

콘크리트構造物의 龜裂發生原因과 対策에 関한 研究〔完〕

吳 璇 教—오선교건축설계사무소 / 건축사

A STUDY ON THE CAUSE AND PREVENTION OF CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES

Oh, Sun Kyo—Oh Sun Kyo Architects & Engineers / Architect

IV. 龜裂防止對策

콘크리트 構造物에는 前述한 原因에 따라 龜裂이 發生한다. 그러나 이와같은 龜裂은 일단 發生한 것을 補修 補強하는 것도 重要하겠지만 그보다도 적극적인 對策으로 龜裂을 豫상하는 어떤 部分으로 集中시키거나, 혹은 龜裂 發生을 縮小시키거나 거의 發生하지 않도록 고려하는 것이 더욱 더 重要하다.

그러므로 龜裂補修 補強法은 V장에서 論하고, 龜裂防止對策은 다음과 같다. 단, 防止對策이란 原因에 따라 糾明되어야 하기 때문에 前 III장의 原因分析에서 自明해진 內容은 생략하고 特別한 事項 및 重要한 事項에 對하여만 論하기로 한다.

1. 이음의 設置

콘크리트 龜裂防止 對策으로는 龜裂을 어느 一定한 部分에 集中시키거나 또는 골고루 分散시키는 對策이 必要

하다.

그런데 그 中에서 이음의 設置하는 목적은 龜裂을 한곳에 集中시키는 方法에 해당하는 것이다. 이와같은 이음設置의 必要性은 溫度變化, 콘크리트의 팽창수축, 不同沈下, 積재하중의 變化 및 이동하중의 영향 등으로 콘크리트에 龜裂 또는 파손부가 생기는데, 여기에 合理的으로 대체하기 위하여 一定한 間격으로 구획을 두어 龜裂을 集中시키기 위한 것이다.

이와같은 方法으로는 팽창수축에 대응하는 膨脹줄눈(Expansion Joint)과 不同沈下 또는 施工上 두는 施工줄눈(Construction Joint) 등으로 區別하고 있으나 그 中 施工줄눈은 本內容과 상관관계가 적으므로 略하고, 必要한 경우에는 伸縮줄눈에 平行하여 論하기로 한다.

먼저 이와같은 伸縮줄눈을 두는 位置는 <그림 1>과 같다. (註 1)

<表 1> Expansion Joint의 間격

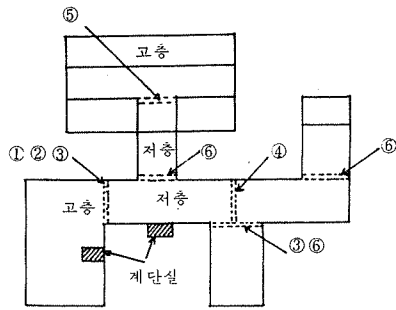
建 物 種 別	軀 體	이 음 間 隔	備 考
無筋콘크리트	가느다란 建物	一般的으로 10m	AIB
	a) 補強이 없거나 아니면 小量의 補強을 한 板狀 슬렌더한 軀體이며 太陽熱을 받는 것.	를 넘지 않는다.	p. 122
	b) 最小두께의 포장 및 매십한 응벽, 日射를 받는 매십한 軀體(支持벽돌 쌓기).	≤ 10 m	AMB § 33
	c) 日射를 받지 않는 매십한 軀體	15~20m	
鐵筋콘크리트	a) 火災 또는 폭발의 우려가 있는 建造物	≤ 30 m	DIN
	b) 鉸架構, 剛加構 또는 판넬(Pannel)	30~35m	1045
	c) 鑛業地帶의 建物	50m	§ 14.6
	바 닥		Richt
	a) 제자리 콘크리트 및 板으로서 一體로 結合된 기성 콘크리트板	30~50m	Ilinien
	b) 板으로서 一體로 結合되지 않은 기성 콘크리트板	40~60m	1953, 4
	지 붐 板		DIN
	a) 斷熱層이 있는 경우	10~15m	1045
	b) 斷熱層이 없는 경우	5~6 m	§ 14.6
c) 팽창, 수축이 없다는 것이 실증되어 있는 경우	>15m		
돌림머 (追加 Joint)	5~8 m		
단열층을 갖고 補強 및 다듬질	3~4 m		

