

高强度콘크리트의 利用과 力學的 特性

吳 炳 煥

〈서울大學校 土木工學科 助教授 · 工學博士〉

目 次

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1. 序 論 | (1) 크립 (creep) |
| 2. 콘크리트强度에 영향을 미치는 因子 | (2) 건조수축 (shrinkage) |
| 3. 高强度콘크리트의 균열거동과
應力變形舉動 | 5. 橫方向으로 구속된 콘크리트
(confined concrete)의 舉動 |
| (1) 龜裂舉動 | 6. 高强度콘크리트의 配合設計 |
| (2) 應力-變形舉動 | 7. 特殊 高强度콘크리트 |
| ① 一軸荷重時의 舉動 | (1) 重合体-수정 콘크리트 |
| ② 多軸荷重時의 舉動 | (2) 重合体-주입 콘크리트 |
| 4. 高强度콘크리트의 時間에 따른 長期舉動 | 8. 結 論 |

1. 序 論

最近들어 高强度콘크리트의 사용이 날로 증가하고 있고, 따라서 이에 대한 開發 및 研究活動이 활발해지고 있다. 高强度콘크리트란 現在 흔히 사용되고 있는 보통콘크리트보다 강도가 높은 콘크리트를 가리키는 말로서 어느정도 상대적인 의미를 가지고 있다. 즉, 과거에는 압축강도가 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상만 되어도 高强度콘크리트로 고려되었으나, 최근에는 $700\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 고강도콘크리트도 실제 構造物에 이용되고 있는 실정이다. 특히 고층의 콘크리트구조물에

는 이 高强度콘크리트의 사용이 거의 필수적이라고 할 수 있다. 현재로서는 일반적으로 압축강도가 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상일 경우 高强度콘크리트로 분류하는 것이 보통이다. 이러한 고강도 콘크리트를 생산하기 위해서는 각별한 품질관리와 좋은 構成材料를 사용해야 한다. 일반적으로 고강도콘크리트는 강도가 높은 골재가 사용되며 시멘트량도 많아야 하고, 물-시멘트비(W/C ratio)가 낮아야 한다. 또한 감수제, 홀라이애쉬(fly ash), 포조란등도 병행하여 사용된다. 특별한 경우이기는 하지만, 고강도 콘크리트를

연기 위하여 重合體(polymer)를 사용하기도 한다. 일반적으로 고강도콘크리트는 고층건물의 기둥이나 전단벽(shear wall), 프리캐스트 부재, 프리스트레스트 부재, 그리고 내구성이 특히 요구되는 부재등에 유용하게 이용되고 있다.

本小考에서는 高強度콘크리트의 일반적인 특성, 응력-변형도관계, 時間에 따른 장기변형 등 力學的 特性을 토의함으로서 실제 설계시 그 특성을 이용할 수 있도록 하며, 또한 중합체주입콘크리트와 같은 특수 고강도콘크리트에 대해서도 토의하고자 한다. 고강도콘크리트의 配合設計問題에 대해서도 아울러 토의하고자 한다.

2. 콘크리트強度에 영향을 미치는 因子

콘크리트強度에 영향을 주는 주요인자들로서는 물-시멘트비, 시멘트-골재비, 골재의 性質 특히 골재의 強度, 硬度, 粒度, 形狀, 表面組織, 그리고 空氣量등이다. 이 因子들은 주로 몰탈(mortar)強度나 몰탈과 骨材사이의 부착강도를 지배하여 결국 콘크리트의 강도를 지배하게 된다. 骨材의 粒度뿐만 아니라 骨材자체의 강도와 깨끗한 정도도 콘크리트 강도에 지대한 영향을 주게 된다.

高強度콘크리트는 일반적으로 높은 시멘트-골재비를 가지고 있으며 한편 물-시멘트비는 낮아야 한다. 타설방법의 개선, 진동주기, 다지기, 마감작업의 개선등으로 물-시멘트비를 낮추는 것이 가능하게 되었고 최근에는 낮은 물-시멘트비로도 작업성을 개선시킬 수 있는 고성능감수제(superplasticizer)의 개발로 高強度콘크리트의 제조가 일반화되어 가고 있는 실정이다. 콘크리트内部의 공극을 重合體(polymer)로 채움으로서 고강도를 얻을 수도 있는 데, 이렇게 하여 얻어진 콘크리트가 重合體주입콘크리트(polymer impregnated concrete)이다.

3. 高強度콘크리트의 龜裂舉動과 應力變形舉動

(1) 龜裂舉動

압축과 인장하중하에서 콘크리트의 거동은 콘크리트내부에 발생하는 균열정도에 따라 다르다. 콘크리트内部에는 먼저 하중을 받기 이전에 시멘트풀의 체적변화가 있게 되고 이것은 골골재와 몰탈사이의 아주 미세한 부착균열을 유발시키는 원인이 된다. 이후 하중을 받기 시작하면 이러한 미세한 균열이 서서히 전파하게 되고, 하중이 증가함에 따라 균열이 확대되어 결국은 파괴하게 된다. 고강도콘크리트는 같은 荷重수준에서 보통강도콘크리트보다 훨씬 적은 균열을 유발하게 되며, 파괴면의 수도 적게 된다. 보통강도콘크리트는 일반적으로 균열면이 골재와 몰탈사이를 통해 파괴가 이루어지는 데 반해 고강도콘크리트는 몰탈의 강도가 크기때문에 파괴면과 마주치는 골재가 쪼개지면서 파괴가 이루어지게 된다. 즉, 高強度콘크리트는 보통콘크리트보다는 훨씬 균질한(homogeneous) 편이라고 볼 수 있다.

