

流動化 콘크리트의 展望

金 武 漢
忠南大, 건축공학과

1. 序 言

최근 건축공사에 있어서 콘크리트의 施工은 레미콘의 보편화와 펌프공법의 도입에 의해 현저한 進歩와 合理化가 進行되고 있다. 한편 施工能率을 우선하여 시공연도와 펌프작업성을 개선하기 위해 單位水量이 증가하는 경향이 있고, 더욱 최근 骨材品質의 惡化가 이에 박차를 가하여 콘크리트의 品質低下가 큰 문제로 제기되고 있다. 이러한 單位水量의 增加는 아직 굳지 않은 콘크리트에서 브리딩의 대량발생을 초래하고, 레이턴스나 콜드조인트가 증가함과 동시에 경화 후의 콘크리트의 乾燥收縮을 증대시켜 콘크리트구조물에 균열을 많이 발생시키므로 콘크리트 구조물의 耐久性을 저하시키는 원인이 되고 있다.

流動化콘크리트는 건조수축의 저감, 브리딩의 감소, 水密性 및 氣密性의 改善, 水和發熱量의 감소, 耐久性의 向上 등 콘크리트의 品質改善과 펌프壓送 시 등의 施工能率의 향상, 工期의 단축, 初期強度의 增大, 콘크리트 바닥마감 등의 마감시간의 단축 등 콘크리트의 施工性의 改善을 목적으로 하여 사용하게 된 것이다. 高性能減水劑를 응용한 流動化콘크리트는 1971년경 서독에서 된비빔 콘크리트의 施工性改善을 목적으로 고안된 것으로 1974년에 流動化콘크리트의 製造와 施工에 관한 指針이 작성되어 1978년에 DIN 1045로서 정식규격으로 채용되고, 英國은 1976년에 시멘트 콘크리트

시험회와 시멘트 혼화제 협회가 流動化콘크리트에 관한 報告書를 작성하고, 美國은 1980년부터 ASTM C-494에 高性能減水劑에 관한 규격을 제정하고, 캐나다는 캐나다 규격협회가 1981년에 콘크리트용 流動化劑의 使用指針을 제정했다.

이웃 日本에서는 1975년 정부터 개발연구가 進行되어 종래의 묽은비빔 콘크리트와 동일한 施工性을 유지하면서 된비빔 콘크리트에 가까운 品質의 콘크리트를 얻을 수 있다는 것에 주목하여 이미 많은 施工實績을 올리고 있으며, 1979년 日本 建築學會에 의해 「流動化콘크리트의 技術의 現狀」이 발간되고, 이어 1983년 同學會에 의해 「流動化콘크리트 施工指針案·同解説」이 발간되어 학계 및 실무계에 많은 공헌을 하고 있으며 유동화콘크리트의 사용실적은 매년 급격히 증가하고 있다.

2. 流動化콘크리트의 品質管理와 施工管理에 관한 考察 및 檢討

2.1 流動化콘크리트의 概念

流動化콘크리트는 미리 비벼놓은 비교적 된비빔콘크리트(베이스콘크리트)에 流動化劑를 첨가함에 의해 流動性을 일시적으로 증대시킨 것으로, 日本에서는 流動콘크리트, 高流動化콘크리트, 플로우드콘크리트 등의 용어와 함께 통용되고 있으며, 西歐에서는 Fließbeton, Flowing concrete, Superplasticized concrete 등

이 일반적으로 쓰여지고 있다.

여기서 流動化劑라 함은 高性能減水劑(영문으로 Superplasticizer, High-range water reducer 등)라고 칭하고 있는 混和劑를 基本材料로 하고 있다. 高性能減水劑는 종래의 일반적 콘크리트용 化學混和劑와 化學構造를 달리하며 시멘트粒子에 대한 높은 分散性能을 유지하고 多量으로 사용해도 凝結遲延作用, 空氣過剩連行이 비교적 적는데 이러한 高分散性과 多量使用이 가능하다는 특성이 큰 減水效果를 갖도록 한 것이다.

流動化콘크리트는 많은 경우, 종래의 묽은 비빔 콘크리트에 비하여 單位水量이 적은 콘크리트의 슬럼프를 갖는 베이스콘크리트에 流動化劑를 첨가해서 18cm~21cm의 슬럼프를 갖는 콘크리트로 함으로써 다음과 같은 특성을 얻을 수 있다.

- (1) 치어붓기 및 다짐이 매우 용이한 유동성을 확보할 수 있기 때문에 동일슬럼프의 재래콘크리트에 비해 單位水量이 적은 동일 물시멘트비(따라서 單位시멘트量도 적음)의 콘크리트를 얻을 수 있다.
- (2) 單位시멘트量을 대폭적으로 증가시키지 않아도 또한 그럼에도 불구하고 施工性을 해치지 않으면 물시멘트비를 크게 감소시킬 수 있기 때문에 높은강도·耐久性·水密性 등을 소지한 콘크리트를 만들 수 있다.

