

# 流動化콘크리트의 施工과 그 展望에 對한 考察(I)

(레미콘과 펌프콘을 中心으로)

金 武 漢

〈忠南大 建築工學科 教授·工學博士〉

〈목 차〉

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 서 론           <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 개 요</li> <li>1.2 유동화콘크리트의 사용목적</li> </ul> </li> <li>2. 고성능감수제와 유동화콘크리트에 대한 이론적 고찰           <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 고성능감수제의 종류 및 성능</li> <li>2.2 유동화콘크리트의 범위 및 효과</li> <li>2.3 유동화작용 및 유동화 효과에 미치는 각종 요인의 영향</li> </ul> </li> <li>3. 아직 굳지 않은 콘크리트의 성질           <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 워커빌리티</li> <li>3.2 슬럼프의 경시변화</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>3.3 공기량</li> <li>3.4 브리딩</li> <li>3.5 응결 및 분리에 대한 저항성</li> <li>4. 경화콘크리트의 성질           <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 압축강도를 비롯한 강도 성상</li> <li>4.2 건조수축 및 압축크리프</li> <li>4.3 내구성</li> </ul> </li> <li>5. 유동화콘크리트의 시공과 전망           <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 유동화콘크리트의 시공현황과 전망</li> <li>5.2 치어벗기계획의 검토와 그 대책</li> </ul> </li> <li>6. 결 론</li> </ul> |
|---|---|

## 1. 서 론

### 1.1 개 요

1960年代 이후 콘크리트펌프 공법의 급속한 보급과 골재 자원의 고갈에 기인한 골재 품질의 저하로 건축 구조물의 콘크리트 공사에서 종래와 같은 묵은비빔 콘크리트와 동일한 시공성을 가지면서 된비빔 콘크리트에 가까운 품질의 콘크리트의 개발이 큰 문제로 등장하게 되었다.

콘크리트펌프 공법에 있어서 펌파빌리티 등

의 시공성을 개선하기 위한 단위수량의 증가는 콘크리트의 품질저하를 필연적으로 가져와 시공성의 향상에 따른 콘크리트의 품질향상이라는 2 가지 목적을 만족시킬 수 있는 콘크리트의 제조에 대한 필요성이 크게 점증되고 있다.

그러나 단위수량이 적은 된비빔 콘크리트의 사용은 콘크리트펌프에 있어서 압송부하 증가의 문제, 시공성 및 작업성의 저하 등 시공면

에 있어서 많은 마찰과 반발이 발생하여 콘크리트의 유동성에 대한 관심이 고조되게 되었다.

고성능 감수제는 미리 비벼낸 단위수량이 적은 뒀비빔 또는 중간비빔의 콘크리트에 첨가하여 우수한 시멘트입자 분산 성능에 의하여 유동성이 좋은 즉 슬럼프치가 큰 묽은비빔 콘크리트를 만들 수 있는 것이다.

전술한 바와 같이 1960년대 이후 펌프공법이 보편화되면서 단위시멘트량을 많이 하고 잔골재율을 크게하여 콘크리트의 펌파빌리티를 개선하기 위한 배합이 행하여지게 되어 필연적으로 단위수량이 증가하게 되고 또한 골재품질의 악화가 이에 박차를 가하게 되어 콘크리트의 품질저하가 큰 문제로 등장하게 되고 콘크리트의 硬練化의 필요성이 강하게 의식되고 있으나 그 반면 시공성을 저하시키고 손상시키는 점에 관해서는 강한 저항이 있었다.

이러한 가운데 고성능 감수제를 응용한 유동화 콘크리트는 1971년경 서독에서 뒀비빔 콘크리트의 시공성 개선을 목적으로 1974년에는 이미 유동화 콘크리트의 제조와 시공에 관한 지침이 작성되고, 영국에서도 1976년에 시멘트 콘크리트협회와 시멘트혼화제협회가 공동으로 유동화 콘크리트에 관한 보고서를 제출한바 있다.

미국은 1980년부터 ASTM C-494에 고성능 감수제에 관한 규격이 제정되고, 카나다는 카나다규격협회가 1981년에 콘크리트용 유동화제의 사용지침을 마련하였다.

이웃 일본에서는 1975년경부터 개발연구가 진행되어 종래의 묽은비빔 콘크리트와 동일한 시공성을 가지면서 뒀비빔 콘크리트에 가까운 품질의 콘크리트를 얻을 수 있다는 것에 주목하여 이미 많은 시공실적을 올리고 있으며 1979년 일본건축학회에 의해 유동화 콘크리트의 기술의 現狀이 발간되고, 이어 1983년 동학회에 의해 유동화 콘크리트의 시공지침안·동해설이 발간되어 학계 및 실무계에 많은 공헌을 하고 있으며 유동화 콘크리트의 사용실적도 매년 급

격히 증가하고 있다.

한국의 경우 제5차 5개년 경제사회 개발계획의 일환으로 주거 및 산업용 콘크리트 구조물의 질적 양적팽창, 86아시안게임 및 88올림픽경기 등에 대비한 콘크리트 구조물의 폭주는 경화콘크리트의 품질을 유지하면서 콘크리트의 시공성 및 작업성을 개선함과 동시에 인건비, 기계비의 절감 및 소음의 감소를 달성시키고 공사품질과 속도를 향상시킬 수 있는 고성능 감수제를 사용한 고유동화콘크리트에 관한 연구가 필요하다.

콘크리트의 유동성의 지표는 종래로부터 슬럼프시험으로 대표되는 시험법에 의해 행하여지고 있고 또 그 이외에 수많은 시험법이 제안되고 있으나 이들 대부분은 시공의 프로세스를 모델화하려는 시안으로 모든 상황에 적응하는 모델화는 아주 어렵다고 할 수 있다.

최근에는 레오로지(Rheology)적으로 정의된 물리정수에 의해 콘크리트의 유동성을 평가하려는 노력이 많은 연구자에 의해 행하여지고 있다.

## 1.2 유동화콘크리트의 사용목적

서독에서 유동화콘크리트가 개발된 주목적은 콘크리트의 시공성의 개선 다시 말하면 뒀비빔 콘크리트를 유동화 하여 슬럼프를 크게 해서 펌프압송이나 거푸집내에로의 치어붓기, 다짐 등을 용이하게 하기 위한 것이었다.