이음의 位置 中 긴 建築인 <그림 1>의 ④의 경우 우리 나라에서는 設置하는 間격에 對하여 명확하지 않으나 外國의 경우는 <表 1>과 같다. (註 2)

이와 같은 位置에 設置하는 이음의 構造는 또한 여러가지가 있겠으나 代表的인 方法은 平面的으로는 Double w-

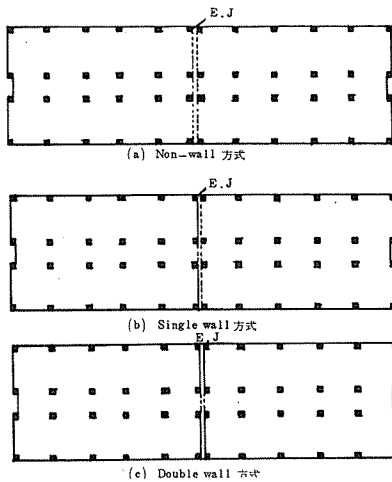
all 方式, Single wall 方式이 있고 斷面的으로는 Double girder 方式, Cantilever 方式, Bracket 方式 등이 있으며 그 內容은 <그림 2> 및 <3>과 같다. (註 3)

단면 各部의 신축이음 (Expansion joint)의 모양은 다음 <그림 4, 5, 6>과 같다. (註 4)

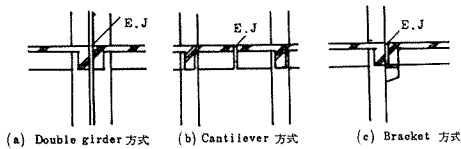


- ① 기존 建物과 増築 建物의 接합부
- ② 低層의 긴 建物이 高層 建物과의 接촉부
- ③ 建物의 한쪽 끝에 달린 날개형 建物
- ④ 50~60m를 넘는 긴 建物
- ⑤ 두 高層 사이에 있는 긴 低層 建物
- ⑥ 平面이 L, T 形의 交叉部分 等

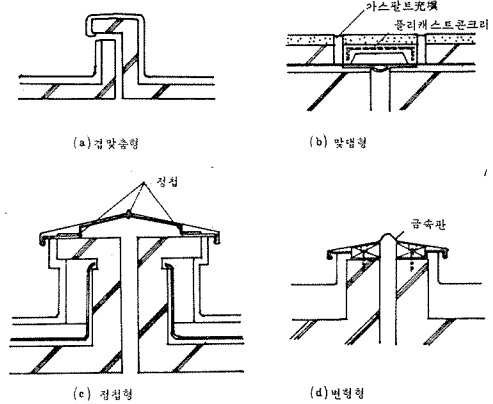
<그림 1> 이음의 位置



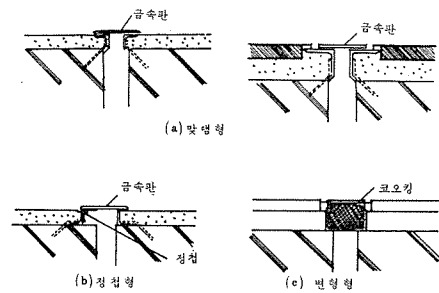
<그림 2> 平面形式에 따른 신축이음 (Expansion joint)



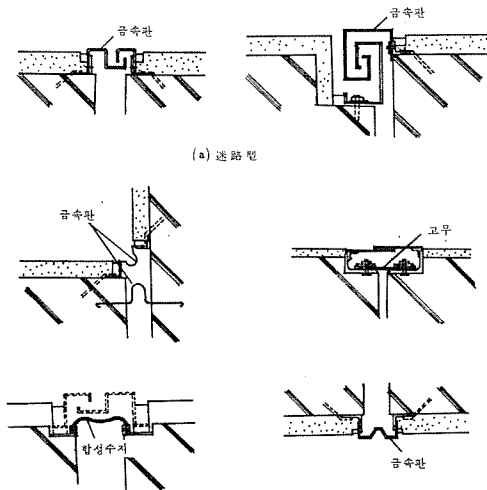
<그림 3> 斷面形式에 따른 신축이음 (Expansion joint)



<그림 4> 지층의 신축이음 (Expansion joint)



<그림 5> 바닥의 신축이음 (Expansion joint)



<그림 6> 외벽의 신축이음 (Expansion joint)

註 1) 張起仁 : 建築構造學, 普成文化社, 1981. 2. p. 191.

