

변수 변경 및 재료적 특성에 따른 철골 구조물의 탄소 배출량 절감 효과 분석

The Effect Analysis of Reducing Carbon Emission by Design Parameter Change and Material Properties

송 창 현*
Song, Chang-Hyun

장 아 름**
Jang, Arum

주 영 규***
Ju, Young K.

Abstract

The study used the whole-life carbon assessment method to conduct a thorough carbon-neutral evaluation of a standard steel structure. To further assess carbon emissions, 11 design-changed models were evaluated, with changes made to the span between beams and columns. The results of the carbon emission assessment showed savings of approximately 13.1% by implementing the stage of the beyond life cycle. Additionally, the evaluation of carbon emissions through design changes revealed a difference of up to 42.2%. These findings confirmed that recycling and structural design changes can significantly reduce carbon emissions by up to 48.6%, making it an effective means of achieving carbon neutrality. It is therefore necessary to apply the stage of beyond life cycle and structural change to reduce carbon emissions.

Keywords : Carbon neutral design, Life cycle based carbon emission assessment, Circular economy

1. 서론

지구 온난화로 인한 다양한 기후 변화 문제가 발생하며 탄소중립에 대한 필요성이 증대하고 있다. 전세계적으로 탄소중립을 실현하기 위해 다양한 전략과 목표가 설정되고 있다. 2015년 제 70차 UN총회를 비롯하여 파리기후변화협약 등과 같은 탄소 배출량을 줄이기 위한 국제단위의 노력이 지속되고 있으며, 이러한 국제사회는 획기적인 탄소 배출량의 감소가 달성되지 않을 경우, 2040년 이전에 평균기온의 상승이 티핑포인트인 1.5 °C를 넘을 것이라 경고하고 있다¹⁾.

건설 분야는 대부분의 국가에서 가장 큰 탄소 배출량을 차지하는 분야이며²⁾ 전체 탄소 배출의 약 39%를 차지하여, 환경에 미치는 영향이 상당히 크고 이로 인해 전세계적으로 구조물의 내재 탄소를 줄이기 위한 연구가 적극적으로 진행되고 있다³⁾.

건설 분야에서의 탄소 배출량 절감에는 여러 방법이 있지만 그 중 구조 분야에서의 탄소 저감 역시 효과적인 방법이다. Foraboschi et al. (2014)은 건축물의 운영 단계를 제외한 전생애주기 탄소 배출량의 75%가 슬래브 구조에서 나온다는 것을 확인하였으며⁴⁾ Trinh. et al.(2021)은 철근 콘크리트 건물의 기둥 간격, 슬래브 두께 및 콘크리트 강도에 따라 달라지는 탄소 배출량에 대해 조사하였다. 연구 결과 더 짧은 슬래브 스패น과 더 얇은 슬래브를 사용함으로써 가장 지속 가능한 구조 설계가 달성된다는 결론을 내렸다⁵⁾. Ferreiro-Cabello et al. (2016)은 서로 다른 기둥 간격을 가진 평면 슬래브의 다양한 설계를 통해 탄소 배출량의 추이를 파악하였다. 그 결과 최소 허용 슬래브 두께에 가까울수록 가장 적은 탄소 배출량이 발생하지만 6m 이상의 경간에서는 더 두꺼운 슬래브 두께를 가질 가능성을 확인하였다⁶⁾. 마찬가지로 Amila. et

* 학생회원, 고려대학교 건축사회환경공학과, 석사과정
School of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, Korea University

** 학생회원, 고려대학교 건축사회환경공학과, 박사수료
School of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, Korea University

*** 교신저자, 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 교수, 공학박사
Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, Korea University
Tel: 02-3290-3329 Fax: 02-3290-5999
E-mail: tallsite@korea.ac.kr

al.(2021, 2022)는 슬래브 두께, 기둥 간격, 콘크리트 슬래브 유형을 변수로 하여 지속가능한 구조설계를 연구하였다. 최소 탄소 배출량이 일반적으로 5~6 m 범위의 기둥 간격에서 발생하며 다양한 설계 변수를 조정하여 재료를 변경하지 않고 구조 시스템의 수정만으로 탄소 배출량을 최대 21~36%까지 줄일 수 있음을 확인하였다^{7) 8)}. 재료를 변경하지 않고 구조적 변경만으로도 상당한 탄소 배출량 절감이 가능하며 지속 가능성을 더욱 향상시키기 위한 연구가 지속되는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 ‘탄소중립 설계지침⁹⁾’의 탄소 배출량 평가 방법을 기반으로 철골 건축물에 있어 보 공간, 기둥 개수 등 건축물의 구조에 따른 탄소 배출량의 평가해 보았고 재활용이 가능한 재료의 특성에 따라 탄소 배출 절감량을 산출하여 탄소중립 평가에 있어 재생단계의 효과를 판단해보았다.