이에 대하여 일본의 경우는 종래의 묽은비빔 콘크리트의 시공성을 저하시키지 않고 뒀비빔 콘크리트에 가까운 품질을 얻기 위한 콘크리트의 품질개선이 주목적이다.

유동화콘크리트의 특성을 간단히 말하면 종래의 뒀비빔, 중간비빔 정도의 단위수량으로 슬럼프가 큰 묽은비빔 콘크리트를 얻을 수 있거나 또는 묽은비빔 콘크리트의 큰 슬럼프를 적은 단위수량으로 얻을 수 있는 것이다.

단위수량이 적다고 하는 것은 물시멘트 비를 일정하게 하면 단위시멘트량을 적게 할 수 있

고 단위시멘트량을 일정하게 하면 물시멘트비를 적게 할 수 있는 특성으로부터 유동화콘크리트에는 다음과 같은 효과가 기대될 수 있다.

#### (1) 일반적인 뭍은비빔 콘크리트의 품질개선

종래 건축용에 사용되어 왔던 슬럼프 21cm 정도의 뭍은비빔 콘크리트는 단위수량이 많기 때문에 건조수축이 커서 균열을 발생하기 쉽고 브리딩이 많아 콘크리트 내부에 마이크로적인 결합부를 만들기 때문에 내구성이 불량한 등 콘크리트의 종합적인 품질면에서 여러가지 문제점이 있다. 더욱 펌프공법의 채용, 골재의 품질저하 등에 의해 최근의 뭍은비빔 콘크리트의 단위수량은 종래 이상으로 많아지고 있다.

유동화 콘크리트는 이러한 일반적인 뭍은비빔 콘크리트에 사용하여 단위수량을 저감시켜, 과대한 단위수량에 기인하는 콘크리트의 품질저하를 개선할 수 있다.

#### (2) 뒤틀비빔 및 중간비빔 콘크리트의 시공성 개선

콘크리트에 요구되는 품질 및 성능 으로부터 단위수량, 단위시멘트량을 적게하고 싶은 경우에는 콘크리트에 슬럼프를 적게 하지 않으면 안되나, 그렇게 하면 시공성이 악화되고 현실적으로 저슬럼프의 콘크리트는 사용하기가 아주 곤란하다. 유동화 콘크리트에서는 단위수량, 단위시멘트량을 증가하지 않고 슬럼프를 증가시킬 수 있으므로 뒤틀비빔, 중간비빔 콘크리트에 필적하는 품질 및 성능을 갖는 콘크리트를 얻을 수 있다.

뭍은비빔 에 가까운 시공성을 갖는 콘크리트를 얻을 수 있다.

#### (3) 고강도 및 고품질의 콘크리트

물시멘트비를 적게하여 적극적으로 고강도·고품질의 콘크리트를 얻을려고 하는 경우 종래의 콘크리트에서는 단위시멘트량을 극단으로 크게하고 더욱 슬럼프를 작게하지 않으면 안되어 조합 및 시공의 측면에서 제약이 있었으나 유동화 콘크리트로 하면 비교적 용이하게 시공성을 손실하지 않고 낮은 물시멘트비의 고강도

및 고품질의 콘크리트를 얻을 수 있다.

#### (4) 매스콘크리트의 수화발열량의 저감

매스콘크리트 등에 있어서 콘크리트수화열에 의한 온도상승을 낮게 억제할 경우 유동화콘크리트로 해서 단위시멘트량을 작게하여 수화발열량을 적게 할 수 있다. 특히 상당히 큰 강도와 시공성이 동시에 요구되는 매스콘크리트에서는 유동화콘크리트가 극히 유효하다고 말할 수 있다.

이상 기술한 이외에도 유동화콘크리트의 특성을 살리는 效用은 여러가지로 생각할 수 있으나 지금까지의 사용예에 있어서 사용 목적으로 들 수 있는 사항으로서는 다음과 같은 것이 있다.

#### (1) 콘크리트의 품질개선

- ① 건조수축의 저감
- ② 브리딩의 감소
- ③ 수밀성 및 기밀성의 개선
- ④ 수화발열량의 감소
- ⑤ 내구성의 향상

#### (2) 콘크리트의 시공성의 개선

- ① 치어붓기시의 시공능률의 향상
- ② 공기의 단축
- ③ 초기강도의 증대
- ④ 바닥마감 등의 마감시간의 단축

유동화콘크리트를 사용하는 경우에는 이상과 같은 효과 및 목적중 어디에 주안을 두어 사용할 것인가를 명확히 하여 이에 응한 조합이나 시공방법 등을 정할 필요가 있다.

## 2. 고성능 감수제와 유동화콘크리트에 대한 이론적 고찰

### 2.1 고성능 감수제의 종류 및 성능

고성능 감수제의 화학적 조성은 ① 메라닌 설폰산염착합물 (Salts of melamine formaldehyde sulphonates) ② 나프타린 설폰산염착합물 (Salts of naphthalene formaldehyde sulphonic acids) ③ 변형리그닌 설폰산염 (lignosulphonates) ④ 기타

(hydroxylic acids, hydroxylated polymers) 등으로 분류할 수 있으나 일반적으로 ①과②에 속하는 제품이 거의 대부분을 차지하고 있다.

고성능 감수제의 유동화작용을 고찰하여 보면 일반적으로 시멘트 등의 미립자화 된 입자는 그 표면자유 에너지를 감소시키려고 하기 때문에 응집화 경향이 강하고 시멘트 페이스트는 시멘트입자가 단독으로 분산된 상태가 아니라 상호 응집한 2 차응집 입자로 되어 있어 입자간의 응집력에 의해 유동성이 적은 상태로 된다. 고성능 감수제가 시멘트 페이스트에 첨가되면 시멘트입자 표면에 흡착하여 입자표면에 전하를 주고 입자끼리의 상호반발력이 생기므로 응집한 입자가 분산되고 그 상호 반발력에 의해 시멘트 페이스트의 유동성이 증가한다.

이러한 종류의 표면활성제는 유동성을 일정하게 하여 시멘트페이스트의 수량을 감소시키면 통상의 감수제가 되고 단위수량을 일정하게 하고 시멘트 페이스트의 유동성을 증대시키면 고성능 감수제 즉 유동화제가 된다.

유동화 콘크리트에 사용되는 고성능 감수제는 종래의 일반적인 콘크리트용 표면활성제인 AE 제, AE 감수제, 감수제와 화학적으로 상이한 것으로 종래의 것보다 다량으로 사용해도 응결지연작용, 공기량의 과잉연행을 거의 나타내지 않기 때문에 다량사용에 의한 감수작용의 증대효과를 유효하게 이용할 수 있고 유동화콘크리트를 가능하게 한다.

