

남북한 도로교 설계트럭하중 분석

Study on Design Vehicle Loads of South and North Korean Highway Bridges

한 의 석 Han, Eui Seok
이 인 근 Lee, In Keun
박 선 규 Park, Sun Kyu

정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사수료 (E-mail: han_hanul@hotmail.com)
정회원 · 서울시립대학교 토목공학과 초빙교수 (E-mail: iklee57@gmail.com)
성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수 (E-mail: skpark@skku.edu)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to analyze different vehicle load effects for a bridge design of South and North Korea in order to prepare a common design specification and to secure the safety of transportation when the highway bridges of South and North Korea use together.

METHODS : Based on the literature review, this study considers vehicle load effects by comparing different characteristics of the standard vehicle and other differences of the bridge design specification between South and North Korea. And structural modeling of three-span continuous PSC Beam Bridge are analyzed and the bridge capacity according different vehicle loads of South and North Korea is evaluated.

RESULTS : The result of this study indicates that the bridge capacity and the design vehicle weight of North Korea are smaller than the bridge capacity and the design vehicle weight of South Korea. Also this study demonstrates that the design vehicle array and other characteristics of North Korea are very different than the design vehicle array and other characteristics of South Korea.

CONCLUSIONS : It is expected that the outcomes of this study can be useful in the set-up of South-North Bridge Specification because similar previous studies are rarely found.

Keywords

design vehicle load, live load, bridge design Load, south-north korean highway bridge

Main Author : Han, Eui Seok
Dept. of Civil and Environmental Eng., Sungkyunkwan University,
2066 Seobu-Ro, Jangan-Gu, Suwon-Si, 440-746, Korea
Tel : +82.31.290.7530 Fax : +82.31.290.7646
email : han_hanul@hotmail.com

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

남북한이 상이한 규범과 이념적 질서체계 하에 분단 국가로 장기화될수록, 사회 인프라시설에 대한 이론적·기술적 차이가 많이 발생한다. 따라서 통일국가로 들어설 경우, 기 건설된 인프라 시설의 공동 사용 시 안전에 대한 문제와 새로운 공동 인프라 건설 시 합리적인 세부 공통기준 작성 등에서 많은 어려움에 직면할 수 있다. 따라서 정치적·이념적 가치관에서 벗어나 상호 통

일국가에서 공동의 발전을 지향하기 위해서는 '남북과 학기술교류협력 사업' 과 같은 기술적 교류가 지속적으로 추진되어야 할 필요가 있다.

비록 최근 경색국면에 놓여 있지만, 언제든 화해의 분위기로 또다시 접어들었을 때와 더 나아가 통일의 시점을 대비하여 관련 연구들이 추진되어야 한다. 특히 육로를 이용한 남북 도로 및 철도 건설사업 등과 같은 주요 인프라 사안은 언제든 신속히 추진될 수 있도록 꾸준한

사전 연구가 필요하다. 사실상 도로건설 부문만 하더라도 1948년 해방이후 남한은 13년이 지난 1961년에 이르러서야 ‘도로법’이 제정되었고, 이후 허용능력 설계법, 강도 설계법 등을 거쳐 최근에 이르러서야 ‘신뢰성에 기초한 한계상태설계법의 도입(2012)’이 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 북한은 분단 이후 지형적 특성과 정권의 방침에 따라 철도 위주의 인프라 건설이 추진되었기 때문에 이보다 더 늦은 1997년에 이르러서야 비로소 도로관리체계의 재정비 및 운수사업 발전을 위해 ‘도로법’이 채택되었고, 최근에 이르러서 자체적인 강도설계법 수준에 이르고 있는 실정이다.

따라서 사회 인프라 건설을 위해 사용하는 설계기준, 관련이론 및 세부적인 여건 등이 서로 다르기 때문에, 남북한이 통일이전이라 할지라도 폭넓고 활발한 교류를 위해서는 상호 통행 시 안전성 확보 문제나, 통일이후 신속하고 합리적인 균형 발전을 도모하기 위해서는 새로운 인프라 신설, 개량 및 확장 등을 대비하여 상호 세심한 사전적인 검토가 이루어져야 할 필요가 있다.

본 연구는 이와 같이 남북이 상이한 질서체계 하에 건설된 도로 인프라, 특히 도로교 기준 중에서 기본적으로 검토되어야 하는 ‘설계 활하중’의 관련규정과 ‘설계트럭’의 제원 및 특성 등을 비교·검토하고, 현재 남북한이 각각 사용하고 있는 기준에 따라 3경간 연속 PSC Beam교에 차량 활하중별 구조검토를 수행하여, 실제 구조물에 미치는 영향을 검토하였다. 이를 통해 각각 상이한 설계기준 하에서 건설된 교량의 등급을 상호 유추할 수 있도록 하였고, 향후 남북한에 건설된 도로교를 공동으로 사용할 경우 통행에 대한 안전성 검토의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 연구 수행과정에서 국내 기준은 많은 문헌을 통해 충분한 자료를 확보할 수 있었으나, 북한의 자료는 여건상 남한의 연구기관과 관계부처의 연구 자료를 토대로 검토하였으며, 2005년부터 추진한 남북과학기술교류협력사업 수행당시 확보한 운수건설총서 다리건설(Kim, Hyunwook 등, 1999) 등의 자료를 근거로 추진하였다.

