

초고층건물의 통합설계시스템에서 사용성 평가기법 개발

Serviceability Evaluation in Integrated Design System for Tall Building

조용수* · 김수환** · 송화철***

Cho, Yong-Soo · Kim, Soo-Hwan · Song, Hwa-Cheol

ABSTRACT

This paper aims to introduce a concept of the integrated structural design for the tall building using STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data). STEP(ISO 10303) is an international standard for the computer-interpretable representation and exchange of product data and it provides a consistent data exchange format and application interfaces between different application systems.

The structural systems for tall buildings are often controlled by the need to restrict wind responses at serviceability levels. In this study, the STEP entities for serviceability evaluation are proposed.

Keywords: STEP, Serviceability evaluation, Entity, Express-G.

1. 서론

기존의 초고층 건물의 통합설계에 대한 연구는 건설 정보 교환에 대한 공유가 이루어지지 않아, 데이터의 수정 및 보완시 시간이 많이 소비되는 문제점이 나타난다. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 건설정보의 표준화가 이루어진 후 정보의 공유가 이루어져야 한다. 이와 관련된 핵심적인 기술이 국제 표준화 기구인 ISO(International Standard Organization)에서 제정하고 있는 STEP(Standard for the Exchange of Product model Data)기술이다.(STEP연구회, 1997)

국내에서는 AP230을 이용한 데이터 교환에 관한 연구(최현문 등, 2004)와 철골구조에 관한 연구(최인석과 김이두, 2004)가 수행되었으며, STEP을 이용한 부유식 해양건축물의 설계에 관한 연구(송화철, 2000)가 이루어졌다. 하지만 현재 많이 건설되고 있는 초고층 건물의 사용성능에 대한 연구가 미흡하다.

초고층 건물의 설계시에는 구조물의 안전성과 함께 거주자의 사용성능의 중요성이 대두되고 있다. 태풍과 같은 강풍으로 인한 건물의 진동은 건물의 거주자에게 불편감을 주며, 기계의 정렬을 흐트리는 등의 피해를

* 학생회원 · 한국해양대학교 해양공간건축학부 박사과정 E-mail: cys-eng@hanmail.net

** 한국해양대학교 해양공간건축학부 석사과정 E-mail: k5015785@naver.com

*** 정회원 · 한국해양대학교 해양공간건축학부 교수 E-mail: song@mail.hhu.ac.kr

가지고 온다. 건물의 횡변위 조건을 만족하더라도, 사용성의 측면에서 거주성능을 만족하도록 검토해야 한다. 초고층 건물의 풍하중은 풍방향(Along-Wind)에 대한 가속도응답 뿐만 아니라, 풍직각방향(Across-Wind) 가속도응답에 대한 평가도 함께 이루어져야 한다.(송화철, 2003) 통합설계를 위해 풍하중에 대한 사용성 평가를 엔티티로 정의하고 물리적 파일을 생성하여 시스템간의 공유를 원활하게 할 수 있도록 STEP엔티티를 개발하여야 한다.

본 연구에서는 풍방향과 풍직각방향 가속도응답 평가기법이 정립되어 있는 캐나다의 NBCC 1995(Taranath, 2005)를 이용하여 총 높이 240m 규모의 초고층 건물 모델에 대하여 사용성 평가를 하고, 이에 맞는 엔티티를 제안하고자 한다.

2. 웹 기반 통합설계시스템

통합설계시스템은 웹 기반 엔지니어링 D/B, 초고층 STEP규준, 전문가시스템(Expert System)으로 구성된다. 건물 구조설계에 필요한 각 단위 프로세스들(개념설계, 탄성 해석등)의 데이터는 입출력변환 인터페이스를 이용하여 통합화된다. 초고층 건물의 구조설계시에는 비탄성 해석, 기동축소량 해석, 사용성 평가와 같은 단위 프로세스들이 추가된다. 전문가시스템의 중심요소는 지식베이스이며, 웹 기반 엔지니어링 D/B는 프로젝트 D/B와 Case D/B로 구성된다. 단위 프로세스의 설계정보는 Gateway를 통하여 초고층 STEP 파일에 저장되며, 각 단위 프로세스는 Web상에서 사용자인터페이스 및 Blackboard에 의해 관리된다.(송화철과 조용수, 2005) 그림 1은 웹 기반 통합설계시스템을 구현하기 위한 개념도이다.

