

타일의 接着強度 改善方案 (上)

— 타일의 施工法과 그 問題點 —

李 在 玉
건설부 기술관리실 건축기좌

1. 서설

최근 건축물의 대형화와 고급화추세에 따라 건축물의 外裝을 각종의 타일로 마감하는 경향이 두드러지고 있음은 주지의 사실이다.

그러나 타일의 시공에 있어서 일부에서는 단순히 외부의 치장이라는 관점에만 역점을 둘뿐 이의 탈락에 의한 불의의 인명 및 재산의 피해에 대해서는 간과하거나 소홀히 하고 있음은 건축계의 장래를 위해서도 극히 염려스럽지 않을 수 없다.

비록 타일의 제조와 시공의 역사 자체를 이태리등 서구의 것에 견줄 수는 없지만, 짧은 역사에도 불구하고 최근 우리나라의 타일의 제조기법과 시공기법이 능히 그들의 것과 견줄 수 있게 되었음은 건축물을 설계하고 시공하는 사람은 물론 완성된 건축물을 사용하는 건축주에게도 크게 다행한 일이 아닐 수 없다.

1985년 4월에 조달청에서 발표한 “施設工事單位當 價格管理資料”에 의하면 타일공사비는 전체 건축공사비의 2.92%

로서 약 3%에 다다르고 있으며 특히 건축공사에 대한 총 36개의 主要工種중 표 1-1에서 보는 바와 같이 제 11위에 해당하는 주요공종이 되고 있다.

참고로 조달청에서 발행한 價格管理資料에 의한 주요공종의 공사비 점유비율을 요약하면 표 1-1과 같다.

표 1-1에서 骨組工事を 제외하고 보면 타일 공사비가 점유하는 비율은 수장공사, 미장공사, 창호공사와 토공사다음으로 높은 공사비의 점유비율을 보이

고 있으나 일부 현장시공등에 있어서는 타일의 시공을 마감공종의 단지 일부로 취급하여 품질관리를 소홀히 해버리는 경우가 많고 새로운 자재와 공법의 개발에 있어서도 공사비의 점유비율면에서 거의 대동소이한 토공사등과 같은 공종만큼 그리 관심을 두지 않고 있는 실정이다.

따라서 건설부에서는 차제에 타일의 접착강도개선을 통한 타일의 탈락을 미연에 방지함으로써 타일사고에 의한 인명 및 재산의 피해를 막고 나아가 타일 시공기법의 현대화를 위해서 현행 건설부제정 건축공사표준시방서에 신개발 타일接着工法을 신설하기 위한 연구를 수행중에 있으며 또한 동 시공법의 적용을 촉진시키기위해 표준품셈(건축부문)에도 이에 대한 품을 신설하여 86년 시행공사부터 이를 적용토록 하고자 지난 4월 1일부터 관계기관에서 이에대한 實査를 진행중에 있다.

2. 타일의 탈락요인

1970년 日本建築学会가 일본의 건축사를 대상으로 시행한 타일에 관한 앙케이트조사에 의하면 도자기질타일이 건축재료로서 장래성이 있다고 응답한 비율이 전체의 87.7%를 점유하고 있으며 동 타일의 사용을 희망하는 건축사가 92.6%에 달하는 높은 비율을 보인 것으로 나타났다.

또한 1971년과 1972년에 일본 建設省에서 조사한 타일의 박리원인 조사 결

표 1-1, 주요공정별 공사비 점유비율

공 종	비 율(%)	공 종	비 율(%)
콘크리트공사	15.82	철 골 공 사	3.73
거푸집공사	11.10	미 장 공 사(벽)	3.32
철근공사	9.18	특수창호공사	3.25
금속공사	6.12	토 공 사	3.03
시멘트벽돌공사	4.70	타 일 공 사	2.92
수 장 공 사	4.08		

과에 따르면 총 445개 건물중에서 115개의 건물인 약 26%가 박리사고를 일으켰다고 밝히고 있으며 이를 유형별로 보면 剝離가 67건이고, 들떠오름이 48건으로 되고 있음을 볼때 타일의 선회는 도자기질타일이 높지만 타일의 박리사고는 여전히 지속되고 있음을 알 수 있다.

전기한 조사보고서는 이같은 타일의 박리사고의 원인을 표 1-2와 같이 분류하고 있다.

표 1-2에 의하면 타일의 탈락에 대한 주된 원인은 타일 시공상의 결함에 의한 것이며 따라서 이에 대한 합리적인 시공 기법이 개발되어야 할 필요성을 보여 주고 있다.

