

# 콘크리트용 코팅材의 龜裂追從性과 그 適用에 의한 海洋콘크리트 構造의 疲勞壽命 增加 Crack obeying ability of coating material and Increasing in fatigue life of coated marine concrete structure

西林新藏\*, 井上正一\*, 權 赫文\*, 松下幸義\*\*, 熊野知司\*\*\*  
S.Nishibayashi, S.Inoue, Hyug Moon Kwon, Y.Matshita, T.Kumano

## ABSTRACT

This paper deals with the obeying ability to the crack of waterproof membrane (produced from polybutadiene- or epoxy- rubber type resine) under static and repetitive loading, and an increase in fatigue life of marine concrete structure by applying the waterproof membrane.

From experimental results, it is cleared that the obeying ability for crack under repetitive loading is smaller than that under static loading. With regard to fatigue life, the use of membrane possessed large obeying performance under repetitive loading results in significantly increase in fatigue life of marine concrete structure.

## 1. 序論

濕潤 環境下에서 콘크리트 구조물의 疲勞強度는 氣中乾燥 조건하에서 보다 현저히 저하되는 것으로 알려져 있다. 本 論文에서는 해양을 포함한 이런 환경하에서 耐久的인 콘크리트 구조물을 만드는 한 방법으로서, 콘크리트 表面에 樹脂塗裝을 함으로써, 遮水性能과 疲勞 壽命向上의 가능성을 靜的 및 反復荷重(疲勞荷重)下에서 塗膜의 龜裂追從性과 관계시켜 檢討한 結果를 敘述한다.

## 2. 實驗概要

試驗에서 사용한 RC보 공시체의 종류, 그 塗裝規格等を 포함한 실험계획은 표 1, 공시체의 치수는 그림 1과 같다. 재령 28일까지 水中養生한 후, 실험실에서 2개월이상 자연 건조시켰다.

콘크리트 표면은 실험실 보존기간 중 보 중량

\* 日本國鳥取大學 工學部 土木工學科  
\*\* 日本國 SHO-BOND建設(株)  
\*\*\*日本國 清水建設(株)

Table. 1 Test of crack obeying ability under static and fatigue loading

Type of beam	Coating Thickness (μm)	Edge rounding	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Reinforcement A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	Average ultimate strength P <sub>u</sub> (tf)	Ratio of loading P <sub>u</sub> (%)
P300 P500 P1000	300 500 1000	Non	562(496)	2D19 =5.73	(6.5) 13.7(6.5) (6.6)	70~50
P 1000 E500 EN1000	1000 500 1000	Done			574(485) 564(480) 583	
N-A, N-W : Uncoated beam			552, 515		13.7, 13.6	80~45

f<sub>c</sub> : Average compressive stress at beginning of fatigue test

( ) : Value for the static test

을 측정하여 거의 일정할 때, 細骨材가 보일 정도 사포로 간 후 도장하였다. 도장재는 厚膜型 폴리부타디엔(Poly-butadiene)고무제(P, P')와 유연형 에폭시 고무제(E), 에폭시 고무제 500μm에 나일론천(500μm)으로 보강(EN)한 것을 사용했다.

시험은 시간중양의 처짐제어에 의한 정적재하 시험과 반복재하속도 5Hz의 일정진폭하중의 피로시험으로 한다. 양 시험 모두 시간 150cm의 3等分點에 재하였다.

정적 및 피로 하중하에서 균열추증성은 RC보

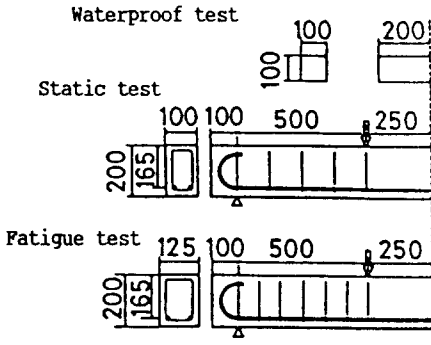


Fig. 1 Details of test beams

공시체의 塗膜이 破斷(pinhole 발생)된 순간의 콘크리트 표면 균열폭으로 평가했으며, 균열폭 측정은 마이크로 스코프(최소눈금 0.02mm)로 하였다. 정적 하중하에서 균열추종성 시험은 氣中, 피로하중하에서는 水中에서 실시하였다.

### 3. 結果와 考察

#### 3.1 遮水性能

그림 2에 浸水日數  $t$ 와 吸水量의 관계를 나타낸다. 그림 2로부터 P系塗膜 공시체의 흡수량은 浸水日數 200일부터 400일을 지나서 약간씩 증가하지만, 그 후는 거의 일정치를 나타냈다. P系 및 E系塗膜의 흡수량은 침수일수  $t$ 가 적었지만, 거의 흡수되지 않았다. 塗膜을 한 전 공시체의 흡수량은 無塗裝(그림중의 기호 N)보다도 적었고, 막 두께 300 $\mu$ m에서도 상당한 遮水效果가 있었다.