2. 기존연구 문헌고찰

분단 이후 남북한은 각각 상이한 이념체제를 지속적으로 유지하기 위해 이와 관련된 기초 연구 또는 상호 군사적 연구가 주를 이어오다가, 2000년 6·15 남북 정상회담이후 인적·물적교류가 진행되면서부터 도로 인프라 건설에 대한 공동 연구의 필요성이 제기되었다.

특히 2003~2004년에 국도 1호선과 7호선의 연결공사가 시행되면서 상호 신속한 도로건설을 위해 공통시방서 작성의 필요성이 부각되었다. 이런 과정에서 교육과학기술부 주관의 남북과학기술교류 협력사업이 추진되었으며, 그 중 ‘남북 도로교통건설기술 공통시방서 작성(Kwon, Youngin 등, 2008)’ 연구가 진행되었다.

그러나 남북한이 50여년 분단된 상황에서 도로교통 건설관련 선행 공동연구가 없었기 때문에, 남한의 도로건설기준(도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2006), 도로공사 표준시방서(건설교통부, 2003) 및 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2004) 등에서 제시하고 있는 기본적 항목에 준하여 작성되었다. 따라서 도로를 이루고 있는 구조물별 세부기준에 대한 내용은 제외되었기 때문에 실제 남북한의 차량이 상호 도로를 이용할 경우 안전에 대한 검토를 위해 추가적인 기준 검토가 필요한 상황이다.

특히 도로건설 시 하천, 강, 계곡 등을 횡단하는 도로교의 경우 남북한이 상이한 설계기준, 관리등급, 관리상태, 통행차량의 패턴, 차량의 특성 및 제원 등으로 상호 통행 시 안전에 대한 검토나 판단이 반드시 필요하지만, 북한의 자료 확보가 어려운 관계로 현재 이와 관련된 선행연구 자료는 매우 부족한 실정이다.

3. 남북한 도로교 관련기준

3.1. 도로 관계법령

우선 남북의 도로법을 살펴보면, 일제강점기를 거치며 보행자와 우마차 중심에서 자동차 출현과 더불어 도로의 확폭과 재정비에 대한 필요성이 대두되었다.

특히 해방이후 남한은 일제시대 사용되던 설계기준 등을 대부분 준용해오다가, 1960년대 초 ‘제1차 경제개발 5개년 계획 수립(1962~1966)’ 과정 속에서 미국 등의 기준을 추가 검토하여 도로법을 법률 871호로 제정(1961. 12. 27.) 하였다. 또한 이를 토대로 법령 및 관련 설계기준도 제정 및 개정되어 현재에 이르게 되었다.

이와는 달리 북한의 도로·교통 등의 인프라시설은 최근까지도 일제시기에 건설된 것을 개·보수 하거나 일부 추가 건설한 정도에 지나지 않아, 양적·질적 수준으로 볼 때 1970년대 남한 수준이라 할 수 있다. 따라서 일제강점기 시기에 제정되어 오던 많은 기준을 그대로 차용하거나 다소 추가 도입한 정도에 지나지 않고 있다가, 1990년대 후반에 이르러서야 비로소 도로법을 제정

(1997)하여 문서화 하였고, 운수건설총서 다리건설 등도 발행하였다. 남북법제연구보고서(Kim, Seongwook, 2008)에 따르면 1997년도 북한의 도로법은 도로가 경제활동의 주요 구성요소라고 명기하고 투자를 체계적으로 늘리도록 규정하고 있으나, 이는 선언적 규정으로 실효성이 담보되지 않은 면도 있고 토지 및 도로가 사적 소유로 인정되지 않기 때문에 구체적인 규율 검토에 대한 대상 자체가 아니다.

3.2. 도로교 설계기준

남북의 도로교 설계기준에 대하여 살펴보면 우선 남한은 도로법과 도로법 시행령에 준하여 1965년 제정된 도로구조령 제7조(자동차의 치수 및 하중)을 시작으로 현재는 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에 의거하고 있다. 특히 현재 도로교 설계기준은 2010년 설계기준과 2012년 설계기준(한계상태설계법)이 병용되고 있다.

북한은 도로법(1997)이 늦게 제정된 관계로 그간 도로다리설계기준(1953)에 의거하여 설계해오다가, 1999년 운수건설총서 다리건설 편을 기준으로 삼고 있다. 그러나 1953년부터 1999년까지 변화된 과정을 나타내는 명확한 자료는 확보하지 못하여 추가적인 상황 판단이 어렵다.

3.3. 도로교 등급기준

남한에서는 1962년 ‘강도로교 설계표준시방서’를 시점으로 현재까지 약 50년간 DB-하중을 사용하였으며, DB-하중에 따라 Table 1과 같이 교량의 등급을 규정하였다. 또한 주거거리를 설계하는 경우 DB하중이나 DL하중의 점유폭은 3m로 보고, 원칙적으로 3.6m의 표준차로폭 안에 두도록 되어 있으며, 여러 차로에 활하중 동시재하 시 3차로의 경우 90%, 4차로 이상의 경우 75% 용력을 감소시킨다. 이와 동시에 2012년 1월부터 병용되고 2015년 1월부터 공식적으로 적용되는 ‘도로교설계기준-한계상태설계법(2012)’에 차량하중은 점유폭과 표준차로폭은 같으나 표준트럭하중이 KL-510으로 바뀌었고 재하 차로수에 의한 다차로 재하계수를 적용한다.