표 1-2, 타일의 박리원인

원 인	점유비율
타일시공상의 결함에 의한것	50%
설계상의 문제에 의한것	30%
타일의 품질상의 결함에 의한것	20%

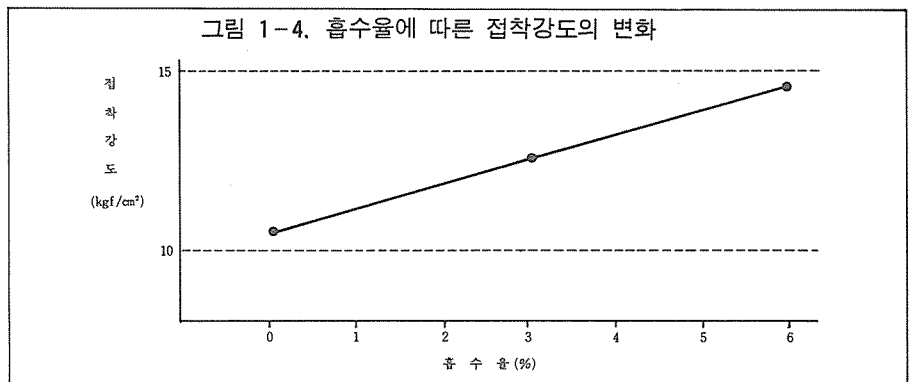
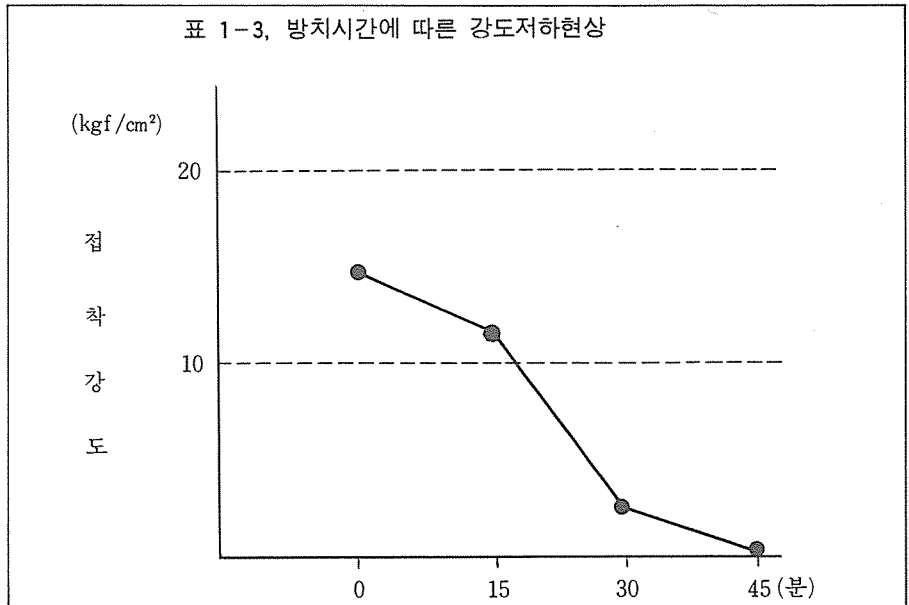
가. 施工上の 결함에 의한 脱落

圧着工法이 보편화되고 있는 우리나라 현 실정에 있어서 이에 따른 시공상의 결함을 방지하기 위해서는, 우선 타일의 붙임작업이 적정한 시간내에 이루어지도록 하는 것이 타일의 탈락방지를 위해 가장 우선해야될 일 중의 하나로 보인다.

일반적으로 타일붙임용 바탕모르터를 바른 때로부터 20분 이내에 타일을 붙이면 대략 4kg/cm²의 접착강도는 확보되는 것으로 보고 있으나 이는 외기의 온도나 습도 및 풍속등의 환경조건에 따라 영향을 받게 된다.

타일의 바탕모르터 바름 후부터 타일을 바르기 직전까지의 방치시간에 따른 강도저하의 현상에 대해서 (주) 삼호특수건설에서 발표한 "타일공사의 문제점과 대책"에 관한 자료에는 표 1-3과 같은 강도저하현상이 있음을 보여주고 있다.

표 1-3에서 시료로 사용한 타일은 小口靛으로서 바탕모르터는 1:3 모르터



를 사용한 경우의 접착강도시험결과에 의한 것이다.

이같은 방치시간은 또한 타일뒷면의 형태와 흡수율에 따라서도 조정되어야 하며 바탕의 溫潤도와 붙임모르터의 配合比 및 바탕모르터의 바름두께등에 의해서도 달리하여야 한다.

