

콘크리트 표면강화 에폭시의 장기특성 평가

An Estimation of the Long-Term Properties of Epoxy Used for Reinforcing Surface in Concrete

김성욱^{*} 김도겸^{*} 이장화^{**} 김근경^{***} 김상조^{****}
Kim, Sung Wook · Kim, Do Gyeum · Lee, Jang Hwa · Kim, Kuen Kyoung · Kim, Sang Jo

ABSTRACT

Up to date, it is difficult to estimate the consistence of properties on the epoxy liner in service time because an estimation of the long term environment-deterioration with aging has not been processed. In the study, the estimation on epoxy liner is carried by the physical test 7 rounds. There are the elongation test and the crack bridging test in the part of physical tests. An elongation test is carried out with epoxy membrane and a crack bridging test is carried out with specimen painted epoxy on concrete. The subjects of test and estimation are a containment quality system and a fibre-glass reinforced system. The materials of these systems are a Robber added Epoxy, a Silica added Epoxy, and a Fiber reinforced Epoxy. Ensuring the test data, properties of epoxy liner was estimated and the change of properties was predicted on epoxy liners.

1. 서론

콘크리트 표면강화제로 사용되는 에폭시라이너는 기밀성을 요구하는 콘크리트 구조물의 표면에 코팅되어 가스, 물, 약품 및 방사능 등의 누설을 방지하고 설비수명 기간동안 내부환경에 저항하도록 되어 있다. 대부분의 표면강화 에폭시라이너는 재료를 선택할 때 인증시험을 실시하여 그 품질을 확인 후 시공 중에 있으나, 시간이 경과하면서 에폭시 고유의 성질에 의하여 물리화학적 성능은 변화할 수 있다. 그러나 지금까지는 이러한 시간경과에 따른 장기적인 자연열화(경년열화)에 대한 구체적인 검증이 수행되지 않았기 때문에 동재료 시스템이 설비수명 기간동안 설정된 고유의 성능을 유지하는 지 여부를 판단하기가 힘들었다.

본 연구에서는 장기적인 시험 및 평가를 실시하여 자연열화에 따른 에폭시라이너의 물리적 성질의 변화를 파악하고 이와 동시에 표면강화제에 대하여 지금까지 국내에서는 적용된 바 없는 균열저항성 시험(안)을 제시하여 콘크리트에서 균열이 발생할 경우 표면강화에폭시의 균열 추종성을 평가할 수 있는 방안을 마련하고 에폭시의 물성에 크게 영향을 미치는 첨가제의 종류가 다른 세 가지의 에폭시를 대상으로 시험을 수행하여 그 적용성을 평가하고자 한다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원
*** 정회원, 한국전력공사 부장
**** 정회원, 한국전력공사 과장

2. 시험체 제작

2.1. 연신율 시험체

콘크리트 표면강화제로 사용되는 에폭시는 코팅 후에 형성되는 라이너의 강도성질 보다는 연신율이 사용목적인 기밀성을 유지하는 평가척도가 된다. 표면강화제의 물리적인 성능을 평가하기 위하여는 먼저 연신율 시험을 통하여 라이너가 지닌 고유 물성을 평가한다. 연신율 측정을 위한 멤브레인 시험체는 applicator를 이용한 단일막으로 성형하는 경우와 spray를 이용하여 여러겹으로 성형하는 경우가 있다. 본 연구에서는 두 가지의 성형방법을 모두 적용하여 시험체를 만들었다.

아래의 그림 1은 연신율 측정을 위한 멤브레인 시험체의 형성을 나타낸 것으로 C.Q로 표기한 것은 Fiber가 보강되지 않은 에폭시라이너를, FGR로 표기 된 것은 에폭시라이너가 상당한 압력작용을 받을 경우에 적용하는 Fiber 보강 라이너를 나타낸다.

