

## 북한의 철근콘크리트 슬래브교에 관한 연구

한의석\* · 이인근\*\* · 박선규\*\*\*

Han, Eui Seok\*, Lee, In Keun\*\*, Park, Sun Kyu\*\*\*

### Study on the Reinforced Concrete Slab Bridges of North Korea

#### ABSTRACT

If North Korea continuously remains an isolated nation without social interaction with South Korea, the gaps in the theoretical and technological status in construction technology become greater between North and South Korea. Therefore if interactions between North and South Korea can be made, there will be significant improvement in infrastructure technological performance can be made(i.e., Reinforced Concrete bridges). This study was performed to compare and analyze data related to the design standards of North Korean RC bridges and to execute a structural analysis based on standard design specifications of RC slab bridges. Especially, basic study of analyzing the influences on design truck loads of North and South Korea was conducted for the purpose of predicting the performance of North Korean RC slab bridges and the safety levels of traveling vehicles in advance. It is expected that the results of this study can be used as fundamental data for the set-up of South-North RC bridge specification when South and North Korea enter a stage of cooperation and interaction between South and North Korea are actively pursued to prepare for reunification.

**Keywords :** Reinforced concrete slab bridges, Bridge design specification, South-north korean bridges, Design vehicle load

#### 초 록

남북한이 상이한 사회적 규범체계 하에 분단국가로 장기화될수록, 건설기술에 대한 이론적·기술적 차이가 많이 발생하게 된다. 따라서 남북한이 화해의 국면에서 상호 교류시, 공동으로 사용하는 철근콘크리트 도로교의 성능수준도 명확히 차이가 발생한다. 이에 본 연구는 북한의 철근콘크리트 도로교 설계기준과 관련된 자료를 면밀히 비교·분석하고, 철근콘크리트 슬래브교에 대한 표준설계 제원과 사례를 토대로 구조해석을 수행했다. 특히 남북한의 설계트럭하중에 대하여 활하중 영향을 분석함으로써, 북한의 철근콘크리트 슬래브교에 대한 수준을 추정하였고, 이를 통해 통행에 대한 안전성을 사전에 검토할 수 있도록 기초 연구를 수행하였다. 따라서 향후 남북한이 화해국면에 접어들어 교류가 활발히 진행되거나, 더 나아가 통일국가로 준비하는 단계에서, 공통의 철근콘크리트 도로교 설계기준을 작성하는데 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

**검색어 :** 철근콘크리트 슬래브교, 도로교 설계기준, 남북한 도로교, 설계트럭하중

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

남북이 약 60년간 정치적·이념적 대립 속에서 분단국가로 지속되면서, 건설분야에 대한 상호교류가 충분히 진행되지 못했다. 또한 최근 경색국면이 더욱더 장기화될수록, 각각의 사회 인프라에 대한 건설과 운영에 관련 이론적·기술적 차이로 인해, 향후 공동 사용시 다양한 문제가 발생할 것이다. 비록 2000년 6.15 남북 정상회담이후, 제한된 지역 내에서 인적·물적 교류가 이루어지기 위해 일부구간의

\* 정회원 · 교신저자 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사수료 (Corresponding Author · SungKyunKwan University · han\_hanul@hotmail.com)

\*\* 정회원 · 서울시립대학교 토목공학과 초빙교수 (iklee57@gmail.com)

\*\*\* 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수 (skpark@skku.edu)

Received November 9 2012, Revised December 17 2012, Accepted February 19 2013

도로연결 사업이 시행되었고, 남북철도·다수의 도로 연결사업 등이 추가적으로 검토된 바 있었으나, 실질적으로 지속되지는 못했다.

그러나 남북은 언제든 화해의 국면이 다시 찾아올 것이고, 공동의 발전을 위해 보다 많은 교류가 이루어질 것이며, 더 나아가 통일을 대비하여 남북 도로연결 공사와 같은 인프라 건설을 공동으로 추진하거나, 기존 인프라를 공동으로 사용해야 할 것이다. 따라서 공동으로 사용할 수 있는 시방서 작성은 반드시 필요하게 되며, 이를 위해서 Kwon, Youngin, et al.(2008)은 ‘남북 도로교통건설 기술 공동시방서 작성’을 진행한 바 있다. 그러나 선행 자료가 거의 없는 상태에서 연구가 추진되었기 때문에, 사실상 북한의 다수 도로설계기준과 북한의 ‘운수건설총서-도로건설(Lim, Kenubok, et al., 1999)’을 상호 연계한 수준에 머무르고 있다. 또한 후속적인 기술교류 연구사업이 진행되지는 못하여, 실질적으로 많은 구조물에 대한 세부 설계기준 검토는 구체적으로 이루어지지 못한 상태이다.

## 1.2 연구의 범위

이에 본 연구는 남북한 중소 교량에서 보편적으로 사용하는 철근콘크리트 도로교에 대한 북한의 설계기준과 설계사례 등을 분석하고, 남한과의 비교를 통해, 향후 도로교 건설과 사용시 공통된 기준정립과 상호 통행에 대한 안전성 확보 등을 검토할 수 있도록 수행하였다. 특히 북한의 철근콘크리트 슬래브교에 대한 일반적인 사항과 표준설계 제원 및 특성 등에 대하여, 남북한 설계기준과 설계사례 등을 토대로 비교·분석하였다. 또한 상이한 설계트럭하중에 대한 구조해석을 수행하여, 활하중 영향에 대한 북한 교량의 등급과 성능을 추정할 수 있도록 하였고, 이를 통해 남북이 공동으로 교량을 사용함에 있어서, 다양한 사항을 예측할 수 있도록 기초적인 분석을 수행하였다. 본 연구를 수행함에 있어서, 국내 기준은 많은 관련 문헌을 토대로 충분한 자료를 확보할 수 있었으나, 북한의 관련 자료는 제한적인 범위 내에서 검토하였고, 특히 남북과학기술협력사업 수행당시 확보한 ‘운수건설총서-다리건설(Kim, Hyunwook, et al., 1999)’ 등의 자료를 근거로 추진하였다.

