

일본에 있어서 교량구조물의 파괴현상과 역사적, 지역적으로 본 구조물내하력의 추정

李 在 亨

한국건설안전기술협회 진단부장

토목구조기술사

* 주: 본고는 日本의 岡尚平著 “橋梁の各種事故例と對策”의 제1장 破壞現像および 歴史的, 地域的にみた構造物耐何力の 推定을 번역소개한 것이다.

1. 개요

토목상부구조물의 내용연수를 엄밀하게 정의하는 것은 어려우나 철근 Concrete교와 강교는 목교에 비하여 영구적이라고 일컬어진다. 그렇지만 이들의 상부구조가 ‘영구’라고 하는 단어가 나타내는 정도로 영구적인 수명을 갖고있고 사회시설로서 이용된다는 점에 대해서는 유감스럽지만 다시한번 생각해 필요가 있다. 그 원인은 재료의 피로에 대한 강도의 저하에 대하여 대체적인 안목이 없는 까닭은 아니지만, 경제발전이 빠른 일본에 있어서는 사회기구의 진보보다 과거자산의 갱신이라 여기고 폐기시키지 못하기 때문이다. 철도교 통에는 이전의 증기기관차(동륜 피스톤 등이 왕복운동을 하여 충격을 높이는 것)로부터 전인용 전기기관차와 모든 차가 동력을 갖는 전차로 발전하였기 때문에, 교량에 걸리는 활하중은 작아지고 있지만, 도로교는 이와 반대로, 표 1. 그림 1.에서 보는 바와 같이 설계하

중이 大正 8년(1919)보다 점차 무거워져서, 昭和 30년(1955)부터 현행 TL-20t 차량을 사용하고 있지만 이미 해상 Container의 영향을 받는 8' - 8' - 40'(43t)의 Container 하중이 보급되고 있다.

다음으로 재료에 대해서 보면 일반적으로 사용되고 있는 것은 강재와 Concrete이다. 강재는 그 기계적인 성질이 명확하고, 탄성범위 내에서 거동하는 구조계이나 재료의 허용치가 항복점 부근에 도달하여도 연강의 경우는 과단까지 여유가 있기 때문에 많이 사용되고 있다.(SS41의 허용응력도 1400kg/cm², 항복점 2300kg/cm², 파단강도 4100~5000kg/cm²)

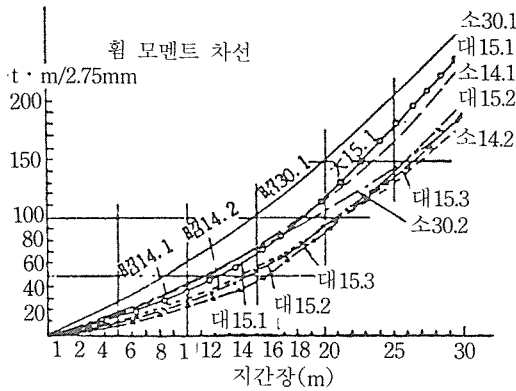
또 부재의 일부가 소성영역에 있어 변형량이 커지면, 탄성역의 구조계에 Plastic Hinge를 넣은 구조계로 변화하여, 시설로서 파괴 혹은 폐기에 이를 때까지는 아직 처리할 수 있는 시간적 여유가 있는 경우가 많다. 이들에 대하여 철근 Concrete 부재를 볼 때 예를 들면 단철근 장방형보에는 철근이 그 인장력을 받아



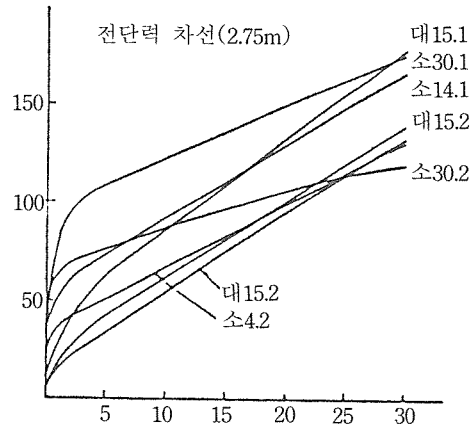
처짐을 일으키는데 그 처짐량을 보면 Concrete에 균열이 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 그 균열은 한곳에 모여 있지 않아, 물의 삼투를 막기도 하고, 구조적으로 중대한 결함이 되지 않도록 균열을 분산시키려 애쓰고 있다. 그런데 탄성역에서 소성역으로 들어가는 응력을 반복해서 받을 때, 재료의 압축, 인장의 강도 차로부터 결함이 생기기 쉬워서 결국은 설계 계산시에 가정했던 거동을 보여주지 못하고,

파괴의 형식에 있어서는 육안으로 결함의 징후를 알기 때문에 처리할 시간적 여유가 적어 파괴되어 버린 것이 있기 때문에 평소부터의 관찰이 중요하다.

