

건축 거푸집 설계 응력산정 프로그램 개발에 관한 기초적 연구 Programming for the Structural Analysis of Form Structure

손 기 상*
Ki-Sang Son.

ABSTRACT

Occupational Safety & Health Code requires to calculate Design Load and stress for the approval within thirty working days prior to initiating each construction site work.

This study is to develop an easy and useful program that each safety manager, Controller or engineers are able to make output for the above mentioned form structure analyses without knowledge or engineering background of it.

Therefore, three, randomly selected, different major student and engineers verified if they could make output, really, without the engineering background. And then some deficiencies are corrected after finding those from the program operation.

1. 서 론

지금까지 발생된 많은 건설사고들 중 붕괴사고, 추락, 건설기계해는 3대 재해중 하나이다. 이것은 다시 구조물 붕괴와 토사붕괴로 대별할 수 있다. 이 때 구조물 붕괴는 주로 거푸집 구조물 붕괴로서 안전한 것으로 판단되었던 지지대가 타설된 콘크리트등 하중을 견디지 못하고 무너지는 현상이다.

콘크리트공사 표준안전 작업지침(노동부 고시)에는 콘크리트, 철근 및 매입철물류, 거푸집하중, 작업자 타설용 펌프배관, 호스 및 콘크리트 타설에 필요

한 각종 기자재 콘크리트 낙하 및 작업자 또는 기자재 이동에 따른 충격등을 거푸집에 부담되는 하중으로 보고 여기에 안전율을 감안하여 $150\text{kg}/\text{m}^2$ 를 더한 값으로 하고 있다.

산업안전보건법 제48조(유해, 위험방지 계획서 제출 등)와 시행규칙 제120조~124조 "유해·위험방지사항에 관한 계획서 등"에 따라 현장 착공전 승인을 받아야 하는 사전안전성 평가를 위한 제출서식 17(c)에 의하면 거푸집 지보공의 "설계하중 및 허용응력계산" 항목이 있다. 이 항목 해결을 위해 거푸집 시스템에 따른 각 지보공의 응력계산 및 전체에 부담되는 설계하중을 산정하고 이에 따른 거푸집 시스템

* 산업안전교육원

구성을 도면화하여 시공도록하기 위함이다. 그러나 당해 건설회사 본부에 엔지니어링 팀이 있다 하더라도 통제관리하는 현장이 전국에 걸쳐 수십개 더 나아가 100개 이상이 될 경우 각 현장 스케줄에 맞추어 본부 설계팀이 해결해 나가기란 현실적 어려움이 적지 않다.

본 연구는 이러한 건설현장 마다 필요한 전문인력 배치가 어려운 점을 감안하여 구조전공이 아닌 현장 사무직 요원이 직접 컴퓨터 화면에서 제시요구하는 수치를 입력만 하면 자동계산된 설계하중 및 허용응력을 확인할 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다.

비전공자로서 각 프로세스 마다에 입력되는 값을 현장에서 주로 사용되는 경우를 기준으로 하여 그 표준값으로 제시하여 이를 기준으로 현장 특성을 고려한 거푸집시스템에 따른 수치로 변경하기만하면 되도록 하였다.

건설현장에서 일반적으로 사용하고 있는 640KB의 주기억용량과 3MB의 하드디스크 용량을 초과하지 않는 것을 기본으로 하였기 때문에 그래픽(DR HALO)을 띄우는 것이 해결해야 될 큰 과제가 되었다.

그래픽에 의한것만 1.2MB(2HD 플로피디스크 1매)가 추가 소요된다.

또 앞서 서술한 바와 같이 비전공자가 사용하는 것이 때문에 화일 보다는 화면으로 보여주는 기능이 더 중요한점을 디자인측면에서 고려하였다.

비전공자가 사용할 수 있어야 하기때문에 산업안전 공학과 학부 학생 3명으로 하여금 운영테스트를 실시하여 로직상의 에러(Error) 또는 개선점을 도출시켜 내도록 하는 과정을 거쳤다.