(2) 應力-變形舉動

콘크리트의 應力-變形關係는 構造物解析 및 設計에 있어서 아주 중요한 토대가 되며, 이에 대한 정확한 실험자료와 이를 근거로한 수학적 모델의 개발은 아주 중요한 의미를 갖게 된다. 여기서는 먼저 일축하중을 받는 경우의 거동을 서술하고 이어서 2축 및 3축하중에 대한 거동 문제를 論하기로 한다.

① 一軸荷重時의 舉動

一軸荷重에 대한 거동은 構造設計에 가장 根幹이 되는 基本資料가 되며, 따라서 많은 연구 결과들이 산재해 있다. 그러나 高強度콘크리트에 대한 자료는 어느정도 제한되어 있는 실정이며 최근에 몇몇의 좋은 연구결과들이 발표되었

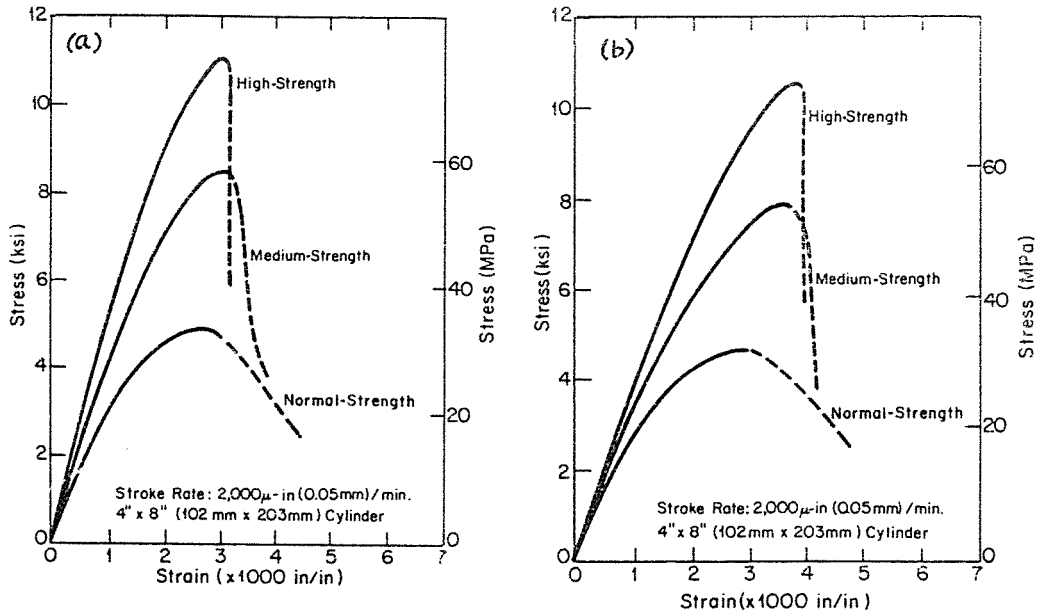


그림 1. 각 强度別 콘크리트의 應力 - 變形關係; (a) limestone concretes, (b) gravel concretes

다. 그림 1 은 보통콘크리트와 고강도콘크리트의 전형적인 압축응력-변형도관계를 보여주고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 강도가 커짐에 따라 초기경사도(탄성계수)가 커지고, 최고응력점(압축강도)에서의 변형도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 고강도콘크리트의 또 한가지 특징은 최고응력(압축강도)에 도달할 때까지 거의 직선변화를 하며 강도에 도달한 후 거의 바로 파괴된다는 사실이다. 이것은 콘크리트강도가 커질 수록 균열발생이 적으며 재료자체가 균질해지는 경향을 보이고, 또한 취성화(brittle)된다는 사실을 말해주고 있다. 강도가 커질수록 취성화된다는 사실은 실제 설계시에 고려되어야 할 아주 중요한 사항이라고 볼 수 있다.

콘크리트의 引張強度는 압축강도에 비하여 훨씬 적은 값을 나타내며 주로 활열시험(split cylinder test)이나 휨인장시험(modulus of rupture test)에 의하여 인장강도를 결정하게 된다. 그림 2 는 휨인장강도와와의 관계를 보여주