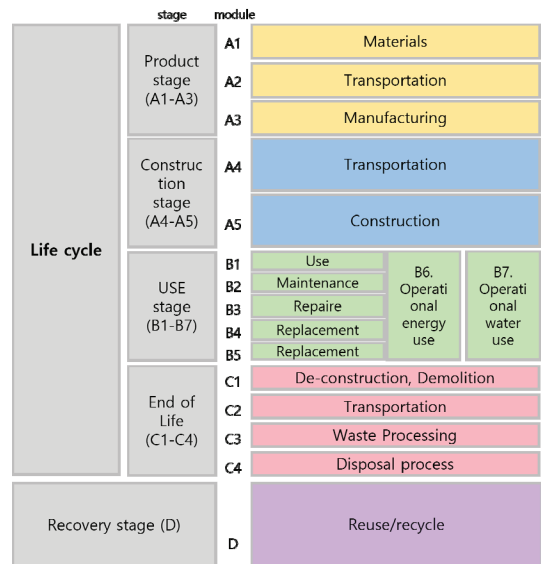
2. 전생애주기에 기반한 탄소 배출량 평가

2.1 전생애주기의 개요

건축물의 전생애주기는 건축물이 시공되기 전 원자재의 채취부터 부재의 생산과 사용되는 동안의 유지 및 보수과정, 그리고 해체되기까지의 모든 과정을 이야기한다. 각각 자재단계, 시공단계, 운영단계, 폐기단계로 나뉘어지며 사용된 자재들의 재활용을 고려하는 재생단계까지 포함된다.

먼저 자재단계인 모듈 A1-A3은 제품 생산을 위한 원료 채취, 가공, 사전 조립과 같은 모든 제조 과정과 자재 운송으로 인한 탄소 배출을 포함한다. 시공단계인 모듈 A4-A5는 자재 및 부재의 운송, 건축물 시공과정에서 발생하는 탄소 배출량을 포함하며, 현장 내 전력 및 연료 소비(A5a)과 현장 폐기물(A5w)에 대한 탄소 배출량이 고려되어야 한다. 운영단계인 모듈 B1-B7은 건물 운영 동안 발생하는 에너지 및 자원 소비로 인한 탄소 배출량을 포함한다. 사용, 유지, 보수, 교체, 리모델링, 운영 에너지 및 용수 사용 등으로 인한 탄소 배출을 의미한다. 폐기단계인 모듈 C1-C4에서는 건축물의 생애주기가 끝난 후 폐기되는 과정에서 발생하는 탄소 배출량을 평가한다. 해체과정(C1), 폐기물 운송(C2), 폐기물 재생과정(C3)과 폐기과정(C4)을 포함한다.

마지막으로 D단계는 재생과정으로 순환경제를 위한 중요한 단계이다. 건축자재들의 특성에 따라 재사용 및 재활용이 가능한 자재로 인한 탄소 배출 절감량을 나타낸다.



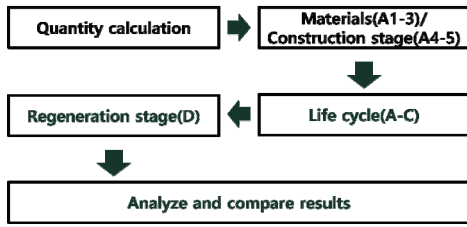
〈Fig. 1〉 Whole Life Cycle of a Building⁷⁾

2.2 전생애주기에 따른 탄소 배출량 평가

먼저 탄소 배출량 평가에 앞서 범위설정은 반드시 우선 진행되어야 하는 과정으로 ‘탄소중립 설계지침’의 규정에 따르면 평가 최소 범위로 건축물의 지상 및 지하 주요 구조부재를 반드시 포함하도록 되어있다. 단계 및 모듈별 최소 평가 범위는 자재단계와 시공단계인 모듈 A1-A5를 최소 평가 범위로 규정한다. 순 탄소 배출량이라고도 부르는 모듈 A1-A5의 탄소 배출량은 건축물의 전생애주기 탄소 배출량 중 가장 큰 부분을 차지하며 동시에 가장 명확하게 산정될 수 있는 단계이므로 최소 평가 범위로 규정되어있다.