Table 1. Bridge Classification and Standard Vehicle Load of South Korea

Bridge Classification	DB Load	KL Load
1	DB - 24	KL-510
2	DB - 18	KL-510×0.75
3	DB - 13.5	KL-510×0.75×0.75

북한은 운수건설총서 다리건설에 따르면 차도의 너비는 도로의 등급에 따라 정하고 있으며, 도로의 등급은 1~6등급으로 구분하고 있다. Table 2는 북한의 도로 급수에 따른 차선평과 도로다리 등급에 대한 내용이며, 교량등급별 설계활하중에 대하여 운수건설총서의 도로다리 세부사항에 준하여 구분하였다.

Table 2. Road, Bridge and Vehicle Load Classification of North Korea

Road Classification	Lane Width (m)		Bridge Classification	Vehicle Load Classification
	Lane Width	No. of Lane		
1	3.75	2 and over	I	Truck Luggage Load-30 Special Luggage Load-80
2	3.5	2		
3	3.5	2		
4	2.75	2	II	Truck Luggage Load-22 Special Luggage Load-60
5	2.5	1 and over		
6	2.5	1		

또한 북한의 도로건설 우선순위는 인민경제적 의의가 큰 도로부터 집중적으로 건설하게 되어 있으며(도로법 제9조) 각 도시도로는 해당 도, 직할시설계 사업에서 설계하고 국도는 국토성 산하 국토설계사업소에서 시행한다. 교량의 시공은 도시건설총국 산하 교량건설사업소에서 추진하는 것으로 알려져 있다.

4. 남북한 도로교 표준트럭하중 비교

4.1. 표준트럭하중

일반적으로 도로교 설계 시 고려되는 다수의 하중 중에서 활하중은 매우 중요한 부분이며, 실제 교량을 통과하는 다양한 종류의 차종을 고려하여 안전한 상부구조가 설계되도록 해야 한다. 이를 위해 미국과 일본, 유럽 등에서는 국가별 주행 및 차량 특성에 적합한 하중모형과 설계표준트럭이 제시되어 있다. 남한은 현재 ‘도로교 설계기준(2010, 2012)’에서 포함되어 있으며, 북한도 ‘운수건설총서 다리건설(1999)’ 편에 수록되어 있다. 특히 Table 3에서와 같이 남한은 2010년도 도로교 설계기준의 DB하중과, 2012년부터 사용되는 KL-510 하중이 병용된 후 2015년부터 변경되는 과정에 있다.

Table 3. Summary of Design Vehicle Load Changes in South and North Korea

South Korea		North Korea	
~ 1962	D-Load (two axle truck)	~ 1999. 12	Design Code of Road Bridges (1926) - Vehicle Load : Class.1(120kN), Class.2(80kN), Class.3(60kN), Design Standard Code of Steel Road Bridges (1936) - Vehicle Load : Class.1(130kN), Class.2(90kN)
1962. 05	D-18 / 13.5 / 9 (two axle truck) DB-18 / 13.5 (semi-trailer : the first mention)		
1977. 12	D-Load (deleted from the specification) D-24 / 18 / 13.5 (only semi-trailer: D-24 : the first mention)	1999.12	Truck Luggage Load-30 / 22 / 15 (two axle truck) - Standard and Special Luggage Loads
2012. 01	KL-510 (four axle semi-trailer : the first mention) use KL-510 with DB-Load (~ 2014.12), 2015. 01~ : only KL-510		

4.2. 해방이전의 트럭하중

일제강점기부터 해방 초까지는 Table 4에서와 같이, 남북한이 모두 당시의 강도로교설계표준시방서(1939)에서 제시하는 2축 트럭하중을 도로교의 설계기준차량으로 사용하였다. 북한에서는 이와 별도로 도로다리설계규정(1926)에서 제시하는 설계차량도 있으나, 총중량이 약간 증가한 것 이외에는 차량의 특성이 매우 유사하다. 설계차량의 하중재하 방법은 도로다리설계규정(1926)에서 자동차 하중 재하 시 종방향으로 1대, 횡방향으로 4대까지 재하하고 로라 하중은 한 개 교량에서 1대만 싣고 별도로 다른 이동하중은 재하하지 않는 방안을 사용하였다. 또한 강도로교설계표준시방서(1939)에서는 종방향으로 1대, 횡방향으로 제한없이 하중을 재하한 후 최대응력이 발생하는 조건을 사용하였다.

Table 4. Summary of Design Vehicle Loads Before 1960
(Unit : kN)

Road Classification	Design Code of Road Bridges (1926)			Design Standard Code of Steel Road Bridges (1936)		
	Road	Vehicle	Roller	Road	Vehicle	Roller
1	Urban Road	120	140	Wide Urban Road, National Highway	130	170
2	National Highway	80	110	Local State Road, Narrow Urban Road	90	140
3	Local State Road	60	80	-	-	-

4.3. 남한의 트럭하중

해방이후 남한에서는 일제강점기 때 사용하던 2축 트럭하중(D-하중)을 도로교 설계기준차량으로 사용해 오

다가 1962년 ‘강도로교설계표준시방서’ 제정을 통해 DB-하중과 병용하기 시작했다. 일반적으로 D-하중은 도로교 설계 시 구조해석상 사용이 가능했지만, 도로교 이외의 도로 구조물과 도로선형 및 곡선구간 그리고 Table 5와 같이 도로등급 및 제원 등을 구분할 수 있는 일반적인 도로설계 차량으로는 한계가 있었다. 따라서 Table 6과 같이 1962년부터 3축 DB-하중이 병용되었고 1977년부터 2011년까지는 DB-하중이 단독으로 사용되었다.

