

특허청구의 범위

청구항 1

PHC 파일의 성능을 예측하는 방법에 있어서,

PHC 파일의 콘크리트와 긴장재의 치수, 위치 및 양, 내부 충전 콘크리트의 치수, 위치 및 양이 입력되는 단계(단계 S10);

PHC 파일의 콘크리트 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)과 긴장재의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터), 그리고 내부 충전 콘크리트의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)이 입력되는 단계(단계 S20);

상기 긴장재의 초기 긴장량이 입력되는 단계(단계 S30);

상기 입력된 데이터를 바탕으로 최대 축력(P_0)을 계산하는 단계(단계 S40);

가정된 소정 축력(P)과 PHC 파일 단면의 상단으로부터 중립축(c)까지의 거리가 입력되는 단계(단계 S50);

상기 중립축(c)에 대한 상기 PHC 파일의 콘크리트, 긴장재 및 내부 충전 콘크리트의 위치별 변형률을 계산하는 단계(단계 S60);

상기 변형률로부터 상기 PHC 파일의 콘크리트, 긴장재 및 내부 충전 콘크리트의 응력을 계산하는 단계(단계 S70);

상기 계산한 응력을 바탕으로 합력(F)을 계산하는 단계(단계 S80);

상기 계산한 합력(F)을 소정 축력(P)과 비교하여 오차를 계산하는 단계(단계 S90);

상기 오차가 허용 범위보다 크면 중립축(c)을 다시 가정하여 오차가 허용 범위 내에 있도록 합력(F)을 재계산하고, 상기 오차가 허용 범위 내에 있으면 모멘트(M)를 계산하는 단계(단계 S100); 및

상기 축력(P)이 상기 최대 축력(P_0) 이상이 될 때까지 상기 축력(P)의 값을 변경하면서 모멘트를 계산하여 상기 축력(P)에 대한 모멘트(M)의 상관값을 산출하는 단계(단계 S110);를 포함하는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

단계 S60에서는, PHC 콘크리트와 긴장재의 변형률은 초기 변형률과 가정한 중립축으로부터 계산한 변형률을 더하여 계산하는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

단계 S10에서는, 내부 충전 콘크리트에 삽입되는 보강철근의 치수, 위치 및 양이 추가로 입력되고,

단계 S20에서는, 상기 보강철근의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)이 추가로 입력되는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

단계 S110에서는, 상기 축력(P)에 대한 모멘트(M)의 상관값을 토대로 축력-모멘트 상관도를 생성하는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 S100에서는, PHC 파일 단면의 상단에서 다시 가정하는 중립축(c)까지의 거리(c(j+1))는, 상기 오차가 허용 범위보다 크면서 합력(F)이 축력(P)보다 크면 이전의 중립축까지의 거리(c(j))에서 변화량(e(j))을 차감하여 산출하고, 상기 오차가 허용 범위보다 크면서 합력(F)이 축력(P)보다 작으면 이전의 중립축까지의 거리(c(j))에 상기 변화량(e(j))을 가산하여 산출하며,

상기 변화량(e(j))은 다음 식에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

$$j = 1; e(j)=0.5 \times c(1),$$

$$j \geq 2; e(j)=0.5 \times e(j-1)$$

여기서, c(1)은 PHC 파일 단면의 상단에서 최초 중립축까지의 거리임.

청구항 6

제5항에 있어서,

단계 S50에서는, 최초 중립축(c)를 PHC 파일 단면의 중심으로 가정하는 것을 특징으로 하는 피에이치씨 파일의 성능을 예측하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 초기 긴장력이 가해진 PHC 파일(Pretensioned spun High strength Concrete pile)의 성능을 예측하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 PHC 파일에서 긴장재의 초기 긴장량과 성능 향상을 위한 내부 충전 콘크리트와 보강철근의 강도 및 양에 따른 영향을 고려하여 축력-모멘트 상관도를 계산함으로써 PHC 파일의 성능을 예측하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기초지반의 지지력이 충분하지 못하거나 침하가 과다하게 일어나는 경우에 지지력이 큰 하부지반에 상부구조물의 하중을 전달하기 위한 방법으로 파일기초를 사용하고 있다. 국내현장에서 사용되는 여러 가지 형태의 파일은 하중의 조건, 지질조건, 지하수위 등의 환경조건에 따라 다양하게 적용되고 있으며, CIP(Cast In Place) 파일 이외의 파일 중에서 가장 많이 사용되고 있는 피에이치씨(이하 'PHC'로 기재) 파일은 1983년 KS 규격(KS F 4306)이 제정된 후 건축물의 고층화, 대형화, 연약지반의 사용용도 증가로 기존 파일을 대체할 파일로 부각되었다.