탄소 배출량 평가는 현재 단계의 탄소 배출량 최소화뿐만 아니라 미래의 탄소 배출량인 건축물의 해체, 사용된 자재의 재사용 및 재활용 가능성을 모두 고려해 미래의 탄소 배출량을 평가하는 것이 중요하다. 탄소 배출량을 산출한 후 분석하는 과정에서는 순 탄소 배출량인 모듈 A1-A5의 탄소 배출량과 총 탄소 배출량인 A-C단계의 탄소 배출량, 그리고 재사용 및 재활용으로 인한 탄소 배출 절감량인 D단계의 탄소 배출 절감량을 각각 구해 비교하는 것이 탄소 배출량의 최소화에 효과적이다. 이후 표

준화를 진행하여 결과 분석 및 비교의 순서로 이루어진다.



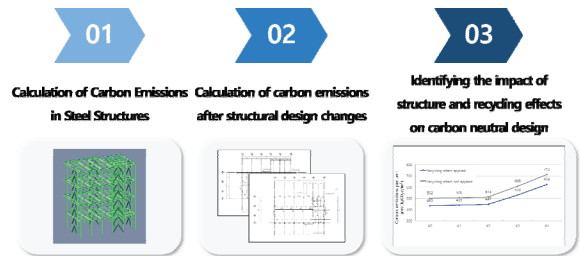
〈Fig. 2〉 Process of Carbon Emissions Assessment

가장 기본적인 건축 물량 산출이 완료되면, 가장 먼저 탄소배출계수를 통해 가장 쉽게 구할 수 있고 건축물의 전생애주기 중 가장 큰 탄소 배출량을 차지하고 있는 자재단계의 탄소 배출량을 산출한다. 다음으로는 모듈 A1-A5의 탄소 배출량인 순 탄소 배출량을 산출한다. 위에서 산출한 모듈 A1-A3의 탄소 배출량에 A4 운송 과 A5 시공단계의 탄소 배출량을 더하여 산출한다. 그 이후 A-C단계에서는 운영단계와 폐기단계의 탄소 배출량을 포함한 건축물의 총 탄소 배출량을 산출한다. 보통 운영 단계와 폐기단계는 순 탄소 배출량에 비해 비중이 낮지만 탄소 배출량을 절감하는데에 충분한 영향을 미칠 수 있으므로 고려하는 것이 적절하다. 마지막으로 건축물의 생애주기가 모두 종료된 후 사용된 자재의 재사용, 재활용 과정에서 발생하는 탄소 배출 절감량인 D단계의 탄소 배출 절감량을 산출한다. D단계는 탄소중립설계에 있어 가장 중요한 순환경제에 직접적인 영향을 끼치는 단계이기 때문에 지속 가능한 설계를 위해서는 반드시 포함되어야 한다. 전생애주기에 기반한 탄소 배출량 산출이 끝나면 효율적인 비교를 위해 결과들의 표준화를 진행한다. 탄소 배출량의 표준화는 각 탄소 배출량을 건축물의 단위면적으로 나누어 단위 면적당 탄소 배출량(kgCO₂/m²)으로 표준화한다.

탄소 배출량 계산은 자재 물량에 해당 탄소배출계수를 곱하여 산출하는 것을 기본 원칙으로 진행한다. 이때 사용되는 탄소배출계수는 환경부의 인증을 받은 환경성적표지(EPD, Environment Product Declaration)¹⁰⁾ 사용을 기본으로 하지만 별도의 EPD값이 없는 경우에는 신뢰성 있는 단체에서 발행한 탄소배출계수의 값을 사용해도 된다. 본 연구에서는 탄소중립 설계지침의 탄소배출계수를 사용하였다.

3. 구조 변경에 따른 탄소 배출량 변동 경향

본 연구는 기준이 되는 철골 건축물에 대한 탄소 배출량 산정을 진행한 후 기준 건축물의 보 경간 변경, 기둥 경간 변경, 보와 기둥 경간 등의 구조 설계를 변경한 후 결과 비교를 통해 구조 설계와 재활용 효과가 탄소 배출량에 미치는 영향력을 파악했다.

