

철근콘크리트 건물외벽의 수축균열의 실태와 그 대책

李 利 衡

공학박사

한양대학교 건축공학과교수,

요 지

철근콘크리트 건물에 발생하는 균열은 그 원인이 크게 표 1.과 같이 콘크리트의 재료성질과 시공 그리고 외적요인과 하중으로 분류되고 있다. 그중 외벽에 발생하는 균열의 원인은 콘크리트 수축에 기인하는 것 외에 다짐불량에 의한 코올드 조인트와 철근 부식 등에 의한 팽창균열 등 여러가지가 있다. 본고는 특히 중요한 수축균열에 한정하여 그 실태와 대책의 동향을 설명한다. 「수축에 의해 발생하는 균열」의 원인은 콘크리트의 건조수축, 수화열에 의한 열수축 및 외기온의 변동에 의한 온도수축으로 대별될 수 있다. 실제의 건물 외벽균열은 이들이 복합적으로 작용하여 발생한다. 따라서 본 고에서는 이러한 종류의 균열실태에 대해 조사사례와 연구보고를 소개함과 동시에 균열 메카니즘, 방지대책 등에 대해 이해를 돕기 위한 자료를 제공한다. 본고는 1992년 2월에 小柳가 발표한 일본 콘크리트 공학의 “RC 건물외벽의 수축균열의 실태와 그 대책”을 중심으로 요약한 내용이다.

1. 머릿말

철근콘크리트 건물 외벽에 발생하는 균열은 내구성이나 미관을 해칠 뿐만 아니라 누수의 원인이 되기 때문에 건축물의 균열중에서도 특히 문제가 된다. 이 문제해결을 위하여 지금까지 많은 연구가 되어, 재료, 시공, 설계의 면에서 제안 및 개선되어 왔으며 현재도 이를 해결하기 위한 노력이 계속되고 있다. 이런 종류의 균열원인은 콘크리트의 수축에 기인하는 것 외에도 다짐불량에 의한 콜드 조인트

(Cold Joint)나 철근부식 등에 의한 팽창균열 등 여러가지가 있다.

현재도 균열문제가 좀처럼 해결되지 않고 있는 이유로 ① 골재의 저품질화→수축증대, ② 건물규모의 장대화→구축증대, ③ 단공기 시공화→ 다짐·양생 부족 등도 지적된다. 본 해설에는 특히 RC조의 벽균열의 주요 원인인 「수축성 균열」을 중심으로 하여, 균열의 실태와 경향을 소개함과 더불어 방지대책의 동향 등을 기술한다.

표 1. 균열의 원인과 특징

구 분	균열의 원인	균열의 특징
A. 콘크리트의 재료적 성질에 관계된 사항	A1 시멘트의 이상 응결	폭이 크고 짧은 균열이 비교적 빨리 불규칙하게 발생
	A2 콘크리트의 침하 및 블리이딩 (bleeding)	타설후 1-2시간에서, 철근의 상부와 벽과 상판의 경계 등에서 계속적으로 발생
	A3 시멘트의 수화열	단면이 콘크리트에서, 1-2주간 지난후부터 직선상의 균열이 대략 등간격으로 규칙적으로 발생. 표면만의 것과 부재를 관통하는 것이 있다.
	A4 시멘트의 이상팽창	방사형의 網狀모양의 균열
	A5 골재에 함유되어 있는 이분	콘크리트 표면의 건조에 따라서 불규칙하게 강상의 균열이 발생
	A6 반응성 골재 또는 팽화암의 사용	콘크리트 내부부터 龜甲狀으로 발생, 다습한 곳에 많다.
	A7 콘크리트의 경화·건조 수축	2-3개월후 부터 발생하고 次第에 성장. 개구부나 기둥·보로 둘러싸인 隅部에 경사균열이, 세장한 균열이 상판·보등에서 등간격으로 수직하게 발생
B. 시공에 관계된 사항	B1 혼화제의 불균일한 분산	팽창성인 것과 수축성인 것이 있어 부분적으로 발생
	B2 장시간의 비비기	전면에 網狀 또는 길이가 짧은 불규칙한 균열이 발생
	B3 펌프 압송시의 시멘트량·수량의 증가	A2와 A7의 균열이 발생하기 쉬움
	B4 타설순서의 실수	B7과 B8의 원인이 됨
	B5 급속한 타설속도	B9과 A2의 균열이 발생하기 쉬움
	B6 불충분한 다짐	표면에 곰보가 생기기 쉽고, 각종균열의 기점이 되기 쉽다.
	B7 배근의 이동, 철근의 피복두께 감소	슬래브에서는 주변에 따라 圓狀으로 발생 배근·배관의 표면에 발생
	B8 이음처리의 부정확	이음부분에서 균열이 생김
	B9 거푸집의 변형	거푸집이 움직인 방향으로 평행하게 부분적으로 발생
	B10 누수(거푸집이나 지반으로부터)	
	B11 거푸집 지지틀의 침하	상판과 보의 단부상방 및 중앙부 하단등에 발생
	B12 거푸집의 조기제거	콘크리트 강도부족에 의한 균열, A7의 영향도 크게 됨
	B13 경화전의 진동과 재하	D의 외력에 의한 균열과 동일
	B14 초기양생중의 급격한 건조	타설직후, 표면의 각부분에 짧은 균열이 불규칙하게 발생
	B15 초기 동해	가느다란 균열, 탈형이면 콘크리트면이 하얗게 됨