## 2. 기존연구 문헌 고찰

기존 문헌(Kim, Seongwook., 2008)에 따르면, 남한은 1961년 도로법 제정 이후, 도로의 구축·정비에 대한 목적을 교통 발달과 공공복리의 향상에 기여하기 위한 사회간접자본시설로 추진해왔다. 이에 반해, 북한은 도로를 ‘자동차와 같은 운수 수단과 사람의 교통을 보장하기 위해 건설할 비교적 큰 길’로 규정하고, ‘도로운송은 30km이내의 단거리로 국한한다.’는 원칙 아래, 경제와 생활의 편의를 도모하기 위한 것이라기보다는, 중·장거리 철도운송의 보완적 수단으로 ‘근거리 물자수송과 통행’ 용도에만 활용해왔다. 따라서 북한은 대외적으로 국력 및 문화발전의 수준을 보여주

기 위한 상징으로 도로를 인식하고 있기 때문에, 일부 노선 이외에는 전반적으로 크게 발전하지 못했다. 그러다가 1990년대 후반에 이르러서야 비로소 도로법을 제정(1997)하였고, 도로건설에 대한 설계기준 역할을 하는 운수건설총서를 발행하였다.

남북이 본격적으로 사회기반 인프라 시설에 대한 공동의 설계기준이 필요하게 된 것은, 2000년부터 추진된 개성공업지구 건설의 일환으로 추진된 국도 1호선과 7호선의 연결공사(2003~2004)가 시행되면서부터라 할 수 있다. 이와같이 상호교류에 대한 분위기에 접어들면서, 교육과학기술부는 ‘남북과학기술교류협력사업’을 추진하였고, 그 중 ‘남북 도로교통건설 기술 공동시방서 작성’ 연구가 진행되었다. 이 연구가 추진되던 시기에도 50여년간 분단된 상황에서, 도로교통 건설과 관련한 선행연구를 찾아볼 수 없었기 때문에, 사실상 유일한 연구 자료라 할 수 있다. 그러나 이 연구 또한 연구기간, 남북 관계기관의 지원범위, 군사분계선 왕래절차 등 다양한 제약조건으로 인해, 북한의 도로건설기준(도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2006), 도로공사 표준시방서(건설교통부, 2003) 및 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2004) 등에서 제시하고 있는 기본적 항목에 근거하여, 북한의 운수건설총서 도로건설 편 내용을 상호 비교하고, 공통화하는 수준에 머물렀다. 따라서 구조물별 세부기준에 대한 내용은 제외되었기 때문에, 본 연구와 관련된 북한의 철근콘크리트 도로교 설계기준과 관련된 선행연구는 사실상 찾아보기 어렵다.

## 3. 철근콘크리트 도로교 일반사항

### 3.1 도로교 관련기준

북한은 기본적으로 일제시기에 건설된 도로·교통인프라를 개·보수하거나, 일부 추가 건설하였기 때문에, 남한의 1970년대 수준이라 할 수 있으며, 관련 기준도 일제 강점기 시기에 제정되어 사용하던 기준들을 그대로 차용하거나, 일부 추가 도입하는 정도에 지나지 않았다. 특히 도로교 설계기준은 ‘도로다리 설계규정(1926)’, ‘강철도로다리 설계규정(1936)’을 토대로, 세부 내용을 적절히 개정하여 적용해오다가, 1990년대 이르러서 비로소 도로법(1997)을 제정하였고, 1986년 다리설계기준 개정안을 근거로 1999년부터 극한상태설계법을 수록한 ‘운수건설총서-다리건설’ 편을 발행했다. 남한은 해방이후 전쟁을 거쳐, 1961년 도로법 제정과, 도로법 시행령(1962년 제정), 도로법 시행규칙(1964년 제정), 도로구조령(1965년 제정), 설계기준 등을 순차적으로 정비하였으며, 1972년 ‘콘크리트 도로교 설계표준시방서(1972.12)’를 제정하였다. 특히 이 과정에서, 해방이후 철근콘크리트 도로교의 설계법은 허용응력설계법을 기초로 하고 있다가, 1983년(도로교 표준시방서) 콘크리트 도로교의 경우 강도설계법으로, 2012년(도로교설계기준)에 이르러서는 한계상태설계법으로 순차적인 도입이 이루어졌다.

### 3.2 교량급수 및 설계하중

북한의 운수건설총서 다리건설(Lim, Kenubok, et al., 1999) 과 Han et al.(2013)에 따르면, Table 1과 같이 차도의 너비는 도로의 급수에 따라 정하고 있으며, 도로의 급수는 1~6급, 도로다리의 등급은 1, 2등급, 하중은 자동차집 하중과 특수집 하중 등으로 구분하고 있다.

북한의 도로다리 설계활하중에 있어서, 자동차집 하중은 1953년 을 기점으로 도입하였고, 표준이동하중을 도식화하여 사용하였으며, 자동차집-13, 10, 8과 무한계도집-60, 30 등으로 구분하여 사용하였다. 특이한 점은 일제강점기에 사용하던 자동차 하중 재하 방식인 종방향 1대 재하와는 달리 자동차 대열하중을 채택하였다. 이후 통행하는 차량의 총 중량과 통행량 증가 등으로, Table 2와 같이 자동차집-30, 22, 15와 특수집-80, 60으로 상향 조정되어 적용하고 있으며, 기준하중도식은 Table 3과 같다.

