

Hagwilget Bridge

김기훈 Buckland & Taylor

1. 서론

북미의 상당수 교량들은 2차대전 전후에 건설되었다. 미국의 경우, 많은 고속도로 교량들이 아이젠하워 대통령 집권기인 1950년대에 건설되었고, 필자가 거주하는 캐나다 브리티시 콜롬비아주(B.C.주)도 교통국에서 관리하는 약 4,500개의 교량 중 다수가 1940~50년대에 지어진 교량으로 파악되고 있다. 이는 교량 설계 수명을 75년(미국 및 캐나다 도로교 설계기준)으로 볼 경우 많은 교량들이 동시다발적으로 내구연한을 맞거나 곧 맞게 되는 것이다. 이러한 노후된 교량의 경우, 철거 후 교체하거나 또는 적극적인 유지관리, 보수보강 및 성능개선 등을 통하여 사용 수명을 늘리는 방안이 강구될 수 있는데, 다만, 전자의 경우 철거 및 교체를 위해서는 엄청난 사회적 비용이 불가피하다는 것이 주지의 사실이다.

본고에서는 필자가 수행한 프로젝트 사례 (헤그윌겟 교 재건 프로젝트, Hagwilget Bridge Refurbishment)를 통해서 교량 수명 연장을 위한 캐나다 교량 관리 주체와 엔지니어의 노력을 소개하고자 한다.

2. 헤그윌겟 교 (Hagwilget Bridge)

1932년에 준공한 총 경간장 642.5ft(195.8m)의 헤그윌겟 교는 약 80m 깊이의 벌클레이강 협곡 (Bulkley River Canyon)으로 나누어진 브리티시 콜롬비아 주 (BC 주) 헤이즐톤 타운 (Hazelton)의 동서를 연결시키는 주경간장 140m(460ft)인 왕복 1차로 현수교와 주교량 양측의 다경간 접속교로로 구성된다.



Figure1: 헤그윌겟 교 (Hagwilget Bridge) 전경

본 교량은 교량 서쪽에 위치한 구 헤이즐톤 (Old Hazelton)에서 외부로 왕래할 수 있는 실질적으로 유일한 수단으로 평시뿐 아니라 지진 등의 재난시에도 소방차 및 구급차 등이 사용할 수 있도록 관리되어야 한다.

1990년대 이전까지 교량 관리 주체인 교통국은 목(木) 상판을 강재 그레이팅(Steel Grating)으로 교체하거나 교량 받침의 보수와 같이 특정 부위에 한정된 소규모 보수를 필요에 따라 진행해왔다.

2.1 1989-1990 제 1차 보수보강

1987년 BC 주 교통국은 자체 조사를 통하여 교량이 설계 하중의 3~4배에 달하는 화물 차량이 통행하고 있음을 확인하였고, 일부 부재의 경우, 노후화로 인한 보수의 필요성을 인지하게 된다. 이에 따라 Buckland & Taylor Ltd.(B&T)는 현수교 구간에 대한 교량 상태 측량 및 조사 후, 교량 상태(주탑 연직도, 케이블 이완, 부재 단면 손실 등)를 반영한 정밀 내하력 평가를 모든 주부재 및 부부재에 대하여 수행하고 교량 성능개선 및 보수 설계(이후 시공 감리 실시)를 수행한다.