구 분	균열의 원인	균열의 특징
C. 외적 요인에 관계된 사항	C1 환경온도·습도의 변화	A7의 균열과 유사. 발생한 균열은 습도 변화에 따라 변동
	C2 부재양면의 온·습도차	저온측 또는 저습측의 표면에 휜 방향과 직각으로 발생
	C3 동결·융해의 반복	표면이 부풀어 올라서 부슬부슬 떨어지게 됨
	C4 동상	D의 외력에 의한 균열과 같은 상태
	C5 내부 철근의 녹	철근을 따라 큰 균열이 발생, 피복 콘크리트가 剝落하고 녹이 유출됨
	C6 화재·표면가열	표면전체에 가느다란龜甲狀의 균열이 발생
	C7 산·염류의 화학작용	표면이 침식되고, 팽창성물질이 형성되어 전면에 균열이 발생
D. 하중에 관계된 사항	D1 하중(설계하중이내의 경우)	주로 휨하중에 의해 보나 슬래브의 인장측에 수직으로 균열이 발생
	D2 하중(설계하중을 초과하는 경우)	D1 또는 D3와 같은 형태의 균열이 발생
	D3 하중(주로 지진에 의한 경우)	전단하중에 의해서 기둥·보·벽 등에 45방향으로 균열이 발생
	D4 단면·철근량 부족	D1과 D2와 같은 형태, 상판과 처양등에서 처진 방향으로 평행한 균열이 발생
	D5 구조물의 부동침하	45방향에 큰 균열이 발생

2. 균열의 상태

2.1 균열형태

(1) 보통의 수축균열

외벽에 발생하는 균열중 특히 많이 발견되는 것이 2~3m 간격으로 발생하는 종방향 균열이다. 이것은 콘크리트의 건조가 진행되는 3개월 전후로 부터 발생하여, 관통하는 것이 많다. 특히, 개구부가 있으면 일반부보다도 빨리 개구부 모서리 등에 균열이 나타나기 쉽다. (그림 1)

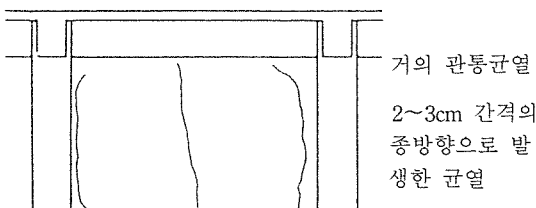


그림 1. 일반적인 수축균열

(2) 열수축 균열

거푸집 탈형직후 이미 개구부 모서리에서 발견된 균열도 있다. 당초는 작은 균열폭이기 때문에 발견하지 못할 때가 많고, 그 후 재령이 증가함에 따라 서서히 균열이 진전되어 간다 (그림 2). 하층부에서는 逆八字로 발생하는 경향이 있다. 또한, 개구부 상부벽의 춤이 낮은 경우, 상부보까지 균열이 미치는 것도 있다 (그림 3). 단, 보의 균열은 초기이후 별로 진전되지 않는다. 즉, 이 균열의 원인은 다음에 서술하는 바와 같이 콘크리트 경화시의 수화열에 의한 것으로 판단된다.

(3) 기타 수축균열

타설이음부를 따라 수평방향으로 균열이 발견되는 것도 있다. 타설이음부는 다짐이 불충분하면 취약하게 되기 쉽고(콜드 조인트), 그 때문에 재령이 증가함에 따라 건조수축 등에 의해 균열의 원인이 된다(그림 4).

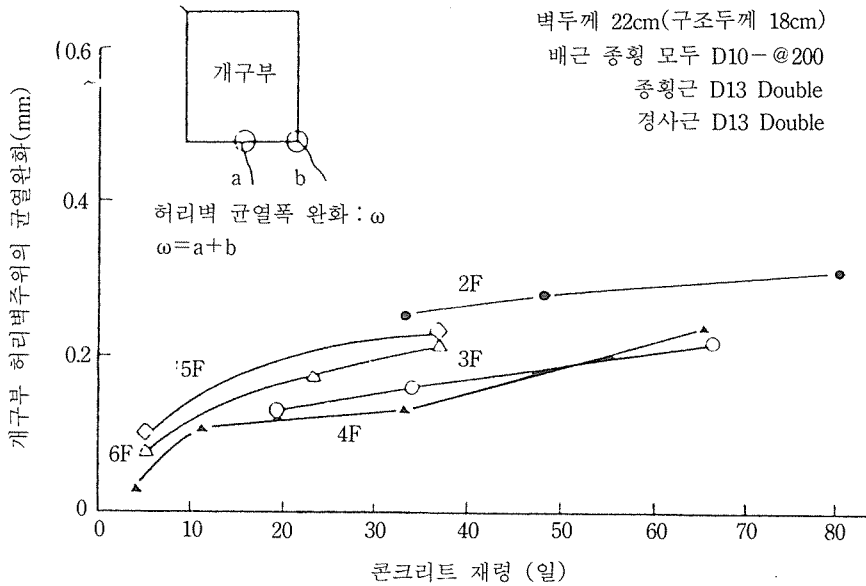


그림 2. 개구부 허리벽의 균열폭 총합의 변동

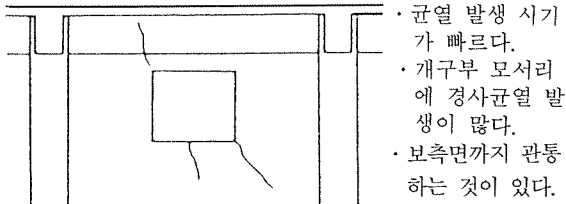


그림 3. 개구부 주위의 균열

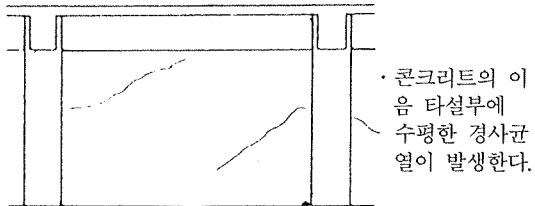


그림 4. 코울드 조인트에 의한 균열

2.2 균열폭의 변동

외벽 마감의 경우, 마감재가 분리되어 균열이 발생하는지의 여부가 문제이지만, 이 균열폭의 진전과 신축은 건조수축과 외기온도의 변동에 기인한다.

RC조 2층건물에서 외벽에 대해 균열폭의 변동을 조사한 사례를 그림 5, 6에 나타낸다.

건물길이 23m로 이 외벽은 벽두께 18cm, 철근비 0.4%이다. 또한, 그림 6은 약 3년반 경과한 시점에서 자동계측을 개시하고 있다. 그림 6에 의하면 균열의 일간변동은 겨울철에는 0.1mm 전후도 있고, 연간변동은 큰 곳에서 0.2mm도 될 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 자동계측후 1년간 0.1mm의 폭증가가 발생하였다. 이 때문에 마감재 變動의 신축성이 상당히 좋지 않으면 균열이 표면화한다.

