

# 콘크리트 構造物의 耐久性 要因 考察

李 章 和

〈 한국건설기술연구원  
구조연구실, 선임연구원 〉

## 1. 序 論

건설材料로서 가장 큰 부분을 차지하는 콘크리트는 반 영구적인 것으로서 몇십년 정도 사용하는데는 別問題가 없는 것으로 인식되어 왔다.

그러나 최근 각국에서 대두되고 있는 콘크리트의 劣化損傷은 비록 국부적으로 發生하더라도 부재의 보수 및 교환이 곤란하여 결국에는 構造物 전체의 내용 년수를 단축시키는 결과를 초래하기 때문에, 콘크리트의 설계, 施工 및 維持管理에 있어서 耐久性, 使用性, 強度의 순으로 중요성에 대한 인식이 전환되고 있다.

콘크리트 타설초기에 內在된 각종 결함에 의한 다발龜裂, 剝離, 탈락, 마모등의 劣化損傷이 외적으로 인식되기까지는 다년간의 시간을 필요로 하지만 이를 인지하였을 때는 이미 손을 쓰기 곤란하고 막대한 비용을 들여 보수하더라도 源泉의인 원인제거가 불가능하다. 이러한 문제점으로 인해 선진 외국에서는 콘크리트構造物의 결함이나 성능손실이 외적으로 表출되기 이전에 결함의 존재與否를 診斷하기 위한 研究와 事前 결함요인 제거를 위한 研究에 심혈을 기울이고 있다.

國內에서는 콘크리트構造物의 劣化 損傷등 耐久성과 관련한 研究가 시작단계에 있고 충분한 調査도 수행되지 못한 실정이다. 따라서 본

研究에서는 콘크리트構造物의 耐久性 향상을 위해서 우선 耐久性에 영향을 미치는 각종 要因과 향상방안 및 耐久性 診斷方法에 대해 간략히 정리하고 要因別 損傷현황을 調査하여 分析 제시하고자 한다.

## 2. 耐久性에 영향을 미치는 요인

### 2.1 凍結 融解

水分을 含有한 콘크리트가 凍結 融解를 반복해서 받게되면 空氣가 연행되지 않은 시멘트플에서는 심한 膨脹이 일어나게 되어 內部の 인장응력과 龜裂이 발생하게 된다. 그리고 骨材의 경우 人工 輕量骨材와 같은 다공질 岩石은 투수성이 커서 凍結시 물이 쉽게 빠져 나갈 수 있어 포화도가 높을지라도 크게 問題되지는 않으나 미세공극을 가지며 낮은 투수성에 비하여 높은 흡수율을 가진 骨材의 境遇는 큰 피해를 받게 된다. 凍害의 위험은 凍結 融解횟수, 그때의 최저溫度, 물의 존재등에 관계되며 凍結抵抗의 개선방안으로 다음 사항들이 고려되어야 한다.

- 構造物의 습기에 최소 露出되게 설계함
- 낮은 W/C비의 콘크리트를 사용함
- 알맞은 材料를 사용함.
- 施工할 때의 특별한 주의

## 2.2 유해한 化學的 侵害

化學的 侵害의 일반적인 형태는 시멘트의 溶解, 황산염, 海水 그리고 소량의 자연산성물의 작용이다. 콘크리트는 고체 및 乾燥物質에 대해서는 侵害가 거의 없으나 腐蝕性 化學物質이 용해의 형태로써 허용농도 이상일 때는 콘크리트에 심각한 손상이 發生된다.

### 2.2.1 황산염 侵害

자연에서 發生하는 황산나트륨, 황산칼륨, 황산칼슘, 황산마그네슘이 때때로 콘크리트 構造物에 인접한 흙 혹은 지하수에 溶解되어 발견되는데 이 염들은 알루미늄산 칼슘 水和物과 反應하여 황화 알루미늄산 칼슘의 결정체를 형성함으로써 결국 콘크리트를 붕괴시킨다. 그리고 露出面에서 증발이 일어나면 溶解된 황산염이 表面에 축적되어 이 염들의 농도 및 劣化시킬 수 있는 잠재력이 증가된다. 고체염은 콘크리트를 侵害할 수 없으나 溶解된 狀態로서는 경화된 시멘트풀과 反應을 일으켜 콘크리트에 피해를 줄 수 있다. 황산염 侵害에 대한 抵抗개선 방안으로 다음과 같은 事項들을 고려하여야 한다.

- 낮은 알루미늄산 삼석회의 시멘트를 使用함
- 포졸란을 첨가함
- 플라이애쉬를 사용함
- 콘크리트의 非透過性を 증가시킴
- 고압증기로 양생함
- 낮은 W/C비의 콘크리트를 使用함
- 내황산염 포틀랜드 시멘트를 使用함

### 2.2.2 酸性 侵害

농업·공업 쓰레기, 연료의 연소, 지하수등으로 부터 생성된 산은 습기찬 狀態에서 시멘트를 溶解시켜서 콘크리트 表面을 붕괴시키고, 또한 龜裂등을 통해 콘크리트 内部로 浸透해 콘크리트의 내적피해를 일으킨다.