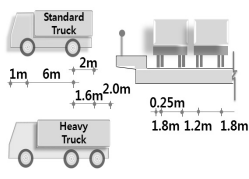
### 3.3 사용재료 및 특성

북한도 남한과 같이 풍부한 시멘트 자원을 적극 이용하여, 가급적 철근콘크리트 구조로 도로교를 건설하도록 유도하고 있으며, 1986년 개정안을 기점으로, 이전에는 허용응력설계법을, 이후에는 극한강도설계법을 채택하고 있다. Table 4와 5는 각각 허용응력설

Table 1. Road, Bridge, and Vehicle Load Classification in North Korea

Road Class.	Lane Width (m)		Bridge Class.	Vehicle Load Class.
	Width	No. of Lane		
1	3.75	2 and more	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 more		
6	2.5	1		

Table 2. Summary of Bridge Design Vehicles in North Korea

Kind of Design Standard Vehicles	Characteristics of Standard Design 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)					
	Truck Luggage Load-30	Heavy	300	60	120	120	6	1.6	0.5	1.8	0.5
		Standard	220	60	-	160	6				
	Truck Luggage Load-22	Heavy	220	40	90	90	6	1.6			
		Standard	160	40	-	120	6				
	Truck Luggage Load-15	Heavy	150	30	60	60	6	1.6			
		Standard	110	30	-	80	6				

계법과 극한강도설계법에서 적용하고 있는 콘크리트의 응력을 나타내고 있으며, Table 6은 휨부재 설계를 위한 구부림누름 계산세기와 남한의 강도설계법에 사용되는 최저설계기준을 상호 비교한 것이다.

Table 3. Truck Array of Design Vehicle Loads in North Korea

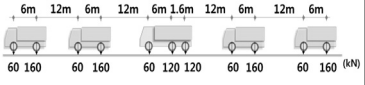
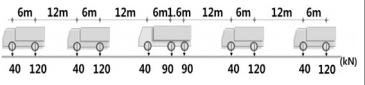
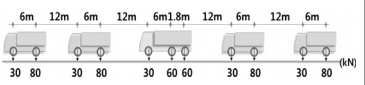
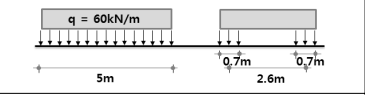
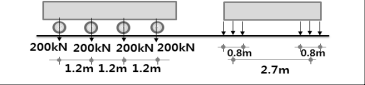
Load Class.	Truck Array	Bridge Class.
Truck Luggage Load-30		I
Truck Luggage Load-22		II
Truck Luggage Load-15		II and below
Special Luggage Load-80		Heavy tow truck, I
Special Luggage Load-60		Caterpillar tractor, I

Table 4. Allowable Stress of RC Bridges in North Korea (MPa)

Classification		C15	C20	C25	C30
Nomina Compression Strength $f_{cn}$		14.5	18.0	21.0	24.5
Nomina Bending Compression Strength $f_{cbn}$		18.0	22.0	26.0	31.0
Compression	Allowable Stress	7.2	8.7	10.0	11.2
	Ratio	0.5	0.48	0.48	0.46
Bending Compression	Allowable Stress	9.0	11.0	12.5	14.0
	Ratio	0.5	0.5	0.48	0.45
Shear	Allowable Stress	1.4	1.7	2.0	2.2
	Ratio	0.1	0.09	0.1	0.09

Table 5. Concrete Strength of RC Bridges in North Korea (MPa)

Concrete Strength		Strength by Concrete Grading			
		C15	C20	C25	C30
Nominal Compression Strength $f_{cn}$		14.5	18.0	21.0	24.5
Nominal Bending Compression Strength $f_{cbn}$		18.0	22.0	26.0	31.0
Compression $f_c$	Design Strength	7.8	10	12.5	14.4
	$f_{cn}/f_c$	0.54	0.56	0.60	0.59
Bending Compression $f_{cb}$	Design Strength	9.7	12.5	15.0	17.5
	$f_{cbn}/f_{cb}$	0.54	0.57	0.58	0.56
shear $f_{sh}$	Stress Intensity	2.6	3.2	3.9	4.5
	$f_{cn}/f_{sh}$	0.18	0.18	0.19	0.18

Table 6. Specified Compressive Strength of Concrete for RC Bridges (MPa)

Type of Member		Design Strength of Concrete Bending Compression in North Korea ( $f_{cb}$ )										Design Strength in South Korea $\varnothing 0.85 f_{ck} (f_{ck})$		
		C3.5	C5	C7.5	C12.5	C15	C20	C25	C30	C35	C40			C50
Plain Concrete		1.5	3.0	4.5	6.5	8.0	10.5	12.5	14.5	-	-	-	13 (18)	
Reinforced Concrete	Mass Production	-	-	-	-	9.7	12.5	15.0	17.5	-	-	-	15.17 (21)	
	Except Mass Production	-	-	-	-	9.0	11.5	14.0	16.3	-	-	-		
Prestress Concrete	Mass Production	-	-	-	-	-	-	-	17.5	20.5	25.5	30.5	Pre-tension	25.29 (35)
	Except Mass Production	-	-	-	-	-	-	-	16.0	19.0	24.0	28.0	Post-tension	21.68 (30)

일반적으로 북한에서는 Table 6에서와 같이 무근콘크리트 구조는 C3.5~C30으로 등급을 구분하고, 계수가 적용된 강도(계산세기) 1.5~11.5MPa로 계산한다. 철근콘크리트 구조는 C15~C30 등급으로, 공장 생산시에는 7.8~14.4MPa, 현장타설 시에는 7.2~13.2MPa로 계산한다. 아울러 프리스트레스콘크리트(예비응력콘크리트) 구조인 경우는, C30이상으로 높은 콘크리트 등급을 확보하기 위해 물시멘트비를 0.4~0.45로 정하고, 콘크리트 수축 등에 의한 응력손실을 작게 하기위해, 시멘트 사용량은 450kg/m<sup>3</sup> 정도로 제한한다.

다리건설에 사용하는 철근은 구조용 탄소강으로 강3, 강4 및 강5 이고, 구조용 저합금강으로는 25MnSi이다. 보통(원형)철근은 8, 12, 16, 19, 22mm 직경을 사용하며, 이형철근의 기하학적 특성 값은 남한과 동일하다. 철근의 세기는 Table 7과 같이 철근의 종류에 따라 계산세기와 탄성계수를 활용한다.

