

2축 휨을 받는 철근콘크리트 기둥의 신뢰도해석

Reliability Assessment of Reinforced Concrete Columns under Biaxial Bending

김지현* · 이해성**

Kim, Ji Hyeon · Lee, Hae Sung

국내외의 여러 신뢰도기반 설계기준에서는 2축휨을 받는 철근콘크리트 기둥의 설계방법을 제시하고 있다. 하지만 이러한 2축휨을 받는 기둥부재의 신뢰도해석에 대한 연구는 보고된 바가 거의 없다. 본 연구에서는 load contour method를 이용하여 2축 휨을 받는 철근콘크리트 기둥의 한계상태식을 정의하고 신뢰도평가를 수행한다. 직사각형 기둥단면 예제를 통하여 제시한 신뢰도평가방법의 적용성을 검증한다.

핵심용어 : Load contour method, Biaxial bending, PM상관도, 신뢰도해석, 신뢰도지수, 철근콘크리트 기둥, 개선된일계이차모멘트법

1. 서 론

일반적으로 기둥부재는 외부에서 작용하는 하중에 의해 축력뿐만 아니라 2축 방향의 휨을 받게 된다. 국내외의 여러 신뢰도기반 설계기준에서는 이러한 하중효과가 발생하는 철근콘크리트 기둥의 설계방법을 제시하고 있으나, 2축 휨을 받는 철근콘크리트기둥의 신뢰도평가에 대한 연구는 알려진 바가 거의 없다. 본 연구에서는 2축 휨을 받는 기둥의 신뢰도해석을 하기 위해 load contour method를 도입하여 한계상태식을 정의 하고 AFOSM을 이용하여 신뢰도지수와 MPFP(Most probable failure point)를 계산한다.

2. 2축휨을 받는 기둥의 한계상태식 및 신뢰도해석

Bresler(1960)는 2축 휨을 받는 기둥의 강도를 근사적으로 결정하는 방법으로 load contour method와 reciprocal load method를 제시하였으며 많은 설계기준과 철근콘크리트 교과서에서 두 방법을 채택하고 있다. load contour method는 보다 다양한 하중효과가 발생하는 기둥의 설계에 적용이 가능하므로 이를 이용하여 2축 휨을 받는 기둥의 강도를 정의한다.

$$\Phi(\mathbf{F}, \mathbf{B}) = \Phi(P, M_z, M_y, \mathbf{B}) = 1 - \left(\frac{M_y}{\tilde{M}_y(P)}\right)^\alpha - \left(\frac{M_z}{\tilde{M}_z(P)}\right)^\alpha = 0 \quad (1)$$

여기서 M_y , M_z 는 단면의 주 축인 y , z 축으로 발생하는 모멘트이며, $\mathbf{F} = (P, M_y, M_z)^T$, \mathbf{B} 는 곡선계수 벡터, α 는 곡면의 형상을 결정하는 surface exponent을 의미한다. $\tilde{M}_y(P)$ 와 $\tilde{M}_z(P)$ 는 P 에 상응하는 주축

* 서울대학교 건설환경공학부 박사과정, (E-mail: jhkim07@snu.ac.kr) - 발표자

** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사 (E-mail: chslee@snu.ac.kr)

방향의 모멘트강도이며 주축 방향의 PM상관도로부터 계산 가능하다. $\Phi(\mathbf{F}, \mathbf{B}) < 0$ 는 파괴, $\Phi(\mathbf{F}, \mathbf{B}) > 0$ 는 안전을 의미하므로 식 (1)을 한계상태식으로 정의 한다. 신뢰도해석에서 고려되는 확률변수는 단면의 기하학적 특성과 재료성질, 하중매개변수, 양방향 편심을 포함한다. 모든 확률변수는 독립이며 정규분포를 따른다고 가정하며 비정규분포 확률변수의 경우 Rackwitz-Fiessler 변환을 이용하여 등가의 정규분포확률변수로 변환한다. 개선된일계이차모멘트법을 이용하여 신뢰도평가를 하기 위해서는 확률변수에 대한 한계상태식의 민감도가 필요하므로 식 (1)을 직접 미분한 식과 Kim et al. (2015)에 제시되어 있는 식을 이용하여 한계상태식의 민감도를 계산한다.

3. 예제 적용

본 연구에서 제안한 방법을 이용하여 그림1의 철근콘크리트 기둥 단면에 대한 신뢰도평가를 수행한다. 그림1과 같이 횡하중이 기둥에 작용하는 방향을 ϕ 로 정의하고 ϕ 값을 0 도에서 360도 까지 변화하며 신뢰도지수를 계산하고 surface exponent, α 를 다르게 하였을 때 신뢰도지수를 계산하여 그 결과를 그림2에 도시하였다.

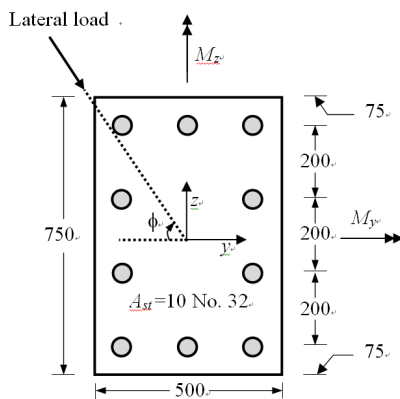


그림 1. 단면의 기하학적 성질과 횡하중의 작용방향

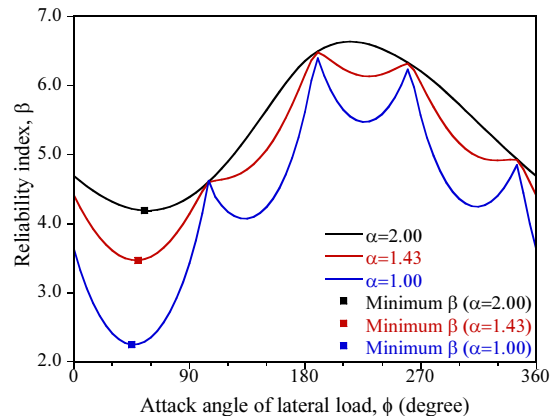


그림 2. 횡하중의 작용방향에 따른 신뢰도지수 변화

4. 결론

본 연구에서는 load contour method를 이용하여 2축 힘을 받는 철근콘크리트 기둥의 한계상태식을 정의하고 신뢰도평가를 수행하였다. 신뢰도해석을 위하여 개선된일계이차모멘트법을 도입하였으며 단면의 재료성질과 기하학적 특성, 하중매개변수, 편심을 확률변수로 고려하였다. 직사각형 예제를 통하여 제안된 방법의 적용성을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토교통부 건설기술혁신사업 (08기술혁신E01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- Bresler, B. (1960). "Design criteria for reinforced columns under axial load and biaxial bending." *Journal of the American Concrete Institute*, Vol. 32(5), pp. 481-490.
- Kim, J. H. Lee, S. H. Paik, I. and Lee, H. S. (2015). "Reliability assessment of reinforced concrete columns based on the P-M interaction diagram using AFOSM." *Structural Safety*, Vol. 9(3), pp. 161-177.