도로교에도 횡수는 적을지 모르지만 특수한 종류의 하중을 받을 기회가 있다. 예를 들면 자동차용으로 설계된 것에 변전소의 변압기 등의 초과하중을 통과할 때는 미리 대책을



(a) 시간장과 시간중양점의 휨 Moment



(b) 시간장과 지점의 전단력

그림 1.1 시간장과 지점의 전단력

표 1.1 도로교하중일람표

규정년월일	등급	해당도로	자동차하중	등분포하중	충격계수
명치~대정8	별도로 정해진 규정이 없고 외국의 예에 의한 하중을 실었다.				
대정8년(1919) 도로구조령		가 로 국 도 부 현 도	(11.25t) (7.875t) (6.375t)	(560kg/m ²) (490kg/m ²) "	별도의 규정이 없음
대정15년(1926) 도로구조령에 관한 세칙	1등급 2등급 3등급	가 로 국 도 부 현 도	12t 8t 6t	$\frac{120,000}{170+l} < 600\text{kg/m}^2$ $\frac{100,000}{170+l} < 50\text{kg/m}^2$ "	$i = \frac{20}{6+l} < 0.3$
소화14년(1939) 내무성 설계시방서	1등급 2등급	국도와 폭 8m 이상의 가로 부현도와 폭 4 ~8m 가로	13t 9t	$l < 30\text{m}$ 500kg/m ² $l < 120\text{m}$ (545-1.5l) $l < 30\text{m}$ 400kg/m ² $l < 120\text{m}$ (430-l)	$i = \frac{20}{50+l}$
소화30년(1955) 건설성 설계시방서	1등급 2등급	1, 2급도로 주요지방도 수도부현도 시정촌도	20t(5t/m) 14t(3.5t/m)	$l < 80\text{m}$ 350kg/m ² $l > 80\text{m}$ (430-l) $l < 80\text{m}$ 245kg/m ² $l > 80\text{m}$ 0.7(430-l)	$i = \frac{20}{50+l}$



세우기가 쉽지만 지진같은 확율이 낮은 天災는 그 구조물의 사회적인 이용방법에 차이를 둔다. 예를들면 우회로가 적은 간선도로는 상당한 안전율을 갖고있어 일반적인 초과하중에도 대비하지만, 우회로가 많은 그리 중요하지 않은 시설의 경우와 다리가 부서져도 바로 응급대책이 가능한 경우는 투자의 경제성과 사회발전의 진보에 따라서 지진에 대한 안전율이 낮아 파손이 일어나고서의 복구는 쉽지 않을 것이다.

다만 상시하중에 대해서 도회지에서 보수시 작업시간, 통행하중등 관리자로서의 신뢰도를 감안한 충분한 조치가 요망된다.

이상과 같이 파괴의 거동을 분석해 보면 여러종류의 방법으로 집약되나 저자 자신은 파괴정도의 안전도에 대하여 아직 정량적인 기준을 갖고 있지 못하지만 오오사까의 교량을 담당하고 있던 때의 정성적인 경험을 소개하여 독자의 비판을 기다린다.

2. 철근 Concrete상판

교량의 주요부재는 재하하중을 국부응력으로 받는 상판으로 각 부재에 균등한 응력도로 분포하기 때문에 支承부근 혹은 강판의 연결부근을 제거하므로 큰 국부집중응력도를 갖고 있는 곳은 적다. 그에 대하여 도로교의 상판은 자동차의 윤하중을 직접받고 있기 때문에 국부집중응력을 받아 상부구조로 전달하고 있다. 그에 대한 계산의 가정에 대해서는 생각되지 않은 힘을 받을 수 있다.

그위에 종래는 T-Beam을 없애고 상판을 주 구조의 일부로 생각하는 적이 적었지만, 철근 Concrete 상판과 Girder와의 합성보가 많이 채용되고 있는 것은 주Girder의 플랜지 역할도 하기 때문에 그 응력과 상판으로서의 응력과를 합하는 것에 대하여 허용응력을 정하지 않으면 안된다. 따라서 발생하는 국부응력도의 값을

최대한 적게 하기 위하여 상판상에 포장을 하고 자동차의 윤하중을 분포시키는 것이 결론적인 구조이다.

앞뒤도로가 사리도 사이에 끼인 철근 Concrete 상판을 갖고 있는 I-Beam Girder교에 상당한 두께(30~40cm)의 토피가 있는데, 도로포장을 위하여 토피를 제거한 경우 자동차의 윤하중에 상판이 깨져나간적이 있다. 물론 그 교량은(지간 9m 폭 5m) 大正 연대에 가설된 주Girder 간격 80cm로 간단한 구형강의 橫Girder를 갖고 있지만, 하중의 橫분배는 두께 15cm의 상판에서 끝나고 있다. 깨진 상판을 보면 주근으로 $\phi 9$ 가 15cm 간격으로 대치되고 있고 강도 검사를 위하여 슈미트 햄머로 타격하면 Concrete가 파쇄된다. 그 경우의 보수는 모재 Concrete도 강도 부족때문에 새로운 橫Girder를 추가하여 상판을 만들었다.