산에 대한 콘크리트의 抵抗 개선방안으로 다음 사항들이 고려되어야 한다.

- 포틀랜드 고로 시멘트나 포틀랜드 시멘트에

포졸란을 함께 使用함

- 콘크리트가 露出되기 전에 乾燥시킴
- 낮은 W/C비의 콘크리트를 사용함

### 2.2.3 海水 侵害

海水에 含有된 황산염은 시멘트 경화물에 작용하여 다량의 결정체를 가진 피막을 형성하여 膨脹하고 콘크리트를 붕괴시키며, 염 결정체, 파도의 충격과 마모 凍結작용, 얼음덩어리등에 의해 侵害를 받을 수가 있다.

이에대한 콘크리트의 抵抗 개선 방안으로 다음 사항들을 고려하여야 한다.

- 중용열 포틀랜드 시멘트, 내황산염 포틀랜드 시멘트, 슬래그 성분이 많은 실리카 시멘트를 使用함
- 양질의 감수제 및 AE제를 使用함
- 보통 콘크리트에 비해 W/C비를 작게함
- 조류의 간만의 영향을 많이 받는 부분의 단위 시멘트량을 330kg/m<sup>3</sup>이상으로 함.
- 海水에 씻겨지는 부분은 被服두께를 7.5cm로 함
- 타설이음을 만드는 것을 피하고, 최고 수위로 부터 60Ccm, 최저 수위로 부터 60cm사이의 감조부분은 타설이음을 하지 않도록 함
- 타설후 적어도 4일간 海水와 접하지 않도록 함

## 2.3 磨 耗

콘크리트의 表面은 차량의 반복하중, 겨울철 차량의 체인 및 못박은 타이어, 미끄럼 抵抗 그리고 수리 構造物의 空洞現象에 의해 마모된다. 이러한 마모現象은 다음 사항들을 고려함으로써 개선될 수 있다.

- 압축強度, 骨材의 特性, 마무리 方法, 양생, 表面처리등을 개선함
- 기존 콘크리트의 마모 抵抗을 개선하기 위해서는 액체 경화제가 가장 유효함
- 空洞현상에 대한 마모를 줄이기 위해서는 폭기방법, 흡수판 벽널방법등이 있다.

## 2. 4 鐵筋 腐蝕

콘크리트는 대부분의 條件下에서 內在된 物質들의 腐蝕을 적절하게 막을 수 있는데 이는 콘크리트자체의 고알칼리성과 높은 내전도성에 起因한 것이다. 철근腐蝕작용은 순수한 산화환원 反應이 수산화철의 침전과 더불어 발생하여 이루어지고, 수산화철( $Fe(OH)_2$ )이 水和되므로 붉은 녹( $Fe_2O_3$ )이 생성된다. 이러한 腐蝕은 콘크리트의 被服이 충분치 못하거나 龜裂이 發生되었을 境遇, 각종 오염물의 浸透에 의하거나, 대기층의 이산화탄소와 反應하여, 중성화작용을 일으킴으로써 發生한다. 또한 海洋環境에 처해 溶解性소금에 露出된 境遇, 腐蝕에 대한 위험성은 상당히 커진다. 이러한 철근 부식 防止를 위한 개선안으로서는 다음 事項들을 고려할 수가 있다.

- 防水膜으로 물을 遮斷함
- 콘크리트 덧씌우기 • 라텍스-수지 콘크리트를 使用함
- 非腐蝕性 철근을 使用함
- 충분한 被服 두께를 확보함

## 2. 5 骨材化學反應

骨材의 化學反應이란 骨材속에 포함된 反應性 鑛物이 시멘트 硬化體의 공극 용액중 알칼리 및 물과 反應하는 것으로서 이로 인해 시멘트 硬化體가 膨脹되고 龜裂이 發生하는 현상이다. 그 種類로는 알칼리-실리카 反應, 시멘트-骨材反應, 알칼리-탄산염反應등이 있다.

알칼리-실리카反應은 콘크리트의 알칼리 이온, 수산기 이온과 骨材등의 非結晶質 실리카사이에 생기는 反應이다. 이 反應에 영향을 미치는 要因으로는 알칼리 反應性 物質과 岩石과 岩石, 反應性 骨材의 입경 및 혼입율, 시멘트 알칼리양, 溫度 濕度, W/C비 등이다.

알칼리 실리카 反應의 防止 對策으로는 다음 事項을 고려할 수 있다.

- 저알칼리 시멘트 使用

- 포졸란 使用
- 콘크리트를 多濕한 環境에 露出시키지 않음
- 고로 시멘트를 50%이상 混合한 보통 포틀랜드 시멘트를 使用함
- 細骨材, 粗骨材 모두 알칼리 反應性이 없는 것을 使用함

시멘트-骨材反應은 시멘트에 저알칼리를 使用한 境遇에도 化學反應이 일어나는 특수지역의 특수한 알칼리-실리카 反應으로서, 심한 乾燥와 水分이동으로 인해 콘크리트의 局部領域으로 알칼리를 집중시킴으로써 發生한다.

