

③ 초과강도에 의해서 증가되는 지진력을 포함하는 설계하중조합으로부터 얻은 최대 전단력에 대해 설계한다.

(6) 앵커의 강도가 내진보강 효과를 제한하지 않도록 (3) 및 (5)의 규정에 따라 충분한 강도를 갖도록 설계하여야 하며, 그렇지 않은 경우 실험을 통해 연결부의 성능을 입증하여야 한다.

표 7.1 지진하중에 저항하는 앵커의 설계인장강도

| 파괴모드 | | 설계인장강도 |
|---|---|---|
| 인장 | 단일앵커 또는 앵커그룹에서 가장 큰 응력을 받는 개별 앵커의 강재강도 | $\phi N_{sa}$ |
| | 콘크리트 브레이크아웃강도 | $\phi 0.75 N_{cb}$ 또는 $\phi 0.75 N_{cbg}$ |
| | 단일앵커 또는 앵커그룹에서 가장 큰 응력을 받는 확장앵커 및 언더컷앵커의 뽑힘강도 | $0.75\phi N_{pn}$ |
| | 부착식앵커의 부착강도 | $0.75\phi N_a$ 또는 $0.75\phi N_{ag}$ |
| 전단 | 단일앵커 또는 앵커그룹에서 가장 큰 응력을 받는 앵커의 강재강도 | $\phi V_{sa}$ |
| | 콘크리트 브레이크아웃강도 | $\phi V_{cb}$ 또는 $\phi V_{cbg}$ |
| | 콘크리트 프라이아웃강도 | $\phi V_{cp}$ 또는 $\phi V_{cpg}$ |

[해설]

(1) 콘크리트용 앵커 설계기준에서는 원칙적으로 지진 시 소성힌지 위치에서 후설치앵커의 적용을 허용하고 있지 않으나 내진설계되지 않은 기존건물에서 현실적으로 내진보강설계가 어려워지기 때문에 이 요령에서는 앵커의 묻힘 깊이를 증가시켜 설계하도록 규정하였다. 이하에서 설명하는 ICC 또는 EOTA 인증서를 구비한 앵커는 상기 수치를 소성힌지 위치에서의 앵커 묻힘깊이 증가 면제 규정에 활용할 수 있다.

(2) 콘크리트용 후설치 앵커의 모의 지진실험 방법에 대한 규정으로는 ACI 355.2 Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary, ACI 355.4 Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary, ETAG 001 Guideline for European Technical Approval of Metal Anchrs for Use in Concrete 등이 있으며, 각각 ICC(International Code Council) 및 EOTA(European Organization of Technical Approval)에서 관련 인증서를 발급하고 있다. ACI 355.2 및 ACI 355.4에서는 0.5 mm의 균열폭에서 반복가력 시험을 수행하도록 규정하고 있으며, ETAG 001 Guideline에서는 시험 범주를 C1과 C2로 나누고 각각 0.5 mm 및 0.8 mm의 균열폭을 적용한 반복가력 시험 절차를 규정하고 있다.

## 7.2.2 인장강도

앵커의 공칭인장강도는 그림 7.1에서와 같이 앵커 강재강도, 인장을 받는 콘크리트 브레이크아웃강도, 확장앵커 및 언더컷앵커의 뽑힘 강도, 부착식 앵커의 부착강도로 구분할 수 있다. 지배 설계강도는 7.2.1.2(2)의 요구조건 및 표 7.1의 추가적인 강도저감을 고려하여 결정한다.

[해설]

이 요령에서 제시하는 인장강도 및 그에 관련된 수정계수의 계산식은 콘크리트 앵커 설계기준을 참조하였다. 콘크리트 측면파열강도는 주로 선설치 방식인 헤드앵커에서 발생하므로 제외하였으나 필요시 콘크리트용 앵커 설계기준에 따라 강도를 산정한다.

(1) 인장을 받는 앵커의 강재강도

강재의 파괴에 의해 결정되는 앵커의 인장강도는 식 (7.1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N_{sa} = nA_{se}f_{uta} \tag{7.1}$$

$$f_{uta} = 1.9f_y \leq 860 \text{ MPa} \tag{7.2}$$

$$A_{se} = \frac{\pi}{4}\left(d_a - \frac{0.9743}{n_t}\right)^2 \tag{7.3}$$

여기서,

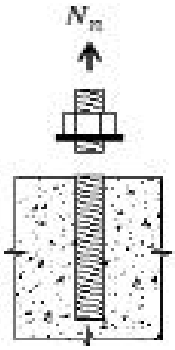
$n$ : 앵커 그룹에서 인장력이 작용하는 앵커의 수

$n_t$ : mm당 나사산의 수

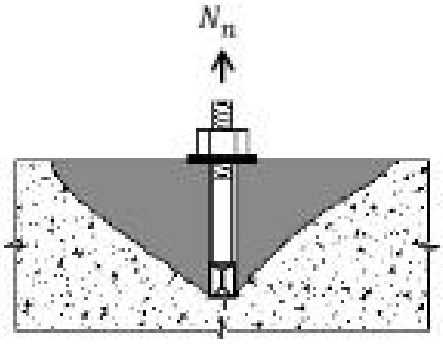
$d_a$ : 앵커의 외경

(2) 인장을 받는 앵커의 콘크리트 브레이크아웃강도

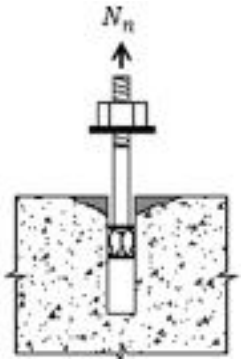
① 단일 또는 다수의 앵커에 의하여 인장을 받는 콘크리트의 파괴강도는 각각 다음 식 (7.4) 및 (7.5)를 이용하여 구할 수 있다.



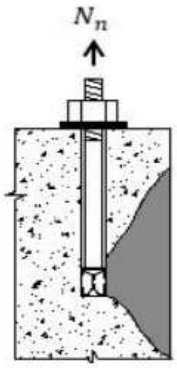

(a) 앵커강재의 인장파괴




(b) 인장을 받는 원추형 콘크리트 파괴




(c) 앵커의 뽑힘 파괴




(d) 콘크리트의 측면 파열

그림 7.1 인장에 의한 후설치 앵커의 파괴 유형

단일 앵커 :

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \tag{7.4}$$

앵커 그룹 :

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \tag{7.5}$$

여기서,

$A_{Nco}$ : 연단거리가 $1.5h_{ef}$ 이상인 단일 앵커에 대한 콘크리트 파괴면의 투영면적으로서 식 (7.6)에 의해 산정함.

$A_{Nc}$ : 단일 앵커의 중심, 앵커 그룹에서는 인접 앵커 열의 중심선으로부터 $1.5h_{ef}$ 밖으로 투영하여 만들어진 사각형상을 기초로 하여 계산된 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 투영된 영향면적. $nA_{Nco}$이하이어야 함. 그림 7.2의 설치 위치 조건에 대해서 식 (7.7)과 같이 산정할 수 있음.

콘크리트 파괴강도 식 (7.4) 및 (7.5)의 계산에 필요한 변수는 다음 식 (7.6)부터 (7.8)과 같이 계산한다.

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 \tag{7.6}$$

$$A_{Nc} = \begin{cases} (c_{a1}+1.5h_{ef})(2\times1.5h_{ef}) & c_{a1} < 1.5h_{ef}\text{인 경우} \\ (c_{a1}+s_1+1.5h_{ef})(2\times1.5h_{ef}) & c_{a1} < 1.5h_{ef}, \text{또한 } s_1 < 3h_{ef}\text{인 경우} \\ (c_{a1}+s_1+1.5h_{ef})(c_{a2}+s_2+1.5h_{ef}) & c_{a1}, c_{a2} < 1.5h_{ef}, \text{또한 } s_1, s_2 < 3h_{ef}\text{인 경우} \end{cases} \tag{7.7}$$

$$N_b = k_c\sqrt{f_{ck}}h_{ef}^{1.5}, \quad \begin{cases} k_c = 10 & \text{선설치 앵커의 경우} \\ k_c = 7 & \text{후설치 앵커의 경우} \end{cases} \tag{7.8}$$

여기서,

$h_{ef}$ : 앵커의 묻힘 깊이

$c_{a1}$ : 인장력이 작용하는 앵커 샤프트 중심부터 콘크리트 단부까지의 최소 연단거리, mm

$c_{a2}$ : 앵커 샤프트 중심으로부터 $c_{a1}$과 직각방향에 있는 콘크리트 단부까지의 거리, mm

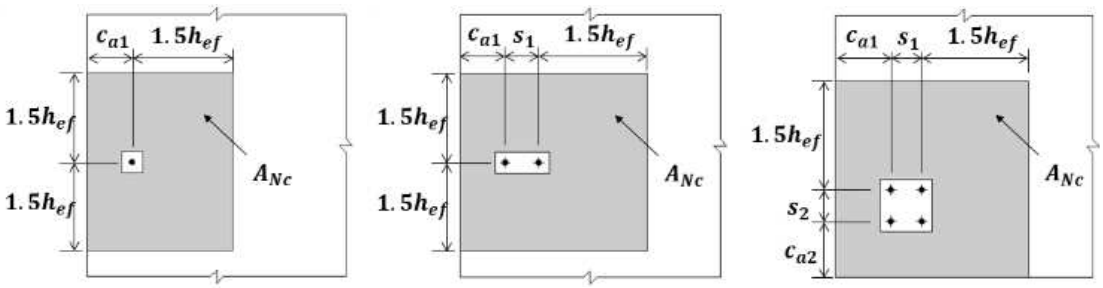



그림 7.2 앵커 위치에 따른 콘크리트 파괴체의 투영면적 $A_{Nc}$

② 식 (7.4) 및 식 (7.5)에 적용되는 수정계수 $\psi_{ec,N}$, $\psi_{ed,N}$, $\psi_{c,N}$, $\psi_{cp,N}$는 다음과 같이 계산한다.

편심하중에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e'_N}{3h_{ef}}} \le 1.0 \tag{7.9}$$

여기서,

$e'_N$ : 앵커 중심과 인장력 작용지점 사이의 거리

가장자리 영향에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ed,N} = \begin{cases} 1 & c_{a,\min} \ge 1.5h_{ef} \\ 0.7+0.3\frac{c_{a,\min}}{1.5h_{ef}} & c_{a,\min} < 1.5h_{ef} \end{cases} \tag{7.10}$$

여기서,

$c_{a,\min}$ : 앵커 중심에서 콘크리트 단부까지의 최소 연단거리

균열의 영향에 관한 수정계수 :

$$\psi_{c,N} = \begin{cases} 1.25 & \text{선설치 앵커(비균열 단면)} \\ 1.4 & \text{후설치 앵커(비균열 단면)} \\ 1.0 & \text{균열 단면} \end{cases} \tag{7.11}$$

비균열 콘크리트에 보조철근 없이 사용하는 후설치앵커의 수정계수 :

$$\psi_{cp,N} = \begin{cases} 1.0 & c_{a,\min} \ge c_{ac} \\ c_{a,\min}/c_{ac} \ge 1.5h_{ef}/c_{ac} & c_{a,\min} < c_{ac} \end{cases} \tag{7.12}$$

여기서,

$c_{ac}$ : 쪼갬파괴 방지를 위하여 7.2.5(5)에 제시된 임계 연단거리

③ 앵커 그룹에서 일부의 앵커에만 인장력이 가해질 경우 $\psi_{ec,N}$에 적용되는 $e'_N$의 결정과 식 (7.5)에서 $N_{cbg}$의 계산은 인장을 받는 앵커에 대해서만 고려하며, 두 축에 대하여 편심 하중이 존재하는 경우 수정계수 $\psi_{ec,N}$은 각 축에 대하여 독립적으로 계산하고, 이 계수의 곱을 식 (7.5)에서 $\psi_{ec,N}$으로 사용하여야 한다.

④ 콘크리트 파괴면을 기준으로 양쪽으로 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준(KDS 14 20 52)에서 규정하고 있는 정착길이를 확보한 철근이 있거나, 앵커를 감싸고 있으면서 파괴면을 지나서 충분한 정착길이를 확보한 철근이 있으면, 이 철근의 강도로 콘크리트 파괴강도를 대신할 수 있다. 이 때 철근의 강도는 공칭항복강도의 0.75배를 적용한다.

(3) 앵커의 뽑힘강도

인장에 의한 앵커의 뽑힘 시 강도는 식 (7.13)과 같이 계산한다.

$$N_{pn} = \psi_{c,P} N_P \tag{7.13}$$

여기서,

$$\psi_{c,P} = \begin{cases} 1.4 & \text{비균열 시} \\ 1.0 & \text{균열 시} \end{cases}$$

$$N_P = \begin{cases} 8A_{brg} f_{ck} & \text{단일 헤드스터드 또는 헤드볼트} \\ 0.9 f_{ck} e_h d_a \quad \text{단}, 3d_a \le e_h \le 4.5d_a & \text{단일 갈고리 볼트} \end{cases}$$

$A_{brg}$ : 볼트의 헤드지압면적

(4) 인장을 받는 부착식 앵커의 부착강도

① 이 요령에서 규정하는 앵커의 부착강도는 묻힘깊이의 범위 $4d_a \le h_{ef} \le 20d_a$에 대해서 적용한다.

② 인장에 의한 부착식앵커의 부착파괴 시 강도는 단일 앵커와 앵커 그룹에 대하여 각각 식 (7.14) 및 (7.15)와 같이 계산한다.

단일 부착식앵커 :

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Nao}} \psi_{ed,Na}\, \psi_{cp,Na}\, N_{ba} \tag{7.14}$$

부착식앵커 그룹 :

$$N_{ag} = \frac{A_{Na}}{A_{Nao}} \psi_{ec,Na}\, \psi_{ed,Na}\, \psi_{cp,Na}\, N_{ba} \tag{7.15}$$

여기서,

$N_{ba}$ : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본부착강도

$A_{Nao}$ : 연단거리가 $c_{Na}$ 이상인 단일 앵커에 대한 부착파괴의 투영된 영향면적으로서 식 (7.16)에 의해 산정함.

$A_{Na}$ : 앵커의 중심, 앵커 그룹에서는 인접 앵커 열의 중심선으로부터 $c_{Na}$ 밖으로 투영하여 만들어진 사각형상을 기초로 하여 계산된 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 투영된 영향면적. $nA_{Nao}$이하이어야 함. 그림 7.3의 설치 위치 조건에 대해서 식 (7.17)과 같이 산정할 수 있음.

$n$ : 앵커 그룹에서 인장력이 작용하는 앵커의 수

부착강도 식 (7.14) 및 (7.15)의 계산에 필요한 변수는 다음 식 (7.16)부터 (7.19)와 같이 계산한다.

$$A_{Nco} = (2c_{Na})^2 \tag{7.16}$$

$$A_{Na} = \begin{cases} (c_{a1} + c_{Na})(2c_{Na}) & c_{a1} < c_{Na}\text{인 경우} \\ (c_{a1} + s_1 + c_{Na})(2c_{Na}) & c_{a1} < c_{Na}, \text{또한 } s_1 < 2c_{Na}\text{인 경우} \\ (c_{a1} + s_1 + c_{Na})(c_{a2} + s_2 + c_{Na}) & c_{a1}, c_{a2} < c_{Na}, \text{또한 } s_1, s_2 < 2c_{Na}\text{인 경우} \end{cases} \tag{7.17}$$

$$c_{Na} = 10d_a\sqrt{\frac{\tau_{uncr}}{7.6}} \tag{7.18}$$

여기서,

$\tau_{uncr}$ : 비균열 콘크리트에서의 특성부착강도로서 공인된 시험절차에 따라 수행 및 평가된 실험 결과의 제5백분위수로 한다.

인장력을 받는 단일 앵커의 기본부착강도는 식 (7.19)의 값 이하로 한다.

$$N_{ba} = \lambda_a \tau_{cr} \pi d_a h_{ef} \tag{7.19}$$

여기서,

$\lambda_a$ : 경량콘크리트계수(보통중량콘크리트는 1.0, 경량콘크리트는 0.75~1.0)

$\tau_{cr}$ : 균열 콘크리트에서의 특성부착강도로서 공인된 시험절차에 따라 수행 및 평가된 실험 결과의 제5백분위수로 한다.

$d_a$ : 앵커의 직경

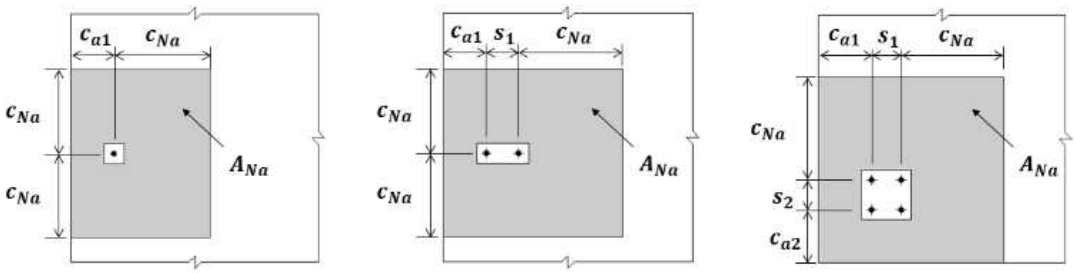



그림 7.3 앵커 위치에 따른 부착파괴의 투영된 영향면적 $A_{Na}$

③ 해석 결과 지진하중 작용 시 균열이 발생하지 않는 것으로 나타난 콘크리트 부재의 영역에 사용되는 부착식앵커에 대해서는 식 (7.19)의 $\tau_{cr}$을 $\tau_{uncr}$로 대체할 수 있다.

④ 식 (7.14) 및 식 (7.15)에 적용되는 수정계수 $\psi_{ec,Na}$, $\psi_{ed,Na}$, $\psi_{c,Na}$, $\psi_{cp,Na}$는 다음과 같이 계산한다.