주철근의 콘크리트 피복두께는 Table 8보다 작지 말아야 하며, 힘분배철근(배력철근), 락철근(띠철근), 그 밖의 구조적 철근들의 피복두께는 1.5cm 이상 되어야 한다. 또한, 주철근의 피복두께는 항상 철근직경 이상이 되어야 하며, 상판다리의 윗부분(상면)에서 상판 보호층이 예견될 때에는 3cm, 예견되지 않을 때에는 5cm 이상이어야 한다. 흙 속에 묻히는 구조는 기본적으로 7.5cm 이상, 그 밖의 구조에서는 직경이 16mm이상일 경우 5cm 이상, 16mm보다 작을 경우에는 4cm이상, 직접 바닷물의 영향을 받는 경우에는 7.5cm 이상이 확보해야 한다. 이에 반해 남한은, 수중에서 10cm

Table 7. Strength of Reinforced Bar for RC Bridges (MPa)

Property	Reinforced Bar			
	Steel 3	Steel 4	Steel 5	25 MnSi
Nominal Strength	240	260	280	400
Design Strength	190	210	240	300
Ratio	0.79	0.81	0.86	0.75
Modulus of Elasticity	2.1×10 <sup>5</sup>			2.0×10 <sup>5</sup>

Table 8. Cover Thickness of the Main Reinforcement (cm)

Exposure Condition	Slab	Beam	Column
Unexposed to the Rain and Wind	1.5	2.5	3.0
Exposed to the Rain and Wind	2.5	3.0	3.5
Exposed to Harmful Gases	3.0	3.5	4.0
Exposed to Severe Climate Change	4.0	5.0	5.0

이상, 흙에 묻힌 경우 8cm 이상, 흙에 접하거나 노출된 경우 철근의 직경에 따라 4~6cm 이상, 옥외 노출되어 흙에 접하지 않은 경우 2~4cm 이상 확보해야 한다.

보통(원형)철근의 끝은 반원갈구리로 가공되어야 하며, 이형철근의 끝은 직각갈구리 또는 예각갈구리로 할 수 있다. 철근의 이음은 19mm 이상인 경우 용접이음, 19mm 이하인 경우는 결속이음을 하며, 겹침길이는 Table 9와 10과 같다.

Table 9. Overlap length of the Semicircle Plain Reinforcement Hooks

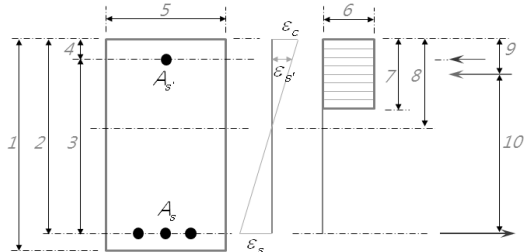
Steel Type	$l_1/d$ by Concrete Grading			
	C15	C20	C25	C30
Steel 3	36	29	25	20
Steel 4	33	32	27	22
Steel 5	45	37	31	26

Table 10. Overlap length of the Right, acute angle Deformed Reinforcement Hooks

Steel Type	$l_1/d$ by Concrete Grading			
	C15	C20	C25	C30
Steel 3	27	22	20	20
Steel 4	30	24	21	20
Steel 5	34	28	24	20

Table 11. Summary of Flexural Member Notations and Equations

	Notation		Flexural Member Equation	
	North Korea	South Korea	North Korea (Limit State Equation)	South Korea (Ultimate Strength Design)
1	$h$	$h$		
2	$h_0$	$d$		
3	$h_0 - a'$	$d - d'$		
4	$a'$	$d'$		
5	$b$	$b$		
6	$f_{cb}$	$\varnothing 0.85f_{ck}$		
7	$x$	$a (= \beta_1 c)$		
8	$\frac{\epsilon_c}{(\epsilon_c + \epsilon_s)} h_0$	$c$	$N_c = f_{cb} x b$ $N_{s'} = A_{s'} f_s$ $N_s = A_s f_s$	$C = \varnothing (0.85f_{ck}) ab$ $C' = A_{s'} \varnothing (f_y)$ $T = A_s \varnothing (f_y)$
9	$\frac{x}{2}$	$\frac{a}{2}$	(Double Reinforced Rectangle Beam)	(Double Reinforced Rectangle Beam)
10	$h_0 - 0.5x$	$d - 0.5a$	$M = f_{cb} x b (h_0 - 0.5x) + f_s A_{s'} (h_0 - a')$	$M_d = \varnothing (0.85f_{ck} ab (d - 0.5a) + f_y A_{s'} (d - d'))$



이와 같은 특성들을 반영하여 Table 11과 같이 극한강도계산법에 따라 휨 부재와 그 밖의 부재 등을 설계한다.

#### 4. 철근콘크리트 슬래브교 세부 구조기준

##### 4.1 철근콘크리트 슬래브교

북한의 철근콘크리트 도로교에 대한 상부구조는 Table 12와 같이 구분하고, 기본지지 구조가 판으로 된 다리를 통상 판다리로 통칭하며, 구조가 간단하여 8m이하의 단경간 단순보로 널리 사용하고 있다. 철근콘크리트 판다리 구조는 1967년도 다리설계기준에 따라, 당시 도로교 1등급과 2등급의 이동허중인 자동차잠-13, 10에 준하여 설계하였고, 다리설계기준개정(1986)이전까지 Table 13, 14와 같이 표준설계로 건설해왔다. 이때, 차도너비는 1등급일 경우 5~6m, 2등급일 경우 5m로, 각각 계산경간은 2, 3, 4, 5, 6m를

Table 12. Superstructure Type and Properties of Reinforced Concrete bridges (Simple Beam)

Superstructure Type	North Korea				South Korea			
	Bridge Type	Span (approximately)	Ratio of Girder Height	Limit Skew Angle	Bridge Type	Span (approximately)	Ratio of Girder Height	Limit Skew Angle
	Slab (통판다리)	~ 8m and below	$\frac{1}{13} \sim \frac{1}{22}$	45°	Slab	~ 10m	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{16}$	45°
	Round Hollow Slab (원형구멍 판다리)	~ 15m and below	-	-	Hollow Slab	12~ 18m	$\frac{1}{17} \sim \frac{1}{18}$	30°
	Rectangular Hollow Slab (합형구멍 판다리)							
	T Girder (T형 보다리)	10~ 25m	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$	-	T Girder	5~ 15m	$\frac{1}{8} \sim \frac{1}{10}$	30°
	Hollow Girder (합형 보다리)	~ 30m	$\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$	-	Box Girder	20~ 40m	$\frac{1}{13} \sim \frac{1}{20}$	30°

