

어린이놀이시설 포설용 바닥재의 이해

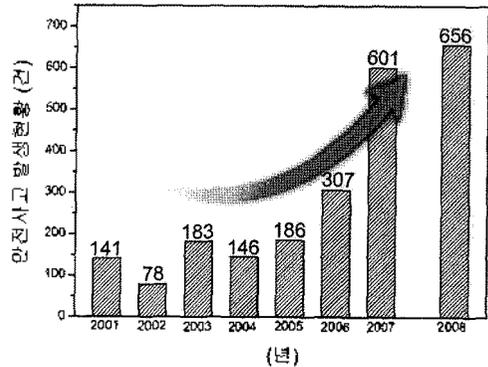
김대훈
한국생활환경시험연구원
02-2102-2500

머리말

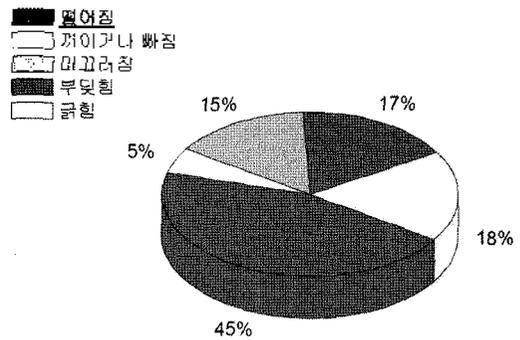
2008년 1월 어린이놀이시설안전관리법이 시행되어 현재 전국 약 6만 5천 개소(2007년 기준)의 어린이놀이시설에 대해 전수검사가 실시되고 있다. 이에 한국생활환경시험연구원은 기술표준원으로부터 어린이놀이기구 안전인증 및 어린이놀이시설 설치검사기관으로 지정되어 어린이가 안전하게 놀이시설을 이용하도록 최선을 다하고 있다. 한국생활안전연합 및 한국소비자원의 서울시 아파트놀이터 실태조사(그림 1 참조)에 따르면 놀이터에서 안전사고 발생현황이 매년 증가하고 있어 어린이들이 안전한 환경에서 건강하게 자라날 수 있도록 여건 조성이 시급한 것으로 확인된다.

※ 어린이놀이시설 : 만 10세 이하의 어린이가 놀이를 위하여 사용할 수 있도록 제조된 어린이놀이기구(품질경영 및 공산품안전관리법 제2조제8호에 따른 안전인증대상공산품)가 설치된 놀이터로 대통령령이 정한 것을 말한다.

대부분 공공 놀이터의 시설물은 오르기, 그네, 미끄럼틀 등으로 이루어져 있어 낙상사고의 위험성에 대해 보다 주의 깊게 고려된다. 예를 들어, 그림 2의 사고종류 그래프(2008년 한국생활환경시험연구원 분석자료)를 보면 어린이 안전사고의 원인 중 (떨어짐)이 가장 큰 비율을 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 그렇기 때문에



〈그림 1〉 연도별 안전사고 발생현황



〈그림 2〉 사고종류

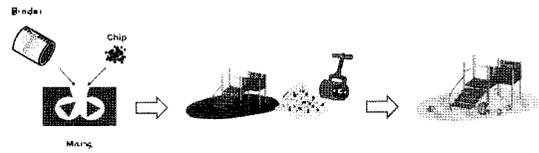
어린이놀이시설 시설기준 및 기술기준에 따라, 어린이놀이시설에는 사용자(어린이)가 떨어질

가능성이 있는 장소에 사용자가 낙하하여 받을 충격을 보호할 수 있는 모래, 고무매트, 포설용 바닥재 등 상해를 경감하는 바닥재를 설치하게 되어 있다. 표면으로부터 충격을 많이 흡수할수록 심각한 상해를 줄일 수 있으므로 바닥재 설치 시 어린이가 낙하할 수 있는 높이와 바닥재의 충격흡수특성을 고려하여야 한다.

얼마 전까지만 해도 충격흡수용으로 모래를 이용하였으나 근래 들어 모래 내 애완견 배설물, 기생충 오염 등의 위생상의 문제점, 관리의 편의 등이 고려되어 합성재질바닥재가 증가하는 추세이다. 2008년 한국생활환경시험연구원에 접수된 어린이놀이시설 설치검사 건을 보면 모래가 약33%, 합성재질바닥재 약77%로 석유화학재질의 바닥재가 주류를 이루고 있으며 그 중 포설용 바닥재가 약50%로 상당한 비중을 차지하고 있다. 본 원고에서는 증가하고 있는 포설용 바닥재의 시공과정, 두께에 따른 충격흡수특성의 변화 등의 궁금증들에 대해 설명하도록 하겠다.