편심하중에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ec,Na} = \frac{1}{\left(1+\frac{e'_N}{c_{Na}}\right)} \le 1.0 \tag{7.20}$$

가장자리 영향에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ed,Na} = \begin{cases} 1 & c_{a,\min} \ge c_{Na} \\ 0.7+0.3\frac{c_{a,\min}}{c_{Na}} & c_{a,\min} < c_{Na} \end{cases} \tag{7.21}$$

비균열 콘크리트에 보조철근 없이 사용하는 후설치앵커의 수정계수 :

$$\psi_{cp,Na} = \begin{cases} 1.0 & c_{a,\min} \ge c_{ac} \\ \frac{c_{a,\min}}{c_{ac}} & c_{a,\min} < c_{ac} \end{cases} \tag{7.22}$$

여기서, 부착식앵커 그룹에서 일부의 앵커에만 인장력이 가해질 경우 식 (7.20)에 사용되는 $e'_N$의 결정과 식 (7.15)에서 $N_{ag}$의 계산은 인장을 받는 앵커에 대해서만 고려하며, 두 축에 대하여 편심하중이 존재하는 경우 수정계수 $\psi_{ec,Na}$는 각 축에 대하여 독립적으로 계산하고, 이 계수의 곱을 식 (7.15)에서 $\psi_{ec,Na}$로 사용하여야 한다.

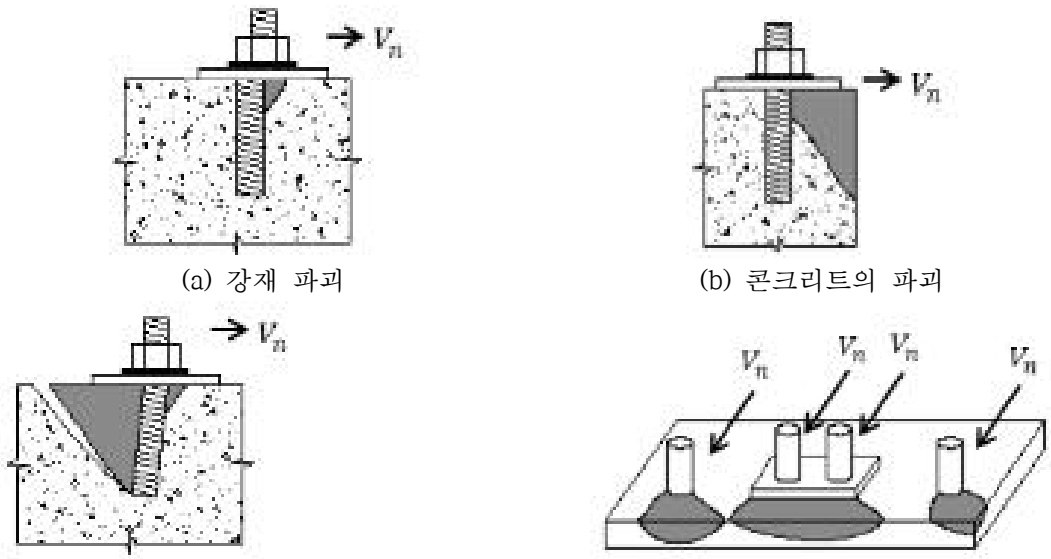
## 7.2.3 전단강도

앵커의 공칭전단강도는 그림 7.4에서와 같이 앵커 강재의 전단강도, 콘크리트의 브레이크아웃강도, 콘크리트의 프라이아웃강도로 구분할 수 있으며 이중 최솟값을 강도로 정한다.

(1) 전단을 받는 앵커의 강재강도

전단을 받고 슬리브가 전단파괴면까지 연장되지 않은 후설치앵커의 강재강도는 식 (7.23)을 이용하여 구할 수 있다. 슬리브가 전단파괴면까지 연장된 후설치앵커의 강재강도는 별도의 실험결과에 기초하여 평가되어야 한다.

$$V_s = n0.6A_{se}f_{uta} \tag{7.23}$$




(a) 강재 파괴 (b) 콘크리트의 파괴

(c) 프라이아웃 파괴 (d) 설치조건별 콘크리트 파괴 영역

그림 7.4 전단에 의한 앵커의 파괴 유형

(2) 전단을 받는 콘크리트 파괴강도

① 전단에 의한 앵커의 콘크리트 파괴강도는 단일 앵커와 앵커 그룹에 대하여 각각 식 (7.24) 및 (7.25)와 같이 계산한다.

단일 앵커 :

$$V_{cb} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} V_b \tag{7.24}$$

앵커 그룹 :

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} \psi_{h,V} V_b \tag{7.25}$$

여기서,

$A_{Vco}$ : 전단력 작용선에서 직각방향으로의 연단거리가 $1.5c_{a1}$ 이상이고 부재 두께가 충분히 두꺼운 경우에 단일 앵커의 콘크리트 파괴면을 부재 측면에 투영한 면적으로서 식 (7.26)에 의해 산정한다.

$A_{Vc}$ : 단일 앵커 또는 앵커 그룹에 대해 콘크리트 가장자리 측면에 생기는 파괴면의 투영면적. 그림 7.5와 같이 전단력 작용방향 앵커열 중심선으로부터 같은 방향 연단거리의 1.5배에 해당되는 수평 및 수직 방향 이격거리에 의해서 영역이 한정되는 수직으로 잘린 피라미드의 아랫면에 해당되는 투영면적. 하중 직교방향 연단거리 $c_{a2}$나 두께 $h_a$에 의해 감소할 수 있음. $nA_{Vco}$이하이어야 한다.

$n$ : 앵커 그룹에서 전단력이 작용하는 앵커의 수

$V_b$: 균열콘크리트에 설치된 단일 앵커의 기본전단강도로서 식 (7.27)에 의해 산정한 값을 초과할 수 없다.

$c_{a1}$: 전단력이 작용하는 앵커 샤프트 중심부터 전단력 방향의 콘크리트 단부까지의 연단거리, mm. 단, 폭이 좁고 두께가 충분하지 않은 단면에 앵커가 정착되어 있어서, 양쪽 연단거리 $c_{a2}$와 부재 두께 $h_a$가 모두 $1.5c_{a1}$보다 작은 경우, 7.2.3(2)에서 사용되는 $c_{a1}$은 가장 큰 연단거리의 2/3, $h_a$의 2/3, 전단력 직각방향으로 가장 큰 앵커 사이 간격의 1/3 중 큰 값 이하이어야 한다.

$c_{a2}$: 앵커 샤프트 중심부터 $c_{a1}$과 직각방향에 있는 콘크리트 단부까지 거리, mm

$$A_{Vco} = 4.5c_{a1}^2 \tag{7.26}$$

$$V_b = \left\{0.6\left(\frac{l_e}{d_a}\right)^{0.2}\sqrt{d_a}\right\}\lambda_a\sqrt{f_{ck}}(c_{a1})^{1.5} \le 3.7\sqrt{f_{ck}}(c_{a1})^{1.5} \tag{7.27}$$

여기서,

$l_e$ : 전단력에 대해 앵커가 지압을 받는 길이. 묻힌 단면의 전체 길이에 걸쳐 일정한 강성을 갖는 앵커로서 전체 묻힘깊이에 걸쳐 단일 관을 가지는 후설치앵커인 경우는 $l_e = h_{ef}$이고, 간격슬리브가 확장슬리브와 분리된 비틀림제어 확장앵커인 경우는 $l_e = 2d_a$이며, 어떠한 경우도 $l_e$가 $8d_a$이하이어야 한다.

② 가장자리에 평행한 방향으로 작용하는 전단력에 대한 $V_{cb}$ 또는 $V_{cbg}$는 각각 식 (7.24) 및 (7.25)로부터 정해지는 값의 2배로 할 수 있다. 이때 전단력은 가장자리에 직각 방향으로 작용한다고 가정하고 $\psi_{ed,V}$는 1.0을 적용한다.

③ 식 (7.24) 및 식 (7.25)에 적용되는 수정계수 $\psi_{ec,V}$, $\psi_{ed,V}$, $\psi_{c,V}$, $\psi_{h,V}$는 다음과 같이 계산한다.

편심하중에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1+\dfrac{2e'_V}{3h_{ef}}} \le 1.0 \tag{7.28}$$

가장자리 영향에 관한 수정계수 :

$$\psi_{ed,V} = \begin{cases} 1 & c_{a2} \ge 1.5c_{a1} \\ 0.7+0.3\dfrac{c_{a2}}{1.5c_{a1}} & c_{a2} < 1.5c_{a1} \end{cases} \tag{7.29}$$

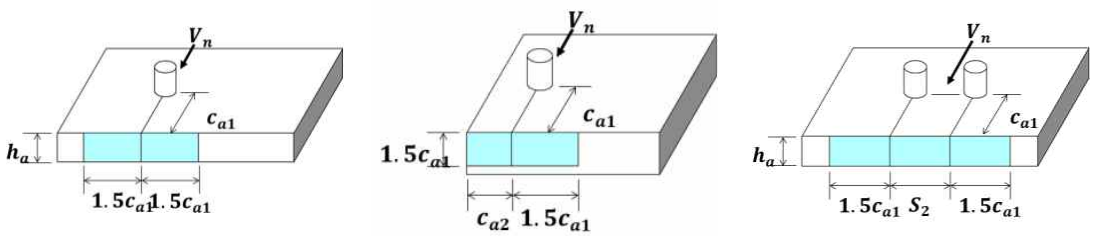



그림 7.5 앵커 위치에 따른 콘크리트 전단파괴의 투영된 영향면적 $A_{Vc}$

균열의 영향에 관한 수정계수 :

$$\psi_{c,V} = \begin{cases} 1.4 & \text{비균열 단면} \\ 1.0 & \text{보조철근이 없거나 } D13 \text{ 미만의 가장자리 보강근 배근} \\ 1.2 & \text{앵커와 가장자리 사이에 } D13 \text{ 이상 보조철근 배근} \\ 1.4 & \text{앵커와 가장자리 사이에 } D13 \text{ 이상 보조철근 배근, 스터럽 간격} \le 100\,\text{mm} \end{cases} \tag{7.30}$$

부재 두께에 관한 수정계수 :

$$\psi_{h,V} = \sqrt{\frac{1.5c_{a1}}{h_a}}, \quad h_a < 1.5c_{a1} \tag{7.31}$$

여기서,

$h_a$ : 앵커가 설치되는 부재의 앵커 축방향 두께

④ 콘크리트 파괴면을 기준으로 양쪽으로 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준(KDS 14 20 52)에서 규정하고 있는 정착길이를 확보한 철근이 있거나, 앵커를 감싸고 있으면서 파괴면을 지나서 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준에 따른 충분한 정착길이를 확보한 철근이 있으면, 이 철근의 강도로 콘크리트 파괴강도를 대신할 수 있다. 이 때 철근의 강도는 공칭항복강도의 0.75배를 적용한다.

(3) 콘크리트 프라이아웃 강도

콘크리트의 프라이아웃 강도는 식 (7.32) 및 식 (7.33)과 같이 계산한다.

단일 앵커 :

$$V_{cp} = k_{cp} N_{cbg} \tag{7.32}$$

앵커 그룹 :

$$V_{cpg} = k_{cp} N_{cpg} \tag{7.33}$$

여기서,

$$k_{cp} = \begin{cases} 1.0 & h_{ef} < 65\,\text{mm} \\ 2.0 & h_{ef} \geq 65\,\text{mm} \end{cases}$$

$N_{cp}$, $N_{cpg}$ : 각각 인장을 받는 앵커의 콘크리트 파괴강도 $N_{cb}$와 $N_{cbg}$를 사용한다. 다만, 부착식 앵커의 경우에는 각각 부착강도 $N_a$와 $N_{ag}$를 초과할 수 없다.

## 7.2.4 조합응력

앵커에 인장력과 전단력이 동시에 작용하는 경우에는 두 힘의 조합에 그림 7.6의 3선형 상관선을 적용하여 설계한다.

(1) 7.2.2에 따라 계산한 설계인장강도의 20 퍼센트 이하에 해당하는 인장력과 조합되는 경우 100 퍼센트의 설계전단강도를 사용할 수 있다. 마찬가지로 7.2.3에 따라 계산한 설계전단강도의 20 퍼센트 이하에 해당하는 전단력과 조합되는 경우 100 퍼센트의 설계인장강도를 사용할 수 있다.

(2) 각각 설계강도의 20 퍼센트를 초과하는 인장력과 전단력이 함께 작용하는 경우에 다음 식 (7.34)를 적용하여 설계한다. 단, 강도감소계수 $\phi$는 1.0을 적용한다.

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1.2 \tag{7.34}$$

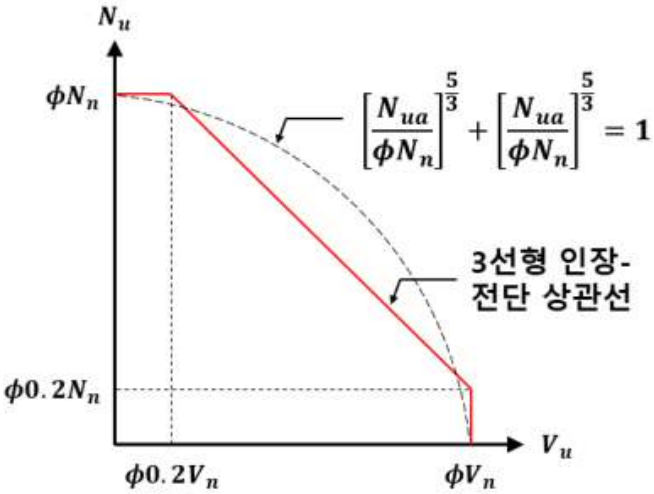



그림 7.6 앵커의 인장강도와 전단강도의 상관선

## 7.2.5 쪼갬파괴를 방지하기 위한 연단거리, 앵커 간격 및 두께

(1) 쪼개짐을 제어하기 위한 보조철근이 배치되어 있지 않으면, 후설치 앵커의 최소 간격과 연단거리 및 부재의 최소 두께는 (2)부터 (6)까지의 규정에 따라야 한다. 또는 별도의 제품 시험을 통해 더 작은 값을 사용할 수 있다. 여기에서 규정하지 않은 사항에 대해서는 콘크리트구조기준에 따른다.

(2) 후설치앵커의 최소 중심간격은 $6d_a$이어야 한다.

(3) 후설치 앵커에 대한 최소 연단거리는 건축구조기준에 규정된 철근의 피복두께 요구 조건 이상이거나 별도의 시험에 따른 제품의 최소 연단거리 요구 조건에 근거하여야 하되, 최대 골재 크기의 두 배 이상이어야 한다. 별도의 시험을 거치지 않은 경우 최소 연단거리는 다음 값 이상이어야 한다.

① 언더컷앵커 : $6d_a$

② 비틀림제어 앵커: $8d_a$

③ 변위제어 앵커: $10d_a$

④ 부착식앵커: $6d_a$

(4) 확장 또는 언더컷 후설치 앵커에 대한 $h_{ef}$ 값은 부재치수의 2/3와 부재치수 100 mm 중 큰 값 이하이어야 한다.

(5) 별도의 인장 실험에 의해 결정되지 않는 경우, 위험 연단거리 $c_{ac}$는 다음 값 이상이어야 한다.

① 언더컷앵커: $2.5h_{ef}$

② 비틀림제어 앵커: $4h_{ef}$

③ 변위제어 앵커: $4h_{ef}$

④ 부착식앵커: $2h_{ef}$

(6) 시공 도면과 시방서에 설계에서 가정된 최소 연단거리를 갖는 앵커를 사용할 것을 명기하여야 한다.

| |
|---|
| [해설]<br>이 요령에서 제시하는 연단거리, 앵커간격 및 두께에 관한 제한 규정은 콘크리트용 앵커 설계기준에 따른 것이다. |

## 7.2.6 품질관리

(1) 후설치 앵커는 시공 도면과 시방서에 따라 설치되어야 한다.

(2) 후설치 앵커의 시공은 개별 앵커의 설치 매뉴얼에 규정된 방법에 따른다.

(3) 수평 또는 상향 천공되는 부착식 앵커의 접착제는 흘러나오지 않고 밀실하게 채워졌음을 확인하여야 한다.

(4) 후설치 앵커의 설치를 위해 기존 콘크리트에 천공된 구멍은 반드시 개별 앵커의 설치 매뉴얼에 따라 브러쉬로 청소하여야 한다. 규정에 따라 청소를 실시하지 않고 설치된 앵커는 7.2에 따라서 결정되는 강도를 발휘한다고 볼 수 없다.

.

# 7.3 보강철근의 정착 및 이음

## 7.3.1 기존 콘크리트에 정착

(1) 보강철근은 기존 콘크리트에 정착하거나 다우얼바를 통하여 정착되어야 한다.

(2) 앵커 혹은 다우얼바를 이용한 정착강도는 7.2의 규정에 따른다. 접착물 혹은 캡슐을 이용하는 철근을 정착시킬 경우 공급자가 제공하는 상세와 권고사항을 고려하여야 한다.

## 7.3.2 기존 철근과의 이음

(1) 기존 및 보강 철근은 건축구조기준에 따라 겹침이음한다. 겹침이음은 기존 콘크리트를 제거하여 철근을 노출시키고 이음할 철근을 설치한 후 새로 콘크리트를 타설하는 방식으로 시공한다.

(2) 만약 건축구조기준의 규정이 요구하는 이음길이를 만족시키지 못할 경우, 보강철근은 직경과 항복강도가 같거나 더 큰 기존 철근에 용접하여 정착시킨다. 단, 철근에 작용하는 응력이 큰 경우 용접하지 말아야 한다.

(3) 보강철근이 기존의 철근 옆에 배치되거나 붙어 배근되는 경우 겹침용접한다. 겹침용접의 길이는 적어도 보강철근 직경 $d_b$ 의 15배 이상이어야 한다. 적어도 두 군데 이상에서 용접하여야 하고, 모든 용접부위의 용접길이는 $5d_b$ 보다 작지 않아야 한다.