알칼리-탄산염 反應은 점토질의 돌로 마이트 석회석과 시멘트의 알칼리 사이에서 일어나는 反應이며, 이 알칼리-탄산염 反應을 緩和시킬 수 있는 方法으로는 다음 事項들을 고려할 수 있다.

- 선별 採石에 의한 反應 岩石의 使用를 避함
- 非反應性 骨材를 混合하거나 최대치수가 작은 骨材를 使用함
- 저알칼리 시멘트를 使用함

## 3. 耐久性 診斷 方法

### 3. 1 凍害에 관한 耐久性 診斷 方法

콘크리트의 凍害에 의한 劣化의 診斷으로 凍結 融解試驗, 凍結에 관한 콘크리트 공시체의 臨脹 試驗등이 있다. 凍結融解 試驗에 관한 ASTM C666은 콘크리트의 耐凍結性을 비교하기 위한 手段으로써 水中 또는 空氣中에서 凍結된 콘크리트를 水中에서 融解시키는 작업을 반복함으로써 耐凍解性을 판정하며, 國內규격으로 KSF2456 “急速 凍結融解에 의한 콘크리트의 저항試驗 方法”이 있다. 그리고 실제 콘크리트 構造物이 耐久性 診斷 方法으로는 콘크리트중에 水分이 축적되는 과정을 포착하여 含水量이 限界值 이상으로 되는가의 與否에 따라 劣化現象을 判斷하게 되며 實存 構造物에서의 콘크리트의 耐久性 診斷 方法에는 더욱 많은 研究가 요구된다.

## 3. 2 化學的 要因에 관한 耐久性 診斷 方法

### 3. 2. 1 알칼리 骨材反應에 관한 診斷 方法

콘크리트 構造物이 알칼리 骨材反應을 일으키는지의 與否 또는 장래의 알칼리 骨材反應을 일으킬 可能性이 있는지 判定하는 方法으로 外觀調查, 코어채취, 코어내의 骨材試驗등이 고려될 수 있다. 外觀調查로는 龜裂分布, 균열幅 및 균열길이 調查와 超音波 傳達속도에 의한 龜裂 길이 측정 그리고 Schumit Hammer에 의한 強度 측정등이 실시되며 코어채취에 의한 調査로는 코어 外觀調查, 검출된 gel의 分析, 膨脹試驗, 알카리량 分析등이 실시된다. 그리고 코어내의 骨材에 대한 실험으로는 鑛物 및 암석학적 試驗, 化學法 그리고 모르터봉법들이 使用된다.

### 3. 2. 2 中性化 診斷 方法

콘크리트가 大氣中에 있을 때 大氣中의 이산화탄소가 콘크리트 內部에 浸透해서 콘크리트 중의 수산화 칼슘과 反應하여 콘크리트가 알칼리성을 喪失하여 中性化된다. 中性化의 調查目的과 劣化정도에 따라 최소한의 調查位置를 선택해야 하며, 측정位置의 環境條件, 마감재의 種類와 두께, 콘크리트의 狀況, 철근의 被服두께, 種類 및 직경 그리고 콘크리트 內部의 철근 腐蝕狀況등을 調查한 후 1% 페놀프탈레인 용액을 調查對象物에 분무하여 측정면의 條件에 따라 시약의 분무시기 및 측정시기 그리고 發色 깊이를 측정한다

## 3. 3 鹽害의 診斷 方法

콘크리트중에 유해한 鹽分量이 존재하는 境遇를 대상으로 어떤 방식을 강구하는 境遇 그 효과를 얻을 수 있는 鹽分의 上限值등을 결정하기 위하여 이용되는 것이지만 數年內에 해수비말과 동결 방지제등 외부로부터 鹽分浸透에 의한 콘크리트의 早期 劣化의 問題가 확실하게 대두될 수 있는 狀況에서는 鹽分에 관한 試驗을 해야될 것으로 사료된다. 耐久性診斷의 1차 調査로서 構造物의 龜裂, 被服 콘크리트의 剝離

등 外觀의 劣化狀況을 調查한 후 被服 콘크리트를 50cm×50cm의 넓이로 철근의 이면까지 절취하여 철근腐蝕, 被服두께 및 中性化 깊이를 調查하여야 한다. 그리고 코어를 채취하여 強度試驗 및 콘크리트 내부의 염화물 浸透量을 調查한다.

## 3. 4 철근 腐蝕 診斷 方法

콘크리트 構造物에서는 철근 腐蝕 發生과 진행정도를 파악하는데는 肉眼 관찰로써 콘크리트의 龜裂, 表面층의 剝離 혹은 녹에 의한 착색을 찾아내거나 物理的 方法으로 테스트 햄머타음법, 超音波法 Acoustic Emission法, 적외선 放射線 透過 寫眞法, X선 단층 診斷法등이 있으며 電氣化學的 方法으로 전위도법, 직선분극법, 교류임피던스법, 전기化學的 소음법등이 있다. 또한 構造物 環境의 腐蝕性 즉 염화물 이온, 탄소, 이산화탄소, 水分등의 콘크리트 內部 확산속도를 評價하거나 콘크리트의 抵抗率을 측정하는 方法등이 있다.