철근 Concrete 상판은 종래보다 주Girder에 지지되는 일방향 상판으로 설계되고 있지만 다음에 기술되는 것과 같이 주Girder 방향에도 큰 응력이 작용하고 배력근이 적었던 오래된 교량에는 때때로 파손된 적이 있다. 특히 주Girder의 신축부에 높은 강도의 橫Girder나 튼튼한 신축이음에 의해 보강되지 않은 상판은 파괴되기 쉽다. 어떤 교량에서 그 신축이음은 Elastite를 넣은 간단한 것이었지만 노면, 배수의 불안전함, 인접상판과의 종단적인 고저차 등으로 연결부보다 상판이 파손되기 때문에 橫Girder를 추가하여 Concrete를 타설하고 있다. 더우기 시공중에 옹기면 철근 Concrete 상판은 그 두께를 측정할 수 있는 장치를 이용하여 타설하지만 공구규정이 시공중 사용하는데 말뚝형태인 것과 폭우가 있을때, 타설 Concrete의 보호작업을 위해 아직 굳지않은 Concrete를 예상하면 움푹패이는 적이 있다. 18cm 두께의 상판을 동발목등에 의하여 2cm 패인 경우는 $2/18 = \text{약 } 11\%$ 의 상판두께가 줄고, 지간 30m의 합성 Girder 경우에는 주Gir-



der로서 단면2차 모멘트는 국부적이지만 설계치의 95.6%로 되고 있다. 이렇듯 작업에 주의하여 앞으로는 막을 수 있도록 한다.

3. 주Girder

주Girder의 파괴를 생각할 때에는 교량의 형식에 의해 강Girder, 철근 Concrete Girder, PC Girder로 나누어 생각하지 않으면 안된다. 오오사까의 예를 보면 표 1.2와 같이 昭和초기보다 태평양전쟁이 끝나는 기간과 종전 후의 복구기에 놓아진 것이 많고 교량종류를 보면 철근 Concrete교가 많고 강교로는 합성Girder 구조 보급 후에 놓아진 것이 많다. 따라서 여기서는 철근 Concrete보에 대하여 기술하고자 한다.

주Girder 파괴를 생각함에 있어 단철근 장방형보가 휨을 받는 경우의 응력상태를 가정한다. 그때 응력도는 다음장에 언급할 것과 같이 5종류가 있는데 교량Girder가 파괴로 이어지는 것은 휨에 의한 수직응력도, 주응력의 내부 사인장력의 2가지로 생각한다. 따라서 주근으로 고려되는 것은 다음의 2종류가 생각된다.

그 하나는 지간중앙부근의 휨에 대한 인장철근이고 중립축에 대하여 상층의 Concrete는 압축응력을 하층의 철근은 인장응력으로 된 우력이 되어 하중에 대한 모멘트에 대항하고 있다. 그러므로 주철근의 필요단면은

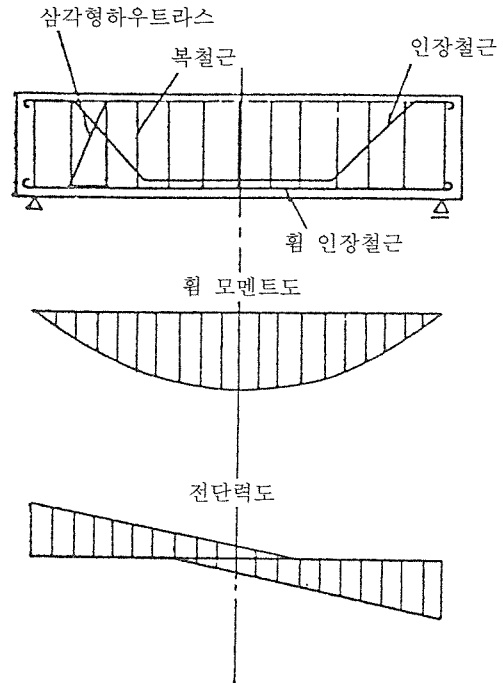


그림 1.2 철근콘크리트보의 배근

표 1.2 오오사까부 관리교량 가설하중별표

	국도 주요				일 반					계					%	
	steel	PC	RC	假計	steel	PC	RC	假計	計	steel	PC	RC	假計	計		
석교				3	3				11	11				14	14	2.8
목교				2	2				17	17				19	19	
~대15(1926)	2	-	13		15	1	-	43		44	3	-	56		59	4.9
대15~소14 (1926) (1939)	22	-	156		178	16	-	180		196	38	-	336		374	31.1
소14~소30 (1939) (1955)	8	2	121		131	7	-	63		70	15	2	184		201	16.8
소30~ (1955)	42	11	250		303	25	26	179		230	67	37	429		533	44.4
%	74	13	540	5	632	49	26	465	28	568	123	39	1005	33	1200	100.0
											10.2	3.3	83.7	2.8	100	