이들 요인들에 의한 접착강도의 변화에 대한 예를 일본에서의 시험결과를 바탕으로 소개하면 다음과 같다.

(1) 타일의 吸水率에 따른 接着強度變化

타일의 흡수율은 자기질타일이 1%이 내이고 석기질타일이 1-10% 정도이며 도기질타일은 10%이상이 되지만, 특히 자기질타일은 흡수성이 적기 때문에 바탕모르터를 바른 후 부터 타일붙임의 직전까지의 시간 즉 방치시간(Oden Tim-

e)의 관리에 가장 주의를 하여야 한다.

타일 중에서도 특히 도기질타일은 붙이기 전에 물을 뿌려서 가급적 바탕모르터의 結晶水를 빼앗아가지 않도록 배려하여야 한다. 그림 1-4는 흡수율에 따른 접착강도의 변화현상이다.

그림 1-4에서 보는 바와 같이 흡수율이 클수록 타일의 접착강도는 증대됨을 알 수 있다. 그러나 흡수율이 큰 타일은 동결융해에 의한 내구성의 저하가 일어나기 쉬우며 특히 우리나라와 같이 한서의 차이가 -25°C에서 +35°C까지의 심한 기복을 보이는 환경조건하에서는 특히 동결융해에 대한 내구성의 저하에 충분한 대처를 하여야 한다.

일반적으로 흡수율이 4% 이하인 경우에는 동결융해에 대해서는 안전전에 접어든 것으로 보고 있다.


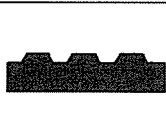

(2) 타일의 形狀에 따른 接着強度變化

(가) 타일의 뒷발모양과 접착강도변화
 타일의 뒷발모양은 역삼각형의 톱니모양을 한 압출형과, 뒷발이 평평하고 뒷발의 표면이 매끄러운 프레스형 및 뒷발이 거의 없거나 있다고 해도 그 접착면적이 아주 작은 플랫폼형으로 구분되며 그 형상에 따른 장단점은 그림 1-5와 같다.

또한 타일의 뒷발모양과 그에 따른 접착강도의 변화는 표 1-6에서 보는 바와 같다.

표 1-6에서 압출형이 프레스형이나 플랫폼형보다 접착강도가 높게 나타나는 이유는 타일의 뒷발이 불임용 모르터와

그림 1-5. 타일 뒷발의 형상과 장단점

압출형		뒷발이 역삼각형, Ω형이므로 접착 면적이 넓고 갈고리 역할로 부착 상태가 좋다.
프레스형		뒷발이 평평하고 표면이 매끄러워 접착이 불량 (특히 벽시공시)
플랫폼형		뒷발이 완전히 없거나 빈약하여 접착면적이 작아 접착이 극히 불량

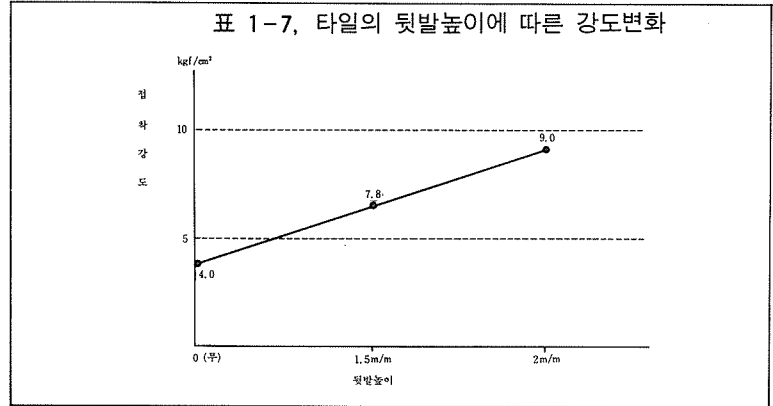


표 1~8, 타일의 크기와 탈락사고율

	모자이크	소형	중형	대형	기타
규격	25×25	87×57	108×60	190×90	
사고율	19.9%	40.7%	20%	17%	2.4%

의 상대적인 접착면적을 크게하기 때문이다.