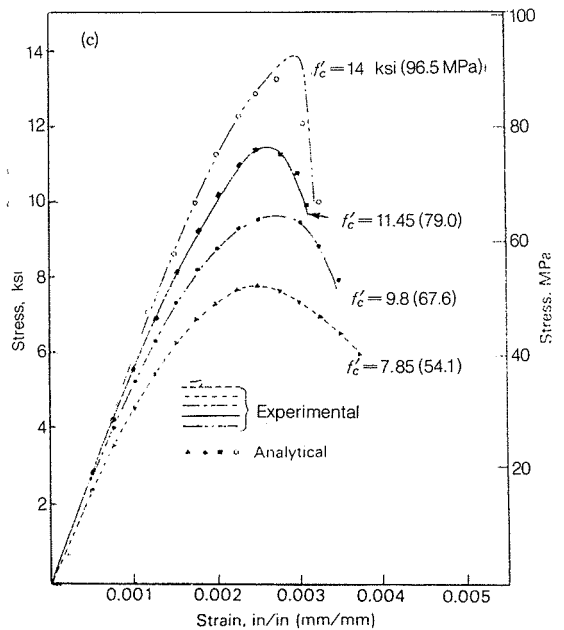


그림 1. (c) 高強度콘크리트의 應力 - 變形 關係

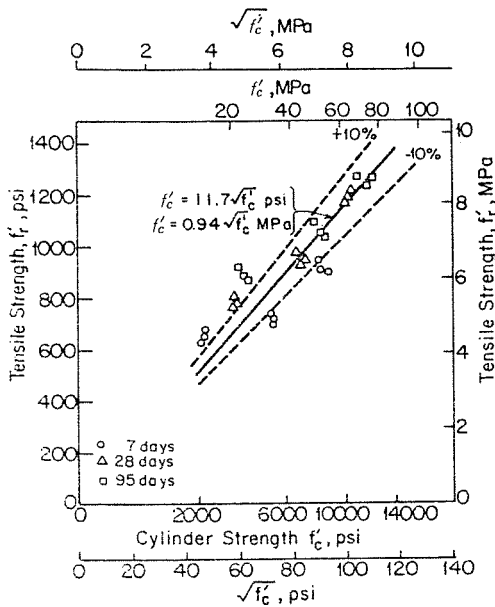


그림 2. 콘크리트의 휨인장강도와 압축강도와의 관계

는 실험결과로서, 휨인장강도가 압축강도 f'_c 의 제곱근에 비례하는 것을 보여 주고 있다. 그림 3 은 활열인장강도 (splitting tensile strength) 와 압축강도와의 관계를 보여주고 있다. 이들 실험자료에 의하면 휨인장강도는 $f'_r = 0.94\sqrt{f'_c}$ MPa ($= 11.7\sqrt{f'_c}$ psi), 활열인장강도는 $f'_{sp} = 0.54\sqrt{f'_c}$ MPa ($= 6.8\sqrt{f'_c}$ psi) 의 관계를 가진다. 그림 4 는 콘크리트의 탄성계수와 압축강도와의 관계를 나타내고 있으며, 지금 시방서에서 사용되고 있는 공식 $E_c = 57,000\sqrt{f'_c}$ psi와는 약간 다른 형태의 공식인 $E_c = (40,000\sqrt{f'_c} + 1.0 \times 10^6)$ psi를 표시하고 있다. 이것은 지금 시방서에 규정되어 있는 공식 ($E_c = 57,000\sqrt{f'_c}$ psi = $15,000\sqrt{\sigma_{cx}}$ kg/cm²) 이 보통강도의 콘크리트(즉, 2,000 ~ 6,000 psi = 140 ~ 420 kg/cm²)에 대하여 얻어진 공식이기 때문에, 고강도콘크리트까지 고려하려면 약간의 수정이 필요하게 됨을 말해주고 있다.

고강도콘크리트의 포아슨비(Poisson's ratio)

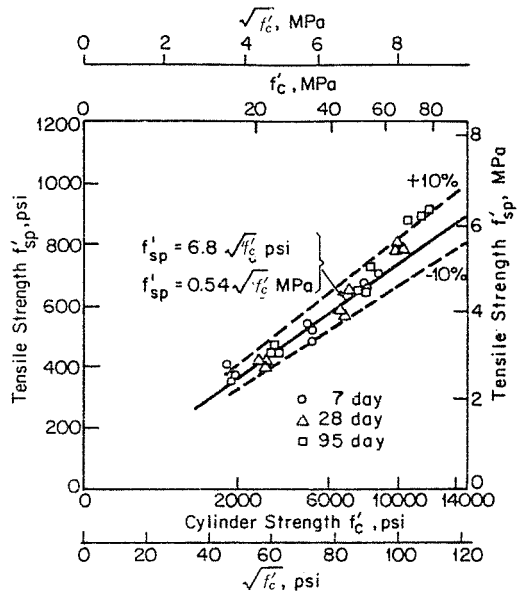


그림 3. 콘크리트의 활열인장강도와 압축강도와의 관계

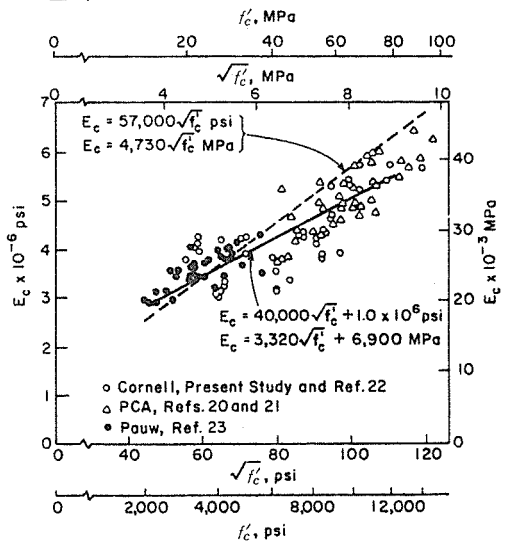


그림 4. 콘크리트의 탄성계수와 압축강도와의 관계는 보통콘크리트와 큰 차이가 없으며 대개 0.20 정도의 값을 나타내고 있다.