2.2 流動化 콘크리트의 背景

우리나라는 이웃 日本과 유사하게 종래부터 건축용 콘크리트는 슬럼프 18~21cm 정도의 묽은비빔콘크리트가 주류를 이루었으며 施工方法도 거꾸집 안에 흘러 부어넣는 방식을 취해 왔다. 이와 같이 單位水量이 많은 묽은 비빔콘크리트는 콘크리트의 品質上 여러가지 좋지않은 측면을 갖고 있는 것이 사실이지만 部材斷面이 작고, 더구나 配筋量이 많은 개소에

콘크리트를 채우기 위해서는 양호한 流動性을 필요로 했다. 그렇지만 콘크리트工事 施工技術의 高度化에 따른 콘크리트 폼프工法이 많이 사용됨으로 인해 단위시멘트량을 많게 하고, 細骨材率을 크게 해서 콘크리트의 폼파빌리티를 높이도록 調合하게 됨으로서 필연적으로 單位水量이 크게 되었고, 또한 동시에 良質의 天然骨材가 점차 고갈되어 감에 따라 콘크리트의 品質低下가 심각하게 되어 왔다. 이에 따라 콘크리트의 된비빔화의 필요성이 크게 인식되고 있으나, 그 반면에 施工性이 나쁘게 되는 것에는 강한 저항이 있는 것이다.

한편 日本에서는 이미 1960년대에 이전의 減水劑에 비하여 多量使用이 가능하면서 높은 減水效果를 갖도록 하는 混和劑가 주로 高強度콘크리트를 목적으로 개발되어 1970년대에 실용화단계에 들어섰으며, 또한 西獨에서는 1970년대부터 주로 된비빔콘크리트의 高流動化를 목적으로 한 混和劑의 개발이 추진되고 있었다.

즉, 流動化콘크리트는 서구에서는 된비빔콘크리트의 施工性改善의 목적으로 개발되어 사용되고 있었지만, 일본쪽에서는 원래 流動性이 큰 콘크리트를 사용하고 있었기 때문에 施工性의 改善보다는 콘크리트의 工學的 特性을 비롯한 品質改善을 목적으로 한 의식이 강하게 되었다.

결론적으로 전술한 바와 같은 콘크리트의 品質改善要求와 재래콘크리트 정도의 施工性確保의 要望이라는 배경으로부터 流動化콘크리트는 크게 注目받게 된 것이라 할 수 있다.

2.3 流動化콘크리트의 製造와 施工

2.3.1 流動化콘크리트의 製造

流動化콘크리트는 베이스콘크리트에 流動化劑를 첨가, 교반하여 제조하며, 제조방법으로는 일반적으로 다음 세가지를 들 수 있다.

첫째, 레디믹스드 콘크리트공장에서 제조하여 트럭아지레이터에 적재한 베이스콘크리트

에 곧 流動化劑를 첨가, 교반하여 유동화시키는 방법이다. 그런데 이 방법은 콘크리트를 운반중 슬럼프손실이 크기 때문에 현장이 매우 가까운 경우나 공사현장에서 믹싱하는 콘크리트의 경우에만 사용되고 있다.

둘째, 레디믹스드 콘크리트공장의 트럭아지테이터 내의 콘크리트 상부에 流動化劑를 투입, 저속으로 아지테이트하면서 수송하며 현장에 도착하여攪拌하는 방법이다. 이 방법도 수송거리가 짧거나 유동화제를 投入하여 30분 이내에 打設할 경우에 한하며, 현장의 투입과 교반이 騒音規制上的 이유로 불가능한 경우에는 다른 장소를 이용해야 하는 문제점이 있다.

셋째, 현장에 도착한 베이스콘크리트에 流動化劑를 투입 즉시 교반하여 유동화시키는 방법으로서, 後添加法 또는 遲延添加法이라 불린다. 이 방법은 가장 일반적으로 적용되는 방법으로서 効果的이므로 거의가 이 방법을 채택하고 있다. 그러나 이 방법에는 現場에 流動化劑의 計量과 投入에 필요한 시설이 요구되기도 하는 문제를 지니고 있다.

한편으로는 高性能減水劑를 사용한 流動化 콘크리트에 있어 특히 문제가 되고 있는 시간의 경과에 따른 콘크리트의 저하, 즉 슬럼프손실에 의한 施工上的 制約으로 使用範圍 및 施工管理上的 여러 문제점을 해결하기 위해 遲延劑의 併用, 顆粒狀減水劑의 사용, 分割添加方法이 後添加方法과 함께 연구개발되고 있기도 하다.