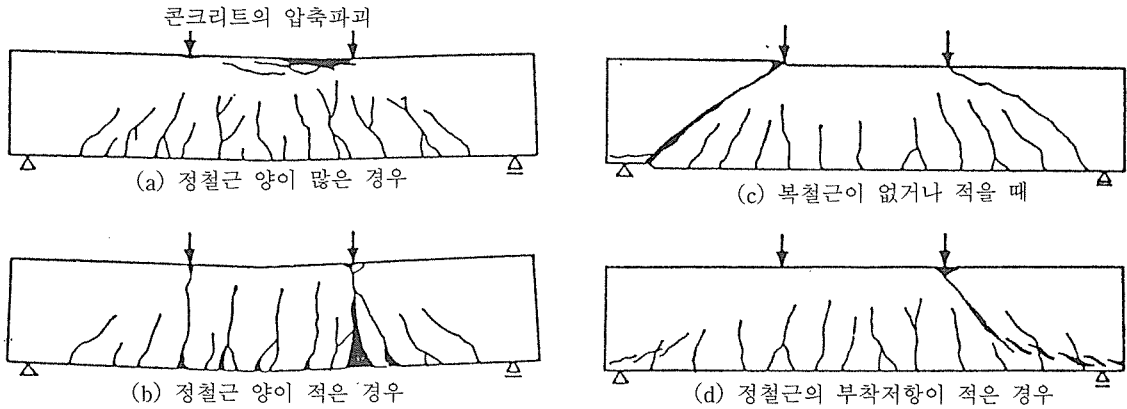


그림 1.3 RC보의 휨파괴 종류

$$A_s = \frac{1}{\sigma_s j d}$$

로 된다. 여기서 j 는 압축축의 응력중심으로부터 주철근까지의 Girder높이에 대한 비로 표시하고 있고 철근의 피복은 고려하지 않는다. 보통기상에 노출되는 것은 피복으로 2~3 cm을 취하고 있지만 주철근 피복의 이탈, 또는 이탈 징후에서 보는 바와 같이 주Girder의 휨에 대한 변위와 철근의 심한 녹으로부터 피복 Concrete가 박리하는 때가 있고 박리하지 않아도 균열이 나는 경우가 있다. 시공정도와 함께 휨응력에 대하여도 일단의 주의 신호가 있다.

제2의 주근은 전단력에 대한 보강으로 사인장철근이다. 그것은 중앙부의 휨에 대하여 불필요하게 된 주근을 휘어올려 이용하고 있으나, 그 휘어올린 철근은 와렌트러스의 인장재를 구성하는 복철근을 배치한다.

단순보에는 이상과 같이 휨에 대하여 주철근을 불필요하게 된 것부터 차례로 휘어올려 사인장력에 대응시키고 있지만 연속보와 상부공에 여러개의 지점을 받는 교각의 가로보와 같이 휨모멘트도와 전단력도에서 적정한 배근설계가 될 수 없는 경우가 있어 철근 Concrete보의 휨시험결과로 철근비에 대한 그림 1.3과 같은 Crack이 발생한다.

4. 支承과 지압면부근의 Crack

장방경간의 T-Beam에 중력식교대를 놓는 것은 지압면부근에 Crack이 나는 때가 있다. 상부 Girder단부는 지점반력으로 큰집중력을 받기 때문에 설계시에 주의를 요하지만, 중력식교대는 그 Concrete덩어리가 크기때문에 지압면강도가 강하게 느껴져 오히려 배근이 소홀하게 되는 예가 있다.

昭和7년에 가설된 지간 5m 폭 6.5m를 갖는 주Girder 4본의 철근 Concrete T형 Girder의 내부 Girder 예로 그 교대전면은 그림 1.4에 그려진 것과 같이 支承구조로서 교대支承면에 Elastite를 놓고 그것을 물어버려 거푸집이 대신 사용된다고 추정된다. 건설후의 자동차교

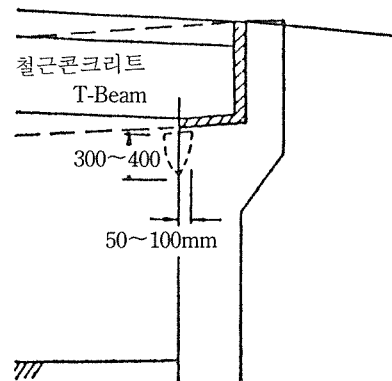


그림 1.4 지승부 구조



통을 위해(昭和 37년 교통량 12,279대/12시간) 주Girder支承부에 있어 약 1/2000의 처짐각을 일으키고 그 각 支承부의 앞부분에 집중선하중이 작용된 결과 교대의 支承 바로아래에 생긴 할렬(割裂)에 의한 橫방향의 인장력과 전단력에 의해 균열이 났다고 생각한다.

교량지압면 파괴양상의 경우를 보면 昭和 10년에 가설된 철근 Concrete T형 Girder로 그지간이 9m, 폭 6m로 4본의 주Girder 구조이다. 이 경우 耳Girder가 교대외면에 빠듯하게 위치하고 있는 것도 영향을 주어 교대支承부에 사인장의 Crack이 생기고 있다. 그 구조도 앞의 예와 같이 같은 모양의 Elastite를 매설해 버린 거푸집이 대신 사용하고 있다.

