

설계기준 자동차의 이해와 올바른 도로 설계적용

곽동근, 권순일

1. 서론

설계기준 자동차란 도로설계시 기초가 되는 자동차로서, 설계기준 자동차는 소형자동차, 대형자동차, 세미트레일러로 구분된다. 소형자동차는 시거 등의 기준을 정하기 위하여 필요하고, 대형자동차 및 세미트레일러는 도로의 폭원, 곡선부위 확보, 포장구조 설계 및 교량의 설계하중 등을 결정하기 위해 반드시 필요하다.

본 고에서는 설계기준 자동차 중에서 도로기하구조, 횡단구성 결정 및 교량 설계에 직접적인 영향을 미치는 세미트레일러에 대해 자세히 살펴보고자 한다.

현재 도로 및 교량기술자들은 기하구조, 횡단구성 및 교량 설계하중에 직접 영향을 주는 세미트레일러의 일반적인 제원에 대해서는 알고 있으나, 세미트레일러에 대한 정확한 이해가 부족하여 설계시 여러 가지 문제점이 대두되고 있다.

첫째, 공사비에 영향을 미치는 차로 폭 결정시 설계기준에 제시된 값 이상만 적용하면 문제가 없다는 생각으로 설계속도 60km/hr인 하급도로에서 차로 폭 3.25m이면 충분한데도 불구하고 차로 폭 3.5m를 적용하고 있으며,

둘째, 시설한계도 4.5m이면 충분한데도 불구하고 4.8m 이상 심지어 5.0m 이상을 적용하고 있다. 이는 설계기준 자동차의 최대높이와 여유높이를 잘 모르기 때문에 그러한 문제가 발생된다.

셋째, 「도로교 설계기준」에 명시된 교량등급에 따라 그에 맞는 설계하중을 적용하여야 하나, 지방도나 군도 심지어 택지개발 지구내 도로와 같은

하급도로에도 1등급 설계하중 DB-24를 적용하므로써 도로등급에 맞지 않는 과도한 설계를 수행하여 국가 예산을 낭비하고 있는 실정이다. 따라서 세미트레일러에 대한 기술자들의 정확한 이해가 필요한 시점이다.

그러므로 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』에 명시된 설계기준 자동차의 제원에 대해서 살펴보고, 세미트레일러의 교량 설계하중에 대하여 자세히 알아보며, 아울러 도로 및 교량설계시 발생하는 제반 문제점 즉, 설계속도와 무관하게 차로폭을 넓게 적용하거나 과도한 시설한계를 적용하며, 교량설계시 교량등급을 무조건 최상급으로 적용하는 등 문제점을 분석한 후 올바르게 설계에 적용하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 본론

1. 설계기준 자동차의 제원

1) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제5조

〈표 1〉 도로의 구분에 따른 설계기준 자동차

도로의 구분	설계기준 자동차
고속도로 및 주간선도로	세미트레일러
보조간선도로 및 집산도로	세미트레일러 또는 대형자동차
국지도로	대형자동차 또는 소형자동차

〈표 2〉 제1항의 규정에 의한 설계기준 자동차의 종류별 제원

제원 (단위: 미터) 자동차별	폭	높이	길이	축간거리	앞내민 길이	뒷내민 길이	최소 회전반경
소형자동차	1.7	2.0	4.7	2.7	0.8	1.2	6.0
대형자동차	2.5	4.0	13.0	6.5	2.5	4.0	12.0
세미트레일러	2.5	4.0	16.7	앞축거 4.2 뒷축거 9.0	1.3	2.0	12.0

2) 폭

자동차의 최대 폭은 선진 외국 여러 나라를 보더라도 2.5m 내외로 거의 일정하며, 도로구조에서도 그 이상의 폭은 차로 폭, 정차대의 폭 등에 크게 영향을 미치므로 허용하지 않고 있다. 실제 존재하는 대형자동차의 폭은 대부분이 규제치를 최대치로 하고 있기 때문에 설계기준 자동차 중 대형자동차와 세미트레일러의 폭은 2.5m로 하고 있다. 참고로 국내 『자동차안전기준에 관한 규칙』 제4조에서도 자동차의 폭은 2.5m를 최대치로 하고 있다.

3) 높이

자동차의 높이는 도로의 기하구조상 중요한 의미를 갖는다. 즉, 대형자동차 및 세미트레일러의 높이는 시설한계를 정하기 위한 요소이기 때문이다.