(4) 두 철근의 맞댐용접은 동일한 현장조건에서 표준용접을 실시하여 인장 및 다른 타당한 하중시험을 실시한 경우에 한에서 허용된다. 맞댐 용접 대신, 길이가 $10d_b$ 이상인 두 개의 짧은 용접철근을, 기존 및 보강 철근의 길이방향에 대하여 대칭으로 양옆에 겹침용접하여 편심이 없도록 기존 철근과 보강 철근을 잇는 방법을 사용할 수 있다. 용접철근과 이음철근 사이의 겹침용접의 길이는 적어도 $5d_b$ 이상이어야 한다.

(5) 보강 철근을 기존 철근의 옆에 붙여 이을 수 없거나 이음부에 편심이 발생한 경우, 충분한 해석 및 실험으로 증명한 적당한 방법을 사용하여야 한다. 스터럽으로 보강철근을 둘러싸는 경우 정착성능을 크게 향상시킬 수 있다.

(6) 모든 경우에 보강철근이 겹침이음되어 있거나 용접되어 있는 기존 철근의 총 정착강도는 구조설계기준에 따른다.

## 7.3.3 불충분한 겹침길이

(1) 내진보강 설계 시 건축구조기준에서 요구되는 겹침길이를 충분히 확보할 수 없는 경우에는 평가요령 5.6에 따라서 저항성능을 저감하여 설계하고 내진성능평가에도 반영하여야 한다.

(2) 추가적인 겹침길이를 확보하기 위하여 용접으로 연장하는 경우 철근의 국부적인 연성도 저하를 고려한다.

(3) 외부 구속효과를 증가시키기 위하여 구속철근 또는 FRP를 설치할 수 있다.

① 구속효과의 증가에 필요한 띠철근 또는 강재의 단면적은 식 (7.35)에 따라 산정한다.

$$A_j/s = \gamma_{Rd}\frac{(1-\lambda_s)}{\beta}\frac{1}{\mu}\frac{f_{yk}}{\sigma_{jd}}\frac{A_b}{l_s} \tag{7.35}$$

여기서,

$$\beta = b_f / B \leq 1.0 \tag{7.36}$$

$A_j$ : $t_j w_j$횡구속 보강재의 단면적

$s$ : 횡구속 재료의 간격

$A_b$ : 겹침이음 되는 철근의 단면적

$\sigma_{jd}$ : 횡구속된 부재의 설계축응력

$\lambda_s$ : 기존 겹침이음의 부착력 기여도 (권장치 : 0)

$b_f$ : 철근의 겹침을 따라서 형성되는 마찰 영역의 폭

$B$ : 횡구속 재료의 축력에 의해 유발되는 전체 압축력이 동일한 균열을 따라 분포되는 폭

$\mu$ : 이음의 잠재적 균열에서의 마찰계수

② 구속보강길이는 겹침길이의 1.3배 혹은 600 mm 이상 확보되어야 한다.

# 7.4 합성수지

## 7.4.1 일반사항

(1) 합성수지에 의한 직접 인장력의 전달은 무시한다.

(2) 전단력의 전달은 환경적 요인과 시간경과에 따라서 부착강도가 저하될 우려가 있는 부분에서는 무시한다.

(3) 철근 또는 패스너와 함께 사용하는 경우, 합성수지의 부착강도는 무시한다.

## 7.4.2 콘크리트 간의 접합

(1) 합성수지로 부착된 접촉면에서의 압축강도는 콘크리트의 압축강도와 같은 값을 갖는다.

(2) 접촉면에서 전단강도를 사용할 수 있으나. 강도, 내구성 등의 성능은 실험을 통하여 입증되어야 한다. 그러나 온도가 높고 습기가 많은 환경에서는 접촉면의 전단강도에 대한 부착력의 기여를 무시한다.

(3) 접촉면에 전단력과 압축력이 함께 작용하는 경우 전단강도는 압축력의 효과를 고려하여 증가시킬 수 있다.

## 7.4.3 콘크리트와 강판의 접합

강판의 내력을 확보하기 위하여 강판 단부에서 콘크리트와 박리가 일어나지 않도록 접합면의 인장력과 전단력에 대하여 충분히 접합한다. 접착길이 $l_a$ 는 강판 단부로부터 적어도 식 (7.37)로부터 계산한 값 이상이 되어야 한다.

$$l_a = \frac{f_y}{f_t/\gamma_m} t_s \tag{7.37}$$

여기서,

$f_t$ : 콘크리트의 공칭인장강도

$\gamma_m$ : 콘크리트의 재료안전계수로 1.5

$t_s$ : 강판 두께

# 7.5 신구 콘크리트 사이의 하중 전달

## 7.5.1 압축력의 전달

(1) 접촉면에 수직방향 압축강도는 두 재료의 압축강도 중 작은 값으로 한다.

(2) 기존 재료와 새로운 재료의 접합면에서 발생하는 국부적인 응력과 변형의 변화는 무시한다.

## 7.5.2 전단력의 전달

(1) 보, 기둥 등의 주요 부재에서 접합면의 직각방향으로 압축력이 작용하지 않거나 철근이 배근되어 있지 않은 경우 부착력은 무시한다.

(2) 전단마찰철근을 사용하는 경우, 콘크리트의 접합강도는 무시하며, 철근의 항복강도에 의하여 발생되는 전단미끄러짐 강도만을 고려한다. 전단미끄러짐 강도 산정 시에는 다음 사항을 고려한다.

① 접촉면에 수직으로 설치된 전단마찰철근에 의한 접촉면의 공칭전단강도 $V_n$는 다음 식 (7.38)과 같다.

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \tag{7.38}$$

여기서,

$A_{vf}$ : 전단마찰철근의 단면적,

$\mu$ : 전단마찰계수

② 철근이 미끄러짐 면과 경사를 이루는 경우에 건축구조기준에 따라 경사각을 고려하여 설계한다.

③ 일체로 시공되지 않은 경우, 이질재료의 접합면에서는 미끄러짐 강도를 감소시켜야 한다.

④ 경량콘크리트를 사용할 경우에는 전단미끄러짐 강도를 감소시킨다.

⑤ 압축력이 작용하는 경우에는 이를 고려하여 전단미끄러짐 강도를 증가시킬 수 있다.

⑥ 전단미끄러짐 공칭강도 $V_n$ 은 $0.2 f_{ck} A_c$과 $5.6 A_c$을 초과해서는 안 된다. $A_c$는 전단력에 저항하는 콘크리트 단면적이다.

⑦ 전단마찰철근의 공칭항복강도는 400 MPa 를 넘지 않아야 한다.

⑧ 전단마찰철근은 접촉면을 따라 균등히 배근되어야 하고 박아넣기, 후크, 정착기구 등을 이용하여 항복강도를 발휘할 수 있도록 충분히 정착되어야 한다.

⑨ 기존 콘크리트 위에 새로운 콘크리트를 타설하는 경우, 접촉면을 깨끗하게 하여 레이턴스가 발생하지 않도록 한다.

⑩ 기존 강재 부재에 새로운 콘크리트를 스터드나 철근의 용접으로 접착시킬 경우, 강재의 접촉면은 깨끗하여야 하고 페인트를 칠해서는 안 된다.

# 7.6 기존 콘크리트와 신설 철골조의 간접접합

## 7.6.1 스터드 앵커

(1) 스터드 앵커의 직경은 강재단면의 웨브판과 직접 연결된 플랜지 부분에 용접하는 경우 이외에 플랜지두께의 2.5배를 초과할 수 없다.

(2) 용접 후 밑면에서 머리 최상단까지의 스터드 앵커 길이는 몸체 직경의 4배 이상으로 한다.

(3) 스터드 앵커의 전단강도는 다음 식 (7.39)로 산정한다.

$$Q_n = 0.5A_{sa}\sqrt{f_{ck}E_c} \le R_g R_p A_{sa} F_u \tag{7.39}$$

여기서, $A_{sa}$: 스터드 앵커의 단면적, mm2

$E_c$: 콘크리트의 탄성계수, MPa

$F_u$: 스터드 앵커의 설계기준인장강도, MPa

$R_g$: 그룹효과 계수로서 0.85

$R_p$: 위치효과 계수로서 0.75

(4) 스터드 앵커의 종방향 간격은 기본적으로 후설치 앵커와 동일 간격으로 배치하되, 250 mm 이하로 한다.

(5) 스터드 앵커의 횡방향 간격 및 연단거리, 측단거리, 정착길이를 적절히 확보한다.

(6) 여기에서 규정하지 않은 사항에 대해서는 건축구조기준에 따른다.

[해설]

(5) 일본 내진개수설계지침 및 해설에서는 간접접합부의 스터드 앵커에 대하여 다음과 같은 상세를 요구하고 있다. 치수 기호의 정의는 해그림 7.1을 참조한다.

① 2열 배치 시 게이지는 60 mm 이상으로 한다.

② 측단거리는 60 mm 이상, 연단거리는 30 mm 이상 60 mm 이하로 한다.

③ 정착길이 $l_s$ 는 머리 아래로 $6d_s$ 이상 확보한다.

## 7.6.2 후설치 앵커

(1) 인장에 저항하는 역할을 하는 앵커와 전단에 저항하는 역할을 하는 앵커로 구분하여 설계하거나 7.2.4에 따라 조합응력을 고려하여 설계할 수 있다.

(2) 기존 콘크리트에 매입되는 부분은 강재의 파단 이외에도 묻힘길이와 연단거리의 영향을 고려하여 콘크리트의 파괴에 대해 충분한 강도를 확보하도록 설계한다.

(3) 스터드 앵커와 적절한 겹침길이 및 간격을 유지하여야 한다.

(4) 채움 모르타르의 압축강도는 30MPa 이상이어야 한다.

(5) 후설치 앵커는 채움 모르타르에 매입되는 부분에 머리가 형성되어 있는 것을 사용한다. 너트를 체결하여 머리를 형성할 수 있다.

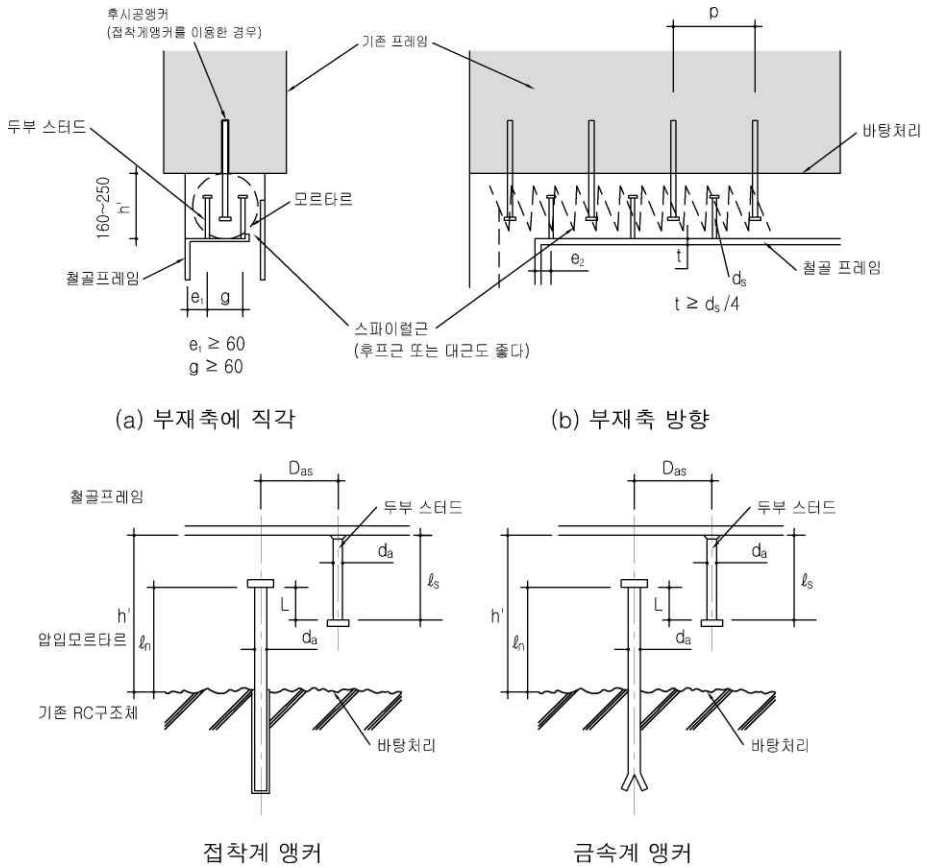
[해설]

(2) 전단강도 계산 시 7.2.3(2)의 규정에 부합하는 기존 구조체 철근의 영향을 고려할 수 있다.

(3) 일본 내진개수설계지침 및 해설에서는 간접접합부의 후설치 앵커에 대하여 다음과 같은 상세를 요구하고 있다.

① 후설치 앵커와 스터드 앵커의 겹침길이 $L$은 각각의 길이 $l_n$ 및 $l_s$ 중에서 큰 쪽의 1/2 이상으로 한다.

② 후설치 앵커와 스터드의 간격 $D_{as}$는 $2L$ 이하로 한다. 단, 해당 접합부에 큰 인장력이 가해지는 경우 $L$ 이하로 한다.




해그림 7.1 간접접합에 따른 연결상세

## 7.6.3 쪼개짐 방지 철근

(1) 면내 전단력 작용 시의 쪼개짐을 방지하고 충진 모르타르의 수축과 균열을 방지하기 위한 보강 철근을 설치한다.

(2) 나선철근 또는 종방향 철근과 후프의 조합을 사용할 수 있다.

(3) 나선철근은 직경 6 mm 이상의 강선으로 제작한다.

(4) 후프는 D10 이상, 종방향 철근은 4-D13 이상을 사용한다.

[해설]

(2) 충분한 쪼개짐 방지효과를 확보하기 위하여 해그림 7.1 (a)에서 나선철근 또는 후프가 감싸는 면적은 내부에 스터드 앵커와 후설치 앵커가 모두 들어오는 크기로 한다. 시공상의 오차를 감안하여 가급적 큰 면적을 확보할 것을 권장한다.

(3) 일본 내진개수설계지침 및 해설에서는 나선철근의 간격으로 40~60mm 사이, 스터드 간격의 1/6~1/3을 권장하고 있다.

(4) 일본 내진개수설계지침 및 해설에서는 후프의 간격으로 스터드 간격의 1/3~1/2을 권장하고 있다.

# 제 8 장 기초 및 지반의 보강

## 8.1 일반사항

이 장은 기초 및 지반의 내진성능 향상기법에 대한 일반적인 내용을 다룬다. 건축물 기초의 내진설계는 숙련된 지반공학기술자의 협력 하에 수행될 수 있다.

## 8.2 기초의 보강

기초의 내진성능을 향상시키기 위한 보강은 기초의 지지력 및 수평저항력을 증가시켜야 한다. 이 때, 기존 기초구조물과 신설되는 기초구조물이 일체화 되도록 계획되어야 한다.

## 8.3 기초의 신설

기존 건물 기초의 내력이 지진하중이 포함된 작용하중에 비해 현저히 부족한 경우, 기초를 신설하여 기존 기초에 작용하는 하중을 분담할 수 있다. 이 때, 신설되는 기초는 지진에 의해 작용하는 하중만을 부담하는 것으로 볼 수 있다.

## 8.4 기초단면 확대공법

기초단면 확대공법은 단면적을 증가시켜서 지진하중의 작용 시 요구되는 추가의 지지력을 확보하고, 수평변위를 감소시키는 방법이다. 이 때, 기존의 얕은기초와 추가 확장기초의 일체화를 위하여 그림 8.1과 같이 다우얼철근 등의 전단연결재를 배치하여야한다.

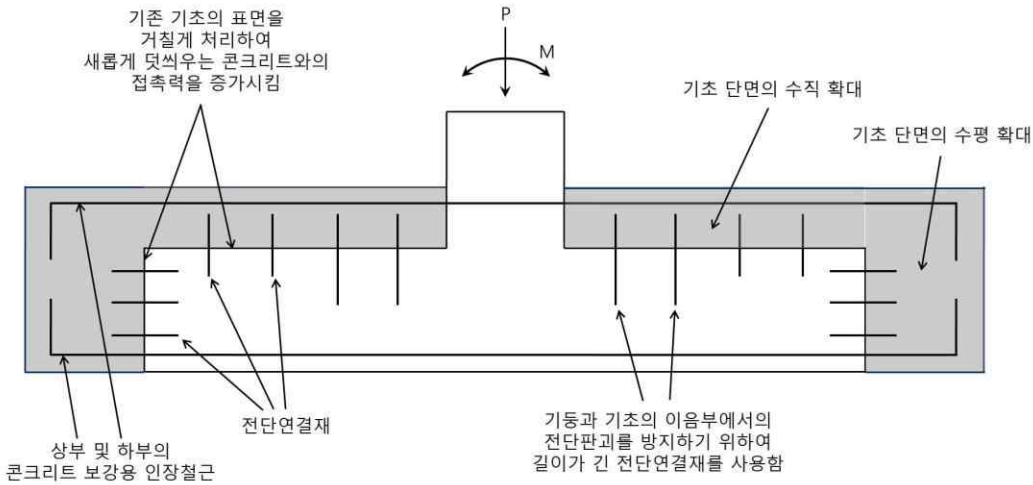



그림 8.1 기초단면 확대 공법

# 8.5 기초연결 공법

기초연결 공법은 그림 8.2와 같이 전단벽이 신설되는 경우, 전단벽 단부에 인접한 기초를 연결하여 전단력에 의해 부가되는 하중을 지지하는 방법이다. 이 때, 신설되는 전단벽 및 기초와 기존 구조물 및 기초의 일체화를 위하여 다우얼철근 등의 전단연결재를 배치하여야 한다.