이 때, 동시에 계측한 외벽 표면온도의 변동을 그림 7에 나타낸다. 연간 5°C에서 40°C 사이에서 변화하고 있고, 균열폭의 신축은 이 외기온도의 영향을 받은 것으로 판단된다.

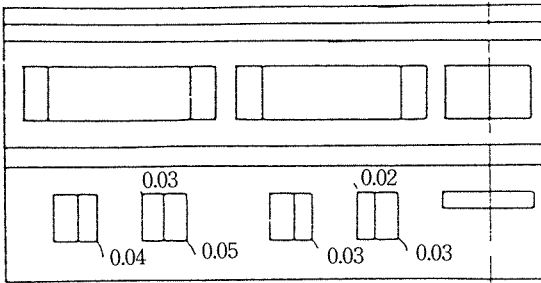
연간변동폭 0.2mm에 대해서 만약 2m 간격에 균열이 발생하고 있다면 1×10^{-4} 의 변형변동으로 치환될 수 있고, 이것은 표면 온도변동의 1/3정도의 온도신축에 상당한다.

3. 수축균열의 요인

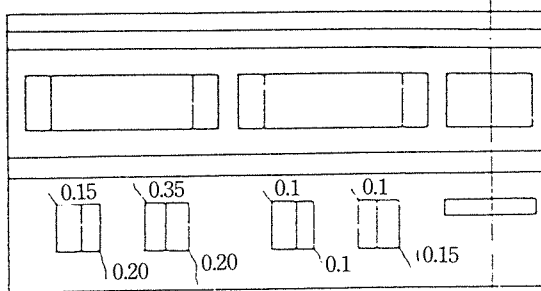
수축균열은 보통 콘크리트의 건조수축이

타설일: 1월 하순
수 치: 균열폭
(단위: mm)

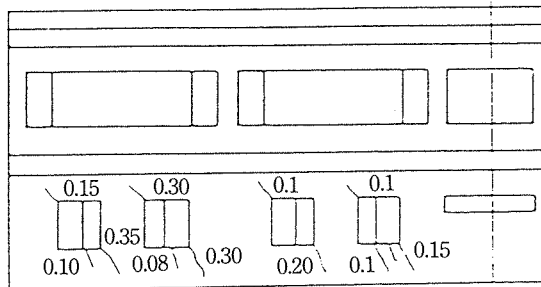
— 균열변위계
No.1
No.6(더미)



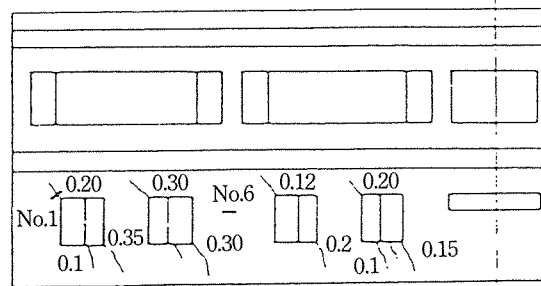
제1회 측정 (재령 19일)



제2회 측정 (재령 140일)



제3회 측정 (재령 2년 7개월)



제4회 측정 (재령 3년 7개월)

그림 5. 1층 외벽에서 균열진전 상황의 사례

구속되어 발생하는 인장응력이 콘크리트가
보유하는 인장강도를 상회하는 경우에, 균열이
발생하는 것으로 생각되어지나, 기본적으로는
자기 변형문제이고 구조균열이상으로 처리하
기 어려운 면이 있다. 또한, 그 원인은 다음의
3종류로 대별할 수 있으나, 실제로는 이 요인
들의 몇 가지가 복합적으로 조합되어 외벽에
균열이 발생하는 것이 많다.

- ① 수화열에 의한 인장응력
- ② 건조수축에 의한 인장응력
- ③ 외기온도 변동에 의한 인장응력

여기서 상기 요인의 각각 기호율에 대해
이미지로서 파악하는 의미로 일반적인 건물
외벽(벽두께 20cm 정도)을 대상으로 생각해
본다.

① 수화열에 의한 벽의 온도 상승분은 일
반적으로 5~10°C 이고, 그것에 의해 생기는
인장응력은 5kgf/cm² 정도라고 생각한다(개구부
가 있으면 그 허리벽, 개구부상부벽은 개구부
높이율에 따라 그 응력이 증가한다). ② 벽과
보(지중보)의 건조수축 차는 1.5~2.0×10⁻⁴ ③
벽과 보(지중보)의 연간 온도차는 20°C 전후
이고, 그 온도 수축차(인장응력에 대한 값 즉,
온도변동의 반값)를 1.0~1.5×10⁻⁴으로 생각
한다. 결국, 건조수축과 외기 온도 변동에 의한
총수축차는 3×10⁻⁴ 정도로 본다. 게다가 보,
바닥슬래브 등의 주위의 구속정도를 0.5, 크리
이프를 고려한 유효 탄성계수를 1.5×10⁵kgf/
cm²라고 가정하면 ②와 ③에 의한 인장응력은
15kgf/cm²가 얻어진다.

$$3 \times 10^{-4} \times 0.5 \times 1 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$$

그 결과, ①, ②와 ③의 합계 인장응력은 20
kgf/cm² 정도로 볼 수 있다. 콘크리트의 수축균열
강도는 정적 인장강도의 0.7정도(15~20kgf/
cm²)로 생각되어 지기 때문에, 균열이 발생하게
된다. 이상에서 관찰결과를 정리하면, 각 요인
의 인장응력에 대한 기여율의 기준은 다음과
같이 얻어진다.