『일본 도로구조령의 해설과 운용(일본도로협회, 2004)』에서는 해상 컨테이너의 국제규격인 8ft×8ft(폭 2.438m×높이 2.438m) 컨테이너를 보통 트레일러에 적재했을 경우의 높이를 기준으로 한 3.8m를 설계기준 차량의 높이로 정하여 놓고 있다. 또한 8ft×9.6ft(폭 2.438m×높이 2.896m)의 키가 큰 컨테이너에 대해서는 1985년 4월부터 예외적으로 적재 및 특수차량통행허가 대상으로 지정, 지정된 경로에 한하여 저상식 트레일러에 의한 수송이 가능해 졌다. 이 때 총 자동차 높이는 4.1m이다.

외국 여러나라의 자동차 높이에 대한 제한내용을 살펴 보면, 일본은 3.8m, EC지령*·이태리·네덜란드·독일·스위스 등에서는 4.0m, 미국에서는 최소값이 4.11m이고 최대값은 4.42m를 적용하고 있으며, 국내에서는 4.0m를 적용하고 있다. 참고로 국내 『자동차안전기준에 관한 규칙』 제4조에서도 자동차의 높이는 4.0m를 최대치로 하고 있다.

4) 길이

자동차 길이에 대해서는 소형자동차는 자동차관리법에 의한 최대치 4.7m를 규정하였고, 대형자동차는 법정제한 길이인 13m로 규정하였다.

* EC지령 : EC각료의사회가 1984년 12월 19일에 채택한 『도로운송차량의 중량, 치수 및 기타 기술적 특성에 관한 각료이사회지령』을 말한다. 가맹국은 지령에서 정해진 결과를 달성하기 위해 국내법 제정 등의 조치가 의무화 됨

대형자동차에는 버스, 트럭 등이 포함되는데 앞내민길이, 축간거리 및 뒷내민길이에 대해서는 뒷부분 2축 트럭을 기준으로 정하였다.

연결차의 길이는 세미트레일러에서 15m, 풀트레일러에서 18m의 규제치가 있으나, 일반적으로 회전시에는 세미트레일러가 큰 점유폭을 필요로 하므로 풀트레일러는 고려할 필요가 없다. 세미트레일러의 길이는 길이 12m인 컨테이너를 운송하기 위한 연결차의 길이로서, 필요한 길이는 16.7m를 사용하고 있다. 참고로 『자동차안전기준에 관한 규칙』 제4조에서도 연결자동차의 길이는 16.7m를 최대치로 하고 있다.

상기에서 언급한 바와 같이 국내에서 사용하는 세미트레일러의 제원은 폭 2.5m, 높이 4.0m, 길이 16.7m를 기준으로 하여 도로 및 교량설계에 적용하고 있다. 다음은 교량 설계 시 표준트럭하중에 사용되는 설계기준 자동차에 대해 살펴보고자 한다.

2. 설계기준 자동차로서 표준트럭하중의 이해

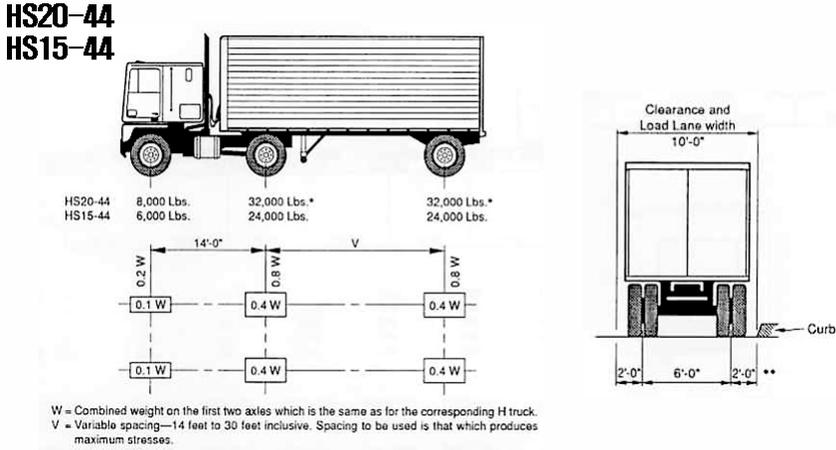
먼저 미국 AASHTO*에서 사용하고 있는 표준트럭하중에 대해 알아보고, 표준트럭하중에 사용하는 세미트레일러와 실제 존재하는 세미트레일러와의 차이점을 비교해 보고자 한다.