## 2.2 유동화콘크리트의 범위 및 효과

서독의 유동화콘크리트의 지침안에 의하면 유동화콘크리트(Flissbeton)는 콘시스턴스가  $k_2$  (DIN 후로치 40cm 이하)의 上方으로부터  $k_3$  (DIN 후로치 41~50cm)의 上方의 아직 굳지 않은 콘크리트(슬럼프치로 약 5~10cm의 된비빔 콘크리트)에 아주 분산효과가 큰 고성능감수제(betonverflüssiger)를 후첨가하여 1 분~5 분이상 비벼서 제조되는 유동성이 크고 분리

대해서도 충분한 저항성이 있는 콘크리트로 이의 콘시스턴스는 일반적으로 DIN후치로 51~60cm(슬럼프치로 약 21cm)까지 유동화시킨 것으로 하고 있다.

영국의 시멘트 콘크리트협회의 보고서에 의하면 유동화콘크리트는 고성능 감수제를 혼화하여 제조된 슬럼프 20cm 이상, 콤팩팅 팩터(compacting factor, BS)가 약 0.98, 후로치가 51~62cm의 유동성이 큰 콘크리트로 현저한 브리딩현상 및 분리, 이상한 응결지연 및 공기연행이 없는 콘크리트를 말한다고 정의되어 있다.

그림1은 상기 보고서에 발표된 도이취방식(DIN 1048)에 의한 콘크리트의 후로치와 슬럼프치와의 관계 및 유동화콘크리트의 범위를 나타낸 것이다.

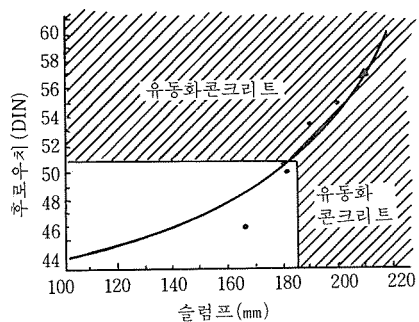


그림 1. 슬럼프치와 후로치(DIN)와의 관계

고성능 감수제가 콘크리트의 유동성을 현저하게 증대시키는 것은 고성능 감수제의 높은 시멘트분자 분산성능에 의해 시멘트페이스트의 유동성을 현저하게 높여주기 때문이다. 특히 이러한 종류의 감수제는 미리 비벼낸 시멘트페이스트에 후첨가한 경우 효과가 큰 것이 확인되었고 이것을 이용한 것이 고성능 감수제의 후첨가에 의한 유동화콘크리트이다.

그림2는 고성능 감수제를 사용한 유동화콘크리트의 유동화 효과에 관한 실험의 일례로 고

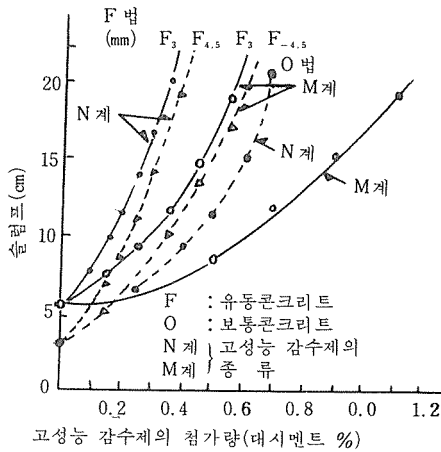


그림 2. 고성능 감수제의 첨가량, 첨가방법과 유동화 효과

성능 감수제의 첨가량, 첨가방법과 유동화 효과의 관계를 나타낸 것이다.

그림2에 의하면 고성능 감수제의 첨가량이 일정한 경우 상술한 바와 같이 종래의 방법대로 각 재료와 동시첨가에 의한 경우(O法) 보다 후첨가(F法) 한 경우가 유동화효과가 크다. 또한 첨가시기에 관해서는 베이스콘크리트의 비빔 직후보다 어느정도 늦게 첨가하는 경우가 유동화효과가 약간 크게 나타나는 것 같다.

유동화콘크리트의 단위수량을 나타낸 그림3에 의하면 유동화콘크리트의 단위수량은 AE제 또는 AE감수제를 사용한 통상의 묽은비빔 콘크리트의 단위수량에 대하여 8~12% 정도 작게 할 수 있다.

유동화 효과에 미치는 각종요인의 영향으로써 고성능 감수제의 첨가량의 영향, 첨가시기의 영향, 사용재료의 영향, 콘크리트온도의 영향 등이 몇몇 연구자들에 의해 발표되고 있으나 아직 굳지 않은 콘크리트에 있어서 유동성, 워커빌리티, 콘систен시, 슬럼프의 경시변화, 공기량, 브리딩, 응결 후 분리에 대한 저항성 등을 중심으로 고성능 감수제를 사용한 유동화

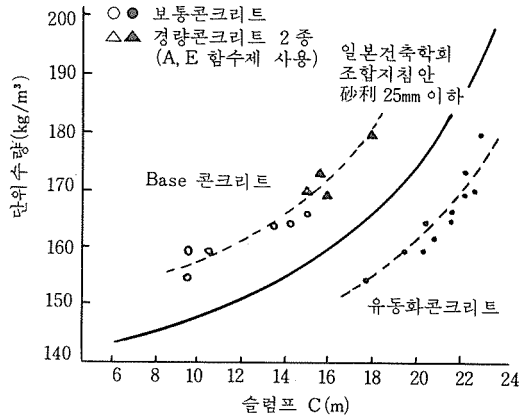


그림 3. 유동화 콘크리트의 단위수량

콘크리트의 기초적인 물성과악이 아직 충분하다고는 말할 수 없다.

### 2.3 유동화작용 및 유동화효과에 미치는 각종 요인의 영향

#### (1) 유동화 기구

베이스콘크리트에 유동화제를 첨가하면 그 유동성이 현저하게 증가한다.

그 이유는 유동화제 중의 고성능 감수제의 분산작용에 의한 것이다. 더욱 유동화 콘크리트의 경우 베이스콘크리트를 만든 단계에서 시멘트는 이미 접수(接水)하여, 유동화제를 미리 비빔물(練水)에 넣어 시멘트에 넣는 보통방법에 비하여 소위 후첨가로 하면 시멘트 입자에 대한 분산효과가 감수제를 미리 물에 용해하여 입자를 분산시키는 경우(종래의 첨가법)에 비하여 현저하게 향상한다.