[0003] PHC 파일의 축력, 휨 모멘트, 전단강도의 역학적 성능은 파일의 직경, 긴장재의 직경, 긴장재에 도입되는 초기 긴장량, 긴장재의 배근위치, PHC 파일 콘크리트 강도 등의 기본재료의 물리적 특성에 따라 다양하게 나타나므로 진술한 기본재료의 특성을 파악함으로써 소요 목표 성능을 만족시킬 수 있는 PHC 파일을 제조할 수 있으며, 품질관리 또한 효율적으로 실시할 수 있다.

[0004] 한편, 현재 상용화된 설계 프로그램에 있어 본 발명의 축력과 휨 모멘트 상관도의 방법을 적용한 것이 있으나, 이는 PHC 파일 해석을 위한 프로그램이 아닌 철근콘크리트 기둥해석을 위한 것으로서, PHC 파일 제조 공정 즉, 긴장재의 초기 긴장량에 따른 영향과 성능 향상을 위하여 내부를 콘크리트나 철근으로 보강한 경우 등을 고려하여 해석할 수 없기 때문에 본 개발 프로그램과 직접적인 실험결과와의 오차(표 2)에 비하면 상대적으로 큰 오차가 발생하므로 PHC 파일의 성능을 평가하기에는 상당한 어려움이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 PHC 파일의 초기 긴장량을 고려하고, 성능 향상을 위해 PHC 파일 내부에 콘크리트를 충전하거나 철근으로 보강한 경우에 PHC 파일의 성능을 예측하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 본 발명은, PHC 파일의 성능을 예측하는 방법에 관한 것으로, PHC 파일의 성능을 예측하는 방법에 있어서, PHC 파일의 콘크리트와 긴장재의 치수, 위치 및 양, 내부 충전 콘크리트의 치수, 위치 및 양이 입력되는 단계(단계 S10); PHC 파일의 콘크리트 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)과 긴장재의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터), 그리고 내부 충전 콘크리트의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)이 입력되는 단계(단계 S20); 상기 긴장재의 초기 긴장량이 입력되는 단계(단계 S30); 상기 입력된 데이터를 바탕으로 최대 축력(P_0)을 계산하는 단계(단계 S40); 가정된 소정 축력(P)과 PHC 파일 단면의 상단으로부터 중립축(c)까지의 거리가 입력되는 단계(단계 S50); 상기 중립축(c)에 대한 상기 PHC 파일의 콘크리트, 긴장재 및 내부 충전 콘크리트의 위치별 변형률을 계산하는 단계(단계 S60); 상기 변형률로부터 상기 PHC 파일의 콘크리트, 긴장재 및 내부 충전 콘크리트의 응력을 계산하는 단계(단계 S70); 상기 계산한 응력을 바탕으로 합력(F)을 계산하는 단계(단계 S80); 상기 계산한 합력(F)을 소정 축력(P)과 비교하여 오차를 계산하는 단계(단계 S90); 상기 오차가 허용 범위보다 크면 중립축(c)을 다시 가정하여 오차가 허용 범위 내에 있도록 합력(F)을 재계산하고, 상기 오차가 허용 범위 내에 있으면 모멘트(M)를 계산하는 단계(단계 S100); 및 상기 축력(P)이 상기 최대 축력(P_0) 이상이 될 때까지 상기 축력(P)의 값을 변경하면서 모멘트를 계산하여 상기 축력(P)에 대한 모멘트(M)의 상관값을 산출하는 단계(단계 S110);를 포함한다.
- [0007] 이때, 단계 S60에서는, PHC 콘크리트와 긴장재의 변형률은 초기 변형률과 가정한 중립축으로부터 계산한 변형률을 더하여 계산한다.
- [0008] 또한 단계 S10에서는, 내부 충전 콘크리트에 삽입되는 보강철근의 치수, 위치 및 양이 추가로 입력되고, 단계 S20에서는, 상기 보강철근의 물성(응력과 변형률에 대한 데이터)이 추가로 입력된다.
- [0009] 한편, 단계 S110에서는, 상기 축력(P)에 대한 모멘트(M)의 상관값을 토대로 축력-모멘트 상관도를 생성한다.
- [0010] 그리고 단계 S100에서는, PHC 파일 단면의 상단에서 다시 가정하는 중립축(c)까지의 거리($c(j+1)$)는, 상기 오차가 허용 범위보다 크면서 합력(F)이 축력(P)보다 크면 이전의 중립축까지의 거리($c(j)$)에서 변화량($e(j)$)을 차감하여 산출하고, 상기 오차가 허용 범위보다 크면서 합력(F)이 축력(P)보다 작으면 이전의 중립축까지의 거리($c(j)$)에 상기 변화량($e(j)$)을 가산하여 산출하며, 상기 변화량($e(j)$)은 다음 식에 의해 산출된다.
- [0011] $j = 1; e(j) = 0.5 \times c(1),$
- [0012] $j \geq 2; e(j) = 0.5 \times e(j-1)$
- [0013] 여기서, $c(1)$ 은 PHC 파일 단면의 상단에서 최초 중립축까지의 거리이다.
- [0014] 또한, 단계 S50에서는, 최초 중립축(c)를 PHC 파일 단면의 중심으로 가정할 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명은 성능 향상을 위하여 콘크리트로 내부 충전하거나 철근으로 보강한 PHC 파일의 설계나 성능 실험을 수행하기 전에 PHC 파일의 성능을 예측/평가하기 위한 처리 방법에 관한 것으로서 PHC 파일이 원하는 성능이 나오도록 설계하거나 성능을 실험을 통하여 평가하기 어려운 경우 본 발명을 활용할 수 있다.
- [0016]

