

流動化콘크리트의 施工과 그 展望에 對한 考察(II)

(레미콘과 펌프콘을 中心으로)

金 武 漢

〈忠南大 建築工學科 教授·工學博士〉

〈목	차〉
1. 서 론	3.3 공기량
1.1 개 요	3.4 브리딩
1.2 유동화콘크리트의 사용목적	3.5 응결 및 분리에 대한 저항성
2. 고성능감수제와 유동화콘크리트에 대한 이론적 고찰	4. 경화콘크리트의 성질
2.1 고성능감수제의 종류 및 성능	4.1 압축강도를 비롯한 강도 성상
2.2 유동화콘크리트의 범위 및 효과	4.2 건조수축 및 압축크리프
2.3 유동화작용 및 유동화 효과에 미치는 각종 요인의 영향	4.3 내구성
3. 아직 굳지 않은 콘크리트의 성질	5. 유동화콘크리트의 시공과 전망
3.1 워커빌리티	5.1 유동화콘크리트의 시공현황과 전망
3.2 슬럼프의 경시변화	5.2 치어붓기계획의 검토와 그 대책
	6. 결 론

4. 硬化콘크리트의 性質

4. 1 압축강도를 비롯한 強度性狀

(承前) 유동화제 첨가전후에 있어서 압축강도에 관하여 유동화제의 첨가시기, 유동화제의 첨가량, 유동화제의 종류, 사용시멘트, 사용골재 및 콘크리트 온도 등의 영향이 검토되고 있으나, 그 대부분이 그림22와 같이 유동화제의 첨가전과 첨가후의 양자의 압축강도에 有意한 差는 인정되지 않고 있으며, 材齡 3년까지의

結果에 관해서도 동일한 보고가 있다. 그러나 일부에서는 첨가후의 압축강도가 첨가전에 비하여 상당히 저하한다는 例도 보고되고 있다.

공사현장에 있어서 펌프압송 전후에 있어 압축강도의 관리시험의 結果 그림23과 같이, 流動化 前後에서 차이가 없으나 壓送後의 強度가 壓送前보다 增加의 傾向이 있고 이것은 그림24와 같이 압송전후의 공기량의 變化에 의한 影響때문이라고 알려져 있다.