본 연구에서는 사용성 평가(serviceability evaluation)를 위한 STEP 엔티티를 정의하고자 한다.

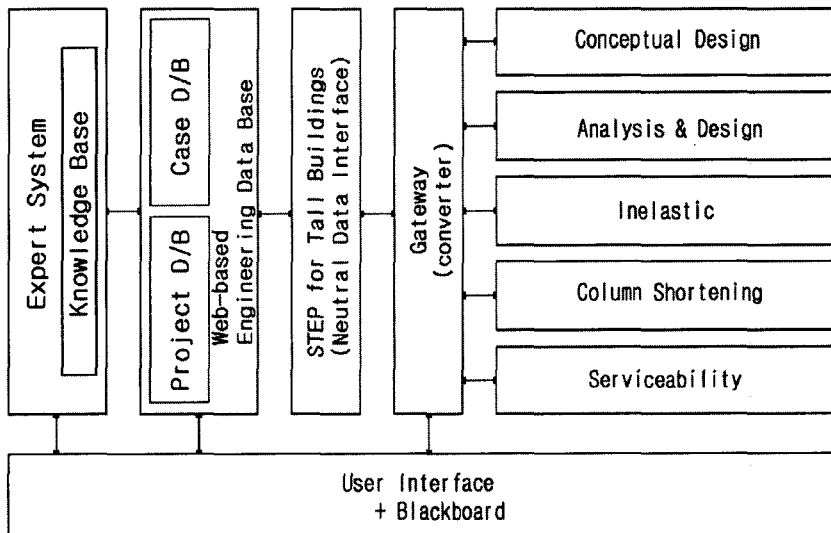


그림 1 웹 기반 통합구조설계시스템 개념도

3. 통합설계시스템을 위한 STEP

3.1 STEP기술의 개요

기존의 정보교환 및 공유는 시스템의 이타적인 수용능력으로 인하여 많은 문제점이 제기되었고, 이에 따라 도면정보가 활용되어왔다. STEP은 임시방편적이고 불안정한 자료 교환 및 공유 표준들(DXF, DWG, IGES등)을 대신하여 이상적인 정보교환 및 공유 표준으로서 정보의 재활용성을 증가시킨 소프트웨어, 하드웨어에 독립적인 표준이다. 또한, 특정 시스템에 종속됨이 없이 제품데이터, 즉 제품의 생산에 관계되는 데이터를 컴퓨터가 인식 가능한 형태로 표현하고 교환하기 위한 국제 표준으로, 그 목적이 제품의 전 생명주기(Life cycle)에 걸쳐서 제품 데이터를 표현할 수 있는 중립적인 메커니즘을 제공하는 것이다.

그림 2는 건설분야에서 이루어지는 분야를 나타낸 것으로 원편의 그림은 현재 건설분야에서 나타나는 공유의 형태를 보여준다. 일반적으로 건설분야는 여러 가지의 시스템이 복합적인 상호작용에 의해서 업무가 이루어지고 있으나 이들의 공유형태는 1:1상호 교환방식에 의해서만 이루어지고 있는 실정이다. 하지만, 오른쪽의 그림과 같이 건설 분야에 대한 표준적인 공유형태를 가진 모델이 있다면 각 분야의 업무간에 효율뿐만 아니라 시간과 경제성을 동시에 높일 수 있는 구조로 개선할 수 있다.

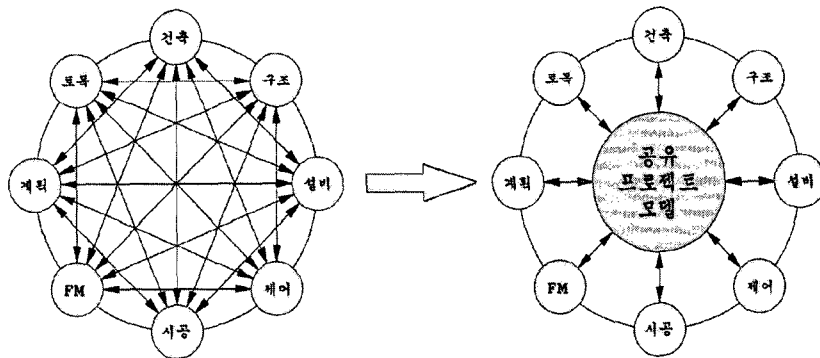


그림 2 STEP (Neutral format)