② 多軸荷重時의 擧動

多軸荷重狀態에서의 거동은 보-기둥의 연결부나, 프리스트레스트콘크리트부재의 정착부,

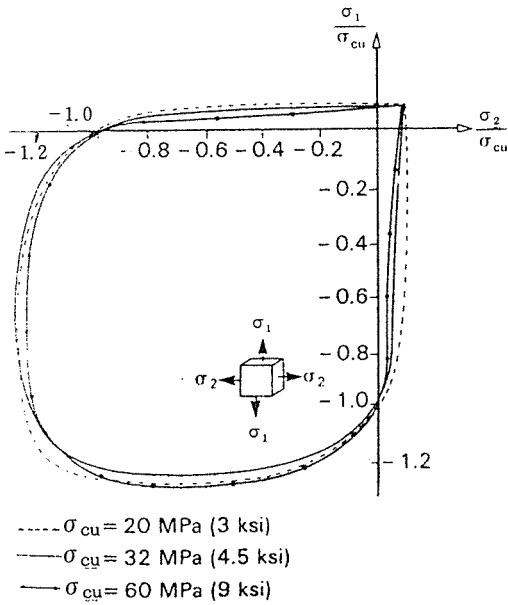


그림 5. 콘크리트의 强度別 二軸 파괴포락선

원자력발전소의 원자로용기, 또는 해양구조물 등의 설계 및 해석시에 필요한 중요한 사항이 된다. 多軸應力狀態에서의 콘크리트의 거동은 一軸狀態의 거동과는 상당한 차이를 나타내고 있으며, 따라서 이러한 거동의 특성이 반드시 설계에 고려되어야 한다. 콘크리트가 二軸壓縮을 받게 되면 일반적으로 파괴강도가 증가하게 되는데, 이는 횡방향 압축력에 의해 횡방향 팽창이 저지되어 균열발생이 억제되기 때문이다. 그림 5는 각종 二軸荷重狀態下에서의 콘크리트의 파괴포락선(failure envelope)을 나타내고 있는데, 여기서 점선은 저강도콘크리트, 실선은 보통강도콘크리트, 굵은 실선은 고강도콘크리트에 대한 결과를 표시하고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 二軸압축인 경우는 보통콘크리트나 고강도콘크리트나 거의 같은 거동을 보여주고 있는데 반하여, 二軸인장인 경우에는 압축강도에 대한 인장강도의 비가 고강도일수록 감소하는 경향을 보여 주고 있다.

三軸荷重狀態에서의 거동은 二軸荷重의 경우보다 더욱 많은 변화를 보이게 되는데 이러한

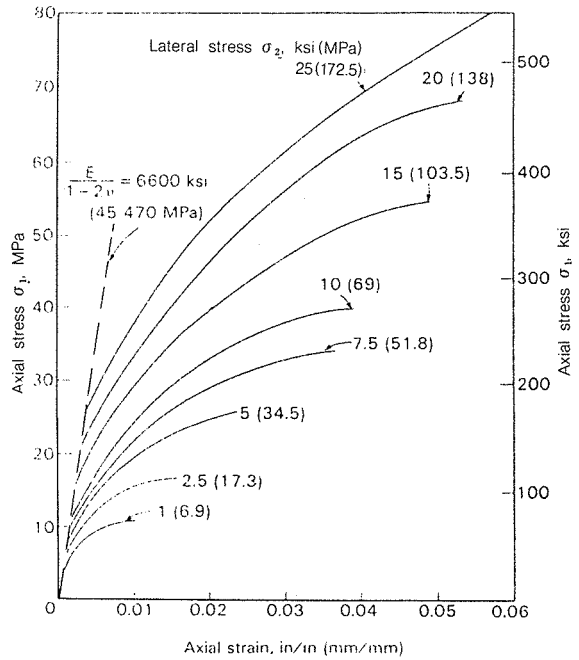


그림 6. 三軸荷重下에서의 콘크리트의 응력-변형도 관계

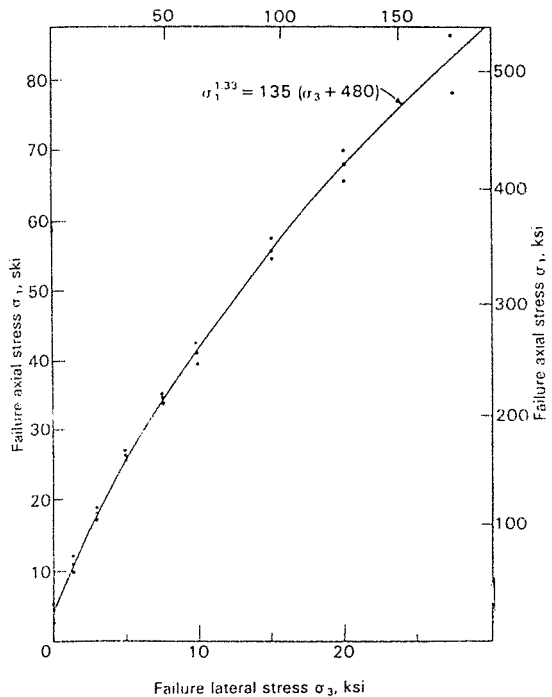


그림 7. 콘크리트의 파괴시 軸强度와 橫方向壓力과의 관계

현상이 그림 6에 나타나 있다. 그림 6에서 보는 바와 같이 횡방향 압축력이 증가함에 따라 콘크리트의 파괴강도가 크게 증가하고 있고 또한 콘크리트가 매우 延性(ductile)인 거동을 하고 있음을 볼 수 있다. 三軸荷重下에서는 콘크리트가 鋼材와 비슷한 塑性舉動(plastic behavior)을 하게 된다는 것이 특징적이다. 그림 7은 三軸荷重下에서 콘크리트의 횡방향압력과 축방향압축파괴강도와의 관계를 나타내는 것으로서, 횡방향 압력이 커질 수록 콘크리트의 압축강도가 크게 증가함을 알 수 있다. 그림 8은 여러가지 콘크리트강도에 대하여 횡방향 압력과 축방향 압축강도와의 관계를 보여 주고 있다. 그림 9는 고강도 콘크리트와 보통강도콘크리트에 대한 8면체 응력-변형도 관계 (Octahedral stress-strain relation)을 보여 주고 있다.