註 2) 李特求 譯 (松下清夫, 鐵田光雄 著) : 建物의 엑스팬션조인트工法, 泰昌出版社, 1978. 8. p. 35.

註 3) 李特求 譯 (松下清夫, 鐵田光雄 著) : 엑스팬션조인트工法, 泰昌出版社, 1978. 8. p. 44~45.

註 4) 李特求 譯 (松下清夫, 鐵田光雄 著) : 建物의 엑스팬션조인트, 泰昌出版社, 1978. 8. p. 64~72.

2. 環境要因의 改善

環境要因에 依한 龜裂防止策 中 溫度, 乾燥收縮 等에 關한 事項은 前1 (이음의 設置)과 같다.

그러나 기타 要因인 凍結응해에 對한 對策은 材料自体를 수밀하게 하여 防水的으로 하든가, 其他 防水 처리를 해야 하고, 火災에 對하여는 콘크리트에 使用하는 骨材를 耐水性이 큰 안산암, 응회암 等の 骨材를 사용하도록 하며, 또한 化學的 性분에 對하여는 可能한 피해가 없는 環境으로 유도하고, 鐵筋의 腐蝕作用에 對하여는 물시멘트 비(W/C)를 작게 하여 고강도화 하고, 피복두께를 충분히 하며, 電流作用에 對하여는 構造物에 누전이 되는 일이 없도록 주의하여야 한다.

3. 設計的인 고려

콘크리트 構造物의 設計時 原因에서 지적한 바와 같이 構造物의 平面 및 立面形은 가급적 龜裂이 적은 形을 선택함이 요구된다.

그러나 불가피할 시는 1 (이음의 設置)과 같은 方法으로 設計한다. 또한 構造計劃의 原因에 對하여는 構造部材의 形態 및 크기, 개구부의 배치, 其他 構造的인 特性은 原因分析의 方法에 따라 龜裂防止토록 한다.

地耐力에 關係되는 事項은 不同沈下를 防止하는 方向으로 構造設計하고, 施工되어야 하며 構造計算的인 要因은 充分히 安全率을 고려하고, 또한 과실을 除去해야 하겠다.

또한 荷重要因에 對하여도 充分히 安全하게 構造設計에 고려하여야 함은 勿論이다.

4. 材料要因改良

材料的인 龜裂의 細部化 또는 發生을 저지하는데 가장 효과적이다. 그 內容은 다음과 같다.

(1) 콘크리트의 高強度化

材料要因에서 龜裂을 發生하게 하는 原因은 대단히 많다.

材料의 品質에 關係되는 要因은 3 (材料要因)의 原因을 除去함이 必要하다. 그러나 材料의 여러 要因은 콘크리트의 高強度化와 밀접한 關係를 갖는다. 그런데 이와 같은 콘크리트는 高強度化 되면 될수록 龜裂이 적은 樣相을 나타내므로 龜裂防止 對策으로 高強度化는 필수적이다. 그러기 위해 材料의 品質向上 및 엄선이 필요하다. 또한 施工과정에서의 品質管理도 必要하다. (註5)

(2) 特殊材料의 利用

金屬纖維補強 콘크리트(Steel fiber concrete)로 製造하면 龜裂을 감소시킬 수 있다.

Steel fiber concrete란 콘크리트 製造時에 鋼을 金屬纖維로 만들어 骨材와 같이 混合하여 콘크리트로 一體化한 것으로 이와같은 콘크리트의 效果는 引張應力, 마모 저항, 피로현상 等に 좋은 效果가 있고 龜裂에 또한 有效하

다.

<表 2>는 Steel fiber concrete와 보통 콘크리트와 그 性能을 比較한 것이다. (註6)

<表 2> Steel fiber의 效果

性 質	보통 콘크리트에 對한 개선 效果 증가율
龜裂이 시작할 때의 휨 강도	50 %
극한 인장 파괴 계수	100 %
극한 압축 강도	15 %
극한 전단 강도	75 %
휨에 의한 피로한계 내구력	225 %

Polymer 物質을 利用하면 龜裂을 감소시킬 수 있다.