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명에 따른 PHC 파일의 성능을 예측하는 방법의 흐름도,
 도 2는 PHC 파일을 도시한 사시도,
 도 3은 PHC 파일을 구성하는 각 재료의 응력-변형률 곡선을 도시한 그래프,
 도 4는 도 3에 도시된 그래프로부터 각 재료의 변형률에 대한 위치별 응력을 구하는 방식을 도시한 도면,
 도 5는 본 발명에 따른 방법으로 구해진 PHC 파일의 축력-모멘트 상관도를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서는 본 발명에 따른 PHC 파일의 성능을 예측하는 방법에 관하여 첨부되어진 도면과 더불어 설명하기로 한다.

[0019] 도 1은 본 발명에 따른 PHC 파일의 성능을 예측하는 방법의 흐름도이고, 도 2는 PHC 파일을 도시한 사시도이며, 도 3은 PHC 파일을 구성하는 각 재료의 응력(stress)-변형률(strain) 곡선을 도시한 그래프이고, 도 4는 도 3에 도시된 그래프로부터 각 재료의 변형률에 대한 위치별 응력을 구하는 방식을 도시한 도면이며, 도 5는 본 발명에 따른 방법으로 구해진 PHC 파일의 축력-모멘트 상관도를 도시한 그래프이다.

[0020] 여기서 도 3의 (a)에는 PHC 콘크리트의 응력-변형률 곡선이 도시되어 있고, 도 3의 (b)에는 긴장재의 응력-변형률 곡선이 도시되어 있으며, 도 3의 (c)에는 내부 충전 콘크리트의 응력-변형률 곡선이 도시되어 있고, 도 3의 (d)에는 보강철근의 응력-변형률 곡선이 도시되어 있다.

[0021] 또한 도 4의 (a)에는 PHC 파일의 단면이 도시되어 있고, 도 4의 (b)에는 중립축에 대한 변형률(ϵ_i)의 그래프가 도시되어 있고, 도 4의 (c)에는 중립축에 대한 콘크리트 응력(σ_{ci})의 그래프가 도시되어 있고, 도 4의 (d)에는 중립축에 대한 철근이나 긴장재의 응력(F_s 또는 F_t)이 도시되어 있다. 이때, 도 4의 (a)에서 c(j)는 PHC 단면의 상단으로부터 중립축까지의 거리를 의미한다.

[0022] 도시된 바와 같이, 본 발명에서는 PHC 파일(10)의 치수와 재료의 물성, 그리고 초기 긴장량을 입력하면 축력-모멘트 상관도를 계산함으로써 PHC 파일의 성능을 예측할 수 있다.