이상의 구조에 있어 주Girder支承부에 걸린 사하중과 Girder에 걸리는 충격계수배한 자동차후륜하중 10t이 支承부에 그대로 전달시킨 것으로 하고 그 힘을 支承으로 여기는 (Girder 폭)×(교대천단 폭)으로 제한 支承부의 지압응력도 q를 구하면 앞 예의 23.5kg/cm², 17.0kg/cm²로 된다. 일본토목학회 제정 철근 Concrete 표준시방서 159조(昭和 31년)의 허용지압응력도는

$$\sigma_{ac} = \frac{\sigma_{28}}{3.5}$$

또는

$$\sigma_{ca} < \sigma_{ca} \left[\frac{2}{3} + \frac{1^3}{3} \sqrt{\left[\frac{A}{A'} \right]} \right]$$

이라 고려된다. 그러나 이 예의 경우 A/A' = 1이라면 지압강도 20kg/cm²로 Concrete가 파괴되는 경우가 있지 않다.

또 Hertz의 공식에 의하여 지압응력도를 구하면

$$\sigma_{max} = \frac{4R}{\pi bl} = 25.5 \text{ kg/cm}^2$$

이다.

또 Concrete locker등으로 여겨지는 橫방향 인장력에서 구해보면

$$\sigma_t = 0.42 \frac{R}{tl} = 8.4 \text{ kg/cm}^2$$

로 되고 그 인장력에 대하여 支承자리 격자철근이 저항하는 것으로 된다. 보통 중력식 교대에도 支承자리에는 배근이 되고 있지만 Girder의 신축교대등의 기울움등으로 삼각형부의 Concrete가 압면에 끌려나오는 것도 있어서 배력근은 Parapet등 단면이 급하게 변하는 면보다 후방으로 부착장이 필요하게 된다. 그 철근은 또 온도차에 대하여 저항하는 의미도 갖기 때문에 支承부에 많고 그 이외의 곳에도 조금은 배근한다.

그 경우 철근 Concrete배근의 원칙은 등질의 부재로 하기 위하여 필요 철근량을 가는 철근을 좁게 놓는 것이 원칙이므로 Parapet철근은 최대간격 300mm를 넘지 않도록 하여야 한다.

큰지간의 교량들과 같이 큰 값의 집중하중을 支承이 받는 경우는 격자철근에 부착장을 고려하는 것보다 축방향력을 받는 부재에 라센 철근을 넣어 보강하는 경우도 똑같이 생각하고자 한다.

5. 지점의 부등침하에 의한 주Girder의 파괴

지점의 부등침하에 의해 도출되는 주Girder에 걸리는 휨모멘트는 크라베이론의 3련모멘트 일반공식으로 표시된다.

$$M_{r-1,l} + 2M_r(1 + l_{r+1}) + M_{r+1,l_{r-1}} = 6EI(i_r' - i_r'') + 6EI(\beta_r - \beta_{r+1}) \quad \text{식1}$$

이제 가설후에 추가되는 여분의 응력을 문제로 하기 위하여 제하중이 없다고 하면 식1의 우변 제1항은 $i_r' = i_r'' = 0$ 로 된다.

$$\beta_r = \frac{1}{l_r} (\delta_r - \delta_{r-1})$$

$$\beta_r = \frac{1}{l_{r+1}} (\delta_r - \delta_{r-1}) \quad \text{식2}$$



로 나타나기 때문에 결국 식 1은

$$M \propto \frac{6EI}{l^2} \delta \quad \text{식 3}$$

로 되어 주Girder에 생기는 휨 모멘트는 부등침하량 δ 와 강성 EI에 비례하고 지간 l의 자승에 반비례한다. 이제 EI, l은 교량구조 고유의 것으로, E는 사용재료에서, I는 지간과 관계된다. 『이제 2차식($f_1=al^2+bl+c$)로 가정한 실제교량에 관한 계산』 그 값을 식 3에 대입하여 여러개의 교량에 맞추어 본 결과는 장대경간(약 40m)이 되면 지점이 다소(약 5cm) 부등침하 하여도 휨 모멘트에 의해 결정적 파괴에 이르지 않는다고 생각한다.

지점의 부등침하량 δ 를 최대한 적게하기 위해서는 하부공의 침하의 절대량을 적게 하도록 하나, 예를들어 건축기초구조 설계기준에 의하면 Footing기초의 경우 표준치 5cm 최대치 10cm를 허용침하량으로 하고 있다. 또 토목공학 핸드북에는 24mm를 일단의 기준으로 하고 있다. 토목구조물에는 지간 6~10m 정도의 연속형식 철근 Concrete 라멘 및 철근 Concrete 연속 Girder가 강한 橫Girder에 지지되는 支承에 충분히 접해지지 않는 경우(신교를 구

교의 옆으로 엮은 橫가설 하는 경우등)에는 특히 주의를 요한다.

라멘교 조교지압 균열경우로 지간 8m의 라멘吊교(昭和 11년 가설)가 있으나, 지점이 면 支承으로 되어 있으며 부등침하에 대하여 바로 Girder의 하단이 압착하고 있음과 동시에 吊Girder Gelber부 Concrete의 橫방향의 균열이 나고 있다.

인접교각 침하에 의한 Girder압착의 경우로 지간 11m(昭和 3년가설)의 단순보를 겹쳐이은 것 입니다만, 양측의 교각이 침하했기 때문에 땅을 덮고 있는 Concrete가 압착된 것이다.