정탄성 계수에 관해서는 몇몇 보고가 있으나

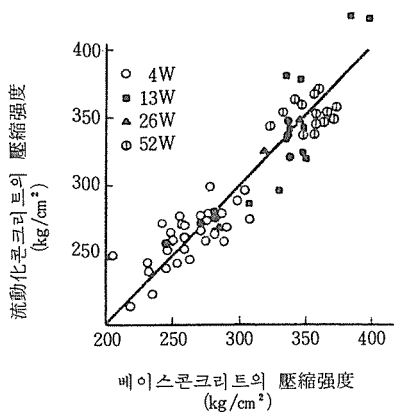


그림22. 유동화제 첨가전후의 압축강도의 비교

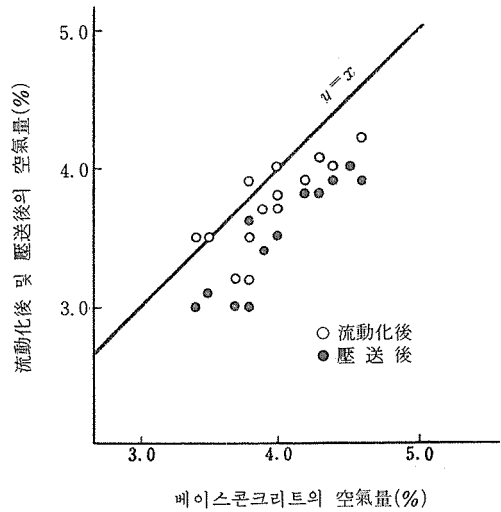


그림24. 유동화제 첨가전후 및 압송후의 공기량의 변화

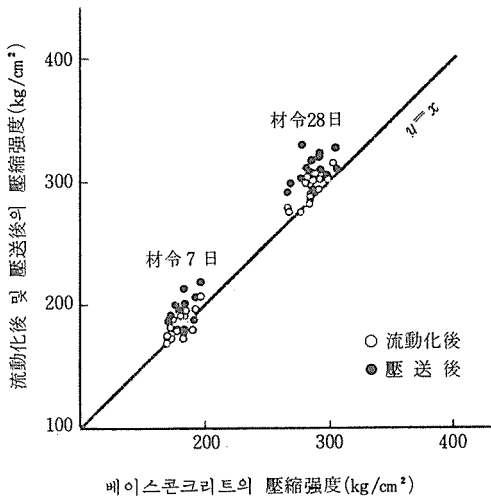


그림23. 유동화제 첨가전후 및 압송후의 압축강도의 변화

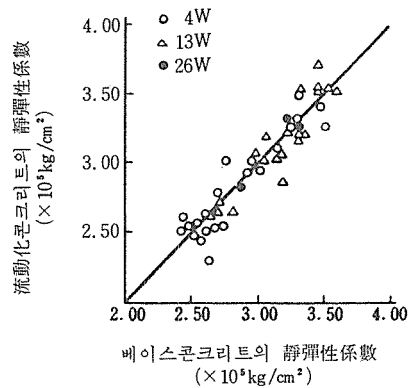


그림25. 유동화제 첨가전후의 정탄성 계수의 비교

모두 그림25와 같이 압축강도와 마찬가지로 유동화제 첨가전후에 있어서 有意한 차는 인정되지 않고 있다.

압축강도에 있어서 전술한 바와같이 첨가전후의 有意差가 인정되지 않으므로 인장강도, 휨강도 및 부착강도에 대해서도 상식적으로는 동일한 경향이 예상되어지는 때문인지 이들에 관한 연구보고는 비교적 적다. 인장 및 휨강도는 첨가후 약간 저하되는 경향이 있고 부착강도

는 유동화제 첨가전후에 차가 없다는 보고가 있다.

4.2 乾燥收縮 및 壓縮크리프

유동화 콘크리트의 건조수축은 베이스콘크리트와 同等하다는 보고가 많으나, 10~15% 적다는 보고도 있다. 한편 통상의 묽은비빔 콘크리트 보다는 10~15% 정도 작게 된다는 보고도 있다.

동일 베이스 조합에 대하여 유동화제의 첨가량을 변화시킨 때의 건조수축은 첨가량 0.3~0.8%에서는 베이스콘크리트와 동등하나 0.9~1.0%의 첨가량에서는 약간 작게된다. 이것은 다량의 첨가에 의해 공기량이 감소하기 때문인 것으로 알려지고 있다.

유동화제를 비빔직후로부터 60분후까지의 사이에 첨가한 콘크리트의 건조수축은 거의 동등하여 첨가시기에 의한 차는 보여지지 않고, 베이스콘크리트 및 비빔시에 유동화제를 첨가한 콘크리트의 건조수축보다 작다는 보고가 있다.

유동화콘크리트의 압축크리프는 載荷材齡 30일까지는 베이스콘크리트와 같은 정도이고, 그림26과 같이 載荷材齡이 50일을 경과하면 베이스콘크리트 보다 약간 크게 되나 통상의 묽은비빔 콘크리트와 같은 정도이다.

4. 3 耐久性

① 耐水性 및 透水性

유동화콘크리트의 60분까지의 표면으로부터의 흡수량은 베이스콘크리트의 약 80%로 투수성은 베이스콘크리트와 동등한 것으로 보고되고 있다.

② 내동결 용해성

유동화콘크리트의 내동결용해성에 관한 연구는 비교적 적으나 통상의 묽은비빔 콘크리트 내동결용해성과 동등한 정도라는 보고도 있다. 일반적으로 동결용해에 대한 저항성을 증대시키기 위해서는 공기로 적정존재가 유효한 것으로 되어 있으나 유동화콘크리트에서도 적정한 공기량이 있으면 내동결용해성이 양호한 것으로 사료된다.

또한 공기량이 3.5% 기포간격 계수가 300 μ 를 경계로 하여 내구성 지수가 급격히 저하하므로 내동해성을 필요로 하는 경우에는 공기량 3.5% 이상 기포간격계수 300 μ 이하로 하는 것이 바람직스럽다는 연구보고가 있다.

③ 내화학 약품성

내화학약품성에 관한 연구는 아직 없으나 내수성으로부터 추정하여 유동화콘크리트의 내화

학약품성은 베이스콘크리트와 동등하다는 보고가 있다.

④ 내마모성 및 내열성

내마모성에 관한 연구도 극히 적으나 유동화콘크리트의 내마모성은 베이스콘크리트 보다 약간 나쁘나 통상의 묽은비빔 콘크리트 보다는 우수하다는 보고가 있다.

내열성에 관한 연구는 아주 적으나 유동화콘크리트의 내열성은 묽은비빔 콘크리트보다 약간 우수하다는 보고가 있다.

