

## 철근콘크리트 구조물에서 앵커정착에 관한 고찰 A State-of-the-Art for the Fasteners in RC Structures



이 성 배\*



Eligehausen, Rolf\*\*

### 1. 서 론

철근콘크리트 구조물에 앵커를 정착시켜 다른 부재를 접합하는 방식은 다양한 앵커들의 개발 및 생산에 의해 급속한 발전을 이루어 왔다. 1960년대 초 까지만 해도 철근 및 P.S 콘크리트 구조물에서 부재접합을 위한 앵커의 정착에는 주로 현장치기 콘크리트 타설에 의한 방법이 이용되어졌다.

오늘날 사용목적에 따라 그 성능이 다양한 앵커들의 생산과 드릴링(drilling)기법의 발전 등은 앵커의 정착에 후조립방법(post-installed system)의 도입을 가져오게 했다. 양생된 콘크리트에 드릴구멍을 내어 앵커를 정착시키는 후조립방법은 경제성과 시공의 용이성에 힘입어 지난 십여년간 건설현장에서 많이 이용되어 왔으며 최근 한국내에서도 이러한 방법을 이용한 앵커의 정착은 증가 추세에 있다.

본 논문에서는 후조립방법에 의한 앵커의 정착에 대하여 지금까지 독일을 중심으로한 유럽의 연구결과들을 토대로 고찰함으로써 한국실정에 알

맞는 앵커정착에 관한 설계에 필요한 기초적인 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 콘크리트에 정착되어지는 앵커

#### 2.1 앵커의 정착형태

콘크리트 구조물에서 부재접합시 정착되어지는 앵커들은 외력 및 주변조건들에 대하여 강도, 연성 그리고 내구성이 우선적으로 만족되어야 한다. 이러한 앵커들은 정착방법에 따라 콘크리트내에서 크게 3가지의 정착형태를 나타내며 그림 1과 같이 인장 및 전단하중에 대하여 콘크리트와 앵커 사이의 접촉면을 통하여 하중전달기구(load-transfer mechanism)가 형성되어 앵커는 외력에 대하여 저항한다.

#### 2.2 현장치기 콘크리트에 의해 정착되는 앵커

현장치기 콘크리트에 의해 정착되는 앵커들로서 대표적인 것으로는 헤드스터드(headed stud), 채널바(channel bar), L 및 J볼트, 쓰레드인서트(therad insert) 등이 있다. 이러한 앵커들은 인장하중에 대하여 하중전달기구중 주로 기계적인 결

\* 정회원, 독일 Stuttgart대학교 건설재료연구소 연구원

\*\* 독일 Stuttgart대학교 건설재료연구소 교수

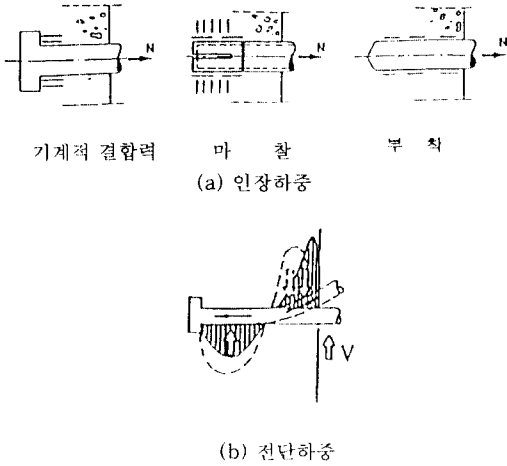


그림 1 앵커의 정착형태에 따른 하중전달기구

합력에 의해 저항한다. 이들 앵커들이 추가적으로 철근과 함께 현장치기 콘크리트에 의해 정착되어 진다면 외력에 대하여 가장 이상적인 거동형태를 보일 수 있지만 정확한 시공을 위한 사전계획을 위한 요구되는 시간은 단점이 되어질 수 있다. 그림 2는 현장치기 콘크리트에 의해 정착되는 앵커들중 대표적인 헤드스터드이다.

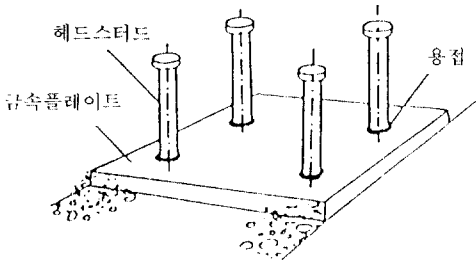


그림 2 플레이트에 용접되어진 헤드스터드

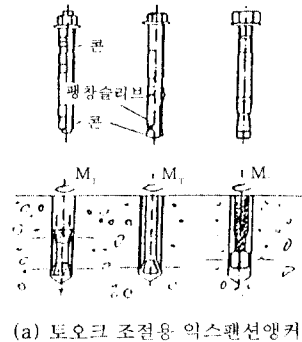
### 2.3 후조립방법에 의해 정착되는 앵커

후조립방법에 의하여 콘크리트에 정착되어지는 앵커들로서 대표적인 것으로는 익스팬션 앵커(expansion anchor), 언더컷앵커(under-cut anchor), 본드앵커(bonded anchor) 등이 있다.

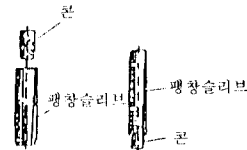
이러한 앵커들은 정착형태에 따라 인장하중에 대하여 콘크리트내에서 그림 1(a)와 같이 기계적 결합력이나 마찰 또는 부착의 하중전달기구를

형성한다.

그림 3에서와 같이 익스팬션앵커는 정착시 드릴 구멍내에서 앵커를 팽창시키는 방법에 따라 토오크조절용 익스팬션앵커(torque-controlled expansion anchor)와 변위조절용 익스팬션앵커(deformation-controlled expansion anchor)로 구분된다. 토오크조절용 익스팬션앵커는 조립시 앵커에 토오크를 주어 팽창슬리브(expanding sleeve)나 세그먼트(segment)가 콘크리트 구멍내에서 팽창하면서 정착되어지는 앵커이며 변위조절용 익스팬션앵커는 앵커의 팽창슬리브 안에 있는 콘(cone)에 충격을 가하여 콘의 수직변위에 의해 슬리브를 팽창시키거나 또는 콘위에 있는 슬리브에 충격을 가하여 슬리브의 변위에 의해 팽창되면서 정착되는 앵커이다. 이러한 익스팬션앵커들은 부재접합에 따른 하중에 의해 콘크리트 드릴 구멍의 변형물체로 부터 결합력을 일으키며 앵커는 외부하중에 저항하게 된다.