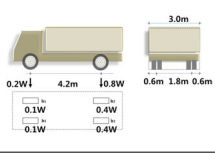
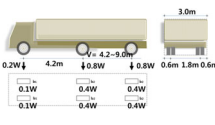
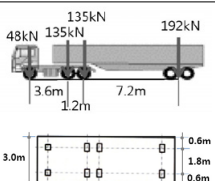
Table 5. Design Standard Vehicles according to the Road Classification

Road Classification	Design Standard Vehicles
Highway, Arterial Highway	Semi-Trailer
Local Distribution Road, Gathering and Distribution Road	Semi-Trailer or Full-Size Car
Local Roads	Full-Size Car or Small-Size (Passenger) Car

DB-하중(Highway Semi-trailer의 표현인 Doro Ban-truck, 도로 반트럭)은 미국에서 차량의 중형화로 인해 ‘AASHTO(1945)’ 상에서 구분한 2축 H-하중(H-15-44, H-20-44; Highway load)과 3축 HS-하중(HS-15-44, HS20-44; Highway Semi-trailer) 중 HS-하중의 트럭방식을 활용한 설계표준트럭 하중이다. 남한에서 적용한 최초의 DB-하중은 DB-18과 DB-13.5였다. 1977년 도로교설계기준 개정 시 과적차량 문제와 제작차량의 중·대형화 추세로 교량 통행안전 등에 대한 문제를 감안하여 DB-18과 DB-13.5(DB-18 × 3/4) 차이만큼 상향된 DB-24(DB-18 × 4/3)를 도입하였다.

그러나 이 또한 현재의 차량과 교통패턴, 교량의 장대

Table 6. Summary of Bridge Design Vehicles in South Korea

Kind of Design Standard Vehicles				Characteristics of Design Standard Vehicles						Breadth of a Truck				
				Load Class.	Total Weight (kN)	Front wheel Weight(kN)	Middle wheel Weight(kN)	Rear wheel Weight (kN)	Wheel Base (m)					
	two axle	~ 1977. 12	D-18	180	36	-	144	4.2			0.6	1.8	0.6	
			D-13.5	135	27	-	108							
			D-9	90	18	-	72							
	three axle	1962. 12 (1977.12, only use) ~	DB-24	432	48	192	192	4.2 ~ 9.0			0.6	1.8	0.6	
			DB-18	324	36	144	144							
			DB-13.5	243	27	108	108							
	four axle	2012. 01 (2015.01, only use) ~	KL-510	510	48	135	135	192	3.6	1.2	7.6	0.6	1.8	0.6
			Live Load Effect of the Bridge Class. 2 = KL-510×0.75 Live Load Effect of the Bridge Class. 3 = KL-510×0.75×0.75 (here, KL-510 : Live Load of the Bridge Class. 1)											

(1 tonf ≅ 10kN)

화 추세 등의 현재 여건을 충분히 반영하지 못하고 있어서, 1990년대 초부터 국내 실정에 맞는 활하중 모델에 대한 연구가 추진되었다. 그 동안 ‘도로포장설계지침서 작성 및 자동차 축하중 조사연구(Park, Deakweon 등, 1988)’, ‘도로교 차량하중 및 통행특성에 관한 연구(Kim, Sanghyo, Park, H., 1992)’, ‘도로상을 통행하는 트럭의 형상 및 중량특성(Jeong, Cheolheon, 1995)’ 과 활하중 모형에 대한 교량설계핵심기술연구단의 연구사례 등을 통해 국내 실정에 적합한 활하중 모델이 꾸준히 제시되었다.

또한 한국도로교통협회의 ‘도로교 설계기준 개정강좌-제3장 하중(2010)’ 편에 따르면 여러 모형이 제안되고 있었다. 그 중 KL-510이 현장여건과 근접하고 기존 하중모형과 유사하여 연속성이 높았기 때문에, 2012년 1월 제정 고시된 ‘도로교설계기준 별권 한계상태설계법’에서 표준트럭하중으로 채택되었다. 이에 따라 2014년 12월까지의 현재 DB-하중과 새롭게 제시된 KL-510하중이 병용되다가 2015년부터는 KL-510하중만을 사용하는 것으로 하였다. KL-510 활하중은 Table 6에서와 같이 5축 트럭하중 중에서 최종 후륜 2축을 1축으로 통합하여 최종 4축 하중으로 하고 축간 총 길이는 12m 고정이며, 차폭은 기존 트럭과 같은 3m를 점유하는 것으로 하였다. DB-하중과 KL-하중 모두 종방향으로 차로당 1대를 원칙으로 하고 횡방향으로는 재하 가능한 대수를 설치하되 설계부재에 최대응력이 발생하도록 재하한다. 이 때, Table 7과 같이 여러 차로

재하에 따른 활하중 감소계수를 적용한다.