이와같이 유동화콘크리트는 고성능 감수제의 고도의 분산효과를 후첨가법에 의해 유효하게 이용하고 있다.

고성능 감수제에 의한 시멘트입자의 分散機溝는 疏水コロ이드의 粒子間相互作用에 관한

理論에 의하면, 시멘트입자는 우선 수중에 존재하는 고성능 감수제를 흡착하여 입자표면에 확산전기 이중층을 형성한다 흡착한 고성능 감수제는 입자에 강한 (-)의 전하를 줌으로 시멘트입자 서로가 접근하면 전기 이중층의 접근에 의해 정전기 반발이 일어나 일차 입자로 되려고 한다.

이와같이 흩어진 일차입자의 상태로 된 시멘트입자의 주위는 물로 둘러싸여 있음으로 아주 작은 외력에 의해서도 움직이기 쉬운 시멘트페이스트로 되는 것은 분명하다. 그러나 다년간에 걸친 레오로지 연구자의 노력에도 불구하고 이것을 정량적으로 설명하는 이론은 아직도 명쾌하게 보고되지 않고 있는 상태이다.

후첨가 효과는 고성능 감수제 뿐만아니라 모든 감수제에 있어서 보여지는 현상이다. 후첨가 효과는 시멘트입자가 물과 접촉한 직후의 아주 초기에 생성되는 시멘트 수화화합물과 감수제의 상호작용에 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

## (2) 콘시멘스의 경시변화

유동화 콘크리트는 동일 슬럼프의 종래 콘크리트에 비하여 슬럼프로스의 메카니즘은 종래로부터 막연하고 화학적인 시멘트의 수화작용에 의한 응결이라고 생각되어지고 있다. 슬럼프프로스를 적게하기 위해서는 시멘트중에 최적  $SO_3$  량이 존재하거나  $C_3A$  함량과 관계한다는 등의 보고도 있다.

한편 물리적으로 시멘트입자가 응집하여 가는 것으로 생각하는 연구보고도 있다. 이에 의하면 하나의 시멘트입자가 다른 시멘트 입자와 충돌하여 응집한 후 2차입자가 생성된다. 이에 또한 별개의 입자가 충돌하여 3차입자가 생기고 차례차례로 이러한 과정을 반복하여 고차입자가 생겨 시멘트입자가 응집하여 결합점을 증가하여 간다. 이러한 것을 슬럼프로의 주요인으로 생각하고 슬럼프로스의 지표로서 시멘트입자의 수의 半減時間에 관한 식을 도출한 연구보고도 있다.

## (3) 반복첨가

콘크리트의 슬럼프로스를 방지하는 방법으로 제안된 반복첨가의 경우 시간경과와 더불어 조금씩 전위가 저하되어 약간의 고성능 감수제를 첨가할 때마다 전위가 크게 상승하여 시멘트입자가 재분산한다는 사실이 보도되고 있다.

유동화 콘크리트에 유동화제를 반복첨가한 콘크리트도 원래의 유동화 콘크리트와 거의 동일한 물성을 나타내고 있어 작업사정 등으로 유동화 콘크리트의 슬럼프가 저하한 경우의 회복수단으로써 유효하다. 그러나 공기량의 안정성 및 기포경 분포 등에 영향을 주어 콘크리트의 동결융해 저항성을 저하시킬 위험이 있다는 연구보고가 있어 재첨가나 반복첨가는 동결융해를 받는 경우에는 주의가 필요하다.

## (4) 레오로지적 성질

아직 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 지배하는 요인은 수없이 많으나 시멘트 페이스트의 레오로지적 성질이 중요한 인자라는 것은 의심할 여지가 없다. 이러한 견지에서 고성능 감수제나 유동화제를 첨가한 시멘트페이스트물 탈콘크리트의 레오로지적 연구가 많이 보고되고 있다.

이들 보고 가운데 고성능 감수제의 첨가량을 증가함에 따라 항복치는 지나하나 점성이 약간씩 상승한다고 알려지고 또한 유동화제를 첨가한 페이스트의 소성점도는 동일 항복치를 가진 프레임페이스트의 소성점도보다 크게 겹보기 점도가 증대한다고 알려지고 있다. 이러한 사실은 유동화 콘크리트는 동일 슬럼프의 종래의 콘크리트에 비하여 끈질긴 감이 있다는 사실을 검증한 것이라고 생각되어진다. 이러한 점에서 유동화 콘크리트는 보통의 묽은비빔 콘크리트보다도 다지기를 잘 해야한다는 사실을 알 수 있다.

## (5) 유동화 효과에 미치는 각종 요인의 영향

유동화제의 유동화 효과에 미치는 각종 요인에 관해서는 이미 많은 연구가 행해지고 있다. 이에 의하면 유동화제의 첨가량 및 첨가시기,

비빔방법 및 시간, 콘크리트의 온도 등에 의해 유동화 효과는 영향을 받고 또한 이들 각 요인은 후술하는 슬럼프의 경시변화 등 아직 굳지 않은 콘크리트의 성질에도 큰 영향을 미치고 있다.

① 첨가량의 영향

베이스콘크리트에 유동화제의 첨가량을 증가시켜 가면 콘시스턴시는 비례적으로 증대하여 슬럼프는 크게 된다. 그러나 과잉으로 첨가하면 그림4와 같이 슬럼프는 더욱 증가하지 않고 후로치만 증대하여 분리현상이 현저하게 된다.

