

建設生産에 있어서 콘크리트의 品質管理와 施工管理

金 武 漢

〈 忠南大學校 工科大學 教授 〉

1. 序 論

콘크리트란 半永久的인 構造材料로 오늘날 社會間 接資本施設의 대부분은 鐵筋콘크리트造로 되어 있고, 콘크리트술에 쌓여버린 20世紀 文化를 콘크리트문화라 부르며, 인간이 만들어 놓은 GNP의 70%가 鐵筋 콘크리트構造物로 형성되어 있다는 보고도 있다.

최근 86아시안게임 및 88올림픽大會를 前後하여 각종 콘크리트構造物의 建設이 활발하게 진행되고 있는 가운데, 콘크리트의 劣化現象에 의해 콘크리트構造物의 安定性 및 住居性이 惡化되고 不良해질 뿐만 아니라 디자인 어피어런스(design appearance) 측면에서 都市住居環境造成의 主役이 아니라 오히려 都市環境破壞의 主役이 되고 있어 각종 콘크리트構造物의 劣化 및 耐久性 低下가 크게 문제시되고 있다.

한국의 경우 통상적으로 콘크리트라 하면 시멘트, 모래, 자갈에 물을 붓고 적당히 비비면 된다는 통속적인 관념이 支配하고 있기 때문에 콘크리트에 대한 工學的인 技術開發 및 研究의 蓄積이 미비한 현 실정에서 콘크리트의 工學的인 性能(engineering performance)을 위면한 채 半永久的인 콘크리트構造物이 제대로의 性能을 발휘하지 못하고 파괴되어 가는 것이 아무런 문제의식도 없이 당연하다고 생각한다면 어떠한 이유에서도 그 속에 問題點이 內在되어 있음을 시사하고 있다.

이웃 日本에 있어서는 수년전 콘크리트의 危機(concrete crisis)라 하여 國營放送 및 主要 日刊紙 등을 비롯한 매스컴에서 콘크리트의 劣化 및 耐久性에 관

하여 문제의 심각성을 제기하고, 그 결과 建設省을 중심으로 콘크리트構造物의 耐久性向上에 관하여 꾸준히 심도있는 研究를 진행하고 있다.

콘크리트構造物은 구조설계상 항공기체 등에 비해 3배 이상의 安全率을 고려하고 있으므로 설계대로 施工되어 있는 한 문제는 없는 것으로 알려지고 있으며, 외국의 경우 40~50년 이상 사용하고 있는 건전한 콘크리트構造物이 얼마든지 있다.

그러나 설계단계에서 예측하지 않았던 중대한 요인이 있다고 하면 문제는 달라지게 된다. 콘크리트構造物의 내구성을 좌우하는 劣化現象은 콘크리트의 凍結融解, 中性化, 알카리骨材反應, 鹽害 등 내구성에 영향을 주는 요인이 다종다양하고, 또한 서로 복합적으로 작용하여 상승작용을 함으로써 이에 대한 심도 있는 꾸준한 연구와 대책이 수립되지 않을 경우 사회간접자본의 대부분을 차지하고 있는 콘크리트構造物의 壽命短縮에 의한 엄청난 災害는 아주 심각한 문제로 대두될 것으로 전망된다.

2. 콘크리트의 品質과 性質

2.1 콘크리트에 要求되는 品質과 性能

아직 굳지않은 콘크리트의 性能을 표시하는 用語로서는 워커빌리티(workability), 콘시스턴시(consistency), 플라스티시티(plasticity), 피니샤빌리티(finshability), 프레스샤빌리티(placeability), 펌파빌리티(pumpability)등이 있는데, 이 가운데 아직 굳지않은 콘크리트의 性能으로서 가장 중요한 것은 워

커빌리티이다. 施工하는 側으로 보아서도 부드럽고 타설하기 쉬운 콘크리트가 바람직하나 워커빌리티라고 하는 性能중에는 流動性이 좋아야 할 뿐만 아니라 運搬이나 打設할 때에 材料分離現象이 일어나지 않는 것도 포함되고 있으나 이러한 점들이 소홀이 되는 경향이 있다.