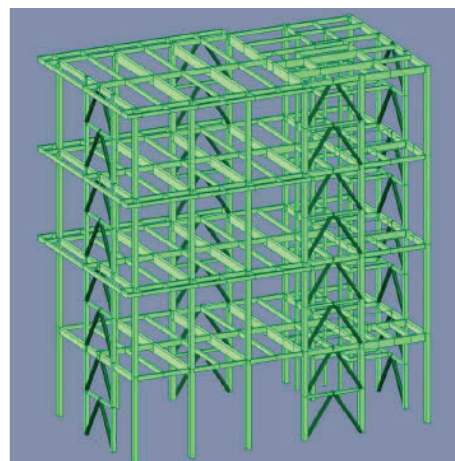


〈Fig. 3〉 Research Overview

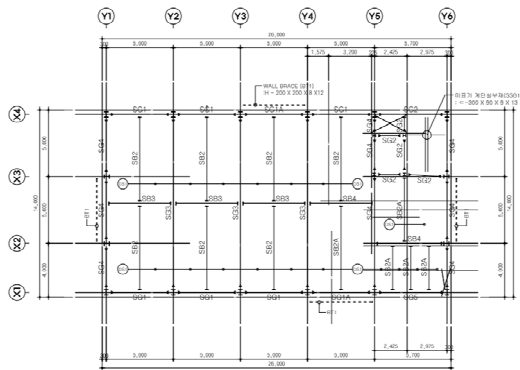
3.1 탄소 배출량 평가 결과

본 연구에서는 구조 부재에 대한 탄소 배출량을 평가하는 것이 목적이므로 평가범위를 지상 및 지하 구조물로 설정하였다. 철골 건축물의 구조 부재 범위 내에서 강재(철근, 형강, 데크 플레이트), 콘크리트를 주요 구조 부재로 설정하였고 강재의 특성을 반영하기 위해 내화피복을 포함하여 탄소 배출량 평가를 진행하였다.

3.1.1 기준 모델(BS250-CS500-ST15)



〈Fig. 4〉 System of Standard Model



〈Fig. 5〉 Floor Plan of Standard Model

기준으로 사용된 철골 구조 건축물은 건축면적 350 m², 연면적 1,400 m², 지상 4층 규모의 근린생활시설 건물이며 〈Fig. 4〉와 〈Fig. 5〉는 기준건물의 구조 모델링 및 평면도이다.

아래의 〈Table 2〉는 기준 모델의 재료 물량 세부 산출 결과이다.

〈Table 2〉 Quantity of Materials for Steel Structure

Materials	Type	Quantity (kg)
Concrete	Concrete (C32/40)	764,750
	steel	208,882
Steel	Rebar	26,345
	Deck plate	18,176
Finishing Materials	Fire protection cover	9,190

〈Table 1〉 Structural Design Changes

		Beam Span (mm)	Column Span (mm)	Slab Depth (mm)
#0	BS250-CS500-ST15	2,500	5,000	150
#1	BS125-CS500-ST15	1,250	5,000	150
#2	BS500-CS500-ST18	5,000	5,000	180
#3	BS750-CS500-ST20	7,500	5,000	200
#4	BS1000-CS500-ST25	10,000	5,000	250

#5	BS250-CS125-ST15	2,500	1,250	150
#6	BS250-CS250-ST15	2,500	2,500	150
#7	BS250-CS750-ST15	2,500	7,500	150
#8	BS250-CS1000-ST15	2,500	10,000	150
#9	BS200-CS400-ST15	2,000	4,000	150
#10	BS300-CS600-ST15	3,000	6,000	150
#11	BS400-CS800-ST18	4,000	8,000	180

설계 변경을 진행한 모델은 기준 건축물을 포함하여 총 12가지이며 자세한 변경 내역 〈Table 1〉과 같다.

기준 모델의 구조 부재를 범위로 탄소 배출량을 산출하였으며 산출된 결과를 순 탄소 배출량, 총 탄소 배출량, 재생단계의 탄소 배출 절감량으로 나누었으며 마지막으로 전생애주기인 A-D단계의 탄소 배출량으로 정리하였다. 결과의 표준화를 위해 단위 면적당 탄소 배출량 또한 정리하였다.

〈Table 3〉 Calculation of Carbon Emissions by Step

Step/Module	Carbon Emissions	
	(tCO _{2e})	(kgCO _{2e} /m ²)
Production	587	439
Transportation	33	25
On-site activities	10	7
Disposal of on-site waste	18	14
Dismantlement	5	3
End of life	19	14
Pure carbon emission	648	484
Total carbon emission	671	502
Recycle stage	-89	-66
Life Cycle	582	436

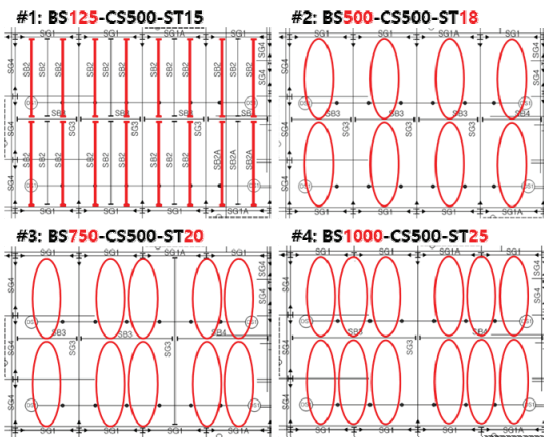
건축물의 순 탄소 배출량이 648 tCO_{2e}, 총 탄소 배출량은 671 tCO_{2e}, 그리고 재생단계의 탄소 배출 절감량은 -9 tCO_{2e}으로 계산되었다. 표준화 결과로는 총 탄소 배