[0023] PHC 파일의 성능을 평가하기 위해서는 평가에 필요한 변수들을 입력하여야 한다. 먼저 PHC 파일(10)의 치수로는 PHC 콘크리트(11)의 내부와 외부의 직경, 긴장재(13)의 위치와 개수 및 긴장재의 단면적 등이 있다. 또한 내부 보강철근(17)의 위치 및 양과 보강철근의 단면적 등이 있다. 내부 충전 콘크리트(15)의 면적은 PHC 콘크리트(11)의 내경 면적에 보강철근(17)의 면적을 뺀 것과 같다(단계 S10).

[0024] PHC 파일 물성에 관한 입력 변수로는 PHC 콘크리트(11) 및 긴장재(13)의 응력-변형률에 대한 데이터와 내부 충전 콘크리트(15) 및 보강철근(17)의 응력-변형률에 대한 데이터 등이 있다. 이들 데이터는 상기 각 재료의 응력-변형률 곡선을 이용한다(단계 S20).

[0025] 치수 및 재료 물성에 관한 입력값이 결정되면 PHC 파일 긴장재의 초기 긴장량을 입력한 후(단계 S30), 최대 축력(P_0)를 다음의 [수학식 1]에 따라 계산한다. [수학식 1]은 외부에서 작용한 하중 P_0 와 PHC 파일의 내력의 합(R)이 0이 되어야 한다는 힘의 평형 조건($\sum Q = \sum P_0 - R = 0$)으로부터 유도된 것이다.

수학식 1

$$0 = P_0 - 0.85\sigma_{PHC}(\epsilon_{PHCini} + \alpha)A_{PHC} + \sigma_t(\epsilon_{tini} + \alpha)A_t + 0.95\sigma_{cin}(\alpha)A_{cin} + \sigma_s(\alpha)A_s$$

[0027] 여기서, ϵ_{PHCini} 는 긴장재의 초기 변형률, α 는 최대 축력이 작용할 때의 내부 충전 콘크리트와 보강철근의 변형률, $\sigma_{PHC}(\epsilon_{PHCini} + \alpha)$ 는 변형률의 크기가 $\epsilon_{PHCini} + \alpha$ 일 때 PHC 콘크리트에 발생한 응력, A_{PHC} 는 PHC 콘크리트의 단면적, ϵ_{tini} 는 긴장재의 초기 변형률, $\sigma_t(\epsilon_{tini} + \alpha)$ 는 변형률의 크기가 $\epsilon_{tini} + \alpha$ 일 때 긴장재에 발생한 응력, A_t 는 긴장재의 단면적, $\sigma_{cin}(\alpha)$ 는 변형률의 크기가 α 일 때

내부 충전 콘크리트에 발생한 응력, A_{cin} 는 내부 충전 콘크리트의 단면적, $\sigma_s(\alpha)$ 는 변형률의 크기가 α 일 때 보강철근에 발생한 응력, A_s 는 보강철근의 단면적이다. 이때 최대 축력(P_0)은 α 를 증가시키면서 P_0 의 값을 비교하여 최대값을 산정할 수도 있으며, 유전자 알고리즘과 같은 직접 탐색법을 이용하여 구할 수도 있다. 직접 탐색법은 목적함수의 미분계수를 필요로 하지 않는 최적화 방법으로서, 목적함수의 미분계수를 구하기 어려운 경우에 사용된다. 즉, [수학식 1]에서 최대 축력(P_0)은 α 의 함수인데 일반적으로 많이 사용되는 최대/최소값을 구하는 방법(Gradient descent, Newton, Gauss-Newton, Levenberg-Marquardt 알고리즘)은 미분계수가 존재할 경우에만 적용가능하기 때문에, 도 3의 (b) 및 (d)에 도시된 바와 같이 철근의 응력-변형률에서 미분계수가 존재하지 않는 부분이 있는 경우에는 전술한 바와 같이 α 를 변화시키면서 최대값을 구하거나 직접 탐색법을 이용하여야 한다(단계 S40).

