

구조 재료의 이해

글 | 강 지훈 기술개발부 과장 02-3433-7729 | E-mail : jhkang@ssyenc.com

1. 철근콘크리트

1.1 콘크리트

(1) 콘크리트의 구성 재료

| 구성재료 | 종류 | 비고 |
|------|---|--------------------|
| 시멘트 | 보통(1종), 중용열(2종), 조경(3종), 저열(4종), 내황산염(5종) | 공장생산 |
| 물 | 물 (해수나 콘크리트/강재에 유해한 영향을 주지 않을 것) | |
| 잔골재 | 모래, 바다모래, 부순 잔골재, 고로슬래그 잔골재 | |
| 굵은골재 | 자갈, 부순 굵은골재, 고로슬래그 굵은골재 | |
| 혼화재료 | 혼화제 : 플라이 애쉬, 고로슬래그 미분말, 팽창제 등 혼화제 : AE제, 감수제, AE감수제, 고성능AE감수제 등 | 시멘트 대체 가능 화학적약품 |

(2) 콘크리트의 강도

현재 기준은 콘크리트는 압축강도를 기준으로 구분하고 있다. 향후에는 압축강도와 내구성 수준이 함께 포함된 기준이 적용된다.

| 강도(kgf/cm ²) | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 350 | 400 | 500 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 강도(MPa) | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| 단가 (원) | 46,197 | 50,076 | 52,587 | 54,900 | 57,780 | 60,084 | 71,217 | - |

(단가는 2004.3. 서울, 울림표12cm 기준함)

구조도면의 콘크리트 강도는 설계기준강도이다 : f_{ck}
레미콘공장이나 배치플랜트에서 제조하기 위해 설정하는 강도는 배합강도이다 : f_{cr}

(배합강도는 제조상의 오차와 시공성을 감안하여 설계기준강도보다 높은 값을 적용한다.)

시험실의 공시체 파괴시험에서 측정된 값은 시공적 오차 요인이 낮고 양생조건이 좋으므로 배합강도 수준의 값이 나오고 최소한 설계기준강도 값이 나오게 된다.

■ 콘크리트의 강도발현 예측

① ACI 209 위원회 (1종, 습윤양생 콘크리트) 강도관계식 :

$$f_{cm}(t) = f_{c28} (t / (4 + 0.85 t))$$

〈표 1〉 ACI 규준에 따른 강도별 재령에 따른 압축강도발현 (단위:kgf/cm²)

| 설계강도 | 1일 | 2일 | 3일 | 4일 | 5일 | 6일 | 7일 | 10일 | 14일 | 28일 |
|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 210 | 43 | 74 | 96 | 114 | 127 | 138 | 148 | 168 | 185 | 212 |
| 240 | 49 | 84 | 110 | 130 | 145 | 158 | 169 | 192 | 211 | 242 |
| 270 | 56 | 95 | 124 | 146 | 164 | 178 | 190 | 216 | 238 | 272 |
| 300 | 62 | 105 | 137 | 162 | 182 | 198 | 211 | 240 | 264 | 302 |
| 350 | 72 | 123 | 160 | 189 | 212 | 231 | 246 | 280 | 308 | 353 |

② CEB-FIP Model Code (1990) 강도관계식 :

$$f_{cm}(t) = \exp \left[s - \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t/t_1}} \right) \right] f'_{c28}$$

여기서, f'_{c}(t) = 재령 t에서의 압축강도

f'_{c28}, f_{cm} = 평균 28일 압축강도

s = 시멘트 계수 (보통시멘트 = 0.25)

t_1 = 1일

〈표 2〉 CEB-FIP 규준에 따른 강도별 재령에 따른 압축강도발현 (단위:kgf/cm²)

| 설계강도 | 1일 | 2일 | 3일 | 4일 | 5일 | 6일 | 7일 | 10일 | 14일 | 28일 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 210 | 72 | 106 | 126 | 139 | 149 | 157 | 164 | 177 | 189 | 210 |
| 240 | 82 | 121 | 144 | 159 | 171 | 180 | 187 | 203 | 216 | 240 |
| 270 | 92 | 136 | 162 | 179 | 192 | 202 | 210 | 228 | 243 | 270 |
| 300 | 103 | 151 | 179 | 199 | 213 | 224 | 234 | 254 | 270 | 300 |
| 350 | 120 | 176 | 209 | 232 | 249 | 262 | 273 | 296 | 316 | 350 |