⑤ 단열온도 상승 및 유동화제를 반복첨가한 유동화콘크리트의 물성

건축분야에도 대규모적인 구조물의 건설이 증가하여 베이스콘크리트가 많이 사용되게 되었고 수화열의 억제에 대한 대책으로서 유동화콘크리트가 채용되고 있다. 유동화콘크리트의 단열온도 상승에 대한 시험에는 그다지 많지 않으나 동일 물시멘트비 동일 슬럼프의 묽은비빔 콘크리트에 대하여 분명히 저하한다는 것이 인정되고 있다. 그림27 및 그림28과 같이 베이스콘크리트에 대해서는 거의 동등한 것과 시멘트의 분산에 의한 효율이 향상하기 때문에 베이스콘크리트 보다도 약간 크게 된다는 보고도 있다.

유동화 후의 슬럼프 저하를 유동화제의 재첨가에 의해 회복한 경우의 물성에 관한 연구는 적으나 유동화제의 반복첨가에 의해서도 분리 및 과잉공기연행 등이 없으면 콘크리트의 제물성은 그림29와 같이 거의 변화하지 않는다.

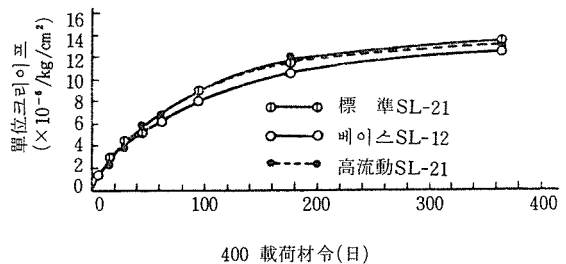


그림26. 압축크리프 시험 결과

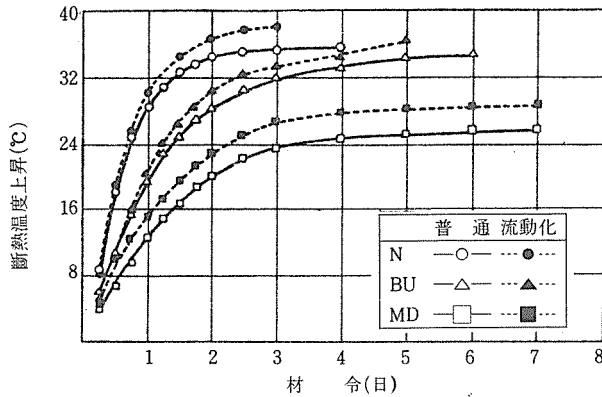


그림 27. 시멘트 종별과 단열온도 상승곡선 (비빔온도 20°C)

	슬럼프 (cm)			C (kg/m ³)	T=K(1-α ⁻¹)	
					K	α
...●...	18	P-3	-	346	47.615	1.139
...□...	8	P-3	-	310	41.266	0.999
—○—	8→18	P-3	F- 1	310	43.547	1.027
...△...	8→18	P-3	F- 2	310	43.131	1.116

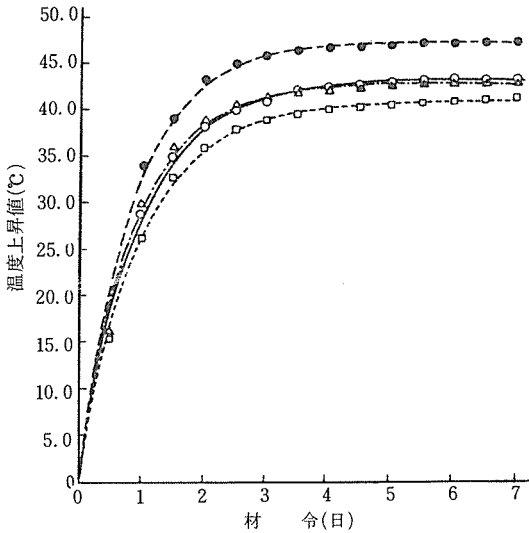


그림 28. 단열온도 상승시험 결과

5. 유동화콘크리트의 시공과 전망

5.1 유동화콘크리트의 시공현황과 전망

슬럼프가 적은 된비빔 콘크리트에서도 그림 30과 같이 치어붓기 직전에 유동화제를 첨가하

는 것에 의해 타설작업시만 묽은 콘크리트 즉 유동화콘크리트로 할 수 있도록 되었다. 치어붓기 작업은 쉽게 되고 또한 곰보나 균열이 없는 콘크리트를 치어붓는다는 것은 콘크리트 공사의 시공에 있어서는 하나의 꿈이요 郎報이자 획기적인 것이라 말할 수 있다.