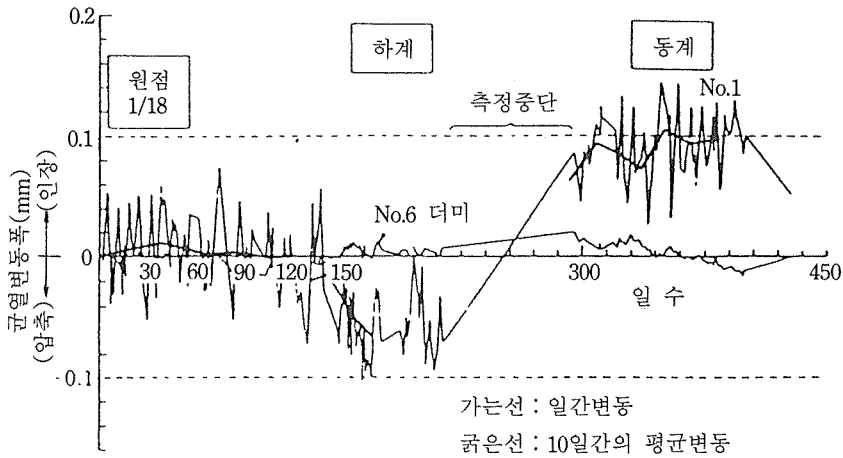


그림 6. 수직벽 균열폭의 변동 측정 사례

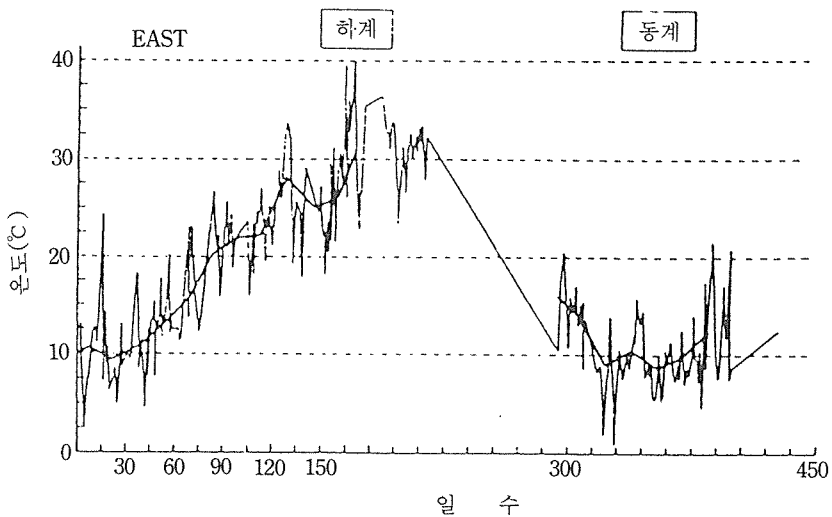


그림 7. 외벽 표면온도의 변동 측정 사례

- ① 수화열에 의한 인장응력 : 20~30%
- ② 건조수축에 의한 인장응력 : 40~50%
- ③ 외기온도변동에 의한 인장응력 : 25~35%

3.1 수화열에 의한 균열

타설 후, 수일 이내에 발생한다. 거푸집을 탈형했을 때, 이미 개구부 모서리에 미세한 균열을 볼 수 있는 것도 있으나, 이것은 주로 그 수화열의 영향(외기온도의 저하도 영향을 주지만)에 의한 것이다. 이 초기 균열이 건조

수축, 외기 온도변동의 요인을 받아 서서히 확대된다(그림 2. 참조).

일반적으로 R/C조는 매스 콘크리트라고 생각하기 어렵고, 이러한 조사보고는 적지만, 杉本는 개구부 모서리의 철근변형·온도측정으로부터 재령 1일에 균열이 발생한 것, 일반 벽이라도 수화열의 영향은 무시할 수 없는 것등을 명백히 하였다.

小柳는 이와 같은 계측을 행하여 이것을 확인하였다. 그림 8.에 계측결과를 나타내었으

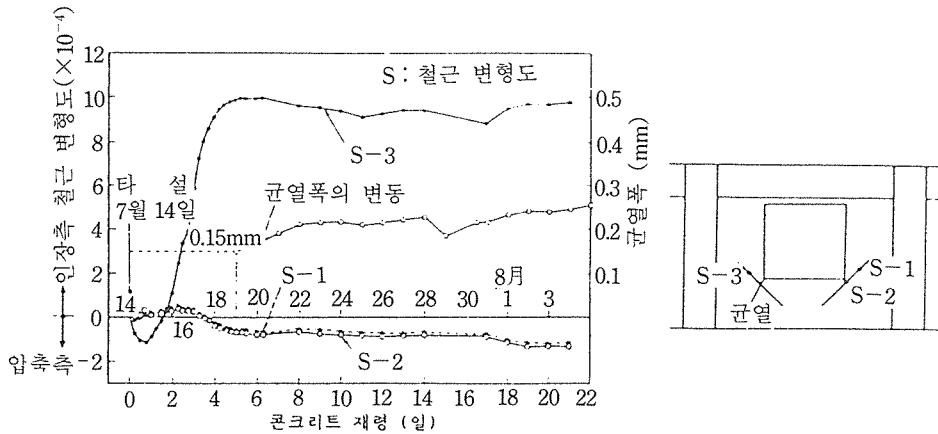


그림 8. 철근 변형도 및 균열폭의 변동

나, 벽의 온도상승 10°C 정도로 크지 않았음에도 불구하고, 균열이 발생하였다. 이 이유는 하층부의 구체(軀體)나 동일층의 천정 슬래브가 열수축의 구속재로 되는 것, 개구부가 벽전면에 대해서 단면결손부로 되고, 균열이 발생하기 쉬운것 등이 고려된다.

또한, 단열재를 매립한 벽거푸집을 사용할 경우는 보통보다도 내부온도가 상승하기 때문에 균열이 쉽게 발생하는 경향이 있으므로 유의할 필요가 있다.

3.2 건조수축에 의한 균열

건조수축균열은 대상벽의 하부층의 軀體(특히 지중보등의 지하구체)나 상부보 부재와의 건조수축차에 의해 균열이 발생하는 현상이다. 타설 후 재령 3개월정도 경과한 후에 발생하는 균열은 이 건조수축의 영향이 크다. 외벽의 건조수축량은 벽두께와 마감의 유무 등에 따라 다르다. 또한, 건물가동시의 공조의 영향으로 촉진되는 것도 있다. 그러나 외벽은 비가 닿기때문에, 恒溫室시험과 같이 강제적으로 건조가 진행되는 것은 아니고, 건조수축량도 그만큼 크지 않을 것이다. 타설된 콘크리트의 경우 470×10^{-6} 이라는 보고도 있다(더욱, 벽을 구속하고 있는 보도 건조수축을 일으키기 때문에 상대적 인 수축차는 전술한 바와

같이 1/2이하로 감소한다고 사료된다).