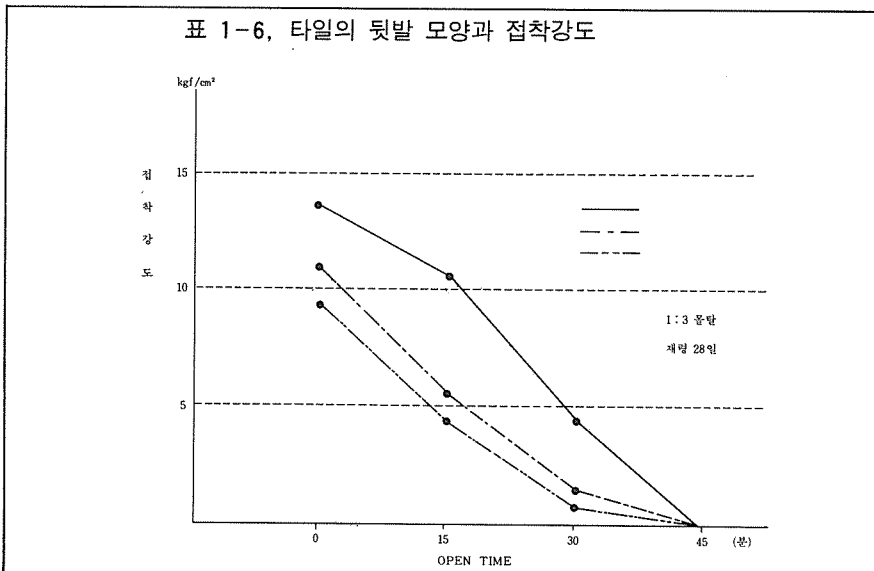
따라서 타일의 뒷발높이가 크면 클수록 또한 뒷발의 접착면적이 크면 클수록 타일의 접착강도는 상대적으로 증대되는 것이며 뒷발의 높이에 따른 접착강도의 변화현상을 도표화 하면 표 1-7과 같다.

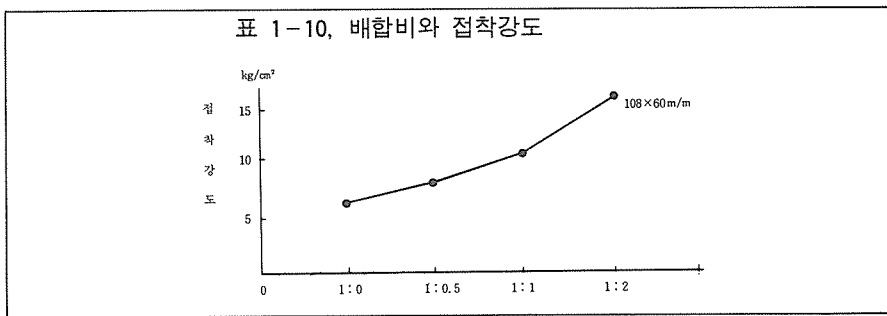
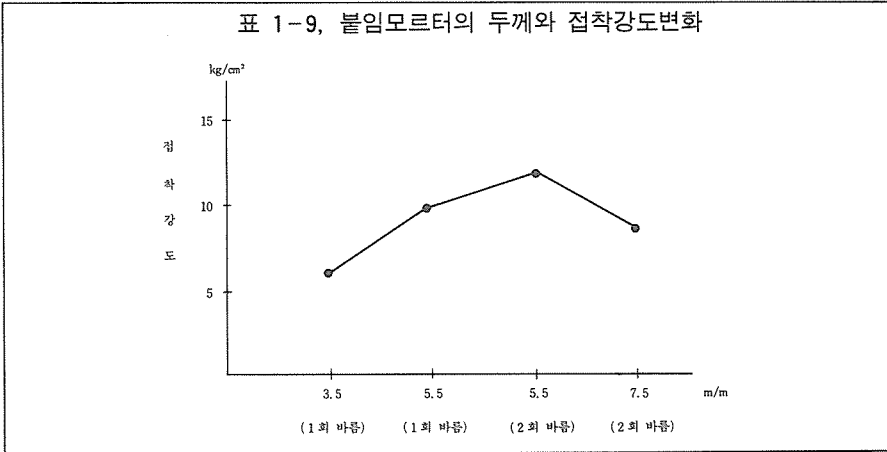
(나) 타일의 크기에 따른 접착강도변화
 일반적으로 타일은 평면형장이 큰 것이 단위당의 접착강도는 저하하게 된다. 그러나 표 1-8에서 보는 바와 같이 타일의 脱落事故는 소형에 가까울 수록 많이 발생하고 있음을 볼 수 있다.

이와 같은 이유는 대형타일의 시공시에는 타일의自重등을 감안하여 타일공이 접착용모르터를 소형때보다도 두껍게 바를 뿐만 아니라 두들김도 소형때보다 강하게 하는 때문으로 보인다.