이러한 유동화콘크리트는 시공에도 많아지고 금후의 보급도 급속히 진행될 것으로 보이나 실시에 있어서 문제점도 있고 그 시공방법도 고도한 기술레벨을 가지고 신중한 계획을 세울 필요가 있다. 특히 레미콘이 시공 측면에서 블랙박스적으로 되어 있는 현재 공사현장에서 이러한 유동화콘크리트를 취급하는 자는 적어도 콘크리트의 본질적인 것을 알고 그림 31과 같은 유동화콘크리트의 시공에 미치는 요인을 당연히 알고 실시하는 것이 양호한 콘크리트를 만드는 포인트가 된다. 유동화는 단순히 작업수단의 개선뿐만 아니라 높은 품질성능의 보증을 포함하여 육성해 나가지 않으면 안될 것이다.

유동화콘크리트는 미리 비벼낸 비교적 된비빔 콘크리트에 분산성능이 높은 유동화제를 첨가하여 그 유동성을 일시적으로 증대시켜 펌프 압송성이나 시공성을 좋게 함과 동시에 단위수량을 감소시켜 콘크리트의 품질향상을 기하도록 한 콘크리트이다.

이들 유동화제는 당초 고성능 감수제로서 2차 제품의 제조 등에 사용한 것으로 분산성능이

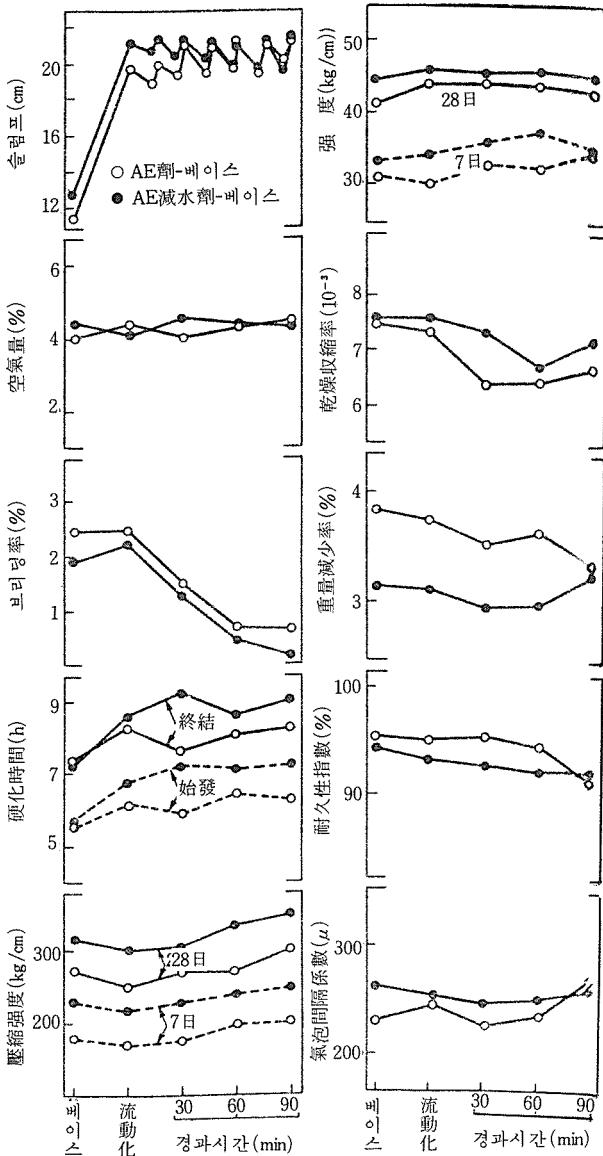


그림 29. 유동화제를 반복첨가한 경우의 콘크리트 물성.

양호하고 단위수량의 감소효과가 크나 슬럼프의 경시변화가 크고 유동화 후의 유동성의 저하가 빠르다.

따라서 유동화 후의 슬럼프가 시간의 경과와 더불어 크게 변화하고 하절기에는 30~40분 정도만에 거의 원래의 슬럼프로 돌아간다.

또한 유동화제의 첨가시기가 늦게 되면 슬럼프의 경시변화도 크게 되어 특히 夏期에서 이들 경향이 현저하기 때문에 첨가시기에 따라 현장에서 유동화제의 첨가량을 콘트롤 할 필요가 있어 관리가 복잡하고 관리코스트의 상승원인으로 되고 있다.

