

콘크리트와 FRP시트의 부착강도 모델에 대한 비교

고훈범*

*인하공업전문대학 건축과
e-mail:hbko@inhatc.ac.kr

Comparison of Bond Strength Model between Concrete and FRP Laminates

Hune-Bum Ko*

*Dept. of Architecture, Inha Technical College

요약

FRP시트의 최대 단점은 콘크리트와 FRP시트의 갑작스런 부착파괴로 보강된 부재의 내력을 약화시킬 수 있다는 것이다. 그래서 본 연구에서는 부착강도 모델에 초점을 두어 다양한 연구자료를 분석하고 지금까지 제시된 부착강도 모델을 비교 분석하여 가장 정확도가 높은 모델을 제시하고 기존의 실험값을 통하여 검증하였다.

1. 서론

콘크리트 구조물 수명이 100년 정도라고 하는데 실제로는 50년을 유지하기도 쉽지 않은 것이 현실이다. 구조물의 노후화로 인한 구조내력 저하, 설비 성능 미흡 등 여러 가지 이유가 있으나 사용성의 한계가 가장 큰 이유라 할 수 있겠다. 그래서 최근 도심지에서는 건축할 수 있는 공간 부족으로 인하여 신축건물에 대한 요구보다는 기존 건물의 사용성을 극대화 시킬 수 있는 방법으로 리노베이션에 대한 요구가 거세지고 있으며, 결과적으로 보수와 보강에 대한 관심이 매우 높아지고 있는 실정이다. 콘크리트 구조물의 보강을 위해서 다양한 공사방법과 재료가 필요한데 그 중 FRP시트에 대한 수요가 높아지고 있다. FRP시트는 내구성, 강도 등이 우수한 재료로 재료자체의 가격은 비싸지만 경량이고 시공이 편리하여 기존의 철판을 대체하는 재료로 주목을 받고 있다. 그런데 이 FRP시트의 최대 단점은 콘크리트와 FRP시트의 경계에서 갑작스런 부착파괴로 보강된 부재의 내력을 약화시킬 수 있다는 것이다. 그래서 콘크리트와 FRP시트의 계면사이의 부착강도에 대한 연구가 많은 연구자의 주목을 받고 있으며 다양한 형태의 연구가 이루어지고 있다. 그래서 본 연구에서는 그러한 연구 중 부착강도 모델에 초점을 두어 다양한 연구자료를 분석하고 지금까지 제시된 부착강도 모델을 비교 분석하여 가장 정확도가 높은 모델을 제시하고 기존의 실험값을 통하여 검증하고자 한다.

2. 부착강도모델

콘크리트와 FRP시트의 계면에 대한 부착강도모델은 Van Gemert의 식 (1)과 같이 철판과 콘크리트사이의 부착강도모델로 부터 제안되었다고 할수 있다.

$$P_u = 0.5b_f L f_t \quad (1)$$

여기서, P_u =부착강도, b_f =FRP시트폭, L =부착길이, f_t =DIN1048의 Pull-out시험으로 결정된 콘크리트표면 인장강도

콘크리트와 FRP시트에 대한 부착강도모델은 1990년대 후반부터 본격적으로 제안되기 시작하였으며 크게 실험결과를 통한 실증적인 관계에 근거한 모델(Hiroyuki와 Wu, Tanaka, Maeda 외 등)과 파괴역학이론에 근거하고 실험자료를 통하여 많은 인자를 조정하여 제안된 모델(Yuan과 Wu, Yuan 외, Holzenkämpfer, Niedermeier, Neubaure과 Rostásy, Täljsten, Blaschko 외 등), 그리고 간단한 가정에 근거하여 실험결과를 통해 검증한 모델(van Gemert, Challal 외, Khalifa 등, Izumo 외, Dai 외, Sato 외, JCI, Chen과 Teng 등)로 구분될 수 있다 [1].

Lu 외는 이러한 부착강도모델 중 12개의 모델을 253개의 실험데이터(Tan, Zhao외, Takeo 외, Ren, Ueda 외, Wu 외)와

비교 분석한 결과, 6개의 모델(Maeda 외, Neubaure과 Rostásy, Khalifa 외, Iso, Yang 외, Chen과 Teng)이 다른 모델들에 비해 작은 변동계수 값과 높은 상관관계를 보여 주었으며 특히, 식 (2)와 같이 Chen과 Teng 모델[3]이 가장 정도 높은 모델이라고 설명하고 있다. 그림 1은 해석결과 값을 보여주고 있다[2].