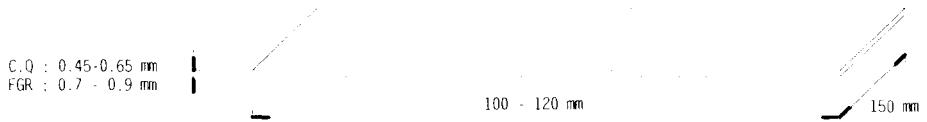


그림 1 연신율 측정 시험체 형상

2.2. 균열저항성능 시험체

균열저항성능 시험은 균열저항시험기를 이용하여 콘크리트 바탕체에 형성한 비금속 라이너가 바탕체의 균열이 진행되는 동안 어느 정도의 균열까지 저항할 수 있는가를 시험하는 것을 주목적으로 하는 시험이다. 가스, 물, 화학약품 및 방사능 등을 담고 있는 콘크리트 용기(containment)는 일반 콘크리트 구조물과는 달리 담고 용기에 담고 있는 내용물이 누출될 경우 인명의 안전과 환경에 끼치는 영향이 매우 크게 된다.

일반적으로 콘크리트는 연성이 적은 취성적 특성을 지니고 있기 때문에 구조적인 원인과 재료적인 원인으로 시공초기에서부터 사용중에 이르기까지 균열의 발생 가능성은 항상 존재한다고 할 수 있다.

만약 균열이 발생할 경우 어느 규모의 균열에서는 에폭시 라이너가 저항하도록 설계되어 있다.

본 연구에서는 균열저항성능을 시험하기 위한 모르터 바탕시험체를 그림 2와 같은 규격으로 제작하였다. 한편 골재가 에폭시라이너의 파단에 미치는 영향을 없애기 위하여 조골재가 포함되지 않은 모르터로 바탕시험체를 제작하였다.

바탕시험체의 양생이 끝나면 표면을 고운 사포로 평활 작업을 하고 Airless Spray로 1차 코팅을 한 뒤 24시간 동안 도막을 양생한 다음 2겹층에서 4겹층의 코팅작업을 수행 후 에폭시라이너를 완성한다.

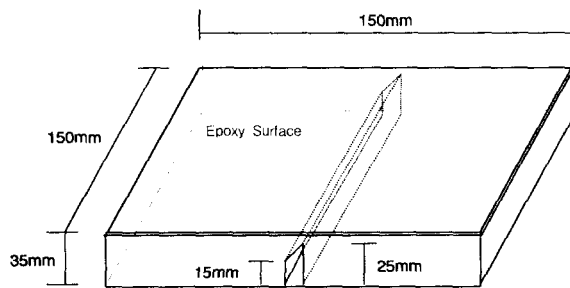


그림 2 균열저항성능 시험용 바탕시험체

3. 균열저항시험기

균열저항시험기는 콘크리트의 균열 발생위치 또는 파괴 위치에서 라이너의 저항성능을 파악하여야 하기 때문에 바탕시험체의 변위는 발생하지 않고 균열위치에서 라이너의 균열저항성능만을 측정할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 위와 같은 시험목적에 달성하기 위한 균열저항시험기를 독자적으로 설계 제작하여 콘크리트 표면강화제로 사용되는 에폭시라이너의 균열저항성능을 실험하였다. 그림 3은 균열저항성능 시험기의 개념도이다.

이 시험기는 고정단의 수직 및 수평방향의 변위를 완전히 구속하고 이동단에 미리 설치한 힌치부분에서 균열을 유도, 바탕시험체 전체의 이동변위를 LVDT를 통하여 DATA LOGGER로 측정하도록 되어 있다.