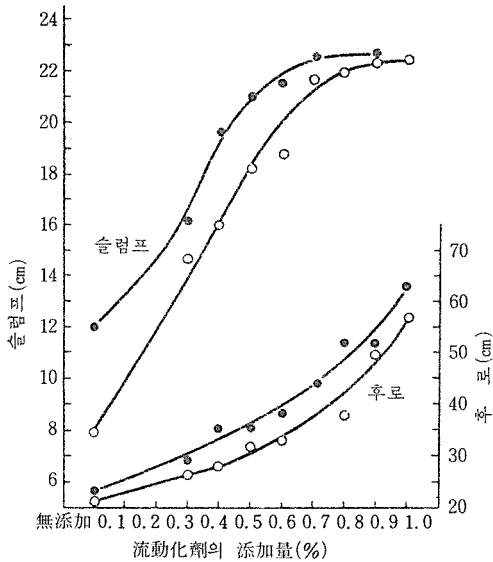


그림 4. 유동화제의 첨가량과 슬럼프 및 후로의 변화

첨가량과 슬럼프 증대량의 관계는 베이스콘크리트의 슬럼프에 의해 변화하나 그림5와 같이 베이스콘크리트의 슬럼프가 8 cm 이상이면 동일 첨가량에 대하여 슬럼프 증대량은 거의 동일하다. 그림6은 베이스콘크리트의 슬럼프가 8~15cm에 있어서 실시한 예로 이러한 사실을 뒷받침해 주고있다. 따라서 첨가량을 일정하게 한 경우 유동화 콘크리트의 슬럼프는 베이스콘

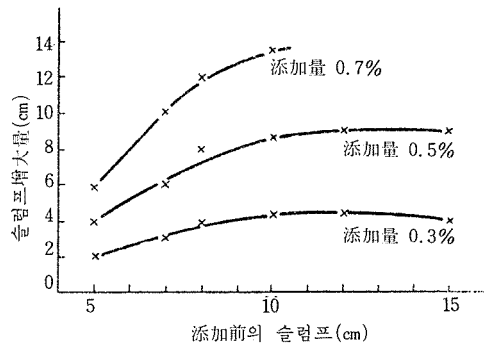


그림 5. 첨가전의 슬럼프와 슬럼프 증대량

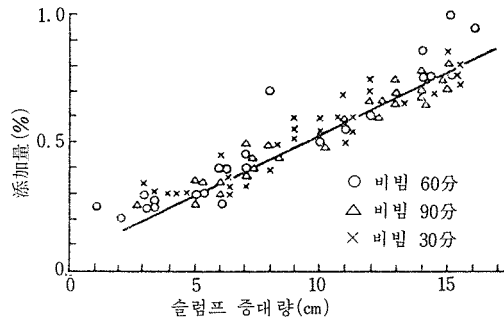


그림 6. 첨가량과 슬럼프증대량의 관계

크리트의 그것과 평행적인 변동을 나타낸다고 볼 수 있다.

한편 베이스콘크리트의 슬럼프가 8 cm의 경우를 생각할 때 예를들어 일본공업규격의 슬럼프허용차 내에 입하되면 5.5~10.5cm의 범위로 된다. 일반적으로 슬럼프 8 cm 정도 이하의 베이스콘크리트에 대하여 슬럼프 증대 효과는 저하함으로 유동화제의 첨가후에 콘크리트의 슬럼프변동폭은 보다 크게 될 경우도 있다고 지적되고 있다. 더욱 동일조합(배합)이라 하더라도 시멘트의 계량오차, 골재의 조립율의 변동 등을 고려하면 유동화 콘크리트의 슬럼프의 분산이 크게 될 것이 예상되기 때문에 충분한 품질관리가 필요하다.

유동화제의 표준 첨가량은 일본의 경우 메라

민설펜산 호로마린 축합물계의 유동화제에서는 시멘트 중량의 1% 정도, 나프타렌 설펜산호로마린 축합물계의 유동화제에서는 시멘트 중량의 0.5% 정도가 일반적이다.

한편 영국에서는 1~62/m<sup>3</sup>, 독일에서는 8cc/시멘트 1kg 이상과 같이 용적에 의한 첨가량이 추장되고 있다. 더욱 유동화제는 각 메이커 독자의 농도를 가지고 있어 유동화제의 종류에 따라 점도나 비중이 다종 다양함으로 현장에서의 계량오차나 攪拌性能을 고려한 검토가 필요하다.

### ② 첨가시기의 영향

통상 사용하고 있는 감수제를 콘크리트 비빔시에 투입하지 않고 비빔종료 후에 첨가하면 슬럼프가 더욱 크게 증대하는 것은 지금까지 지적되어 왔으나 이러한 사실은 유동화제를 사용하는 경우에도 인정되어 유동화제의 후첨가 공법은 이러한 성질을 잘 이용한 공법이라고 말할 수 있다.

그림7과 같이 유동화제의 유동화 효과 다시 말해서 슬럼프 증대량은 베이스콘크리트의 비빔직후로부터 60분 정도 후까지 또는 90분 후 정도까지는 첨가시기에 의한 영향을 거의 받지 않고 있음을 보여주고 있다.

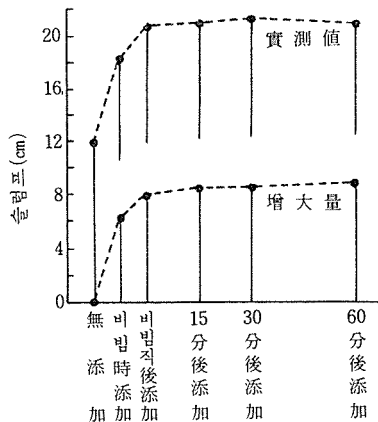


그림 7. 유동화제 첨가시기와 슬럼프의 관계

그러나 첨가시기가 늦어지면 베이스콘크리트의 경시적인 슬럼프프로스에 상당하는 분만큼 유동화 후의 슬럼프도 적게 되는 사실이 지적되고 있다. 鑿中콘크리트의 경우 이러한 경향이 더욱 크게 되므로 주의하지 않으면 안된다.

### ③ 사용재료의 영향

시멘트의 종류가 유동화 효과에 미치는 영향은 그림8과 같이 보통 조강 초조강 플라이애쉬 A종 고로 B종의 각 시멘트 및 보통 시멘트에 팽창성 혼화제를 사용한 것에 관해서 실험한 결과 초조강시멘트 이외에서는 유동화 효과가 동일하게 나타나고 있다. 일반적으로 사용되고 있는 시멘트에 관하여 유동화 효과에 그다지 차이가 없는 것은 사용상 아주 편리한 일이나 그림9와 같이 잔골재의 미립분 함유량이 유동화 효과에 영향을 준다는 보고도 있다. 또한 그림10에 보여주는 바와 같이 굵은 골재의 종류에 의한 유동화 효과의 차이는 거의 없다.