2.3.2 流動化콘크리트의 施工

2.3.2.1 施工計劃 및 管理

유동화콘크리트는 앞에서 설명한 바와 같이 보통의 묽은비빔 콘크리트와 비교해서 슬럼프손실이 크며, 流動性이 다소 상이한 점 등의 특징이 있기 때문에 이러한 점을 고려하여 보통의 재래콘크리트에 비해 보다 면밀한 시공계획을 세울 필요가 있다. 그리고 流動化콘크리트 시공시 레미콘을 현장까지 운반하는 시

간이 길어지면 流動化效果가 줄어들며 打設面의 상태가 좋지 않은 경우가 禿기므로 수송시간, 특히 믹싱으로 부터 流動化劑 添加時期까지의 시간을 外氣溫度에 따라 조절해야 할 필요도 있다.

한편, 施工管理에 있어서는 베이스콘크리트의 品質確保와 더불어 슬럼프, 즉 콘크리트의 관리가 매우 중요하며, 流動化劑 添加前의 슬럼프관리를 철저히 해야 한다. 아울러 레미콘工場에 대해서는 骨材의 品質管理, 믹싱 등에 주의하여 슬럼프의 變動 등을 최소한으로 줄이도록 관리하여야 한다.

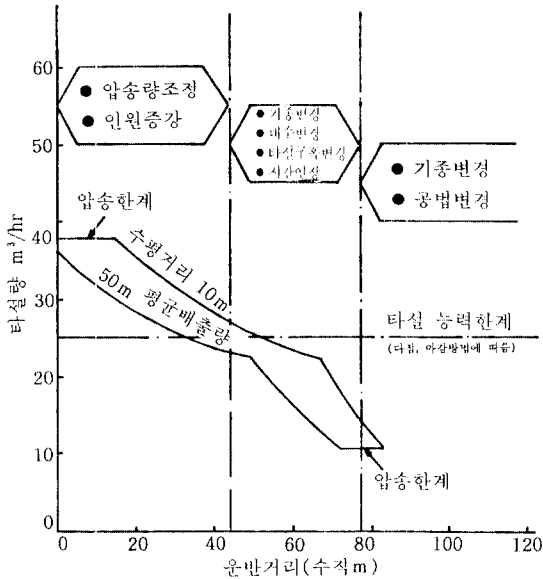
2.3.2.2 콘크리트의 壓送

유동화콘크리트의 경우 施工現場의 형편상 펌프를 이용하여 콘크리트를 壓送할 경우가 많다. 이때 壓送에 의하여 콘크리트의 品質에 변화가 생기게 되므로 壓送前後의 콘크리트의 品質變動에 주의를 기울여야 함은 물론이다. 日本의 「流動化콘크리트 施工指針案·同解説」에 따르면 펌프시공계획에 대한 일례를 그림(a)와 같이 설정하여 콘크리트펌프의 能力과 打設, 또는 마감작업과의 관련을 명확히 하고, 施工缺陷이 발생하지 않도록 콘크리트 打設計劃 전반에 대하여 검토하도록 하고 있다.

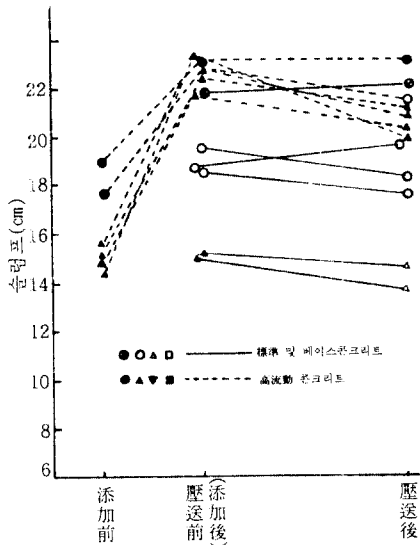
일반적으로 유동화콘크리트의 壓送抵抗과 吐出量과의 관계를 동일 슬럼프의 묽은비빔 콘크리트와 비교하면 약간 적다고 한다. 그러나 壓送에 의한 콘크리트의 品質低下는 보통의 묽은비빔 콘크리트에 비해 약간 크다고 하며, 보통 조건하에서 슬럼프가 2cm정도 저하했다는 연구보고도 있다. 流動化콘크리트 및 보통콘크리트의 壓送前後 슬럼프변화를 다음 그림(b)에 나타낸다.