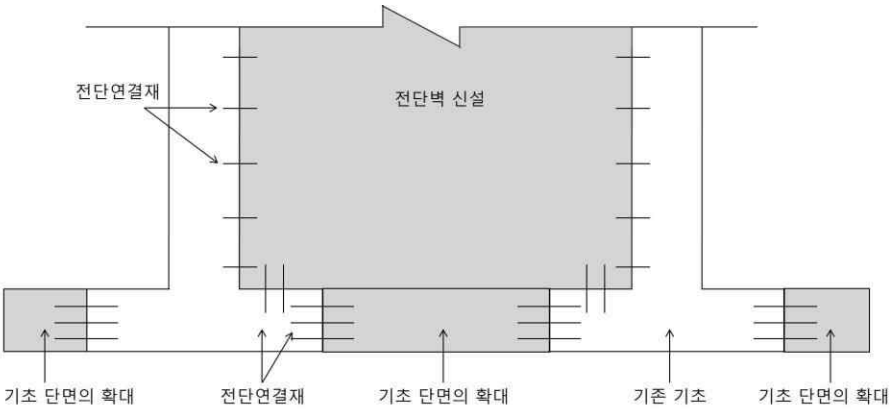



그림 8.2 전단벽 신설시 기초연결 공법

# 8.6 마이크로 파일 공법

얕은 기초 보강을 위한 마이크로 파일 보강 공법으로는 고내력 마이크로파일 공법, 회전관입식 마이크로 파일 공법 등이 있다.

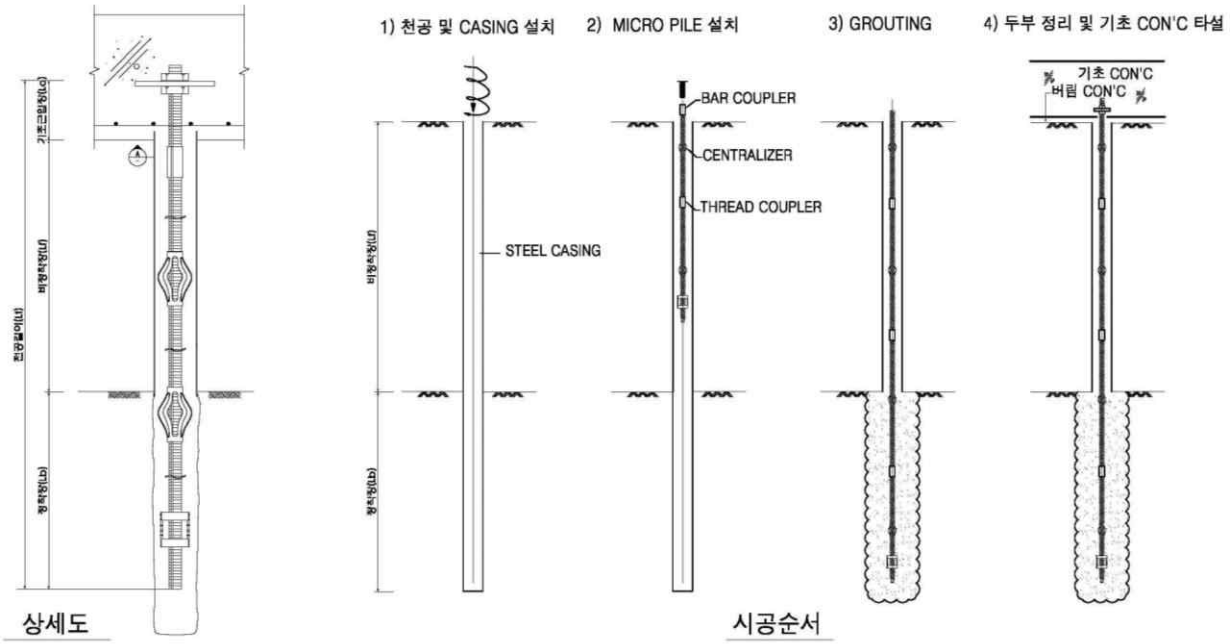



그림 8.3 마이크로 파일 공법

또한, 기존 콘크리트 재질의 성능이 저하되었거나 지진의 동적하중이 과다하여 기존 콘크리트 만으로 지지할 수 없는 경우 기존 콘크리트 상면위에 보강철근을 설치한 신설 보강콘크리트를 타설한 후, 기초콘크리트 아래에 일정 깊이까지 마이크로 파일을 설치하는 공법을 이용할 수 있다.

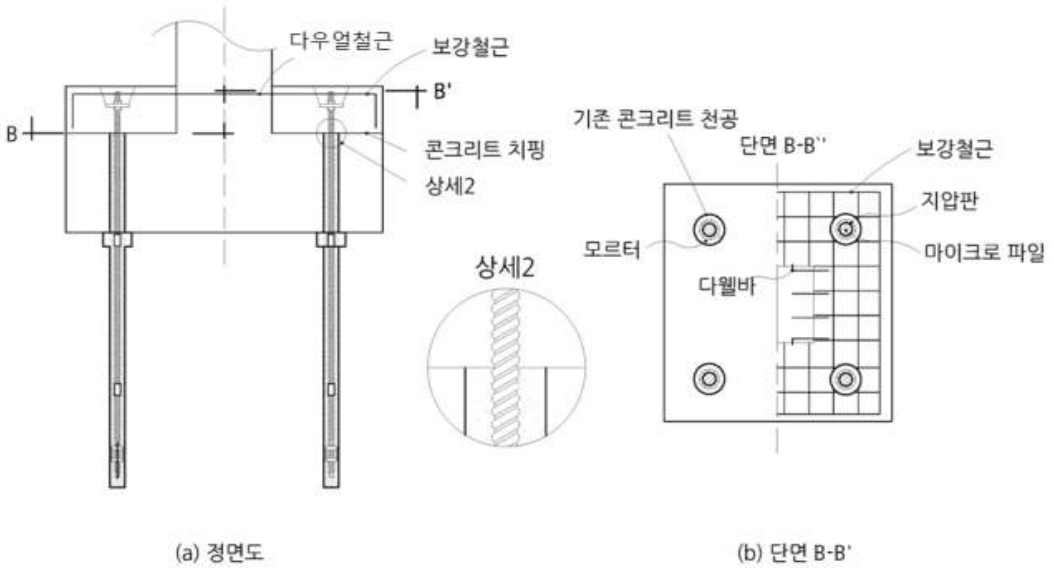



그림 8.4 콘크리트캡 설치

# 제 9 장 특수공법

## 9.1 일반사항

(1) 이 장은 특수공법을 사용하여 기존 건물의 내진보강을 수행하기 위한 설계·해석 및 제반 평가와 관련한 요구사항을 제시하는 것을 목적으로 한다.

(2) 특수공법의 구성요소 및 부재들은 이 장에서 특별하게 규정하지 않는 항목에 대하여 건축구조기준의 요구사항을 따른다.

## 9.2 특수공법의 정의

(1) 이 요령에서 특수공법은 건축구조기준에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법을 사용하여 설계하기 어렵거나 동기준에 근거가 제시되어 있지 않은 공법으로 정의한다. 신재료를 사용하는 공법, 감쇠장치와 면진장치, 신구 재료 및 구조 사이에 특수한 접합방법이나 부분접합을 사용하는 공법을 포함한다.

(2) 다음과 같은 공법들이 특수공법에 해당된다.

① 감쇠장치, 면진장치 : 특수한 기계적 장치를 사용하여, 일반적인 강구조 또는 콘크리트 구조에서 발휘할 수 있는 능력이상의 에너지소산을 목적으로 하는 장치

② 끼움벽(채움벽)과 끼움가새공법의 경우 특수공법의 정의는 3장에 따른다.

③ 기둥 또는 벽체가 상하층간에 연속 보강되지 않음에도 불구하고 구조해석에서 상하층 기둥 또는 벽체의 보강요소가 연속된 것으로 구조해석하고 설계하는 공법.

④ 기존 부재와 신설 부재간에 부분접합을 사용하면서 이를 구조해석에 반영하지 않거나, 부분접합에 대한 명확한 설계방법을 제시하지 않는 공법.

⑤ 기존부재와 신설부재가 밀착되어 시공됨에도 불구하고 서로 이격되어 독립적인 거동을 보이는 것처럼 구조해석과 설계하는 공법.

⑥ 구조해석에서 무한강성을 갖는 가상적인 링크를 사용하여 신설부재의 길이를 줄이거나 신설부재에 전달되는 하중을 인위적으로 줄여서 해석과 설계를 수행하는 공법.

(3) 특허를 받은 공법 중 위에 해당되는 경우에는 특수공법으로 취급되며, 일반적인 재료와 구법을 사용하여 건축구조기준에 따라서 설계할 수 있는 공법은 일반공법으로 취급한다.

[해설]

(1) 특수공법에 대한 정의는 3.1.1의 (4)와 같다.
「건축구조기준」에서 규정하는 일반적인 재료와 설계방법을 사용하여 설계하기 어렵거나 동기준에 근거가 제시되어 있지 않은 공법을 가리킨다. 신재료를 사용하는 공법, 감쇠장치와 면진장치, 신구재료 및 구조 사이에 특수한 접합방법이나 부분접합을 사용하는 공법을 포함한다.

(2) ① 감쇠장치의 자체의 성능검증 뿐만 아니라 직접 기존 구조체에 연결될 때, 연결부위의 안전성과 변형능력, 인근 기존 부재의 안전성과 변형능력이 검증되어야 한다.

② 끼움벽(채움벽)과 끼움골조, 끼움가새공법의 경우 일반공법으로 허용되는 범위는 3장에 따른다.
③ 간략해석을 사용하거나 부정확한 해석모델을 사용하는 경우 하중의 층간 흐름을 왜곡할 수 있다. 보강재들이 수직적으로 직접 연결되지 않는 경우에는 반드시 기존골조 기둥의 안전성을 검토해야 한다.
④ 기존 부재와 신설 부재간에 작용하는 하중을 지지할 수 있도록 충분한 강도를 갖는 연결재를 사용해야 한다. 가급적 보강골조의 강도가 연결재의 강도에 의하여 결정되지 않도록 한다.
⑤ 해석모델에서 실제와 다르게 보강골조의 강성을 약화시키는 경우, 전체골조의 지진하중을 저평가하고 보강골조의 기여도를 저평가할 수 있다. 또한 연결재의 요구강도를 저평가하여 연결재의 조기파괴를 초래할 수 있다.

# 9.3 성능입증 및 검증

## 9.3.1 절차 및 기본 요구사항

특수공법의 적용을 위해서는 아래와 같은 성능입증과 검증에 대한 요구사항을 만족하여야 한다.

(1) 관련재료와 공법의 공급자는 해당방법이 기존 건물에 적용되었을 때 내진성능확보를 증명할 수 있는 설계매뉴얼과 시공매뉴얼이 포함된 성능입증보고서를 작성하여야 한다.
(2) 설계매뉴얼과 시공매뉴얼을 포함하는 성능입증보고서의 내용은 내진설계기준 및 내진공학 관련 공인 기관에 제출되어 검증되어야 하며, 그 결과는 성능검증보고서로 작성된다.
(3) 책임구조기술자와 제3자 검토자는 설계시와 검토시에 성능검증보고서의 검증내용을 확인하여야 한다.
(4) 책임구조기술자는 현장 확인을 통하여 관련제품과 시공의 품질을 확인하여야 한다.
(5) 시공자는 관련 서류를 보관하며, 자료를 숙지하고, 설계와 시공의 요구사항을 만족하도록 시공하여야 한다.

[해설]

(1) 성능입증보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
① 재료의 조성 및 생산
② 재료의 구조성능, 내구성능
③ 스스로 자중을 지지해야 하는 보강부재의 내화성능
④ 제품의 설계방법
⑤ 실험체 설계
⑥ 하중조건 및 환경조건
⑦ 실험결과 : 목표성능달성여부, 강도, 변형능력, 에너지소산능력, 파괴모드, 각 요소 및 연결부의 성능
⑧ 구조설계 시 적용스펙의 범위 : 재료종류, 부재크기, 강도범위 등
⑨ 품질보증 및 확인방법
⑩ 설계매뉴얼 및 예제
⑪ 시공매뉴얼

(2) 성능검증보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
① 성능입증보고서의 적절성

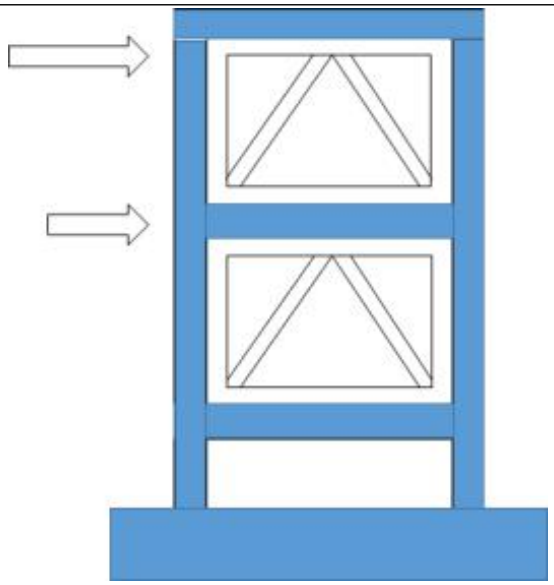
② 실험수행기관 및 수행자의 적절성
③ 재료의 적절성
④ 제품 구성의 적절성
⑤ 실험체 및 실험방법의 적절성
⑥ 목표성능 달성여부의 평가
⑦ 설계적용범위 및 설계방법의 적절성
⑧ 대상건물에 적용시 적용성 검토
⑨ 품질보증 및 확인방법의 적절성
⑩ 설계매뉴얼의 적절성
⑪ 시공매뉴얼의 적절성
⑫ 기타 품질보증을 위한 요구사항

## 9.3.2 성능입증방법

(1) 특수공법의 성능은 구조실험과 정밀구조해석을 통하여 그 성능을 입증하여야 한다.
(2) 구조실험은 공인된 실험기관과 관련전문가에 의하여 수행되어야 한다.
(3) 9.2(2)②에서 ⑥에 해당하는 특수공법의 실험체는 2층 이상의 골조로 제작되어야 하며, 사용하고자 하는 기존구조 및 보강공법과 동일하게 설계 시공되어야 한다.
(4) 감쇠장치의 경우, 장치의 성능검증을 위한 독립적인 시험뿐만 아니라 장치가 설치되는 골조를 모사하는 실험체에 설치하여 시험하여야 한다. 감쇠장치가 직접 기존골조부재에 연결되는 경우 골조모사 실험체는 (3)에 따른다. 다만, 감쇠장치가 신설골조에 연결되는 경우에는 신설골조를 모사하는 1층 실험으로 대신할 수 있다.
(5) 성능입증에 충분한 수의 실험체를 제작 실험하여야 한다.
(6) 정적 주기 횡하중에 대한 실험이 실시되어야 한다. 필요시에는 진동대실험이 실시되어야 한다. 하중계획 및 실험계획은 관련 전문가와 참고문헌에 따른다.

[해설]

(3) 끼움가새를 사용하는 공법의 실험체의 구성 예를 해그림 9.1과 같다. 끼움가새골조의 성능을 확인하기 위하여 끼움가새는 기초와 이격되어 골조내에 설치되어야 하고, 상하층 구조체의 연결성과 기둥의 연결 필요성을 확인 검증하기 위하여 다층 골조로 제작되어야 한다.



해그림 9.1 끼움가새를 사용하는 공법의 성능입증을 위한 실험체 구성의 예

(5) 3개 이상의 실험체를 실험하여야 한다. 공법의 적용범위 내에서 실험변수는 다르게 설정할 수 있다.

(6) 속도의존형 장치의 경우 동적실험으로 성능을 입증해야 한다.

## 9.3.3 실험에 의한 검증

(1) 프로토타입 골조에 대하여 설계 횡하중의 크기, 변형능력 등의 구조성능요구사항을 정의한다.

(2) 구조성능요구사항을 만족하도록 해당공법의 구조설계매뉴얼에 규정된 바와 동일한 방법(또는 사업자가 제시하는 설계방법)으로 실험체에 대하여 구조해석과 설계를 실시한다. 구조 설계 및 상세는 기존 구조체와 보강 구조체 간의 연결부도 포함한다.

(3) 구조설계결과와 구조상세에 따라서 실험체를 제작하고 실험을 실시한다.

(4) 실험결과로부터 구한 실험체의 강도, 변형능력이 (1)의 구조성능요구사항을 만족하는지 평가한다.

(5) 실험결과 성능이 부족한 것으로 평가되는 경우에는 재실험을 실시할 수 있으며, 그 결과는 설계매뉴얼과 성능입증보고서에 반영되어야 한다.

## 9.3.4 정밀구조해석에 의한 검증

(1) 구조실험의 보완적인 방법으로서 실험결과의 분석과 변수연구를 위하여 재료비선형 유한요소해석을 사용할 수 있다.

(2) 유한요소해석 모델과 방법은 실험결과와 비교를 통하여 그 신뢰성이 입증되어야 한다.

(3) 실험연구에서 충분히 검토하지 못한 범위의 변수연구를 위하여 (2)에서 검증된 유한요소해석 모델과 방법을 사용할 수 있다.

(4) 비선형유한요소해석은 관련 전문가에 의하여 수행되어야 하며, 구조의 비선형거동을 모사할 수 있도록 개발되고 검증된 전문 소프트웨어를 사용해야 한다.

# 9.4 감쇠장치

## 9.4.1 감쇠장치 성능요구사항

(1) 장치 설계

감쇠장치는 최대 예상지진에 대한 응답과 다음의 조건들을 고려하여 설계, 시공, 설치하여야 한다.