### ④ 콘크리트 온도의 영향

콘크리트의 온도에 관한 영향에 의해서는 온

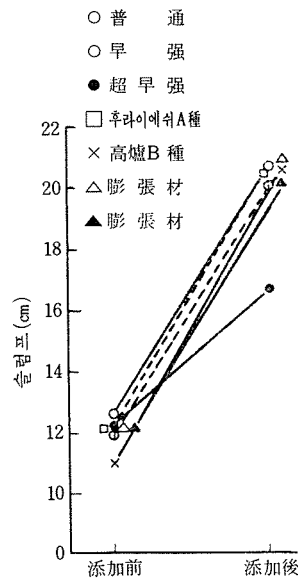


그림 8. 첨가전후의 슬럼프



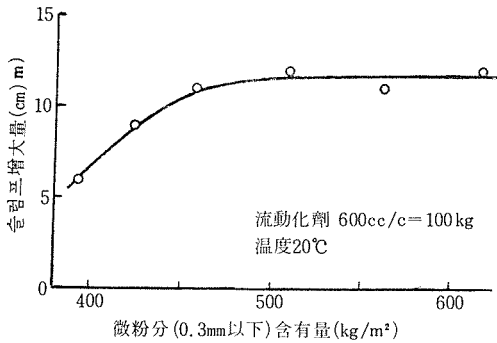


그림 9. 시멘트+잔골재의 미립분 함유량과 슬럼프 증대량과의 관계

도가 높게 될수록 유동화 효과가 크다는 실험 결과와 유동화제의 종류 첨가량 등에 따라 미묘하게 변화한다는 보고가 있으나 최근의 실험이나 시공에에서는 저온시에 유동화 효과가 저하하기 때문에 유동화제의 첨가량을 증가하고 고온시에는 다소 감소시키는 예가 많은 것으로 알려지고 있다.

### 3. 아직 굳지 않은 콘크리트의 성질

#### 3.1 워커빌리티

유동화 콘크리트는 일반적으로 동일 슬럼프의 통상의 묽은비빔 콘크리트와 거의 같은 워커빌리티를 가지고 있으나 유동화 콘크리트는 통상의 묽은비빔 콘크리트에 비하여 단위수량이 적고 시멘트페이스트량에 대한 골재량이 많게 되고 또한 시멘트페이스트 자체의 유동성이 아주 크게 되어있다. 이러한 사실로부터 콘크리트의 운반 이동 치어벗기 등에 있어서 취급의 난이라는 면에서는 통상의 묽은비빔 콘크리트와 약간의 相違가 있다는 견해도 있다.

특히 유동화제가 과잉 첨가되거나 베이스콘크리트의 슬럼프가 너무 커서 유동성이 과잉으로 된 경우 등에는 굵은 골재의 분리가 발생하기 쉬워져 통상의 묽은비빔 콘크리트의 경우보다 곰보 등이 발생하기 쉬운 위험 등이 있다고 알려지고 있다. 환언하면 유동화 콘크리트는 통상의 묽은비빔 콘크리트에 비하여 동일 슬럼프라 하더라도 약간 유동하기 어려운 경우가 있어 콘크리트의 치어벗기 다짐 등에 있어서 주의할 필요로 한다.

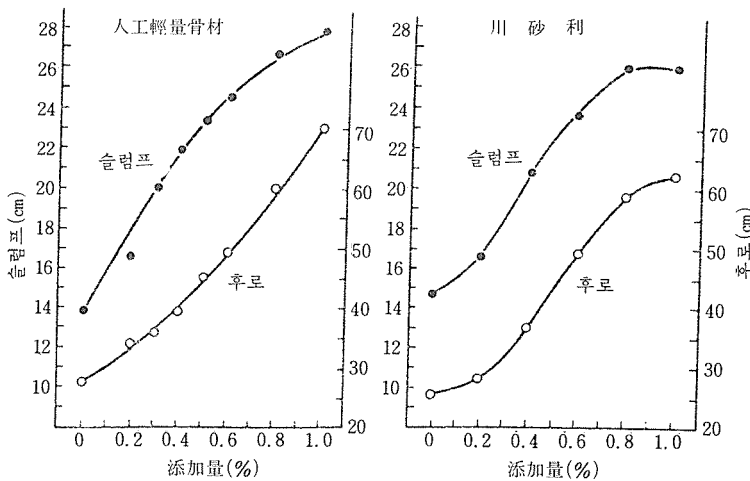


그림 10. 첨가량과 슬럼프

### 3.2 슬럼프의 경시변화

된비빔 콘크리트를 베이스로 하는 유동화 콘크리트는 통상의 묽은비빔 콘크리트에 비하여 시간의 경과에 의한 슬럼프저하가 크다. 그 이유로서 콘크리트의 단위수량이 적고 유동화제의 시멘트입자분산 효과가 경시적으로 저하하는 등이 고려되고 있다.

유동화 콘크리트의 슬럼프의 경시변화에 영향을 미치는 요인으로써는 다음과 같은 것이 고려된다.

- ① 콘크리트의 조합
- ② 사용재료
- ③ 콘크리트 온도
- ④ 유동화재료의 첨가시기
- ⑤ 믹서의 종류
- ⑥ 기타

온도와 슬럼프 및 후로의 경시변화와의 관계는 지금까지의 연구, 시공보고에 의하면 콘크리트 온도가 높을수록 경시에 의한 슬럼프 및 후로의 저하가 크다고 보고되고 있고 또한 30℃ 정도의 고온에서는 지연형 유동화제의 사용에 의해 슬럼프의 경시변화가 작게 된다고 보고되고 있다. (그림11, 12, 13, 14, 15 참조)

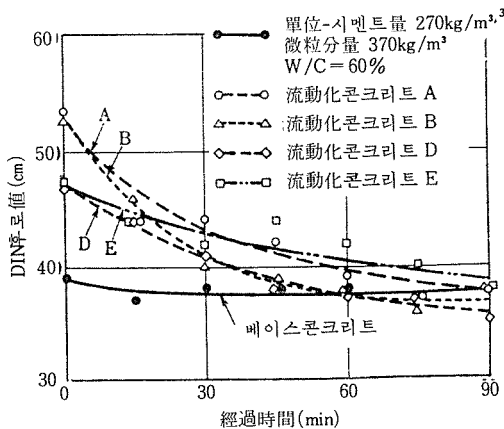


그림 11. 유동화 콘크리트의 종류에 의한 후로의 경시효과

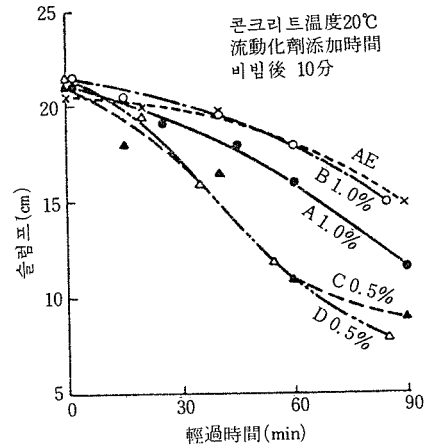


그림 12. 슬럼프의 경시변화(유동화제의 종류별)