슬럼프가 큰 콘크리트는 확실히 流動性이 좋으나 도중에서 骨材가 分離하거나 多量의 블리딩水가 발생하게 되어 均一性이 얻어질 수 없게 된다. 또한 슬럼프를 크게 하기 위하여 安일하게 單位水量을 증가시키면 強度의 低下, 乾燥收縮의 增大, 耐久性이나 水密性의 低下 등 여러가지 性能의 저하를 초래하게 된다. 그리고 土木工事와 같이 슬럼프가 적은 된비빔콘크리트로 하면 좋지 않을까 하는 意見도 있으나 斷面이 적고 鐵筋이 밀실하게 배근되어 있는 建築構造物의 경우에는 곰보나 空胴이 생기지 않도록 하는 것도 重要な 要求性能이 되고 있다. 이와같은 관점에서 최근에는 건축용 콘크리트에서도 슬럼프가 적게 되도록 研究努力을 계속하고 있다.

硬化過程의 性能으로서 는 水和熱의 問題를 들 수 있다. 콘크리트構造物도 점점 더 큰 斷面의 部材가 많이 출현하게 됨으로써 水和熱에 의한 溫度上昇과 이에 따른 龜裂의 發生을 무시할 수 없게 되었다. 低強度의 콘크리트가 요구되므로 별 문제가 없으나 建築部材는 設計基準強度가 240~420kg/이나 되는 것도 있어서 필연적으로 單位시멘트의 使用量이 많아지고 30~40℃의 溫度上昇이 일어난다. 이와같은 건축용 매스콘크리트에 대하여 어떻게 龜裂의 發生을 억제할 것인가가 새로운 要求性能으로서 대두되고 있다.

硬化콘크리트의 性能으로서 는 壓縮強度가 대표적인 것으로 構造設計를 할 때에 基本으로 간주되고 있다. 이것은 壓縮強度가 결정되면 그외의 強度나 영率을 추정할 수 있는 이외에 콘크리트全般의 品質도 파악할 수 있기 때문이다. 콘크리트의 調合設計에 있어서 콘크리트의 品質의 級에 대응하여 設計基準強度에 대한 不良率과 最低值를 規定하여 調合強度를 결정하도록 되어 있다. 즉, 콘크리트의 強度는 많은 要因에 의하여 변동되므로 構造物의 安定性과 經濟性을 고려하여 설계기준강도를 下廻하는 것이 어느정도 발생하는 것을 허용하고 있기 때문이다. 그러나

그중에는 모든 設計基準強度를 만족시키지 않으면 안된다고 하는 사람이 있으므로 調合強度가 높게 되는 경향이 있다.

콘크리트構造物에 있어서 耐久性도 상당히 중요한 性能이다. 氣象條件이나 環境條件에 의한 表面劣化, 철근의 부식, 사용조건에 의한 磨耗, 疲勞, 크리프(creep)變形 등의 현상은 단기간에는 그 영향이 나타나지 않으므로 그다지 주의를 기울이고 있지 않으나, 被害가 발생하기 시작하면 그것은 급격히 진행되어 경우에 따라서는 도저히 손을 쓸 수 없게 되므로 큰 문제이다. 이러한 性能은 수치적으로 정하기 어려운 점이 있으므로 使用材料의 種類나 品質을 규정하거나 調合設計를 할 때의 물 시멘트比의 한도, 시멘트의 最小使用量, 空氣量 등을 규정하고 所要의 性能을 확보하도록 하고 있다.

이들 각종의 要求性能은 콘크리트가 사용되어지는 構造物部材의 用途, 規模, 構造의 特性, 環境條件과 더불어 사용하려는 部材의 品質, 性能, 적용할 수 있는 施工方法, 기대할 수 있는 施工管理의 精度, 施工時의 氣象條件 등을 고려하여 결정하며, 단순히 설계상에서 뿐만 아니라 시공면도 포함하여 종합적으로 판단하여야 한다.

2.2 레미콘의 規定과 品質의 現狀 및 問題點

최근의 건설공사에 있어서는 콘크리트로 거의 레미콘을 사용하고 있으므로 콘크리트의 品質이라고 말하면 그것은 레미콘의 品質을 지칭하게끔 된다. 그러나 構造物에 打設한 콘크리트의 品質에 문제가 발생하였을 때 施工業者는 이것을 레미콘業者만의 책임으로 돌릴 수 없다. 여기에서 레미콘을 사용할 때는 하기의 상황을 확실히 지킬 필요가 있다.

- 1) 構造物에 요구되고 있는 品質의 性能을 파악하여 레미콘을 發注할 때 명확히 지시한다.
- 2) 레미콘工場을 조사하여 使用材料, 製造設備, 管理狀態 등이 적정한가를 확인한다.
- 3) 콘크리트의 調合表를 체크하여 소요의 性能이 확보되어 있는지의 여부를 판단한다.
- 4) 檢査項目이나 檢査方法을 협의하여 受入檢査를 확실히 행한다.