① 지진하중에 의한 저진동・대변위 거동 시의 성능 저하

② 풍하중・온도하중에 의한 고진동・소변위 거동 시의 성능 저하

③ 중력하중에 의한 하중 또는 변위

④ 부식, 마모, 생물분해, 화학물 등에 의한 장치 일부분의 고착

⑤ 온・습도, 수분, 자외선 등과 그 밖의 환경조건에의 노출

(2) 다축 이동

감쇠장치의 접합부는 감쇠시스템에 동시에 발생하는 종방향, 횡방향, 수직방향 변위를 흡수할 수 있는 충분한 마디구조를 갖추어야 한다.

(3) 검사와 주기적 시험

모든 감쇠장치는 검사와 교체를 위한 접근방법을 확보해야 한다. 설계수명 동안 감쇠장치의 신뢰성을 보증하기 위하여 책임구조기술자는 모든 유형의 감쇠장치에 대한 적절한 검사와 시험계획을 수립하여야 한다. 검사와 시험방법의 수준은 감쇠장치의 사용기간과 설계수명 동안의 특성변화 가능성을 반영하여야 한다.

(4) 구조물의 특정 층에 구조물의 주축방향 중 한축에 4개 이상의 감쇠장치가 배치되고, 고려방향으로 그 층의 강성중심을 기준으로 각 양방향에 최소한 2개의 장치가 배치되는 경우, 모든 감쇠장치는 평가기준지진 작용 시 최대변위응답의 130 퍼센트에 해당하는 변위에 저항할 수 있어야 한다. 속도의존형 장치의 경우에는 평가기준지진 작용 시 최대속도응답의 130 퍼센트에 해당하는 하중과 속도에 저항할 수 있어야 한다.

(5) 구조물의 특정 층에 구조물의 주축방향 중 한 축에 4개 미만의 감쇠장치가 배치되거나, 고려방향으로 그 층의 강성중심을 기준으로 각 양방향에 2개 미만의 장치가 배치되는 경우, 모든 감쇠장치는 평가기준지진 작용 시 최대변위응답의 200 퍼센트에 해당하는 변위에 저항할 수 있어야 한다. 속도의존형 장치의 경우에는 평가기준지진 작용 시 최대속도응답의 200 퍼센트에 해당하는 하중과 변위에 저항할 수 있어야 한다.

(6) 감쇠장치에 하중을 전달하는 접합부 및 구성요소는 위의 (4)와 (5)에 기술한 하중에 대하여 선형탄성을 유지하도록 설계되어야 한다. 따라서 감쇠장치와 기존 구조물의 접합부는 구조해석 또는 실험에 의해 입증하지 않는 한 모멘트골조의 부재의 소성힌지가 형성되는 구간에 설치하지 않거나 소성힌지가 형성되지 않도록 충분히 보강 후 설치하여야 한다.

(7) 감쇠장치의 특성은 시제품 실험으로부터 결정되어야 한다. 시제품실험에서는 장치의 변위, 속도, 힘에 대하여 평균특성과 상한치, 하한치가 제시되어야 하며, 수치해석모델은 이를 고려하여야 한다. 감쇠장치의 모델링은 상한치와 하한치를 모두 사용하여 해석되어야 하며, 감쇠장치의 힘을 전달하는 부재는 최대하중에 대하여 탄성거동을 하도록 설계되어야 하고, 구조물의 목표성능수준은 두 가지 경우 모두에 대하여 만족해야 한다.

(8) 내진보강시 모든 감쇠장치가 수평방향으로 전달할 수 있는 유효수평힘(가새 등의 경사각도 등을 고려해서 수평방향으로 전달될 수 있는 힘의 최대값)의 합과 함께, 이 값의 보강 전 구조물의 밑면전단력에 대한 비가 제시되어야 한다.

(9) 감쇠장치를 힌지요소가 포함된 부재를 사용하여 연결하는 경우 힌지의 유격허용치 등이 제시되어야 하며, 수치모델링에는 최대유격이 고려되어야 한다. 장치의 연결부도 실제 시공상태를 고려하여 모델링 되어야 한다.

## 9.4.2 수치모델링

(1) 감쇠장치는 장치의 이력특성에 따라 수치모델링 되어야 하며, 건축구조기준의 성능기반설계절차에 따라 설계한다. 단, 비선형동적해석에서 구조물이 탄성거동을 하는 경우 구조물은 선형모델을 사용할 수 있으며, 감쇠장치의 이력거동은 실제 실험결과에 근거하여 모델링되어야 한다. 축력과 전단력의 경우 공칭강도의 1.0 배, 인장지배 부재의 경우 공칭강도의 1.25배를 초과하지 않는 부재는 탄성으로 모델링 할 수 있다.

(2) 변위의존형 장치는 강소성(마찰형 장치), 이선형(금속항복형댐퍼), 삼선형 이력거동을 보이는 장치를 포함한다. 변위의존형 장치의 응답은 속도와 진동수에 의존하지 않는다. 속도의존형 장치는 고체 및 유체점탄성 장치, 유체점성 장치를 포함한다. 변위의존형과 속도의존형으로 분류되지 않는 장치는 기타 장치로 분류한다.

(3) 감쇠시스템의 모델은 감쇠장치와 지반 또는 장치와 구조물 사이의 하중경로에 있는 구조물의 구성요소의 유연도(강성도)가 포함되어야 한다. 이 구성요소들의 유연도는 감쇠시스템의 성능에 영향을 미친다. 감쇠장치가 포함된 감쇠시스템에 대한 반복하중 실험이 수행되어야 하며, 수치모델은 실험으로부터 구한 힘-변위 혹은 힘-속도 특성을 정확히 모사할 수 있음을 입증해야 한다. 특히, 시스템 실험에서 접합부 유격에 따른 핀칭(pinching) 및 경화(hardening) 현상이 발생하는 경우 수치모델은 이를 반드시 포함해야 한다.

(4) 감쇠장치의 모델링의 타당성은 9.4절에서 규정한 실제 지진하중에 대한 해석결과와 함께, 지진하중 해석을 통해 얻은 최대변위를 발생시키도록 크기가 조정된 구조물의 주기와 같은 공진하중을 사용하여 얻은 이력거동에 대한 분석을 통해 평가되어야 한다.

(5) 9.4.2.1 및 9.4.2.2에 대표적인 감쇠장치의 수치모델이 제시되어 있다. 그러나 개별 감쇠장치는 다양한 재료와 형태 및 작동원리를 가지기 때문에 여기에서 제시한 모델의 적용 타당성은 반드시 실험적으로 검증되어야 하며, 실제거동을 모사하기 위해 필요할 경우 보다 상세한 수치해석 모델을 적용하여야 한다.

### 9.4.2.1 변위의존형 장치

변위의존형 장치는 장치의 양 단부 사이의 상대변위의 함수로 표현되는 하중-변위 관계로 표현되어야 한다. 변위의존형 장치의 응답은 장치의 양 단부 사이의 상대속도와 진동수에 의존하지 않는다. 변위의존형 장치는 장치의 하중-변위 응답을 자세히 표현할 수 있는 수치모델을 이용하여 모델링되어야 한다. 또한 필요시 축-전단-휨 상호작용 또는 2축 수평방향 변형 응답에 대한 의존성을 표현할 수 있는 수치모델을 이용하여 모델링되어야 한다.

실험데이터로부터 변위의존형 장치의 응답을 평가하기 위하여 변위의존형 장치의 하중 $F$는 식 (9.1)과 식 (9.2)에 따라 결정되어야 한다.

$$F = k_{eff} D \tag{9.1}$$

$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|D^+| + |D^-|} \tag{9.2}$$

여기서 $k_{eff}$는 변위의존형 장치의 유효강성을 의미한다. 장치의 하중 $F^+$와 $F^-$는 상대변위 $D^+$와 $D^-$에서 각각 평가되어야 한다.

### 9.4.2.2 속도의존형 장치

(1) 고체점탄성 장치

고체점탄성 장치는 스프링과 데쉬팟(dashpot) 요소를 병렬로 연결한 캘빈 모델(Kelvin model)을 사용하여 모델링할 수 있다. 스프링 상수와 데쉬팟 상수는 구조물의 기본진동수 $f_1$와 작동온도의 범위에 일치하는 장치의 진동수와 온도 의존성을 고려할 수 있도록 결정해야 한다. 고체점탄성 장치의 반복하중응답이 하나의 스프링 상수 추정치와 데쉬팟 상수 추정치로 표현될 수 없는 경우에는, 스프링 상수와 데쉬팟 상수의 상한과 하한치를 사용하여 수회의 해석을 수행하여 구조물의 응답을 평가해야 한다.

고체점탄성 장치의 캘빈 모델에서 하중은 식 (9.3)에서 식 (9.5)에 따라 결정되어야 한다.

$$F = k_{eff} D + C\dot{D} \tag{9.3}$$

$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|D^+| + |D^-|} = K' \tag{9.4}$$

$$C = \frac{W_D}{\pi \omega_1 D_{ave}^2} = \frac{K''}{\omega_1} \tag{9.5}$$

여기서, $C$는 장치의 감쇠계수, $D$는 장치의 양단 간 상대변위, $\dot{D}$는 장치의 양단 간 상대속도, $k_{eff}$는 유효강성으로 저장강성(storage stiffness) $K'$와 동일하다. $K''$는 손실강성(loss stiffness), 각진동수 $\omega_1$는 $2\pi f_1$, $D_{ave}$는 $D^+$와 $D^-$의 절대값의 평균, $W_D$는 한 사이클 동안 장치의 하중-변위 곡선 내부의 면적이다.

(2) 유체점탄성 장치

유체점탄성 장치는 장치의 구성요소의 관계를 나타낼 수 있도록 스프링과 데쉬팟요소를 직렬과 병렬의 조합으로 모델링한다. 스프링상수와 데쉬팟상수는 구조물의 기본진동수 $f_1$와 작동온도의 범위에 일치하는 장치의 진동수와 온도 의존성을 고려할 수 있도록 결정해야 한다. 유체점탄성 장치의 반복하중응답이 하나의 스프링상수 추정치와 데쉬팟상수 추정치로 표현될 수 없는 경우에는, 스프링상수와 데쉬팟상수의 상한과 하한치를 사용하여 수회의 해석을 수행하여 구조물의 응답을 평가해야 한다.

(3) 유체점성 장치

$0.5f_1$에서 $2.0f_1$의 고유진동수 범위에서 강성이 존재할 때, 유체점성 장치의 힘은 식 (9.6)에 따라 결정되어야 한다.

$$F = C_0 |\dot{D}|^{\alpha} sgn(\dot{D}) \tag{9.6}$$

여기서, $C_0$는 장치의 감쇠계수, $\alpha$는 장치의 속도지수, sgn은 부호함수(signum 함수)로서 상대속도항의 부호로 정의된다.

### 9.4.2.3 기타 장치

변위의존형 또는 속도의존형 장치로 분류되지 않는 감쇠장치는 별도의 실험이나 해석을 통해 검증된 방법을 사용하여 모델링해야 한다. 이러한 해석모델은 연직하중, 지진하중, 환경 및 온도에 의한 기타의 하중을 포함한 모든 하중에 대하여 장치의 하중-속도-변위 응답을 정확하게 표현할 수 있어야 한다.

## 9.4.3 비선형동적절차

(1) 감쇠시스템이 설치된 구조물은 비선형동적절차만을 사용하여 설계 및 내진보강해석을 수행할 수 있다. 여기서 별도로 정하지 않은 비선형동적절차의 세부사항은 평가요령 4.4에 따른다.

(2) 구조물의 해석모델에는 구조부재 뿐 아니라 주기에 영향을 줄 수 있는 콘크리트벽체, 조적채움벽, 조적허리벽, 조적날개벽 등 기타 요소들이 모두 포함되어야 한다. 단, 구조부재 및 비구조요소의 모델은 이들 부재나 요소가 전체 에너지 소산량에 과도한 기여를 하지 않도록 검증된 이력모델을 적용하여야 한다.

(3) 진동수 및 온도에 의존적인 감쇠특성과 강성특성을 가지는 감쇠장치는 목표변위에서 예상되는 변형과, 유효주기의 역수에 해당하는 진동수에 일치하는 특성을 가지도록 모델링한다. 감쇠장치가 진동수, 가진에 따른 온도 상승을 포함한 작동온도, 변형 또는 변형률, 속도, 지속하중, 이방향 하중에 의존적인 경우, 의존성을 갖는 속성은 상한치 및 하한치를 해석에서 고려하여야 한다. 감쇠장치의 점성효과를 비선형 시간이력해석에 대하여 전체 구조물의 감쇠로 치환하는 것은 허용되지 않는다.

(4) 우발적으로 발생 가능한 편심에 대한 효과는 각 주축을 따라 각 방향에서의 질량의 위치를 조절함에 따른 수회의 해석으로 반영할 수 있다.

[해설]

(2) 내진설계되지 않은 취약한 구조부재는 횡보강근의 부족 등으로 인한 심한 핀칭 현상을 나타낸다. 또한 무보강 조적채움벽과 같은 비구조요소는 초기 강성은 크나 재료의 취성적 특성, 구조체와의 적절한 접합상세 미비, 면외 전도에 의한 거동의 불확실성 등으로 인해 안정적인 에너지 소산능력을 기대하기 어렵다. 이들 부재를 강성과 강도의 저하 및 핀칭 특성이 반영되지 않은 단순한 완전탄소성 모델 등으로 모델링하면 감쇠장치 이상으로 에너지를 소산하여 왜곡된 해석결과를 얻을 수 있으므로 모델링에 주의를 요한다. 실험 결과와 비교 등을 통해 검증된 이력모델을 적용하여야 한다.

## 9.4.4 상세 요구사항

### 9.4.4.1 일반사항

감쇠장치는 이 절에 규정된 상세 요구사항을 따른다. 또한 장치의 특성 변동을 고려하기 위하여 상하계해석이 수행되어야 한다.

### 9.4.4.2 풍하중

유체점성 장치 내의 밀폐부 등과 같은 감쇠장치 또는 구성요소에서의 피로수명을 조사하여 장치의 설계수명에 적합한지 검토되어야 한다. 반복횟수가 작은 사이클의 피로에 의하여 파단될 가능성이 있는 장치는 풍하중에 대하여 선형적으로 탄성범위 내에서 저항할 수 있어야 한다.

### 9.4.4.3 검사 및 교체

감쇠장치의 검사와 교체에 대한 계획이 수립되어야 한다.

### 9.4.4.4 품질관리

감쇠장치의 생산을 위한 제조·품질관리 계획이 책임구조기술자에 의하여 수립되어야 한다. 이 계획은 제조과정, 검사절차 및 방법, 제품의 품질관리를 보증하기 위하여 필요한 실험에 대한 기술을 포함해야 한다.

품질관리 실험 프로그램(QC testing program)은 최소한, 장치의 샘플로부터 얻은 결과와 일치하는지의 여부를 평가해야 한다. 각 실험의 결과는 프로젝트에서 필요한 장치 사항의 범위 내에 포함되는지 검증되어야 한다.

[해설]

책임구조기술자는 반드시 감쇠장치의 특성치에 대한 허용 변동치와 제조·품질관리 실험 프로그램의 범위를 구체적으로 설정해야 한다. 일반적으로 고려하는 크기에 대하여 장치의 실험을 모두 수행하고, 평균값에 대한 허용변동은±15%에 존재해야 한다. 고려하는 크기에 대하여 모든 장치의 실험이 수행되는 경우에는 개별 장치의 공칭설계 특성치에 대하여 일반적으로 ±15%보다 더 큰 변동이 허용될 수 있다. 책임구조기술자는 해당 프로젝트에 대하여 감쇠장치의 변동의 적정 수용범위를 결정해야 한다.

### 9.4.4.5 유지관리

책임구조기술자는 감쇠장치에 대하여 구조물의 설계수명 동안 장치의 신뢰할 수 있는 성능을 보증하기 위하여 유지관리 및 실험일정을 수립해야 한다. 유지관리 및 실험의 수준은 장치의 예상되는 사용 이력을 반영하여 수립되어야 한다.

### 9.4.4.6 감쇠장치 효과의 검증

감쇠장치가 사용된 구조물은 반드시 비선형동적해석을 통해 성능을 검증한다. 이때 아래와 같이 보강하지 않은 기존 구조에 대해서도 비선형동적해석을 수행하고 그 결과의 비교를 통해 사용된 보강부재 및 감쇠장치의 효과를 분석한다. 만약 (2)의 결과가 (1)에 비하여 성능이 크게 나아지지 않는 경우, 해당 내진보강공법의 사용은 재검토되어야 한다.

(1) 보강하지 않은 기존 구조

(2) 감쇠장치를 사용한 보강 구조

| |
|---|
| [해설]<br>내진성능평가결과는 평가절차에 따라 결과가 달라질 수 있다. 따라서 보강후 구조물의 비선형동적해석결과 목표성능을 만족하더라도 그 결과가 보강효과에 의한 것인지 평가절차의 차이에 의한 것인지 확인할 필요가 있다. |

## 9.4.5 설계검토

감쇠장치를 가지는 구조물의 설계 및 관련된 실험 계획에 대한 검토는 감쇠장치를 가지는 구조물의 설계 및 해석에 경험이 있는 자에 의하여 수행되어야 한다. 설계검토는 최소한 아래의 사항을 포함하도록 한다.

(1) 프로젝트 설계 기준

(2) 장치 선택

(3) 구조물의 수평변위 및 장치의 변위, 속도, 하중요구의 결정을 포함하는 예비설계

(4) 시제품 실험 프로그램의 검토 또는 유사장치의 데이터 사용에 대한 검토

(5) 감쇠장치를 가지는 구조물의 최종설계와 제반 해석

(6) 제조·품질관리 실험 프로그램의 검토

(7) 9.4.4.6에 따른 감쇠장치 효과의 검증

감쇠시스템을 이용한 보강설계시 구체적인 검토사항은 아래와 같다.