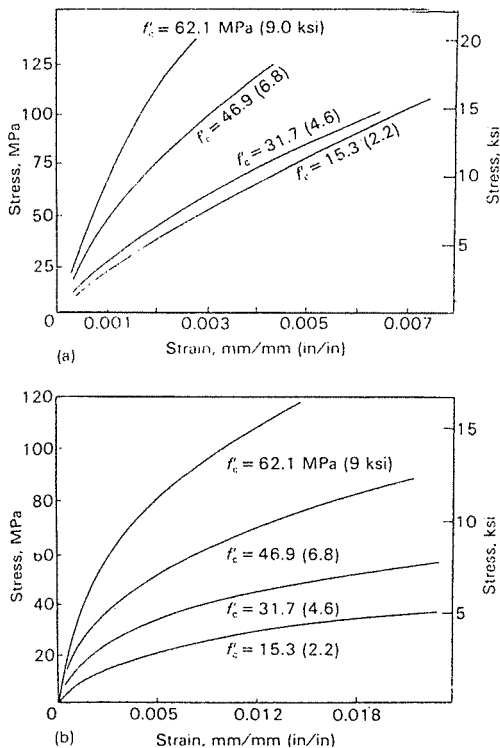


그림 8. 파괴시 콘크리트의 각 強度別 軸方向強度와 橫方向壓力과의 관계

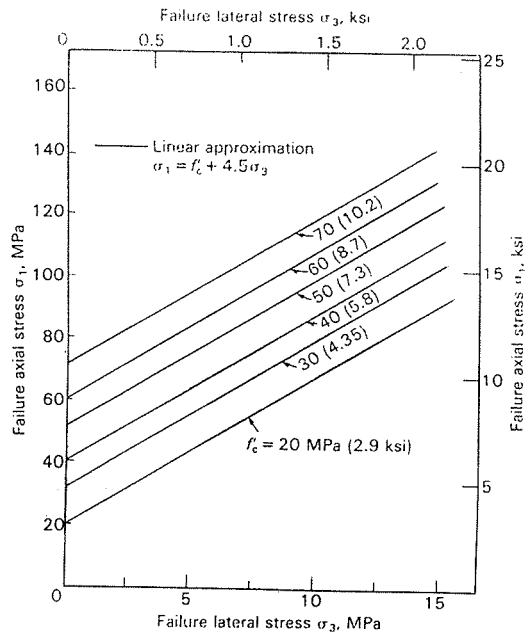


그림 9. (a) Octahedral normal stress-strain relations, (b) Octahedral shear stress-strain relations.

4. 高强度콘크리트의 時間에 따른 長期舉動

콘크리트는 일정한 하중하에서 시간이 경과함에 따라 變形이 계속 증가하는 현상을 나타낸다. 이와 같이 시간이 경과함에 따라 변형이 증가하는 현상을 크리프 (creep)이라고 부르며 이 크리프현상은 콘크리트構造物의 처짐을 증가시키고, 단면의 응력을 재분배시키는등 콘크리트 構造物設計에 아주 중요한 因素로 대두되고 있다. 실제로 이러한 크리프현상은 鋼構造物에서는 잘 나타나지 않으며 콘크리트구조물에 특유한 문제라고 볼 수 있다. 일반적으로 콘크리트의 크리프

변형 (creep deformation)은 하중재하로 인한 초기탄성변형보다 훨씬 크게 되므로 이의 重要性이 고려되지 않을 수 없게 된다. 콘크리트의 크릴현상은 대체로 콘크리트内的 미세입자가 공극을 통하여 이동하는데서 발생한다고 인식되고 있다. 따라서 물-시멘트비가 적은 콘크리트는 공극을 적게 가지고 있으므로 콘크리트内的 미세구조가 부착이 더 잘 되어 있고 입자의 이동이 적게 된다. 그러므로 고강도콘크리트는 일반적으로 보통콘크리트보다 물-시멘트비가 적어 크릴변형도 적게 발생한다. 시간에 따라 콘크리트에 발생하는 또 한가지 變形現象은 건조수축변형 (shrinkage strain)이다. 건조수축 변형은 하중과는 무관하며 콘크리트 내부의 수분이 증발하여 건조됨으로서 발생하는 수축현상이다. 이러한 건조수축현상은 콘크리트구조 부재에 응력을 유발시키게 되고, 나아가 균열을 일으키게 하는 要因이 되기도 한다. 이러한 시간에 따른 변형은 여러 가지 외부영향인자에 의해 심각히 변화하게 된다. 그 중에서도 하중재하시의 콘크리트의 材令 (age), 상대습도, 부재의 크기, 단위시멘트량, 온도等은 콘크리트의 크릴과 건조수축에 지대한 영향을 주는 要因들이다. 콘크리트의 재령이 작을 수록 크릴변형은 크게 되며 상대습도가 작을 수록 또한 크릴이 증대한다. 이것은 습도가 작으면 건조율이 커져 결국 크릴을 촉진시키기 때문이다. 또한 부재의 크기는 건조수축변형에 커다란 영향을 주게 되고, 단위시멘트량도 크릴에 영향을 끼치게 된다. 온도가 높을 경우 콘크리트의 수화작용이 촉진되어 강도가 증가하므로 크릴이 약간 감소하나, 또한 높은 온도에서는 콘크리트의 점성이 약해지므로 입자의 이동이 활발해져 크릴이 증가한다. 즉, 온도가 높을 경우 이와 같은 상반된 효과가 나타나지만, 수화에 의한 강도증가보다는 입자이동현상이 더욱 커져 결국 전체크릴은 증가하게 된다.

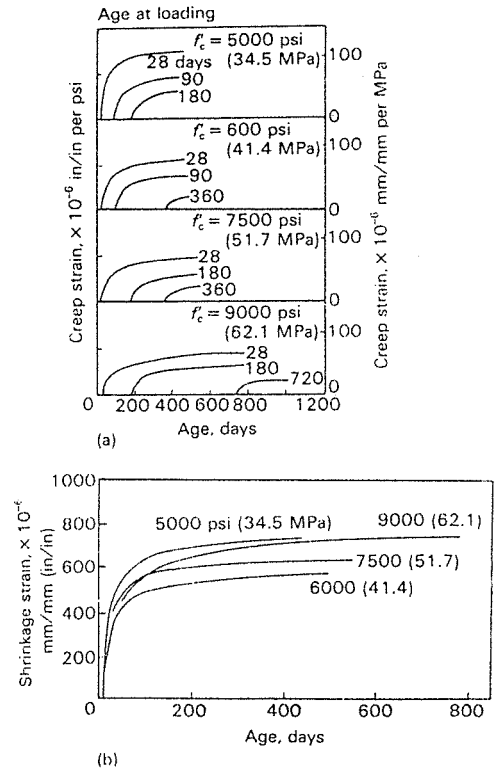


그림 10. 高強度콘크리트의 (a) 크릴과 (b) 건조수축.