(a) 토오크 조절용 익스팬션앵커



(b) 변위조절용 익스팬션 앵커

그림 3 익스팬션의 앵커

언더컷앵커는 외부하중에 대하여 콘크리트내에서 기계적인 결합력을 형성하며, 이러한 앵커의 거동은 현장치기 콘크리트에 의해 정착되어지는 앵커들과 거의 유사하다. 그림 4와 같이 이러한 앵커는 콘크리트에 구멍을 낸후 특수한 드릴날과 드릴링 기법으로 구멍 끝부분을 재차 깎아낸 다음, 앵커를 삽입시켜 앵커에 토오크를 주거나 앵커 슬리브내의 콘(cone)에 충격을 주어 슬리브를 팽창시키면서 정착되는 앵커이다. 언더컷앵커는 익스팬션앵커보다 조립시 슬리브 팽창을 위한 힘이 적게 드는 반면 앵커의 내력은 매우 높게 나타난다.

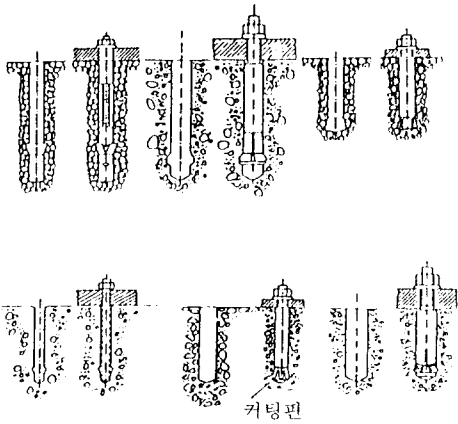


그림 4 언더컷앵커

본드앵커(bonded anchor)는 콘크리트 드릴구멍에 접착캡슐과 함께 앵커로드(anchor rod)를 삽입시켜 정착시키는 앵커로서 그림 5와 같다. 이러한 앵커는 콘크리트의 드릴구멍과 앵커로드 사이의 부착에 의해 외력에 대하여 저항한다.

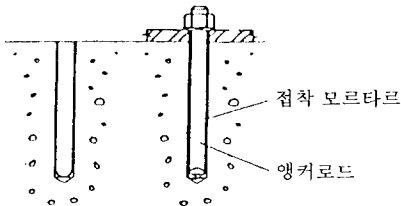
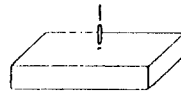


그림 5 본드앵커

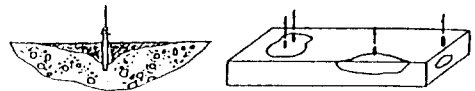
### 3. 균열이 없는 콘크리트에 정착된 앵커의 거동

#### 3.1 인장하중

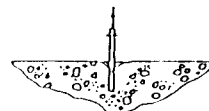
지금까지 실험결과에 의하면 현장치기 콘크리트에 의해 고정되는 헤드스터드나 후조립방법에 의해 정착되는 앵커들은 인장하중 하에서 그림 6과 같은 파괴형태들을 보인다. 그림 6(a)의 앵커 파괴(anchor failure)는  $500\text{kg}/\text{cm}^2$  이상의 고강도 콘크리트에 정착되어진 앵커에서 볼 수 있는 파괴형태이며 정확하게 조립하여 정착시킨 앵커들은 대부분 그림 6(b)와 같이 콘크리트 콘 파괴(concrete cone failure) 형태를 보인다. 그림 6(c)의 풀-아웃 파괴(pull-out failure)는 보통 토오크 콘트롤 익스팬션앵커의 볼트타입에서 슬리브의 팽창이 극히 낮은 경우 또는 본드앵커에서 일어난다. 그림 6(d)의 콘크리트 할열(concrete splitting)은 앵커정착을 위한 콘크리트 두께가 너무 작을 경우 또는 정착되어지는 앵커들 사이의 축간격이나 앵커와 콘크리트사이의 모서리 간격을 충분히 유지하지 못했을 경우 주로 발생한다.



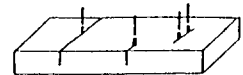
(a) 앵커 파괴



(b) 콘크리트 콘 파괴



(c) 콘크리트 풀-아웃 파괴



(d) 콘크리트 할열

그림 6 인장하중하에서 콘크리트의 파괴형태

이러한 파괴형태들중 앵커파괴의 형태로 나타나는 앵커가 인장하중에 대하여 가장 큰 내력을 보인다. 대부분의 앵커들은 인장하중하에서 콘크

리트 콘 파괴 형태를 보인다. 이러한 파괴형태를 보인 익스팬션앵커와 언더컷앵커의 실험결과<sup>6)</sup>는 그림 7에 나타내었다. 그림 7에서와 같이 앵커의 정착깊이  $h_{ef}$ 가 깊을수록 앵커의 내력  $F_u$ 는 더욱 높게 나타남을 알 수 있다. 이러한 실험결과에서는 앵커의 직경과 내력과의 관계는 영향이 별로 없는 것으로 나타났다.

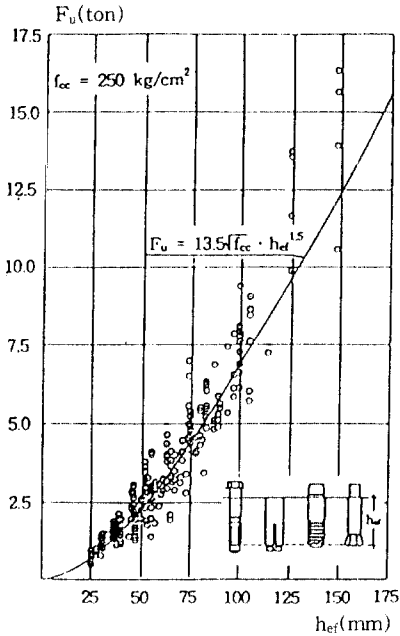


그림 7 인장하중 하에서 콘크리트 콘 파괴에 의한 앵커들의 내력

### 3.2 전단하중

콘크리트에 정착된 앵커들에서 전단하중에 의해 일어날 수 있는 파괴형태들은 그림 8에 나타내었다. 그림 8(a)는 앵커파괴로 주로 매우 큰 모서리 간격과 함께 정착된 앵커에서 일어나며 최대파괴하중 직전 콘크리트 표면에 국부적으로 조개모양 형태의 조각을 내면서 파괴되어진다. 실험결과 이러한 파괴에 의한 전단내력은 가장 높게 나타난다.