인접교각침하에 의한 땅 덮개 균열의 경과로 지간 16+(5+19)m (昭和 13년가설)의 2경간 Gelber Girder의 지점침하 때문에 우선 난간에 Crack이 나서 압착하고, 그 뒤 양측의 교대가 침하했기 때문에 접합부가 틈이 났다고 생각 된다.

이상 각교각의 부등침하에 관해 주Girder와 난간에 나타난 Crack이지만, 그 파손에 비교하면 支承의 향이 닿는 교각의 부등침하에 있어 면 支承으로서 설계된 것이 점 支承으로 된 때에는 위험하다.

6. 보충

교량구조의 부재 국부의 파괴에 관하여 기술하였고, 그 이외의 예와 저자의 사고방식을 소개하고자 합니다. 그중 하나로 昭和 9년에 가설된 지간 11.3+2a11.6+11.3, 폭 4.6m 사각 45°의 철근 Concrete T-Beam교인데, 제작시에 支承으로서 2매의 철판을 겹쳐 놓았다고 보는데 橫방향의 힘에 대처하지 않았기 때문에 장시간의 진동으로 신축이음이 벌어지고 이음의 간격에 자갈이 가득찬 것을 자동차가 밟고 있기 때문에 어떤 경우에서와 같은 난간의 어긋남에서 보듯이 15cm정도 어긋나고 있다. 그 보수는 주Girder를 橫으로 되돌리기

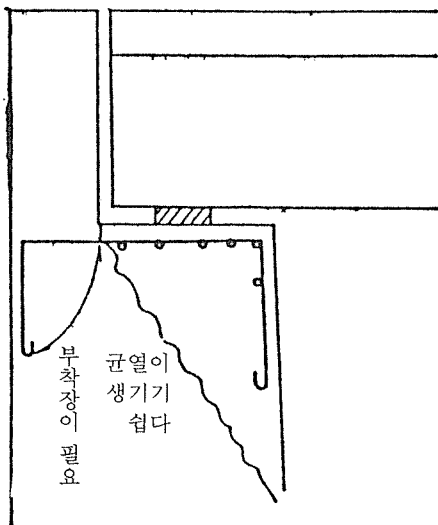


그림 1.5 지장면의 파괴



위한 가설비계, 잭키 작업의 곤란성 때문에 복원은 고려치 않고 현재 이후, 옆으로 어긋난대로 멈추게 하는 블록 Concrete를 교각상에 Girder끝단에 붙여 타설하고 이음을 보수하여 (昭和 38년), 현재 재가설의 시기를 맞고 있다. 오물에 의한 부식의 예로 昭和 6년에 가설된

Plate Girder인데, 바로 옆에 시장이 있어 그 시장에 가게를 차린 닭고기집이 도로, 하천관리자의 경고를 무시하고 장기간동안 오물을 하천에 버리고 있었다. 그때문에 鋼Girder 플랜지에 오물이 걸려 대단히 빨리 부식하였다. 그런데 자위수단으로 난간위에 버려지는 오물이 부딪쳐

표 1.3 오오사까부 교량연대별 도표

연도	오오사까부 주요사업	오오사까부 시공착명 교량	사상적 배경
1910년	명치43년 설계하중시방서		
1912년	대정원년 Ouebec낙교		
1920년	대정9년		
1926년	소화원년 Eyebar 사용 3000관 2100< 1700< 대정15년	대방대교와 이설 (구경판전차교) 환리소야교	
1930년 만주사변	소화 14년 12t, 8t, 6t 소화 15년 Tacoma낙교	RC 라멘(석교, 약강노선교) 십삼대교 장병교(PLATE GIRDER) 전범대교 하내, 대정교(RC. Girder)	GERBER 형식 RC부정정 형식 횡GIRDER가 없는 주장 RC. GERBER의 정착부 약함
태평양전쟁	내무성 표준판거더교 T-Beam교	대화천교, 국체교 竹筋 콘크리트 상판교	
1945년 종전	PC공법		
1950년	용접공법 합성	신십대방사3환상선 소화 30년 오오사까지전선	경량화
1960년	소화35년 Computer화 경제사회발전 소득증배 5개년 신장기경제	외환상선 중양환상선 어당근선 축항목강선	간선도에 걸린 것들 중량화
1970년	소화45년 도로투자액 10억, 9억, 8억, 7억, 6억, 5억	만국박람회	PC.Preten(상GIRDERDML 표준화)



나가떨어지도록 땅을 덮은 곳에서 철판을 붙여 플랜지에 걸리는 쓰레기를 막고 있다. 하천에 물건을 버리는 풍습이 없는 지방에서는 생각할 필요가 없는 사례이나 이 부분에서 일본인의 도덕심 결여가 나타나고 있다.