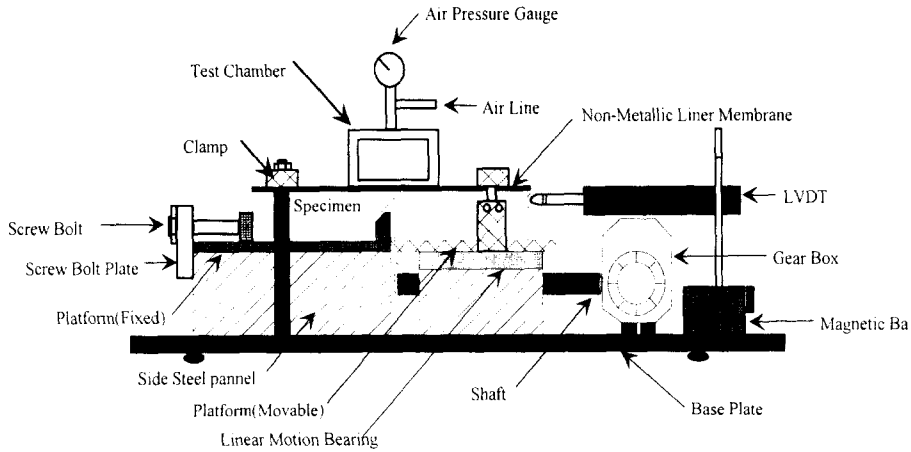


그림 3 균열저항시험기

균열 유도부를 제외하고는 바탕시험체 모두에 압축력이 작용하도록 구성하여 바탕시험체의 인장력의 전달요소를 모두 없앴으로써 에폭시라이너의 균열저항성능을 정확도 높은 측정이 가능하도록 하였다.

4. 시험 및 결과분석

에폭시라이너의 물리적 장기특성 시험은 멤브레인 시험을 이용한 인장강도와 연신율시험과 에폭시라이너가 코팅된 모르타르 시험체를 이용한 균열저항시험의 두 가지 시험이 수행되었다. 시험주기는 멤브레인과 라이너 시험체가 완성된 이후 24개월 동안 측정하였다.

4.1. 연신율 및 인장강도시험

시험결과에서 CK→Robber Added Epoxy, CC→Silica Added Epoxy, FGK→Fiber Reinforced를 나타내고 A는 Applicator로 제작된 멤브레인 시험체를 S는 Spray로 제작된 멤브레인 시험체를 나타낸다. 연신율 시험결과는 그림 4와 같으며 인장강도 시험결과는 그림 5와 같다. 연신율과 인장강도 시험결과를 정리하면 다음과 같다.

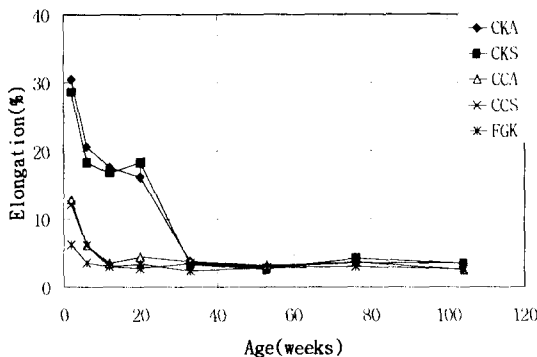


그림 4 멤브레인 종류별 연신율 시험결과

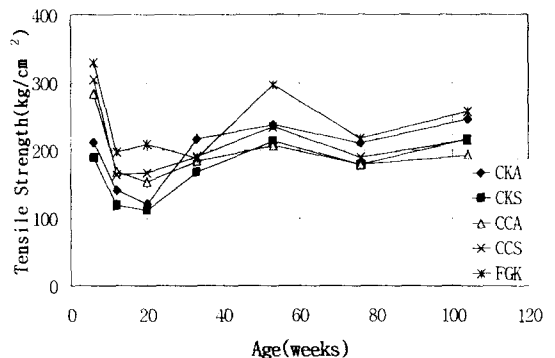


그림 5 멤브레인 종류별 인장강도 시험결과

(1) 고무계 재료가 첨가된 에폭시는 초기 연신율이 매우 높다가 재령 40주 전으로 연신율은 급속히 감

소하며 실리카 성분의 무기질계 재료가 첨가된 에폭시는 상대적으로 초기 연신율이 낮으며 대략 16주 정도의 재령 이후에 낮은 연신율을 지속하며 추가 재령의 경과에도 연신율의 변화는 거의 없는 상태를 유지한다.