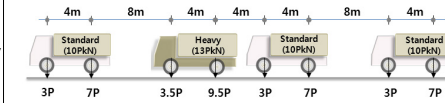
Table 7. Live Load Reduction Factor of Multi Lane

No. of Lane	Reduction Factor of DB Live Load	Reduction Factor of KL-510 Live Load
1	1.0	1.0
2		0.9
3	0.9	0.8
4	0.75	0.7
5 and over		0.65

4.4. 북한의 트럭하중

북한은 전후 1953년부터 도로다리의 설계를 위한 표준이동하중으로 Table 8과 같이 자동차짐-13, 10, 8과 무한궤도짐-60, 30 등으로 구분하여 사용하였다. 특이

Table 8. Array of Bridge Design Vehicles in North Korea(1953)

Truck Array								
	Wheel Weight (kN)							
Load Class.	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear
Truck Luggage Load-13	39	91	45.5	123.5	39	91	39	91
Truck Luggage Load-10	30	70	35	95	30	70	30	70
Truck Luggage Load-8	24	56	28	75	24	56	24	56

한 점은 일제강점기에 사용하던 자동차 하중 재하방식인 중방향 1대 재하와는 달리 기차하중 배열을 적용한 자동차 대열하중을 채택하였는데, 이것은 Fig. 1과 같이 미국의 'AASHTO(1931) Standard Specifications 1st Edition'의 하중방식과 이를 기초한 일본의 T-하중(Fig. 2)에 근거한 것으로 판단된다. 그러나 세부적으로 설계표준트럭의 중량과 차간거리를 살펴보면 북한의 표준차 하중 130kN과 중량차 169kN은 미국과 일본의 150kN과 200kN보다 다소 가벼운 것으로 나타났으며, 중량차와 표준차의 대열간격 부분에서도 변칙적으로 4m인 점에서 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

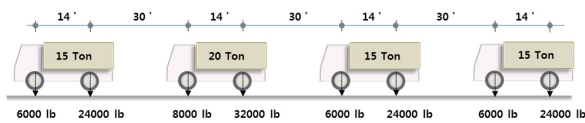


Fig. 1 H-20-35 Truck Train (AASHTO)

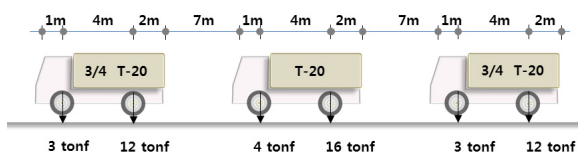


Fig. 2 T-20 Truck (Japan)

Table 9와 같이 Kim, Hyunwook 등(1999)에 따르면 차량이 점차 중형화, 대형화되는 추세에 맞춰 자동차대열하중의 중량이 자동차집-30, 22, 15로 상향하였고, 특수차량하중은 중량견인차를 반영하는 특수집-80과 무한궤도차를 반영하는 특수집-60으로 조정되

었다. 그러나 1953부터 1999년까지 설계표준트럭 중량이 변화되는 과정에 대해서는 객관적인 자료를 확보할 수 없었기 때문에 설계표준트럭 중량의 상향 시기는 명확히 판단할 수 없었다. 일반적으로 북한에서 사용하고 있는 자동차대열하중은 표준차 여러 대와 중량차 1대로 조합되어 있으며 Table 10과 같이 세부 기준하중도식으로 표현된다. 표준 차로폭은 2.8m이며 다차로인 경우 3차로 이상일 때 0.85, 4차로 이상일 때 0.75의 결수(감소계수)를 고려한다. 또한 특수차량하중은 한 경간에 한 대만 고려하고 자동차하중 또는 군중하중과 동시에 고려하지 않으며, 상판을 비롯하여 국부적

Table 10. Truck Array of Design Vehicle Loads in North Korea(1999)

Load Class.	Truck Array	Bridge Class.
Truck Luggage Load-30		Bridge Class. I
Truck Luggage Load-22		Bridge Class. II
Truck Luggage Load-15		Bridge Class. II and below
Special Luggage Load-80		Heavy tow truck, Bridge Class. I
Special Luggage Load-60		Caterpillar tractor, Bridge Class. I

Table 9. Summary of Bridge Design Vehicles in North Korea (1999)

Kind of Design Vehicles	Characteristics of Design Vehicles							Breadth of a Truck					
	Load Class.	Vehicle	Total Weight (kN)	Front wheel Weight (kN)	Middle wheel Weight (kN)	Rear wheel Weight (kN)	Wheel Base (m)						
	Heavy Truck (three axle) & Standard Truck (two axle)	1999. 12 (only use) ~	Truck Luggage Load-30	Heavy Truck	300	60	120	120	6	1.6	0.5	1.8	0.5
			Standard Truck	220	60	-	160	6					
			Truck Luggage Load-22	Heavy Truck	220	40	90	90	6	1.6			
			Standard Truck	160	40	-	120	6					
			Truck Luggage Load-15	Heavy Truck	150	30	60	60	6	1.6			
			Standard Truck	110	30	-	80	6					

요소를 계산할 경우 자동차하중과 특수차량하중 가운데 큰 바퀴하중에 대하여 계산한다. 기타 세부적인 사항들이 있으나 본 연구에서는 자동차대열하중에 국한하여 검토하였다.