출량이 502 kgCO₂e/m²가 배출되었고 -66 kgCO₂e/m²의 탄소 배출량이 절감되어 436 kgCO₂e/m²의 탄소 배출량이 산정되었다.

재활용 효과의 적용 전, 후 탄소 배출량은 각각 502 kgCO₂e/m², 436kgCO₂e/m²이며 약 13.1%의 절감 효과를 보였다.

3.1.2 보 경간 변경 모델

보 경간 변경 모델의 경우 각각 1.25 m, 5 m, 7.5 m, 10 m로 보의 경간을 변경하였으며 각 모델의 설계 변경 내역은 <Fig. 6>과 같다.



<Fig. 6> Floor Plan of Each Model (Beam Span Change)

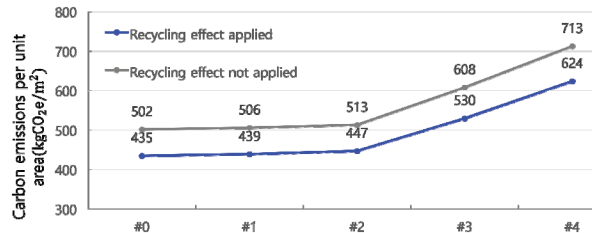
<Table 4> Carbon Emissions Calculation Results of Models (Beam Span Change)

	Carbon emission per unit area	A1	A-C	D	A-D
		A1-A5	A-C	D	A-D
#0	BS250-CS500-ST15	484	502	-66	435
#1	BS125-CS500-ST15	489	506	-67	439
#2	BS500-CS500-ST18	494	513	-66	447
#3	BS750-CS500-ST20	588	608	-78	530
#4	BS1000-CS500-ST25	690	713	-90	624

Units : kgCO₂e/m²

<Table 4>은 보 경간 변경 모델의 탄소 배출량 산출 결과이다. 경간이 넓을수록 슬래브의 두께가 두꺼워지며 탄소 배출량이 늘어나는 것을 확인할 수 있었다. 보의 경

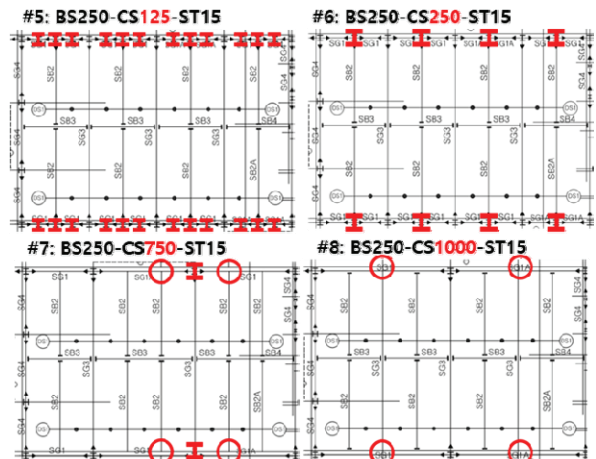
간이 5 m를 초과하면 보 뿐만 아니라 거더와 기둥의 단면 사이즈가 커져 더 큰 탄소 배출량 증가량을 보였다.



<Fig. 7> Carbon Emissions of Models (Beam Span Change)

<Fig. 7>은 보 경간 변경모델의 총 탄소 배출량과 재활용 특성에 의한 절감된 탄소 배출량을 표시한 그래프이다. 기준 모델과 비교하였을 때, 1번 모델은 0.9%의 탄소 배출량이 증가하였고, 2번 모델의 경우 2.2%가 증가하였다. 3번 모델은 기준 모델 대비 21.2% 증가하였는데 이는 보의 경간이 5m를 초과하면서 슬래브의 두께와 기둥의 단면 사이즈가 같이 증가하면서 큰 상승폭을 보인 것으로 판단된다. 또한 4번 모델의 경우 보가 삭제되며 보의 탄소 배출량을 감소했지만 3번 모델과 같은 이유로 기둥과 슬래브의 탄소 배출량이 대폭 늘어나면서 기준 모델 대비 42.2%가 증가하였다. 재활용 효과의 적용 전, 후의 차이는 각각 13.2%, 12.8%, 12.9%, 12.6%의 절감효과를 보였다. 보의 경간이 커지면서 재생단계의 탄소배출계수가 작은 콘크리트의 물량이 늘어나 재활용 효과가 작아지는 것으로 판단된다.