(다) 불임모르터의 두께에 따른 접착강도변화

최근 많이 사용하고 있는 압착공법에 의해 타일을 붙이는 경우에는 보통 불임 모르터의 두께를 5-6mm 정도로 하면 적정하지만 재료를 절약하기 위해서 3-4mm 정도로 모르터를 바를 경우에는 불임 모르터자체의 건조가 빨리 일어나기 때문에 오픈타임을 단축시켜야 할 뿐만 아니라, 표 1-9에서 보는 바와 같이 5.5





mm까지는 붙임모르터의 두께와 접착강도는 비례증가하기 때문에, 타일의 바름두께는 가급적 5mm 이상으로 되도록 함으로써 접착강도를 일정한 정도 이상으로 유지시켜야 함은 물론 붙임모르터 자체의 급격한 건조도 일어나지 않도록 하여야 한다.

(라) 붙임모르터의 配合比에 따른 接着強度의 變化

타일붙임모르터의 배합비는 현행 표준 품셈(건축부문)에서는 1:3을 표준으로 하고 있으며 줄눈용 모르터의 배합비는 1:1을 표준하고 있다.

표 1~10은 모르터의 배합비가 접착강도에 주는 영향을 표시하고 있다.

특히 모르터용으로 사용되는 잔골재의 粒度 또한 접착강도에 영향을 줌으로 細骨材의 粒度分布를 모자이크타일인 경우에는 1.2mm이하의 적당율로 하는 것이 바람직스럽고, 자기질과 도기질타일은 각각 2.5mm 및 1.2mm이하의 적당율을 粒度의 표준으로 하는 것이 접착강도의 개선을 위해 효과적일것으로 밝혀지고 있다.

나. 바탕의 舉動에 의한 脱落

타일의 바탕면은 대부분 습식시공에 의한 콘크리트 구조체이거나 조적체이기때문에, 타일에 바탕이 되는 콘크리트나 조적체의 물리적인 舉動 또한 타일의 탈락과 밀접한 관련을 가지고 있다. 특히 타일의 바탕이 콘크리트인 경우에는

콘크리트 타설후 콘크리트의 팽창이나 수축에 의해서 타일에 들뜸이 일어나거나 균열이 발생하게 된다.

일반적으로 철골철근콘크리트구조물에 있어서 콘크리트타설후의 수축율은 25×10^{-5} 정도이고 최상층인 경우에는 30×10^{-5} 에 다다르게 되지만 콘크리트자체가 不均質性의 재료인점 까지를 감안한다면 실재는 상기한 수치보다도 훨씬 더 큰 수축률이 될 것으로 예상되고 있다.

표 1~11은 철근콘크리트 보의 스펀 길이에 따른 수축률이 타일의 들떠오름 높이에 주는 영향을 보여주고 있다.

타일의 들떠오름의 방지를 위해서는 또한 콘크리트구조체의 크릴프현상도 고려하여야 하는데, 특히 크릴프의 應力은 장기간에 걸쳐서 진행하게 되므로 타일의 들떠오름에 큰 영향을 주고있음을 간과해서는 아니된다.

따라서 콘크리트바탕에 타일을 붙일 경우에는 가급적 콘크리트의 경화에 따른 팽창이나 수축이 어느정도 진행이 된 다음에 적절한 붙임모르터를 바르고 타일을 접착하여야 하며 가급적 재령이 28일이 경과된 후에 타일을 접착하는 것이 들뜸의 방지에 효과적이다.

이밖에도 타일의 들뜸의 원인이 되는 것은 건물이 받게되는 진동이나 보행에 의한 충격, 온도차에 따른 應力, 철근의 부식에 따르는 팽창등 여러가지가 있다

표 1~11, 수축율이 들떠오름높이에 주는 영향

스판길이	수축율	수축길이	들떠오름높이
1 m	0.1%	1 $\frac{m}{m}$	22 $\frac{m}{m}$
2 m	0.1%	2 $\frac{m}{m}$	45 $\frac{m}{m}$
5 m	0.1%	5 $\frac{m}{m}$	112 $\frac{m}{m}$
10m	0.1%	10 $\frac{m}{m}$	224 $\frac{m}{m}$
2 m	0.05%	1 $\frac{m}{m}$	32 $\frac{m}{m}$
5 m	0.02%	1 $\frac{m}{m}$	50 $\frac{m}{m}$
10m	0.01%	1 $\frac{m}{m}$	71 $\frac{m}{m}$

표 1~12, 타일탈락시의 높이별 낙하속도

1층 3.2m 경우	28km/hr	참 조
5층 15.2m 경우	62km/hr	태풍의 경우
10층 30.2m 경우	88km/hr	1호 태풍
15층 45.2m 경우	107km/hr	2호 태풍
20층 60.2m 경우	124km/hr	

므로 타일공법의 선택시에 이들에 의해 예상되는 영향을 예측한 신중한 공법선정을 하여야 할 것이다.