4.5. 남북한 표준트럭하중 특성비교

Table 11에서와 같이 현재 남북한이 사용하는 표준트럭의 중량을 살펴보면 1등급인 DB-24와 KL-510은 각각 432kN, 510kN이고 자동차집-30의 표준차는 220kN, 중량차는 300kN이다. 따라서 중량만으로 비교할 경우 북한의 1등급 자동차집-30의 표준차는 남한의 3등급(243kN), 중량차는 남한의 2등급(324kN)보다 다소 가볍다. 그러나 남한의 DB-하중, KL-하중과 북한의 대열하중은 종방향 재하방법이 근본적으로 다르기 때문에 교량형식, 차로수, 지간길이 및 지점상태 등에 따라서 다양한 결과가 나타날 수 있다.

Table 11. Live Loads according to the Bridge Classification

Bridge Class.	South Korea		North Korea	
	DB-Load (1977)	KL-510 (2012)	Truck Luggage Load (1999) Heavy	Standard
I	Load	DB-24	KL-510	Truck Luggage Load-30
	Total Weight (kN)	432	510	300 220
II	Load	DB-18	Live Load Effect (KL-510 × 0.75)	Truck Luggage Load-22
	Total Weight (kN)	324		220 160
III	Load	DB-13.5	Live Load Effect (KL-510 × 0.75 × 0.75)	-
	Total Weight (kN)	243		
Longitudinal Load	One Vehicle of each Lane		Truck Array	

5. 남북 트럭하중에 따른 활하중 영향 비교분석

5.1. 남북 설계표준트럭 활하중 영향비교

교량의 설계는 설계조건과 세부기준에 따라 다양한 결과가 나타날 수 있으나 본 연구에서는 남북한의 표준트럭 활하중 차이에 따라 발생하는 영향만을 비교하였다. 북한에서 일반적으로 사용하고 있는 교량형식과 설계제원 등을 고려하여 수행하면 바람직하겠으나 실제 북한에서 건설된 도로교의 상세 설계정보를 확보할 수 없었기 때문에 남한에서 보편적으로 사용하고 있는

PSC Beam 1등급의 사례를 통해 비교하였다. 검토된 설계표준트럭 하중으로는 DB-24 및 DB-18(1977), KL-510(2012) 그리고 자동차집-30 하중(1999)으로 각각 설계기준이 제시한 재하방법에 따라 재하하였고 그 밖의 세부 조건은 Table 12와 같다.

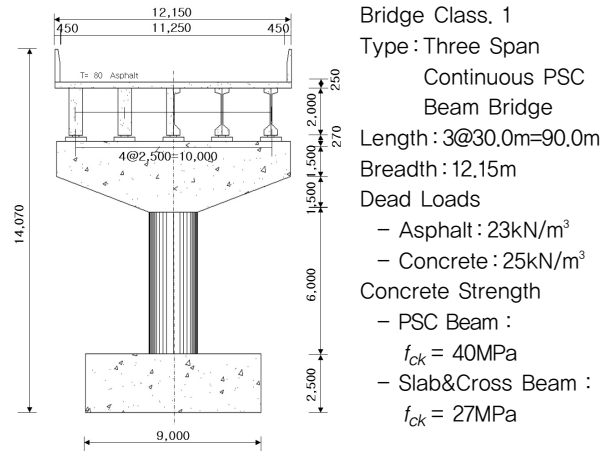


Fig. 3 Bridge Dimensions and Analysis Conditions

Table 12. Characteristic Values according to the Load Classification

Load Class.	One Vehicle		Impact Coefficient	Reduction Factor of Multi Lane	
	Total Weight (kN)	Weight Ratio(%)		Lane 1~2	Lane 3
DB-24	432	100	0.214	Lane 1~2	1.0
				Lane 3	0.9
				Lane 4	0.75
KL-510	510	118.1	0.25	Lane 1	1.0
				Lane 2	0.9
				Lane 3	0.8
Truck Luggage Load-30	300 (Heavy)	69.4	0.3	Lane 1	1.0
	220 (Standard)	50.9		Lane 2	1.0
	Lane 3	0.85			
DB-18	324	75	0.214	Lane 1	1.0
				Lane 2	0.9
				Lane 3	0.75

5.2. 해석결과

3경간 연속 PSC Beam교(3@30=90m)에 대하여, Fig. 4와 같이 상용프로그램 마이더스(Civil Ver. 2012)를 사용하여 구조 모델링한 후 해석하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 각각 차량활하중별 최대정·부모멘트를 나타내고 있으며, 모든 하중 중에서 최대정·부모멘트값은 DB-24 하중에서 나타났다. 또한 한계상태설계법에 기초한 KL-510 차량활하중은 DB-24 차량활하중과 비

교하여 최대 정모멘트는 약 1.2%, 최대 부모멘트는 약 18.5% 작은값을 나타냈다.