3.2 STEP 모델링기법

설계프로세스를 분석하고 나서 생성정보를 제품모델로 구축하기 위해서는 ISO-10303 Part 11의 Express 언어를 이용하여 엔티티를 정의하거나 Express-G를 이용하여 다이어그램으로 표현한다. 그 다음 Express언어로 정의된 엔티티들을 ISO-10303 Part 21에서 규정한 문법사항에 따라 물리적 파일로 매핑하여 STEP파일로 생성하게 된다. 여기서 말한 Express언어는 엔티티-속성-관계(Entity-Attribute-Relationship)모델에 기초한 모델링언어로서 STEP에서 개발되는 모든 응용프로토콜은 Express로 표현한다. 그리고 이러한 표현방법을 그래픽으로 표현 것이 Express-G이며, Express의 공식적인 그래픽의 표현방법으로서 사용자간의 의사 전달에 사용된다.

물리적 STEP 파일은 텍스트 형태이며, ISO-10303 Part21 에 정의된 문법사항에 따라 구성된다. STEP 파일은 파일이름, 파일설명 등을 표현하는 'HEADER:' 장(section)과 구조해석과 설계를 위한 모든 데이터가 저장되어 있는 'DATA'장으로 이루어져 있다.

4. 풍가속도응답 평가기법 - NBCC1995

4.1 풍방향 응답(Along-Wind)

풍동실험에 근거하여 정해진 NBCC 1995은 대개변수를 그래프 또는 관련식에 의해 결정하여 풍방향 최대 가속도를 구하게 된다. 풍방향에 대한 최대가속도 산정식은 다음에 따라 계산된다.

$$a_D = g_p \sqrt{\frac{KsF}{C_e \beta_0} \left(\frac{3.9}{2 + \alpha} \right) \left(\frac{C_e q}{D \rho_B} \right)} \quad (1)$$

g_p = 최대계수, K = 조도계수, s = 규모감소계수, F = 가스트 에너지 비, C_e = 노풍도, β_0 = 감쇠정수, α = 고도분포지수, q = 기준속도압, D = 건물층, ρ_B = 평균건물밀도

4.2 풍직각방향 응답(Across-Wind)

풍직각방향 진동은 와류(Vortex shedding)에 의한 것으로, 풍속이 작을 때는 건물측면에서 동시에 바람이 작용하여 풍직각방향 진동이 발행하지 않지만, 고층건물의 상층부와 같이 풍속이 클 때는 바람이 좌우로 순차적으로 작용하여 진동을 유발하게 된다.

풍동실험에 근거하여 정해진 NBCC 1995에 의한 풍직각방향 최대가속도 다음 식에 의해 계산된다.

$$a_w = n_0^2 g_p \sqrt{WD} \left(\frac{a_r}{\rho_B g \sqrt{\beta_0}} \right) \quad (2)$$

$a_r = 78.5 \times 10^{-3} \left[\frac{V_H}{n_0 \sqrt{WD}} \right]^{3.3}$, n_0 = 고유주파수, g_p = 최대계수, W = 건물폭, D = 건물층,

ρ_B = 평균건물밀도, β_0 = 감쇠정수, V_H = 최상층 평균풍속, g = 중력가속도

평균변동율(Average fluctuation rate) $v = n_0 \sqrt{\frac{sF}{sF + \beta_0 B}}$ 를 구하고, 이 값에 따라 하중효과에 따른 최

대계수(Peak factor) g_p 를 그래프 또는 수치적분을 이용하여 구한다.

5. 사용성평가에 대한 STEP 엔티티 정의

4장에서 살펴본 NBCC 1995를 통한 사용성평가를 하기 위해 필요한 요소를 다음의 표 2~표 5에 엔티티로 정의하였다.

SBUILDING_Factor는 건물의 일반적인 사항에 대한 엔티티로써, ALONGWIND_NBCC와 ACROSSWIND_NBCC의 엔티티정의에 대하여 영향을 미친다. SWIND_Factor 엔티티는 건물의 위치에 따른 노풍도와 그에 따른 계수이며, 하위 엔티티의 값을 구하는 조건이 된다. ALONGWIND_NBCC는 풍방향에 대하여 사용성평가를 캐나다의 NBCC1995의 기준을 정의한 것이며, ACROSSWIND_NBCC는 풍직각방향에 대한 사용성평가를 NBCC1995 기준을 엔티티로 정의한 것이다.

