

한계상태설계법에 의한 부분프리스트레스트 콘크리트 교량의 자동화 설계 프로그래밍

Programming for Automatic Design of Partially Prestressed Concrete Bridge Using Limit State Design

박 홍 용*
Park, Hong Yong

박 인 교**
Park, In Kyo

ABSTRACT

Partially prestressed concrete members are concrete members reinforced with a combination of prestressed and non-prestressed reinforcement, and also can offer advantages of reinforced concrete. The objective of this study is to develop a design program using Visual Basic language according to the limit state design method which controls crack and check fatigue effectively for partially prestressed concrete members.

1. 서론

부분 프리스트레스트 콘크리트(Partially Prestressed Concrete; PPC) 부재는 사용하중상태에서 균열 발생이 허용되는 부재로서 PS강재와 철근으로 보강한 부재이며 철근 콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트의 장점을 효과적으로 이용할 수 있는 부재이다.

부분 프리스트레스트 콘크리트 부재의 균열 제어와 피로 검토등을 합리적이고 효율적으로 할 수 있는 한계상태설계법을 적용하였으며, 사용한계상태, 피로한계상태, 극한한계상태 등 각각의 한계상태에 대한 검토를 수행할 수 있는 설계프로그램을 VISUAL BASIC을 사용하여 작성하였다.

2. 한계상태 설계법에 의한 PPC부재의 설계

PPC부재에서는 균열 제어와 피로 검토가 중요하기 때문에 이러한 항목을 합리적으로 검토하는 것이 가능한 한계상태설계법에 의해 설계를 하는 것이 바람직하다.

한계상태설계법에서의 안전성 검토 방법은 다음과 같다.

1) 사용한계상태는 통상 사용 또는 내구성에 관한 한계상태로서 일반적으로 균열, 변위, 진동에 대한 사용한계상태를 결정하고 있다. 주로 콘크리트에 발생하는 균열에 대하여 내구성의 관점에서 안전성을 검토한다.

* 정회원, 명지대학교 SOC공학부 토목·환경공학과 교수

** 정회원, VSL KOREA(주) 기술연구소 대리

- 콘크리트 압축강도 크기의 제한 : $0.4\sigma_{ck}$
- 철근의 응력증가량(상대값)에 대한 제한
- PS강재 응력 증가량(상대값)에 대한 제한
- PS강재의 인장응력 크기에 대한 제한 : $0.7f_{uk}$
- 균열폭에 대한 제한 : $W_a = 0.003 \times C$ (C:주철근의 덮개)

2) 피로한계상태는 반복하중에 의해 피로파괴를 발생시키는 한계상태이고 일반적으로 반복 인장 응력을 받는 강재 (철근, PS강재)의 파괴에 대한 한계상태를 설정하고 있다.

- 설계피로강도에 대한 안전성 확인

$$f_{srd} = \frac{10^a}{N^k} \times (1 - \frac{f_{min}}{f_{ud}}) \div \gamma_s, \quad \gamma_i \times (\frac{\sigma_{rd}}{\gamma_b}) \div f_{srd} < 1.0 \quad OK$$

여기서, f_{ud} : 철근의 설계인장강도, f_{min} : 철근에 발생하는 최소인장 응력값
 N : 피로하중의 등가 반복횟수, a, k : N 에 따라 변하는 계수
 σ_{rd} : 변동응력값, γ_s : 안전계수(1.0)
 γ_b : 부재계수(1.0), γ_i : 구조물계수(1.0)

3) 극한한계상태는 최대 내하능력에 대한 한계상태로서 일반적으로 단면파괴의 극한한계를 설정 하고 안전성을 검토한다.

- 단면파괴에 대한 안전성 확인

$$\gamma_i \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} < 1.0$$

여기서, γ_i : 구조물계수(1.0), M_{sd} : 설계단면력, M_{Rd} : 부재단면의 휨강도

3. PPC부재 설계프로그래밍과 적용예

3.1 프로그래밍 개발도구 선정

PPC 설계프로그램의 개발에는 지금까지 주로 FORTRAN이 많이 쓰여왔고 현재에도 많이 사용되고 있다. 그러나 컴퓨터 운영체제가 DOS였을때는 메모리 관리에 무리가 없었으나 현재의 WINDOWS 운영 체제에서는 FORTRAN 프로그램으로는 메모리관리와 프로그램 사용법에서 한계점이 보인다.