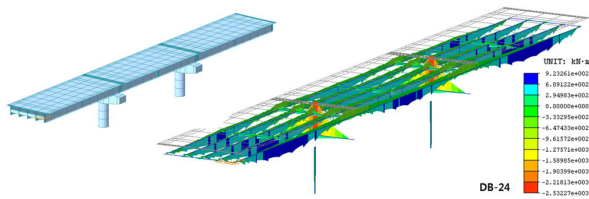


Fig. 4 Structural Modeling and Analysis Results

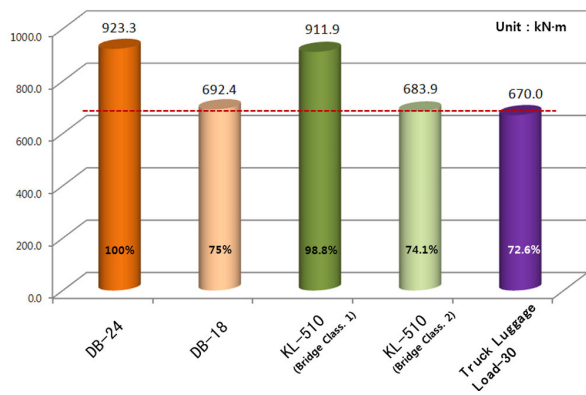


Fig. 5 Positive Bending Moments according to Live Loads

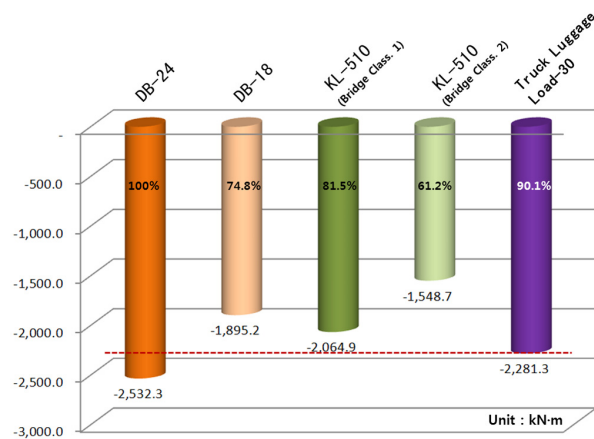


Fig. 6 Negative Bending Moments according to Live Loads

북한의 1등교 설계표준트럭 하중인 자동차짐-30 대열하중은 DB-24 차량활하중과 비교하여 최대정모멘트는 약 17.4%, 최대 부모멘트는 약 9.9% 작은값을 나타내었다. 결국 자동차짐-30을 재하한 경우 최대정모멘트는 670kN·m로 남한의 DB-18(692.4kN·m)과 KL-510 2등교(683.9kN·m)의 값과 유사하였다. 최대부모멘트의 경우에는 -2281.3kN·m로 남한의 DB-24(-2532.3kN·m)와 KL-510(-2064.9kN·m)의 중간값 수준으로 분석되었다.

또한, Fig. 7과 같이 차량활하중별 최대전단력과 표준트럭 중량과의 상대적 비율을 검토하였다. 최대전단력값은 최대정·부모멘트의 경우와 같이 DB-24에서 319.5kN으로 가장 높게 나타났으며 KL-510(318.4kN)과 자동차짐-30(293kN) 순으로 각각 DB-24의 99.8%, 91.8%로 나타났다. 최대전단력과 각각 표준트럭 중량의 상대적 비율을 검토한 결과 표준트럭의 총중량, 축간거리 및 종방향 하중재하 방법 등의 차이로 DB-24와 KL-510의 최대전단력은 각각 해당 표준트럭 중량의 74%, 62.4% 수준이었다. 북한의 대열하중 자동차짐-30은 중량차(300kN)의 97.7%, 표준차(220kN)의 133.2% 수준으로 분석되었다.

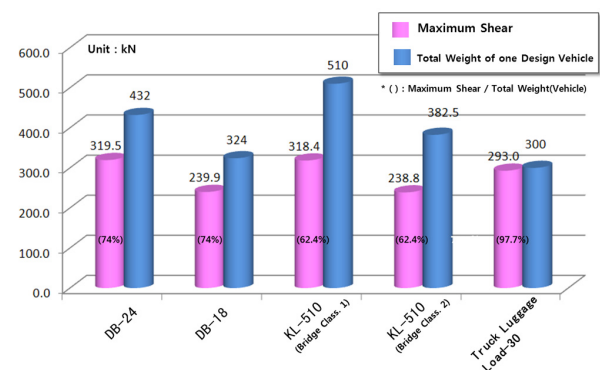


Fig. 7 Maximum Shears according to Live Loads

이를 종합하여 전체적으로 보면 남한의 횡방향 차량재하 방법에 비해 북한의 대열하중이 횡방향 재하 차량수에서 다소 증가할 수 있으나, 기준하도식에 제시하는 축간거리와 대열차량간의 이격거리 12m를 고려하면 실제 30m 이하의 경간으로 구성된 교량에서는 경간당 1대 수준으로 재하됨을 알 수 있었다. 따라서 본 대상교량과 같이 30m 경간의 교량을 해석하면 전체적으로 대열하중 재하방식 보다는 표준트럭의 중량이 교량의 정모멘트 구간에서 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실제 북한의 1등교 자동차짐-30 중량(300kN)의 경우 남한의 DB-18(324kN) 2등교 차량하중과 총중량이 유사하기 때문에 최대정모멘트 구간에서의 값이 서로 유사함을 알 수 있었다. 다만, 연속교인 점을 고려하여 부모멘트 발생구간의 경우 북한의 대열하중에 따른 최대 부모멘트값은 남한의 1등교 DB-24의 90.1%, 최대 전단력은 91.8% 수준에 이르기 때문에 교량의 구조형식에 따라 구간별, 부재별 사전적 검토가 추가적으로 연구될 필요가 있다.