Polymer 物質이란 monomer(單量體)를 附加重合 시키게 하여 얻어지는 物質로 高分子化 物質로 合成樹脂와 같은 原理를 應用한 것으로 매우 複雜하다. 이와같은 Polymer 物質의 種類는 現在 美國의 경우는 PIC(Polymer Impregnated Concrete), P.C(Polymer Concrete), P.PCC(Polymer Portland Cement Concrete)의 3種類가 있는데, 이것은 經濟的 物質의인 속박 때문에 널리 쓰이지는 않고 있으나 龜裂防止에 效果가 월등하며 또한 수리·보수, 化學作用에 對한 抵抗, 腐蝕抵抗 等 폭넓게 利用될 수 있는 매혹적인 物質로 크게 기대되는 物質임에는 틀림없다. (註7)

콘크리트에 膨脹 Cement를 使用하면 龜裂을 감소시킬 수 있다.

콘크리트는 <그림 3>에서와 같이 硬化時 乾燥收縮으로 因하여 龜裂이 發生한다. 그러나 보오크사이트 白亞와 石膏를 混合燒成한 칼슘클링커(Ca, Al, O, SO)에 鑛滓(Slag) 및 포틀랜드클링커의 混合物을 넣어 만든 팽창성을 가진 膨脹시멘트(無收縮시멘트)를 利用하면 乾燥收縮에 依하여 發生하는 龜裂을 減小되는 부피만큼의 부피를 膨脹시킴으로 乾燥收縮에 依하여 發生하는 龜裂을 防止할 수 있다. (註7)

5. 施工의 철저

콘크리트에서 發生하는 龜裂은 施工의 不實도 큰 原因이 된다.

콘크리트의 운반, 타설 및 이어붓기, 養生方法, 養生溫度 等 前述한 原因의 除去에 力點을 두어야 한다.

養生初期의 保養의 철저 및 初期過大 荷重회피는 대단히 중요한 事項으로 철저히 이행되어야 한다.

V. 龜裂의 補修補強方法

콘크리트 構造物에 龜裂이 일단 發生하게 되면 恒時 續한 바에 따라 原因을 규명할 必要가 있다. (III. 龜裂發生의 原因參照). 또한 이와같이 發生한 龜裂이 구조체에 근본적인 問題라면 特別한 對策이 必要하게 된다. 그러나 일반적인 경우는 許容範圍 以內인가 以上인가를 分析하여

註5) 韓千求: 콘크리트의 高強度化에 關한 提案, 大韓建築學會誌, Vol. 25, No. 101, 1981. 8. p. 65~72.

註6) 김경수: 콘크리트內의 補強鋼材의 腐蝕에 關하여, 建設技術, No. 59, 1973. 3. p. 139.

註7) 韓千求: 콘크리트의 高度化에 關한 提案, 大韓建築學會誌, Vol. 25, No. 101, p. 66.

보수보강을 결정하게 된다.

1. 龜裂의 許容幅

콘크리트 構造物에서 龜裂을 全無하게 한다는 것은 실제로 不可能한 일이다. 構造設計 側面에서는 당초 龜裂이 절대로 發生하지 않는다는 것을 전제로 하는 것은 아니다.

淚水나 鐵筋이 녹슬게 되는 정도는 龜裂의 幅이 늘어남에 따라 加速度의으로 증가되어 가지만 龜裂의 幅이 어느 값이라면 實質의인 害는 없는 것으로 본다.

龜裂의 측정은 버니어 캘리퍼스, 마이크로미터, 다이알 게이지, Strain gage, 초음파 측정기 등의 측정계기로 측정할 수 있다. (註8)

참고적으로 각국의 규준에 나타난 콘크리트의 龜裂許容幅은 <表 3>과 같다. (註9)

2. 보수 보강方法

콘크리트 構造物에 發生된 龜裂에 對하여는 許容幅 以上이건 以內이건 龜裂의 보수 보강이 必要하다.

보수란 龜裂의 發生으로 감소된 能力이 원상으로 복구되었을 때를 말하며 보강이란 龜裂의 發生으로 감소된 能力이 원상보다 向上되었을 때를 말한다. (註10) 이러한 龜裂의

보수, 보강方法은 龜裂의 狀況이나 보수 目的 등에 依해 工法別, 材料別, 目的別로 分類되는데 그 內容은 다음과 같다.

(1) 分類

① 工法에 依한 分類 (註10)

○Cut工法……V-Cut工法, U-Cut工法.