1) AASHTO의 표준트럭하중

미국의 AASHTO에서 사용하는 표준트럭하중에는 HS20-44와 HS15-44 두 종류가 있다. HS20-44에서 HS는 Highway Semitrailer의 약호이고, 20은 ton을 의미하며, 44는 1944년에 제정된 것을 의미한다. 미국에서 사용하는 톤은 short ton으로 국내에서 사용하는 톤보다 작다.

미국은 1ton이 907kg으로서 short ton이라 하고, 영국은 1ton이 1,016kg으로서 long ton이라 하며 국내에서 사용하는 1ton은 1,000kg으로서 불란서 톤 즉, metric ton에 해당한다. 따라서 AASHTO의 표준트럭하중 20ton을 metric ton으로 환산하면 $2.0\text{ton} \times 0.907 \approx 1.8\text{ton}$ 이다.

* AASHTO : America Association of State Highway and Transportation Officials(미국 州 도로 및 교통공무원 협회)



〈그림 1〉 미국 AASHTO의 표준트럭하중

〈그림 1〉은 미국 AASHTO의 표준트럭하중을 나타낸 것이다.

표준트럭하중으로 사용된 세미트레일러의 제원을 보면, 폭은 2.4~2.6m 이고, 높이는 4.1m로 규정되어 있으며, 〈그림 1〉에서와 같이 여유공간을 포함한 총 폭은 10ft, 약 3.0m로 되어 있다. 또한 표준트럭하중 HS20-44는 국내 도로교 설계기준의 DB*-18과 동일하고, HS15-44는 15ton×0.907≒ 13.5ton 즉, DB-13.5와 동일함을 알 수 있다. 실제 존재하는 세미트레일러는 〈그림 2〉와 같이 뒤의 트레일러 부분이 2개의 복축(2×2축)으로 되어 있으나, 구조 계산시에 사용하는 세미트레일러는 〈그림 1〉과 같이 뒤의 트레일러 부분이 2개의 단축으로 표현되어 있다. 그 이유는 교량구조 설계시 앞의 2축과 뒤의 2축을 각각 1개의 축으로 단순화 할 경우 교량 구조물에 가장 불리한 하중조건으로 작용하고 또한 구조계산을 손쉽게 할 수 있기 때문이다.

〈그림 2〉는 미국 AASHTO의 중형 세미트레일러의 규격과 최소 회전반경을 표시한 그림이다.

〈그림 2〉에서 보면 세미트레일러는 뒤의 트레일러 부분이 2개의 복축으로 구성되었음을 알 수 있다. 따라서 구조계산시 사용되는 표준트럭하중과 도로설계 시 사용되는 세미트레일러는 같은 규격의 차량이지만 구조계산시

* DB : 미국 AASHTO에서 Highway Semitrailer의 약자로 HS를 사용하듯, 우리나라에서도 도로 반트레일러(Doro Bantrailer)의 약자로 DB를 사용하는 것임

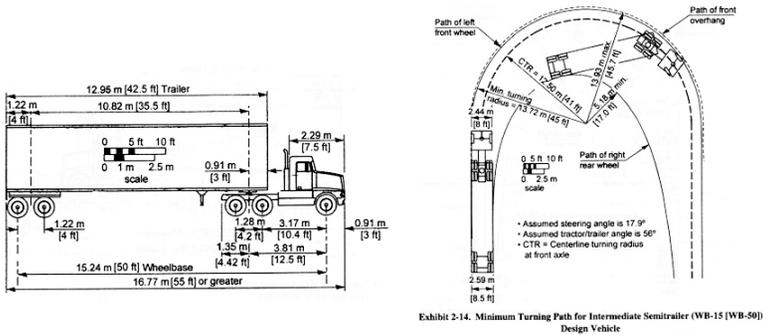


Exhibit 2-14. Minimum Turning Path for Intermediate Semitrailer (WB-15 (WB-50) Design Vehicle

〈그림 2〉 미국 AASHTO의 중형 세미트레일러(WB-50)



〈그림 3〉 미국 AASHTO의 중형 세미트레일러(WB-50)