더욱 유동화제는 시멘트입자의 표면에 전하를 주어 입자간의 상호반발력에 의해 시멘트입자의 분산성을 좋게 하고 있기 때문에 과잉첨가한 경우에는 골재가 분리하기 쉽게되는 경향이 있다. 이 때문에 일반적으로 베이스콘크리트의 잔골재율은 2% 정도로 크게 하고 그만큼 단위수량이 증가하여 유동화제의 첨가가 반드시 단위수량이나 단위시멘트량의 감소에 연결되지 않는 경우가 많고 유동화콘크리트에 의한 품질향상의 목표가 충분히 달성되지 못하는 케이스가 예견되고 있다.

5.2 치어벗기 계획의 검토와 그 대책

(1) 계획상의 포인트

유동화콘크리트는 본래 된비빔 콘크리트의 충전성을 개선하기 위한 것이나 역으로 현상의 묽은비빔 콘크리트의 품질개선이라고 하는 점에서 유동화콘크리트의 치어벗기 계획을 하는 중요한 포인트는 우선 첫째 유동화, 슬럼프저하의 복원 등의 충전성의 개선이나 단위수량의 감소, 건조수축의 저감, 수화열의 저감등의 품질개선이나 그 목적을 분명히 할 필요가 있다.

둘째로, 유동화 효과의 지속시간이 짧으므로 콜드조인트가 발생하지 않도록 한 연속치어벗기를 할 수 있는 시공체계의 가능여부를 충분히 검토한다.

셋째, 유동화콘크리트는 현장에서 제조하여 그 품질관리를 행함으로 이에 대응할 수 있는 콘크리트 기술자를 필요로 한다.

① 콜드조인트의 방지대책

유동화콘크리트는 시멘트 페이스트의 유동성이 아주 좋으나 조합상 페이스트량이 약간 적으므로 분리하기 쉽다. 특히 유동화 후의 슬럼프

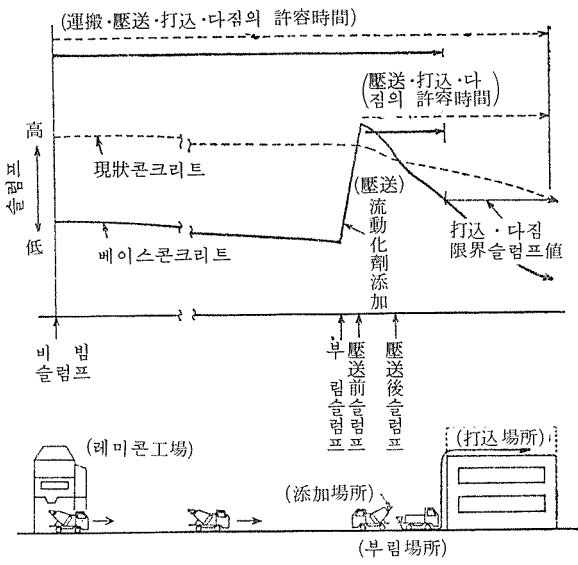


그림 30. 유동화 콘크리트와 現狀콘크리트의 슬럼프變化的 概念

프의 경시변화가 크고 브리딩이 적으므로 치어 붓기 다짐 등에 시간이 걸리면 이음부분에 콜드조인트를 발생시킬 위험성이 아주 크다. 따라서 연속적으로 치어붓기 및 다짐이 될 수 있도록 레미콘의 배차계획, 압송계획, 치어붓기량과 치어붓기 구획, 치어붓기 순서, 치어붓기 시간의 간격 등 유동화콘크리트에 적당한 打込계획이 중요하다.

이 타입계획에서 고려할 점은 다음과 같다.
 i) 打込순서의 검토를 신중히 하고 점심이나 휴식시간을 취하지 않고 레미콘차 대기가 펌프의 배관준비 등의 대기시간을 가능한한 적게 계획하고 리드미컬한 연속타입을 하도록 한다.
 ii) 1 회의 打込높이는 될수록 낮게하고 최대 3m 이내 (슬럼프 20cm에서 높이 1m에 대하여 콘크리트의 흐름이 약 3m)로 한다.
 iii) 이어치기는 빠리하고 최대 허용시간은 60분 이내 (하기에는 40분 이내)로 한다.
 iv) 타입속도는 치어붓기 및 다짐이 충분히 실시될 수 있는 범위로 하나 슬럼프의 경시변화를 고려하여 40~50m³/h로 빠리하는 것이 좋다.