○Anchor工法……鐵筋埋入工法, 鐵板注入工法, Wire mesh or Wire lath附着工法 等.

○表面 Seal工法 및 注入工法(機械의注入) ……瀝青材料注入工法, Grout concrete 기타 콘크리트注入工法, 合成樹脂注入工法, R.C架構增設工法, 鐵骨架構材增設工法.

② 材料에 依한 分類 (註11)

○瀝青材料에 依한 方法……아스팔트 콤파운드, 피치 및 기타 Asphalt材料를 注入하여 主로 防水의으로 處理하는 것으로 補修에 利用.

○시멘트 및 콘크리트 材料에 依한 方法……Grout concrete, 방수Mortar, Polymer cement 等に 依한 方法으로 補修補強에 利用.

○合成樹脂에 依한 方法……에폭시수지, 페놀수지 等に 依한 方法으로 補修補強에 利用.

<表 3> 콘크리트의 許容龜裂幅

國 名	種 別	許容龜裂幅 (mm)	備 考
英 國	B. S. I. 規定 一般構造物 특히 격렬한 浸蝕性的의 환경	0.3 0.004d	CP-110 d: 主鐵筋의 幅
佛 國		0.4	
獨 國	DIN 規定 鐵筋의 種類, 直徑, 鐵筋比, 荷重條件 등에서 計算式이 주어진다.		DIN 1045
스웨덴	死荷重 死荷重+活荷重/2	0.3 0.4	
美 國	ACI 規定 乾燥한 大氣 中 또는 保護層이 있는 경우 濕한 空氣 中 속속에 있을 경우 凍結防止用 藥品에 接할 경우 海水, 海水의 飛來로 인한 乾溫이 及復되는 경우 水密構造部材	0.4 0.3 0.175 0.15 0.10	ACI 318-77
歐 州 콘크리트 위 원 회	歐美 콘크리트 委員會 防護된 部材 防護되지 않는 部材 顯著히 露出된 部材 防護되지 않는 部材 顯著히 露出된 部材	0.3 0.2 0.1 0.3 0.2	CBB-FIP 지속하중 및 1年 以上 載荷된 變동 하중에 對하여 지속 하중과 變동 하중의 분리한 組合
日 本	効外와 같이 比較的 良好한 環境, 比較的 溫度가 높은 個所(河川上) 腐蝕性이 강한 條件인 곳, 海岩 또는 地覆高所와 같이 雨水의 영향을 直接 받기 쉬운 곳.	0.3 0.2 0.7	

註 8) 鄭日榮, 韓千求, 鄭尚鎭: 建築材料實驗, 螢雪出版社, 1981. 4. p. 37~46.

註 9) 鄭日榮: 龜裂發生으로 인한 構造物의 耐力低下에 關한 檢討(I), 建築士, 1981. 4. p. 18.

註 10) 安甲善: 콘크리트構造物에 있어서 龜裂發生의 原因과 補修 補強方法에 關하여, 大韓建築學會誌, Vol. 24, No. 92, 1980. 2. p. 70~74.

註 11) 鄭日榮: 龜裂發生으로 인한 構造物의 耐力低下에 關한 檢討(完), 建築士, 1981. 5. p. 9~17.

○其他 材料에 依한 方法……金屬材料, 塗料, 有機質材料, 鑛物質材料 等.

○複合材料 使用에 依한 方法……前述한 材料를 2個以上 複合하여 使用하는 方法.

③ 目的에 依한 分類

○補修方法……美觀 및 防水 等의 目的으로 處理하는 方法으로 主로 龜裂이 停止되었거나 重要치 않는 部分.

혹은 허용폭을 초과한 경우에 실시한다.

○補強方法……強度補強을 目的으로 하는 處理方法으로 主로 龜裂에 依한 위험성이 存在하며 許容幅을 초과한 경우에 실시하는 방법이다.

그러나 이와 같은 補修 補強方法 中에서 目的인 材料的인 것은 要求하는 性質에 合當한 것을 選定하면 될 수 있는 것으로 생략하고 工法的인 면에서만 論한다.