그림 10은 고강도콘크리트와 보통강도 콘크리트의 재령 (age)에 따른 크릴변형과 건조수축 변형을 보여주고 있다. 이 그림에서 보듯이 재령이 많을 수록 크릴변형이 크게 감소하는 것을 볼 수 있다. 그림 11은 高強度콘크리트와 보통강도콘크리트의 時間에 따른 크릴계수를 보여주고 있는데, 고강도콘크리트의 크릴이 보통강도콘크리트보다 훨씬 작은 것을 볼 수 있다. 또한 건조가 일어나는 시편 (unsealed specimen) 크릴이 100% 습도의 시편 (sealed specimen)보다 훨씬 큰 것을 볼 수 있다. 이것은 콘크리트의 건조가 크릴을 촉진시키기 때문이다. 그림 12는 고강도 콘크리트의 시간에 따른 건조수축 변형을 나타내고 있다.

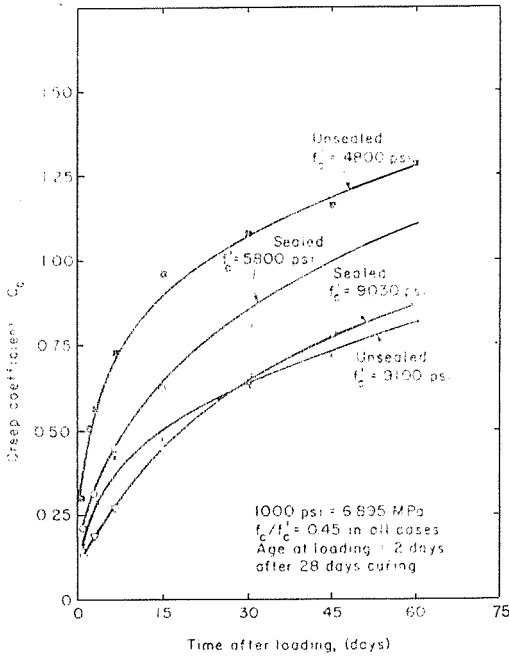


그림 11. 고강도콘크리트와 보통콘크리트의 크리프계수

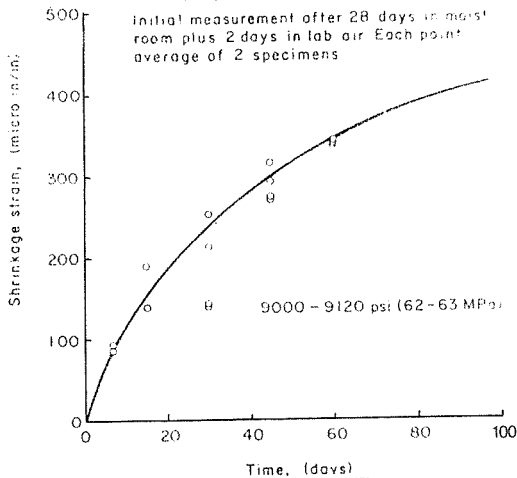


그림 12. 고강도 콘크리트의 건조수축변형

위에서 기술한 바와 같이 고강도 콘크리트는 장기재하하중에 의해 강도가 감소하기는 하나 보통 강도 콘크리트보다는 그 영향이 작다. 고강도 콘크리트의 크리프는 보통콘크리트보다 적으며, 특히 고강도콘크리트의 건조크리프(drying creep)은 보

통콘크리트보다 훨씬 적은 것으로 나타나 있다. 고강도콘크리트의 건조수축(shrinkage)은 보통 콘크리트보다 약간 큰 것으로 보이나 항상 같은 경향을 보이지는 않는다.

빠른 動的荷重下에서의 고강도콘크리트의 거동이, 피로거동등은 아직도 많은 연구가 필요한 부분이며, 현재로서는 그 자료가 제한되어 있는 실정이다.

5. 橫方向으로 구속된 콘크리트 (confined concrete)의 擧動

콘크리트는 최고응력(압축강도)에 도달한 뒤 변형이 증가하면서 응력은 감소하게 된다. 이것은 콘크리트가 하중을 받음에 따라 서서히 균열이 발생하기 때문에 일어나는 현상으로서 鋼材에서는 찾아 볼 수 없는 특유한 현상이다. 이러한 현상은 콘크리트를 취성(brittle)이게하는 주요한 원인이 된다. 따라서, 구조물 설계시 콘크리트를 延性擧動(ductile behavior)하도록 해야 하며, 이를 위해 사용되는 개념이 바로 구속 콘크리트(confined concrete)이다. 구속콘크리트는 콘크리트部材를 횡방향으로 구속하는 것으로서 주로 나선철근을 사용하여 횡방향팽창을 어느정도 구속한다. 즉, 구속된 콘크리트는

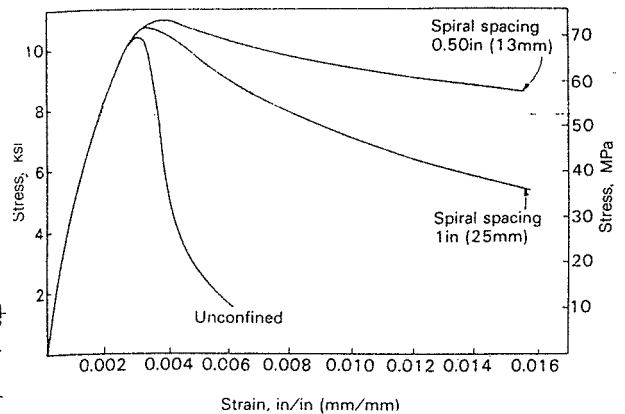


그림 13. 구속된 高強度콘크리트의 응력-변형도 관계

軸壓縮力을 받을 때 일어나는 횡방향 팽창을 억제하며, 구속철근(confinement steel)이 항복할 때까지 상당한 변형을 받는다.