일반적으로 거푸집구성에는 스라브, 보밀등의 수평 거푸집과 벽, 기둥, 보엃등의 측면 거푸집으로 대별되므로 각각에 대한 연직하중, 측압이 설계하중으로 먼저 산정되도록 하였다. 다음에 수평거푸집중에서 스라브의 경우 타설된 콘크리트를 지지하는 판넬합판 거푸집, 그 밑에 장선, 다음에 멩에, 마지막으로 지주로 구성되고, 보밀거푸집은 판넬합판거푸집, 장선(단관파이프와 목재혼용 또는 단관 파이프 단일 사용으로 구분), 멩에(내민보로 해석), 지주로 구성되고, 측면 거푸집인 벽의 경우 판넬합판 거푸집, 내측지보공(단관파이프), 외측지보공(단관 파이프 2개), 긴결재(12mm, 9mm)로 구성시키고, 기둥거푸집은 파넬합판거푸집, 장선(단관파이프, 또는 각재), 멩에(단관 파이프 2개), 긴결재(9mm)로 구성되

는 보엃 거푸집은 판넬합판거푸집, 내측지보공(단관 파이프) 2개씩 상·하(2개소), 긴결재(6mm)로 구성되는 것을 표준으로 하였다.^{(2) (3) (4) (5)}

2. 본 론

2.1 프로그램 구조 분석

여기서 지면상 스라브, 보밀, 벽, 기둥, 보엃 거푸집 각각의 경우를 예시하지 못하고 스라브의 경우 만을 도시 하기로 한다.⁽¹⁾

1) 시스템 계획

2) 판넬합판 거푸집 해석

판넬 거푸집해석을 위해서는 판넬과 연결되는 지보공 즉 장선(각관 또는 원형 파이프) 까지를 고려한다. 합판이 타설되는 콘크리트 자중 및 충격등 적재하중을 부담할때 응력 및 처짐이 생기므로 이에 대한 안전여부를 체크하기 위해서는 판넬합판바로 밑을 지지하고 있는 장선의 간격이 중요한 변수가 되겠다. 합판위에는 콘크리트가 등분포 하중으로 작용하므로 그림4의 적재하중은 등분포 하중으로 산정된다.