3.3 외기온도변동에 의한 균열

외기 온도변동이 균열에 많은 영향을 미친다. 즉, 온도변화를 급격하게 받으면 그 만큼 균열발생의 원인이 될 수 있다는 것이 지적되고 있다. 결국, 실제의 벽은 시트양생등의 초기양생이 종료된 빠른 시점으로부터 그 영향을 받는 것이다. 거푸집 탈형할 때 발견된 개구부 균열의 하나의 요인은 이 외기온도의 급격한 변화의 영향도 있다는 지적이 있다. 또한 일변화, 년변화의 영향을 받으면 균열부의 철근은 반복 부착피로를 일으키고, 균열폭이 확대되어 가는 원인으로도 된다.

4. 균열대책

균열대책에 관해서는 「철근콘크리트조의 균열대책(설계·시공) 지침·동해설」외에 柿崎가 잘 정리한 것을 참조하면 된다. 여기서는 지면의 사정으로 특히 중요하다고 생각하는 항목이나 새로운 지식 등을 취급한다.

4.1 재료·배합면에서의 대책

콘크리트의 건조수축을 적게하기 위한 주요 항목을 서술한다.

(1) 골재의 영향

골재의 건조수축은 거의 없다고 생각되지만 골재의 종류에 따라서 상당히 다르며, ACI 224 위원회보고에도 있는 것과 같이 석회암 원석의 수축은 작은 종류에 의해 콘크리트로서의 수축도 상당히 영향을 받는다. 그림 9.에 의하면 석회암 쇄석을 사용한 콘크리트는 경질사암을 사용한 콘크리트에 비해 수축량이 25~30% 적게됨을 알 수 있다. 이 때문에 석회암 쇄석은 균열대책으로서는 좋은 골재라고 생각된다.

(2) 특수혼화제

수축 저감제는 실용화 후 또는 10년 정도의 비교적 새로운 재료이지만 건조시 물의 표면장력을 억제하는 것으로 건조 수축변형을 약 반정도 감소시킬 수 있는 획기적 혼화제이다. 실제 건물에 적용되어 그 효과도 보고되어 있다. 현재는 부가가치가 높은 프리캐스트판에 휩변형 대책으로도 사용되고 있지만, 금후 비용문제를 해결하여 질이 높은 건물에의 보급을 기대한다.

또한, 경화초기에 팽창되어서 전체의 수축을

작게하는 종래의 팽창제도 균열대책으로서 유효하다.

(3) 단위수량

건조수축이란, 단위수량의 개선이 특히 강조되는 경향이 있지만, CEB-FIP 국제지침의 수축예측식에는 재령·환경조건(습도) 등이 주요 요인이고, 단위수량의 영향에 관한 평가는 의외로 작다. 일본에서 잘 알려져 있는 단위수량과 건조수축의 관계를 그림 10.에 나타내었다. 시공성 향상의 노력으로 부터 감소가능한 수량의 폭에도 자연히 한계가 있기 때문에 일정수준의 단위수량이하의 경우, 이 면으로부터의 수축저감효과는 적다고 해석할 수 있다.

이제까지 사용되어 왔던 물은 비빔(슬럼프 21cm)은 블리딩 증대, 다짐의 실수등에 의한 것외에 피해도 유발하므로 특히, 시정이 요망되고 있으나, 현재의 일본 JASS 5(개정)에서는 이러한 피해는 상당히 개선되어 있다고 생각되어 진다. 오히려, 된비빔에 의한 충전성 불량을 일으키지 않도록 시공계획이 필요하다.

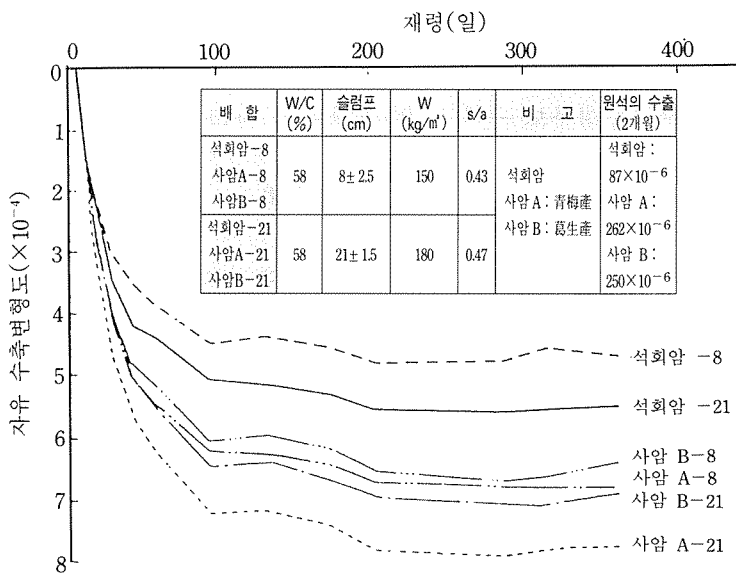


그림 9. 콘크리트 자유수축변형의 변동

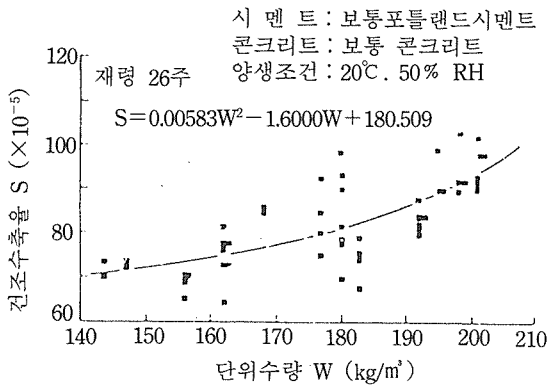


그림 10. 단위수량과 건조수축의 관계

위커빌리티의 개선으로서 유동화 콘크리트를 사용하는 것도 많다.