본 연구에 '는 객체 지향적인 VISUAL BASIC을 사용하여 프로그램을 개발함으로써 이러한 문제점들을 해결하고 사용자가 쉽게 접근하여 사용할수 있는 프로그램으로 개발을 진행시켰다.

3.2 프로그램 흐름

- ① 설계단면입력, 강선배치, 철근배치
- ② 단면제원 계산, 유효프리스트레스력 계산
- ③ 자중 및 활하중에 의한 단면력 계산
- ④ 단면의 응력 계산
- ⑤ 사용한계상태 검토
- ⑥ 피로한계상태 검토
- ⑦ 극한한계상태 검토
- ⑧ 계산된 값을 Graphic 및 Text로 출력

3.3 프로그램 적용예

3.3.1 교량제원

- 상부형식 : PSC BOX GIRDER
- 가설방식 : 가설 동바리 공법 (FSM)
- 교 폭 : 12.6 m
- 교량등급 : 1 등교
- 교 장 : 40.0 + 50.0 + 40.0 = 120.0 m

3.3.2 사용재료

- 콘크리트 설계강도 : $\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$
- PS강재의 인장강도 : $f_{uk} = 19000 \text{ kg/cm}^2$
- 철근의 응력증가량 제한값 : 1200 kg/cm^2
- PS강재 응력 증가량 제한값 : 1000 kg/cm^2
- 허용균열폭 : $W_a = 0.15 \text{ mm}$