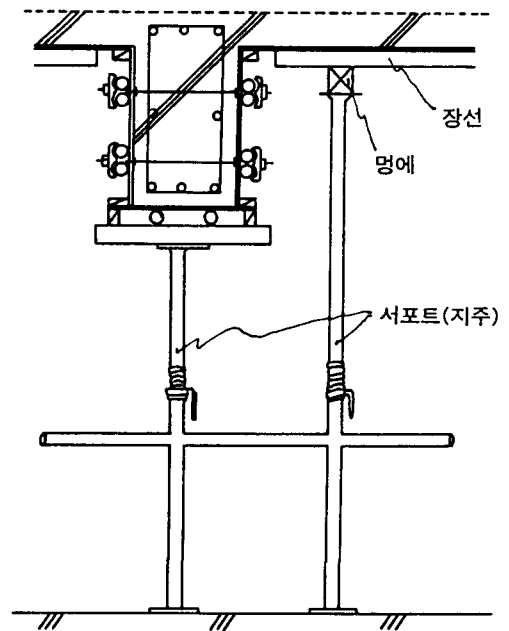


Fig. 1 Slab form

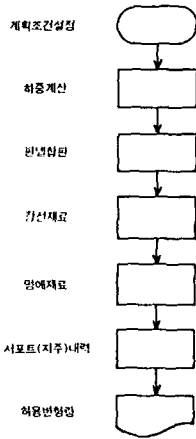


Fig. 2 Scheme for slab form analysis

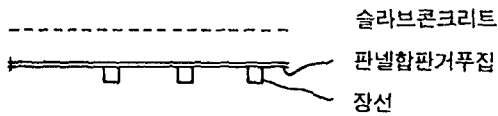


Fig. 3 Structure of Plywood panel form

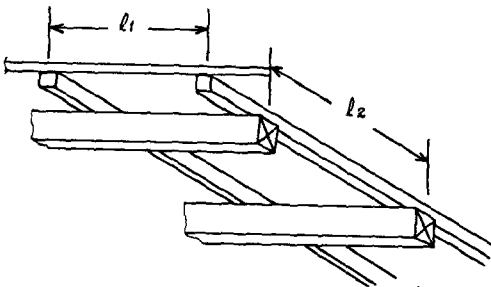


Fig. 4 Joist structure for supporting panel

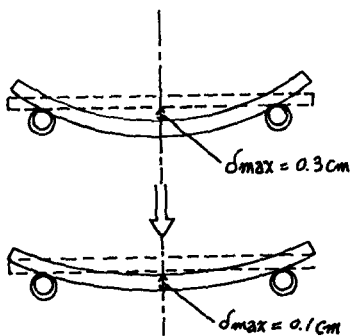


Fig. 5 Limitation of maximum deflection

판넬합판을 지지하는 장선은 단순보로 해석하므로

$$\text{휨모멘트 } M = \frac{W_c \cdot l_1^2}{8} \text{ (kg} \cdot \text{cm)} \quad 2.1$$

$$\text{허용휨모멘트 } M_b = f_b \cdot \frac{b \cdot d^2}{6} \quad 2.2$$

$$\text{처짐 } \delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{W_c \cdot l_1^4}{EI} \quad 2.3$$

단, l_2 장선지지 멩에 간격(cm)

W_c 장선이 받는 총하중(kg/m²)

$$W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_c = (2,400 \text{ kg/m}^3 + 2,400 \times \frac{30}{100}) \times \frac{t}{100} + 190 \times l_1$$

W_1 = 고정하중(콘크리트 하중)(통산 2,400kg/m³)

W_2 = 적재하중(작업하중, 콘크리트타설장비, 작업자무게에 150kg/m²를 더한 값으로 여기서는 190kg/m²로 추정함

W_3 = 충격하중 $W_1 = \left(\frac{10\%}{100} \sim \frac{3\%}{100} \right)$ 로서 콘크리트 펌프카 타설시 10%를 적용하고 기타의 경우 30%를 적용하는 것이 타당함.

t = 콘크리트 슬라브두께(cm)

l_1 = 장선 간격(cm)

l_2 = 멩에 간격(cm)

f_b = 허용휨 응력도(kg/cm²)

b = 판넬나비(cm)

d = 판넬춤(두께)(cm)

3) 장선해석

장선응력 및 처짐 해석을 위해서는 장선에는 그림 6에서와 같이 장선과 멩에 관계를 우선 고려하고 장선에는 등분포하중이 작용하고 이 장선을 지지하는

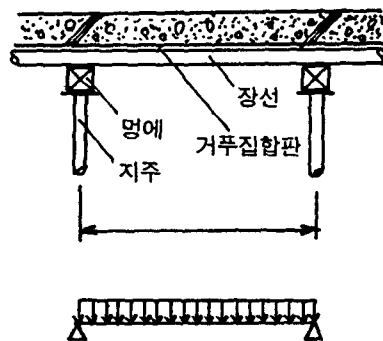


Fig. 6 Joist system for forming

멍에 간격에 따라 장선의 응력 및 처짐이 좌우되므로 이때는 멍에 및 장선 간격을 입력하도록 하였고 이 간격이 산정값보다 큰값으로 입력 될 때는 경고음과 함께 다시 입력토록하는 메시지를 사용자가 보도록 하였다.

장선을 지지하는 멍에와 관계에서는 연속보(그림 6 참조)로서 해석하므로

$$\text{휨모멘트 } M = \frac{W_c \cdot l_1^2}{12} \text{ (kg} \cdot \text{cm)} \quad 2.4$$

∴ 단순보 해석시 $M = \frac{W_c \cdot l_1^2}{8}$ 이고, 연속보해석시

는 지점에 따라, $\frac{W_c \cdot l_2^2}{8}$, $\frac{9W_c \cdot l_2^2}{128}$ 이므로 여기서는 단순보와 양단고정의 평균치로 식 2.4를 택함³⁾

$$\text{허용휨모멘트 } M_b = f_b \cdot \frac{b \cdot d^2}{6} \text{ (kg, cm)} \quad 2.5$$

$$\text{처짐 } \delta = \frac{W_c \cdot l_1^4}{128EI} \text{ (cm)} \quad 2.6$$

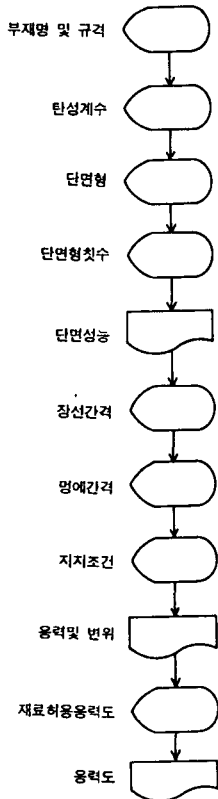


Fig. 7 Analyzing diagram for computation of joist stress

∴ 단순보 해석시 $\frac{W_c \cdot l_1^4}{384EI}$ 이고 연속보 해석시

$$\delta = \frac{W_c \cdot l_1^4}{185EI}$$

이므로 단순보와 양단고정의 평균치로

서 식 2.6을 택함.