3. 타일의 脱落事故 및 그 現況

타일의 탈락사고는 상기한 재료 및 시공상의 결함에 의한 탈락사고와 동결융해에 따른 내구성저하에 따른 타일탈락사고의 발생 및 타일바탕의 거동에 의한 타일의 탈락등으로 크게 구별될 수 있으나 실제로 있어서 타일의 탈락은 이들 3가지의 요인들이 대부분 복합적으로 작용하여 일어나기때문에 타일사고가 발생할 경우 그 주된 요인을 어떤 하나의 요인때문인 것으로 규정하기는 거의 불가능한 것이다.

가. 타일의 脱落에 의한 위해범위

타일은 일단 건물에서 탈락이 되면, 지상에 떨어질 때는 중력가속도의 영향으로 대단한 낙하충격을 갖게되어 건물주위의 인명이나 재산에 큰 피해를 입히게 된다.

전술한 “타일공사의 문제점과 대책”에 관한 자료에 의하면 10층높이의 건축물에서 탈락할 때의 타일의 낙하속도는 제 1호의 태풍에 해당하는 88km/hr의 낙하속도가 된다고 보고하고 있다.

이같은 타일의 낙하속도는 능히 인명을 살상할 수 있는 속도이며 층별 낙하속도의 예를 보면 표 1~12와 같다.

고층건물의 외벽타일은 또한 탈락시에 연직방향으로 탈락하지 않고 건물의 주위나 차도 및 보도등에 이르는 광범위한 지역에 비상하면서 낙하하기 때문에 이에 의한 인명이나 재산의 보호를 위해서도 고층건물은 물론 저층이라 하더라도 건물의 외벽타일에 대해서는 일정강도 이상의 接着強度確保基準의 示方化등이 시급한 실정인 것이다.

표 1~13은 타일탈락시의 타일에 의한 사고 범위를 도시한 것으로서, 10층 바닥에서 타일이 탈락하는 경우에 타일의 탈락범위가 외벽면에서 15m의 수평

거리까지 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

나. 붙인 타일의 재령과 脱落事故

표 1~14는 일본에서 1867년부터 1974년 사이에 접착시공한 타일의 재령에 따른 사고율을 보여주고 있는 것이다.

여기에서 보는 바와 같이 1867년부터 1934년 사이에 접착시공한 타일의 사고율이 최근들어 접착시공한 타일의 사고율보다도 훨씬 낮음을 볼 수 있는데 그 이유로서는 최근의 壓着工法이 시공상의 결함을 많이 유발시키고 있음을 보여주는 한편 壓着工法을 적용시에는 종전의 떠붙임공법보다는 보다 정밀한 시공을 하여야 함을 역설하고 있는 것이다.

특히 종전의 떠붙임공법이 타일의 사

고율이 적은 이유는 떠붙임공법으로 접착시공을 할때는 붙임모르터의 두께를 충분히 하였기 때문으로 보인다.

그러나 표 1~14와는 달리 실제에 있어서 타일붙임을 동일한 공법으로 시공한 경우에는 타일의 접착강도는 건물의 재령이 많아지면 많아질수록 자연적 및 물리적인 환경의 영향에 의해서 대략 표 1~15와 같이 접착강도는 저하하게 된다.

타일의 탈락사고는 또한 건축물의 층고에 따라 그 빈도가 달라지고 있음이 최근 밝혀졌다. 아직까지 우리나라에 있어서 이에대한 구체적인 조사결과는 밝혀지지 않았으나, 일본의 경우를 예를 들어보면 타일의 탈락사고의 빈도수가 가장 높은 층수는 3~4층으로 밝혀졌으며 10층의 건물에 있어서 3~4층에서 타일이 탈락되는 비율은 무려 전체의