(2) Cut工法

오래된 龜裂의 内部가 더럽혀 졌다고 판단되는 龜裂内部에 높은 壓力으로 접착 충전시킬 物質을 注入하는 것으로 施工方法은 龜裂面을 V字 혹은 U字形으로 파내고 龜裂表面 處理를 한 後 施工量을 확인한 다음 청소를 하고 龜裂面의 Seal Pipe를 준비한 다음 養生과 동시에 파이프(Pipe) 간격을 확인한 다음 접착물질을 注入한 후 養生과 同時에 注入量을 확인한 다음 파이프 철거와 同時에 시일재(Seal)를 마무리 하는 方法이다.

(3) Anchor工法

龜裂面을 V-cut 또는 U-cut 處理할 경우에는 cut内部에 鐵筋 또는 鋼板을 埋入 접착하고 cut工法과 같은 工法으로 處理하는 경우와, 龜裂面을 cut하지 않을 때는 <그림 8>과 같이 워서를 附着하거나, 혹은 Wire mesh, Wire lath를 龜裂 양면에 Drivit gun 等에 의해 고정시키거나, 鋼板을 접착제로 부착하는 方法 等으로 고정하고 表面을 강성있는 접착제로 마감한다.

(4) 表面 Seal工法 및 注入工法(機械的인 注入)

소극적 소규모적인 方法으로 龜裂面을 정리한 후 表面만 피복하여 施工하거나, 혹은 低粘度의 樹脂와 같은 接着材料를 高壓力으로 龜裂내에 삽입하는 方法이다.

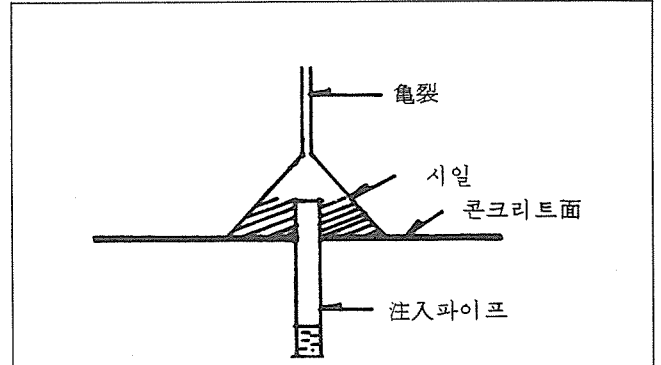
(5) 橫架構材 增設工法

龜裂 補修 補強方法 中 가장 効果的인 方法으로 옹벽의 측면 補強, 보의 下部龜裂 補強, 쉐일레버의 처짐, 複強 slab의 防止 等에 利用한다.

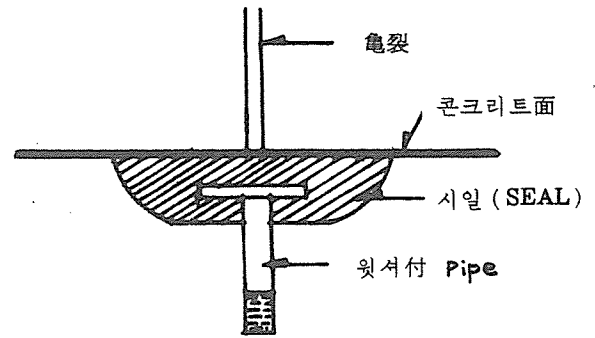
方法으로는 木材, 鋼材 또는 콘크리트部材 等の 橫架構材를 보의 部分에 5~10mm 以下에 設置하고 支柱(Support)를 木材, 鋼材, 콘크리트 部材, 혹은 벽돌과 같은 組積材 等으로 지지시킨 다음 seal材로 봉합하고 流入Pipe를 통해 接着物質을 流入시켜 固着시키는 方法이다.

VI. 結 論

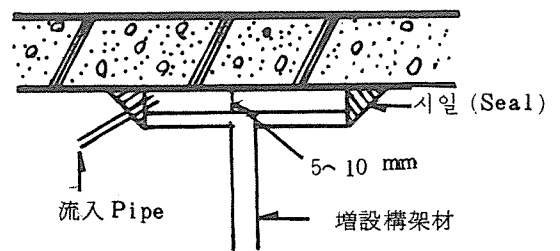
콘크리트 構造物에 發生하는 龜裂은 매우 複雜한 樣相을 가지며, 많은 原因에서 한 個 또는 여러 原因의 복합



<그림 7> V-cut注入方法



<그림 8> 워서附着 注入方法



<그림 9> 橫架構材 增設方法

으로 發生한다. 이와 같은 龜裂의 樣相, 原因, 防止對策 및 補修 補強方法을 要約하면 다음과 같다.