작은 모서리 간격과 함께 정착된 앵커에서 주로 일어날 수 있는 파괴형태는 콘크리트 모서리 파괴(concrete edge failure)로 그림 8(b1)에서 그림 8(b3)에 나타낸 바와 같다. 이러한 파괴는 앵커가

정착된 콘크리트의 두께가 작을 경우(그림 8(b4))나 콘크리트의 폭이 현저히 작을 경우(그림 8(b5))에 나타나는 파괴형태이다. 콘크리트 모서리 파괴에 의한 전단내력은 콘크리트의 인장강도와 모서리 간격에 전적으로 좌우되며 부수적으로 축 간격이나 두께, 폭 등의 영향을 받는다. 그림 8(c)의 경우 비교적 커다란 모서리 간격과 함께 콘크리트의 두께와 폭을 만족시켜 정착된 앵커라도 정착깊이가 충분하지 못할 경우 전단하중을 받는 반대방향에서 파괴되어질 수 있다. 이러한 파괴형태를 콘크리트 프라이아웃 파괴(concrete pryout failure)라 한다.

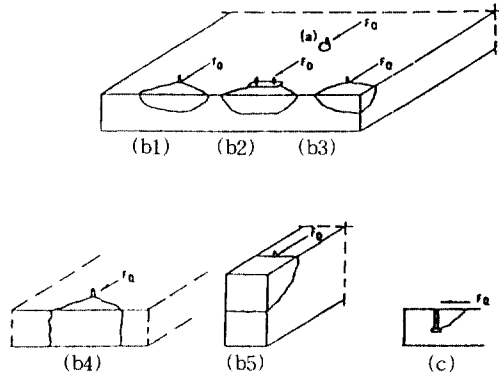


그림 8 전단하중하에서 콘크리트의 파괴형태

## 4. 균열이 있는 콘크리트에 정착된 앵커의 거동

콘크리트의 인장강도는 매우 작다. 작은 콘크리트 인장강도는 콘크리트의 건조수축이나 급격한 온도변화 등에 따른 콘크리트 부재 내부의 역제응력등에 의해서 일부분 또는 전체를 소모시킬 수 있으며 이러한 경우 콘크리트 부재에는 균열이 발생한다. 일반적으로 비선형 재료법칙에 의한 철근 콘크리트부재 설계시 부재의 인장축에 균열이 발생하며 외력은 인장철근에 의해서 저항하게 한다. 이러한 설계에서는 부재내부의 역제응력등으로 철근콘크리트 부재에 균열이 발생되어도 앵커를 정착시킬 수 있다.

드릴구멍에 정착된 토오크 조절용 익스팬션 앵커는 작용 원리상 부재접합에 따른 하중으로 인하

여 드릴구멍내에서 추가적으로 팽창을 더한다. 이러한 앵커를 균열이 없는 그리고 균열이 있는 콘크리트에 정착시켰을 때 하중-변위곡선은 그림 9에 나타내었다. 그림 9는 외력에 따른 앵커의 전형적인 하중-변위곡선으로 균열이 있는 콘크리트에 정착시킨 앵커는 균열이 없는 콘크리트에 정착시킨 앵커에 비해 파괴시 커다란 변위를 보이며 내력은 상대적으로 낮게 나타난다. 이에 대하여 균열이 있는 콘크리트에 정착이 적합치 않은 앵커를 정착시켰을 때 나타나는 전형적인 하중-변위곡선은 그림 10에 나타내었다.

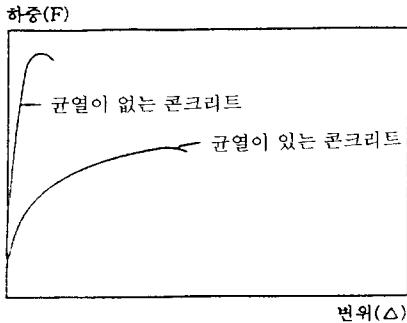


그림 9 콘크리트에 정착된 토오크조절용 익스팬션 앵커의 하중-변위곡선

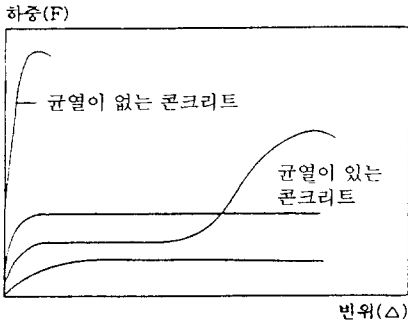


그림 10 콘크리트에 정착이 적합치 않은 앵커의 하중-변위곡선

Eligehausen과 Balogh의 실험결과<sup>9)</sup>에서는 그림 11에 나타낸 바와 같이 균열이 있는 콘크리트에 적합한 앵커들의 콘크리트 콘 파괴에 의한 내력은 최대균열 허용폭 0.4mm의 콘크리트에서 균열이 없는 콘크리트에 정착되어진 앵커들의 내력의 약 0.7배로 나타났다. 여기서 앵커의 종류에 따

른 내력의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 균열이 있는 콘크리트에 정착이 적합치 않은 앵커에 대한 실험결과에서 내력은 균열에 의하여 위에서 언급한 수치보다 급격히 감소하였으며 대부분의 경우 파괴를 예상할 수 없는 것으로 나타났다.