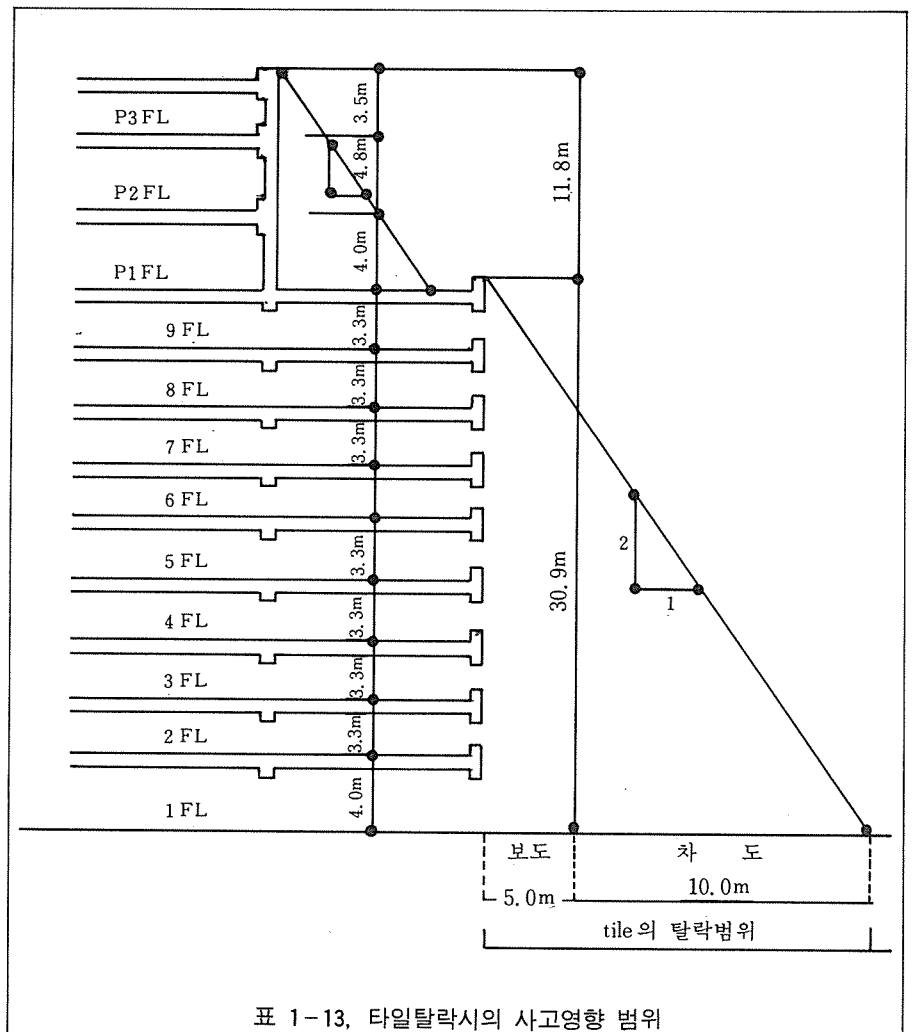


표 1-13, 타일탈락시의 사고영향 범위

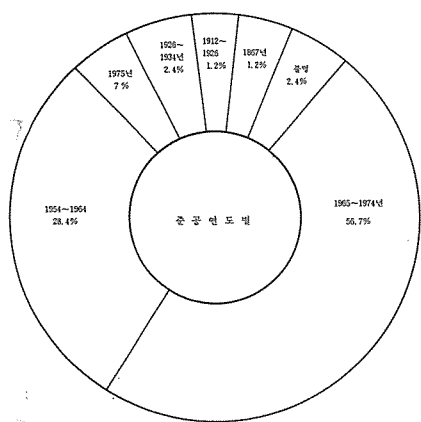


표 1-14, 준공년도별 사고율

닥에 있어서 타 부위와 교차하는 지역과 난간 또는 파라펫트등에서도 높은 탈락율을 보여주고 있다.

타일의 탈락율을 외벽의 방위별로 구분조사한 결과는 표 1~17에서 보여주고 있다.

표 1~17, 외벽타일의 방위별사고율

방위별	동	서	남	북
사고율	19.3	18.5	26.8	12.7
순 위	(2)	(3)	(1)	(4)

표 1~17에서 보는 바와 같이 방위별로는 남향이 26.8%로서 가장 높은 탈락율을 보이고 있는데 그 이유는 우선 남향의 외벽에서는 다른 방위보다도 日射량을 가장 많이 받아 콘크리트의 팽창수축이 심하게 일어나는 때문으로 보이며, 또한 冬節期에 있어서의 남향의 외벽은 다른 방위의 외벽보다도 동결과 융해의 반복 즉 동결융해의 사이클이 훨씬 많은 빈도를 가지고 일어나기 때문으로 보인다.

4. 타일의 백화현상

타일의 뒷면에 물이 침투되면 물은 바

탕모르터속에 들어있는 석회를 용해시켜서 수산화석회[Ca(OH)₂]를 생성하는데, 이와같이 생성된 수산화석회가 벽의 외부로 표출되면서 공기중의 탄산가스등과 반응하여 석회석으로 변하여 타일의 표면을 오염시키게 되는 데 이와같은 현상을 타일의 白萃現象이라 한다.