그림 13은 고강도콘크리트의 응력 - 변형거동으로서 횡방향구속정도에 따른 거동의 차이를 보여주고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 나선철근으로 횡방향구속한 콘크리트는 최고응력에 도달한 후 상당한 연성을 보이게 됨을 알 수 있다. 이와 같은 연성은 구조물이 갖추어야 할 중요한 기본요건으로서 특히 耐震構造物에서는 필수적인 설계요소가 된다.

6. 高強度콘크리트의 配合設計

고강도콘크리트를 생산하기 위해서는 특별한 고려가 선행되어야 한다. 이것은 물-시멘트비, 골재의 입도, 골재의 성질, 시멘트의 성분과 분말도, 양생방법등 많은 因子들이 콘크리트의 강도에 직접 영향을 미치기 때문이다. 高強度콘크리트를 만들기 위해서는 우선 良質의 시멘트풀(cement paste)을 사용해야 한다. 시멘트풀의 강도는 시멘트의 분말도가 클 수록 커지는 것이 보통이다. 이론적으로는 콘크리트의 강도를 시멘트클린커(cement clinker)의 강도까지 올릴 수 있는 것이 가능하며, 시멘트클린커의 강도는 보통 3,150kg/cm² 이상인 것으로 나타나 있

다. 일반적으로, 물-시멘트비가 낮을 경우에는 굵은골재의 치수가 작은 것이 더 좋은 결과를 주게 된다. 물-시멘트비가 0.4 이하일 경우에는 굵은골재의 최대치수가 10mm 이하인 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 굵은골재의 높은 압축강도, 좋은 부착능력, 낮은 흡수성등은 高強度콘크리트생산에 중요한 역할을 한다.

高強度콘크리트의 배합강도는 보통콘크리트에서와 같이 콘크리트품질관리의 정도에 따라 그 값을 결정한다. 즉, 압축강도시험결과에 대한 표준편차가 클 경우에는 배합강도가 커지게 된다.

表 1은 전형적인 고강도콘크리트생산에 사용되었던 배합설계의 예를 보여주고 있다.

7. 特殊 高強度콘크리트

上記 6項에서 서술한 보통개념의 고강도콘크리트이외에도, 重合체(polymer)와 같은 특수한 물질을 사용함으로써 콘크리트의 強度 및 制반力學的 性質을 개선시킬 수 있다. 이와 같은 방법으로 얻어진 콘크리트에는 重合체수정콘크리트(polymer Modified Concrete; PMC)와 重合체주입콘크리트(Polymer-Impregnated Concrete; PIC)가 있다. 이들 콘크리트는 개선된 力學的 性質을 가지게 되는데 중합체 주입과 함

表 1. 高強度콘크리트의 配合設計 例

Concrete design strength (psi)	Quantities per yd ³					
	Cement (lb)	Aggregate		Water (lb)	Fly ash (lb)	Pozzolith (fl oz)
		Fine (lb)	Coarse (lb)			
9,000	846	1,025	1,870	330	100	25.4
7,500	729	1,250	1,695	315	100	21.9
6,000	705	1,190	1,825	303	100	21.1
5,000	541	1,385	1,850	268	100	16.2
4,000	447	1,485	1,860	257	100	13.4

(註 : 1 psi = 0.07 kg/cm², 1 lb. = 0.4536 kg)

계 고압양생을 하게 되면, 더욱 높은 강도를 얻을 수 있다. 중합체수정콘크리트는 중합체가 자연유액이나 합성유액의 형태로 콘크리트배합중에 첨가되어 만들어지며, 따라서 현장에서 적용하기가 비교적 쉽다. 중합체주입콘크리트는 중합체를 프리캐스트 콘크리트部材에 주입시켜 얻게 되는데, 이를 위하여는 복잡하고 비싼 장비가 필요하게 된다.

(1) 중합체수정콘크리트

중합체수정콘크리트를 얻기 위하여 styrene-baladiene, vinylidene chloride, acrylics 등이 성공적으로 사용되어져 왔으며 최근에는 액체에폭시 수지 (EPON 828)와 경화제 (hardener CA640) 등이 사용되기도 하였다. 이들 콘크리트의 압축강도는 950kg/cm²까지 도달하였으며 인장강도는 110kg/cm² 정도까지 가능한 것으로 나타나 있다.

Nawy 등은 중합체수정콘크리트 (PMC)를 얻기 위한 연구결과 그림 14와 같은 PMC의 배합설계요령을 제안하였다. 이 그림은 콘크리트의 압축강도와 슬럼프값을 물-시멘트비, 중합체-시멘트비, 액체-시멘트비등과 연관을 지어 설명하고 있다.

좋은 PMC를 얻기위하여는 먼저 깨끗하게 건조된 굵은골재를 수지 및 경화제와 혼합한 뒤 모래를 첨가하고, 그 다음에 시멘트풀을 넣어 혼합하는 것이 바람직한 것으로 나타나 있다. 중합체-시멘트비의 최적치는 물시멘트비가 0.6보다 적을 경우 보통 0.3~0.45이며, 수지 (resin)와 경화제의 비율은 100:68정도가 좋은 것으로 나타나고 있다.