## 3. 5 耐久性 診斷을 위한 非破壞 檢査 方法

### 3. 5. 1 超音波法

超音波法은 20KHz이상의 超音波 縱波 Pulse를 콘크리트 중에 放射 그 電波시간 t로부터 얻어지는 電波속도 Vc에 의해 콘크리트 品質 또는 品質의 誤差를 平價하는 方法이다.

### 3. 5. 2 赤外線法

적외선은 電磁波의 일종으로써 어떤 物質이라도 溫度가 絕對 零度이상이면 원자와 분자의 振動 및 回轉에 의해 放射되게 되는 것으로 周波數가 가시광선과 마이크로파의 中間에 位置하는 약  $1 \times 10 \sim 5 \times 10$ Hz까지의 範圍에 속하는 것이다. 적외선 센서에는 物體로부터 放射되고 있는 적외선의 強度로 物體表面溫度를 계측하는 것과 적외선을 투사해서 흡수, 반사, 透過등의 특성을 계측하는 것이 있다.

### 3. 5. 3 X선법

X선이 가지고 있는 여러가지의 性質을 적절하게 利用하므로써 X선 透過시험을 할 수 있으며, 크게 직접 촬영법, 간접 촬영법, 透視法등 3가지로 분류된다. 그리고 이미지 인텐시화이어를 이용해 콘크리트 파편속에 含有되어 있는 岩石, 금속, 기포 및 龜裂등을 明確하게 나타낼 수 있다.

### 3. 5. 4 마이크로파법

電波를 利用해서 콘크리트 内部의 非破壞 檢査를 행한 研究는 아직 알려지지 않고 있지만, 電波利用은 전극이 콘크리트에 밀착되지 않아도 가능하며 高速으로 측정할 수 있고 취급이 안전하다는 등의 利點이 있는 반면 콘크리트 内部에서의 감쇄가 크며 利用하는 파장이 수 cm이상이기 때문에 内部 상태의 상세한 映像化가 곤란하다.

### 3. 5. 5 Acoustic Emission법

Acoustic Emission이란 固體材料의 파괴에 伴随되어 發生하는 音의 총칭이며, 미소파괴에 의해 發生하는 彈性波動으로서 이 AE파동은 지진파동과 유사하다. 다만 AE現象이 지진과 다르게 특징지어 지는 점은 대상으로 하는 파괴 규모가 작다는 점과 그에 따른 發生파동의 周波數 성분이 높다는 점이다. AE 계측기기의 改良에 의해 검출감도는 顯著하게 向上되어 現在 0.1mm정도의 미소龜裂 發生에 의한 彈性波動을 檢출할 수 있다.

## 4. 콘크리트 構造物의 현황調査

### 4. 1 調査內容 및 範圍

콘크리트의 損傷劣化를 調査 分析하기 위한 대상 構造物의 調査內容 및 調査範圍는 <표 1>과 같다.

<표 1> 현황조사 대상 및 내용

손상 요인	조사 대상	조사 내용 및 범위
(1) 동결응해	· 극심한 동해를 받은 구조물 (추적 선정)	· 콘크리트 손상 현황 · 유지관리 문제 · 콘크리트 표면 강도
(2) 화학적 침해 · 황산염 침해  · 산성 침해  · 해수 침해	· 서울시내 교량(제설제 살포 교량) · 서울시 하수천(청계천) · 유해폐수발생처(도금공장단지) · 화학약품공장  · 임해구조물(교량,갑문,부두) · 산성우	· 콘크리트 손상 현황 · 콘크리트 표면 강도 · 손상부위 · 코아채취 및 분석 · 중성화 시험 · 염분량 시험 · PH, 유해가스(HS)량 · 유지관리 문제
(3) 골재의 화학 반응 · 알칼리-골재반응	· 지역별, 암종별 석산골재	· 25종 쇄석골재 채취 · 편광현미경 및 X-Ray회절법에 의한 분석 · 광물화학적 알칼리-골재 반응성 분석

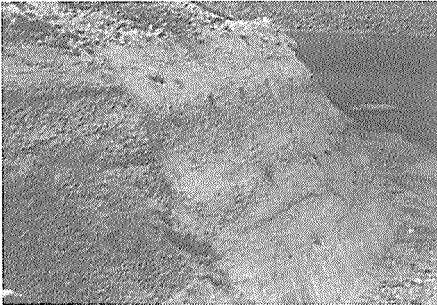
## 4. 2 凍結 融解에 의한 損傷

### (1) 構造物 環境

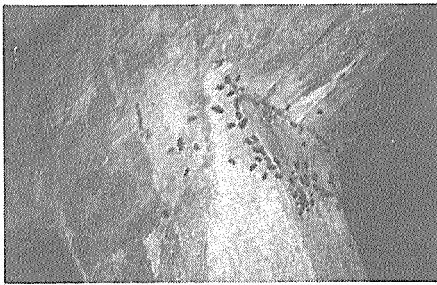
冬節期에 施工하여 초기부터 凍害로 인한 損傷이 포착되었던 대형 콘크리트 옹벽이 선정, 調査되었다. 대상 構造物은 수리 構造物의 일부로서 1일 1회 정도 淡水에 침수되어 凍結 融解에 극심하게 露出되어 있었다.