[0028] 입력값을 결정하고 최대 축력(P_0)이 계산되면 축력(P)을 가정하고, 중립축(c)을 가정한다. 초기 중립축은 도 4에 도시된 바와 같이, PHC 단면의 중간 부분(단면의 중심)으로 가정할 수 있다(단계 S50). 중립축을 가정하면 PHC 파일의 압축 연단부의 변형률(ϵ_c)을 콘크리트의 파괴 변형률인 0.003으로 가정하고 비례관계에 따라 각 재료의 위치별 변형률(ϵ_i)을 다음의 [수학식 2]에 따라 계산한다.

수학식 2

$$\epsilon_i(h_i) = \epsilon_c \times \frac{h_i}{c}$$

[0029]

[0030] 여기서, h_i 는 i 위치의 거리이다(단계 S60).

[0031] 변형률을 계산하면 입력값으로 넣은 각 재료의 응력-변형률 곡선 관계로부터 각 재료의 위치별 응력을 계산한다(단계 S70).

[0032] 이와 같이 가정한 중립축에 대한 각 재료의 위치별 응력을 계산한 후 축력의 합(F)을 계산하기 위하여 [수학식 3]에 따라 수치적분을 실시한다. [수학식 3]은 응력과 단면적의 곱으로 각 재료의 축력을 표현한 것이다.

수학식 3

$$F = \int_0^d [\sigma_{phc}(\epsilon(h)) * w_{phc}(h) + \sigma_l(\epsilon(h)) * w_l(h) + \sigma_c(\epsilon(h)) * w_c(h) + \sigma_s(\epsilon(h)) * w_s(h)] dh$$

[0033]

[0034] 여기서 $\epsilon(h)$ 는 높이 h 에서의 변형률이고, $\sigma_{phc}(\epsilon(h))$ 는 PHC 콘크리트의 변형률이 $\epsilon(h)$ 일 때 PHC

콘크리트에 유발된 응력이다. $w_{phc}(h)$ 는 높이 h 에서의 PHC 콘크리트의 폭을 나타낸다. 또한 $\sigma_t(\varepsilon(h))$ 는 긴장재의 변형률이 $\varepsilon(h)$ 일 때 긴장재에 유발된 응력이며, $w_t(h)$ 는 높이 h 에서의 긴장재의 폭이다. 그리고 $\sigma_c(\varepsilon(h))$ 는 내부 충전 콘크리트의 변형률이 $\varepsilon(h)$ 일 때 내부 충전 콘크리트에 유발된 응력이며, $w_c(h)$ 는 높이 h 에서의 내부 충전 콘크리트의 폭이다. 아울러, $\sigma_s(\varepsilon(h))$ 는 보강철근의 변형률이 $\varepsilon(h)$ 일 때 보강철근에 유발된 응력이며, $w_t(h)$ 는 높이 h 에서의 보강철근의 폭이다(단계 S80).

[0035] 상기 [수학식 3]에 의해 계산된 축력의 합력(F)과 초기에 가정한 축력(P)의 오차를 계산하고 상기 오차가 허용 오차 내에 있는지를 판단한다(단계 S90).

[0036] 만일 상기 오차가 허용 오차 내에 있으면 [수학식 4]에 의해 모멘트를 계산하여 축력(P)과 모멘트(M)의 값을 저장한다.

수학식 4

$$M = \int_0^d [\sigma_{phc}(\varepsilon(h)) * w_{phc}(h) * h + \sigma_t(\varepsilon(h)) * w_t(h) * h + \sigma_c(\varepsilon(h)) * w_c(h) * h + \sigma_s(\varepsilon(h)) * w_s(h) * h] dh$$

[0037]

[0038] 오차가 허용 범위보다 크게 되면 중립축을 다시 가정하여 오차가 허용 오차 이내에 들어올 때까지 상기 과정을 반복한다. 이때 계산된 합력(F)이 축력(P)보다 크면 중립축의 거리를 감소시키고, 반대이면 중립축의 거리를 증가시킨다. 여기서, 중립축의 거리($c(j)$)는, PHC 파일 단면의 상단으로부터 중립축까지의 거리를 의미한다. 예를 들면, $c(1)$ 은 PHC 파일 단면의 상단으로부터 최초 중립축까지의 거리를 의미하며, $c(j)$ 은 PHC 파일 단면의 상단으로부터 j 번째 중립축까지의 거리를 의미한다.

[0039] 또한 상기 허용 오차가 작을수록 보다 정확한 값을 구할 수 있고, 이하의 실험예에서는 상기 허용 오차를 0.001로 하여 본 발명에 따른 방법을 구현하고 있다.