4.2 철근에 의한 억제

(1) 철근비의 영향

수축균열폭의 억제는 철근비의 크기에 따라 결정된다고 할 수 있다. 균열폭을 0.3mm, 0.1mm로 제한하기 위한 철근비가 표 2.에서와

같이 제한되어 있다. 小柳가 실시한 실험에 의한 수축균열폭과 철근비의 관계를 그림 11.에 나타내었다. 이것은 벽두께 15cm, 내부스팬 250cm로 구속정도가 큰 조건하에서 1년간의 항온실내 실험결과를 정리한 것이다. 표 2.의 타당성을 확인한 실험결과로 되어있다.

만약, 균열폭을 0.1mm 이하로 하기 위해서는 약 1%의 철근비가 필요하다. 현상항은 0.4~0.6%가 많다고 생각되어지므로 수축균열을 적은 균열폭으로 분산시키기 위해서는 많은 철근량이 필요하다.

표 2. 균열폭을 0.3mm(0.1mm)로 제한하기 위한 철근비(%)

철근	콘크리트 강도(kgf/cm ²)			
	180	225	270	
P ₁	D 6	0.40(0.60)	0.43(0.72)	0.45(0.74)
	D10	0.49(0.87)	0.52(0.92)	0.55(0.97)
	D13	0.57(0.99)	0.60(1.05)	0.63(1.10)
	D16	0.64(1.10)	0.67(1.17)	0.71(1.22)

벽두께 15cm, 내부스팬 250cm

구속정도 : 특히 높은 구속정도 항온실

균열계측 : 콘크리트 게이지

1Y : 1년 6M : 6개월

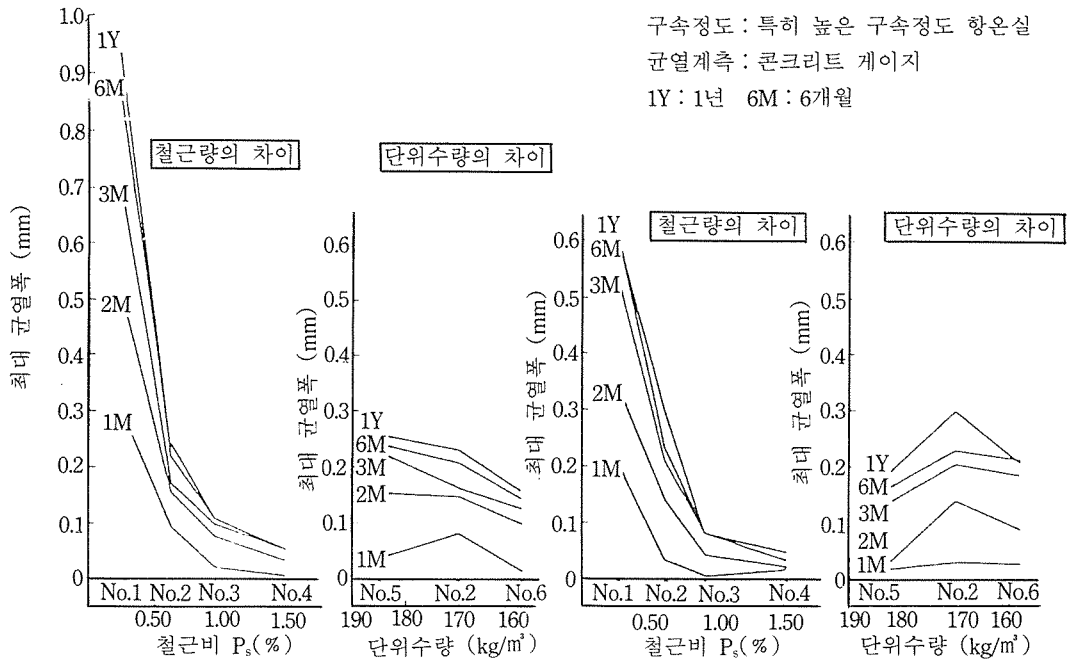


그림 11. 수축균열폭과 철근비의 관계

(2) 철근과 콘크리트의 부착 영향

균열폭의 억제는 부착성능의 양부에도 영향을 받는다. 부재침이 높은 경우, 상단근은 철근하면의 부착이 나쁘기 때문에 부착강도는 낮아지는 경향이 있다. 그 때문에 다짐이 불충분한 경우와 블리딩 양이 많은 경우는 부착력을 손실하게 되고, 결과적으로 균열폭을 확대시키는 것이라 생각한다.

(3) 개구부의 모서리 보강근

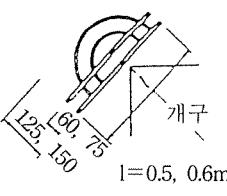
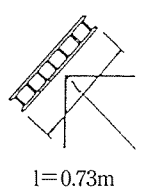
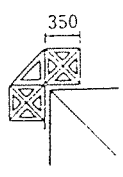
개구부의 모서리는 균열이 발생하기 쉽기 때문에 횡보강근을 설치하지만, 지금까지의 경사방향 보강근이나 와이어메시근으로 대체해서 그림 12와 같은 종류의 보강근이 개발, 고안되었고, 효과도 확인되었다. 콘크리트의 충전성을 확보하기 위해서는 터무니 없는 철근을 많이 배근하기보다도 효과적인 보강근을 적절하게 배근하는 것이 좋고, 그 의미에서도

이러한 보강근의 이용이 바람직하다. 또한, 모서리균열은 건물외벽(특히 하층부)에 대해서, 逆八字방향의 경사균열이라는 규칙성이 있기 때문에, 4모서리 전부는 아니고, 이 방향만을 보강하는 방법도 있지 않을까 생각된다.