### (2) 損傷 狀態

損傷된 콘크리트면은 심하게 劣化되어 약 10 cm 깊이까지는 쉽게 긁어낼 수 있었다.



〈그림 1〉 凍害로 인한 콘크리트 옹벽의 損傷에



〈그림 2〉 바퀴벌레의 서식 모습



〈그림 3〉 손상된 콘크리트 기둥

## 4. 3 化學的 侵害에 의한 損傷

### 4. 3. 1 황산염의 侵害

#### (1) 構造物 環境

淸溪 下水川의 構造物은 콘크리트 기둥·보·슬래브로 構成되어 있으며 内部에는 빛이 들지않고 換氣가 잘 이루어지지 않아 일부 강제 換氣시키고 있다. 하수는 각종 工場 및 生活汚水와 雨水가 混雜되고 있었으며 調査시(뽕수기)에는 별다른 악취가 없었다.

#### (2) 損傷 狀態

하수와 직접 접하지 않은 콘크리트의 일부에 불규칙 龜裂이 나타나 있고 회백색 粉末로 덮혀 있었다. 기둥 부분과 슬래브의 損傷 狀態는 <그림 2> <그림 3>과 같으며, 더욱 심하게 腐蝕된 부분은 보수를 하였으나 철근腐蝕이 계속되어 철근녹이 表面까지 露出되어 있었다.

### 4. 3. 2 산성 侵害

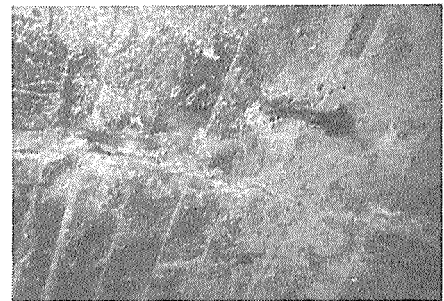
#### (1) 構造物의 環境

鍍金工場의 경우 鍍金 種類에 따라 다르지만 대부분의 경우 산도가 극히 높은 化學藥品을 使用하여 PH3이하의 強酸性 廢水가 콘크리트로 된 저장 탱크로 流入되어 바닥 슬래브 콘크리트는 강산성 物質과 접촉하는 경우가 많다. 化學藥品 제조공장도 역시 生産되는 化學藥品의 種類에 따라서 發生되는 개스의 種類과 유해도가 다르며 여러가지 개스가 건물내외의 콘크리트와 항상 接한다.

#### (2) 損傷 狀態

##### 1) 鍍金 工場

바닥슬래브의 콘크리트는 시멘트 페이스트

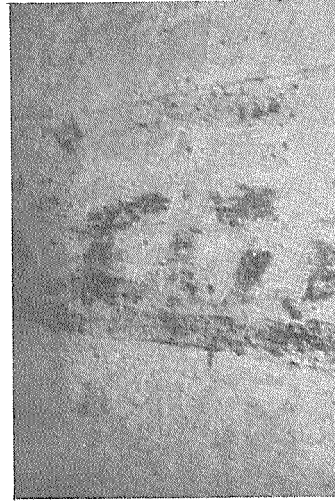


〈사진 4〉 손상된 콘크리트 슬래브 하면

부분이 거의 떨어져 骨材가 심하게 突出되어 있으며 (그림 4 참조) 이 부분에 대해 약 10cm 깊이로 코아를 채취한 결과 6cm까지는 表面에 보이는 푸른색액이 침투된 흔적이 있고, 페놀프탈레인 시약을 분무하였을 때 10cm까지 무색으로 나타나 알칼리성을 잃은 것으로 判斷된다. 폐수집수조의 콘크리트는 강한 산성용액에 항상 젖게되어 빠른 속도로 腐蝕되므로 폐수집수조의 콘크리트를 아연으로 코팅하였다.

#### 2) 化學 工場의 콘크리트

그림 5에 나타난 기둥의 龜裂은 주철근 방향을 따라 發生되어 있었으며 균열폭은 일정하지는 않았지만 약 1.5cm까지 나타나 있고 심한 곳은 녹슨 철근이 露出될 정도였다.



<사진 5> 보수면에 노출된 철근녹

### 4. 3. 3 海水 侵害

#### (1) 調査대상 構造物의 概要

海水 또는 海風에 의해 영향을 받는 構造物을 대상으로 하였으며 선정된 構造物의 概要는 <표 2>와 같다.