Table 13. Dimension of General Slab Bridges in North Korea (m)

Design Load	Dimension	Span					Road way
		2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	
Truck Luggage Load-10	Slab Length	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	5.0
	Slab Height	0.17	0.20	0.23	0.26	0.29	
	Abutment Height	2~3	2~3	2~4	3~5	3~5	
Truck Luggage Load-13	Slab Length	-	3.3	4.3	5.3	6.3	5.0
	Slab Height	-	0.24	0.27	0.3	0.34	6.0
	Abutment Height	-	2~4	2~5	2~5	2~5	7.0

Table 14. Standard Design Dimension of Simple Slab Bridges in North Korea

Classification		Span (l, m)						Standard Design Cross Section
		2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
Dimension	Slab Length(L)	2.78	3.3	3.88	4.36	4.95	5.48	
	Clear Span( $l_e$ )	2.22	2.70	3.17	3.64	4.05	4.52	
	Slab Height(h)	0.28	0.30	0.33	0.36	0.45	0.48	
Reinforced	Main Bar	26ø16	22ø22					
	Bent Bar	27ø16	23ø22					
	Upper Longitudinal Bar	26ø9	22ø12					
	Distributing Bar	32ø9	38ø9	44ø9	50ø9	48ø12		
	Stirrup	432ø9	437ø9	442ø9	575ø9	562ø9	552ø9	

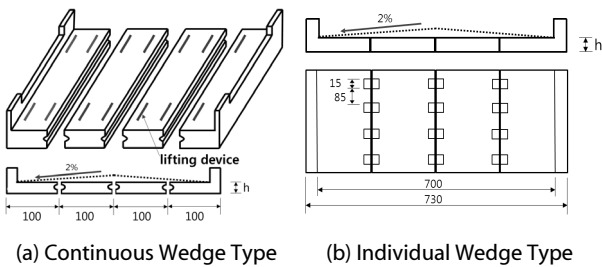


Fig. 1. Modular Slab Bridges of North Korea (cm)

표준화하여 사용해왔다.

1986년 이후, 재료 및 시공기술 향상과 운행차량 등의 특성 등을 고려하여, 경간은 4~8m로 연장하고, 차도너비는 3.5, 5.5, 6.5, 7.5, 9, 12, 16m로 확폭 했으며, 직각 판다리와 60°, 75°인 빗놓인 판다리 등으로 표준화하여 현장에 적용하고 있다.

#### 4.2 조립식 슬래브교

북한은 ‘공장과 다리 건설에서도 할 수만 있다면 콘크리트 블로크로 조립하는 것이 유리하다.(Kim, Hyunwook, et al., 1999)’는 방침아래 조립식 제작 및 시공을 적극적으로 추진하고 있다.

우선, 조립식 판다리는 Fig. 1과 같이 단위모듈별 접합방법이

Table 15. Member Dimension of a Modular Slab Bridge (m)

Span	Member Length (L)	Slab Thickness (h)	Member Weight (kN)
2	2.3	0.18	11
3	3.3	0.22	18
4	4.3	0.28	29
5	5.3	0.30	35

크게 연속적 접합과 쉼기형 접합으로 나뉘며, 표준설계는 2, 3, 4, 5m의 경간에, 자동차짐-22, 무한궤도-60인 임시하중을 고려하여 계산한다.

조립식 판다리의 표준제원은 Table 14와 같고, 철근배근에서 경사철근이 설계되지만, 통판다리의 경우 슬래브 두께와 시공성 등을 고려하여, 상·하부 주철근을 직선으로 배치한다. 또한 Table 15는 조립식 판다리 부재의 표준제원을 나타냈다.

#### 4.3 슬래브교의 근사계산

도로교 직각 판다리의 경우, 바퀴하중은 접촉면의 끝점에서 45° 경사로 분포한다고 보며, 분포도식은 Table 16과 같다. 일반적으로 판다리는 판이론이나 유한요소법 등에 의해 엄밀한 계산을

Table 16. Approximate Calculation of Slab Bridges

Class.	Approximate Calculation by a load shape
Load Width	
Wheel Load	<p> <math>P_1</math> : One Wheel Load  <math>b_0</math> : Width of a Wheel Load  <math>(b_0 = b_1 + l/3 \text{ or } 2l/3 \rightarrow</math>                      Enter a higher value and <math>b_0 \leq 1.5\text{m})</math>  <math>q</math> : Approximate Calculation Load per Unit Width(1m)                 </p>
Lateral Load	

할 수 있지만, 설계에서는 근사적으로 단위너비 1m의 보도식에 의하여 계산한다. 이때 단위너비에 실리는 하중은 가로방향에서 도로 판다리인 경우에 한 개의 바퀴하중을 Table 16에서 계산된 작용너비로 나누어 재하한다.

### 5. 남북한 RC 슬래브 도로교 분석

#### 5.1 표준설계 특성 분석

북한의 운수건설총서 다리건설에 제시하고 있는 철근콘크리트 슬래브교의 표준설계는 Fig. 2와 같이 경간과 슬래브 두께로 구분할 수 있다. 이때 일반적으로 현장사공이나 조립식 사공 모두 2~8m의 경간을 건설하며, 슬래브 두께는 현장사공인 경우 0.25~0.73m, 조립식인 경우 0.18~0.45m로, 품질 확보가 유리한 공장제작의 경우가 현장제작 보다 62~72% 수준으로 제작된다. 이에 반해, 남한은 철근콘크리트 슬래브교의 최소두께를, 도로교설계기준(2010)에서 0.25m로 제한하고 있으며, ‘교량·가시설 표준도 개발 및 시공상세도 표준화(Jeong, Boseon, et al., 2010)’에서 제시한 1등교 단경간 철근콘크리트 슬래브교는 경간이 8~15m, 슬래브 두께를 0.6~1.35m로 구분하여 표준화하였다.