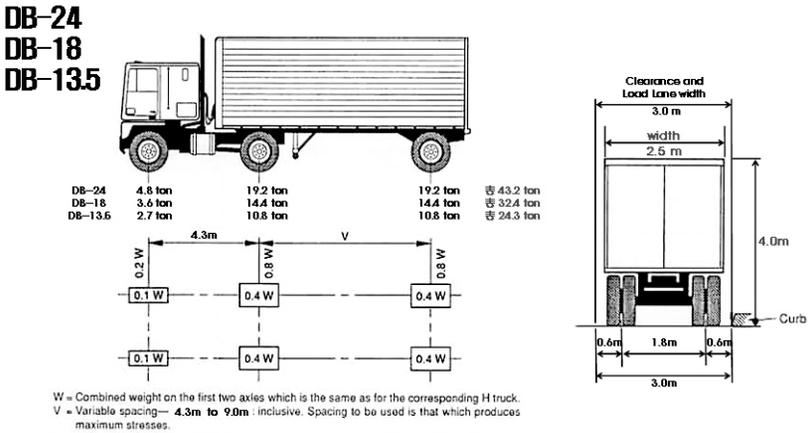
달리 표현됨을 알 수 있다. 참고로 〈그림 3〉은 실제 운행되는 세미트레일러 사진이다.

2) 우리나라의 표준트럭하중

도로교 설계시 사용하는 하중에는 고정하중, 활하중, 충격하중, 풍하중 등이 있으며, 이 중 활하중은 자동차하중 즉 표준트럭하중(DB하중) 또는 차로하중(DL하중) 등을 사용한다. DB하중은 DB-24, DB-18, DB-13.5 세 종류로

〈표 3〉 DB하중

교량등급	하중등급	중량 W(kN)	총하중 1.8W(kN)	전륜하중 0.1W(kN)	후륜하중 0.4W(kN)
1등급교	DB-24	240	432	24	96
2등급교	DB-18	180	324	18	72
3등급교	DB-13.5	135	243	13.5	54



〈그림 4〉 도로교 설계기준의 표준트럭하중

구분되며 이 하중은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉에 명기된 사용된 각 교량등급의 전륜하중, 후륜하중 및 총하중 1.8W는 아래 〈그림 4〉와 같다.

〈그림 4〉에서 DB-24를 예로 들면, 전륜하중은 0.2W로 0.2×24ton, 즉 4.8ton이고, 중륜 및 후륜하중은 각각 0.8W로 0.8×24ton, 즉 19.2ton이며 총 하중 1.8W는 1.8×24ton 즉, 43.2ton임을 알 수 있다. DB-24의 중륜 및 후륜하중은 19.2ton이나, 실제 존재하는 자동차는 복축이므로 『도로법시행령』 제28조의 3 제2항에 명시된 축하중 10ton의 제한범위 내에 속한다.

앞서 설명한 바와 같이 미국의 AASHTO에서는 설계하중을 HS20-44와 HS15-44 즉, 국내의 설계하중으로 환산하면 DB-18과 DB-13.5를 사용하고 있으나, 국내의 도로교 설계기준에는 미국 AASHTO에 없는 DB-24까지 설계하중으로 포함되어 있다. 이것은 국내 교량설계시 설계기준 자동

차 중량이 미국보다 6ton이 더 큰 하중 즉, 총하중으로는 10.8ton이 더 큰 하중으로 설계가 이루어지고 있다는 것이다.

지금까지 교량 설계시에 표준트럭하중으로 쓰이는 세미트레일러에 대해 자세히 알아보았다. 다음은 설계기준 자동차를 사용하여 차로 폭 및 시설한계 기준을 정한 이유에 대해 알아보고, 현재 차로 폭, 시설한계 및 교량등급 기준을 적용하는데 있어 어떠한 문제점이 있는지 살펴보고자 한다.

3. 설계기준 적용상의 문제점

1) 차로 폭

도로상에서 운전자가 핸들을 똑바로 잡고 주행하려해도 운전자는 핸들을 좌·우로 약간씩 움직이게 된다. 그러므로 차로 폭은 주행속도가 낮은 도로에서는 자동차가 주행경로에서 벗어나는 범위가 작아 좁게 설치하는 것이다. 반면에 주행속도가 높은 도로에서는 운전자가 핸들을 좌·우로 약간만 움직여도 자동차가 주행경로를 크게 벗어나기 때문에 넓게 설치해야 하는 것이다.

따라서 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』 제10조에서 차로 폭은 설계속도에 따라, 60km/hr 미만의 도로에서는 3.0m, 60~70km/hr인 경우는 3.25m, 80km/hr 이상인 경우는 3.5m를 최소폭으로 적용토록 되어 있으며, 회전차로는 주행속도가 매우 낮은 상태에서 회전을 하므로 설계기준 자동차의 최대 폭 2.5m에 최소한의 여유폭 0.25m를 합한 2.75m까지 허용하고 있다.