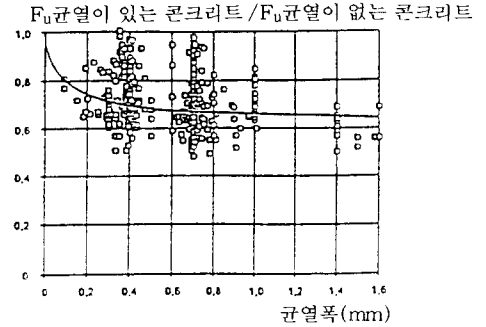


그림 11 언더컷앵커의 콘크리트 콘 파괴시 내력에 대한 균열의 영향

그림 12에서는 균열이 있는 콘크리트에 정착되어진 익스팬션앵커의 내력에 대한 균열폭의 영향에 대하여 나타내었다. 익스팬션앵커 정착시 요구되는 앵커의 팽창력은 균열에 의하여 감소되어지며 또한 앵커의 작용원리상 익스팬션앵커는 부재

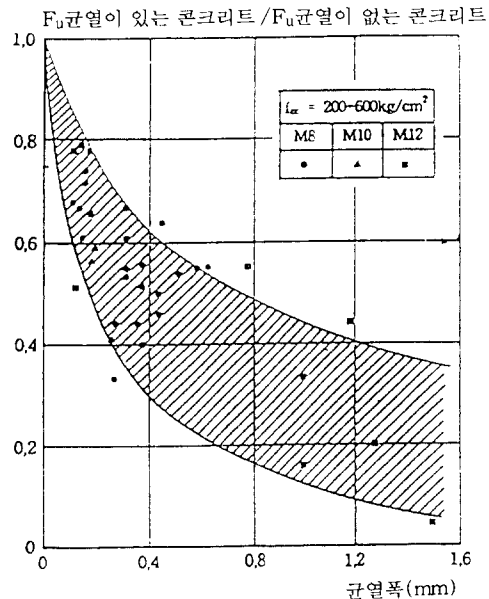


그림 12 익스팬션앵커의 내력에 대한 균열의 영향

접합에 따른 하중으로 인하여 추가적으로 팽창되어질 수 없기 때문에 인장하중에 의한 파괴형태는 대부분 콘크리트 풀-아웃 파괴를 나타낸다.

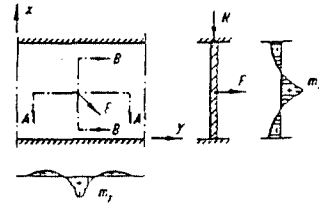
지금까지의 연구결과들에 의하면 전단하중에 의한 앵커의 내력은 콘크리트에서 균열에 대한 영향으로 약 30%정도 감소한다. 그러나 콘크리트 모서리와 앵커사이의 모서리 간격을 충분히 유지하여 정착시킨 앵커의 앵커파괴에 의한 내력은 균열에 대하여 비교적 적은 영향을 받으며 이러한 경우 앵커내력은 균열에 의해서 단지 10%미만으로 감소한다. 균열이 있는 콘크리트에서 아주 적은 인장내력을 보이는 앵커들의 전단내력은 콘크리트균열에 의하여 더욱 감소되어진다.

## 5. 앵커의 설계

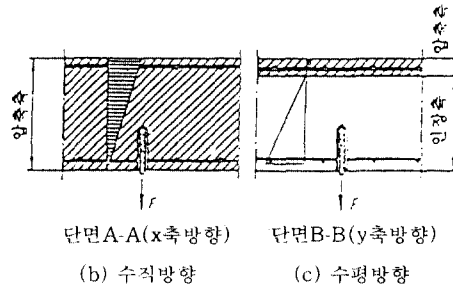
### 5.1 일반사항

과거에는 앵커정착시 철근콘크리트 부재들의 응력분포에 따라 앵커사용은 구분되어졌다. 부재의 압축측에 앵커정착은 정착에 따른 하중에 의해 단지 부재의 주응력 전달방향에서 인장응력이 발생하지 않으면 된다( $\sigma \leq 0$ ). 여기서 부재의 부전달 방향은 무시되어졌다. 이러한 앵커의 설계개념에서 볼때 그림 13와 같이 벽체구조에서 외력에 대한 수평방향의 단면은 인장측이지만 수직방향의 단면은 압축측이므로 앵커의 정착은 충분히 가능하다. 그러나 벽체의 수평방향에서는 콘크리트의 건조수축, 온도팽창 등에 따른 억제응력이 발생하며 이러한 응력은 벽체에 균열을 야기시킬 수 있어 벽체구조들의 경우 지금까지 대부분 인장측으로 간주되어졌다. 그러나 이러한 관점은 건설현장에서는 주로 고려되지 않았다.

일반적으로 콘크리트의 균열은 단지 외력에 의한 인장응력에 의해서만이 아니라 콘크리트의 건조수축, 급격한 온도변화, 부재침하 등과 같은 변형의 저지에 따른 억제력에 의해서 발생한다. 철근 및 PS 콘크리트의 유럽설계규준(이하 Euro Code 2로 칭함)에서는 구조물에 작용하는 하중의 크기에 관계없이 억제력에 의한 균열폭의 제한으로 최소철근의 배근규정을 두고 있다. 이것은 사



(a) 벽체에서의 모멘트분포



단면 A-A(x축방향)      단면 B-B(y축방향)  
(b) 수직방향      (c) 수평방향

그림 13 벽체구조에서 외력에 의한 인장 및 압축측

용상태에서도 철근콘크리트 부재내에 균열이 발생할 수 있음을 의미한다. 앵커설계에도 이러한 개념은 그대로 반영되어 1993년 앵커설계의 새로운 규정에서는 앵커정착을 위한 철근콘크리트부재에 이미 균열이 있다는 가정을 두었으며, 단지 몇개의 특별한 예외 규정으로 균열이 없는 콘크리트에서 앵커를 정착할 수 있되 이러한 경우 식 (1)을 만족해야만 한다. 단 식(1)을 만족하지 못할 경우에는 앵커설계시 균열이 있는 콘크리트에 적합한 앵커들을 이용한다.

$$\sigma_L + \sigma_Z \leq 0 \quad (1)$$

$\sigma_L$  : 외력과 앵커정착에 따른 하중에 의해 작용하는 콘크리트 응력

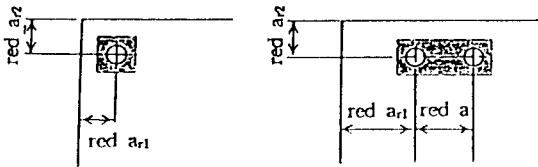
$\sigma_Z$  : 억제력에 의한 콘크리트의 응력, 단  $\sigma_Z$ 의 계산이 곤란한 경우  $30\text{kg/cm}^2$ 로 가정한다.

### 5.2 독일에서 Zulassung<sup>1)</sup>을 기초로 한 설계방법

철근콘크리트 부재들의 인장 및 압축측에 정착

1) Zulassung은 생산된 건축자재들을 각종 기능 및 성능시험을 통하여 규정에 합격한 제품에 한해서만 현장에서 사용할 수 있도록 한 법적인 제도이며 시방서로서의 역할을 함.