#### (2) 損傷 狀態

各 構造物의 損傷부분과 損傷 狀態 및 損傷 정도는 <표 3>과 같다.

#### (3) 鹽分量 分析

45°C의 물에 溶解되는 수용성 鹽分量을 Argentometric Method에 의해 구했으며, 그 分析 결과 <표 4>와 같다.

#### <표 2> 조사대상 구조물의 개요

#### (4) 分析결과 考察

- 海水와 직접 接하는 콘크리트의 境遇에는 鹽分量 許容치 (0.3%) 이상이다.
- 海水와 직접 接觸하지 않거나 海風의 영향을 받는 境遇에는 鹽分量이 대부분 許容치 (0.3%)이내에 있다.
- 變산교의 境遇 橋脚의 주철근 방향으로 심한 龜裂이 있으며, 콘크리트 내의 鹽分 含有率이 높아 (0.53~1.17%) 철근 腐蝕이 심화된 것으로 判斷된다.

### 4. 4 알칼리 骨材反應

#### (1) 시료선정 및 채취

표 2) 조사대상 구조물의 개요

구조물명	위 치	준공년도	해수와의 접촉 상황
쌍 천 교	강원, 양양	1962	평시 담수와 접촉, 폭풍시 해수와 접촉 가능
물 치 교	강원, 양양	1962	평시 담수와 접촉, 폭풍시 해수와 접촉 가능
부산 제2부두	부산		해수면 1.5m위의 슬래브
죽 시 교	전남, 고흥	1969	해풍영향
목 리 교	전남, 강진	1961	항시 접촉, 담수와 해수 교차
변 산 교	전북, 부안	1937	항시 접촉
관기갑문 (구)	전북, 김제	1927	간만조시 접촉
관기갑문 (신)	전북, 김제	1979	간만조시 접촉
강 화 대 교	경기, 강화		항시 접촉

〈표 3〉 구조물의 손상 현황

구조물명	손상 상태 및 현황	비고
쌍천교	교각 캔틸레버 부분 균열 (일부 철판을 씌워 보강)	<사진 10>
물치교	교각 캔틸레버 부분 균열 (일부 철판을 씌워 보강)	<사진 11>
부산제2부두	1형 Steel Girder 심한 부식 (피막 박리) 중차량에 의한 슬래브 신축이음부의 균열, 합물 Steel Pier 및 Steel Girder는 극심한 부식으로 단면 감소	<사진 12>
죽시교	슬래브 주철근 방향 심한 균열, 철근 부식 피복두께가 대단히 얇음 (약 2cm 이내)	<사진 13>
목리교	우물통 기초부분 세굴	
변산교	슬래브 균열 및 철근부식 교각 심한 균열 및 철근부식	<사진 14>
관기갑문 (구)	세굴로 인해 골재 노출	<사진 15>
관기갑문 (신)	심한 세굴로 골재 노출, 옹벽부 심한 균열	<사진 16>
강화대교	우물통 기초부분 세굴 (Steel 우물통 및 콘크리트 보강)	

〈표 4〉 염분량 분석 결과

대상 구조물	염분량 함유율*(%)			비고
	0-2.5cm	2.5-5cm	5-7.5cm	
쌍천교	0.25	0.25	0.14	전 시편에 대한 페놀프탈레인 용액 착색시험 결과 중성화는 거의 진행되지 않은 것으로 나타남
물치교	0.21	0.26	0.14	
부산제2부두	0.21	0.42	0.25	
죽시교	-	-	-	
목리교	0.75	0.54	0.52	만조시 해수에 침수
변산교 (교각)	1.17	0.81	0.53	
변산교 (상판)	0.29	0.25	0.22	
관기갑문 (구) (바닥)	0.55	0.37	-	해수와 접촉하지 않음
관기갑문 (구) (옹벽)	0.36	0.39	0.32	
관기갑문 (신) (옹벽)	0.22	0.33	0.30	만조시 해수는 차단 대부분 담수의 영향
강화대교	-	-	-	

$$* \frac{\text{콘크리트내의 염분함유량}}{\text{콘크리트의 건조중량}} \times 100$$

1:250,000축척의 지질도를 利用하여 岩種別, 生成年代別로 調査대상 석산 및 岩石種類를 결정하였으며 채취 장소는 <그림 6>과 같다.

(2) 분석

알칼리·骨材反應의 잠재성을 判斷하기 위하

여 反應性 物質의 量 및 그 反應性 物質을 포함하고 있는 岩石의 種類와 조직성상을 편광현미경법과 X선회절 試驗法을 통해 分析하였으며, 편광현미경법에 의한 岩石 種類別 分析 결과는 <표 5>와 같다.