그림 15는 물-시멘트비와 중합체-시멘트비에 따른 PMC의 압축응력-변형도관계를 보여주고 있다. 이 그림에서 보듯이 물-시멘트비가 적고 중합체-시멘트비가 클 수록 높은 강도를 얻고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 중합체첨

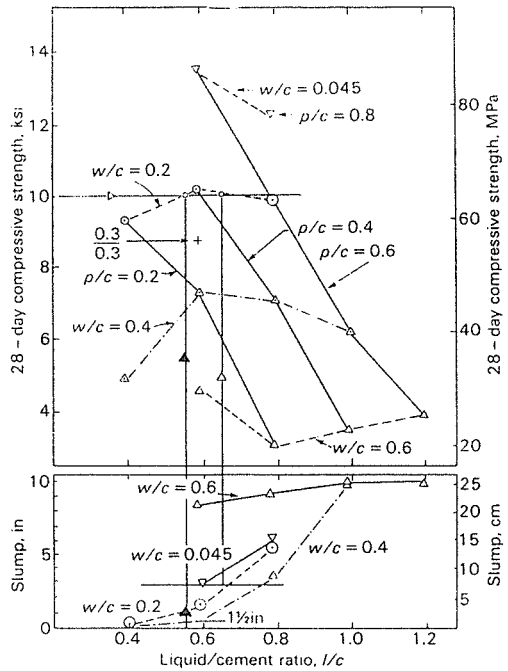


그림 14. 중합체수정콘크리트의 배합설계표

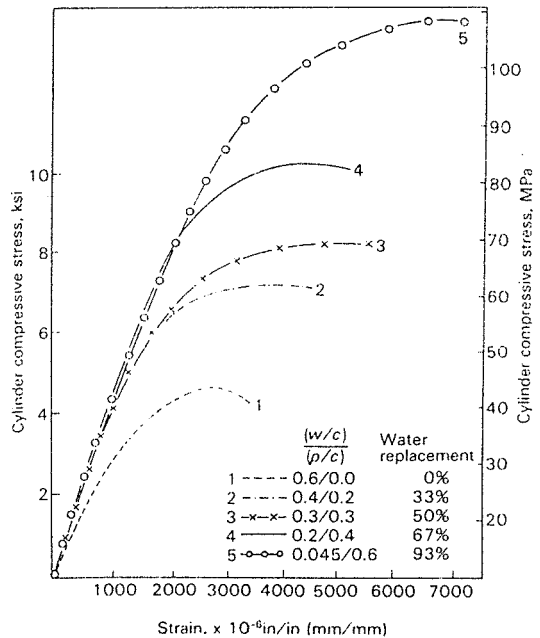


그림 15. 중합체 수정콘크리트의 압축응력-변형도 관계

가에 의해 인장강도를 3 배까지 올릴 수 있으며 부착전단능력은 보통콘크리트의 2 배이상인 것으로 보여지고 있다. PMC의 투과성은 보통콘크리트에 비해 훨씬 적고, 또한 동결융해작용에 대한 저항성과 내구성이 상당히 크다. 따라서 PMC는 반복하중이나 화학적 영향을 받는 구조물의 상부표층부에 효과적으로 사용될 수 있다. 그림 15로부터 알 수 있는 PMC의 또 한 가지 특성은 보통 방법의 고강도 콘크리트보다 더 좋은 연성과 인성을 가지고 있다는 사실이다.

(2) 중합체주입콘크리트

중합체주입콘크리트(PIC)는 하나의 고강도 콘크리트로서, 적당한 단량체(monomer)를 콘크리트부재속에 주입하여 중합시킴으로서 얻을 수 있다. 주로 사용되는 재료는 styrene, methyl metacrylate, butyl acrylate 등으로서 쉽게 중합화될 수 있는 재료들이 사용된다. 주로 板部材나 얇은 보等に 이 PIC 방법이 사용되며, 이를 위해 먼저 이 部材들을 약 150°C 정도에 4~12 시간동안 건조시키고 단량체(monomer)를 주입한 후 중합시킨다. 단량체를 중합화 하는데는 열접촉반응(thermal catalytic) 방법이나 방사(radiation) 방법이 사용되는 데, 열접촉반응방법이 가장 널리 사용된다.

PIC의 강도는 보통콘크리트의 4 배이상이가

능하며 1,409kg/cm² 이상의 압축강도를 얻을 수 있다. 물론 이러한 강도는 중합체의 주입정도에 따라 변화하게 된다. 일반적으로 PIC의 사용은 중합시키는 방(chamber)의 크기에 따라 제한되며 PIC의 현장생산은 PMC에 비해 高價이고 어려운 편이다. 또한 PIC는 온도가 높아질 경우 어느정도 강도감소를 가져오게 된다.

8. 結 論

건설기술의 발달과 함께 고강도콘크리트의 생산이 가능해지게 되었고, 고층구조의 기둥이나 프리스트레스트부재 등에 이 고강도콘크리트가 아주 중요하게 사용되게 되었다. 현재 상업적으로 1,000kg/cm²이상의 高強度콘크리트가 생산 가능하며, 主要構造物에 아주 유효하게 사용될 수 있다. 그러나, 아직까지는 실험및 연구결과가 제한되어 있는 상태이므로 앞으로도 더욱 많은 연구개발이 필요하다. 高強度콘크리트를 이용한 部材의 設計概念은 보통콘크리트와 유사하며 等價四角型應力分布를 이용하여 設計할 수 있다. 콘크리트는 강도가 커짐에 따라 취성화되는 경향이 있으므로 연성(ductility)의 유지를 위한 고려가 병행되어야 한다. 앞으로 구조물이 복잡하고 대형화함에 따라 고강도콘크리트의 사용은 확대될 것이며 이의 연구개발이 더욱 활발해 질 것으로 사료된다. *

한등아끼 우리경제 10년 장래 밝혀준다