(2) 초기 20주 이내의 재령에서는 에폭시에 포함된 용제와 휘발성 성분들이 에폭시가 경화되면서 라이너에서 빠져나가고 경화과정에서 라이너의 물성이 불안정한 상태에 있으므로 시험회차에 따라 연신율이 안정되지 않은 상태가 일시적으로 발생한다.

(3) 인장강도는 라이너의 접착성능과 에폭시 조직의 물성을 나타내는 지표로서 연신율 시험결과와 마찬가지로 20주 재령 이내에서는 불안정한 시험치를 나타낸다. 그 이후는 일부 종류의 시험체가 다소의 외의 시험결과를 나타내지만 전체적으로 일정한 값을 유지한다.

4.2 균열저항성능시험

그림 6은 24개월간 측정된 균열저항성능 시험결과이다. 균열저항성능시험은 지속적으로 하중을 가하는 STEADY-LOADING 시험과 하중을 단계별로 가하면서 각 단계에서 일정시간 하중을 고정시키는 STEP-LOADING 시험이 있다. 시험결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

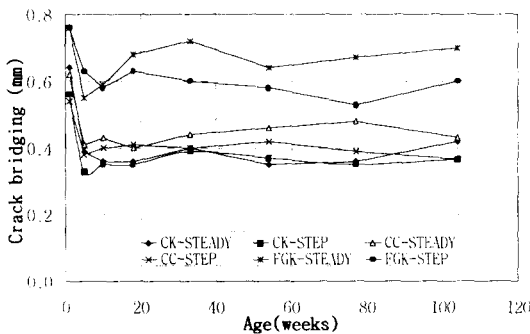


그림 6 균열저항성능 시험결과

(1) 재령 1주일에는 상당히 높은 균열저항성능을 나타내고 있으나 재령 6주에서부터는 상당히 감소한 값을 나타내며 그 이후의 재령에서는 변화가 거의 없는 상태가 24개월 재령까지 지속된다.

(2) 균열저항성능은 에폭시의 연신율과 인장강도의 물성 중에서 연신율보다는 인장강도와 더욱 밀접한 연관이 있는 것으로 판단된다. 그 이유는 균열 단면에서는 극히 짧은 거리에서 신장이 일어나므로 멤브레인 전체의 연신율은 균열저항성능에 영향을 크게 끼치지 못하고 오히려 라이너의 응력 저항능력인 균열저항성능을 나타내는 지배요소가 되는 것으로 추정된다.

5. 결론

지금까지 실험을 통하여 살펴본 바와 같이 표면강화제로 사용되는 에폭시는 초기에는 연신율과 균열저항성능을 높게 지니다가 일정한 재령이 경과되면 물성치가 급속히 감소하고 상당기간은 일정한 물성치를 나타내는 성질이 있다. 이와 같이 에폭시를 비롯한 여러 가지의 고분자 수지 재료들은 초기에 물성치가 급속히 변화하는 특성을 대부분 지니고 있다. 또한 지금까지 대부분의 건설재료로 응용되는 고분자 재료에 대한 품질시험은 초기의 물성을 검증하도록 되어 있다. 그러나 실제 구조물에 사용되는 시기는 일정한 재령이 경과한 시점이다. 따라서 재료 물성의 평가는 재료의 적용 후 일정한 기간이 경과한 시점에서 성능이 평가되는 것이 바람직하며 이에 대한 평가지침이 필요할 것으로 판단된다.

한편 표면강화제로 고분자 재료가 사용될 경우 기본적인 재료 물성치인 연신율 및 인장강도 만으로 재료의 물리적 성능을 충분히 평가할 수 없으며, 라이너가 사용목적으로 설정된 기밀성을 유지하기 위하여는 본 연구에서 제시한 균열저항성능 시험이 필요하다.