〈표 5〉 구성광물 분석결과

구분	No	암석명	시 대	구 성 광								채집장소	분석시기		
				적소광 석 영	파동소 광석영	사장석	정장석	운 모	철광 물	semc, illi.	미소 운모			기 타 (gl.ty.cy)	
퇴 적 암	1	사 암 백 악 기		178	25.0	304	132	0.8	0	104	0	암편:24 (0)	경북 달성군 다기면 상리동	편광현미경 XRD	
	2	사 암 백 악 기		18	30.4	154	36.0	12	0	0	122	쳐트:30 (0)	경북안동군 입동면	"	
	3	이 회 암 백 악 기		15.0	30.5	155	37.0	1.8	0	0.2	0	방 해 석 (0)	경북일성군 건천면 금척리	"	
	4	혈 암 백 악 기		185	31.5	0	39.5	4.5	0	0.5	5.5	방 해 석 (0)	대구 북구 도동 당산 바리 고개	"	
	5	응 회 암 백 악 기		123	1.0	288	4.4	1.5	7.0	2.5	0	암편:425 (0)	경남 진안군 사봉면 사곡리	편광현미경	
변 성 암	6	HORNFELSE 백 악 기		485	4.5	0	29.0	7.0	6.5	0	3.0	녹 엽 석 (0)	대구 수성구 상동 안산	"	
	7	HORNFELSE 백 악 기		525	0	0	0	17.5	0	0	0	기질:300 (0)	경남 울주군	"	
	8	흑 운 모 편 마	시대미상 선유라기	46.0	15.5	0	0	35.0	0	0	0	설석:35 (0)	충북 청원군 부용면	"	
	9	흑 운 모 편 마	시대미상 선유라기	34.5	8.5	7.0	20.5	29.5	0	0	0	변질 장식 (0)	충북 청원군 부용면	"	
화 성 암	10	안 산 암 백 악 기		9.5	0	56.0	0	14.5	0	0	0	방 해 석 (gl:5.0)	"	"	
	11	흑운모석영 문 조 암	백 악 기	17.8	0	43.0	24.4	5.4	0	0	0	녹니석:7 설석:24	"	"	
	12	흑운모석영 문 조 암	백 악 기	18.0	0	49.0	21.6	5.0	0	0	0	녹니석:4.4 설석, 저콘	충북 청원군 부용면	"	
	13	안 산 암 후백악기		0	0	56.5	0	0	0	0	0	녹 엽 석 (0)	"	"	
	14	화 강 섬 록 암	주 라 기	28.4	0	48.2	11.0	6.4	0	0	0	녹니석:6 인 회 석	"	"	
	15	석 영 문 조 암	주 라 기	22.8	0	25.6	48.4	3.2	0	0	0	불투명광물 인 회 석	경북 부안군	"	
	16	홍장석흑운 모 화 강 암	주 라 기	0	27.3	37.1	24.3	6.4	1.5	0	0	0	녹니석:2 설석:1.4	전북 고창군	"
	17	반 려 암	시대미상	0	0	68.0	0	0	5.3	0	0	0	휘석:256 녹 니 석	경남 양산군	"
	18	유 문 암 질 응 회 암	백 악 기	12.0	17.0	30.0	0	0	0	0	0	0	암편:40 악열수변질	"	"
	19	흑 운 모 화 강 암	백 악 기	38.4	0	28.5	21.6	2.8	1.5	0	0	0	저 콘 인 회 석	"	"
20	유 문 암 백 악 기		42.5	0	25.5	18.0	0	1.0	0	0	0	기질:13 방 해 석	경기 안성	"	