표 2에서는 건물에 대한 일반적인 정보인 건물높이, 건물폭, 건물깊이, 고유주파수, 감쇠정수, 평균건물밀도, 설계풍속에 대한 속성이 정의되어 있으며, 표 3에는 풍하중에 대한 노풍도와 고도분포지수, 조도계수가

정의되어 있다. 표 4에는 풍압계수, 규모감소계수, 가스트 에너지 비, 기준속도압, 최대계수, 건물계수번호, 풍하중계수번호가 정의되어 있으며, 표 5에는 최상층 풍속, 최대계수, 건물계수번호가 정의되어 있다.

표 2 엔티티 정의(SBUILDING_Factor)

ENTITY SBUILDING_Factor; H : OPTIONAL REAL; W : OPTIONAL REAL; D : OPTIONAL REAL; n ₀ : OPTIONAL REAL; β ₀ : OPTIONAL REAL; ρ _B : OPTIONAL REAL; V : OPTIONAL REAL; END_ENTITY;	건물높이 건물폭 건물춤 고유주파수 감쇠정수 평균건물밀도 설계풍속
--	---

표 3 엔티티 정의(SWIND_Factor)

ENTITY SWIND_Factor; C _e : STRING; α : OPTIONAL REAL; K : OPTIONAL REAL; END_ENTITY;	노풍도 고도분포지수 조도계수
---	-----------------------

표 4 엔티티 정의(ALONGWIND_NBCC)

ENTITY ALONGWIND_NBCC; C _r : STRING; C : OPTIONAL REAL; s : OPTIONAL REAL; F : OPTIONAL REAL; q : OPTIONAL REAL; g _p : OPTIONAL REAL; SBF : SBUILDING_Factor; SWF : SWIND_Factor; END_ENTITY;	규준 풍압계수 규모감소계수 가스트 에너지 비 기준속도압 최대계수 건물계수번호 풍하중계수번호
--	---

표 5 엔티티 정의(ACROSSWIND_NBCC)

ENTITY ACROSSWIND_NBCC; C _r : STRING; V _H : OPTIONAL REAL; g _p : OPTIONAL REAL; SBF : SBUILDING_Factor; END_ENTITY;	기준 최상층 풍속 최대계수 건물계수번호
---	--------------------------------

위에서 정의 내린 엔티티들을 Express-G로 표현하면 아래의 그림 3와 같다.

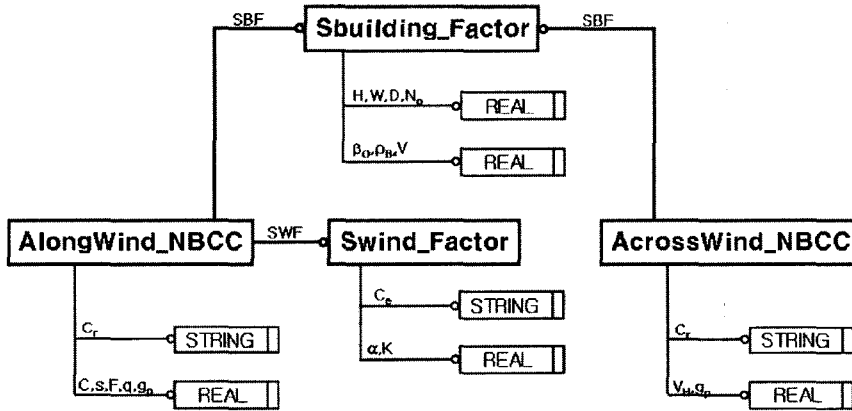


그림 3 Express-G(Serviceability Evaluation)

6. 적용 예제

본 연구에서의 적용 초고층 건물은 최고높이 240m이며, 평면치수는 50m×50m이다. 고유주기는 0.125Hz, 감쇠정수는 0.01, 건물평균밀도는 195kg/m³이며, 노풍도는 B지역, 설계풍속은 26.4m/s이다.(그림 4)

4 장에서 정의한 엔티티를 적용한 물리적 파일은 다음의 표 6과 같다.

'Header'장에서는 파일 명, 물리적 파일의 생성시기와 생성자 등과 같은 물리적 파일의 전반적인 내용이 들어가 있으며, 'Data'장에는 앞에서 정의한 엔티티에 의한 값들이 나타내어진다.

SBUILDING_Factor에서의 값들은 적용예제에서 주어진 건물 높이 240m, 건물폭과 건물축 각각 50m, 고유주파수 0.125Hz, 감쇠정수 0.01, 건물평균밀도 195kg/m³, 설계풍속 26.4m/s의 순서대로 입력되어 있다.