3.1.3 기둥 경간 변경 모델



<Fig. 8> Floor Plan of Each Model (Column Span Change)

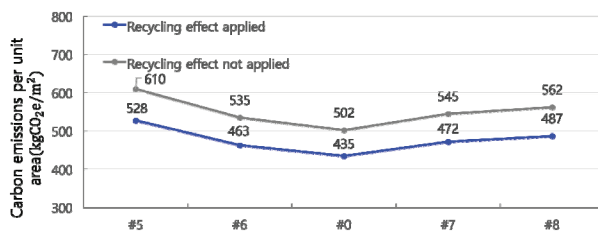
기둥 경간 변경 모델의 경우 각각 1.25 m, 5 m, 7.5 m, 10 m로 기둥의 경간을 변경하였으며 각 모델의 설계 변경 내역은 <Fig. 8>과 같다.

<Table 5> Carbon Emissions Calculation Results of Models (Column Span Change)

Carbon emission per unit area	A1 -A5	A-C	D	A-D
#0 BS250-CS500-ST15	484	502	-66	435
#5 BS250-CS125-ST15	592	610	-82	528
#6 BS250-CS250-ST15	517	535	-71	463
#7 BS250-CS750-ST15	527	545	-73	472
#8 BS250-CS1000-ST15	545	562	-75	487

Units : kgCO₂e/m²

다음은 기둥 경간 변경 모델들에 대하여 탄소 배출량을 산출하였다. 특이사항으로는 기둥 경간이 5 m보다 작은 5번 모델과 6번 모델은 기둥 경간이 증가할수록 탄소 배출량이 감소하였지만 5 m보다 큰 7번 모델과 8번 모델은 기둥 경간이 증가할수록 탄소 배출량이 증가하는 경향을 보였다.



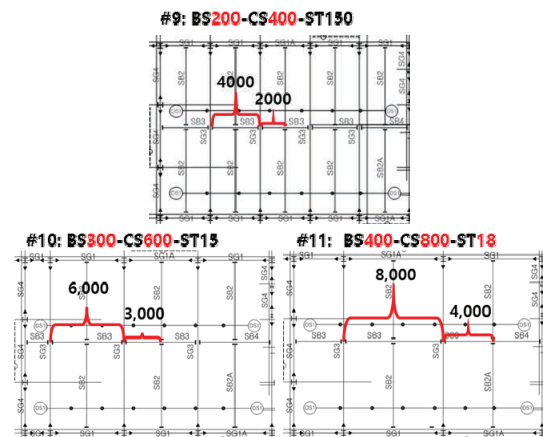
<Fig. 9> Carbon Emissions of Models (Column Span Change)

<Fig. 9>은 기둥 경간 변경모델의 총 탄소 배출량과 재활용 특성에 의한 절감된 탄소 배출량을 표시한 그래프이다. 5번, 6번 모델의 경우 기둥의 개수가 늘어나며 강재의 물량이 증가하였고, 이로 인해 강재 면적이 늘어나며 내화피복 물량이 증가하였다. 5번 모델은 기존 대비 21.6%의 총 탄소 배출량, 6번 모델은 6.6%의 총 탄소 배출량

이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 7번, 8번 모델은 기둥의 개수는 줄어들었으나 부재 사이즈가 크게 증가하면서 기둥의 물량이 오히려 증가하였다. 기둥이 없어지면서 보의 사이즈 또한 증가해 보의 물량도 증가하였다. 이에 따라 강재와 내화피복의 탄소 배출량이 크게 증가하였으며 7번 모델은 기존 대비 8.6%, 8번 모델은 12.1%의 총 탄소 배출량 상승량을 보였다. 해당 결과를 통해 선행연구 분석과 유사하게 기둥 경간이 5m일 때 가장 최적화된 탄소 배출량을 산출됨을 확인하였으며 경간의 변동이 클수록 탄소배출량 증가가 커지는 것을 확인하였다. 재활용 효과의 적용 전, 후의 차이는 각각 13.3%, 13.3%, 13.4%, 13.4%의 절감효과를 보였으므로 약 13.4%의 절감 효과를 보였다. 기둥의 경간 변경은 형강 물량에 영향을 끼쳐 전체 물량 대비 비슷한 비율로 탄소 배출 절감량이 정해져 모델별 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