그림 1~18에서 보는 바와 같이 타일과 건물사이에 물이 침입하여 발생하는 현상이므로 白萃의 방지를 위해서는 우선 타일과 건물사이에 물이 침투하지 않도록 하여야 하며, 그러기 위해서는 타일과 건물사이에 공극이 발생치않도록 모르터를 충분히 타일뒷면에 채워서 정착되 붙임모르터의 두께는 균등하도록 하여야 한다.

특히 떠붙임공법에의해서 타일접착시 공을 할때 시멘트 페이스트를 줄눈에 뿌리는 것은 白萃現象을 촉진시키는 요인이 된다.

타일의 백화현상을 촉진시키는 요인중에는 또한 低温多湿한 지역과 응달지역 또는 적당한 정도의 통풍이 있으므로 이에대한 고려를 하여야 하며, 특히 현재까지는 타일의 백화현상을 방지할 수 있는 공법이 개발되지않고 있기때문에 우선은 정밀한 시공에 의존할 수 밖에 없다. (다음호에 계속)

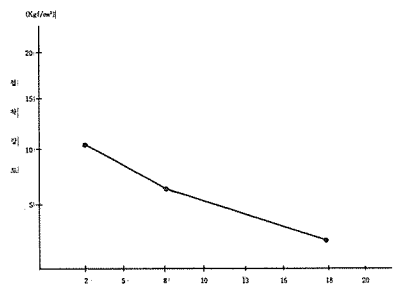


표 1-15, 붙임타일의 재령과 접착강도

62.5%를 점유하고 있다.

표 1~16은 건물의 층별에 대한 타일의 탈락비율을 보여주고 있는 것이다.

표 1~16, 층별 탈락율 비교

층수	구분	조사 대상 수 (구성비)
3~4층		7,727 (62.5%)
5~7층		3,287 (26.6%)
8~9층		764 (6.2%)
10층		580 (4.7%)
계		12,358 (100%)

이와같이 타일의 탈락율이 3~4층에서 집중적으로 높은 이유에 대해서는 정확히 밝혀지지 않고 있지만 대략 3~4층에 있는 외벽이 진동이나 충격등에 의한 영향 즉 구조물의 거동에 의한 영향을 가장 많이 받기 때문으로 보인다.

타일의 탈락은 또한 건물의 각종 부위별로 따라서도 그 탈락율을 달리하고 있는데 특히 탈락율이 높은 부위를 보면, 주로 개구부의 주위에서 가장 많은 탈락이 일어나고 있으며 기타 벽이나 바

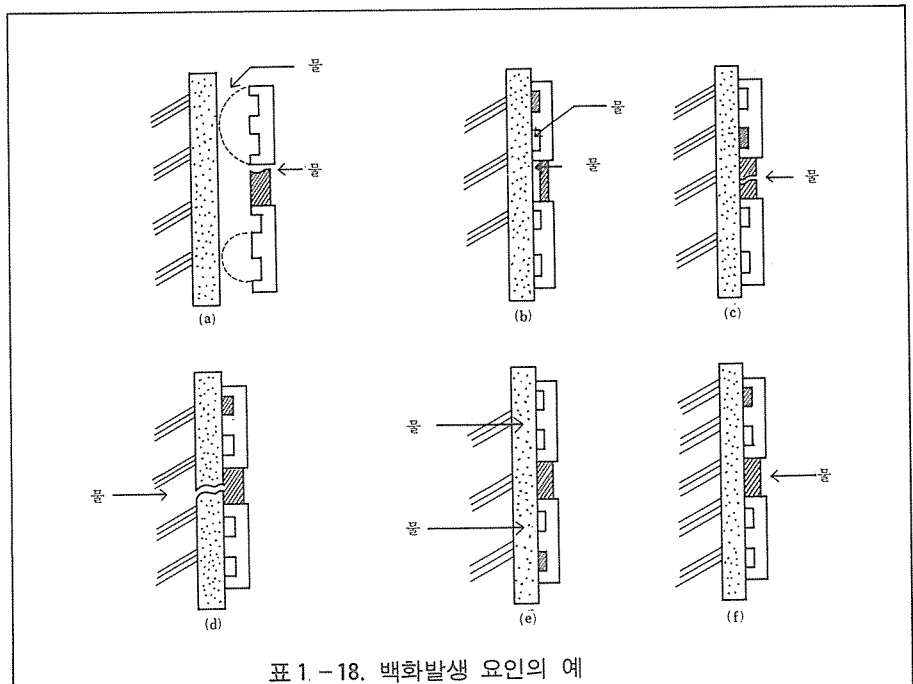


표 1-18, 백화발생 요인의 예