1.2 철근

(1) 개요

① 공정 : 고철(예차, 광통, 쇠붙이 등과 같은 생활 부산물, 각종 건축물과 기계, 가공시의 부산물로 발생함)을 전기로에서 제

건축 구조물에 널리 사용되는 구조재료인 철근콘크리트와 철골에 대해 간단하게 요약하였다. 평소 무심하게 보아온 이 재료들은 장기간에 걸쳐 제조방법과 사용방법이 개선되어 현재에 이르렀다. 이들을 표현하는 기호나 기본적인 특성은 건축을 하는 우리가 반드시 이해하고 기억해 두어야 하는 부분이다. 실무에서 이들 재료를 접하면서 이러한 사항을 몸과 마음에 익혀두자.

강하여 가열, 압연, 교정, 절단 등의 과정을 거쳐 생산된다.

② 길이 : 보통 6.0~12.0m 단위로 생산한다.

③ 이형철근 : 일반적으로 주철근은 원형철근을 쓰지 않고 이형철근을 쓴다. (표기:공칭지름, 공칭단면적, 단위길이당의 무게가 이형철근과 같은 원형철근을 가정하여 산정한다.)

(3) 콘크리트의 알카리성이 철근에 피막작용을 하여 철근의 부식을 억제한다.

(4) 성능대비 가격이 낮은 편이며 성형성이 좋다.

(2) 이형철근의 기계적 성질

| 기호 | 설계강도 (MPa) | 항복점 (kgf/mm ²) | 인장강도 (kgf/mm ²) | 연신율(%) | | 색구분 |
|-------|------------|----------------------------|-----------------------------|----------|----------|-----|
| | | | | 시편(No.2) | 시편(No.3) | |
| SD300 | 300 | 30~40 | 45~ | 16~ | 18~ | 녹색 |
| SD350 | 350 | 35~45 | 50~ | 18~ | 20~ | |
| SD400 | 400 | 40~52 | 57~ | 16~ | 18~ | 노랑 |
| SD500 | 500 | 50~64 | 63~ | 12~ | 14~ | |

(3) 호칭 치수

| 호칭 | D6 | D10 | D13 | D16 | D19 | D22 | D25 | D29 | D32 | D35 |
|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 지름(㎜) | 6.35 | 9.53 | 12.7 | 15.9 | 19.1 | 22.2 | 25.4 | 29.6 | 31.8 | 34.9 |
| 둘레(㎜) | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 |
| 단면적(㎠) | 0.317 | 0.713 | 1.267 | 1.986 | 2.865 | 3.871 | 5.067 | 6.424 | 7.942 | 9.566 |
| 중량(kg) | 0.249 | 0.5650 | 0.995 | 1.56 | 2.25 | 3.04 | 3.98 | 5.04 | 6.23 | 7.51 |

1.3 철근콘크리트

(1) 구조물 각 부재에 작용하는 압축력은 콘크리트가 부담하고 인장력은 철근이 부담하여 재료의 취약한 성능을 상호 보완한다. (이형철근은 콘크리트와의 일체거동을 확보한다.)

(2) 철근과 콘크리트는 열팽창계수가 거의 유사하여 (1~1.2× 10⁻⁵ /°C) 온도변화에 동일한 거동을 보인다.