또한, Table 17과 같이 일반적인 남북한 표준설계는 1등교를 고려하였으나, 2~5m 조립식 판다리의 경우, 2등교 설계활하중인 자동차짐-22와 특수짐-60을 사용하였다. 아울러 북한의 도로교 활하중 충격계수는 0.3을 사용하는 것이 일반적이다. 차차로 감소계수는 3차로일 경우 0.85, 4차로 이상일 경우 0.75이고, 1등교 선하중은 3.3kN의 등분포하중에 50kN의 집중하중으로 제시하고 있다.

이와 같이 다양한 표준설계 특성들을 반영하여, 남북한이 각각 제시한 철근콘크리트 단경간 슬래브교의 표준설계 제원은 Table 18과 같이 요약할 수 있다. 또한 이를 통해 북한은 주로 2~8m 내의 소교량에, 남한은 8~15m 내의 중·소교량에 철근콘크리트 슬래브교를 많이 채택하는 것을 알 수 있다.

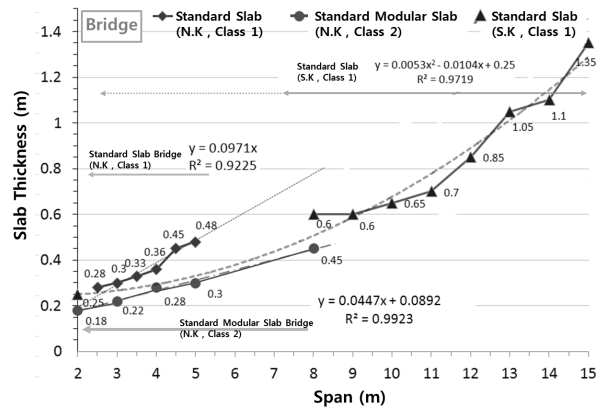


Fig. 2. Design Trend of Standard Slab Bridges between North and South Korea

Table 17. Characteristic Values for Standard Slab Bridges between North and South Korea

Classification		North Korea	South Korea		
Dead Load	Reinforced Concrete	25kN/m <sup>3</sup>			
	Plain Concrete	23kN/m <sup>3</sup>	23.5kN/m <sup>3</sup>		
	Asphalt Pavement	22kN/m <sup>3</sup>	23kN/m <sup>3</sup>		
Live Load	Total Weight of Design Vehicles (Class. I)	Truck Luggage Load-30		DB-24	KL-510
		Heavy	Standard		
		300kN	220kN	432kN	510kN
	Longitudinal Load	Truck Array	One Vehicle of each Lane		
Lateral Load	One Vehicle of each Lane	One Vehicle of each Lane			
Reduction Factor of Multi Lane	Lane 2	-	-	0.9	
	Lane 3	0.85	0.9	0.8	
	Lane 4	0.75	0.75	0.7	
	Lane 5 ~			0.65	
Lateral Truck Load					
Moving Line Load (Class. I)	$P_n = 50 \text{ kN}$ (Moment Calculation) uniform load : 3.3 kN	$P_n = 108 \text{ kN}$ (Moment Calculation) $P_s = 156 \text{ kN}$ (Shear Calculation) uniform load : 12.7 kN			

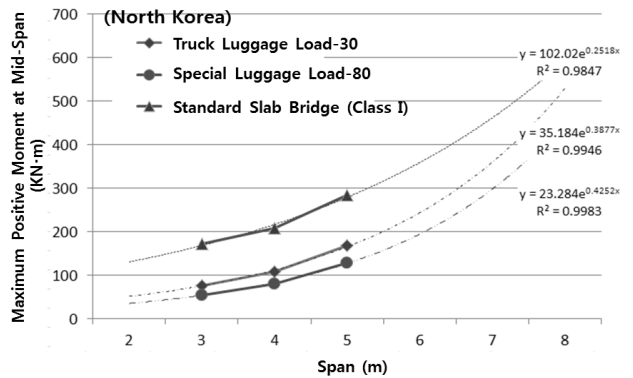
세부적으로 Table 18을 통해 남북이 제시하고 있는 슬래브교의 표준설계 사례를 분석해 보면, 북한은 일반적으로 강3, C15를 사용하고 있으며, 이는 각각 강도값으로 190MPa, 9.7MPa의 최종 계산값이 적용된다. 이와 비교하여, 남한은 400MPa, 27MPa로, 계수가 적용된 최종 계산값은 340MPa( $\phi f_y$ ), 19.5MPa( $\phi 0.85 f_{ck}$ )이며, 북한보다 179%, 201% 큰 값이다. 또한 북한의 표준설계

Table 18. Summary on the Structural Analysis of Standard RC Slab Bridges between North and South Korea