기초 보호공의 경우로 昭和 11년에 가설된 교량이 있는데 하천이 150년전에 인공적으로 굴착된 방수로 때문에 하저가 낮아지고 말뚝 기초를 지닌 Footing이 떠오르기 때문에 교량의 자위수단으로서 뿌리뚫기를 한 예가 있으나, 금후 하저가 계속 낮아지면 하천의 바닥이 낮아지는 것을 막는 뚝을 필요로 한다. 하저의 안전성, 주변의 발전등 예측되는 것이 있을 때의 자위수단도 처음부터 검토하여 놓아야 한다.

면접촉구조의 신축이음매가 운하중에 의해 쳐져서 파손하는 것도 많다. 금후의 판금작업으로 강관구조에는 선접촉이 가능하여도 면접촉은 특별한 가공을 한 것 이외에는 어렵고 점으로 접촉하면 응력의 국부적인 집중을 일으키고 있는 경우가 많기 때문에 설계조건과 다르게 사용되고 있는 것이 많다.

신축이음에도 열레형을 하고 그 아래에 신축부의 배수만을 받도록 한 도랑은 가설시 공중에 막혀있는 적이 많으며, 청소가 불가능한 경우가 많다. 또 열레형의 신축부로 흙이 흘러나가면 支承부근에 많이 쌓여있는 적이 많다.

우수받이에 대하여도 하단의 자르는 방법이 반대이기 때문에 Girder방향에 배수를 요구하고 있는 것과 하천상에 있는 동안 받이의 연결부가 가늘고, 먼지로 막혀 기능을 다하지 못하는 경우가 많다.

본 장의 처음에 오오사카가 관리는 교량가설 연차별 재질별 통계를 보여주는데 표 13에 일본발전과 자동차 하중 및 기술의 진보를 명기한 오른쪽에 오오사카 시공의 대표적인 교량명칭을 표시하였다. 수년간 교량계를 담

당하면서 현재교량을 유지관리하고 각선배의 생각을 끌어내 종합하고 오오사카의 구조에 있어 역사적으로 본 개략 다음과 같은 것을 말할 수 있다. 昭和초년까지는 유럽선진국의 기술을 직접 도입한 것이 있다.

예를들면 枚方대교는 明治 43년 京阪 전기케도가 淀川, 宇治川에 놓은 電車교량으로서 영국에서 도입한 것을 大正 12년에서 昭和 2년에 놓고 해체하여, 枚方에 이설 바꿔 가설하였다. 그당시 도로교에의 보강은 다소보강하고 있는것의 현재의 역학으로 고찰해보면 만족할만 하지는 않다. 예를들면 와렌트라스의 격점간의 부재를 I형으로 해야 되지만 H형으로 되어 있기도 하며, Quebec교의 落橋이전 시공이기 때문에 좌굴강도에 대한 보증도 적다.

그 枚方대교를 京阪전차로 부터 구입한 당시에 상부구조등에 약간의 I빔이 남아있는 것 같다. 그 『England』라는 부조가 있는 I빔이 枚方주변에 大正년대에 가설된 I빔 병렬교에 많이 이용되어 있다. 그 구조는 주Girder 간격 800~1,000mm의 병렬 Girder로 구형강의 横 Girder를 갖고, 하부공은 철근 Concrete 말뚝의 교각구체와 간단한 Footing으로 되어 있다.

이전은 대부분 목교가 걸려있던 곳에 상부공만 치환했기 때문에 당시의 지방부로서 시공이 나쁜 것은 상관에 구멍 뚫어지는 일이 많다. 다음에 사회불안이 점점 심해진 지나사변 당시에는 도시계획사업과 실업구제를 병행한 『10대 방사선의 도로대투자』를 행한시대로 近畿의 대하천 淀川에 3본의 교량을 놓았다. 그사이 장병교(橋長 800m 昭和 11년)은 목Girder의 하부공에 I빔이 병렬된 교량의 강교로 바꿔 가설되었다. 그다리를 바꿔 가설하는데 많은 양의 I빔이 쓰여졌고, 그 재료를 오오사카부, 시가 절반나누고, 부와 부내의 중소기업의 중력식 교대교각을 만드는데 I빔 병렬형식 교를 넓게 동시에 많이 건설하였다. 현재



이것들의 다리는 상판의 주근이 $\phi 9$ 로 간격이 넓은 이외에는 사고를 거의 볼 수 없다.

그 항보다 府는 상당수의 고도의 교량기술자를 고용하여 직영으로 설계시공관리를 행했던 시대로 현재 활약중인 선배도 많고 철근 Concrete 부정정(不靜定) 구조에 몰두하여 철도를 넘어가는 교량으로 삼경간 연속라멘을 놓고, 하천의 연속보, Gelber Girder를, 또 시가지 고가도로에 평스라브를 놓았다.

철근 Concrete T빔, 연속 T빔의 상부공은 Crack이 발생된 상태로 추정되는데 주근도 많고 Concrete의 시공관리도 충분하여 6-8t 자동차에 대하여 설계되어 있지만 현재에도 안전하다. 그 구조는 주Girder가 2본 혹은 여러본이 병렬로 현치가 1:3이 아닌 45°에 가깝고 전에는 橫Girder가 없었는데, 요즈음시대는 端橫Girder를 놓고 있지만 격자상으로 조립된 것은 어렵으로 된 것이 아니다. 다만 아까운것은 河西교(北海道, 昭和 11년)와 같은 시대이어서 支承부근의 배근 특히 Girder Hinge부의 휨 혹은 사인장에 대한 철근의 부착 길이와 짧은 한쪽지지도로서의 응력해석에 명확치 않은점이 있다.