[0040] 합력(F)과 축력(P)의 차이가 허용 오차 이내에 들어오기 위한 상기 반복과정에서 최초 중립축을 수정하는 경우, 최초 중립축에서 새로운 중립축까지의 거리에 대응하는 중립축의 변화량 $e(1)$ 는 초기 가정한 중립축의 절반인 $0.5 \times c(1)$ 로 한다. 그리고 계산된 합력(F)이 축력(P)보다 크면 새로운 중립축은 최초 중립축에 변화량 $e(1)$ 를 차감한 것으로 다시 가정하고, 반대이면 $e(1)$ 를 더한 것으로 한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

수학식 5

$$e(1) = 0.5 \times c(1)$$

[0041]

수학식 6

$$F > P; c(2) = c(1) - e(1)$$

[0042]

수학식 7

$$F < P; c(2) = c(1) + e(1)$$

두 번째 중립축의 수정부터는 수렴속도를 증가시키기 위하여 중립축 거리의 변화량 $e(j)$ 를 이전 반복과정에서의 변화량($e(j-1)$)의 절반으로 가정한다. 새로운 중립축을 계산하는 것은 최초 중립축 수정과 동일하다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

수학식 8

$$e(j) = 0.5 \times e(j-1)$$

수학식 9

$$F > P; c(j+1) = c(j) - e(j)$$

수학식 10

$$F < P; c(j+1) = c(j) + e(j)$$

여기서, j 는 2 이상의 양수를 의미한다(단계 S100).

가정한 축력(P)이 최대 축력(P_0)보다 작으면 축력(P)을 증가시켜서 상기 과정을 반복하고, 가정한 축력(P)이 최대 축력(P_0)보다 크면 해석을 종료한다. 즉, [수학식 1]로 계산한 PHC 파일이 저항할 수 있는 최대 축력(P_0)과 가정한 축력(P)이 같아지거나 축력(P)이 커질 때까지 해석을 반복한다. 이때 가정한 축력(P)은 최대 축력(P_0) 범위 내에서 균등한 간격으로 선정되는 것이 바람직하고, 가정한 축력(P)이 많아 축력(P)과 모멘트(M)의 상관값이 많아질수록 보다 정확한 축력-모멘트 상관도가 구해질 수 있다.

그리고, 이상과 같이 초기 긴장량과 내부 충전 콘크리트와 보강철근의 양을 고려하여 계산된 축력-모멘트 상관도 및 보강철근을 제외하고 계산된 축력-모멘트 상관도가 도 5에 도시되어 있다. 이때 내부 보강이 된 PHC 파일의 사시도 및 단면은 도 2 및 도 4의 (a)와 같다(단계 S110).

이하에서는 본 발명에 따른 방법에 대한 구체적인 실시예에 대해 설명한다.

실시예에 사용된 PHC 콘크리트(11)의 외부 반지름은 0.225m이고, 내부 반지름은 0.155m이다. 그리고 긴장재(13)는 단면의 중심으로부터 강봉의 중심이 0.19m 만큼 떨어진 곳에 8개 배치되어 있으며, 긴장재 1개의 면적은 $66.44 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ 이다. 보강철근(17)은 단면의 중심으로부터 0.12m 만큼 떨어진 곳에 위치하며, 보강철근 1개의 면적은 $286.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ 이다. 내부 충전 콘크리트(15)의 면적은 PHC 콘크리트의 내경 면적에 보강철근의 면적을 뺀 것과 같다. 이와 같이 각 재료의 치수, 위치 및 양이 입력된다.

각 재료의 강도 및 탄성계수는 [표 1]과 같다. 이때 긴장재의 초기 긴장량은 긴장재 강도의 70%로서 초기 긴장에 따른 PHC 콘크리트, 긴장재, 내부 충전 콘크리트, 보강철근의 응력과 변형률값은 도 3에 도시된 바와 같고,

상기 각 재료의 응력-변형률 곡선이 각 재료에 대한 물성의 데이터로서 입력된다.