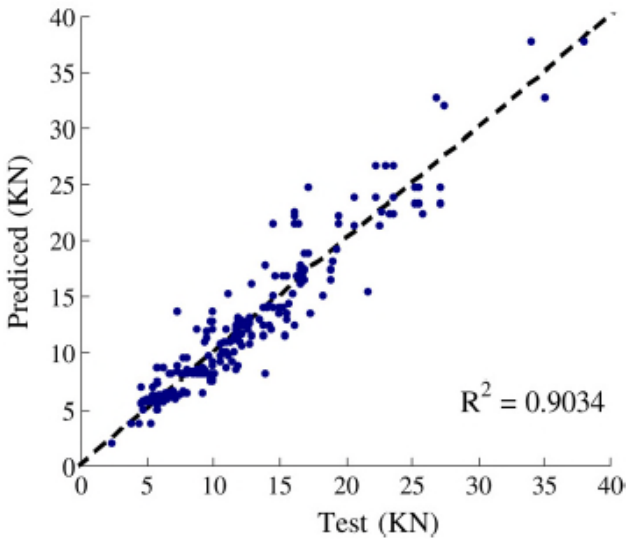
$$P_u = 0.427\beta_L\beta_w\sqrt{f_c}b_fL_e \quad (2)$$

$$\text{여기서, } L_e = \sqrt{\frac{E_f t_f}{\sqrt{f_c}}}$$

$$\beta_L = \begin{cases} 1 & \text{if } L \geq L_e \\ \sin\left(\frac{\pi L}{2L_e}\right) & \text{if } L < L_e \end{cases}$$

$$\beta_w = \sqrt{\frac{2 - b_f/b_c}{1 + b_f/b_c}}$$

β_L =부착길이와 유효부착길이와 관련된 기하학적 보정계수 (부착길이보정계수), β_w =FRP시트와 콘크리트판의 폭과관련된 기하학적 보정계수(폭보정계수), f_c =콘크리트압축강도, L_e =유효부착길이, E_f =FRP시트탄성계수, t_f =FRP시트 두께, b_c =콘크리트 판폭



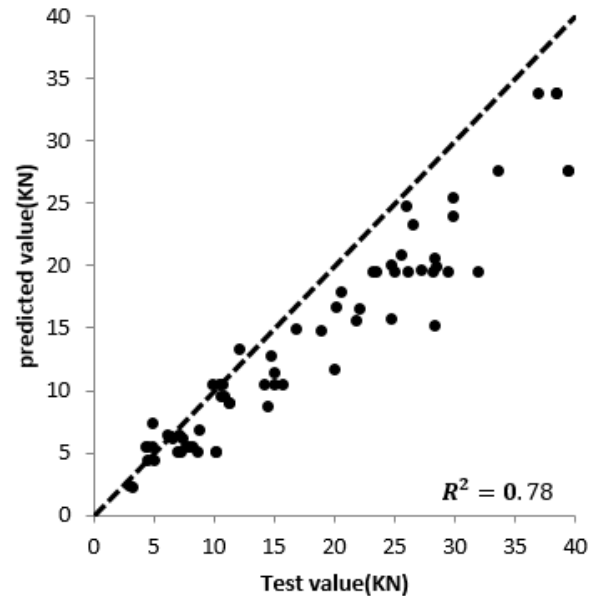
[그림 1] 실험결과 및 해석(Chen과 Teng 모델)

3. 검증결과

Chan과 Tang의 모델을 포함하여 Lu 외[2]의 해석결과에서 정도 높은 결과를 보여준 모델(Maeda 외, Khalifa 외, Iso, Yang 외)과 Izumo 외 및 Hiroyuki 외[1]의 모델을 다양한 실험결과[Dai 외, Ko 외, Bimal 외, Carlo 외, Kamiharako 외][4]

에 적용하여 보았다.

해석결과를 살펴보면 Chen과 Teng 모델이 가장 정도 높은 결과를 보여주고 있다(그림 2). 일반적으로 실험결과를 정확하게 표현하기 위해 만든 모델로 해석한 결과는 그림 1과 같이 정도가 높을 수 밖에 없는데, 이러한 모델의 불특정한 실험결과에 근거한 해석 결과인 그림 2는 그림 1에 비해 낮은 상관관계 값을 보여주고 있지만 충분한 경향성을 보여준다고 할 수 있다. Chen과 Teng 모델은 정확성을 높이기 위해 다양한 변수를 사용하고 있어 복잡하다는 단점을 가지고 있지만 FRP시트와 콘크리트의 부착강도를 예측하기 위한 유익한 모델이라고 판단된다.



[그림 2] Chen과 Teng 모델에 대한 검증

참고문헌

- [1] Sayed-Ahmed EY, Bakay R, Shrive NG, "Bond strength of FRP laminates to concrete: State-of-art review", Electronic journal of structural engineering, 2009, pp. 45-61
- [2] Lu XZ, Teng JG, Ye LP, Jiang JJ., "Bond - slip models for FRP sheets/plates bonded to concrete." Eng. Struct., 2005, 27(6), pp. 920-937.
- [3] Chen JF, Teng JG, "Anchorage strength models for FRP and steel plates bonded to concrete", Journal of structural engineering, 2001, July, pp. 784-791
- [4] Ko H, Matthys S., Palmieri A., Sato Y., "Development of a simplified bond stress - slip model for bonded FRP - concrete interfaces", Construction and building materials, 2014, pp. 142-157