이러한 事項을 실행할 수 있도록 하기 위해서는 施

工業者 자신이 콘크리트에 대한 기초지식을 충분히 갖고 있는 것이 전제가 된다.

레미콘의 使用材料 중 콘크리트의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것이 骨材이다. 이 때문에 일본의 경우 레미콘에 관한 JIS에 建築用과 土木用으로 나누어 골재의 종류와 품질을 규정하였다. 건축용골재에 관해서는 JASS 5의 Ⅱ級 骨材와 같은 품질로 규정이 되었으나 일본의 東北地方과 같이 암질이 나쁜 지역에 대하여는 購入者의 승인을 얻어 比重과 吸收率이 Ⅲ級의 骨材까지 사용하도록 고려하고, 그 반면에 바닷모래의 鹽分을 細骨材 乾燥重量의 0.04%이하로 엄하게 규정하고 구입자의 승인이 있으면 0.1%까지 사용할 수 있도록 하고 있다.

骨材入手의 難易度에 관한 調査에서는 組骨材보다도 細骨材가 구입하기 곤란하고 골재의 품질규정치를 더욱 완화하여 줄 것을 바라는 경우가 많다. 우리나라의 경우는 급후 점점 骨材事情이 惡化되고, 使用骨材의 종류도 다양해질 것으로 예견되므로 規格値의 再檢討를 할 필요가 있을지도 모르지만 海沙의 鹽分에 의한 鐵筋의 腐蝕, 山沙의 泥分에 의한 龜裂의 증대, 깐자갈, 깐모래사용에 따른 알칼리골재반응 등의 문제가 있으므로 어떠한 對應策이 없는한 규격치를 간단히 緩和시킬 수 없는 立場이어서 骨材問題는 급후의 큰 과제로 남아있다.

이와같은 문제가 물에 있어서도 발생하는데 環境規制때문에 回收水를 사용하지 않을 수 없으나 슬러지(sludge)가 많게 되면 당연히 콘크리트의 品質도 惡化되므로 日本 콘크리트工業協會에 규정한 규준에 따라 장치의 설치나 관리의 철저를 기할 필요가 있다.

2.3 콘크리트의 시공관리와 품질검사

최근 構造物에 시공된 콘크리트의 品質은 평균적으로 저하하고 있다고 생각하는 것이 상식으로 되어 있는데 그 원인을 들여보면 다음과 같이 대별할 수 있다.

첫째로 材料의 品質이 惡化되었다는 것이다. 그 상징적인 것으로 시멘트와 결합하는 잔골재와 굵은골재의 품질악화를 들 수 있다. 骨材가 나쁘면 單位水量 및 시멘트량을 증가시킬 필요가 있기 때문에 乾燥收

縮에 의한 균열 등이 발생하기 쉬워진다.

둘째로 콘크리트製造 및 施工의 分業化와 合理化에 기인하는 品質의 低下이다. 레미콘의 품질이 보증되기 위해서는 품질사양에 어울리는 적절한 價格維持가 필요하나 이를 위해 레미콘메이커는 보다 강대하게 조직화 될 필요성이 있다.

셋째로 콘크리트펌프 등의 施工器機의 導入은 노동력 부족을 커버함과 동시에 施工能率을 향상시킬 수 있으므로 施工의 合理化에 기여하고 있으나, 이러한 면을 우선한 나머지 가장 중요한 콘크리트의 품질을 소홀히 하는 경우가 많다. 콘크리트펌프는 본래 콘크리트의 運搬器機였으나 현재에는 콘크리트의 打設機械로 변신하여 콘크리트의 시공시스템에 불가결한 요소로 되기까지 일반화 되었다. 그러나 이부분의 分業化가 더욱 분업화 되어있기 때문에 콘크리트의 시공관리는 건설회사의 감독원이 아니라 콘크리트펌프차의 운전수에 맡겨지는 결과로 되어버렸다.

레미콘이 所要의 品質을 유지하도록 製造되었다하더라도 施工方法에 따라 構造體에 치어진 콘크리트의 품질은 크게 좌우되므로 現場에 있어서 시공관리도 또한 중요한 문제이다. 현장시공의 완전을 위해서는 무엇보다도 시공계획을 충분히 검토하여 둘 필요가 있다. 工期나 工費에 쫓겨 무리한 施工計劃을 세우는 것은 品質低下를 招來하게 된다.