2.3.2.3 콘크리트의 打設

流動化콘크리트는 流動化後 經過時間에 따른 슬럼프의 변화때문에 20~30분내에 치어붓기를 完了함이 바람직하다. 다짐에 있어서는 보통의 재래콘크리트와 큰 차이는 없으므로 알려져 있다. 그런데 流動化콘크리트는 동



그림(a) 펌프시공계획 개념도



그림(b) 콘크리트의 압송에 따른 슬럼프변화

일 슬럼프의 묶은 비빔콘크리트에 비교해서 조합시 시멘트페이스트의 양이 적은 경우가 많기 때문에分離에 대한 주의를 요한다. 한편, 유동화콘크리트의 시공이음을 고려한 打設量, 打設時間, 打設個所 및 콘크리트의 供給에

대한 계획도 수립해야 하며, 콘크리트 軀體에 발생하는 곰보 또는 쿨드조인트는 단순히 콘크리트의 調습이나 다짐방법 등에 기인하는 것은 아니기에 콘크리트의 運搬으로부터 마감·養生까지를 포함한 施工計劃 全般의 검토를 철저히 해야 할 필요가 있다.

3. 結 言

짧은 역사를 가진 流動化콘크리트가 普遍的인 콘크리트工法으로 이용되기 위해서는 해결해야 할 많은 문제점이 있으며 간략하게 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

먼저 流動化콘크리트에 대한 使用材料·調습·施工方法의 영향에 관계되는 충분한 자료를 축적하여 標準的인 施工示方書가 확립되어야 한다. 또한 流動化콘크리트는 베이스콘크리트의 品質變動이 추가되므로 면밀한 品質管理가 요구되며 종래로부터 사용해 오던 콘크리트의 기준 및 규격과의 관계를 명확히 확립해야겠다. 더불어 流動化콘크리트의 特性과 舉動의 파악이 필요하다.

이외에도 流動化劑의 性能判定基準 및 流動化劑의 計量方法에 대한 규정이라든지 유동화콘크리트의 워커빌리티 측정에 대한 기준 등이 설정되어 콘크리트 品質에 대한 책임한계를 명확히 해야 한다.

流動化콘크리트는 混和劑의 利用範圍를 한층 전진시킨 것으로 된비빔콘크리트의 施工性改善, 묶은비빔콘크리트의 品質改良의 要求를 만족시키는 새로운 콘크리트의 기술이다. 따라서 현재 아직 사용경험이 적고, 표준적인 示方도 확립되지 않아 베이스콘크리트의 品質變動에 流動化工程에 의한 品質變動이 가해지기 때문에 통상의 콘크리트 이상으로 면밀한 品質管理 및 施工管理가 요구되고, 종래의 콘크리트에 관한 規準, 規格, 體系와의 관계가 정립되어 있지 않기 때문에 아직 해명해야 할 문제점이 많이 있다.

이와 같이 流動化콘크리트의 施工에는 경험과 기술의 축적이 더욱 필요하나 그 특성을 충분히 파악하여 무리없는 사용방법을 강구함과 함께 엄밀한 施工管理를 행함으로써 일반적인 工法으로서 건축공사에 널리 적용될 수가 있다.

참 고 문 헌

1. 金武漢, 高性能減水劑의 應用에 관한 研究(第1報 콘크리트의 流動化效果를 中心으로), 大韓建築學會論文報告集 Vol.26, No.107, 1982, pp.64~69.
2. 金武漢, 高流動化콘크리트의 工學的 特性에 관한 基礎的 研究, 忠大工大論文集 Vol.6, No.1, 1983, pp.1~5.
3. 渡邊, 山本, 武田, 藤井, 夏梅, 流動化콘크리트의 展望, 建築技術, No.384, 1983. 8, pp.71~83.
4. 毛見, 平賀, 倉林, 流動化콘크리트의 施工, 建築技術 No.348, 1980. 8, pp.79~97.
5. H. Kasami, T. Ikeda, S. Yamana, Workability and pumpability of superplasticized

concrete—Experience in Japan, Proc. of international symposium on superplasticizers in concrete, Ottawa, 1978, pp. 103~132.

6. 日本建築學會, 流動化콘크리트의 技術의 現狀, 昭 55. 9, pp.1~7.
7. 日本建築學會, 流動化콘크리트 施工 指針案·同解説, 1983, pp.28~29.
8. V.S. Ramachandran, R.F. Feldman, J.J. Beandoin, Concrete Science, Heyden, 1981, pp.145~168.
9. Cement and Concrete Association, Superplasticizing Admixtures in concrete, 1976, 1.
10. ASTM Annual Book of ASTM Standard C-494, 1980, pp.319~320.
11. Canadian Standards Association, Guidelines for the use of superplasticizing admixtures in concrete, 1981, 6.
12. 日本建築學會, 콘크리트의 調合設計·調合管理·品質檢査指針案·同解説, 昭 51, pp.145~192.
13. 金武漢, 構造材料實驗方法論, 學文社, 1982, pp.194~270.