- 단. l_2 = 멍에 간격(cm)
- t = 스라브두께(cm)
- l_1 = 장선 간격(cm)
- W_c = 장선이 단위길이에 받는 총하중
- b = 장선의 나비(cm)
- d = 장선의 춤(cm)

4) 멍에 해석

앞서 서술한 순서와 같이 멍에의 응력 및 처짐을 계산하기 위해서는 상부로 부터 집중하중을 받고 하부는 지주가 받치고 있으므로 멍에와 지주간격이 중요한 변수이다. (그림8)

이때 멍에 자체에 재료 특성과 지주간격을 입력한다. 멍에와 지주 간격은 일반적으로 같은 값이 된다.

앞서와는 다른 점은 멍에를 받치고 있는 지주간격 내에 멍에에 미치는 집중하중점 수 즉(지주간격/장선 간격-1)의 값을 입력토록 하였다.

5) 지주해석

지주 상부에 있는 멍에로부터 집중하중이 지주(서포트)에 작용된다 (그림10). 지주의 길이에 따라 허

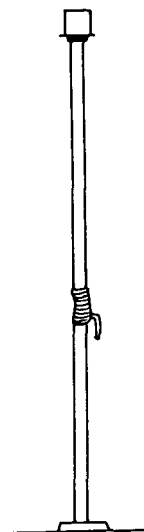


Fig. 8 Exterior joist system

용 좌굴응력도가 달라지므로 이 값을 구하기 위한 공식을 프로그램화 해야 하지만 안전을 및 산정 단순화를 위하여 지주 내력을 입력 하도록 하였고 그림 10에서와 같이 지주에 작용되는 외력(지주의 부담력)과 비교하여 지주 내력 입력값 보다 작으면 “안전”한 것으로 처리하였고 입력된 내력 값보다 외력이 크면 경고음과 함께 “불안전 하므로 다시 계산하십시오”라는 메시지를 화면에 나타내도록 하였다.

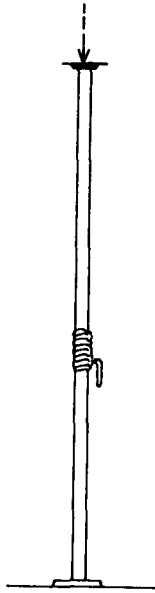


Fig. 10 Form support system

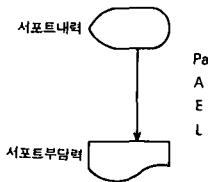


Fig. 11 Stress analysis of support

스라브의 멩에를 받는 받침기둥(지주:파이프서포트:파이프받침)해석시 축방향 압축력

$$N = W_c \times \frac{l_2}{100} \times \frac{l_1}{100} \quad 2.7$$

$$\frac{W \cdot N}{A} \leq f_c \quad 2.8$$

W_c 지주가 받는 단위 면적당 하중 (kg/m²)

$$M_1 + 4W_2 + W_3$$

l_1 = 멩에간격 (cm)

l_2 = 지주간격 (cm)

t = 스라브 두께 (cm)

f_c = 허용압축응력도 (kg/cm²)

A = 지주의 단면적 (cm²)

W = 좌굴계수 $W=f_c/l_k$

f_c = 허용좌굴응력도 (kg/cm²) $W=f_c/l_k$

f_k = 좌굴응력도 (kg/cm²)

l_k = 좌굴길이 (cm) $W=f_c/l_k$

$$\lambda \text{세장비} = 3.46 \cdot \frac{l_k}{i}$$

i = 단면 2차 반경 (cm)