되어지는 앵커들의 Zulassung은 이른바  $\kappa$ -설계방법을 채택하고 있다. 이러한 방법은 각종실험을 통하여 나타난 결과를 토대로 충분한 앵커들 사이의 축 간격, 콘크리트 모서리와 앵커들사이의 모서리 간격들과 함께 앵커정착시 앵커가 견디어 낼 수 있는 허용하중을 제시하고 있다. 이러한 허용하중은 하중의 방향과 무관하며 그림 14와 같이 축 간격과 모서리 간격을 충분히 유지할 수 없을 경우 식 (2) 와 (3)에서와 같이 앵커의 허용하중에 안전계수인  $\kappa$  계수를 곱하여 구한다.



red a : 규정보다 감소된 축간격  
red a<sub>r</sub> : 규정보다 감소된 모서리간격

그림 14 앵커정착시 충분하지 못한 축간격과 모서리간격

· 하나의 앵커인 경우

$$F_{red} = F_{zul} \cdot K_{ar1} \cdot K_{ar2} \quad (2)$$

· 앵커그룹인 경우

$$F_{red} = F_{zul} \cdot K_{a1} \cdot K_{a2} \cdot K_{ar1} \cdot K_{ar2} \quad (3)$$

$F_{red}$  : 축과 모서리 간격이 충분히 유지되지 않았을 때의 감소되는 허용하중

$F_{zul}$  : 축과 모서리간격이 충분히 유지되었을 때의 허용하중

$K_{ar}$  : 적은 모서리 간격을 고려한 저계수

$$K_{ar} = red\ a_r / a_r \leq 1.0$$

$K_a$  : 적은 축간격을 고려한 저강계수

$$K_a = (1 + red\ a / a) \cdot 0.5 \leq 1.0$$

Zulassung에서 채택한  $\kappa$ -설계방법은 앵커의 사용 및 설계시 매우 간편하지만 몇개의 단점을 가지고 있다. 즉 전단하중하에서 앵커는 높은 내력을 가지고 있음에도  $\kappa$ -설계방법을 이용한 앵커의 허용하중 계산에서는 전혀 고려되어 있지 않으며 이는 반대로 앵커가 가지고 있는 내력에 비해 커

다란 모서리 간격을 유지시켜야만 한다. 또한 편심하중을 받는 앵커그룹의 설계에서 그룹에 속한 모든 앵커들을 위한 허용하중은 단지 응력을 가장 많이 받는 하나의 앵커의 허용하중을 채택하고 있다. 이러한  $\kappa$ -설계방법은 안전측에만 너무 치중된 설계방법으로 비경제적이다.

### 5.3 새로운 설계개념

#### 5.3.1 일반사항

앞으로 독일이나 유럽에서 앵커정착을 위한 규준에서는 더이상 위에서 언급한 바와 같은 특정한 설계방법에 의하지 않고 앵커들의 특성계수들이 고려되어진다. 즉 철근콘크리트 부재에서 앵커정착을 위한 설계는 각각의 앵커들에 대한 특성값들에 의해 행하여진다. 이것은 Euro Code 2 에서와 같이 부분 안전계수들의 안전개념을 기초로 두고 있다.

이러한 개념에 의한 설계에는 3개의 설계방법으로 구분되어진다. 설계방법 A에 의해서는 특성내력(characteristic resistance)은 하중방향과 가능한 모든 파괴종류들에 따라 좌우된다. 이러한 설계방법은 폭넓은 연구결과들을 기초로 하여 설계되어진 방법으로 앵커정착공학의 현재상황을 보여주고 있다. 설계방법 B에 의해서는 특성내력은 하중방향에 무관하며 앵커의 축 및 모서리 간격이 충분하지 않은 경우 감소계수와 함께 고려되어진다. 이러한 설계방법의 개념은 지금까지 균열이 있는 콘크리트에 정착할 수 있는 앵커들의 Zulassung에서 채택한  $\kappa$ -설계방법과 유사하다. 설계방법 C에 의해서는 단지 특성저항만 주어지며 모든 하중방향에 무관하고 앵커의 축 및 모서리 간격에 대한 최소값이 제시되어진다. 제시된 앵커의 최소간격보다 적을시 규준에서는 앵커정착을 허용하지 않고 있다. 설계방법 A,B,C의 기본개념으로 볼때 설계방법 A는 매우 경제적이거나 정확한 시공이 요구되어지는 반면 설계방법 C의 경우 사전설계는 매우 간단하며 시공의 가변적인 많은 오차들을 설계에서 충분히 흡수할 수 있지만 비경제적인 것이 단점이다. 본 논문은 3개의 설계방법중 설계방법 A에 대해서 간략히 고찰하고자 한다.

### 5.3.2. 설계개념

설계하중(design action)은 설계내력(design resistance)을 식 (4)에서와 같이 초과해서는 안 된다.

$$S_d \leq R_d \quad (4)$$

$S_d$  : 설계하중

$R_d$  : 설계내력

앵커설계시 식(4)의 조건이 만족되어지면 정착되어지는 앵커는 안전하다. 이러한 조건은 각각의 하중종류(인장, 전단, 인장 및 전단의 조합하중, 휨) 및 각각의 파괴종류들에 대하여 만족해야 한다.

설계하중은 앵커에 작용하는 하중에 하중을 위한 부분안전계수를 곱하여 구한다. 앵커그룹에서 앵커들에 대한 앵커플레이트에서의 단면력들(압축 및 인장력, 전단력, 휨 및 비틀림 모멘트)의 계산은 앵커그룹에 속한 모든 앵커들의 강성이 같다는 가정하에 탄성이론에 의해서 행하며, 앵커플레이트는 충분한 강성을 가지고 있다는 전제가 이루어져야만 한다. 앵커에 일정한 각도에 의한 조합하중 작용시 인장하중과 전단하중을 분리해서 행한다.

하중을 위한 부분안전계수들은 하중의 종류에 좌우되며 이러한 계수들은 Euro code 2의 수치를 채택하고 있다. 정하중은 활하중에 비하여 충분히 예상가능하기 때문에 정하중을 위한 안전률( $\gamma_G = 1.35$ )은 동하중을 위한 안전률( $\gamma_Q = 1.5$ )보다 적다. 일방향으로 작용하는 하중에 대하여 가장 간단한 설계하중은 식 (5)와 같다.

$$S_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \quad (5)$$

$G_k(Q_k)$  : 정(동) 하중의 특성값

$\gamma_G(\gamma_Q)$  : 정(동) 하중을 위한 부분안전계수

설계내력은 인장 및 전단하중하에 특성내력을 재료의 저항을 위한 부분안전계수로 나누어 구할

수 있으며 이는 식 (6)과 같다.