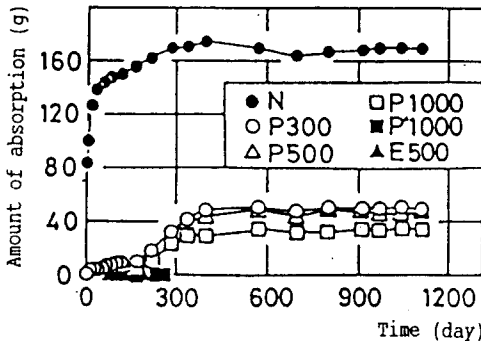


Fig. 2 Time dependent variation of absorption

#### 3.2 靜的荷重下에서 龜裂追從性

평균랭크법에 의하면, 도막이 임의 균열폭까지 파단되지 않을 확률( $P(W)$ :生存率)은 식(1)과 같다.

$$P(W) = 1 - r / (L + 1) \quad (1)$$

여기서  $r$ 은 도막의 파단층수, 균열폭이 적은 순으로 정렬했을 때 서수와 같다.

그림 3은 P系, E系의 2종류에 대해서, 막 두께를 매개변수로 한 생존확률 $P(W)$ 와 균열폭 $W$ 와의 관계를 正規確率紙에 나타낸 것으로 plot점은 거의 直線상에 있다. 同一樹脂에서 동일 막 두께마다 핀홀발생시 균열폭의 분포는 식(2)에 표기된 정규분포에 따른다고 할 수 있다.

$$t = A \cdot W + B, \quad t = \phi^{-1}(1 - P(W)) \quad (2)$$

여기서,  $t$ 는 표준정규분량,  $A$ ,  $B$ 는 實驗定數이다.

식(2)의 계수  $A$ ,  $B$ 를 최소자승법으로 구한 직선식(그림 3중에 표시)으로부터 산정된 평균 균열폭  $\bar{W} (= -B/A)$  또는  $W$ 의 표준편차  $V(W) = 1/A$ 와 막 두께와의 관계는 그림 4와 같다. 그림으로부터,  $V(W)$ 에

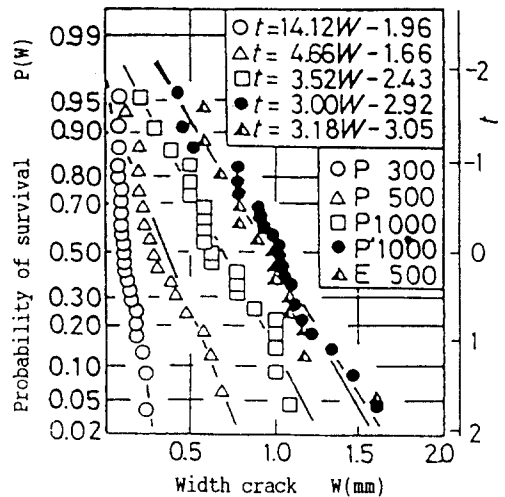


Fig. 3 Relationships between  $P(W)$  and  $W$

서 평가된  $W$ 의 분산은 균열추종성이 양호할수록 크

게 되는 특성이 보인다. 정적하중하에서 P系도막의 균열추증성은 막두께를 증가함으로써 개선되었고, 공시체 우각부의 표면처리에 의해 개선효과가 컸다. E系도막의 균열추증성은 동일 막 두께에서 P와 P'系도막보다도 좋은 것으로 나타났다.

### 3.3 疲勞荷重下에서 龜裂追從性

그림 5는 피로시험에서 반복재하회수  $n=10^4, \dots, 2 \cdot 10^6$ 회 등에서 발견된 塗膜破斷에 대해서 그 위치의 상한하중 작용시 콘크리트 표면균열폭을 나타낸 것이고, 피로시험에서 재하할 하중을 결정하기 위해 시행 한 정적내력측정용(피로시험과 동일한)으로부터 얻은 정적하중하의 균열추증성의 관측 결과도 병기하고 있다. 이들 그림으로부터 피로하중하에서 균열추증성은 도장사양과 막 두께와는 관계없이 ①정적하중하에서 보다 상당히 저하하고, ②저하중하에서 반복재하 회수가 증가함에 따라서 저하하는 것이 밝혀졌다. 이 경우 P, P', E系도막의 피로하중하의 균열추증성은 ③정적하중하에서 추증성이 양호할수록 좋지만, 정적하중하에서 보다 그차가 많지는 않고, 또 ④나일론천의 보강에 의해서도 개선되는 것을 알수 있다. 이상의 결과로부터 피로하중을 받는 경우, 도막의 균열추증성은 수지의 종류와 막 두께만이 아니라, 하중의 크기와 그 작용회수에 의해서도 영향을 받는 것으로 나타났다.