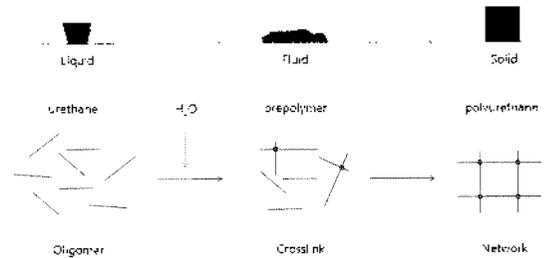
포설용 바닥재 시공 및 폴리우레탄 경화 과정

포설용 바닥재는 콘크리트층 또는 쇠석다짐층기층 위에 일반적으로 충격흡수층과 상부에 노출되는 표면처리층으로 두층 또는 그 이상으로 구분되어 시공되며 과정은 그림 3과 같다. 하부는 바닥재 두께의 대부분을 차지하고 있는 충격흡수층으로 잘게 파쇄된 EPDM, 페타이어 등 합성소재 고무칩과 우레탄 바인더를 현장에서 혼합 교반하여 어린이놀이터 바닥에 포설한다. 우레탄 바인더는 수분경화형이므로 보통 12시간에서 24시간 충분히 공기 중 습기와 접촉하며 고화가 이루어진다. 대기가 건조한 동절기나 습도가 낮은 날에는 경화시간이 길어지므로 완전 경화에 신경을 써야 한다. 표면처리층은 다양한 색상의 칩과 우레탄 바인더 혼합재료를 히팅롤러를 이용하여 균일하게 포장한 층으로서, 보통 10mm 정도의 두께로 표면내구성(충격강도, 경도 등) 및 내후성이 우수하다.



〈그림 3〉 포설바닥재 시공과정 개략도

어린이놀이터에 사용되는 경화성 바인더는 내후성, 충격강도, 탄성력이 우수한 우레탄 바인더를 사용한다. 일반적으로 경화 전 우레탄 바인더의 분자량은 수십에서 수백정도로 열적으로 불안정한 액상(그림 4참조)이다. 포설용으로 사용되는 우레탄 바인더는 별도 경화제가 없으며 우레탄 말단에 이소시아네이트류(-N=C=O group)와 수산기(Hydroxyl group)의 반응으로 폴리우레탄이 만들어지는 1액형이다. 완전 경화된 폴리우레탄은 분자량이 무한대가 되어 열적으로 매우 우수해지며 휘발물질이 거의 없는 새질이 된다(예를 들어, 폴리우레탄 소재 불링공은 하나의 거대 분자이다).



〈그림 4〉 우레탄바인더 경화 메커니즘

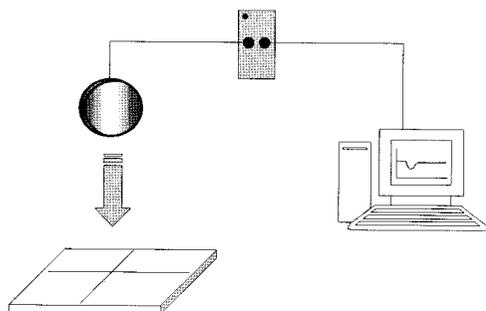
어린이놀이시설안전관리법의 시행 및 어린이 놀이기구의 대형화에 따라 포설용 바닥재의 두께가 두꺼워지는 추세이다. 두께의 증가는 외부와 밀폐된 하부층에 충분히 수분과 열이 전달되지 못하게 하여 미경화된 물질이 남을 우려가 있다. 또한 작업성을 향상시키기 위해 톨루엔 등 화석제를 사용하는 경우 휘발성유기화합물(VOCs)로 알려진 환경호르몬에 노출되어 어린이의 건강에 악영향을 끼칠 가능성이 있다.

포설용 바닥재의 두께 vs. 한계하강높이

두부상해기준(Head Injury Criteria)으로 알려진 한계하강높이(Critical Fall Height)는 어린이가 낙하 시 두부의 상해를 줄이기 위한 상한선으로, 검사기준은 어린이놀이기구 안전검사기준 제7부에 따르며 시험장치는 그림 5와 같다. 어린이가 놀이기구에서 바닥으로 떨어지는 수직 높이가 지면에서 측정하였을 때 1.5 m라면 포설용 바닥재의 한계하강높이는 1.5 m 이상이어야 한다. 그림 6은 '08년 3월부터~'09년 6월 까지 우리연구원 의뢰시험 접수 건 데이터를 이용한 통계 수치이다. 포설용 바닥재는 두께에 따라 비교적 선형적으로 충격흡수성능이 향상되는 것을 알 수 있다. 이러한 추세는 우리연구원 홈페이지 놀이시설상담실 문의 중 약 5%가 낙하높이에 따른 바닥재(포설포함) 두께에 대한 내용으로, 이전에 비해 바닥재 두께에 대한 관심이 높아졌음을 알 수 있다.

포설용 바닥재의 충격흡수성능은 사용되는 재질, 배합비(바인더/고무칩) 및 매트릭스 내 고무칩의 균일분산, 충격흡수층과 표면처리층의 두께, 제품의 공극 또는 내부 구조 형상 등에 의해 달라진다. 또한 포설 시공은 사람에 의해 이루어지는 만큼 누르는 압력, 시간 등에 따라 충격흡수특성이 변하여 상기 수치는 참고용으로 사용하는 것이 바람직하다. 시공초기 충분한 충격흡수성능을 나타내지만 지속적인 스트레스와 기후(특히 UV)에 의해 바닥재는 열화가 진행되므로 적절한 유지관리를 하지 못한 경우 그 성능은 상당히 감소할 수 있음을 고려해야 한다.

| 기술표준 2009.10



〈그림 5〉 한계하강높이용 시험장치

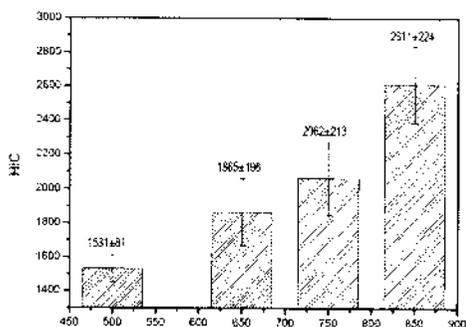


그림 6) 포설용 바닥재의 HIC데이터