3.3.3 프로그램 실행예

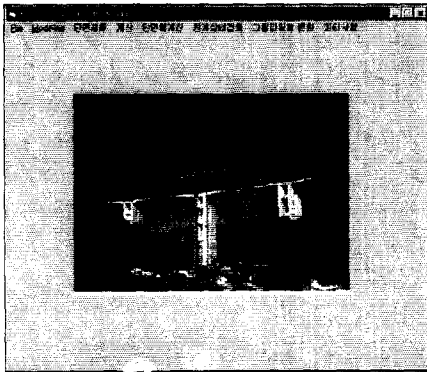


그림 1 프로그램 초기화면

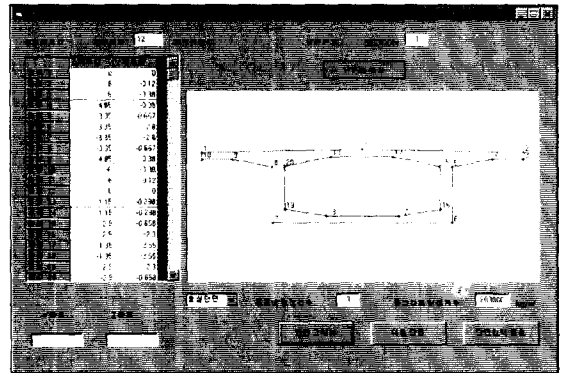


그림 2 단면좌표값 입력

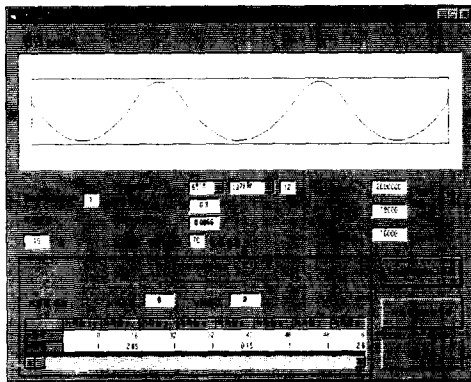


그림 3 PS강재의 배치

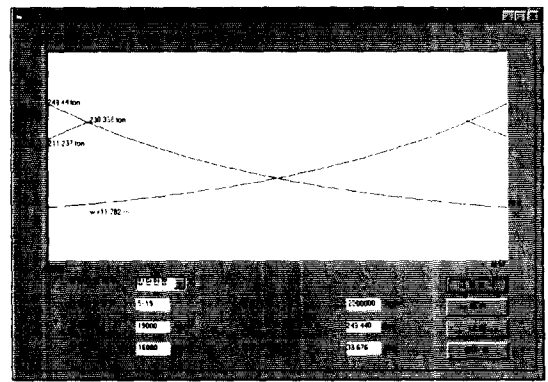


그림 4 유효프리스트레스력 계산

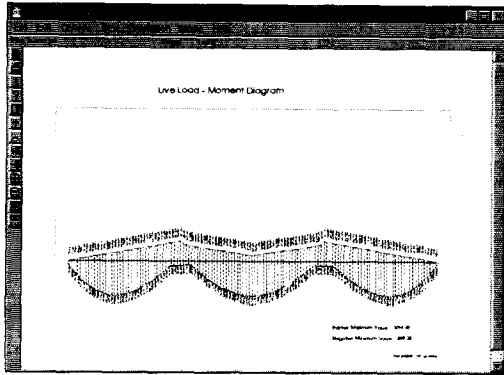


그림 5 활하중에 의한 휨 모멘트도

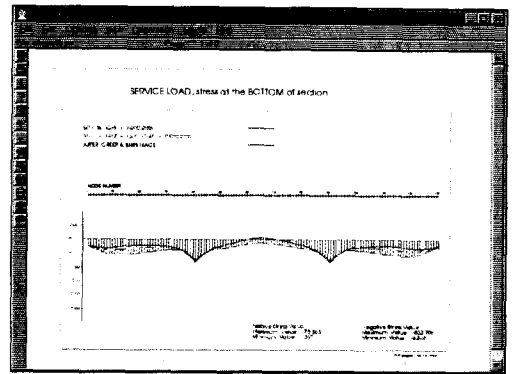


그림 6 사용하중 상태에서의 단면 하연응력

4. 결론

한계상태 설계에 의한 부분 프리스트레스트 부재설계 프로그램 개발로 인하여 부분 프리스트레스트 콘크리트 부재 설계시 반복되는 계산량을 줄였으며 계산시간의 단축과 부재 검토를 더욱 쉽게 할 수 있게 되었다.

향후 연구과제로는 활하중에 의한 단면력 계산을 SAP2000과 연계해서 계산을 하고 있는 부분을 프로그램 자체 내에서 계산이 되도록 개발을 해야하며 계산된 내용을 도면화 하는 모듈을 개발하여 한 묶음으로 구조계산과 도면을 함께 출력할 수 있는 자동화 프로그램으로 발전시켜야 할 것이다.

참고문헌

1. 新井英雄・北國秀一・酒井秀昭, "PRC橋の設計", 技報堂出版, 1993
2. 日本土木學會, "콘크리트 標準示方書", 1993
3. 日本道路橋協會, "道路橋示方書", 1990
4. 朴 弘用, "部分 프리스트레스트 콘크리트 슬래브의 휨 龜裂 舉動에 關한 實驗的 研究", 공학박사학위논문, 서울대학교 토목공학과, 1989
5. H.Kufer, "Teilweise Vorspannung", Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin, 1986
6. M.P.Collins / Denis Mitchell, "Prestressed Concrete Structures", Prentices Hall, 1991
7. A.E.Naaman, "Partially Prestressed Concrete: Review and Recommendations", J.PCI, V.30, No 6, Nov-Dec, 1985
8. F. Leonhardt, "Prestressed Concrete, 2nd Ed", W.Ernst & Shon, Berlin, 1963
9. DIN 4227. Spannebeton, Entwurf, Marz 1979
10. AASHTO. Standard Specification for Highway Bridges, 12th Ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C, 1977
11. ACI Standard 318-83: Building Code Requirement for Reinforced Concrete, American Concrete Institute
12. 申 鉉默, "Prestressed Concrete", 東明社 1995
13. 주경민/박성완/김민호, "Visual Basic Programming Bible ver 6.0", 영진출판사, 1998
14. Nathan Gurewicz & Ori Gurewicz, "Teach Yourself Visual Basic 5 in 21 Days", SAMS, 1997