펌프壓送이 앞으로 많이 盛行될 것이 예측되므로 품질저하의 문제는 크게 대두될 것이다. 펌프의 壓送性を 좋게하기 위해서 부드럽고 잔골재율이 높은 배합의 콘크리트를 만들고, 壓送하기가 어렵게 되면 마름대로 單位水量을 증가시키기 때문에 強度低下나 龜裂의 發生이 많게되고, 동시에 打設能力을 향상시키기 위해서 아래로부터 위까지 一時에 콘크리트를 치어넣어 부음으로서 骨材의 分離나 다짐에 대한 배려를 태만히 하는 것도 큰 요인이 되고 있다. 일본의 경우 펌프機械의 改良이나 工法에 대한 반성을 하고 더욱 日本建築學會에서 콘크리트펌프工法 施工指針案이 작성되고부터는 문제점이 점점 해결되어 널리 사용되게 되었다. 특히 指針의 改正版에 있어서는 펌프 압송뿐만 아니라 타설공법에 관해서도 잘 설명되어 있어 現場施工의 指導書로서도 도움이 되도록 작성되었다.

펌프공법과 더불어 外國의 경우 최근에는 流動化 시멘트를 사용하는 현상이 많아지고 있다. 슬럼프가 10~12cm인 베이스콘크리트에 運搬 中 또는 부림지점에서 流動化劑를 適量添加하여 잘 비비면 슬럼프가 18~20cm 정도의 軟度가 좋은 콘크리트가 될 수 있으므로 시공이 아주 용이하게 되고 더욱 流動化 된 때의 성능이 베이스콘크리트의 성능과 비교하여 변함이 없다는 유리한 점도 있어 콘크리트의 品質이 상당히 좋게 된다. 그러나 베이스콘크리트가 묽어지면 블리딩이나 分離現象이 증대하거나 時間이 경과하면 원래의 상태로 돌아가 버리는 현상이 있으므로 製造施工의 관리를 한층 엄하게 할 필요가 있다.

콘크리트의 強度發現에 있어서 중요한 養生(curing)도 現場施工에 있어서 소홀히 하기 쉬운 경향이 있다. 바닥슬래브의 콘크리트는 일반적으로 충분한 養生이 될 수 없으므로 標準供試體의 60 정도로 되어있는 사례가 많다. 특히 暑中콘크리트에서는 水分의 發散이 현저하여 長期強度의 伸長이 적은 것이 문제가 되고 있다. 寒冷地에 있어서 한중콘크리트의 保溫養生에 관해서는 事前에 충분한 계획을 세워 실시되고 있으므로 좋으나, 추운 기간이 짧은 지역에 있어서는 夜間에 급격히 추워지는 것을 주의해야 한다. 養生과 더불어 거꾸집除去時間도 중요하다. 工事를 서둘러서 거꾸집을 빨리 제거하게 되면 龜裂이나 크리프變形이 생기므로 주의하지 않으면 안된다.

콘크리트의 성능은 이와같이 여러가지 要因에 의해서 좌우되므로 최종적으로 構造體로서 소요의 성능이 얻어지지 않았을 경우 그 원인이 레미콘에 의한 것인가 혹은 施工에 의한 것인가가 분명하지 않은 경우가 있다. 그러므로 부림지점에 있어서 레미콘의 檢查가 중요하게 된다. 레미콘의 경우에는 그 品質이 부림지점에서의 것으로 規定되어 있으므로 부림지점에 있어서 生産者는 제품을 검사하기 위한 試驗을 행할 필요가 있고, 購入者는 제품의 受入檢查를 위한 시험을 행할 필요가 있다. 원래 兩者는 개별적인 성격을 가지고 있으나 便宜上 구입자가 생산자에게 시험을 의뢰하는 경우가 많다. 단, 이 경우에는 반드시 兩者가 試驗方法, 回數 등을 정하고 入會하여 시험을 행하도록 해야한다. 試驗方法이 規定되어 있는 項目는 좋으나 성능만 指定하여 적당한 시험방법으로 실시하면 전혀

무의미한 것이 되어 버린다.