(1) 보강전 구조물에 대한 탄성시간이력해석 수행

① 원구조물의 감쇠비 확인 : 원구조물의 감쇠비는 실험을 통해 지진력저항시스템이 유효항복변위나 이보다 약간 작은 변위에서 더 큰 감쇠비를 가진다는 것을 입증하지 못하는 경우에 감쇠시스템이 적용된 구조물의 지진력저항시스템에 적용하는 원감쇠비는 임계감쇠의 3%보다 큰 값을 취할 수 없음.

② 지진파의 적절성 확인: 건축구조기준에 따른 지반운동 선정 및 응답스펙트럼 조정 : 주기범위의 하한치를 결정하기 위한 구조해석 모델에서 감쇠장치의 강성은 초기강성을 적용. 주기 범위의 상한치를 결정하기 위한 구조해석 모델에서 감쇠장치의 강성은 최대고려지진에 대한 최대변위에서 결정되는 유효강성을 적용.

③ 보강전 구조물의 응답분석 : 감쇠장치설계시 해석에 사용할 지진파를 이용한 원구조물 탄성시간이력해석 수행한 후, 보강전 구조물의 최대 밑면전단력, 층간변위, 최상층변위, 주요부재별 DCR, 주요부재별 파괴모드확인.

(2) 감쇠시스템(감쇠장치+가새 등 설치시스템)의 특성 및 구조모델링

① 감쇠장치의 종류 : 변위의존형, 속도의존형, 변위-속도의존형

② 감쇠장치 시험결과의 적절성 확인 : 건축구조기준에 따른 변위진폭 및 반복회수, 온도의존성, 진동수의존성 시험 결과 확인 및 장치별적합성 평가(변위의존형, 속도의존형)

③ 감쇠장치의 설계특성치 확인: 속도, 변위, 강성, 강도, 에너지소산면적 등의 상한계설계특성치 및 하한계설계특성치 확인

④ 감쇠시스템의 구조모델링 및 실험결과와의 비교평가를 통한 적절성 확인

(3) 감쇠시스템 예비설계

① 감쇠시스템의 설치 위치 : 보강전 구조물 해석을 통해 감쇠장치 설치위치에서의 최대예상변위 및 속도 확인

② 감쇠시스템의 개수 및 유효횡력 확인 : 감쇠시스템에 의해 구조물에 전달되는 힘의 수평성분(유효횡력)의 상한치 및 하한치

③ 감쇠시스템 감쇠력 크기의 적절성 확인: 감쇠시스템 유효횡력/보강전 구조물의 밑면전단력의 비로부터 감쇠시스템에 의한 등가감쇠비의 크기 결정. 속도의존형인 선형점성감쇠의 경우 감쇠력/복원력의 비의 50%수준으로 감쇠비가 증가함. 즉, 밑면전단력이 100kN이고, 유효감쇠력이 10kN인 경우 약 5%의 감쇠비 증가효과가 있음. 감쇠시스템에 요구되는 등가감쇠비는 목표감쇠비에서 원구조물의 감쇠비와 이력효과에 의한 감쇠비를 뺀 값이다.

④ 감쇠장치의 등가감쇠비 : 감쇠장치 설치에 따라 증가하는 등가감쇠비 산정절차의 적절성 확인

(4) 감쇠시스템 보강후 해석

① 감쇠장치 설치전후의 응답감소비 확인 : 상한계 및 하한계 해석을 통해 최대변위, 층간변위, 밑면전단력 등의 감소비 확인

② 개별 감쇠장치에 의한 에너지소산 특성 및 실험결과와의 비교 평가

③ 감쇠시스템의 연결시스템 탄성거동여부 확인 및 필요시 보강 - 상한계 및 하한계 해석을 통해 감쇠장치에서 에너지소산을 발생시키지 않는 부분 및 감쇠장치를 다른 구조요소에 연결하기 위해 사용되는 요소들은 접합부를 포함하여 성능목표를 규정하는 지진에 대하여 탄성상태를 유지하는지 확인

④ 구조물 목표성능 달성여부 확인 : 기초부를 포함한 구조부재 및 전체구조물의 성능수준 확인, 층간변형각확인

## 9.4.6 시험

### 9.4.6.1 일반사항

감쇠장치 및 감쇠시스템의 하중-속도-변위 관계 및 감쇠특성은 시공을 위한 장치의 제작 이전에 이 절에 규정된 실험에 따라야 한다. 또는 유사 크기 장치의 기존 실험을 근거로 해야 한다.

이 절에 규정된 실험은 (1) 설계에서 고려하는 감쇠장치의 하중-속도-변위 특성을 확실하게 결정 및 확인하기 위하여, (2) 큰 지진력에 대하여 개별 장치의 안전성을 증명하기 위하여 수행되어야 한다. 책임구조기술자는 시제품 실험에 의하여 수립되는 관련 장치의 특성치에 대하여 명확한 수용 기준들을 제시해야 한다. 이러한 기준들은 공칭설계치를 반영해야 하며 재료특성에 근거한 예상되는 변동을 고

려해야 한다. 이에 따라 최종적으로 한계응답치를 제시해야 하며 한계응답의 범위에 벗어나는 응답을 나타내는 장치는 사용할 수 없다.

모든 시제품과 장치의 제품에 사용되는 제조 및 품질관리 절차는 동일해야 한다. 이러한 절차는 시제품 장치를 제작하기 이전에 책임구조기술자에 의하여 승인되어야 한다.

### 9.4.6.2 장치원형 시험

아래의 장치원형 시험은 구조물의 보강에 사용되는 각 종류와 각 크기별로 각각 두 개의 실대형 장치에 대하여 수행되어야 한다. 구조물에 사용되는 장치의 각 타입 및 각 크기에 대하여 제조 및 품질관리절차가 동일한 경우, 책임구조기술자에 의하여 승인을 받은 경우 장치원형 시험에 대하여 각 타입과 각 크기에 대한 실험 대신 장치의 각 타입의 대표 크기를 선택하여 실험할 수 있다.
책임구조기술자에 의하여 서면으로 승인을 받지 못한 경우에는 실험체를 구조물의 시공에 사용할 수 없다.

(1) 데이터기록

각 실험체의 각 사이클 별 하중-속도-변위 관계가 기록되어야 한다.

(2) 시험절차

다음의 최소한의 실험 절차에 대하여 각 감쇠장치는 구조물 설치 후 중력하중 효과와 예상되는 주변 온도환경을 반영하여 재하되어야 한다. 내진보강 후 구조물의 기본주기를 $T_1$으로 표기할 때 $1/(1.5T_1)$의 진동수에 대하여 각 장치는 다음의 실험 절차를 따라야 한다.

① 평가기준지진 작용시 장치 변위의 0.33배에 대응하는 감쇠장치의 변위에서 10회의 반복사이클
② 평가기준지진 작용시 장치 변위의 0.67배에 대응하는 감쇠장치의 변위에서 5회의 반복사이클
③ 평가기준지진 작용시 장치 변위의 1.0배에 대응하는 감쇠장치의 변위에서 3회의 반복사이클

| [해설] |
|---|
| 감쇠장치는 일부의 연직력을 지지할 수는 있으나 중력하중 저항 시스템의 일부로 고려되어서는 안 된다. |

(3) 속도의존형 가진주파수

감쇠장치의 하중-변위 특성이 설계변위 이하의 임의의 변위에서 $1/(1.5T_1)$부터 $2.5/T_1$까지의 실험 진동수 변화에 대하여 15 퍼센트 이상 변하는 경우, 앞에 기술한 실험절차들은 $1/(1.5T_1)2.5/T_1$에 해당하는 진동수에서도 수행되어야 한다.

예외사항 : 실대형 실험이 아닌 축소비율의 시제품으로 감쇠장치의 비율의존성을 평가하는 경우에는, 축소비율 시험체는 실대형 시제품과 동일한 종류와 재료를 사용하여 동일한 순서와 품질관리 절차에 따라 제작되어야 하며, 실대형 하중속도를 잘 반영할 수 있는 상사 진동수를 적용하여 실험이 수행되어야 한다.

(4) 면외변형의존성

감쇠장치가 면외변형의 영향을 받는 경우, 앞에 기술한 실험절차들은 최대 면외변위(평가기준지진작용시 변위)와 면외변위 0에서 모두 수행되어야 한다.

예외사항 : 실대형 실험이 아닌 축소비율의 시제품으로 감쇠장치의 이방향 변위 특성을 평가하는 경우에는, 축소비율 시험체는 실대형 시제품과 동일한 종류와 재료를 사용하여 동일한 순서와

품질관리 절차에 따라 제작되어야 하며, 실대형 변위를 잘 반영할 수 있는 상사 변위를 적용하여 실험이 수행되어야 한다.

(5) 온도의존성

감쇠장치의 특성이 온도에 의존하는 경우, 적어도 하나의 시제품 장치는 설계에서 예상가능한 최저 및 최고온도에 대하여 각각 9.4.6.2(2)의 ①부터 ③까지를 적용하여 실험을 수행한다.

(6) 유사장치의 시험

감쇠장치가 유사한 크기, 동일한 재료 및 내부구성 및 정적 동적 내부 압력을 가지고, 동일한 순서 및 제조·품질관리 절차로 제작되고 앞에 기술한 실험방법에 따라 연구소 등에서 실험이기 수행된 경우 다음의 조건을 만족하면 별도의 장치 실험을 수행하지 않아도 된다.

① 책임구조기술자가 모든 관련 실험데이터를 열람할 수 있고 이에 대한 허가를 얻은 경우

② 제조업자가 사전에 실험이 수행된 장치의 유사성에 대하여 책임구조기술자의 승인을 입증할 수 있는 경우

③ 책임구조기술자에 의하여 사전 수행된 실험 프로그램 데이터의 제출이 서면으로 승인된 경우

### 9.4.6.3 감쇠장치의 공칭특성치

(1) 감쇠장치의 하중-속도-변위 특성은 9.4.6.2에서 규정된 시제품 장치의 반복하중 및 변위 실험에 근거해야 한다.

(2) 감쇠장치의 공칭설계특성치는 주어진 변위 진폭레벨에 대해서 처음의 3회 반복재하에서 얻어진 평균값으로 산정한다.

(3) 강성을 가지는 감쇠장치의 유효강성 $k_{eff}$은 식 (9.9)에 따라 변형의 각 사이클에 대하여 계산되어야 한다.

$$k_{eff} = \frac{|F^{+}| + |F^{-}|}{|\Delta^{+}| + |\Delta^{-}|} \tag{9.9}$$

여기서 $F^{+}$와 $F^{-}$는 각각 $\Delta^{+}$와 $\Delta^{-}$의 변위에서 계산되어야 한다.

강성을 가지는 감쇠장치의 등가점성감쇠비 $\beta_{eff}$는 식 (9.10)에 따라 변형의 각 사이클에 대하여 계산되어야 한다.

$$\beta_{eff} = \frac{1}{2\pi}\frac{W_D}{k_{eff}\Delta_{ave}^{2}} \tag{9.10}$$

여기서 $k_{eff}$는 식 (9.9)의 결과를 이용한다. $W_D$는 한 사이클 동안 장치의 하중-변위 곡선 내부의 면적으로, $\Delta^{+}$와 $\Delta^{-}$의 절대값의 평균치에 해당하는 변위 $\Delta_{ave}$에서 수행한 실험 결과를 이용하여야 한다.

### 9.4.6.4 감쇠장치의 적합성

아래에 열거된 모든 조건을 만족하는 경우, 시제품 장치의 성능은 적정하다고 간주되어야 한다.

(1) 9.4.6.2의 실험에 의한 하중-변위 곡선에서 하중전달능력의 증분이 음의 값을 가지지 않아야 한다.
예외사항 : 속도의존형 거동을 보이는 감쇠장치는 이 요구조건을 만족하지 않아도 된다.

(2) 9.4.6.2의 각 실험에 대하여, 임의의 한 사이클에 대한 시제품 장치의 유효강성 $k_{eff}$이 실험의 모든 사이클로부터 계산되는 평균유효강성과 $\pm 15\%$ 이상 차이가 나지 않아야 한다.
예외사항 :
① 위의 15 퍼센트 제한치는, 증가된 제한치가 구조물의 응답에 유해한 영향을 주지 않음이 해석에 의하여 증명되는 경우에는 책임구조기술자에 의해 증가시킬 수 있다.
② 유효강성을 가지지 않은 유체점성 장치 및 기타 장치는 이 요구조건을 만족하지 않아도 된다.

(3) 9.4.6.2의 각 실험에 대하여, 임의의 한 사이클 내 영 변위 시 시제품 장치의 최대하중과 최소하중이 실험의 모든 사이클로부터 계산되는 평균최대 및 최소하중과 $\pm 15\%$이상 차이가 나지 않아야 한다.
예외사항 : 위의 15 퍼센트 제한치는, 증가된 제한치가 구조물의 응답에 유해한 영향을 주지 않음이 해석에 의하여 증명되는 경우에는 책임구조기술자에 의해 증가시킬 수 있다.

(4) 9.4.6.2의 각 실험에 대하여, 시제품 장치의 임의의 한 사이클 내 이력곡선의 면적 $W_D$가 실험의 모든 사이클로부터 계산되는 이력곡선의 평균면적과 $\pm 15\%$ 이상 차이가 나지 않아야 한다.
예외사항 : 위의 15 퍼센트 제한치는, 증가된 제한치가 구조물의 응답에 유해한 영향을 주지 않음이 해석에 의하여 증명되는 경우에는 책임구조기술자에 의해 증가시킬 수 있다.

(5) 변위의존형 장치에 대하여, 9.4.6.2의 각 실험에 대하여 계산된 영 변위에서 평균유효강성, 평균최대 및 최소하중, 이력곡선의 평균면적 $W_D$는 책임구조기술자에 의해 제시된 한계값을 초과하지 않아야 한다.

(6) 속도의존형 장치에 대하여, 9.4.6.2의 각 실험에 대하여 계산된 영 변위에서 평균최대 및 최소하중, 유효강성(점탄성 장치의 경우에만 적용), 이력곡선의 평균면적 $W_D$는 책임구조기술자에 의해 제시된 한계값을 초과하지 않아야 한다.

### 9.4.6.5 품질관리시험

건축구조물 설치에 앞서 설치될 모든 감쇠장치의 하중－속도－변위특성이 책임구조기술자가 정한 한계 내에 있는지를 보장하기 위한 시험을 수행한다. 제품시험의 범위와 빈도는 책임구조기술자에 따라 결정한다.

(1) 최대고려지진 장치변위의 0.67배의 진폭과 $1/(1.5T_1)$의 진동수로 3회 재하

(2) 시험에서 얻어진 설계특성치는 9.4.4.6의 설계특성치 범위 설정에서 고려한 품질관리 변동폭 범위 이내에 들어야 한다.

(3) 비탄성 변형이 발생한 시험체는 구조물의 시공에 사용할 수 없다.

# 제 10 장 비구조요소의 내진보강

## 10.1 일반사항

### 10.1.1 목적

이 장은 건축, 기계/전기설비, 배관 등의 비구조요소에 대한 내진보강 여부의 판정 및 보강 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 보강을 요구하는 비구조요소의 종류 및 내진보강 시 요구되는 성능 목표는 평가요령의 9장을 따른다.

### 10.1.2 내진보강 방향 및 절차

비구조요소의 내진보강은 성능 목표에 부합하도록 하며, 평가요령의 9.7절에서 정의한 각 비구조요소의 거동 특성을 고려하여 적절한 보강 방법을 적용한다.

(1) 힘지배형 비구조요소의 보강 : 각 비구조요소의 성능 수준별 지진하중에 대하여 충분한 강도를 발휘할 수 있도록 비구조요소를 구조체에 적절히 정착하거나 브레이싱을 이용해 보강하며, 비구조요소 자체의 강도가 부족한 경우에는 자체 보강을 실시한다.

(2) 변형지배형 비구조요소의 보강 : 각 비구조요소의 성능 수준별 허용 변위에 대하여 비구조요소가 충분한 변형 능력을 확보하도록 한다.

## 10.2 보강 여부 판정

비구조요소의 보강 여부를 판정하기 위한 지진하중 및 상대변위는 평가요령의 9.4절을 따른다. 각 비구조요소의 지진하중 및 상대변위는 평가요령 9.7절의 성능수준별 허용기준을 고려하여 산정한다. 또한 비구조요소와 부속품의 성능은 실험적 절차를 적용하여 평가하고 보강 여부를 평가할 수 있다. 이 때 비구조요소의 강성, 강도, 변형 능력 등을 평가할 수 있도록 진동대 실험 또는 등가정적하중 실험을 계획하여 수행할 수 있다. 이중바닥 및 그 상부에 설치되는 전기 및 통신설비의 기능수행 수준에 대한 평가 및 보강은 전파연구소의 '전기통신설비의 내진시험방법'과 같은 공인시험 절차를 따를 수 있다.

## 10.3 비구조요소의 내진보강

(1) 비구조요소의 보강은 각 비구조요소의 거동 유형 및 요구하는 성능목표에 맞추어 수행되어야 한다.

(2) 힘지배형 비구조요소의 내진보강은 적절한 정착법과 브레이싱을 제공하는 방식으로 수행할 수 있다. 비구조요소의 자체적인 강도가 부족한 경우에는 적절하게 보강하거나 새로운 비구조요소로 대체하여 설치한다.

(3) 변형지배형 비구조요소의 내진보강은 비구조요소가 지진발생시 위치를 유지하면서 충분한 변형능력을 발휘하는 방식으로 수행할 수 있다.

(4) 지진 시 한 방향에 대하여 힘지배형, 다른 방향에 대하여 변형지배형인 힘-변형 동시 지배형 비구조요소는 각각의 영향을 모두 고려하여 보강되어야 한다.

[해설]

비구조요소의 일반적인 보강방법에는 부재교체, 강성 및 강도 증진, 보수, 가새 추가, 앵커 추가 등이 있다. 그러나 비구조요소의 보강 여부 및 방법은 전적으로 설계자의 역량에 따라 결정되기 때문에, 이 요령에서 따로 제시하지 않는 보강방법이 해당 비구조요소의 목표성능수준별 허용기준을 만족하고 성능을 개선시킬 수 있으면 검증을 통해 보강방법으로 사용할 수 있다.