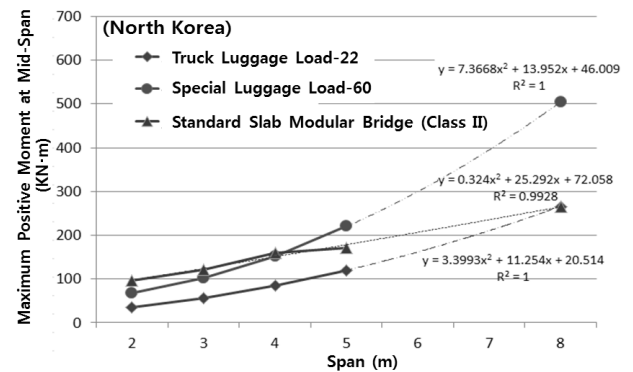
Classification		Span (m)	Mid-span (m)		Reinforcement Amount per Unit Width ( $mm^2/m$ )			Mid-span (kN·m)			Safety Factor		Note
			T	d	Truck Luggage (Load)			$M_u$		$\phi M_n$			
					required	used	used Reinforcement	Truck Luggage	Special Luggage				
North Korea	Field Construction (Class. 1)	3	0.3	0.275	1486.3	3290.4	D22,D22,D23 @450 or D22@150	77.66	55.06	171.90	2.21	3.12	B = 12.0m $f_{cb} = 9.7MPa(C15)$ $f_s = 190MPa$ Truck Luggage Load-30, Special Luggage Load-80 (Modular : Truck Luggage Load-22, Special Luggage Load-60)
		4	0.36	0.335	1711.4			108.93	81.68	209.43	1.92	2.56	
		5	0.48	0.455	1950.5			168.62	128.87	284.45	1.69	2.21	
	Modular (Class. 2)	2	0.18	0.155	1193.2			35.14	67.66	96.90	2.71	1.43	
		3	0.22	0.195	1524.2			56.47	103.24	121.90	2.16	1.18	
		4	0.28	0.255	1762.0			85.37	153.02	159.42	1.87	1.04	
		5	0.30	0.275	2288.2			119.56	220.78	171.92	1.44	0.78	
8	0.45	0.425	3292.9	265.90	504.5	265.70	1.00	0.53					
South Korea (Standard Field Construction, Class. 1)	8	0.6	0.54	2472.2	3096.8	H22@125	435.79	540.16	1.24	B = 10.9m $f_{ck} = 27MPa$ $f_y = 400MPa$ DB-24 DL-24			
	9	0.6	0.54	3085.4	3575.2	H25,H22@250	538.28	618.53	1.15				
	10	0.65	0.59	3558.7	4053.6	H25@125	676.36	764.47	1.13				
	11	0.7	0.64	4049.4	4596.4	H29,H25@250	832.56	937.58	1.13				
	12	0.85	0.79	4108.0	4596.4	H29,H25@250	1053.40	1172.0	1.11				

사례에서 제시하는 주철근의 배근간격은, 교량폭과 연장에 관계없이 단위폭당 사용철근량이 거의 동일하다. 다만, 다수의 설계 경험을 토대로 단위길이당 주철근 대비 배력철근(힘분배철근)의 단면적비는, 2~10m 경간에서 각각 0.4~0.12로 점진적으로 작아지는 지수분포를 나타낸다. 더불어 남한과 다른 설계트럭하중으로 계산되는 설계활하중계수는 1.4, 자중과 교면포장 등의 하중계수는 1.15로, 과거 남한의 콘크리트교 허용응력설계법에서 제시하는 증가계수 1.33, 1.15와 유사하다.

이와 같은 설계기준을 토대로 슬래브 두께와 철근량을 고려한 북한의 철근콘크리트 단경간 슬래브교는, 교량 중앙부의 휨에 대한 안전율이 자동차하중일 경우 1.0~2.71, 특수집 하중일 경우 0.53~3.12로 분석되었다. 또한, Fig. 3에서와 같이 단위길이당 주철근량이 유사한 표준설계 사례를 분석해보면, 1등교인 경우 자동차하중-30(중량차)에서 최대정모멘트가 발생하고, 변화추이로 볼 때 경간이 8~9m사이에서 안전율이 1.0에 근접하고 있으며, 조립식 2등교는 자동차하중-22(중량차)로 8m에서 안전율이 1.0에 도달했다. 따라서 Table 18에서 제시된 북한의 표준설계는 경간 8m 내외가 한계인 것을 알 수 있었다. 특별히 2등교 설계활하중 특수집-60(무한궤도차량)은 하중도식상 특별한 교량에만 국한되어 반영하며, 특수집 하중은 경간당 1대만 재하하도록 하고있다. 이와 비교하여, 남한의 표준설계는 8~15m 경간을 제시하고 있으며, 8~12m 사례를 볼 때, 중앙부 휨에 대한 안전율이 1.11~1.24 수준으로 나타났다.



(a) Positive Moment of Standard RC Slab Bridges (Class. I)



(b) Positive Moment of Standard RC Modular Slab Bridges (Class. II)

Fig. 3. Maximum Positive Moment of Standard RC Slab Bridges in North Korea



### 5.2 남북 설계활하중에 대한 영향 분석

앞서 살펴보았듯이, 북한은 가끔적 다수의 설계 경험을 토대로 표준설계 및 조립식 다리건설을 유도하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 표준화된 단순 판다리의 설계사례를 통해, 남북의 상이한 설계트럭하중에 따른 영향을 Fig. 5와 같이 분석하였다. 이를 수행하기위해, 북한의 1, 2등급 설계트럭하중 자동차집-30, 22(표준, 중량차), 특수집-80, 60과 남한의 DB-24, 18, 13.5 등을 고려하여 실시하였다.

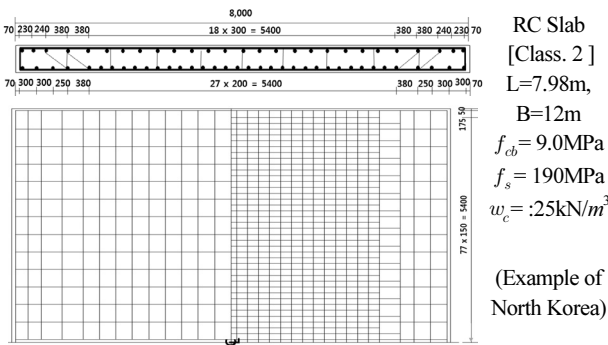


Fig. 4. Bar Arrangement Drawing of Standard RC Slab Bridges

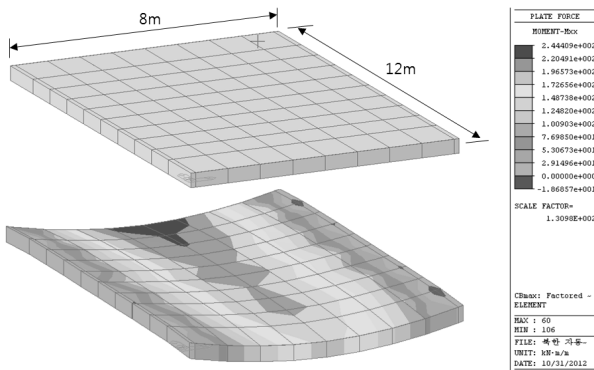


Fig. 5. Structural Analysis Results of the Example (Truck Luggage Load-22, Standard)