檢查項目중 아직 굳지않은 콘크리트의 試驗結果는 바로 판단될 수 있는 것이 많으나 規定値를 벗어났을 경우는 연속해서 수대의 레미콘차에 대하여 조사하고 이들 결과로부터 종합적으로 是否를 판단하는 것이 좋다. 壓縮強度의 檢查에 있어서는 檢査롯트(lot)의 設定이 큰 문제가 된다. 레미콘에 관한 KSF 4009 및 JIS에서는 원칙적으로 150에 1회의 시험을 행하고, 3회의 시험결과로 是否를 判定하고 있는데 450이 1檢査롯트이다. 1日의 打設量이 많은 현장에는 별문제가 되지 않으나, 일반의 건축공사에서는 1일 타설량이 100~150 인 경우가 많으므로 3회 타설할 때까지 判定할 수 없게된다. 이러한 경우에는 現場單位로 고려하지 말고 그 레미콘工場에서 제조되는 同種의 콘크리트 생산량을 기준으로 하면 좋다. 이렇게 하면 타공사현장에서의 시험결과와 함께 判定하는 것도 가능하게 된다.

3. 流動化콘크리트의 品質管理와 施工管理

3.1 流動化콘크리트의 概要

최근 建設工事に 있어서 콘크리트의 施工은 레미콘의 보편화와 펌프공법의 導入에 의해 현저한 進歩와 合理化가 進行되고 있다. 한편 施工能率을 우선으로 하여 施工軟度(consistency)와 펌프作業성을 개선하기 위해 單位水量이 증가하는 경향이고, 더욱 최근 骨材品質의 惡化가 이에 박차를 가하여 콘크리트의 品質低下가 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 單位水量의 增加는 아직 굳지않은 콘크리트의 블리딩(bleeding)의 대량발생을 초래하고, 레이턴스(laitance)나 콜드조인트(cold joint)가 증가함과 동시에 硬化후의 콘크리트의 乾燥收縮을 증대시켜 콘크리트構造物의 耐久性을 低下시키는 원인이 되고 있다.

流動化콘크리트는 건조수축의 저감, 블리딩의 감소, 水密性 및 氣密性의 改善, 水和發熱量의 減少, 耐久性의 向上 등 콘크리트의 품질개선과 펌프壓送時 등의 施工能率의 向上, 工期의 短縮, 初期強度의 增大, 콘크리트바닥마감재 등의 마감시간 단축 등 콘크리트의 시공성의 개선을 목적으로 하여 사용하게 된

것이다.

高性能減水劑를 응용한 流動化콘크리트는 1971년 경 西獨에서 된비빔콘크리트의 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 정식규정으로 채용되었고, 英國은 1976년에 시멘트콘크리트協會와 시멘트混和劑協會가 流動化콘크리트에 관한 報告書를 작성하였으며, 美國은 1980년부터 ASTM C-494에 高性能減水劑에 관한 規格을 제정하였고, 캐나다는 캐나다規格協會가 1981년에 콘크리트용 流動化劑의 사용지침을 제정하였다.

이웃 日本에서는 1975년경부터 開發研究가 진행되어 종래의 묽은비빔 콘크리트와 동일한 施工性을 維持하면서 된비빔콘크리트에 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 發刊되고, 이어 1983년 同學會에 의해 流動化콘크리트 施工指針案 및 同解説이 발간되어 학계 및 실무계에 많은 공헌을 하고 있으며 流動化콘크리트의 사용실적은 매년 급격히 증가하고 있다.

3.2 流動化콘크리트의 品質管理와 施工管理에 관한 考察 및 檢討

3.2.1 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 一時的으로 增大시킨 것으로, 日本에서는 流動콘크리트, 高流動化콘크리트, 플로우드콘크리트 등의 用語와 함께 통용되고 있으며, 西獨에서는 Fliessbeton, Flowing concrete, Superplasticized concrete 등이 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 혼화제를 基本材料로 하고 있다. 高性能減水劑는 종래의 일반적 콘크리트용 화학혼화제와 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 일반적으로 종래의 묽은 비빔콘크리트에 비하여 單位水量이 적은 콘시스턴시의 슬럼프를 갖는 베이스콘크리트에 流動化劑를 첨가하여 18~20cm의 슬럼프를 갖는 콘크리트로 함으로써 다음과 같은 특성을 얻을 수 있다.

(1) 치어붓기 및 다짐이 매우 용이한 流動性을 확보 할 수 있기 때문에 同一 슬럼프의 在來콘크리트(conventional concrete)에 비해 單位水量이 적은 同一 물 시멘트比(따라서 單位시멘트량도 적음)의 콘크리트를 얻을 수 있다.

(2) 單位시멘트량을 대폭적으로 增加시킴이 없이 施工性을 해치지 않으면서 물 시멘트比를 크게 감소시킬 수 있기 때문에 높은 強度, 耐久性, 水密性 등을 소지한 콘크리트를 만들 수 있다.