2. 철골

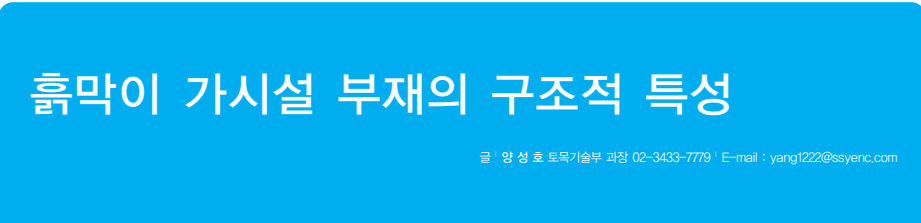
2.1 강재 일반

(1) 강재의 주요 분류

| 구분 | 종류 | 내 용 |
|-----|---------|---|
| 제조법 | 열간압연 제품 | 제강된 반제품을 일정온도 이상(800~1000°C)에서 압연, 인발 등에 의해 제품화한 것 |
| | 냉간압연 제품 | 열간압연 제품을 재가열 온도 이하(800°C)에서 냉간압연 |
| | 주강품 | 소정의 형상물에 주물을 부어 일정 형상으로 가공 |
| 형상 | 단강품 | 소정의 재료를 단조를 통하여 제품화 |
| | 조강류 | 형강 (H, T, C, T, 원강, 레일, Sheet Pile 등) 봉강 (원형강, 각강, 육각, 팔각강, 이형봉강), 선재 (원형, 이형) |
| | 강판류 | 후판, 중판, 열연, 냉연박판, 표면처리 강판 등 |
| | 강관류 | 무게류 강관, 용접강관, 단접관 |

(2) 강재 화학성분

| 화학성분 | 내 용 |
|--------|---|
| 탄소(C) | 철(Fe)은 탄소(C)와 함께 하여 철강재의 우수한 특성을 발휘할 수 있다. 탄소량이 증가하면 항복점, 인장강도, 경도는 증가하지만, 신율, 수축률, 연성은 감소한다. |
| 규소(Si) | 규소량 증가시 인장강도, 항복점이 상승한다. |
| 망간(Mn) | 강의 강도를 개선하고 충격특성에 영향을 미친다. |
| 인(P) | 인은 강재의 내후성을 향상시키는 효과가 있으나 용접성, 냉간가공, 충격성이 저하 |
| 황(S) | 온도취성, 연신율, 강도, 충격성이 저하되므로 0.05%이하로 규제한다. |



(3) 제조법

| 구분 | 고로 | 전기로 |
|------|--|--|
| 설비 | 고로 + 전로 | 전기로 (제강) |
| 주원료 | 철광석 + 코크스 + 석회석 | 고철 |
| 용량 | 대용량 | 중, 소용량 |
| 조업방법 | 용광로에 철광석을 주원료로 장입하고 코크스를 연료로 사용하여 선출을 만든 후 전로에서 철강을 생산 | 고철을 주원료로 장입하고 전기로 이용하여 전극과 고철 사이에 아크를 발생시켜 그 열을 이용하여 고철을 녹여 생산 |
| 생산제품 | 편재류, 선재류 | 조강류 (형강, 봉강 등) |
| 대표회사 | POSCO | INI STEEL, 동국제강 |

2.2 강재의 규격 표기 (해설)

예) SMA 490 B W N ZC

| SMA | 490 | B | W | N | ZC |
|---|--|--|--|--|---|
| 강재의 명칭 | 인장강도 Mpa (kgf/m ²) | 샤로피 흡수에너지 | 내후성등급 | 열처리등급 | 내리멜라티어 |
| - SS : Steel Structure (일반구조용 압연강재), KS D 3503 - SM : Steel Marine (용접구조용 압연강재), KS D 3515 - SN : Steel New (간속구조용 압연강재), KS D 3861 - FR : Fire Resistance (간속구조용 내화강재), KS D 3865 - SMA : Steel Marine Atmosphere (용접구조용 내후성 열간압연강재), KS D 3529 - SSC : Steel Structure Cold Forming (일반구조용 경량형강), KS D 3530 - SR : Steel Round (철근콘크리트용 봉강), KS D 3504 - SD : Steel Deformed (철근콘크리트용 봉강), KS D 3504 | - 400 : 400 (41) - 490 : 490 (50) - 520 : 520 (53) - 570 : 570 (58) | - A : 무제한 - B : ≥ 27J - C : ≥ 47J - 표기없는 경우 : A | - W : 압연 그대로 또는 녹차리우 사용 - P : 일반도장 차리우 사용 | - N : Normalizing - QT : Quenching & Tempering - TMC : Thermo-Mechanical Control - 표기없는 경우 : 열처리 없음 | - ZA : S≤0.008% - ZB : S≤0.006%, RAav≥15%, RAmin≥10% - ZC : S≤0.006%, RAav≥25%, RAmin≥15% - ZD : 고객 협의 - 표기없는 경우 : 보증없음 |