상하부공의 이음매에 해당하는 支承은 철근 Concrete Girder에는 강판을 겹쳐 합한 것이 많다. 이음재도 Elastite가 전면거푸집대신에 사용되고 있으나 시간경과후 지하수를 퍼올리기 때문에 발생하는 지반침하에 의한 하부공의 부등침하와 하부구체의 거의 단부에 支承이 있으므로 교대의 턱에 Crack이 생겨났다. 하부공은 대하천(大河川)을 건널때는 전통형식도 상당하지만, 소하천(小河川)은 나무말뚝에 중력식 교대를 놓고 있다. 당시 2본구조로 겹친 말뚝박기 작업이라서 시공중 균말뚝으로 되는데 지지력이 확보되었다고 착각에 사로잡힌 것이거나 깊이 30m부근까지 양호한 지지층이 없고 그 사이 生駒山系の 사질토가 Lense상으로 끼어진 간척지의 東오오사까지역

에는 시공기계의 성능때문에 짧은 말뚝(10m 정도)을 얇은 사층에 맞추어 박았다. 그러나 그지역은 최근의 급속한 도시화에 의해 지하수 퍼올리기에 의하여 지반침하 영향을 점차로 받고 있다.

당시 2본구조로 겹친 말뚝박기 작업이라서 시공중 균말뚝으로 되는데 지지력이 확보되었다고 착각에 사로잡힌 것이거나 깊이 30m 부근까지 양호한 지지층이 없고 그 사이 生駒山系の 사질토가 Lense상으로 끼어진 간척지의 東오오사까지지역에는 시공기계의 성능때문에 짧은 말뚝(10m 정도)을 얇은 사층에 맞추어 박았다. 그러나 그지역은 최근의 급속한 도시화에 의해 지하수 퍼올리기에 의하여 지반침하 영향을 점차로 받고 있다.

재료가 부족했던 시대에는 내무성 토목연구소의 지도에 의해 竹筋Concrete교 지간도 있으나 수는 적다.

태평양전쟁 이후는 부흥을 부르짖는데 응하여 知事임기의 4개년 계획에 영구교화를 진척시켜 昭和 36년에 성과를 얻고 있다. 그런데 그기간에 가설된 교량도 많으나 전반기는 경제성을 중요시하는 세상이론에 의해 용접교, 사활하중 합성교량등을 시공하였고, 또 자동차교통이 현재와 같이 혼란하지 않았기 때문에 주Girder 본수도 감하여 다리를 지목하고 있다. 그러나 후반기는 자동차하중의 대형중량화와 여기저기서 일어나는 영구교의 사고를 보고 시공성을 중시하도록 강하고 여유있는 구조를 지목하고 있다. 예를 들면 합성 Girder에도 강한 橫Girder를 넣은 격자구조로 하여 국부적인 초과집중하중에 견디도록 고려하기도 하고 중요간선에 걸린 교량은 지반침하 대책용의 端橫 Girder의 배치, 상판의 보강을 한다. 특히 신축 이음은 곳곳의 사고 예를 참고로 端橫 Girder로 강하게 연결시키기도 하고 金具를 I단면으로 하는 등을 고려하고 있다.

이상과 같이 장인기질로 교량 하나하나씩



손을 본 시대는 昭和 40년에 끝나고, 그 이후는 대도시개발의 新十大放射3環狀線의 대형투자를 맞아 Consultant업차에의 위탁도 단단치 못했기 때문에, 장인기질의 내부기술자수의 부족과 협회등에서 출판되는 각종 시방서의 완비에 하는 수 없이 발걸음을 나란히 하였다.

오오사까부 내에서의 저자의 사고방식은 도로자산을 중요간선도, 떨어진 부락 유일의 교통기관도와 우회로인 일반도로 나누어 생각하며, 전자에 관하여는 시방서의 엄수이상으로, 장래 예측되는 초과하중과 부내의 사고예를 고려하여, 상시하중에는 절대로 교통제한을 요하는 보수를 하지않게 하고, 천재에 대하여도 상당한 여유를 갖도록 건설시 경제

성을 가볍게 보아주고자 한다. 후자에 관하여는 도로의 개발에 의하여, 교체가설의 기회도 있기 때문에 건설시점의 경제성을 중시하였으면 한다.

이상과 같이 오오사까부에 있는 교량의 추이를 대장, 선배의 이야기로 추정하여 보았다. 이것이 반드시 맞는다고 생각지 않으나 건설에 종사하는 여러선배의 사고적발상에 의해, 동일시대는 동일성질을 남기고 있는 것이 많다고 생각되기 때문에, 사고에 직면할 때는 오직 현상만 보는 것이 아니고, 類似의 구조로 부터 유추와 선배의 이야기를 종합하는 것은 동시대에 건설된 구조 維持에의 시준을 하여 가는 것이라고 생각한다. ⊗