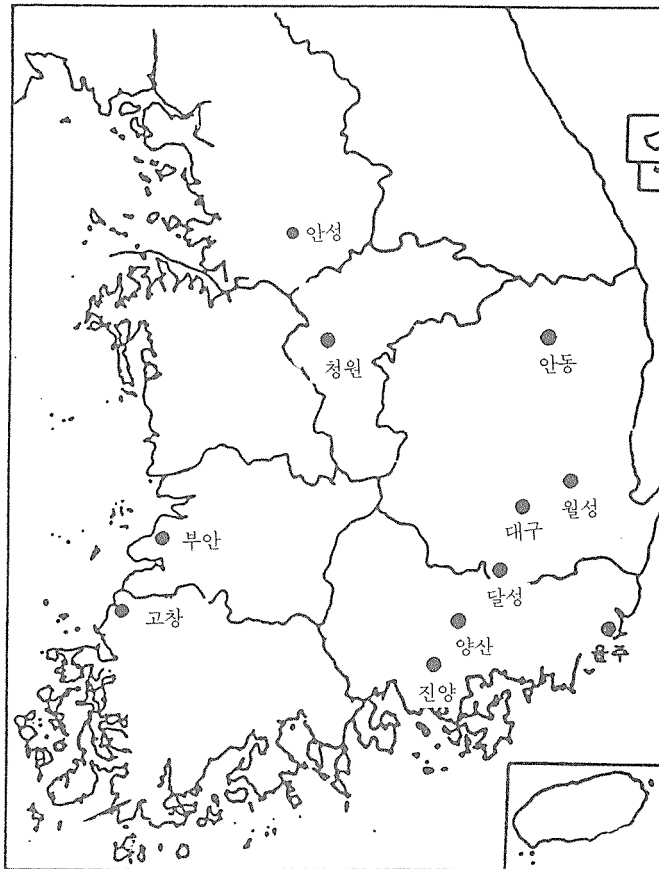
### (3) 分析 結果 考察

- 토적암 중 사암, 이회암, 혈암은 알칼리·骨材反應에 유해한 鑛物質의 총량이 30%를 초과하므로 알칼리·骨材反應을 일으킬 가능성이 있는 것으로 判斷된다.
- 화성암 중 홍장석, 흑운모, 화강암은 알칼리反應에 유해한 鑛物質이 30%에 근접하므로 알칼리·骨材反應을 일으킬 可能性이 있는 것으로 判斷된다.
- 변성암과 유문암질 응회암에서는 미량의 알칼리 反應性 鑛物이 검출되었다.

## 5. 結論

### 5. 1 최근 콘크리트의 耐久性이 저하되는 원인

- 천연骨材가 고갈됨에 따라 品質의 저하된 여러가지 骨材를 使用했으나 이에대한 事前 對應策 부족.
- 콘크리트의 品質向上보다는 使用裝備의 작업능률을 중시하는 傾向이 커짐에 따라 야기된 콘크리트 공사의 慣行化
- 설계 解析技術의 발달 및 合理化에 따른 상



<그림 6 시료채취 지역>

대적인 부재단면의 減少

- 氣象條件이나 특수한 環境에 처하게 되는 構造物의 建設 增大
- 철근 콘크리트의 使用이 대량으로 확대되면서 과거에 비해 설계·施工 維持管理등에 있어서 중요성에 대한 인식결여
- 骨材사정등 周邊사정의 급변에 대한 對應策 및 研究의 결여

## 5. 2 콘크리트의 耐久性 향상을 위한 對策

(1) 骨材의 化學反應性問題, 鹽分の 피해등 닥쳐오는 周邊環境에 대응한 事前研究 分析 및 대책수립을 통하여 源泉의인 결함要因을 事前에 제거해야함

(2) 콘크리트 構造物의 설계 施工시 構造物이 처하게 될 環境과 소요 내용년수를 적절히 分析 설정하여 目的에 맞는 콘크리트를 생산해야함

(3) 龜裂, 剝離, 脫落, 崩壞등 콘크리트의 損傷劣化가 외부로 露出되기 전에 비내구적인 결함要因을 診斷하여 構造物을 維持管理하고 적기에 補修함으로써 使用수명을 연장시켜야 할 것이며 여기에는 構造物의 非破壞 檢査기술의 개발이 隨伴되야 한다.

## 參 考 文 獻

1. 한기성, “콘크리트의 화학적인 고찰”, 레미콘, 1986. 6.
2. 윤재환, “알칼리·골재반응에 의한 콘크리트 이상 팽창”, 레미콘, 1986. 6.
3. 조부현, “해수의 작용을 받는 콘크리트의 일 반적인 고찰”, 레미콘, 1985. 12.
4. 김해인, 이장화, 심재황, 임명혁, “알칼리 골재의 반응성에 관한 광물학적 분석”, 한국콘크리트학회 가을 학술 발표회, 1989. 11. 11. 제1권 제1호
5. ACI Committee 201, “Guide to Durable Concrete”, ACI Manual of Concrete Practice.
6. ASTM C295-65, Standard Recommended Practice for “Petrographic Examination of Aggregates for Concrete”.
7. J. Farbiarz and R. Carrasquillo, “Alkali-Aggregate Reaction in Concrete Containing Fly ASH” Concrete Durability, ACI SP100-91.
8. C. Hartmann and E. Mangotich, “A Method for Predicting Sulfate Durability of Concrete” Concrete Durability, ACI SP100-110.
9. A. M. Neville, “Properties of Concrete”, 3rd Edition.
10. “콘크리트 構造物의 凍害 調査”, 콘크리트 工學, VOL. 15, NO. 11, 1976.
11. 木舛田佳寛, “耐久性 診斷 事前-鹽分, 콘크리트 工學”, Vol. 26, NO. 7, 1988.
12. 丸章夫, “骨材品質にかゝる耐久性의 診斷手法 : 岩石·鑛物學的手法”, 콘크리트 工學, Vol. 26, NO. 7, 1988.
13. 脇坂安彦外, “鑛物學的立場にみた岩石의 反應性”, セメント・コンクリート, No. 499, 1989.
14. 阪本好史, “콘크리트 構造物의 耐久性- 構造物의 柔化と 耐久性向上 對策(下水道), 콘크리트 工學, Vol. 15, No. 9, 1977.
15. 西崎耕造, 外2人, “下水管路의 硫化水素による 侵蝕と 管路更新事例”, 第22回 下水道 研究發表會 講演集.
16. 大郎信明, 外2人, “海洋環境における 콘크리트의 減素含有量”, セメント・コンクリート, No. 421, Mar. 1982, P. 30~37
17. 丸章夫, “鑛物學的工場にみた骨材의 品質”, セメント・コンクリート, No. 415, Sept, P. 129~134, 1981.