여기서는 “산업안전기준에 관한규칙 제363조(거푸집지보공등의 안전조치) 7호 가목 높이 2m이내 마다 수평 연결재를 2개방향으로 만들고 수평연결재의 변위를 방지할것”은 지주로 사용하는 강관에 대한 것이고 파이프 받침(=지주)에 대하여서는 동 “363조 8호 다. 높이가 3.5m를 초과할때에는 제7호 가. 목의 조치를 취할것”이라는 조항이 있으므로 건설현장내에서는 거푸집 지주로서는 대체로 파이프받침을 사용하고 f_c (허용좌굴응력도), f_k (좌굴응력도), l_k (좌굴길이), λ (세장비), 제363조를 준수하는 경우(실제로 현장에서 대부분 준수하고 있음) 좌굴은 생기지 않지 때문이다.

따라서 식 2.8은 다시

축방향 압축력 (=축압축력)

$$N = W_c \times \frac{l_2}{100} \times \frac{l_1}{100} \quad 2.9$$

$$\frac{N}{A} \leq f_c \quad 2.10$$

상기 식2.9에서 구한 N값을 식 2-10에 대입하여 지주가 안전한지에 대한 체크를 하는 것으로 연직하중에 대한 거푸집지보공의 안전성 판별은 완료가 된다.

3. 프로그램 및 결과

3.1 설계하중 산정 프로그램

여기서 지면상 전체 프로그램은 생각하고 설계하중 계산 결과 만을 일레로써 예시한다.

거푸집 연직하중 즉 앞서 서술한 설계하중 산정에서는 우선 스라브나 보와 같이 계산부위를 선정토록 하였다. 이들 개소에 따라 자중등 적재하중이 다르기

때문이다. 스라브는 두께와 단위 콘크리트 체적중량을 입력하면 하중이 계산되도록 하여 사용자의 편의성을 도모하였다.

산정부위(바닥(스라브))

스라브두께

$$T(\text{cm}) = 15.0$$

콘크리트 단위 체적 중량

$$W_0(\text{t/m}^3) = 2.4$$

고정하중

$$W1 = 15.0 \times 0.0024 = 0.0360 \text{kg/cm}^2$$

충격하중

$$W2 = 0.00 \times 0.0360 = 0.0000 \text{kg/cm}^2$$

작업하중

$$W3 = 0.0190 \text{kg/cm}^2$$

응력 계산용

$$W1 + W2 + W3 = 0.0550 \text{kg/cm}^2$$

처짐 계산용

$$W1 = 0.0360 \text{kg/cm}^2$$

위 결과 출력 양태는 사용자에게 부담을 주는 공학적 편성이므로 좀더 손쉽게 접근 할 수 있는 입력, 출력 화면으로 편성하였다.

3.2 거푸집 지보공 응력산정

3.2.1 판넬합판

판넬합판은 수평하중을 받는 경우지만 합판의 장변(180cm) 방향이 스라브 구조의 장변 방향과 평행일 때와 단변 방향에 평행일때와는 휨허용응력도(FB) 차이가 있다. 앞서 제2장에서 고찰된 장선 간격이 중요한 변수이기 때문에 화면의 상단에 표시되도록 한 결과이다.

■ 스라브판넬합판

산정지보공부위

판넬합판

장 선

명 에

지 주

처짐확인

MENU복귀

장선간격 30.0cm

지지조건:단순보

인장허용응력도(FN):0.00kg/cm²

전단허용응력도(FS):7.50kg/cm²

휨허용응력도(FB):140.00kg·cm²

휨모멘트(M) : 618.75kg·cm

전단력(Q) : 82.50kg

처짐(D) : 0.07cm

축 응력도(SIG-N) : 0.00kg/cm²

전단 응력도(TAU) : 1.14kg/cm²

휨 응력도(SIG-B) : 28.64kg/cm²

ESC:작업종료 F1:도움말 F2:표보기

F3:자료저장 F4:전계산 F5:다음계산

3.2.2 장 선

장선의 재료 특성 입력값과 장선을 지지하는 명에 간격에 따른 응력 값을 산출하여 이를 그 재료 자체가 갖고 있는 허용응력도와 비교하여 허용값 이내 이면 "OK" 부호를 표시하고 산정 되도록 하였다.