3.1.4 보, 기둥 경간 변경 모델

보, 기둥 경간 변경 모델은 보 경간, 기둥 경간을 각각 2 m와 4 m인 9번 모델, 3 m와 6 m인 10번 모델, 4 m와 8 m인 11번 모델로 설계 변경을 진행하였으며 각 모델의 자세한 설계 변경 내역은 <Fig. 10>과 같다. 9번 모델의 경우 보와 기둥의 개수는 부재 사이즈가 감소하며 형강의 물량이 대폭 감소하였다. 반대로 10, 11번 모델은 단면이 전체적으로 늘어나며 형강의 물량이 증가하였고 11번 모델은 보의 경간이 늘어남에 따라 슬래브의 두께가 두꺼워지며 콘크리트 물량이 증가하였다.



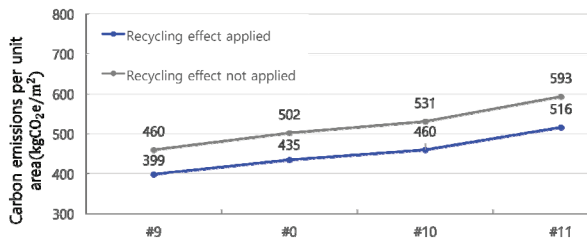
<Fig. 10> Floor Plan of Each Model (Beam & Column Span Change)

〈Table 6〉 Carbon Emissions Calculation Results of Models (Beam & Column Span Change)

Carbon emission per unit area	A1 -A5	A-C	D	A-D
#0 BS250-CS500-ST15	484	502	-66	435
#9 BS200-CS400-ST15	443	460	-60	399
#10 BS300-CS600-ST15	513	531	-71	460
#11 BS400-CS800-ST18	574	593	-77	516

Units : kgCO₂e/m²

다음은 기둥 경간 변경 모델들에 대한 탄소 배출량을 산출하였으며 보와 기둥의 경간을 함께 줄인 9번 모델의 경우 기존 모델 대비 더 적은 탄소 배출량이 산출됨을 확인하였다.



〈Fig. 11〉 Carbon Emissions of Models (Beam & Column Span Change)

〈Fig. 11〉은 보, 기둥 경간 변경모델의 총 탄소 배출량과 재활용 특성에 의한 절감된 탄소 배출량을 표시한 그래프이다. 10번 모델의 경우 기존 건축물에 대비하여 보의 개수는 줄었지만 기둥과 보의 부재 사이즈가 모두 증가하면서 기둥의 물량이 증가하였다. 이에 따라 강재와 내화피복의 탄소 배출량이 증가하면서 기존 대비 4.6% 증가하였다. 탄소 배출 절감량 역시 탄소배출계수가 큰 강재의 양이 늘어나면서 약 6.3% 증가하였다. 11번 모델 역시 보의 개수는 줄어들었지만 구조 부재 사이즈가 모두 증가하면서 형강의 물량이 증가해 강재와 내화피복의 탄소 배출량이 증가하였다. 이는 기존 대비 18.2% 증가한 값이며 탄소 배출 절감량은 약 16.2% 증가하였다. 반대로 보와 기둥 경간을 줄인 9번 모델의 경우 기존 모델 대비 탄소 배출량이 8.4% 감소하였다. 재활용 효과의 적용 전,

후의 차이는 각각 13.1%, 13.3%, 13%로 11번 모델의 경우는 재생단계의 탄소배출계수가 작은 콘크리트의 물량이 늘어나 재활용 효과가 감소한 것으로 판단된다.

4. 결과 분석

본 연구에서는 탄소중립에서 구조 설계와 재활용 효과의 영향을 파악하기 위해 전생애주기에 기반한 탄소 배출량 평가방법을 이용하여 기존 모델과 11개의 설계 변경된 철골 구조 건축물 모델에 대하여 탄소중립평가를 수행하였다. 기존 모델로 설정한 철골 구조 건축물은 502 kgCO₂e/m²의 총 탄소 배출량, 66 kgCO₂e/m²의 탄소 배출 절감량이 산출되었으며, 재활용 효과의 적용으로 약 13.1%의 탄소 절감 효과를 보였다. 보 경간 변경 모델의 경우 보의 경간을 1.25 m, 5 m, 7.5 m, 10 m로 변경하였으며 각각 기존 모델 대비 0.9% 2.2%, 21.2%, 42.2%의 탄소배출량이 증가하였다. 기둥 경간 변경 모델의 경우 기둥의 경간을 1.25 m, 5 m, 7.5 m, 10 m로 변경할 경우 각각 기존 모델 대비 21.6%, 6.6%, 8.6%, 12.1% 증가하였다. 보, 기둥 경간 변경 모델의 경우 보와 기둥의 경간을 (2 m, 4 m), (3 m, 6 m), (4 m, 8 m)로 변경하였으며 각각 기존 모델 대비 17.6% 절감, 4.6%, 18.2%의 탄소배출량이 증가하였다. 설계 변경을 진행한 모델들 중에서는 보와 기둥의 경간을 2 m, 4 m로 변경하였을 때 가장 최적화된 탄소 배출량을 보였으며 구조 설계 변경만으로 최대 24%의 탄소 배출량의 차이를 보일 수 있는 것으로 확인되었다.