② 품질관리의 체제

유동화콘크리트는 통상의 레미콘 受入檢査 이외에 적절한 유동화제의 계량, 투입, 교반 및 유동화 후의 품질관리가 필요하다.

특히 베이스콘크리트의 워커빌리티의 변동은 그대로 유동화후의 워커빌리티에 영향을 미치므로 레미콘공장의 출하슬럼프의 변동을 될수록 적게하고 현장도착까지의 운반시간의 관리나 레미콘 차의 全車를 목시검사하는 것이 중요한 포인트로 된다. 슬럼프시험은 50~100m² 마다 1회 실시하는 것이 바람직하다.

또한 유동화제의 적절한 첨가방법 및 교반방법이 될 수 있고 유동화의 품질관리가 될 수 있는 관리체제로 한다.

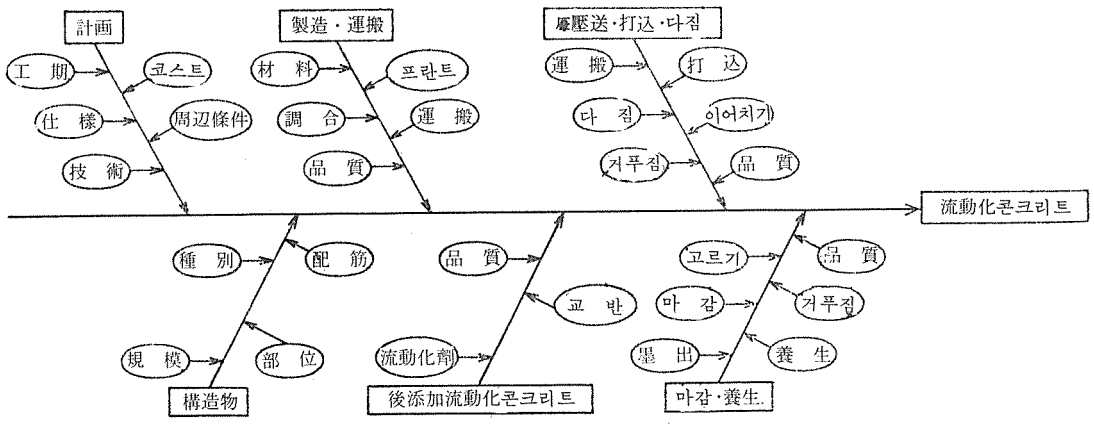


그림 31. 유동화콘크리트의 施工

이상과 같은 공정관리 및 품질확보를 하기 위해서는 콘크리트에 관한 깊은 지식과 풍부한 경험을 가진 기술자(콘크리트 기사나 주임기사 등의 자격자)에 따라 대응하지 않으면 안된다. 특

히 유동화콘크리트의 제조 및 품질은 보통 구입자의 책임으로 되기 때문에 안이한 사고방식으로 취급하면 구조체 콘크리트에 결함을 일으키게 되므로 충분한 검토와 신중한 계획이 필요하다.

(2) 펌프압송의 포인트

① 壓送計劃

콘크리트의 壓送性은 일반적으로 콘크리트가 管内를 유동할 때의 壓力損失에 의해 판단된다.

유동화콘크리트의 압력손실을 그림32 및 그림33에 표시한다. 유동화한 보통콘크리트의 압력손실은 통상의 묽은비빔 콘크리트 보다 적으나 경량콘크리트에서는 약간 크게 된다. 따라서 보통콘크리트에서는 통상의 묽은비빔 콘크리트의 압력손실을 이용하여 경량콘크리트에서는 슬럼프로 2~4cm 낮은 압력손실의 값을 사용하면 좋다. 기타 압송부하의 산정은 일본건축학회의 콘크리트펌프공법 시공지침안에 의한다. 배관은 유동화콘크리트의 슬럼프저하가 빠르므로 가능한한 짧고 설치하기 편하므로 계획한다.

펌프기종의 선정은 산정한 압송부하를 충분히 상회하는 토출압력을 가진 것으로 한다.