(1) 부재교체
- 새로운 비구조요소로 교체: 외장 패널의 제거, 패널과 벽체간 연결장치 교체, 새로운 패널의 설치

(2) 강성 및 강도 증진
- 대상 비구조요소에 대한 설계지진력에 대하여 저항할 수 있도록 비구조요소의 지지점 부근에 추가적인 부재를 용접하여 구조요소의 좌굴을 방지하고 강성 및 강도를 증진

(3) 보수
- 부식된 프리캐스트 콘크리트 외장 시스템의 부착물을 보수, 단순 부착물 교체, 외장 시스템 전체의 교체 등 비구조요소의 손상된 부품 또는 부재를 교체하여 목표성능수준에 따른 허용기준을 만족할 수 있도록 함

(4) 가새 추가
- 매달린 천장 시스템 상부에 경사 와이어 및 수직 압축재 추가 설치 등 비구조요소 내부에 버팀대를 추가하거나 비구조요소-구조물 간 버팀대를 추가

(5) 앵커 추가
- 콘크리트 슬래브 등의 비구조요소를 지지하는 구조체에 볼트, 또는 앵커를 추가하여 바닥판과 비구조요소 간 횡방향 강성 및 지지력을 높임

## 10.3.1 건축 비구조요소

### 10.3.1.1 외부에 접착 또는 앵커로 고정되는 중량 외장재

외부에 접착된 중량 외장재는 면내 방향으로 구조체의 변형이 발생하면 접착면에서의 분리가 발생하여 외장재가 탈락하거나, 면외 방향으로 가속도에 의해 탈락할 수 있다. 벽돌이나 석재와 같은 중량의 외장재는 탈락시 인명 손상이나 주차된 자동차 등의 재산피해를 야기할 수 있으므로 구조체와 중량 외장재가 적절하게 부착될 수 있도록 보강을 실시한다.

조적 외장재 등 중량의 외장재가 구조체와 접착 또는 앵커링이 되어 있지 않거나, 시공상태가 불량하면 전면 재시공하여야 한다.

앵커로 지지된 석재 등 중량의 외장재는 구조체와 외장재를 연결하는 앵커 및 지지 철물이 면내 방향과 면외 방향의 변형을 충분히 흡수할 수 있고, 면외 방향의 가속도에 의한 지진력에 저항할 수 있는 충분한 내력을 갖도록 보강하여야 한다.

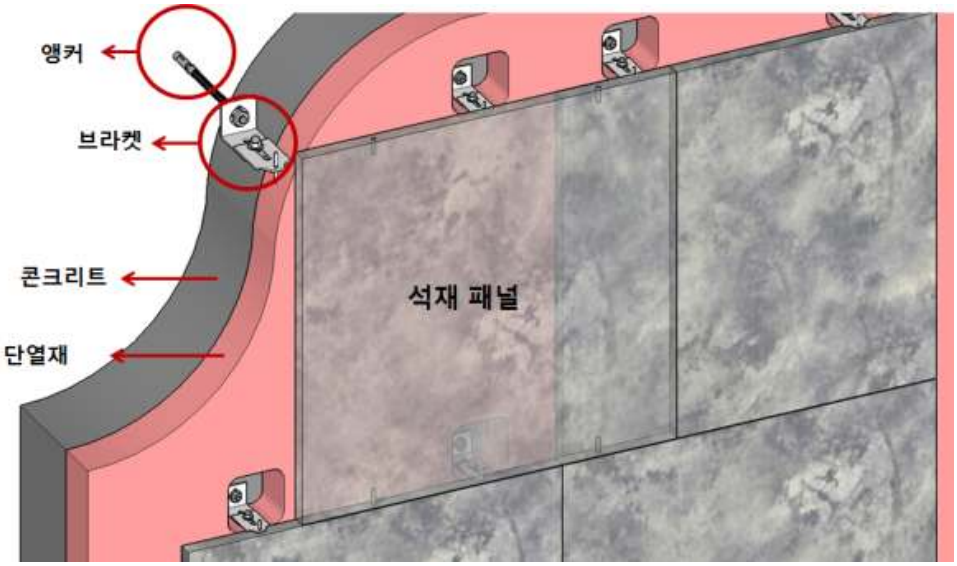
[해설]

외부에 설치되는 중량 외장재는 적절한 접착제를 사용하거나 앵커링이 되어야 하나, 2017년 11월 발생한 포항지진에서는 다수의 조적 외장재가 해그림 10.1과 같이 탈락하였다. 대부분의 경우 구조체와 조적 외장재 사이에 단열재가 설치되고, 적절하게 부착되지 않는 경우가 많으므로 이와 같은 외장재에 대한 내진성능평가 시 실제 시공 상세에 대한 현장 조사가 필수적이다.

해그림 10.2와 같이 구조체 외부에 단열재와 함께 중량의 외장재가 설치되는 경우, 앵커 및 브라켓은 중력방향 및 면외방향의 지진하중에 저항할 수 있는 충분한 강도를 보유하여야 하며,

면내방향과 면외방향의 변형을 흡수할 수 있는 시공 상세가 제공되어야 한다.

해그림 10.1 부착 및 앵커링이 되지 않은 조적 외장재의 지진피해 (2017 포항지진)




해그림 10.2 단열재가 설치된 앵커와 브라켓으로 고정된 석재 외장재 구성 예

### 10.3.1.2 칸막이벽

상하부가 모두 구조체에 고정된 칸막이벽의 경우, 지진 발생 시 면내방향 하중에 의해 전단균열, 뒤틀림 및 칸막이벽 마감재의 탈락 등이 발생할 수 있으며, 면외방향 하중에 의해서는 휨에 의한 균열, 구조체와의 연결 분리, 붕괴 등이 발생할 수 있다. 이러한 칸막이벽은 면내방향으로는 벽체와 구조체 사이에 상대변위를 흡수할 수 있는 충분한 틈을 형성하며, 면외방향으로는 전도를 방지할 수 있는 접합부재를 제공하는 방식으로 보강을 실시한다.

상부가 구조체에 고정되지 않은 낮은 칸막이벽의 경우, 면외방향으로 전도되지 않도록 보강을 실시한다.

### 10.3.1.3 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리

커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리는 변형에 매우 민감하다. 지진 발생 시 커튼월, 칸막이벽에 끼워진 유리는 면외방향 하중에 의해 탈락하거나 파괴될 수 있고, 면내방향의 하중에 의해 균열이 생성되거나 파괴될 수 있다.

평가요령 9.7.1.3절에서 요구하는 성능수준별 상대변위를 흡수할 수 없는 경우, 상대변위를 흡수할 수 있도록 유리와 프레임사이의 간격을 확보하되, 유리가 면외방향으로 탈락되지 않도록 한다.

### 10.3.1.4 매달린 천장

매달린 천장이 평가요령 9.7.1.4절에서 요구하는 성능수준별 허용기준을 만족하지 못하는 경우 적절한 내진보강이 필요하다. 단 약 95 $N/m^2$이하의 매우 가벼운 패널의 경우 탈락 시에도 인명안전 수준을 위협하지 않는 것으로 판단할 수 있다. 매달린 천장의 내진보강은 브레이스의 추가, 천장프레임과 상부 구조체와의 접합부 보강, 천장프레임과 벽체와의 연결부 보강, 천장 패널과 천장 프레임 사이의 접합부 보강 등의 방법을 이용할 수 있으며, 이 외에도 공인기관을 통해 실험적, 해석적 방법으로 인증을 받은 천장을 사용할 수 있다.

천장의 손상에 의해 매달린 천장 내부를 관통하는 소방 배관 등에 손상이 예상되는 경우, 소방배관에 피해가 발생하지 않도록 추가적인 내진보강을 실시하여야 한다.

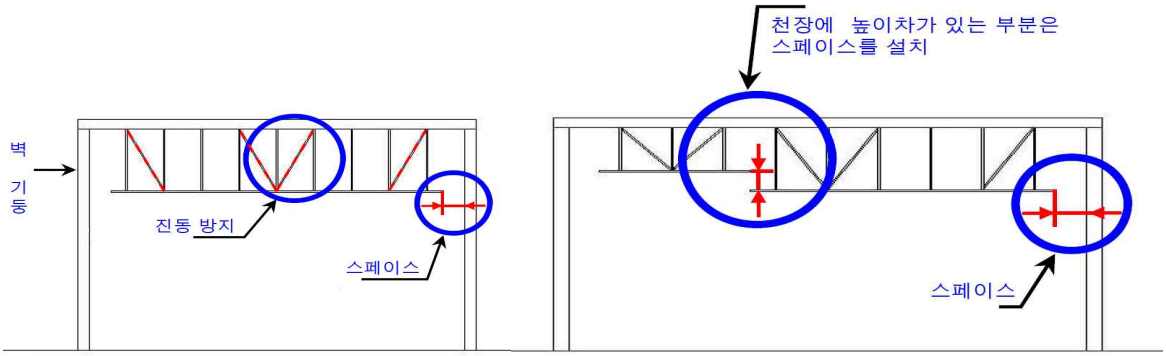
[해설]

체육관 등 피난시설로 사용될 수 있는 대공간의 천장 패널을 지지하는 프레임은 수평지진력에 의해 벽체 등과 충돌하여 좌굴이 발생할 수 있고 이로 인한 패널의 탈락이 발생할 수 있다. 따라서 세장한 천장 프레임의 좌굴 및 패널의 탈락이 발생하지 않도록 보강하거나 검증된 자재를 사용하여야 한다. 해그림 10.3은 2017 포항지진에서 발생한 천장피해 사례로 그림에서 보는 바와 같이 천장 내부로 설비배관이나 스프링클러 등이 설치되므로, 지진에 의해 천장에 변형이 발생하여 천장내부를 관통하는 중요 배관에 손상을 일으키지 않도록 보강하도록 한다.

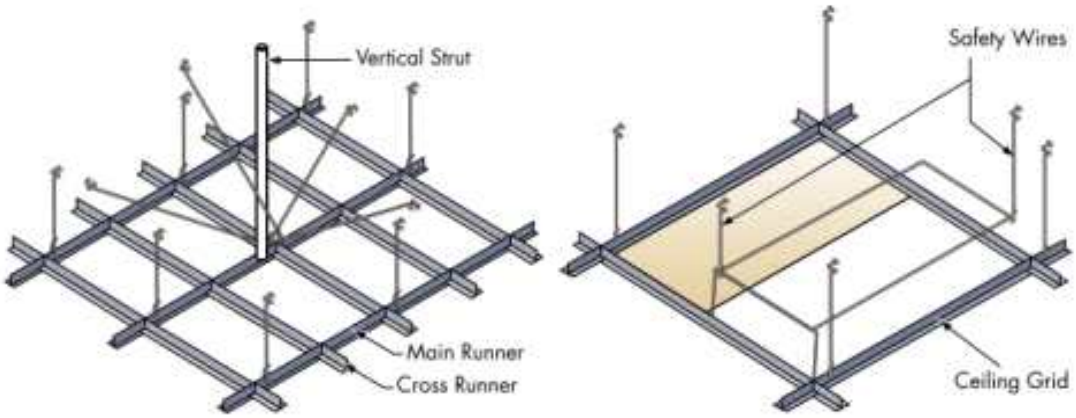
천장이 탈락하면 복도 및 피난계단 등의 피난경로 확보에 문제가 발생할 수 있다. 2017 포항지진에서는 해그림 10.4와 같이 복도 및 피난계단 등에 설치된 천장이 탈락하여 피난 경로 및 복구 통로 확보에 어려움을 겪는 사례가 발생하였다. 따라서 중요한 피난 통로의 천장은 천장판의 탈락이 발생하지 않도록 보강을 실시하여야 하며, 천장판이나 천장프레임을 구성하는 철물이 노후화된 경우에는 적절한 성능을 확보한 제품으로 교체하여야 한다. 천장이 비보강 조적벽체 등에 수평 지지된 경우, 조적벽체의 붕괴에 의해 천장이 탈락될 수 있으므로 이러한 경우에는 조적벽체와 천장의 지진 거동을 동시에 고려하여야 한다.

해그림 10.3 프레임의 변형 및 패널이 탈락된 대공간 천장 (2017 포항지진)

해그림 10.4 천장 탈락에 의한 복도 및 계단실 피난경로 피해 사례 (2017. 포항지진)




(a) 평탄한 천장 (b) 평탄하지 않은 천장




해그림 10.5 천장재의 지진 상세

천장재는 해그림 10.5(a)와 같이 천장 형상이 평탄할 경우에는 진동방지브레이스를 설치하고, 외벽과 스페이스를 두며, 해그림 10.5(b)와 같이 천장 형상에 높이 차이가 있는 경우에는 높이 차이가 있는 부분에 스페이스를 설치함으로써 내진보강효과를 높일 수 있다.

### 10.3.1.5 이중바닥

이중바닥은 지진발생 시 수직, 수평으로 변위가 발생한다. 이중바닥의 내진보강은 이중바닥 프레임의 수직부재와 슬래브 사이의 앵커링 등 접합부 보강, 이중바닥 프레임 부재간 접합부 보강, 이중바닥 패널과 프레임 사이의 접합부 보강 등의 방법을 이용할 수 있다. 전파연구소의 전기통신설비의 내진시험방법 등의 공인 인증을 받은 이중바닥 시스템을 사용할 경우 성능을 만족하는 것으로 간주한다.

이중바닥은 상부에 설치된 구조물이 중량물인 경우, 상부구조는 이중바닥 상부에 설치하지 않고 구조체와 직접 연결하여야 하며, 불가능 하다면 구조물을 지지하는 패널의 프레임을 브레이스 등으로 보강하여야 한다.

### 10.3.1.6 중량 파라펫

중량 파라펫의 거동은 면외방향의 가속도에 민감하며 특히 옥상 등에 설치되는 조적 파라펫은 면외방향의 전도에 의한 붕괴 위험이 높다.

중량 파라펫이 면외방향 지진하중에 충분히 저항하지 못할 경우 적절한 구조보강을 실시하여야 한다. 전도위험이 있는 파라펫과 옥상면에 브레이스를 설치하거나 면외방향 휨강도를 보강하여야 한다.

[해설]

옥상 등에 설치되는 파라펫은 조적조 등으로 설치되는 경우가 대부분이며, 면외방향 가속도에 의해 전도되어 인명손상을 일으키거나 건물 인근에 주차된 자동차 등에 피해를 일으킬 수 있다. 2016년 경주지진과 2017년 포항지진에서도 이와 같은 피해사례가 다수 발생하였다. 파라펫이 전도되지 않도록 충분한 강도를 보유하도록 구조보강을 실시하거나 면외방향으로 브레이스를 설치하여야 하며, 이와 같은 보강이 쉽지 않을 경우 해체하거나 경량의 파라펫 등으로 교체하도록 한다.

해그림 10.6 면외방향으로 전도된 옥상 파라펫 (2017. 포항지진)

## 10.3.2 기계/전기 비구조요소

### 10.3.2.1 기계장비

기계장비는 지진 발생 시 장착된 곳에서 미끄러지거나 전도, 탈락할 수 있으며 이때, 인명안전이 위협되므로 위치유지 성능수준과 인명안전 수준을 동일하게 둔다. 지진 이후 기계설비의 기능수행이 요구될 경우 설계자가 지진 발생 이후 필수적으로 기능수행이 되어야 하는 기계, 전기 및 배관요소 등을 중요도에 맞게 식별하여야한다.

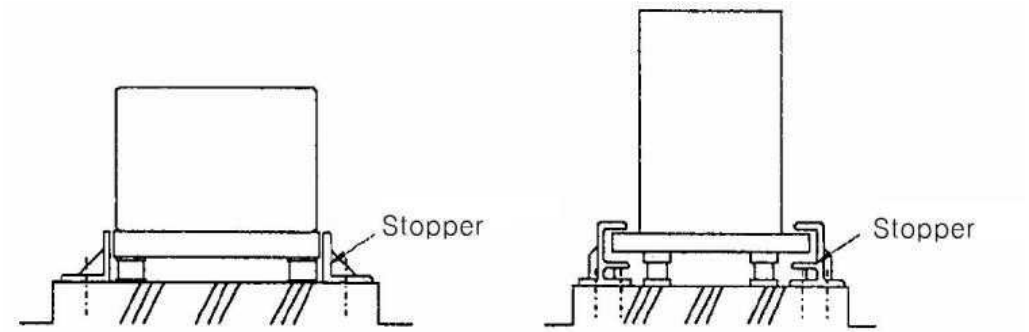
이 때, 기계장비는 평가요령 9장에 따라 하중을 산정하여 접합부 등이 적절한 강도 발휘하도록 보강하여야 한다.

구조체에 부착되거나 이동하지 않는 기계장비는 구조체와 강한 앵커링을 통하여 위치유지 수준을 만족시킬 수 있다.

기능수행 수준이 요구되는 기계장비는 위치유지 수준에서 사용된 설계 하중을 증가시켜 간접적으로 성능 수준을 높이는 방법을 사용한다. 복잡한 기계장비의 경우 실험을 통하여 기능수행 수준을 만족하는지 여부를 판단할 수 있다.

[해설]

물탱크 및 냉각탑은 해그림 10.7과 같이 비교적 중심이 낮은 기기는 횡변위를 구속할 수 있는 스톱퍼(stopper)를 설치하고, 중심이 높은 장비는 횡면위 및 로킹을 구속할 수 있는 스톱퍼를 설치한다.




(a) 중심이 낮은 장비 (b) 중심이 높은 장비

해그림 10.7 물탱크 및 냉각탑의 지진 대책 사례

### 10.3.2.2 전기 및 통신설비

전기 및 통신설비는 설치된 바닥에서 미끄러지거나 기울어짐, 또는 전도로 탈락 및 파괴가 발생할 수 있다. 규모가 큰 전기 및 통신시설의 경우 지진하중에 대한 평가와 시각적인 평가가 이루어져야 한다.