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (6)$$

$R_d$  : 설계내력

$R_k$  : 하나의 앵커는 앵커그룹의 특성내력

$\gamma_M$  : 재료의 부분안전계수

여기서 부분안전계수  $\gamma_M$ 은 파괴의 종류 및 앵커의 조립상태에 따라 좌우된다. 콘크리트 콘파괴에 의한 부분안전계수  $M_c$ 는 식 (7)과 같다.

$$M_c = \gamma_C \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \quad (7)$$

$\gamma_C$  : 압축에 대한 콘크리트의 부분안전계수 (=1.5)

$\gamma_1$  : 현장콘크리트 인장강도의 시공오차를 고려한 부분안전계수

· 보통수준의 콘크리트제작 및 양생 (=1.2)

$\gamma_2$  : 앵커조립에 대한 부분안전계수

· 고속련에 의한 조립 (=1.0)

· 보통수준에 의한 조립 (=1.2)

· 보통수준 이하의 조립 그러나 조립에 따른 안전은 충분함 (=1.4)

앵커조립에 대한 부분안전계수의 수치들은 수많은 실험결과들에 의해서 결정되어진 것으로 이러한 실험에서는 현장에서 부정확하게 조립되어 질 수 있는 상황들이 모두 고려되어졌다. 앵커파괴에 대한 부분안전계수  $\gamma_{M_s}$ 는 앵커의 재료적 성질 및 하중의 종류에 따라 좌우된다.

### 5.3.3 인장내력

#### (1) 앵커파괴

앵커파괴에 대한 앵커의 특성내력  $N_{Rk,c}$ 는 식(8)과 같다.

$$N_{Rk,c} = A_s \cdot f_{uk} \quad (8)$$



$A_s$  : 앵커의 단면적

$f_{uk}$  : 앵커의 특성인장 강도(공칭값)

편심하중을 받는 앵커그룹의 경우 가장 하중을 많이 받는 앵커로 결정한다.

(2) 콘크리트 풀-아웃 파괴

콘크리트 풀-아웃 파괴에 따른 특성내력  $N_{Rk,p}$ 는 실험에 의해 결정되어야 한다. 편심하중을 받는 앵커그룹의 경우 가장 하중을 많이 받는 앵커가 증명되어야 한다.

(3) 콘크리트 콘 파괴

콘크리트 콘 파괴에 의한 특성내력은 유럽설계 기준에서는 CC-설계방법(concrete capacity design)이 채택되어졌다. 이러한 설계방법은 상기 5.2에서 고찰한 k-설계방법을 모태로 해서 발전시킨 방법으로 콘크리트파괴에 의한 특성내력은 식 (9)와 같다.

$$N_{Rk,c} = A_{c,N} / A_{c,N}^0 \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot N_{Rk,c}^0 \quad (9)$$

$A_{c,N}^0$  = 충분한 모서리 및 축 간격과 함께 정착된 앵커의 투영면적(=  $S_{cr,N}^2$ )

$A_{c,N}$  = 정착되어지는 앵커의 실제 투영면적

투영면적 계산에서 콘크리트 파괴형상은 높이 (hef)와 길이( $l = S_{cr,N}$ )의 피라미드형으로 이상화 되어졌다. 투영면적  $A_{c,N}^0$ 과  $A_{c,N}$ 의 계산을 위한 실례는 그림 15에 나타내었다.

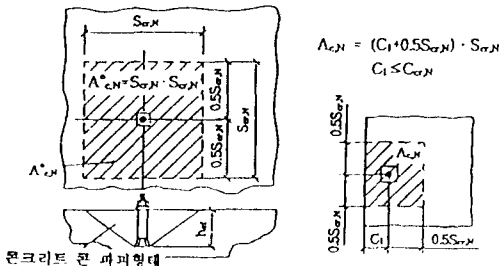
하나 이상의 모서리 간격들과 함께 정착되는 앵커그룹의 경우 가장 작은 모서리 간격 C는 식(9a)에 대입하여  $\psi_{s,N}$ 을 구한다.

$$\begin{aligned} \psi_{s,N} &= \text{콘크리트부재 모서리에 앵커정착시 응력 분포저감계수} \\ &= 0.7 + (0.3C / C_{cr,N}) \leq 1 \end{aligned} \quad (9a)$$

하중의 편심이 앵커그룹에 대하여 2방향으로 작용하는 경우 영향계수  $\psi_{ec,N}$ 는 양쪽방향 모두 고려 되어진다. 편심하중을 받는 앵커그룹의 실례는 그림 16에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \psi_{ec,N} &= \text{인장하중의 편심에 대한 영향계수} \\ &= 1 / 1 + (2e_N / S_{cr,N}) \leq 1 \end{aligned} \quad (9b)$$

$e_N$  = 앵커에 작용하는 인장하중의 편심



(a) 콘크리트에 정착된 하나의 앵커 (b) 콘크리트 모서리에 정착된 하나의 앵커

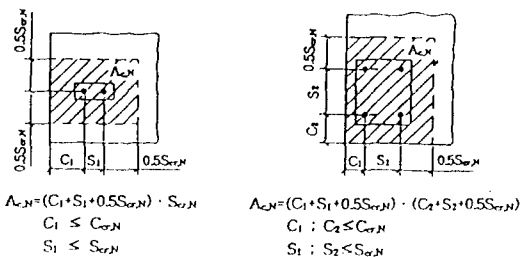


그림 15 콘크리트 콘 파괴에 의해 이상화시킨 앵커의 투영면적

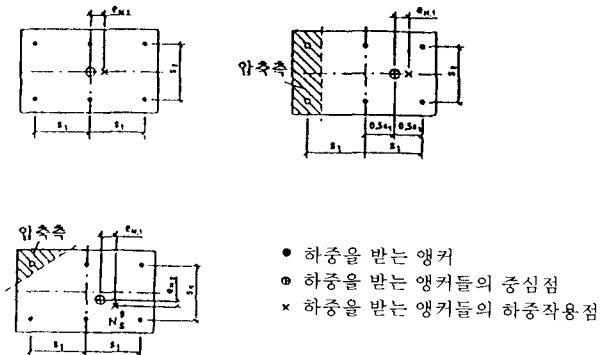


그림 16 편심하중을 받는 앵커그룹

$\psi_{ec}$ 는 콘크리트에 정착된 앵커주위에 철근이 배근되어 있는 경우 철근의 배근간격 s에 대한 영향계수로서 이는 식 (9c)와 같다.