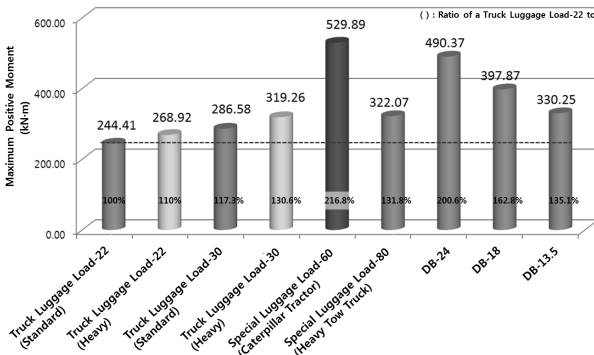


Fig. 6. Maximum Positive Moment of the Example

해석 결과를 살펴보기 이전에, 먼저 남북의 설계트럭하중에 대한 종방향 재하방식을 살펴보면, 북한은 하중도식에 의한 대열하중이고, 남한은 DB하중으로 경간당, 차로당 1대 재하를 기본으로 한다. 그러나 남북 설계트럭의 종방향 축간거리와 트럭간 간격 등을 고려하면, 8m이하의 소교량에서는 북한도 차로당 1대만 재하될 수 있고, 경우에 따라서는 1개의 차축만 재하가 가능하다. 다만, 무한계도 차량의 특수집-60의 경우(종방향 4개축, 차축간 거리 1.2m, 각 축당 재하하중 200kN)는 자동차집-22의 중량차보다 2배 수준으로 큰 하중이 재하된다.

결과적으로, Fig. 6과 같이 해석교량에 대한 중앙부 최대정모멘트는, 북한의 자동차집-22 표준트럭(244.41kN·m)과 비교하여, 중량차는110%(268.92kN·m), 자동차집-30(표준)은 117.3%(286.58kN·m), 특수집-60은 216.8%(529.89kN·m), 특수집-80은 131.8%(322.07kN·m), DB-24하중은 200.6%(490.37kN·m), DB-18하중은 162.8%(397.87kN·m), DB-13.5하중은 135.1%(330.25kN·m)로 나타났고, 북한의 자동차집-22 중량차와 DB-13.5 하중을 비교했을 때, 122.8%로 남한의 3등급 수준에 다소 미치지 못했다.

### 6. 결론

비록 장기간 상이한 규범체계 하에 군사적 대치상황 속에서 여전히 경색된 국면에 있으나, 언제든 화해의 국면이 다시 찾아올 것이고, 공동의 발전과 더 나아가 통일을 위한 많은 교류가 이루어질 것으로 기대한다. 이에 본 연구는 남북한 중소 도로교에서 가장 많이 사용하고 있는 철근콘크리트 슬래브교에 대한, 남북의 설계기준을 토대로 해석적 기초연구를 수행하였다. 특히 북한의 설계기준과 표준설계 자료를 토대로, 북한의 철근콘크리트 슬래브교 휨설계 수준을 분석하였고, 남북한 상이한 설계활하중의 영향도 검토함으로써, 다음과 같은 결론을 도출했다.

우선, 북한은 1986년을 기점으로 도로교 설계기준을 허용응력법에서 극한상태설계법으로 변경하였으나, 기존 허용응력법에서 사용하던 내용을 대부분 준용하는 경우가 많았다. 또한 중소 도로교에서는 설계·시공 편의상, 경험적 설계를 근거로 표준화된 설계제원과 조립식 표준제원을 사용하고 있었다. 아울러 본 연구의 사례로 볼 때, 북한의 철근콘크리트 슬래브교의 표준설계 제원 한계경간은 8m 내외였고, 8m이하의 단경간 철근콘크리트 슬래브교의 중앙부 휨설계 수준은, 재료적 특성값과 설계트럭하중 등의 차이로, 특수집-60(무한계도차량)을 제외하고는, 전체적으로 남한의 교량 설계수준보다 작게 나타났다. 따라서 향후 남북이 상호통행에 대한 안전성을 확보하기 위해서는, 교량의 설계제원 및 재료적 특성을 고려한 사전분석이 반드시 이루어져야 할 것이다. 마지막으로, 본 연구를

통해 검토된 사항들이, 향후 남북한의 교류활성화를 촉진하는데 필요한 공통설계기준 작성시 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

## References

- Han, E.-S., Lee, I.-K., and Park, S.-K. (2013). "Study on Design Vehicle Loads of South and North Korean Highway Bridges." *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 15, No. 1, pp. 37-45 (in Korean).
- Jeong, B.-S., et al. (2010). *A Study for the Development of Bridges and Temporary Facilities and Standardization of Shop Drawings*, Report, Ministry of Construction and Transportation, Korea (in Korean).
- Kim, H.-W., et al. (1999). *A Series of Transportation Construction (Road Construction)*, Design Specification, Industrial Publishing Company, North Korea (in Korean).
- Kim, S.-W. (2008). *A Study of North Korean Road Act*, Report, Ministry of Government Legislation, Korea (in Korean).
- Koh, H.-M., et al. (2012). *Bridge Design Specification (Limit States Design)*, Design Specification, Ministry of Construction and Transportation, Korea (in Korean).
- Kwon, Y.-G., et al. (2008). *Set-up of South-North Road Traffic Construction Specification*, Report, Ministry of Education, Science and Technology, Korea (in Korean).
- Lim, K.-B., et al. (1999). *A Series of Transportation Construction (Bridge Construction)*, Design Specification, Industrial Publishing Company, North Korea (in Korean).
- Ministry of Construction and Transportation. (2010). *Bridge Design Specification*, Design Specification, Ministry of Construction and Transportation, Korea (in Korean).
- Nam, Y.-K., et al. (2000). *A Explanation and Guide about Rule of the Road Structure and Facility Standard*, Report, Ministry of Construction and Transportation, Korea (in Korean).