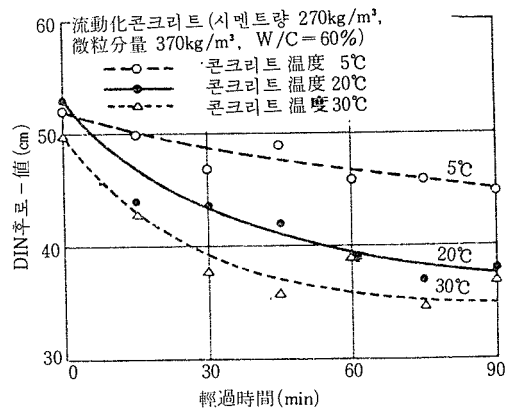


그림 13. 후로의 경시변화(콘크리트온도별)

유동화제의 첨가는 일반적으로 현장에서 행하여지고 있기 때문에 콘크리트의 비빔으로부터 유동화제를 첨가할 때까지의 시간은 현장에 따라 다르고 유동화 콘크리트의 경시변화에 대한 요인으로 될 수 있다. 그림16과 그림17과 같이 유동화제의 첨가시기가 늦을수록 경시에 의한 슬럼프 저하가 크게되는 경향이 있다.

콘크리트의 슬럼프의 저하는 비빔에 사용하고 있는 믹서의 회전속도와 종류에 좌우된다고

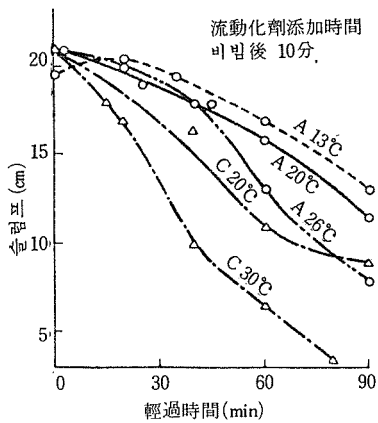


그림 14. 슬럼프의 경시변화(콘크리트 온도별)

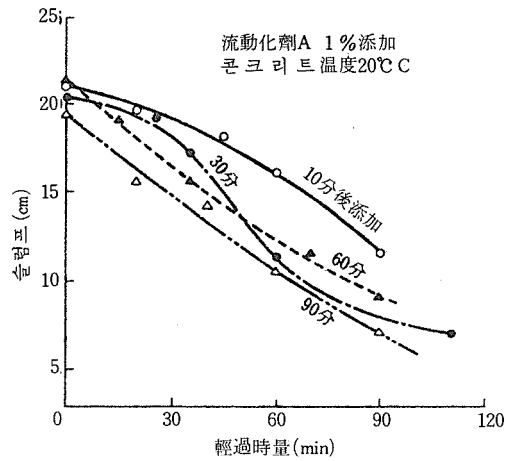


그림 16. 슬럼프의 경시변화(첨가시기는 변경시킨 경우)

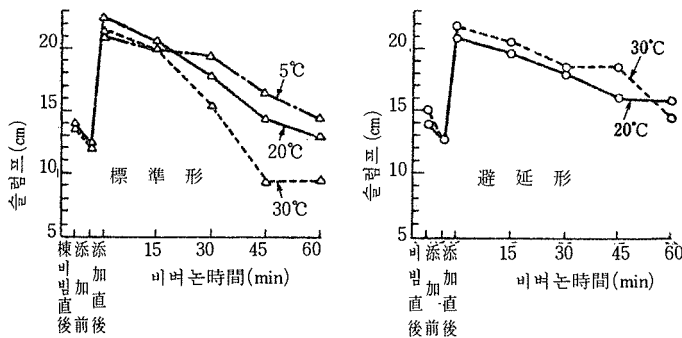


그림 15. 슬럼프의 경시변화(자연형과의 비교)

보고되고 있으며 그림18과 같이 믹서의 비빔속도가 빠를수록 슬럼프로스가 큰 것으로 나타나고 있다.

### 3.3 공기량

유동화제의 대부분은 그 주성분이 비공기 연행성이기 때문에 첨가후의 공기량은 시멘트의 분산 슬럼프의 증대, 재비빔 등에 의해 감소하는 경향이 있다. 이 때문에 소요의 공기량을 확보하기 위해서는 보조적으로 AE제 등을 첨가하는 것이 좋다는 제안이 나오고 있다. 유동화 콘크리트의 공기량은 시간경과에 따라 서서히 저하한다는 보고도 있고 증가하는 경향을 보

인다는 보고도 있다.

콘크리트의 온도를 5°C, 20, 30°C 로 변화시킨 경우 거의 모든 유동화제가 비빔직후, 침전, 첨가후에 서서히 공기량이 저하하고 이후 비빔후 60분까지는 거의 변화하지 않는다는 보고도 있다.

최근의 유동화제는 유동화 후의 공기량 변화를 적게되도록 조정하고 있으나 일반적으로 약간 감소하는 경향이 많으므로 베이스콘크리트에 AE제 등을 적절히 사용할 필요가 있다.