6. 결론

앞서 언급했듯이 해방이후 남한은 최근까지 DB하중

을 적용해왔고, 최근에 이르러서 교량의 장대화 건설과 통행차량의 중·대형화 제작 등에 따라 신뢰성에 기초한 KL-510하중으로 변화하고 있다. 이에 반해 북한은 1953년부터 일관되게 대열하중을 사용하였고, 1999년 운수건설총서 다리건설에서 제시한 표준차량과 중차량도 중량과 차간 이격거리가 다소 조정되었을 뿐 전체적으로 유사하다. 따라서 남북한의 차량활하중이 설계에 미칠 수 있는 영향은 크게 설계표준트럭의 중량과 축간거리 그리고 횡방향 재하 방법의 차이 등으로 발생된다고 할 수 있다.

본 연구는 이와 같이 남북한이 다른 차량활하중 모형을 사용함으로써 도로교 설계에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 각각의 표준트럭 특성 및 제원, 하중재하방법 등의 차이점을 비교하였고 3경간 연속 PSC Beam 1등급교에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과 각 표준트럭의 중량비는 DB-24(432kN)와 비교하여 KL-510(510kN)은 118%, 자동차집-30의 중량차(300kN)는 69.4%, 표준차(220kN)는 50.9%로 북한의 설계표준트럭 1대당 중량이 상대적으로 작다는 것을 알 수 있었다. 또한 자동차집-30하중의 최대정모멘트(670kN·m)는 DB-18(692.4kN·m)의 96.8%, 최대부모멘트는 DB-24의 90%, 최대전단력은 DB-24의 97.7%로 각각 2등급교와 1등급교에 상이하게 근접하였다. 따라서 상이한 표준트럭과 재하방법의 차이로 도로교 등급과 세부 부재간의 설계수준이 다른 결과를 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있었다.

그러므로 남북한이 도로교를 공동으로 사용하기 이전에 반드시 설계단계에서 상이한 기준과 재료적 품질

(참조 : 남북한 용어비교)

남한	북한
시방서/도로교/철도교	지도서/도로다리/철도다리
시설한계/노면구조/노면포장	공간한계/길면구조/길면포장
프리스트레스콘크리트	예비응력콘크리트
슬래브교/거더교/아치교	판다리/보다리//아치다리
트러스/라멘/사장교	트라스/라멘/경사쇠바줄다리
현수교/교량등급/주하중	줄다리/교량급수/기본하중
부하중/활하중/차량활하중	보충하중/임시하중/임시이동하중
풍하중/설하중/감소계수	바람하중/얼음하중/감소계수
설계/소요/압축/인장/전단강도	계산/필요/누름/당김/자름세기
우력/휨모멘트	짜힘/구부림모멘트

※ 본 논문에서 기술 편의상 대한민국과 조선민주주의인민공화국을 남한과 북한으로 기술함.

관리, 시공능력, 공용·관리상태 등을 선행적으로 검토해야 할 것이다. 본 연구는 이러한 목적의 일환으로 수행되었으며 궁극적으로 남북한의 공동발전과 평화적 통일을 이루는 단계에서 기초연구 자료로 활용될 것으로 본다.

References

- AASHTO, 1931, *Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structure, Edition*, American Association of State Highway Officials, USA
- AASHTO, 1945, *Standard Specifications for Highway Bridges, Edition*, American Association of State Highway Officials, USA.
- Jeong, Cheolheon, 1995. Characteristics of Truck Configuration and Weight on Highway Traffic, *Journal of The Society of Civil Engineering*, Vol. 15. No.5 1159-1168.
- Kim, Hyunwook, et al., 1999. *A Series of Transportation Construction (Road Construction)*, Industrial Publishing Company, North Korea.
- Kim, Sanghyo, Park, H., 1992. A Study on Bridge Live Loads and Traffic Models, *Journal of The Society of Civil Engineering*, Vol. 12. No.4 107-116.
- Kim, Seongwook, 2008. *A Study of North Korean Road Act*, Ministry of Government Legislation, Korea.
- Koh, Hyunmoo, et al., 2012. *Bridge Design Specification (Limit States Design)*, Ministry of Construction and Transportation, Korea.
- Korea Road and Transportation Association, 2010. *A Lecture about Reform of Bridge Design Specification (Lecture No.3- Load)*, Korea Road and Transportation Association, Korea.
- Kwon, Youngin, et al., 2008. *Set-up of South-North Road Traffic Construction Specification*, Ministry of Education, Science and Technology, Korea.
- Lim, Kenubok, et al., 1999. *A Series of Transportation Construction (Bridge Construction)*, Industrial Publishing Company, North Korea.
- Ministry of Construction and Transportation, 2010. *Bridge Design Specification*, Ministry of Construction and Transportation, Korea.
- Nam, Youngkook, et al., 2000. *A Explanation and Guide about Rule of the Road Structure and Facility Standard*, Ministry of Construction and Transportation, Korea.
- Park, Deakweon, et al., 1988. *A Design Guide Compilation of Road Pavement Structures and Survey Research of Axle Load*, Korea Institute of Construction Technology, Korea.
- (접수일 : 2012. 10. 10 / 심사일 : 2012. 10. 16 / 심사완료일 : 2013. 1. 22)