$$\psi_{re}=0.5(1+h_{ef}/200)\leq 1 \quad s\leq 150\text{mm} \quad (9c)$$

$$\psi_{re}=1.0 \quad s\geq 150\text{mm}$$

균열이 있는 콘크리트 또는 균열이 없는 콘크리트에 정착된 앵커의 영향계수  $\psi_{ucr,N}$ 는 균열이 있는 콘크리트에 앵커정착시  $\psi_{ucr,N}=1.0$ 으로 하며 균열이 없는 콘크리트에 앵커를 정착시킬 경우  $\psi_{ucr,N}=1.4$ 로 한다.

$N_{Rk,c}^0$ 는 균열이 있는 콘크리트에 정착된 앵커의 콘크리트 콘 파괴에 대한 특성내력으로 식 (9d)와 같다.

$$N_{Rk,c}^0 = \sqrt{7.0 f_{cc} \cdot h_{ef}} \quad (9d)$$

$f_{cc}$  : 콘크리트 압축강도

$h_{ef}$  : 앵커의 정착깊이

식 (9d)의 특성내력  $N_{Rk,c}^0$ 를 위해서는 적절한 앵커의 축간격( $S_{cr,N}$ )과 모서리간격( $C_{cr,N}$ )이 요구되어진다. 규준에서는 축간격은 모서리간격의 2배로 하며 앵커정착 깊이의 3배로 한다.

앵커그룹의 경우 콘크리트 콘 파괴에 의한 특성내력은 식 (9)와 함께 구할 수 있다. 하중을 가장 많이 받는 앵커의 내력  $N_{Rk,c}^h$ 는 식 (9e)와 같다. 이러한 식은 탄성이론에 기초하고 있다.

$$N_{Rk,c}^h = N_{Rk,c} \cdot (N_{sd}^h / N_{sd}) \leq N_{Rk,c}^0 \quad (9e)$$

$N_{Rk,c}$  : 콘크리트 콘 파괴에 의한 앵커 한개의 특성내력

$N_{sd}^h$  : 앵커그룹에서 가장 인장하중을 많이 받는 앵커에 작용하는 설계하중

$N_{sd}$  : 앵커그룹에서 인장하중을 받는 모든 앵커들에 작용하는 설계하중

#### (4) 콘크리트 할열

규준에서는 앵커의 축 및 모서리간격들과 앵커 정착을 위한 철근콘크리트 부재의 최소두께 그리고 경우에 따라 최소철근비 등을 제시하고 있다.

이러한 제시된 규정과 함께 앵커가 정착되어지면 콘크리트 할열에 대한 특성내력은 검토할 필요가 없다

#### 5.3.4 전단내력

전단하중에 의한 파괴형태들은 인장하중에 의한 파괴형태들처럼 다양하다. 앵커파괴에 의한 특성전단내력은 인장하중에 의한 앵커파괴시 특성내력의 50%에 달하며 이는 식(10)과 같다.

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} \quad (10)$$

앵커그룹의 경우 정착되어지는 앵커가 낮은 연성(파괴신장을  $A_5 \leq 8\%$ )을 지니고 있다면 이에 따른 영향계수 0.8에 의해 특성내력은 감소되어진다.

콘크리트 모서리파괴에 대한 특성내력은 CC-설계방법을 설계규준에서는 채택하고 있다. 이러한 설계방법의 계산식은 5.3.2에서 상술한 콘크리트 콘 파괴와 함께 기준에 발표된 논문들<sup>8,11)</sup>에 수록되어 있다. 일반적으로 정착되어지는 앵커와 콘크리트 모서리 사이의 모서리 간격 C가 앵커의 정착깊이  $h_{ef}$ 에 대하여  $C \geq 10h_{ef}$ 인 경우 콘크리트 모서리 파괴는 발생하지 않으므로 이에 대한 특성내력의 검토는 생략되어질 수 있다.

콘크리트 프라이-아웃 파괴에 대한 특성내력은 식(11)과 같다.

$$V_{Rk,kp} = k \cdot N_{Rk,c} \quad (11)$$

$N_{Rk,c}$  = 인장하중하에 콘크리트 콘 파괴에 의한 특성내력

k = 앵커정착 깊이에 대한 영향 계수

식(11)에서  $N_{Rk,c}$ 는 그림 17에 나타낸 바와 같이 정착된 앵커는 전단하중하에서 인장응력을 유발시키고 이러한 인장응력은 콘크리트 프라이-아웃 파괴에 영향을 준다. 앵커정착 깊이  $h_{ef}$ 에 대한 영향계수 k는  $h_{ef} < 60\text{mm}$  인 경우  $k=1$  그리고  $h_{ef} \geq 60\text{mm}$ 인 경우  $k=2$ 로 한다.

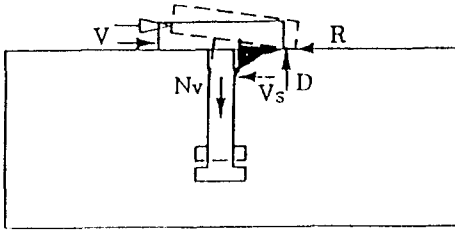


그림 17 전단하중에 의한 앵커의 전달기구

### 5.3.5 조합하중에 대한 앵커의내력

정착되어지는 앵커에 인장과 전단의 조합하중이 작용하는 경우 다음과 같이 식(12)는 만족되어야 한다.

$$N_{Sd} / N_{Rd} \leq 1 \quad (12a)$$

$$V_{Sd} / V_{Rd} \leq 1 \quad (12b)$$

$$(N_{Sd} / N_{Rd}) + (V_{Sd} / V_{Rd}) \leq 1.2 \quad (12c)$$

$N_{Sd} (V_{Sd})$  : 설계인장(전단)하중

$N_{Rd} (V_{Rd})$  : 설계인장(전단 내력)

설계하중과 설계내력의 비  $N_{Sd} / N_{Rd}$ 와  $V_{Sd} / V_{Rd}$ 는 인장 및 전단하중에 의한 파괴형태들중 가장 큰 값을 채택하고 있다.