표 1

	PHC 콘크리트	긴장재	내부 충전 콘크리트	보강철근
강도	80MPa	1450MPa	40MPa	400MPa
탄성계수	42.0GPa	200GPa	29.7GPa	200GPa

이와 같은 입력값을 토대로 본 발명에 따른 방법을 구현하고 그 결과가 [표 2]에 기재되어 있다. 이때 [표 2]에 서는 도 5에서 제시된 순수 모멘트만 받는 경우(축력(P)은 0(zero)인 경우)에 내부 충전 콘크리트와 보강철근 4 개로 보강한 PHC 파일과 내부 충전 콘크리트만으로 보강한 PHC 파일의 예측 모멘트와 실험을 통해 구한 모멘트가 서로 대비되고 있다. 실험을 통한 모멘트 산출은 [표 2]의 실험 변수에 따라 각각 3개의 시편을 가지고 수행하 였다.

표 2

실험 변수	예측 모멘트 (MN-m)	실험결과 (MN-m)	실험결과 평균 (MN-m)	상대오차 (%)
PHC 콘크리트 + 내부 충전 콘크리트 + 보강 철근 4개	0.214	0.244	0.226	8.59
		0.219		
		0.215		
PHC 콘크리트 + 내부 충전 콘크리트	0.145	0.155	0.159	5.24
		0.157		
		0.164		

상기 [표 2]에 기재된 바와 같이, PHC 파일과 내부 충전 콘크리트 및 보강철근 4개로 이루어지는 경우 예측 모 멘트는 0.214MN-m이고, 실험결과는 각 시편에서 0.244MN-m, 0.219MN-m 및 0.215MN-m로 측정되어 예측 모멘트와 3개의 시편에 대한 평균인 0.226MN-m를 대비하면, 상대오차가 8.59%를 보였다.

또한 PHC 파일 및 내부 충전 콘크리트만으로 이루어지는 경우 예측 모멘트는 0.145MN-m이고, 실험결과는 각 시 편에서 0.155MN-m, 0.157MN-m 및 0.164MN-m로 측정되어 예측 모멘트와 3개의 시편에 대한 평균인 0.159MN-m를 대비하면, 상대오차가 5.24%를 보였다.

따라서 PHC 파일에서 예측한 모멘트와 실제 구현되는 모멘트 간에는 10% 이내의 상대오차를 보임으로서, 본 발 명에 따른 PHC 파일의 성능에 대한 예측이 상당한 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

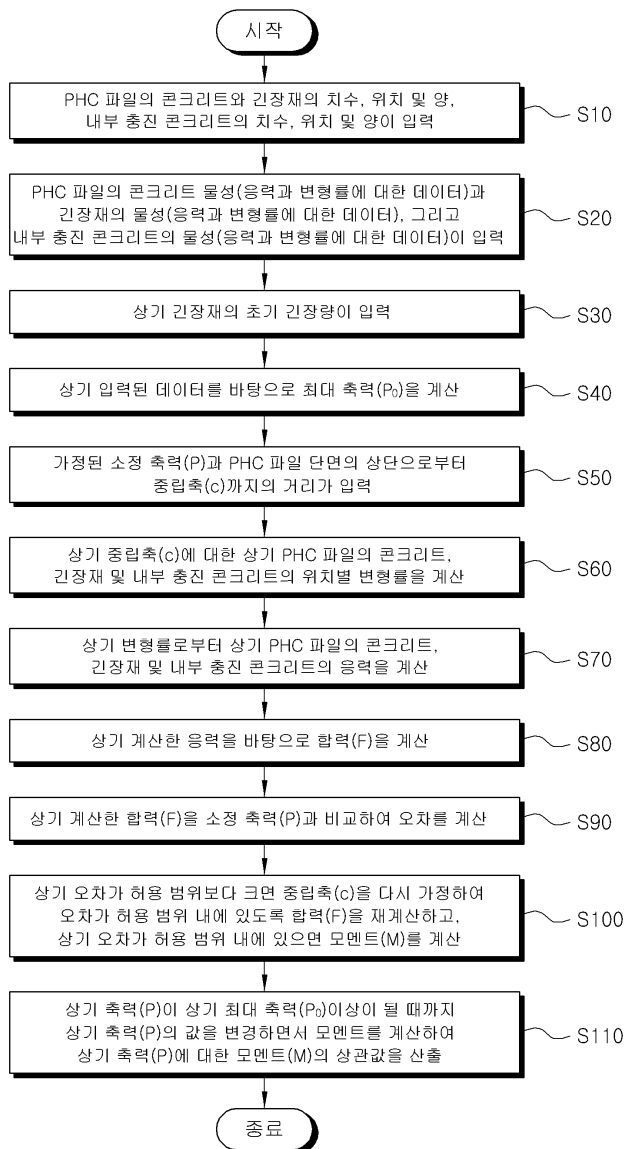
본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분 야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