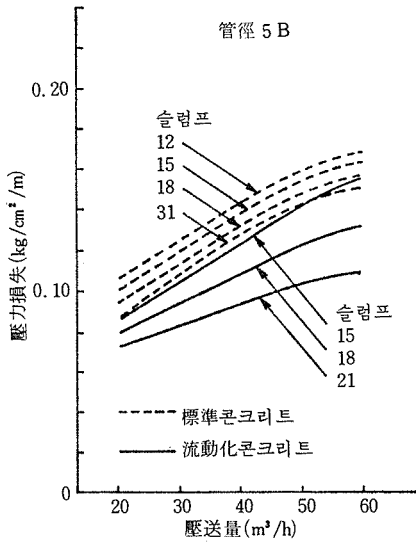


그림 32. 보통콘크리트의 壓送量과 壓力損失의 關係

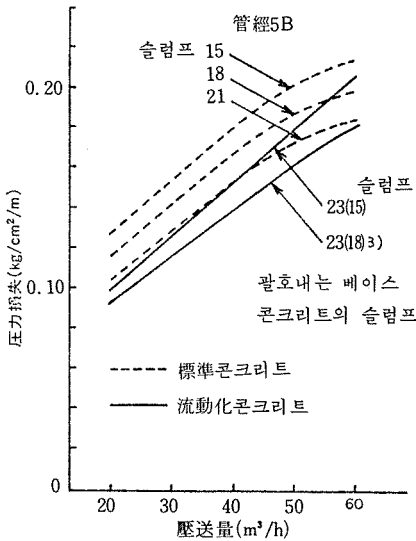


그림 33. 경량콘크리트의 壓送量과 壓力損失의 關係

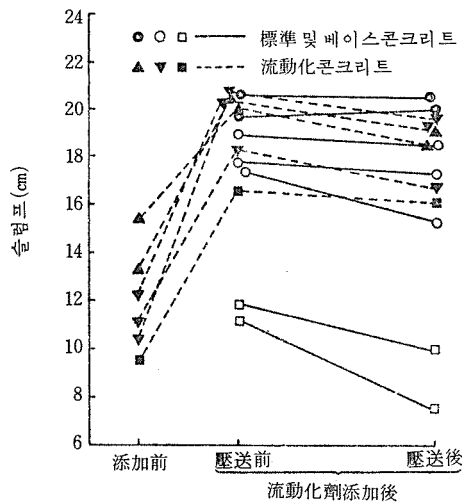


그림 34. 보통콘크리트의 유동화제 첨가전후 및 압송전후의 슬럼프의 變化

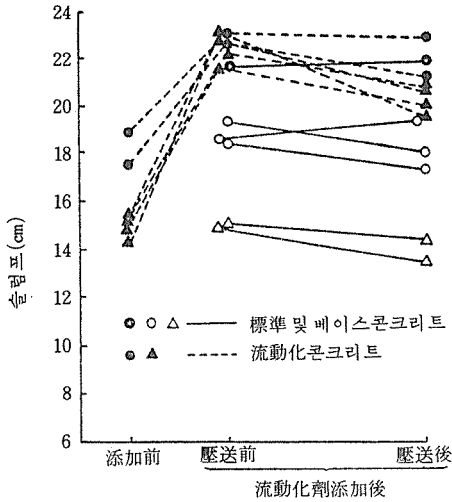


그림 35. 경량콘크리트의 유동화제 첨가전후 및 압송전후의 슬럼프의 변화

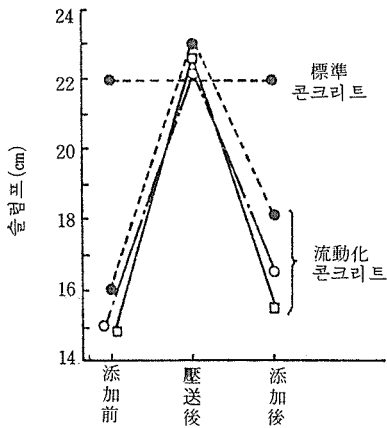


그림 36. 압송전후의 슬럼프의 변화

② 펌프압송에 의한 품질의 변화

펌프압송에 의한 슬럼프의 변화는 그림34, 그림35와 같다. 유동화콘크리트의 압송에 의한 것과 경시변화를 합한 것으로 된다.

보통콘크리트에서는 통상의 묽은비빔 콘크리트에 비하여 압송에 의한 슬럼프의 저하가 약간 크다. 경량콘크리트에서는 2cm 정도의 슬럼프 저하가 인정되고 있다. 조합조건, 압송조건에 따라서는 그림36과 같이 압송에 의해 베

이스콘크리트의 슬럼프까지 저하한 예가 있다. 따라서 경량콘크리트의 경우에는 골재의 프리베팅이 충분한 경우에도 슬럼프저하가 현저한 경우가 있으므로 주의 할 필요가 있다. 이 밖의 콘크리트의 품질변화는 통상의 묽은비빔 콘크리트와 비슷한 것으로 알려지고 있다.