외국에서는 설계속도가 110~140km/hr로 높은 경우에도 차로 폭을 3.5m로 적용하고 있다. 즉, 룩셈부르크 140km/hr, 프랑스 130km/hr, 일본·칠레·노르웨이 120km/hr, 멕시코 110km/hr의 고속도로 차로 폭이 국내의 80km/hr 이상인 도로의 차로 폭과 동일한 3.5m를 적용하고 있다.

그러나 국내에서는 설계속도 50km/hr 이하인 시가지 도로나 80km/hr 미만인 하급도로에서도 차로 폭을 3.5m로 적용하는 사례가 많고, 최근 개정된 국도의 설계지침에서도 설계속도와는 상관없이 국도의 표준화를 위해 차로 폭을 3.5m로 명시하고 있어 국가예산이 낭비되고 있는 실정이다.

2) 시설한계

시설한계는 설계기준 자동차의 최대 높이 4.0m를 기준으로 하여 세미트레일러가 구조물 하부를 지나갈 때, 급제동을 하게 되면 앞부분이 내려가고 뒷부분이 솟아오르므로 이 때 솟아오르는 높이 약 0.2m와 포장 덧씌우기 및 적설 등을 고려한 여유높이 약 0.3m를 합한 4.5m로 정하였다고 한다.

따라서 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』 제17조에도 “통과높이를 4.5m로 한다 단, 집산도로 또는 국지도로에 있어서는 부득이한 경우 4.2m까지 할 수 있다”라고 명시되어 있다.

그러나, 실제 설계시에는 시설한계 4.5m보다 0.3~0.5m 더 여유를 둔 4.8m 이상, 심지어 5.0m 이상 적용하는 경우가 많아 구조물과 흠쌓기 높이의 증가로 공사비가 낭비되고 있는 실정이다.

3) 교량등급 결정

『도로교 설계기준』에서 교량의 등급은 다음과 같이 정의되어 있다.

〈교량의 등급〉

- (1) DB-24로 설계하는 교량을 1등급, DB-18로 설계하는 교량을 2등급, DB-13.5로 설계하는 교량을 3등급으로 한다.
- (2) 고속국도 및 자동차 전용도로상의 교량은 1등급으로 한다. 다만, 교통량이 많고 중차량 통과가 불가피한 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설하는 교량, 장대교량은 1등급으로 할 수 있다.
- (3) 일반국도, 특별·광역시도와 지방도상의 교통량이 적은 교량은 2등급으로 한다. 또한, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설하는 교량은 원칙적으로 2등급으로 한다.
- (4) 산간벽지에 있는 지방도와 시도 및 군도 중에서 교통량이 극히 적은 곳에 가설하는 교량은 3등급으로 한다.

위의 기준상의 문제점은 다음과 같다.

첫째, 교량의 등급을 교통량이 많고 적음에 따라 결정하고 있으나, 교량에는 교통량의 과소가 아닌 중차량 통행량이 가장 큰 영향을 미친다. 즉, 중차량 1대가 통과할 때 교량에 미치는 손상이 승용차 약 1만대 통과시에 미치는 영향과 같기 때문에 중차량을 기준으로 교량의 등급을 구분하는 것이

바람직하다. 따라서 교량등급 결정시 일반적인 교통량 대신 중차량 통과량으로 변경하는 것이 필요하다고 사료된다.

둘째, 현행 설계시 일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도와 택지개발지구내 도로상의 교량 대부분을 1등급인 DB-24로 설계를 하고 있고, 군 작전상 중요도로가 아닌 곳에 전차하중 58톤을 적용하는 사례가 있으며, 기존도로 확장설계시 DB-18로 설계된 기존교량을 철거하고 1등급인 DB-24로 신설 하므로써 예산을 낭비하고 있는 실정이다. 외국사례를 보면 영국은 교량수명을 200년으로 계획하여 공용수명까지 보수하여 사용토록 하고 있고, 미국은 교량상판 교체시기를 최소 25년 이상으로 하여 유지보수를 통해 공용수명까지 사용토록 하고 있다.

따라서 위와 같은 문제점을 설계자가 인식하고 올바르게 설계기준을 적용하는 것이 필요하다.