전기 및 통신설비의 기본적인 내진보강 방법은 전도, 미끄러짐 등이 발생하지 않도록 구조체에 적절히 앵커링하는 방법이다.

전기 및 통신설비의 기능수행 수준에 대한 성능확보는 전파연구소의 전기통신설비의 내진시험방법 등을 적용할 수 있다.

## 10.3.3 배관

### 10.3.3.1 압력 배관

압력배관에서 최소한으로 지켜져야 할 성능은 위치유지와 누수방지 및 작동성이다. 특히 압력배관의 관련 설계 표준에 맞게 시공·설치되어야 한다.

압력배관은 지진 발생 시 구조체와 충돌하지 않도록 적절한 이격거리가 필요하다. 또한 중요한 압력배관의 경우 변위흡수장치의 사용을 고려하여야한다. 압력배관은 배관사이의 접합부를 변위 흡수가 가능한 디테일을 사용할 수 있다.

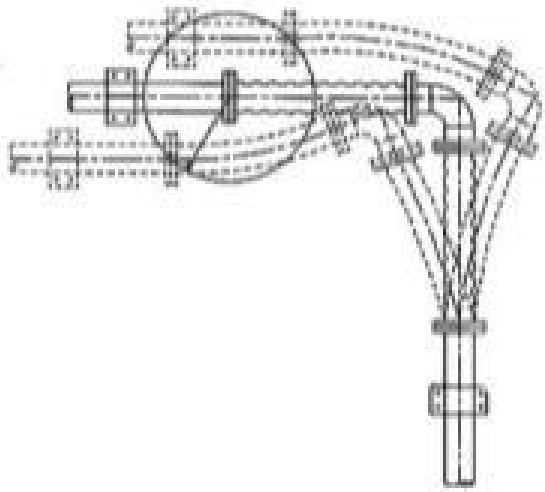
인명안전 수준이 요구되는 압력배관은 시스템의 붕괴 및 낙하가 없는 상태여야 하는 위치유지에 중점을 두고, 위치유지 수준이 요구되는 압력배관은 누수 및 누출방지를 위한 시스템 보강이 필요하다. 기능수행 수준이 요구되는 경우 지진 발생 시 위치 유지가 되어야 하며, 압력 배관이 정상 작동하여야 하고 누수 및 누출이 없어야 한다.

### 10.3.3.2 소화 배관

소화배관은 일반적으로 압력배관과 유사한 손상이 예상된다. 지진 발생 시 소화배관의 일반적인 파괴형상은 부적절한 지지부로 인한 손상이나 브레이스의 손상, 스프링클러 헤드로 인한 인접한 천장재 등과의 공동 손상 등이다. 소화배관에 대한 내진보강은 압력배관과 마찬가지로 지진 발생 시 구조재와 충돌하지 않도록 적절한 이격거리를 확보하며, 지지부가 충분한 강도를 발휘할 수 있도록 한다.

[해설]

지진 직후에도 계속 사용이 요구되는 주요 배관은 해그림 10.8과 같이 변위흡수가능 이음부(flexible connection)를 설치하여, 지진시 배관의 파손 혹은 탈락을 방지한다.



해그림 10.8 파이프의 지진 대책 사례

# 부 록

## 부록 A. 건축물 내진보강방안 검토 매뉴얼

# A1. 내진보강방안 검토표

| 평 가 항 목 | | 검토 |
|---|---|---|
| (1) 내진보강 공법 선정의 적정성 | 가. 구조물의 취약성과 보유 내진성능 수준을 종합적으로 분석하여 내진보강공법 선정의 근거를 제시하였는가? | |
| | 나. 일반공법의 경우 향상요령 9.2 특수공법 요건에 해당 여부를 검토한 결과를 제시하였는가? | |
| | 다. 특수공법의 경우 성능입증보고서 및 성능검증보고서는 향상요령 9.3.1의 요구사항에 따라 충실하게 작성되었는가? | |
| | 라. 특수공법의 경우 성능입증보고서의 성능입증방법은 향상요령 9.3.2~9.3.4 및 9.4.6에 부합하는가? | |
| (2) 내진보강 공법 설계의 적정성 | 가. 기존 부재, 보강 부재 및 신설 부재의 성능평가가 수행되었는가? | |
| | 나. 보강 부재 및 신설 부재의 설계 시 요구사항 및 구조상세를 준수하였는가? | |
| | 다. 신설부재와 기존부재의 접합부 검토 및 설계가 적절하게 수행되었는가? | |
| | 라. 특수공법의 경우 성능입증보고서의 요구사항을 준수하여 설계되었는가? | |
| | 마. 보강된 구조물의 성능목표 만족여부는 평가요령의 절차에 적합하게 평가되었는가? | |
| (3) 보강대상 부재 선정 또는 신설부재 배치의 적정성 | 가. 보강위치는 사용한 공법의 역할에 맞게 선정되었는가? | |
| | 나. 보강 또는 신설 부재의 배치가 보강된 구조물의 비정형성을 크게 증가시키지 않는가? | |
| (4) 기초 보강방법의 적정성 | 가. 보강된 구조물의 내진성능평가를 통하여 기초의 보강 또는 신설 필요성을 검토하였는가? | |
| | 나. 보강 또는 신설된 기초 구조는 충분한 지지력 및 구조내력을 가지도록 설계되었는가? | |
| (5) 추정 보강비용의 적정성 | 가. 보강비용 산출에 적용된 항목별 단가의 근거를 제시하였는가? | |
| | 나. 보강비용 산출에 적용된 항목별 단가의 객관적 근거를 제시하였는가? | |
| (6) 내진보강 여부의 적정성 | 가. 내진성능과 노후도를 고려한 보강후 사용계획을 종합적으로 반영하여 내진보강 여부를 결정하였는가? | |

# A2. 세부항목별 해설

## (1) 내진보강 공법 선정의 적정성

가. 구조물의 취약성과 보유 내진성능 수준을 종합적으로 분석하여 내진보강공법 선정의 근거를 제시하였는가?

- 내진보강 공법은 설치범위에 따라서 부재보강(분산보강)과 시스템보강(집중보강)으로 분류할 수 있다. 또한 내진성능의 향상 원리에 따라서 1) 강도 및 강성 증대, 2) 연성 향상, 3) 하중 저감의 세 가지로 분류할 수 있으며, 복합적인 성격을 가질 수도 있다.
- 보강전 구조물의 취약성을 분석한 결과를 제시하고 이를 토대로 내진보강 기본방향을 도출한 근거가 명확히 보고서에 제시되어야 한다.
- 보유내진성능수준과 목표성능수준을 정량적, 정성적으로 비교하여 보고서에 제시하고 그에 따라서 내진보강공법(또는 그 범주)을 선정한 근거를 명확히 제시하여야 한다.

나. 일반공법의 경우 향상요령 9.2 특수공법 요건에 해당 여부를 검토한 결과를 제시하였는가?

- 구조해석 모델이 힘의 전달경로를 왜곡하는 경우, 강접합으로 보기 어려운 접합부를 모델링에 반영하지 않은 경우, 보강후 강성이 제대로 반영되지 않아 하중의 분담률이 왜곡된 경우 등에는 일반적인 재료와 설계방법을 사용한 보강공법이라고 하더라도 특수공법으로 간주하여야 하며, 그에 요구되는 성능의 검증이 요구된다.
- 요령 9.3에서 요구하는 성능입증보고서 및 성능검증보고서를 구비하지 않은 모든 공법은 특수공법의 정의에 해당되는지 여부를 검토한 결과와 근거를 보고서에 명시하여야 한다.

다. 특수공법의 경우 성능입증보고서 및 성능검증보고서는 향상요령 9.3.1의 요구사항에 따라 충실하게 작성되었는가?

- 요령 9.3.1에서는 성능입증보고서 및 성능검증보고서의 내용 및 작성주체를 구체적으로 제시하고 있으므로 이를 준수하고 있는지 확인한다.

라. 특수공법의 경우 성능입증보고서의 성능입증방법은 향상요령 9.3.2~9.3.4 및 9.4.6에 부합하는가?

- 특수공법은 구조실험과 정밀구조해석을 통하여 성능을 입증하여야 한다.
- 특수공법의 성능입증 실험의 수량, 실험체의 상세 등에 관한 요구사항은 향상요령 9.3.2의 요구사항을 따른다.
- 특수공법의 성능입증 실험절차는 향상요령 9.3.3의 요구사항에 따른다.
- 특수공법의 성능입증 정밀구조해석은 실험의 보완 방법으로서만 허용되며 9.3.4의 요구사항에 따른다.
- 감쇠장치의 경우에 장치의 성능입증시험 및 공칭특성치 결정은 9.4.6의 요구사항에 따른다.

## (2) 내진보강 공법 설계의 적정성

가. 기존 부재, 보강 부재 및 신설 부재의 성능평가가 수행되었는가?

- 제시된 내진보강안이 성능목표를 달성할 수 있음을 평가요령에 제시된 절차 중 하나에 의하여 입증하여야 한다.
- 보강후 구조물의 내진성능평가에는 평가요령의 요구사항에 따라 변경된 특성에 적합한 구조해석방법을 적용하여야 한다.
- 기존 부재, 보강 부재 및 신설 부재를 모두 평가하여 평가요령의 요구사항에 따라 성능수준을 판정한다.
- 보강된 부재와 신설된 부재의 강도 및 변형능력은 평가요령 및 향상요령의 요구사항에 따라 산정하여야 한다. 평가요령 및 향상요령에서 정의하지 않은 사항에 대해서는 실험 등의 근거자료를 보고서에 첨부한다.

나. 보강 부재 및 신설 부재의 설계 시 요구사항 및 구조상세를 준수하였는가?

- 각 공법별로 보강설계시 상세 요구사항을 준수하였음을 보고서에 제시하여야 한다.
  - 시스템보강 공법 중 철근콘크리트구조의 보강공법별 상세 검토사항은 향상요령의 3.2에 따르고 강구조 및 합성구조의 보강공법별 상세 검토사항은 향상요령의 3.3에 따른다.
  - 기존 철근콘크리트 부재의 보강공법별 상세 검토사항은 향상요령 4장에 따른다.
  - 기존 비보강 조적조 및 조적채움벽의 부재 보강공법별 상세 검토사항은 향상요령 5장에 따른다.
  - 기존 강구조 및 합성구조의 부재 보강공법별 상세 검토사항은 향상요령 6장에 따른다.
- 보강설계시 상세 요구사항 중 구조 상세에 관한 요구사항은 반드시 보강상세 도면에 표시되어야 한다.

다. 신설부재와 기존부재의 접합부 검토 및 설계가 적절하게 수행되었는가?

- 신설부재와 기존부재의 연결부는 발생할 수 있는 편심과 전달가능한 힘의 성분이 반영될 수 있도록 적절히 모델링되어야 한다.
- 사용된 구조해석 모델에서 접합부의 설계하중 산정 방법은 역학적으로 명쾌하게 설명되어야 한다.
- 기존 콘크리트와 보강재의 연결부 설계시 요구사항은 향상요령 7장에 따른다.
  - 성능기반 내진성능평가를 위한 7.1의 일반사항 준수를 확인한다.
  - 일반적으로 후설치 앵커가 사용되며, 강도의 산정에 관한 요구사항 외에 내진보강 설계에 요구되는 일반사항을 규정하고 있는 7.2.1의 요구사항 준수를 확인한다.
  - 지진하중에 사용된 앵커가 모의지진시험을 통해 검증된 것임을 입증하는 자료를 첨부하여야 한다. 모의 지진시험에 대한 요구사항은 향상요령 7.2.1.2(1)의 [해설]을 참고한다.

- 앵커는 강재의 파단 이외에도 뽑힘이나 앵커가 매설되는 콘크리트의 파괴 등 다양한 파괴모드를 고려하여 설계하여야 한다. 인장 및 전단 각각에 대하여 향상요령 <표 7.1>에 열거된 파괴모드를 모두 고려하였는지 확인한다.
- 기존 콘크리트와 신설 철골조의 간접접합을 사용하는 경우 설계 및 구조상세는 7.6.1의 요구사항에 따르며, 구조상세는 도면상에 표시되어야 한다.

라. 특수공법의 경우 성능입증보고서의 요구사항을 준수하여 설계되었는가?

- 특수공법을 적용하여 내진보강을 수행한 경우 성능입증보고서에 포함된 설계 매뉴얼에 따라 설계하였음을 확인할 수 있도록 내진성능평가 보고서를 작성하여야 한다.
- 특수공법을 적용하여 내진보강을 수행한 경우 성능입증보고서에 명시된 적용범위 안에서 설계되어야 한다.
- 성능입증보고서와 별도로 평가요령 및 향상요령의 요구사항을 준수하여야 한다.

마. 보강된 구조물의 성능목표 만족여부는 요령의 절차에 적합하게 평가되었는가?

- 보강후 구조물도 보강전 구조물과 동일한 성능목표와 허용기준을 적용하여 평가한다. 단 성능목표는 보강후 사용목적에 따라 상향될 수 있다.
- 보강후 구조물의 비정형성, 모드참여율 등을 종합적으로 고려하여 평가방법을 선정한다.
- 평가요령 4.6에 따라 허용층간변형각, 중력하중저항능력을 고려하여 성능수준을 판정한다. 해당 사항이 있는 경우 조적채움벽의 평가, 유효변위 이내에 성능점 형성 여부를 판정시 고려한다.

## (3) 보강대상 부재 선정 또는 신설부재 배치의 적정성

가. 보강위치는 사용한 공법의 역할에 맞게 선정되었는가?

- 강도 및 강성 증가형 보강 공법은 강성과 강도가 상대적으로 작은 부재를 보강하거나 또는 그러한 위치에 신설 부재를 배치하였는지 확인할 수 있어야 한다.
  - 취약한 부재를 직접 보강하거나 취약한 부재에 작용하는 하중을 충분히 분담할 수 있는 위치와 방향으로 충분한 강성과 강도를 갖는 부재를 신설하여야 한다.
  - 변형의 저감이 필요한 경우에는 상대적으로 강성이 작아서 변형이 크게 발생하는 부재를 보강하거나 그러한 위치에 충분한 강성과 강도를 갖는 부재를 신설하여야 한다.
- 연성을 증가시키기 위한 공법은 취성파괴가 발생하는 부재를 우선적으로 보강하여야 한다.
- 하중저감을 위해 감쇠장치를 적용하는 경우에는 장치에 충분한 상대변위가 발생할 수 있는 위치에 설치하고 장치와 기존 구조체는 충분한 강성을 갖는 부재를 설치하여야 한다.
- 질량 또는 강성을 제거하여 지진하중을 저감하고자 하는 경우에 구조안전에 문제가 없는지 확인하고 구조물에 비정형성을 증가시키지 않는 지 유의하여야 한다.

나. 보강 또는 신설 부재의 배치가 보강된 구조물의 비정형성을 크게 증가시키지 않는가?

- 보강전 구조물이 평면 또는 수직 비정형성을 가진 경우 이를 보완할 수 있는 위치와 방향으로 강성 및 강도를 증가시킬 수 있도록 보강 또는 신설부재를 배치하는 것이 바람직하다.
- 건축계획적 요구사항에 의해 내진보강 후 건물의 비정형성이 증가되거나 기존의 비정형성을 저감하기 어려운 경우에는 불가피한 비정형성을 고려하여 그에 적합한 내진성능평가 절차를 적용하여야 한다.

## (4) 기초의 내진성능평가 및 보강방법의 적정성

가. 보강 구조물의 내진성능평가를 통하여 기초 보강 또는 신설 필요성을 검토하였는가?

- 보강후 하중의 배분에 변동이 발생할 수 있으므로 신설 구조체 이외에 기존 구조체의 기초에 대한 평가도 수행하여 필요시 보강하여야 한다.

나. 보강 또는 신설된 기초 구조는 충분한 지지력 및 구조내력을 가지도록 설계되었는가?

- 기초의 지지력 산정 근거를 제시하였는가?
- 신설 기초의 구조체 설계 근거를 제시하였는가?
- 보강 기초의 구조체 및 접합부 설계 근거를 제시하였는가?

## (5) 추정 보강비용의 적정성 평가

가. 보강비용 산출의 근거를 제시하였는가?

나. 보강비용 산출에 적용된 항목별 단가의 객관적 근거를 제시하였는가?

## (6) 내진보강 여부의 적정성

가. 내진성능, 노후도 및 사용계획을 종합적으로 반영하여 내진보강 여부를 결정하였는가?

- 내진보강 여부를 결정함에 있어서 목표 내진성능과 보유 내진성능을 비교한 근거를 제시하고 있는가?
- 해석 방법에 따라서 내진성능 평가결과가 다르게 나타날 수 있다. 복수의 방법으로 내진성능 평가를 수행한 결과는 상세평가의 결과에 기초하여 결정하며, 평가절차에 문제가 없다면 보다 상위 단계의 상세평가 결과에 따르는 것을 원칙으로 한다.
- 내진보강 여부를 결정함에 있어서 건축물의 전반적인 노후도와 사용연수 및 보강후 사용계획을 고려하였는가?
- 내진성능 평가 후 건축물의 리모델링에 의한 구조변경, 전체 또는 부분적 용도 변경에 의한 하중의 변동, 내진등급의 변동, 성능목표의 변동 등이 발생하는지 여부를 조사하고 내진보강 여부의 결정에 반영하였는가?

# 기존 시설물(건축물) 내진성능 향상요령

발행 국토안전관리원

2004년 5월 제정
2011년 7월 개정
2022년 5월 개정

* 본 요령의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은 국토안전관리원으로 연락하여 주시기 바랍니다.

| 국토안전관리원<br>(https://www.kalis.or.kr) |
| --- |
| (우) 52856 경상남도 진주시 에나로 128번길 24<br>대표전화 1588-8788 |

본 요령은 국토안전관리원 홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.