3.2.2 流動化콘크리트의 背景

우리나라는 이웃 日本과 유사하게 종래부터 건축용콘크리트는 슬럼프 18~21cm정도의 묽은비빔콘크리트가 主流를 이루었으며 施工方法도 거푸집안에 흘려넣는 방식을 취해왔다. 이와같이 單位水量이 많은 묽은비빔콘크리트는 콘크리트의 품질상 여러가지 좋지않은 측면을 갖고 있는 것이 사실이지만 部材斷面이 작고 더구나 配筋量이 많은 個所에 콘크리트를 채우기 위하여는 양호한 流動性을 필요로 했다. 그렇지만 콘크리트공사 施工技術의 高度化에 따른 콘크리트 펌프공법이 많이 사용됨으로 인해 단위시멘트량을 많게 하고, 細骨材率을 크게해서 콘크리트의 펌파빌리티를 높이도록 調合하게 됨으로써 필연적으로 單位水量이 크게 되었고, 또한 동시에 良質의 天然骨材가 점차 고갈됨에 따라 콘크리트의 品質低下가 심각하게 되어 왔다. 이에따라 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 開發이 추진되고 있다.

즉, 流動化콘크리트는 西歐에서는 된비빔콘크리트의 施工性改善을 목적으로 개발되어 사용되고 있었지만, 日本쪽에서는 원래 流動性이 큰 콘크리트를 사용하고 있었기 때문에 施工性的 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 在來콘크리트정보의 施工性確保의 要望이라는 배경으로부터 流動化콘크리트는 크게 주목받게 된 것이라 할 수 있다.

3.2.3 流動化콘크리트의 製造와 施工

1) 流動化콘크리트의 製造

流動化콘크리트는 베이스콘크리트에 流動化劑를 첨가, 교반하여 제조하며, 製造方法으로서는 일반적으로 다음 세가지를 들 수 있다

첫째, 레디믹스 콘크리트공장에서 제조하여 트럭에지테이터에 적재한 베이스콘크리트에 곧 流動化劑를 첨가, 교반하여 流動化시키는 방법이다. 그런데 이 방법은 콘크리트를 운반중 슬럼프손실이 크기 때문에 현장에 매우 가까운 경우나 工事現場에서 믹싱하는 콘크리트의 경우에만 사용되고 있다.

둘째, 레미콘工場の 트럭에지테이터내의 콘크리트 상부에 流動化劑를 投入, 低速으로 에지테이트하면서 運送하고, 현장에 도착하여 교반하는 방법이다. 이 방법도 수송거리가 짧거나 流動化劑를 投入하여 30분 이내에 타설할 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 流動化시키는 방법으로서 後添加法 또는 遲延添加法이라 불린다. 이 방법은 거의 일반적으로 적용되는 방법으로서 효율적이므로 거의가 이 방법을 채택하고 있다. 그러나 이 방법에는 현장에 流動化劑의 計量과 投入에 필요한 施設이 요구되기도 하는 문제를 지니고 있다.

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

2) 流動化콘크리트의 施工

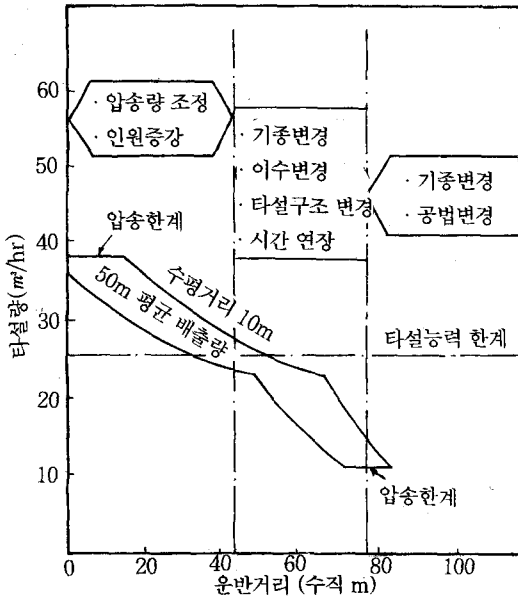
① 施工計劃 및 管理

流動化콘크리트는 앞에서 설명한 바와 같이 보통의 묽은비빔콘크리트와 비교해서 슬럼프손실이 크며, 流動性이 다소 상이한 점 등의 특징이 있기때문에 이러한 점을 고려하여 보통의 在來콘크리트에 비해 보다 면밀한 施工計劃을 세울 필요가 있다. 그리고 流動化콘크리트의 시공시 레미콘을 현장까지 운반하는 시간이 길어지면 流動化效果가 低下되며 타설면의 상태가 좋지않은 경우가 생기므로 運送時間, 특히 믹싱으로부터 流動化劑 첨가시기까지의 시간을 외기온도에 따라 조절해야 할 필요도 있다.