재생단계 탄소 배출 저감량은 각 모델들이 67 kgCO₂e/m²에서 75 kgCO₂e/m²의 탄소 배출 저감량을 보였다. 이는 총 탄소 배출량의 최대 13.4%에 달하는 수치로 탄소중립의 달성에 있어 충분히 효과적인 수치라 판단된다.

5. 결론

‘탄소중립 설계지침⁶⁾’의 탄소 배출량 평가 방법을 기반으로 건축물의 설계 구조 변경과 재활용 효과를 통한 탄소 배출량 절감 효과를 판단해보았다. 본 연구를 통해 설계 구조 변경과 재활용 효과를 이용해 최대 48.6%의 탄소 배출량 차이가 발생하는 것을 확인하였으며 해당 방법을 통해 온실가스 감축에 큰 기여를 할 수 있을 것으로

판단된다.

그러나 본 연구에서 사용된 기준 모델의 경우 공간의 크기와 규모가 크지 않아 변경되는 구조 부재의 변수 설정에 있어 제한사항이 있었다. 또한 실제 시공이 이루어진 건물이 아니므로 늘어난 경간에 따른 가설재에 대한 탄소 배출량도 반영되지 않은 제한사항이 존재한다. 따라서 추후 실제 현장의 상황이 반영된 조금 더 큰 공간과 규모를 가진 건축물을 대상으로 설계 변경을 통한 탄소중립설계를 진행하여 비교 평가가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단에 의해 수행되었습니다.
(NRF-2020R1A2C3005687)

References

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
2. Vincent J.L. Gan, C.M. Chan, K.T. Tse, Irene M.C. Lo, Jack C.P. Cheng, A comparative analysis of embodied carbon in high-rise buildings regarding different design parameters, Journal of Cleaner Production, Volume 161, 2017, Pages 663-675. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.156>
3. United Nations Environment Programme (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. The electronic copy of this report can be downloaded at www.globalabc.org
4. Paolo Foraboschi, Mattia Mercanzin, Dario Trabucco, Sustainable structural design of tall buildings based on embodied energy, Energy and Buildings, Volume 68, Part A, 2014, Pages 254-269. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.003>
5. Hoang Tran Mai Kim Trinh, Sanaul-Chowdhury, Jeung-Hwan Doh, TingtingLiu. (2021). Environmental considerations for structural design of flat plate buildings. Journal of Cleaner Production, 315, 128123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128123>
6. Javier Ferreiro-Cabello, Esteban Fraile-Garcia, Eduardo Martinez de Pison Ascacibar, Francisco Javier Martinez de Pison Ascacibar, Minimizing greenhouse gas emissions and costs for structures with flat slabs, Journal of Cleaner Production, Volume 137, 2016, Pages 922-930. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.153>
7. Jayasinghe, A., Orr, J., Ibell, T., Boshoff, W. P. (2021). Comparing the embodied carbon and cost of concrete floor solutions. Journal of Cleaner Production, 324, 129268. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129268>
8. Jayasinghe, A., Orr, J., Hawkins, W., Ibell, T., Boshoff, W. P. (2022). Comparing different strategies of minimising embodied carbon in concrete floors. Journal of Cleaner Production, 345, 131177. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131177>
9. Korean Institute of Architects, Carbon Neutrality Research Committee. (2022). Carbon Neutrality Design Guidelines. Gimundang.
10. Jaehoon Bae.(2021).The need to reduce carbon emissions in response to climate change and the demand for a paradigm shift in the field of structural engineering. MAGAZINE AND JOURNAL OF KOREAN SOCIETY OF STEEL CONSTRUCTION, 33(4), 10-14
11. Korea Environmental Industry & Technology

Institute. (2021). Environmental Performance Label Evaluation Coefficients. [Online] Available at: <http://www.epd.or.kr>

- Received : August 07, 2023
- Revised : August 29, 2023
- Accepted : September 01, 2023