SWIND_Factor의 내용은 적용 예제가 건설되는 위치에 따른 노풍도 B와

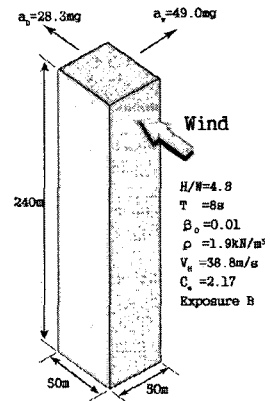


그림 4 Application Model

고도분포지수 0.5, 조도계수 0.1의 값이다.

ALONGWIND_NBCC는 풍방향가속도에 대한 기준인 NBCC 1995와 풍압계수 0.00065, 규모감소계수 0.14, 가스트 에너지비 0.36, 기준속도압 0.453, 최대계수 3.6에 대한 값이며, #1은 SBUILDING_Factor와 연결되는 건물계수번호이며, #2는 SWIND_Factor와 연결되는 풍하중계수번호이다.

ACROSSWIND_NBCC에서는 최상층 풍속 38.8m/s, 최대계수 3.6에 대한 값이다. 또한 #1은 SBUILDING_Factor와 연결되는 건물계수번호이다.

표 6 예제 모델의 물리적 파일(Serviceability Evaluation)

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(($,));
FILE_NAME('Serviceability Evaluation','2006-03-10T4:10:35+9:00',('Yong-Soo'),('Korea Maritime University',Korea),$.$.$.);
FILE_SCHEMA(('Serviceability Evaluation'));
ENDSEC;
DATA;
#1=SBILDING_Factor(240,50,50,0.125,0.01,195,26.4);
#2=SWIND_Factor('B',0.5,0.1);
#3=ALONGWIND_NBCC('NBCC 1995',0.00065,0.14,0.36,0.453,3.6,#1,#2);
#4=ACROSSWIND_NBCC('NBCC 1995',38.8,3.6,#1);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```

7. 결론

초고층 건물과 같은 설계과정이 복잡한 구조물의 설계시에는 설계합리화를 위하여 각 프로세스의 정보가 통합되어야 한다. 이에 대하여 본 연구에서는 STEP을 이용한 초고층 통합구조설계기법의 구축을 위한 사용성평가 부분에 대한 STEP 기술을 제안하였다.

초고층 건물의 사용성평가에 대한 STEP을 정의함으로써 STEP 표준 중립데이터 인터페이스를 이용한 구조설계시 인터페이스 하나만으로도 다른 모든 프로그램과 정보교환을 할 수 있으며, 새로운 응용프로그램을 plug-in 형태로 결합을 하기 때문에 통합이 용이하다.

초고층 건물의 사용성평가를 위해서 풍가속도평가 해석이 필요하며, 풍방향 및 풍직각방향에 대한 응답을 계산하기 위한 건물계수 및 풍하중정보에 대한 엔티티, 그리고 본 연구에서 적용한 캐나다규준(NBCC 1995)에 대한 엔티티를 정의하였다. 예제 건물을 통해서 초고층 건물의 사용성평가기법을 적용하였으며, 적용 예제를 통해서 STEP 엔티티에 대한 적합성을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설 핵심기술연구개발사업(03산C04-01)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- STEP연구회 “제품 모델 정보 교환을 위한 국제 표준 (ISO 10303)”, 성안당, 1997
- 최현문, 천진호, 신동철, 이병해 “STEP을 이용한 범용 시스템간의 데이터 교환에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(구조계), 제20권 제 2호, 2004
- 최인석, 김이두 “구조해석 및 설계에 관한 국제표준모델의 정보운용”, 대한건축학회 논문집(구조계), 제 24 권 제 2호, 2004
- 송화철 “STEP을 이용한 해양건축물의 통합구조설계기반”, 한국형만학회지 제14권 제1호(별책), 2000
- 송화철 “초고층 건물의 풍가속도응답 평가”, 대한건축학회 부산·경남지회 제 10권 제1호, 2003
- BUNGALE S. TARANATH Ph.D.,S.E., “WIND and EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS”, MARCEL DEKKER, 2005
- 송화철, 조용수 “초고층건물의 통합설계시스템에서 개념구조설계법 개발”. 셀·공간구조학회 제 5권 제 3호, 2005