### 3.4 耐疲勞性向上에 관한 檢討

그림 6은 동일 荷重比마다 4개이상의 공시체 시험으로부터 얻은  $P(N)-N$ 線圖의 한례이다. 다른보에 대해서도 검토한 결과 피로수명은 대수정규분포에 근사하는 것으로 나타났다. 그림 7은 하중비와 그림 6의 회귀식에  $t=0(P(N)=0.5)$ 을 대입해서 구한 평균피로수명  $\bar{N}$ 과의 관계를 나타낸 것이다. 그림중  $P_s-\bar{N}$ 線式에  $\bar{N}=200$ 萬回를 대입해서 구한 塗裝된 보의 피로강도는 도장되지 않은 보(표 1참조)를 기중에서 시험한 N-A보의  $P_s=60\%$ 와 수중에서 시험한 N-W보의  $P_s=42\%$ 의 사이에 있고, P500, E500, P'1000, EN1000보의 피로강도는 각각  $P_s=42, 46, 49, 51\%$ 이었다. 이상의 결과로부터 피로하중하에서의 균열추증성이

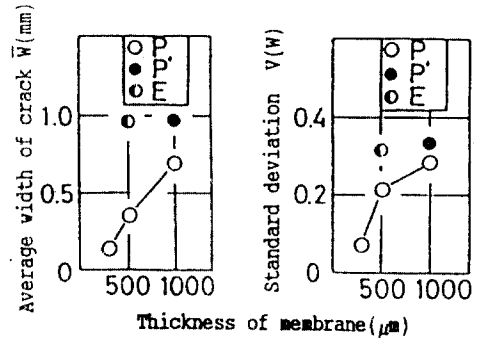


Fig. 4 Relationships between thickness of waterproof membrane and  $\bar{W}$  or  $V(\bar{W})$

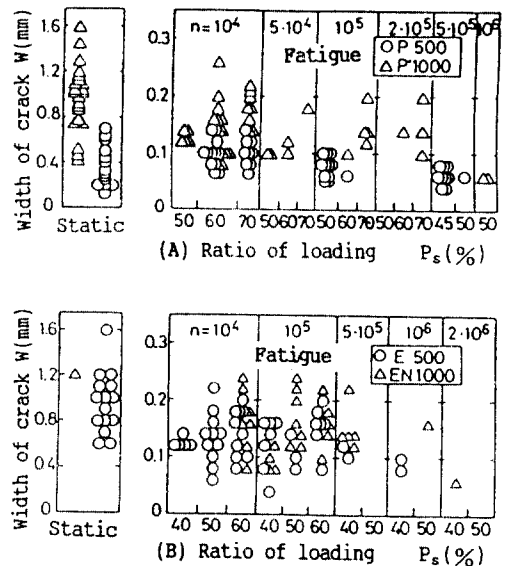


Fig. 5 Crack obeying ability under fatigue load

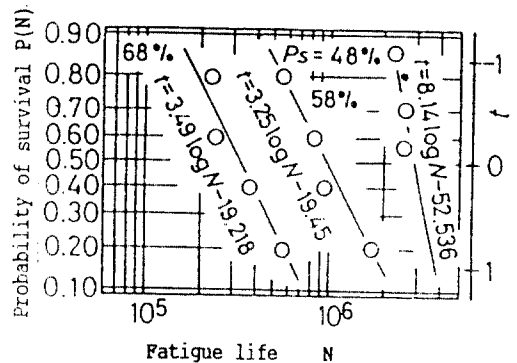


Fig. 6  $P(N) - N$  diagram

큰 도장을 선택함으로써 피로수명을 향상시킬 수 있는 것이 밝혀졌다.

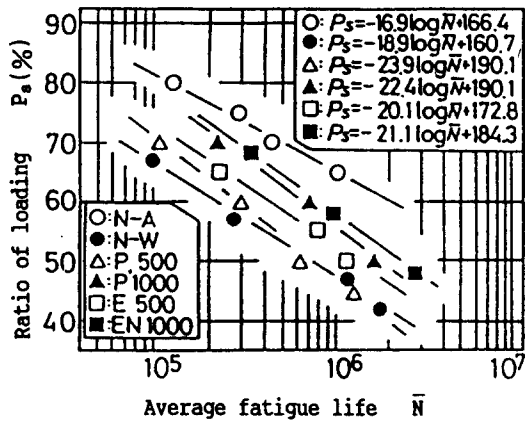


Fig. 7  $P_s - \bar{N}$  diagram