### 5.3.6 철근콘크리트 부재의 내력에 대한 추가적 검토

철근콘크리트 부재에 정착되는 앵커들은 국부적으로 콘크리트의 인장강도를 이용한다. 다른 접합 시스템에 의해서 조립되어진 부분이나 철근의 이음부위, 전단철근이 배근되지 않은 슬래브의 전단부위, 연결철근의 배근없이 프리캐스트 부재를 현장치기 콘크리트로 접합한 부위 등에서는 앵커의 정착에 신중을 기해야 한다. 이러한 부분들의 인장측에 국부적으로 앵커에 의한 하중이 작용하면 부재에 작용하는 하중으로부터 인장응력은 중첩되어진다. 이러한 하중의 중첩은 부재의 내력을 감소시킬 수 있기 때문에 앵커정착시 콘크리트부재의 내력에 대한 추가적인 검토가 요구된다.

## 6. 결 론

철근콘크리트 구조물에 앵커를 정착하여 건설 부재를 접합시킬 경우 경제적인 측면에서 기여하는 바는 매우 크다. 콘크리트에 정착이 가능한 대부분의 앵커들은 다양한 실험과 연구결과들을 토대로 높은 내력과 함께 안전성이 이미 인정된 상태이다. 또한 오래된 철근콘크리트 부재들의 보수나 조립식 건물의 주요 구조부재들의 접합 등에서 앵커의 이용가능성은 매우 높다. 그럼에도 불구하고 현장조사결과에 의하면 앵커의 기능상 특성이나 앵커의 사용조건 및 범위 그리고 정착을 위한 앵커의 조립 등에 대한 이해부족으로 잘못 사용하는 경우가 많은 것으로 나타나고 있다. 그러므로 앵커정착을 위한 정확한 설계와 시공을 위해서는 한국내에서 많은 실험과 이론적 연구가 수행되어야 할 것이며 이를 바탕으로 앵커의 사용 및 설계를 위한 기준제정이 요망된다.

## 참 고 문 헌

1. Comit Euro-International du Béton, "Fastenings to Concrete and Masonry Structures" Thomas Telford, London, 1994.
2. European Organisation for Technical Approvals(EOTA), "Guideline for European Technical Approval of Anchors for Use in Concrete," Parts 1,2,3., Fassung Sept. 1994
3. Deutsches Institut für Bautechnik, "Bemessungsverfahren für Dübel zur Verankerung in Beton," Berlin, Juni 1993.
4. ENV 1992-1-1, "Planung von Stahlbetonund Spannbetontragwerken Teil 1," Juni 1992.
5. DIN 1045, "Beton und Stahlbeton," Ausgabe Juli 1988.
6. Rehm, G., Eligehausen, R., Mallée, R., "Befestigungstechnik," Betonkalender 1992, Band 2, pp. 597-725.
7. Eligehausen, R., "Bemessung von Befestigungen mit Teilsicherheitsbeiwerten," Bauingenieur 65, 1990, pp. 295-305.
8. Eligehausen, R., "Vergleich des Kappa-Verfahrens mit der CC-Method," Bericht Nr.

- 12/16-92/7 des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart, 1992.
9. Eligehausen, R., Balogh, T., "Behavior of Fasteners Loaded in Tension in Cracked Concrete," ACI-Structural Journal, Vol.92 No.3 1995, pp. 365-379.
  10. Eligehausen, R., Lehr, B., "Querzugtrag-fähigkeit von Dübeln mit grossem Randabstand im ungerissenen Beton," Bericht Nr.10/20-93/11 des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart, 1993
  11. Fuchs, W., Eligehausen, R., "Das CC-Verfahren zur Berechnung der Betonausbruchlast von Verankerungen," Beton und Stahlbetonbau 90, 1995, Hefte 1,2,3.
  12. Meszaros, J., Eligehausen, R., "Überprüfungen von Dübeln auf Baustellen" Bericht Nr. M 655/08-92/32 des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart, 1992.
  13. Reuter, M., Eligehausen, R., "Einfluss der Lasteinleitung durch Befestigungen auf die Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen," Bauingenieur 67, 1992, pp. 461-474.
  14. Zhao, G., "Tragverhalten von randfernen Kopfbolzenverankerungen bei Betonausbruch," Dissertation, Universität Stuttgart, 1993. □

## 콘크리트학회 전문서적 보급안내

### 철근콘크리트 구조설계매뉴얼(신간)

#### ■ 한국콘크리트학회 편

본서는 극한강도 설계공식에 근거하여 도표와 설계예제를 작성하였으며, 그림을 이용하여 설계를 쉽고 빠르게 할 수 있고 또, 설계과정에서 반복되는 계산을 함축하여 계산과정을 단축시켜 설계실무에 편리하도록 집필되어 있다.

- A4 · 3권 / 총가 37,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,700원 별도부담
- 제1권 : 보 · 브라켓 · 기초의 설계
- 제2권 : 기둥 · 벽체의 설계
- 제3권 : 슬래브의 설계

### 콘크리트구조물의 비파괴검사 및 안전진단(신간) - 제2회 기술강좌 교재 보정판 -

#### ■ 한국콘크리트학회 편

이 책은 건설현장 기술자들이 유용하게 활용할 수 있는 비파괴시험의 관련 원리 및 적용방법에 대한 최신 기술은 물론, 건축 · 토목공사용 콘크리트구조물의 안전진단 및 유지관리 · 보수방법과 콘크리트의 내구성 향상과 관련 시험방법에 관한 내용을 이해하기 쉽게 상세히 기술하고 있다.

- B5 · 408면 / 定價 17,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,100원 별도부담

### 최신 콘크리트공학

#### ■ 한국콘크리트학회 편

이 책은 콘크리트 기본 구성재료의 특성 및 요건 등을 분석하고, 이들 구성재료를 이용한 배합설계, 굳지 않은 콘크리트의 기본성질, 혼합, 운반 및 타설과정의 특기사항, 양생, 콘크리트의 시험, 품질관리, 내구성 뿐만 아니라 최근에 개발되고 있는 새로운 콘크리트의 제조 및 제반 특성에 이르기까지 포괄적인 내용을 실고 있다.

- B5 · 682면 / 定價 15,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,100원 별도부담