1. 콘크리트에 發生하는 樣相은 Micro cracking 的인 것과 外形의 으로 感知할 수 있는 一定한 Pattern을 가진 龜裂樣相이 있다.

2. 龜裂 發生原因은 環境要因, 設計要因, 材料要因, 施工要因으로 分類된다.

3. 龜裂發生을 防止할 수 있는 對策으로는, 龜裂을 가능한 범위내에서 그 규모를 縮小시키는 方法으로 龜裂을 사전에 集中시키는 即, Joint를 設置하는 方法과 龜裂을 적극적으로 분산시키는 環境要因 改善과, 設計計劃的인 고려, 材料要因의 改良, 施工의 완벽을 기하는 方法이 있다.

4. 龜裂의 補修 補強方法은 龜裂의 狀況이나 目的等에 依해 工法別, 材料別, 目的別로 分類된다.

참 고 문 헌

1. Kenneth. L. Saucier, "High-Strength Concrete, Past, Present, Future," Concrete International, Vol. 2. No. 6, 1980.
2. Thomas. T. C. Hcu, Floyd O. Slate, Gerald M. Sturm-an and George Winter, "Microcracking of plain Concrete and the Shape of the Stress-Strain Curves," ACI Journal, Vol. 60. No. 14, FEB, 1963.
3. ACI, "Building Code Requirements For Reinforced Concrete (ACI 318-77)," ACI, 1977.
4. Adam Neville, "Fiber Reinforced & Cement Concrete, Concrete Construction, 1975.
5. 西忠雄 外 9 人, 建築學大系 Vol. 13 建築材料學, "彰國社, 1968. 2.
6. 李特求 譯(松下清夫, 鐵田光雄 著), 建物の Expansion Joint 工法, 1978. 8.
7. 建設省, 建築技術研究所, "失敗, 實例, 學子" I, 建築技術. No. 312. Aug. 1977 : No. 315. Nov. 1977.
8. 김문한, "조적조벽체의 균열방지책에 관한 연구," 대한건축학회지, Vol. 16. No. 46. June, 1972.
9. 오창희, "벽돌 및 시멘트 부력벽체의 균열에 관하여," 대한건축사협회지, No. 131. Jan. 1980.
10. 安甲善, 韓千求, "철근콘크리트 구조물에 있어서 龜裂發生의 典型的 原因과 사전 방지대책에 관한 연구," 인천대학논문집, Vol. 2. DEL. 1980.
11. 鄭日榮, "건축구조설계에 관한 小考," 대한건축사협회지, No. 107. Jan. 1978 : No. 108. Feb. 1978.
12. 鄭日榮, "龜裂發生으로 인한 구조물의 耐力低下에 관한 검토," 대한건축사협회지, No. 145. Apr. 1981 : No. 146, 1981.
13. 安甲善, "철근콘크리트 구조물의 균열발생 원인과 보수보강방법에 관하여," 대한건축학회지, Vol. 24. No. 92. Jan. 1980.
14. 韓千求, "콘크리트의 高强度化에 관한 提案," 대한건축학회지, Vol. 25. No. 101. Aug. 1981.
15. 김형걸, "콘크리트 混和劑가 콘크리트 성질에 미치는 영향," 대한건축학회지, Vol. 17. No. 53. Aug. 1973.
16. 金景洙, "콘크리트 内の 補強鋼材의 腐蝕에 關하여," 건설기술, No. 59. Mar. 1973.
17. 文濟吉, "콘크리트 橋의 補修 補強工法," 건설기술건설기술연구회, 1977. 4.
18. 장기인, "建築構造學," 보성문화사, 1981.
19. 정일영, 한천구, 정상진, "건축재료실험," 형설출판사, 1978.
20. 이희욱, "建築材料學," 형설출판사, 1979.
21. 김덕수, "철근콘크리트構造學," 형설출판사, 1981.
22. 洪鵬義, 吳昌熙, 金龍八, "建築材料學," 普成文化社, 1979.
23. 金光文, 박경호, "건축환경계획원론," 兄弟社, 1980.
24. 대한건축학회, "철근콘크리트 구조계산규준 동해설" 1979.
25. 具奉權, "建設材料學," 선진문화사, 1981.
26. 具奉權, 張東一, "建設材料實驗," 선진문화사, 1981.