부호의 설명

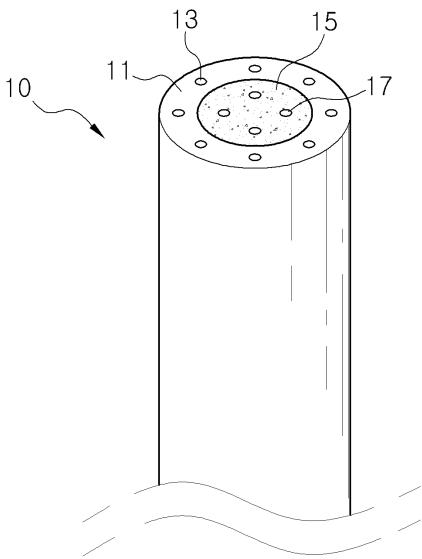
- 10 : PHC 파일
- 11 : PHC 콘크리트
- 13 : 긴장재
- 15 : 내부 충전 콘크리트
- 17 : 보강철근

도면

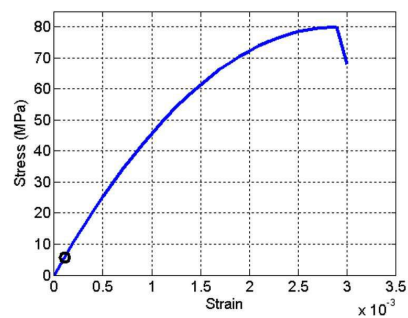
도면1



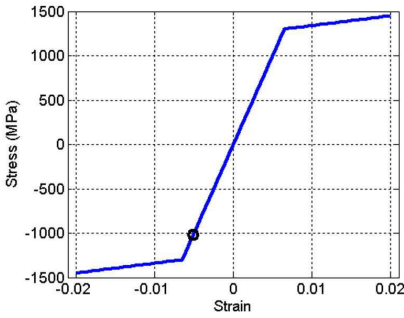
도면2



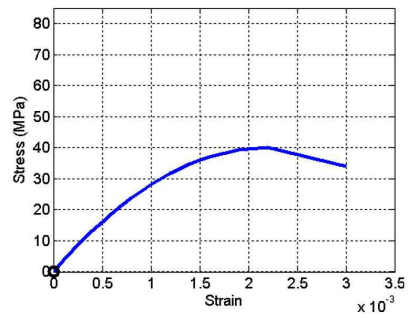
도면3



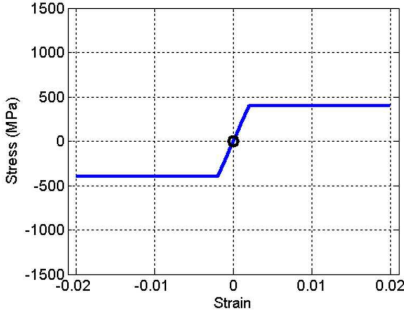
(a)



(b)

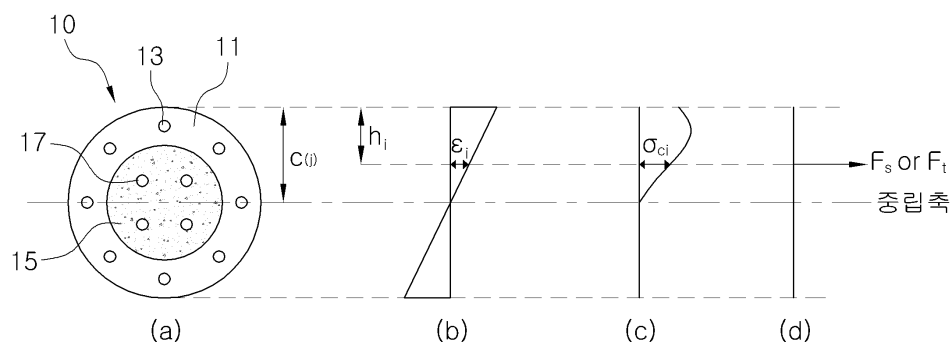


(c)



(d)

도면4



도면5