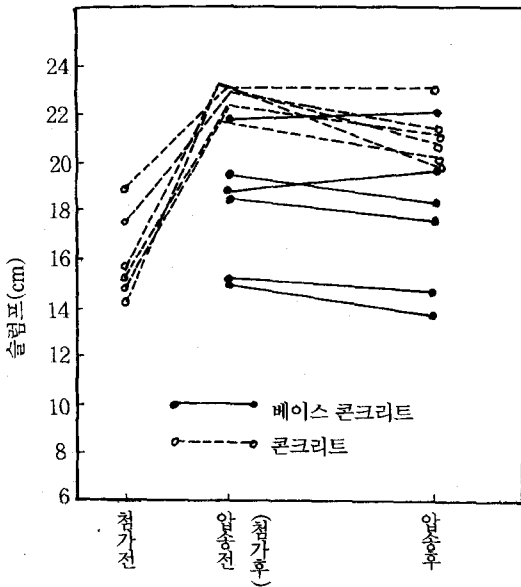
한편, 施工管理에 있어서도 베이스콘크리트의 品質確保와 더불어 슬럼프, 즉 콘시스턴시의 관리가 매우 중요하며, 流動化劑 첨가전의 슬럼프관리를 철저히 해야한다. 아울러 레미콘工場에 대해서는 骨材의 品質管理, 믹싱 등에 주의하여 슬럼프의 變動 등을 최소한으로 줄이도록 관리해야 한다.

② 콘크리트의 壓送

流動化콘크리트의 경우 시공현장의 형편상 펌프를 이용하여 콘크리트를 압송할 경우가 많다. 이때 壓送에 의하여 콘크리트의 品質에 변화가 생기게 되므로 압송전후의 콘크리트의 品質變動에 주의를 기울여야 함은 물론이다. 日本의 流動化콘크리트 施工指針案 및 同 解説에 따르면 펌프施工計劃에 대한 일례를 그림(a)와 같이 설정하여 콘크리트펌프의 능력과 타설, 또는 마감작업과의 관련을 명확히 하고, 施工缺陷이 발생하지 않도록 콘크리트打設設計 全般에 대하여 검토하도록 하고있다.



그림(a) 펌프시공계획 개념도



그림(b) 콘크리트의 압송에 따른 슬럼프변화

일반적으로 流動化콘크리트의 壓送抵抗과 吐出量과의 관계를 동일슬럼프의 묽은비빔콘크리트와 비교하면 약간 적다고 한다. 그러나 압송에 의한 콘크리트의 品質低下는 보통의 묽은비빔콘크리트에 비해 약간 크다고 하며, 보통 조건하에서 슬럼프가 2cm정도 저하했다는 研究報告도 있다. 流動化콘크리트 및 보통 콘크리트의 압송전후 슬럼프변화를 다음 그림(b)에 나타낸다.

③ 콘크리트의 打設

流動化콘크리트는 流動化 후 경과시간에 따른 슬럼프의 변화때문에 20~30분내에 치어붓기를 완료함이 바람직하다. 다짐에 있어서는 보통의 재래콘크리트와 큰 차이는 없는 것으로 알려져 있다. 그런데 流動化콘크리트는 同一슬럼프의 묽은비빔콘크리트에 비교해서 調合時 시멘트페이스트의 양이 적은 경우가 많기 때문에 分離에 대하여 주의를 요한다. 한편 流動化콘크리트의 시공이음을 고려한 打設量, 打設時間, 打設個所 및 콘크리트의 供給에 대한 計劃도 수립해야 하며, 콘크리트구조체에 발생하는 곰보 또는 콜드 조인트는 단순히 콘크리트의 調合이나 다짐방법 등에 기인하는 것은 아니기에 콘크리트 運搬에서부터 마감, 養生까지를 포함한 施工計劃全般의 檢討를 철저히 해야할 필요가 있다.

3.3. 流動化콘크리트의 問題點

짧은 역사를 가진 流動化콘크리트가 보편적인 콘크리트工法으로 이용되기 위해서는 해결해야 할 많은 문제점이 있으며 간략하게 다음과 같이 정리해 볼 수가 있겠다.