(3) 치어붓기, 다짐 및 양생

① 치어붓기 및 다짐

콘크리트의 치어붓기는 콜드조인트나 곰보 등의 미충진 부분이 생기지 않도록 타입구획과 타입순서를 명확히 하여 펌프簡先의 타입위치, 1회의 打込量, 타입높이와 콘크리트의 흐름 등을 도면화 하고 이에 의해 작업원의 적절한 배치와 지시 및 관리를 하면 좋다.

콘크리트의 다짐은 내부진동기, 외부진동기, 다짐봉, 나무망치 등을 충분히 준비하여 작업원의 적절한 배치와 낭비가 없도록 가동시키고 종래의 묽은비빔 콘크리트 이상으로 주의깊게 실시할 필요가 있다.

② 마감 및 양생

유동화콘크리트는 브리딩이 적고 경화가 빠르므로 치어붓기 직후의 마감은 빨리 완료할 필요가 있고 묽은비빔 콘크리트에 비하여 단위수량이 적기 때문에 타입직전의 거푸집에 散水를 실시하고 당연한 일이지만 타입직전에 거푸집을 더럽히지 않도록 한다.

특히 타입후의 콘크리트의 양생도 단위수량이 적고 수화반응이 빠르기 때문에 건조하기 쉬우므로 초기의 散水 또는 시트 등에 의한 습윤양생을 주의깊게 행할 필요가 있다.

6. 結 論

유동화콘크리트는 콘크리트 건물의 균열이나 품질개선에 도움이 되고, 건설공사에 있어서도 가장 기계화나 합리화가 늦어진 작업에 대하여 신중히 행하면 비교적 좋은 콘크리트가 필수이기 때문에 금후 건축생산 현장에서 성행할 것으로 사료되나, 종래 실시하여온 콘크리트와 性状이 다르므로 施工方法도 보다 면밀하게 행

하는 등의 문제가 있다. 앞으로 해결해야 할 유동화콘크리트의 문제점을 들면 다음과 같다.

① 유동화제와 베이스콘크리트의 혼화제와의 상호작용 및 지연효과, 그리고 온도 등의 영향을 고려한 성능판정의 필요성.

② 유동화제의 첨가량, 첨가시기를 고려한 조합보정의 확립, 그리고 치어붓기 作業 可使時間의 허용치, 유동화 효과 지속성의 문제,攪拌 또는 믹싱방법의 적부와 레미콘車内の 슬럼프 확인방법.

③ 경화콘크리트의 強度, 收縮 등 性狀의 해명과 양생대책, 레미콘의 KS 제품과 유동화콘크리트의 관계 및 책임의 범위, 운반차의 셋기, 타품종 적재방법과 그 가부.

④ 펌프압송방법, 특히 압송중단조치의 적정화, 콜드조인트 및 이음부 등의 시공계획상의 고려, 실제 구조물의 브리딩량과 응결에 의한 침하와 거푸집 또는 마감, 再打法 등의 아직 굳지 않은 콘크리트의 性狀 등을 심도있게 해명하지 않으면 안된다.

특히 충진이 불충분하게 되기 쉬운 개소의 치

어붓기가 용이하게 될 수 있는 것은 施工上 대단히 환영할만한 일이나 유동화의 지속성이 現狀의 콘크리트와 다르다는 것을 항상 염두에 두고, 신중하게 시공하지 않으면 생각하지 않던 결함이 발생하는 것을 주의해야 한다.

또한 유동화콘크리트는 통상의 묽은 비빔콘크리트와 비교하여 품질이 양호한 콘크리트를 치어붓기 할 수 있다는 것이 施工의 측면에서 큰 장점이다.

물론 통상의 콘크리트를 취급하는데 있어서도 양생이나 打込方法이 어려운데 유동화콘크리트를 論하는 것이 약간 이상하나, 유능한 기술자 및 노무자의 부족, 기술레벨의 低下도 이 유동화콘크리트를 한국에서 實用化 시키는데 큰 문제점이 아닌가 생각한다. 콘크리트 펌프 공법 導入時에 콘크리트의 품질을 저하시켰던 것과 동일한 오류를 반복하지 않기 위해, 유동화콘크리트의 實用化를 위해 꾸준히 研究하고 차제에 콘크리트 産業界도 技術革新을 위한 研究開發費의 투자를 과감하게 행하여 콘크리트 技術向上에 선도적인 역할을 해주기 바란다. *

“내가 기쁜 푸른산천 자손만대 보금자리”