2.3 주요 강재의 종류 및 용도

| 분류 | 종류 | 특징 | 용도 |
|------------------------------|------------------------------|--|---------------------|
| 일반구조용 압연강재 (KS D 3502, 3503) | SS400 | 가장 많이 쓰인 통상적으로 두께는 25mm 이하의 용접성 염려 없음. | 보, 기둥 |
| | SS490 | 용접에 불리하며 순수 Boiling 구조물에 사용됨. | 보, 기둥 |
| 용접구조용 압연강재 (KS D 3502, 3515) | SM400A, B, C | SS강재에 비해 용접성이 우수함. 통상적으로 두께 50mm까지 용접성 보증 | 특별히 요구될 경우 |
| | SM490A, B, C | 일반적으로 많이 쓰인 통상적으로 32mm 이상 용접시 예열요구 | 보, 기둥 |
| | SM490TMC, SM520TMC, SM570TMC | 제어압연, 가속냉각방식으로 제조하여 고강도, 고인성, 용접성이 우수함. 두께 40mm이상에서 설계강도 저감이 없음. | 고층건물 침스팬구조, 큰 보, 기둥 |
| 간속구조용 압연강재 (KS D 3861) | SN400A, B, C, SN490B, C | 기존 SS강재, SM강재의 내진성과 용접성 개선 소성변형 능력 유지하는 성능 | 내진성이 요구되는 보나 기둥 |

흙막이 가시설 부재의 구조적 특성

글 | 양 성 호 토목기술부 과장 02-3433-7779 | E-mail : yang1222@ssyenc.com

흙막이 가시설은 먼저 흙막이 벽체를 시공한 후 굴착이 진행된다. 지지구조물의 설치심도에 도달하면 버팀보, 어스앵커, 레이크 등의 지지구조물을 설치하고 다음 굴착공정을 진행한다. 이러한 지하공간을 확보하기 위한 가설구조물은 순서에 따라 흙막이 벽체의 응력검토, 지지구조물 제원 및 단면설계, 기타 주요부재 단면검토, 주변지반 침하영향 검토, 히빙 및 파이형 현상 검토 등의 순으로 설계가 진행된다.

본 장에서는 흙막이 가시설중 가장 널리 사용되고 있는 H-Pile+토류용 공법을 위주로 각 부재의 설계원리와 기능적 특성을 요약하여, 흙막이 가시설에 대한 구조적인 이해를 돕고자 한다.

1. 토류용 강재말뚝

● 주요 기능

토류용 강재 말뚝의 주요 기능은 토류판을 통해 전달되는 배면토의 토압을 띠장에 전달하는 기능과 복공이 계획된 경우 상부 하중을 지중에 전달하는 기능이 있다.

따라서, 토류용 강재 말뚝은 복공판을 지지하는 보의 최대반력과 토압에 의한 모멘트에 대하여 충분한 내력을 확보하여야 하며, 말뚝의 지지 지반은 상부 하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

● 단면 검토

- 토류용 강재 말뚝은 시공단계별로 불리한 경우에 대하여

설계하며, 버팀보 위치를 지점으로 하는 단순보 또는 연속보로 계산한다.

- 토류용 강재말뚝에 작용하는 하중은 복공판을 지지하는 보의 최대 반력과 토압에 의한 최대 모멘트를 사용하여 단면을 검토하며 토압에 의한 최대 전단력에 대해서 검토하여야 한다.

● 말뚝의 안정검토

- 지지력 검토

다음과 같이 산정한 최대 축방향력은 말뚝의 허용 지지력이 내 이어야 한다.

최대 축방향력(P)=주행보 지점의 반력+주행보의 지지보 자중+버팀보 지점의 반력(자중에 의한 반력)+띠장의 자중+Pile 자중

- 근입장 검토

토압에 대한 H-Pile 벽체의 근입장은 다음식에 의하여 검토한다.

$$F_s = \frac{M_p}{M_A} > 1.2$$

여기서, F_s: 안전율

M_A: 최하단 버팀보를 지점으로 하는 주동토압에 의한 모멘트

M_p: 최하단 버팀보를 지점으로 하는 수동토압에 의한 모멘트