먼저 流動化콘크리트에 대한 使用材料, 調合, 施工方法의 영향에 관계되는 충분한 자료를 축적하여 표준적인 施工示方書가 확립되어야 한다. 또한 流動化콘크리트는 베이스콘크리트의 품질변동이 추가되므로 면밀한 品質管理가 요구되며, 종래로부터 사용해 오던 콘크리트의 基準 및 規格과의 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 規定이라든지

流動化콘크리트의 워커빌리티 측정에 대한 기준 등이 설정되어 콘크리트品質에 대한 責任限界를 명확히 해야 한다.

流動化콘크리트는 混和劑의 使用範圍를 한층 진전시킨 것으로 된비빔콘크리트의 施工性改善, 물은비빔콘크리트의 品質改良 要求를 만족시키는 새로운 콘크리트技術이다. 따라서 아직 使用경험이 적고 표준적인 示方法도 확립되지 않아 베이스콘크리트의 品質變動에 流動化工程에 의한 品質變動이 가해지기 때문에 통상의 콘크리트이상으로 면밀한 品質管理 및 施工管理가 요구되고, 종래의 콘크리트에 관한 規準, 規格, 體系와의 관계가 정립되어 있지않기 때문에 아직 해명해야 할 문제점이 많이 있다.

이와같이 流動化콘크리트의 施工에는 경험과 기술의 축적이 더욱 필요하나 그 특성을 충분히 파악하여 무리없는 使用방법을 강구함과 함께 엄밀한 施工管理를 행함으로써 일반적인 工法으로서 건설공사에 널리 적용될 수가 있을 것이다.

4. 結 論

최근 콘크리트構造物의 性能이나 品質에 대한 관심이 점점 높아지고 있고, 콘크리트도 이러한 문제를 피할 수 없다. 지금부터는 레미콘工場에 있어서도, 施工現場에 있어서도 品質管理 및 施工管理에 대한 요청이 한층 심해질 것으로 예상되므로 이에 대처하도록 노력해야 한다.

콘크리트에 대한 要求性能도 콘크리트構造物의 多樣化나 施工法의 近代化에 따라 점차 高度한 것이 요구되고 있으며, 骨材問題도 심각한 상태에 이르고 있으므로 低品質骨材의 有效利用이나 混和材料에 의한 品質改善의 研究가 필요한 시점에 있다.

이와 병행하여 檢査技術의 近代化도 큰 문제가 되고 있다. 품과 시간이 많이 드는 검사는 품질관리의 목표에 반하는 것이다. 콘크리트強度의 검사를 위해 여러가지 早期判定法이 제안되고 있는 것도 하나의 진보라고 생각된다. 이밖에 콘크리트의 특성을 명확히 밝히기 위한 간편한 시험방법의 개발도 바람직하다. 天然資源이 빈곤한 우리나라에서 콘크리트는 國產資源을 이용해서 만들 수 있는 훌륭한 經濟的材料

이고 또한 耐久性이 우수한 材料이다.

문제는 좋은 品質의 콘크리트를 어떻게 경제적으로 제조할 수 있는 거의 기술을 개발시켜 나가는데 있다. 우리 한국도 앞으로 콘크리트의 高性能化 및 高強度化를 향하여 꾸준히 콘크리트製造技術을 개발하고 발전시켜 콘크리트의 품질향상을 도모함으로써 建設生産現場에서 콘크리트構造物의 건설에 있어서 工學的 性能 및 經濟性을 제고시켜야 하겠다.

〈참 고 문 헌〉

1. 日本建築學會, 建築工事標準仕様書 同解説 (JASS 5 鐵筋 콘크리트工事)
2. 日本建築學會, 高強度콘크리트造 設計施工指針案 同解説
3. 日本콘크리트工學協會, 콘크리트技術의要點, 1982
4. 平賀友晃, 倉林清, 콘크리트工事의 施工管理의 實際, 施工, 1978, 6
5. 日本建築學會, 輕量콘크리트 調査設計, 施工指針案 同解説, 1978
6. 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
7. 金武漢, 高流動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
8. 渡邊, 山本, 武全, 藤井, 夏梅, 流動化콘크리트의 展望, 建築技術 No. 384, 1983, 8, pp. 71-83
9. 毛見, 平賀, 倉林, 流動化콘크리트의 施工, 建築技術 No. 348, 1980, 8, pp. 79-97
10. 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
11. 日本建築學會, 流動化콘크리트의 技術의 現狀, 昭 55. 9, pp. 1-7
12. 日本建築學會, 流動化콘크리트 施工指針案 同解説, 1983, pp. 28-29