4. 설계기준의 올바른 적용방안

1) 차로 폭

차로 폭은 설계속도와 직접적인 관련이 있으므로 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」 제10조에 의거 설계속도에 맞게 최소 차로폭을 적용하여도 무방하다. 즉, 설계속도 60km/hr 미만인 경우에는 3.0m, 설계속도 60~70km/hr인 경우에는 3.25m, 설계속도 80km/hr 이상인 경우에는 3.5m를 적용하고, 회전차로의 경우에는 2.75m까지 축소할 수 있다.

2) 시설한계

시설한계는 4.5m를 적용한다. 단, 집산도로 또는 국지도로에 있어서는 지형상황, 그 외 특별한 사유에 의해 부득이한 경우에만 4.2m로 하고, 대형자동차의 교통량이 현저히 적고 당해 도로 부근에 대형자동차의 우회가능한 도로가 있는 경우에는 3m까지 축소할 수 있다.

3) 교량의 등급

「도로교 설계기준」에 명시된 내용 중 아래 밑줄친 부분에 대한 문구 수정이 필요하다.

1.3 교량의 등급

- (1) DB-24로 설계하는 교량을 1등급, DB-18로 설계하는 교량을 2등급, DB-13.5로 설계하는 교량을 3등급으로 한다.
- (2) 고속국도 및 자동차 전용도로상의 교량은 1등급으로 한다. 다만, 중차량 통행이 많은 도로, 국방상 중요한 도로상에 가설하는 교량, 장대교량은 1등급으로 할 수 있다.
- (3) 일반국도, 특별시도와 지방도상의 중차량 통행이 적은 교량은 2등급으로 한다. 또한, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로상에 가설하는 교량은 원칙으로 2등급으로 한다.
- (4) 산간벽지에 있는 지방도와 시도 및 군도 중에서 중차량 통행이 극히 적은 곳에 가설하는 교량은 3등급으로 한다.

교량의 등급 결정시 상기 기준에 명시된 대로 중차량 통행이 많은 고속국도 및 자동차 전용도로, 국방상 중요도로에 가설되는 교량 및 장대교량은 1등급을 적용하고, 일반국도 이하의 도로상에 가설되는 교량은 도로등급과 중차량 통행량을 고려하여 2등급 또는 3등급으로 적용하여야 한다.

III. 결론

본고에서는 세미트레일러의 제원과 표준트럭하중에 대해 기술자가 이해하기 쉽도록 상세히 설명하였고, 이에 따른 올바른 설계적용방안을 제시하였다.

첫째, 차로 폭은 『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』 제10조에 의거 설계속도에 맞게 최소 폭을 3.0~3.5m까지 차등 적용하여야 한다. 즉, 설계속도 60km/hr 미만은 3.0m, 설계속도 60~70km/hr인 경우에는 3.25m, 설계속도 80km/hr 이상인 경우에는 3.5m를 적용하여도 충분하고, 회전차로의 경우에는 2.75m까지 축소할 수 있다.

둘째, 시설한계는 설계기준 자동차의 최대 높이 4.0m에 여유높이 0.5m를 합한 4.5m로 규정되어 있으므로 이 기준을 적용하면 충분하다. 여기에 더 여유를 두어 시설한계를 4.8m 이상 또는 5.0m 이상 적용하는 것은 비경제적이다.

셋째, 교량의 등급은 『도로교 설계기준』에 따라 1등급은 DB-24, 2등급

는 DB-18, 그리고 3등교는 DB-13.5로 설계기준에 충실하게 따라야 한다. 이와 관련하여 교량의 등급 결정시 일반 교통량 대신 중차량 통행량을 고려하여야 한다.

공학(工學)은 같은 비용으로 효율을 높이거나 또는 적은 비용으로 같은 효율을 내기 위한 것이 목적이므로 경제적인 측면이 반드시 고려되어야 한다. 만일 경제적인 측면을 무시하고 많은 비용을 투자하여 필요이상으로 과도한 시설물을 건설하고자 한다면 굳이 공학을 필요로 하지 않을 것이다.

Ⅳ. 참고문헌

1. 건설교통부(2000. 3), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙해설 및 지침.
2. 한국도로교통협회(2005), 도로교 설계기준.
3. AASHTO(2004), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
4. State of California, Department of Transportation(1995), Bridge design specifications manual.
5. 일본도로협회(2004), 도로 구조령의 해설과 운용.



곽동근



권순일