### 3.4 브리딩

유동화 콘크리트의 브리딩에 관해서는 그림

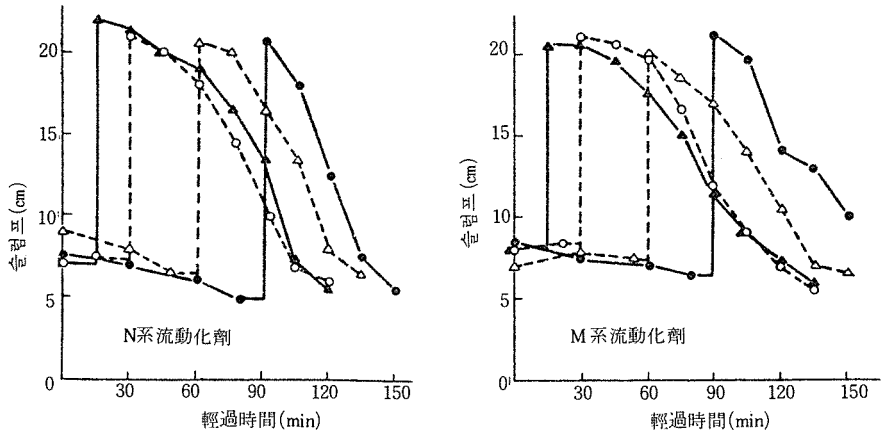


그림 17. 첨가시기의 영향

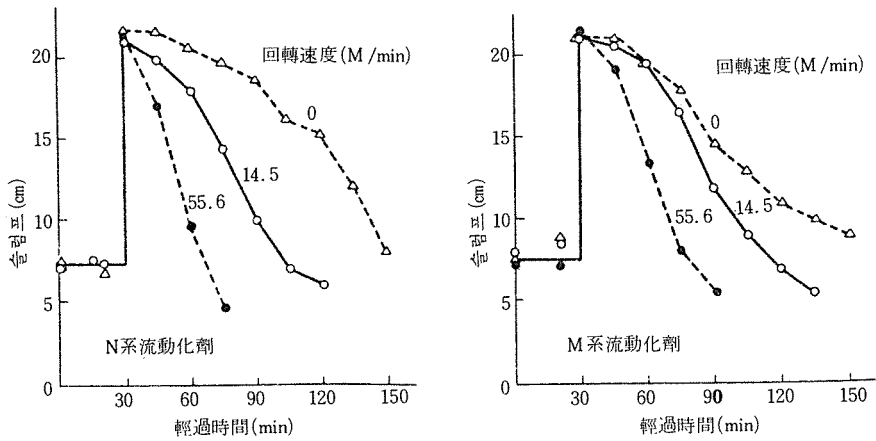


그림 18. 교반속도의 영향

19와 같이 물시멘트비 65%의 깬자갈 콘크리트를 베이스콘크리트로 하여 비빔후 15분에 유동화제를 첨가한 경우 브리딩량은 베이스콘크리트에 비하여 증가했으나 동등한 슬럼프의 통상 콘크리트와 비교하면 같은 정도라는 보고가 있다.

한편 단위시멘트량  $300\text{kg}/\text{m}^3$ , 베이스콘크리트의 슬럼프 12cm의 AE 콘크리트를 슬럼프 21cm로 유동화시킨 경우 베이스콘크리트에 비하

여 유동화 콘크리트의 브리딩율이 작게 되었다는 보고와 유동화 콘크리트의 브리딩량은 슬럼프 20cm 이하에서는 베이스콘크리트의 슬럼프와 비슷하거나 약간 작고, 슬럼프가 20cm를 넘으면 급격히 증가하나 동등한 슬럼프의 통상 콘크리트의 브리딩량에 비교하여 30~50% 정도 적다는 보고도 있다.

유동화경량 콘크리트의 연구에서 물시멘트비 55% 베이스슬럼프 15cm의 AE 콘크리트에 대

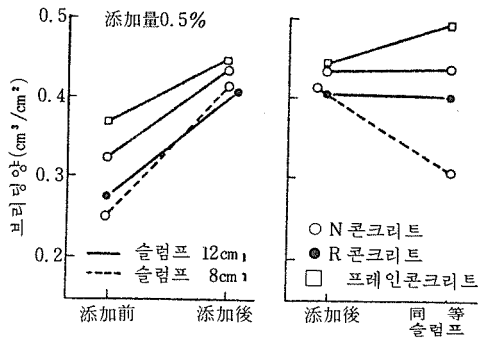


그림 19. 브리딩량의 비교

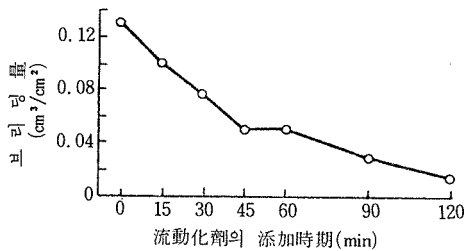


그림 20. 유동화제의 첨가시기와 브리딩량의 관계

하여 유동화제의 첨가시기를 120분까지 변화시켜 실험하고 있으나 그림20과 같이 첨가시기가 늦을수록 브리딩량이 감소한다고 보고하고 있다.

### 3.5 응결 및 분리에 대한 抵抗性

유동화콘크리트의 응결시간은 영국의 문헌에 하의면 나프타린계 및 메라민系 流動化劑에서는 有意한 遲延作用을 볼 수 없고, 22시간 정도의 若材令強度도 유동화제 첨가에 의해 영향을 받지 않는다고 보고되고 있다.

일본에서도 메라민系 유동화제를 사용한 유동화 콘크리트의 응결시험 결과가 보고되고 있으나 표준 콘크리트와 동등하다고 알려지고 있다.

한편, 유동화 콘크리트의 응결은 베이스콘크리트보다 지연된다고 하는 보고가 있다. 20% 및 30%의 경우, 그 지연성은 적어서 문제가 되지 않을 정도이다, 5%의 경우에는 사용하는 시멘트의 종류에 의해 이와같이 대폭으로 지연하는 경우가 있으므로 주의가 필요하다고 지적하고 있다.

유동화제를 필요량 이상으로 첨가하면 유동화 콘크리트에 분리경향이 발생함으로 서독에서는 아직 굳지 않은 콘크리트의 특정시험으로서 유동화 콘크리트는 분리에 대하여 충분한 저항성을 갖도록 하는 항목이 규정되어 있다.

(次号에 계속)

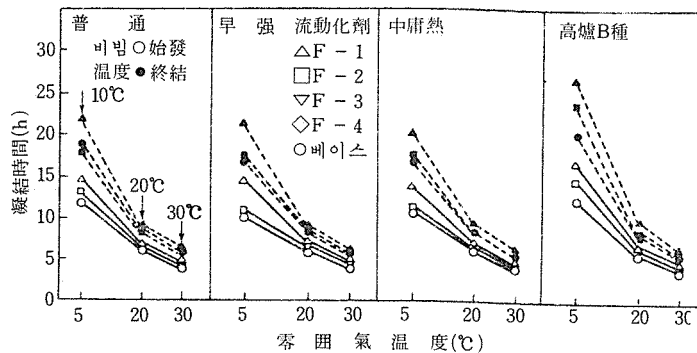


그림 21. 온도와 응결시간의 관계