—부재성능(장선)—

(각강관 50mm)

$$A(\text{cm}^2) = 4.39$$

$$Z(\text{cm}^3) = 6.67$$

$$I(\text{cm}^4) = 16.68$$

$$K = 2.25$$

$$f_n(\text{kg/cm}^2) = 1600.00$$

$$f_s(\text{kg/cm}^2) = 1280.00$$

$$f_b(\text{kg/cm}^2) = 1600.00$$

$$E(\text{kg/cm}^2) = 2100000.00$$

—하 중—

<장선 간격 = 30.0cm>

(처짐 계산용)

$$W_A = 30 \times .036$$

$$= 1.08 \text{kg/cm}$$

(응력 계산용)

$$W_{A0} = 30 \times .055$$

$$= 1.65 \text{kg/cm}$$

—응 력—

/등분포 하중, 연속보/

<명에 간격=120.0cm>

$$Q = 1.56 \times 120 \times .5$$

$$= 99.00 \text{kg}$$

$$M = 1.65 \times 120 \times .2/12$$

$$= 1980.00 \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$D = 1.08 \times 120 \times .4 / (128 \times 2100000 \times$$

$$16.68016)$$

$$= 0.05 \text{cm}$$

--허용 응력도 확인--

$$\begin{aligned} \text{TAU} &= 2.246521 \times 99 / 4.388401 \\ &= 50.7 < f_s = 1280.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ -- OK} \\ \text{sig-b} &= 1980 / 6.672066 \\ &= 296.8 < f_b = 1600.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK} \end{aligned}$$

역시 사용자 편의를 위하여 3.2.2장선에서의 장선 간격에 이것을 지지하고 있는 멍에 간격이 장선의 응력에 중요한 변수이므로 그 값을 입력하고, 재료 고유의 허용응력도 값을 입력하면, 외력 즉 휨모멘트, 전단력, 처짐이 자동 산정되어 각각에 대한 응력도가 결정되고 이 축(인장 또는 압축) 응력도, 전단 및 휨 응력도가 먼저 입력한 허용응력도 값보다 작으면 출력되지만, 크면 경고음과 함께 "다시 계산 하십시오" 라는 메시지를 화면에 보내 사용자가 에러를 범할 수 없도록 한 결과이다.

3.2.3 멍에 및 지주

멍에 산정도 장선과 같은 요령이고 지주는 고유 내력과 지주에 부담되는 외력과 비교하여 안정 여부를 판단하는 것으로 단순화 된 결과이고 끝으로(판넬 합판 거푸집처짐+장선처짐+멍에처짐+지주변형)의 총합계 처짐이 허용량보다 작으면 모든 것이 종료된다. 종료에 걸리는 시간은 엔지니어링 지식이 있는 능숙자로서 건설현장에 보편적으로 보급되어 있는 16비트 AT 사무용 컴퓨터 사용시 9분이 소요되며, 출력 결과물은 A4크기 3매로서 서론에서 제시한 유해 위험방지계획서 서식 17(C)중의 "설계하중 및 응력계산"은 완료되는 것이다. 그래픽 관계를 고려하지 않았으므로 2HD플로피 디스켓 1매로 완성되어 사용자 편의를 한층 증진 시켰다.

4. 결 론

산업안전보건법에서 규정하고 거푸집 설계하중 및 응력계산 프로그램 작성을 위한 분석과 산정출력을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 거푸집 지보공 요소별 출력시스템 구성으로 운용되므로 CPU용량을 감소시켜 건설현장의 기존업무의 수용을 확보한 상태에서 응력산정을 할 수 있어 기존 P.C컴 이용 효율을 높여 줄 수 있다.
- 2) 비전공자의 이용성 증진으로 현장전문 인력 미배치에 따른 거푸집 지보공 응력산정 지연문제가 해소되어 신속한 유해, 위험제거에 기여할

수 있다.

- 3) 오류 입력시 과정마다 경고를 발신하는 안전한 거푸집 지보공 구조를 근원적으로 확보할 수 있다.

앞으로 토목공사에서 제기되는 특수형 구조 콘크리트 타설용 거푸집 구조물을 종합수용하는 확장프로그램과 기존의 현장보유 PC컴 보다 더 큰 용량의 보급이 일반화 됨에 따른 그래픽 보완이 본 연구의 우선 과제라 하겠다.