4.3 유발줄눈에 의한 억제

철근비를 크게하면 균열폭을 억제하는 것은 가능하나, 균열을 분산시키는 것이 되고, 균열을 없애지는 못한다. 수축에 의한 균열문제를 근본적으로 해결하는 데는 유발줄눈을 설치하여 그 곳에 균열을 유발시켜 다른 곳에 발생시키지 않는 방법이 우수하다. 단, 어중간한 줄눈에서는 균열이 일부 떨어져 가는 등, 오히려 보수에 수고를 겪게되는 것으로도 되므로 줄눈의 적절한 간격과 충분한 단면결손이 중요하다. 일반적으로는 줄눈간격 3m이내, 유효

그림 12. 시판되는 개구부 모서리의 보강근의 예

명 칭	개 요	참 고	개발회사
Big Lane		D13+D10 t=160 t=180 D16+D10 t=200	T·M技研
Coner Lane		D13 t=160 t=180 D16 t=200 D19 t>200	太田機材
Wall Type Lane			丸井産業

줄눈 깊이(단면결손)은 벽두께의 1/4~1/5라고 말해지고 있으나, 확실히 유발줄눈 위치에 서만 균열이 발생하도록 하기 위해서는 가능하면 단면결손 1/3이상 확보하는 것이 바람직하다.

개구부가 있는 경우, 개구부 위치에 줄눈을 설치한다. 개구부이외에 설치하는 경우, 개구부 이상의 단면결손을 할 필요가 있다. 충분한 단면결손을 가지는 유발줄눈의 형태를 그림 13.에 나타내었다. 표면으로 부터 단면을 결손 시키거나 내부에 파이프를 매립한 방식을 채용하면 철근을 절단하지 않고, 큰 단면결손을 얻을 수 있다. 또한 콘크리트 타설시의 위치 이탈 등도 방지할 수 있다.

4.4 프리스트레스트에 의한 억제

외벽이과 지지보에 부착없는 프리스트레스(압축력)를 도입하여 강제적인 힘으로 균열을 억제하는 방법이 있다. 그림 14.에 지금까지 실측된 건물의 緊張直後의 긴장력 계산치에 대한 실제 긴장력 측정치의 비를 緊張端으로부터의 거리와의 관계로 나타내었다. ●은 일반건물의 벽이나 보의 부재이고, ○은 서랍 연속창벽 등과 같이 주변의 구속이 비교적 적은 경우이다. 이 결과로 부터 긴장길이가 짧은 경우(건물길이 20m이하)나 서랍 연속창벽과 같이 주위의 구속이 작은 경우에는 효과가 확인되었다. 그러나, 긴장길이가 길게되면, 주위로 導入力이 분산되기 때문인지는 모르지만, 그 효과가 적어진다.

4.5 기타 구조계획에 의한 억제

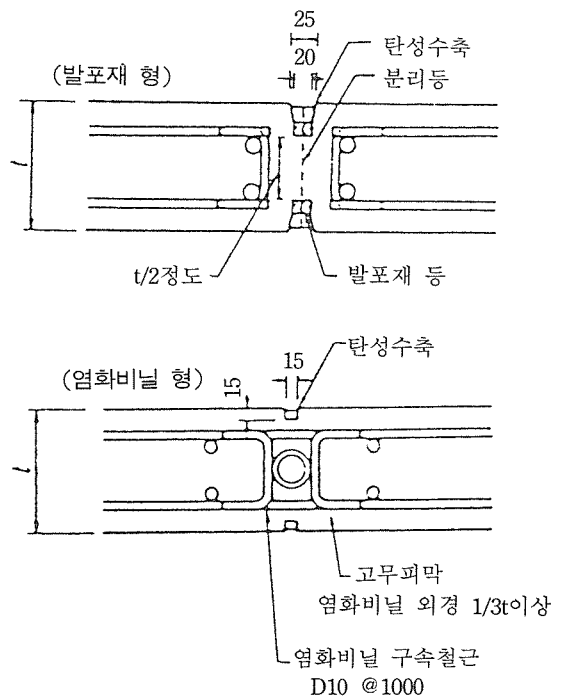
(1) 길이가 40~50m를 넘는 경우, 외기온도 변동에 의해 큰 변동량이 구속되기 때문에 균열이 많이 되는 경향이 있다. 특히 길이가 80~100m를 넘는 길이가 긴 건물의 경우, 중간에 익스팬션 조인트(Expansion Joint)를 설치하도록 한다.

(2) 건물전체의 벽량이 적으면, 그만큼 외벽에 부담되는 수축응력은 크게 되는 것도 예상된다. 집합주택에 비해서 사무소 건물과 쇼핑센터의 균열이 두드러지게 발견되지만, 이것은 벽량의 영향도 있지 않은가라고 생각된다. 금후, 이 방면의 연구도 요망된다.

(3) 벽두께가 크게되면, 건조수축도 감소하게 되고, 외기온도영향도 작기 때문에, 수축균열의 면에서는 유리하다. 적어도 벽두께는 20cm 이상이 요망된다. 벽두께를 40cm로 한 건물균열을 조사했을 때, 개구부 주위에서도 미세한 균열정도(수화열균열이라고 생각됨) 밖에 발생하지 않았다. 균열이 두드러진 1층 벽만이라도 과대한 벽두께로 하는 구조계획도 하나의 방법이 아닐까 생각된다.

4.6 수축대에 의한 억제

80~100m를 넘는 긴건물의 경우, 시공기간



· 단면 결손을 1/3이상의 경우

그림 13. 유발줄눈재의 예

중만이라도 주변의 구속을 약하게 하여, 이 사이의 열수축·건조수축에 의한 응력이나 균열을 작게하기 위하여 수축대를 설치하는

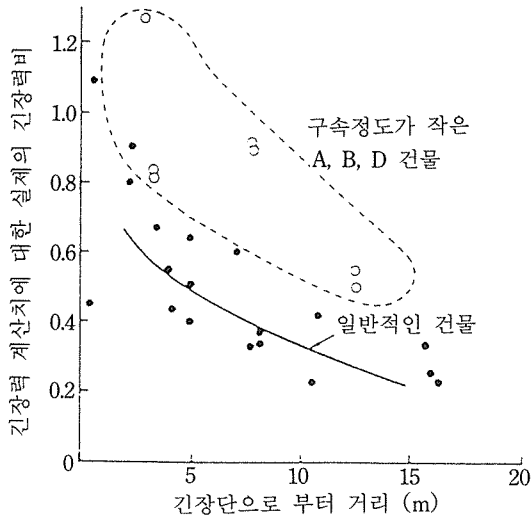


그림 14. 팽창력비의 관계

것이 있다. 부분적으로 몇개월 지연시킨 후 타설하는 방법이 있으며, 그 효과도 확인되어 있다. 다만, 준공 후에는 길이가 긴 일체건물은 외기온도변동의 영향을 받는 것으로는 변하지 않고, 익스팬션 조인트와 같은 효과는 기대할 수 없다.

5. 맺음말

이상, 외벽의 수축균열의 실태와 그 대책에 관하여 서술하였지만, 이 균열 문제는 오래전부터 연구되어온 테마이고, 문제해결을 위해서는 재료, 설계, 시공이라는 다방면으로 부터의 검토, 노력이 필요하다.

여기에서 누수를 고려한 균열에 대해 다루지는 않았지만, 이 부분은 중요하게 처리되어야 한다. 누수되지 않기위한 균열폭은 비바람의 강약이나 계속된 시동등에도 영향을 받기

표 3. 외벽에 발생한 균열의 종류와 대책

균열의 종류	균열대책의 요점	구체적인 균열대책
열수축에 의한 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 타설온도를 내린다. · 온도상승을 억제한다. · 구속을 약하게 한다. · 응력집중부를 만들지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 후레쉬 콘크리트의 냉각 · 벽두께를 작게 한다. · 단열형 거푸집을 사용하지 않는다. · 타설구획을 제한한다. · 개구부를 설치하지 않음
건조수축에 의한 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 콘크리트의 수축을 억제한다. · 구속을 약하게 한다. · 철근의 부착력을 높인다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 재료·배합의 개량 · 유효한 마무리를 한다. · 벽두께를 크게 한다. · 유발줄눈의 설치 · 건물길이의 제한 · 철근비를 증대한다. · 충분한 다짐 · 블리딩을 감소시킴
외기온도 변동에 의한 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 벽의 온도반형을 작게 한다. · 구속을 약하게 한다. · 철근의 부착력을 높인다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 외단열로 한다. · 벽두께를 크게 한다. · 유발줄눈의 설치 · 건물길이의 제한 · 철근비를 증대한다. · 충분한 다짐 · 블리딩을 감소시킴

때문에 일괄적으로는 말할 수 없으나, 일반적으로 0.10~0.15mm라고 생각된다. 누수는 벽 두께에도 관계가 있다는 보고도 있다.

누수대책의 면으로 부터 이 균열폭을 만족시키기 위해서는 철근비를 다소 크게 하는 것만으로는 곤란하고, 유발줄눈의 설치나 방수형태의 도장마감 등과 조합시키는 등의 대응이 요망된다.

향후문제로서는 균열억제 대책을 강구한 경우, 그 대책이 균열폭, 그 수나 발생시기에 있어서 어떠한 효과가 있는지, 정량적으로 평가할 수 있는 예측계산법의 확립이 요망된다.

비용이나 공기등의 제약도 있다고 생각되지만, 외벽균열은 미관외 내구성에 크게 영향을 준다는 것을 고려한 균열대책이 필요하다.

參 考 文 獻

- 1) 小柳光生・中根 淳：外壁の初期ひび割れに関する一考察, 콘크리트工学年次講演會論文集, 1985.
- 2) 小柳光生 外：鐵筋콘크리트외벽의ひび割れに関する(その 6), 日本建築學會大會梗概集, 1990. 10.
- 3) 牧角龍・徳光善治：콘크리트의乾燥収縮ひびわれ發生條件に関する研究, 第5回 콘크리트工学年次講演會論文集, 1983.
- 4) 中川隆夫 外：콘크리트의収縮拘束ひびわれ試驗裝置の性能について, 日本建築學會大會梗概集, 1983. 9.
- 5) 杉本靖彦：開口部隅角部發生するひび割れ制御に関する實驗的研究, 日本建築學會大會梗概集, p.243.
- 6) 中西正俊：콘크리트의長さ變化の原因としての溫度變動, 콘크리트工学, 1973. 7.
- 7) 高橋久雄・中島安夫：RC構造物の溫度變化および硬化乾燥収縮による變形に関する研究, 大林組技術研究所報, No.5, 1971.
- 8) 日本建築學會：鐵筋콘크리트造のひび割れ對策(設計・施工) 指針・同解説, 1990.
- 9) 柿崎正義：ひび割れ制御對策-建築物-, 콘크리트工学, 1982. 11.
- 10) ACI 224 委員會報告(譯)：콘크리트構造物のおはるひびわれの制御, 콘크리트工学, 資料, 1981. 9. 12
- 11) 大林組：外壁콘크리트のひびわれ防止規準, 1990
- 12) 保田秀樹 外：収縮低減劑と流動化劑の併用によるひびわれ低減效果, 日本建築學會大會梗概集, 1989. 10.
- 13) 小阪義夫・林田史郎：鐵筋콘크리트構造, 丸善, p.231, 1975.
- 14) 増田安彦 外：鐵筋콘크리트外壁のひび割れに関する研究(その 3), 日本建築學會大會梗概集, 1988.10.
- 15) 小柳光生 外：外壁のひび割れ制御を目的としたPRC工法の適用とその考察, プレストレス原理・技術の有效利用, JCIシンポジウム, 1991. 7.
- 16) 坂本熙夫 外：콘크리트壁體のひびわれと漏水の關係について, 日本建築學會大會梗概集, 1979. 7.
- 17) 須藤 拓 外：鐵筋콘크리트構造物外壁に生じにひびわれよりの漏水に関する現場實驗, 日本建築學會大會梗概集, 1986. 8
- 18) 小柳光生：RC建物外壁の収縮ひびわれの實態とその對策, 콘크리트工学, Vol.30, No.2, 1992. 2.
- 19) 李利衡：鐵筋콘크리트 建築物에 있어서龜裂發生原因과 그 對策에 관한 小考, 레미콘, 제6호, 1985. 12. ㊦