참 고 문 헌

1. 편집부, "형틀구성재", 건축의 형틀공사, pp. 20~25, 도서출판 국제, September 1991.
2. 건설부, "架設工事의 設計와 施工", pp. 15~115, 기술지도서 34, 35, 경문당, June 1986.
3. 김상근, "스라브 형틀 지보공", pp.40~50, 圖解 土木 建築假構造物의 解説, 건설문화사, June 1984.
4. 池田光男, "型樑", pp.21~36, 新正 建築 假建物の 構造計算 入門, 彰國社, 186.
5. Robert T. Ratay, "Concrete Form Work", 14.1~14.29, "Handbook of Temporary Structures in Construction", McGraw Hill Book Co. 1984.
6. 노동부고시 84-38호 "콘크리트공사 표준안전작업 지침", December 27 1984.

I. 부 록

1. 프로그램 구성 변수 정의

- A\$ 거푸집 요소지정
- C\$ 거푸집부위 판단계수
- MJ\$ 사용부재명
- CH\$ 체크용 변수
- CK\$ 계산응력도와 허용응력도 비교판단 변수
- C\$(7) 계산방법지정 변수
- 응력계산 C\$(7) = "1"
- 지점간격계산 C\$(7) = "2"
- A\$(1)
- A\$(2)
- C\$(1) = "1" 바닥(스라브)
- C\$(1) = "2" 보

손기상

- C\$(1) = "3"기둥
 C\$(1) = "4"벽
 C\$(2) = 벽의 길이 판단 계수
 C\$(2) = 벽의 길이 판단 계수
 $L < 3 \rightarrow C$(2) = "1"$
 $3 < L \rightarrow C$(2) = "2"$
 C\$(3) = 타설속도(콘크리트)판단계수
 $\nu < 10 \rightarrow C$(3) = "1"$
 $10 < \nu < 20 \rightarrow C$(3) = "2"$
 $20 < \nu \rightarrow C$(3) = "3"$
 C\$(4) 하중 상태판단 변수
 집중하중 C\$(4) = "1"
 집중하중 C\$(4) = "2"
 C\$(8) 단면 현상 판단 변수
 사각형 C\$(8) = "1"
 원 형 C\$(8) = "2"
 H형강 C\$(8) = "3"
 원형파이프 C\$(8) = "4"
 W_0 = 콘크리트 단위체적 중량
 B 보 폭(cm)
 D 보 층(cm)
 b 내 변(내경)(cm)
 d 외 변(외경)(cm)
 AA(1) 충격계수
 AA(3) 충격계수
 W 등분포하중
 P 집중하중
 E 탄성계수
 F 허용 응력도
 AZ = 단면적
 ZZ = 단면계수
 IZ = 단면 2차모멘트
 K = 단면상수
 W(4) 응력계산용 하중
 W(5) 처짐계산용 하중
 C\$(6) 하중점 수 판단 변수
 하중점 수 1 $\rightarrow C$(6) = "1"$
 하중점 수 2 $\rightarrow C$(6) = "2"$
 하중점 수 3 $\rightarrow C$(6) = "3"$
 C\$(5) 지지상태 판단 변수
 단 순 보 "1"
 양단고정 "2"
 연 속 보 "3" (단순보와 양단고정의 중간치)
 내 민 보 "4"
 LM = 모멘트에 의한 지보공 간격(cm)
 LQ = 전단력에 의한 간격(cm)
 LD = 처짐에 의한 간격(cm)
 D = 허용처짐(cm)
 Pa = (kg/분) 긴결재 내력
 A = 긴결재 단면적
 E = 긴결재 영계수
 W = 벽 두께(긴결재 길이)
 PW = 축압(kg/cm²)
 KM = 모멘트산정공식계수
 KD = 처짐 산정공식계수
 KQ = 전단력 산정공식계수
 MM = 휨 모멘트(kg, cm)
 QQ = 전단력(kg)
 DD = 처 짐(cm)
 FN = 허용축응력도
 FS = 허용전단응력도
 FB = 허용 휨 응력도
 NA = 허용 축내력
 QA = 허용 전단 내력
 MA = 허용 휨 내력
 SN(SIG-N) = 축 응력도
 TU(TAU) = 전단 응력도
 SB(SIG-B) = 휨 응력도