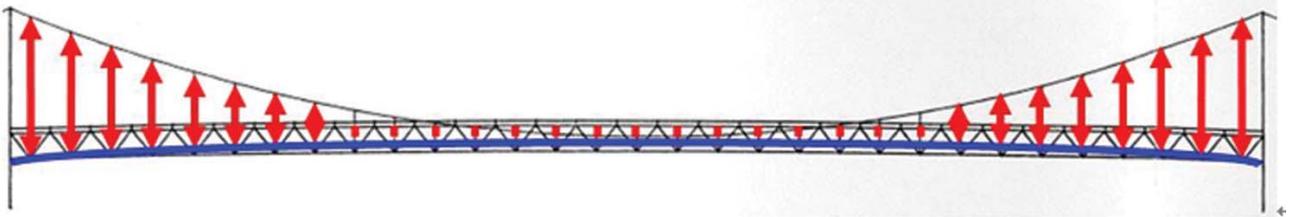


Figure 2: 행어로프 길이 조정을 통한 보강형 트러스 부모멘트 도입

내하력 성능 개선을 통하여 기존 14톤 트럭의 설계 하중이 52톤 트럭으로 향상되는데, 이는 새로 교체한 강재 그레이팅 상판과 트러스 상현재를 결합시켜 합성형으로 거동하게 만들과 동시에 현수교 행어로프의 길이 단축을 통해 사중중 상태에서 보강형 트러스에 부 모멘트를 미리 도입하여 활하중에 의하여 발생할 정 모멘트의 효과를 줄이므로써 가능하게 되었다. (그림2 참조)

여기서 주목할 것은 첫째, 이러한 성능 개선의 주요 부재의 대대적인 보강없이, 교량 상판의 교체 등 국부적인 부재의 교체 및 보수로 완성된 것이고, 둘째 교량 상판의 교체가 수일련의 야간통제(8시간)만으로서 완공된 것이다. 이는 사전에 공사금액 절감 및 주민 불편의 최소화를 목표로 설정한 교량 관리 주체와, 치밀한 엔지니어링을 통해 이를 구현해 낸 엔지니어의 기술력과 노력이 없이는 불가능 한것이다. (그림 3 참조)

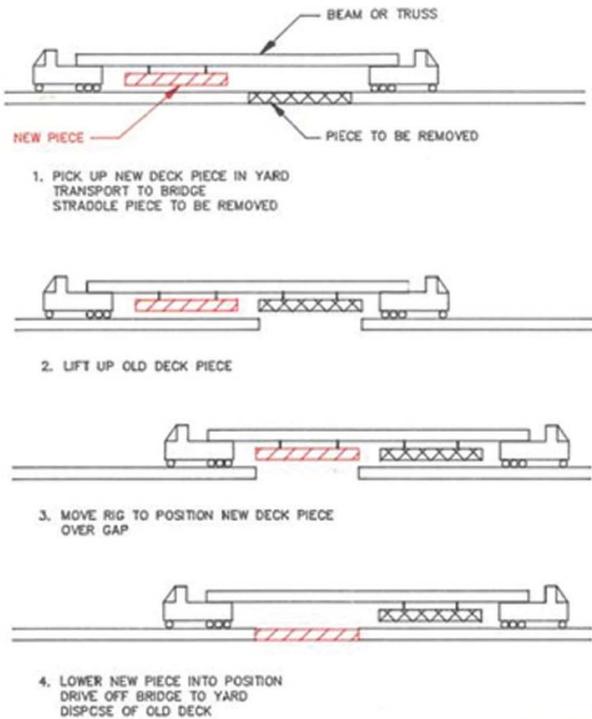


Figure 3: 교량 상판 교체 개념도

2.2 2012-2013 제 2차 보수보강

1차 보수보강 후 정기적으로 교량 상태를 모니터링 해오던 교통국은, 준공 이래로 강재에 대한 도색 작업이 진행되지 않았기 때문에 주요 부재에서 부식으로 인한 손상이 심각함을 인지한다. 이에 2011년 B&T는 교량 정밀 안전 점검과 상태 조사를 실시하였고 Needle Beam(버팀보), Sway Bracing(연직 브레이싱), 상현 및 하현 수평 부재의 거셋 플레이트 등의 즉각적인 교체가 필요함을 확인하였다.



Figure 4: 교량 전경 (위), 단면 국부 손실(아래)

1차 보수보강 설계와 같이, B&T는 교량 상태를 반영한 구조해석을 통해, 단면 손실이 심각한 부재에 대해서 내하력 평가를 실시하고 교체가 불가피한 부재를 확인한 후 이의 교체를 위한 설계를 수행하였다. 설계의 주안점은 교통국과의 협의를 통해 시공 시 일과시간 중 교통 통제가 시간당 15분

을 넘지 않으며, 야간 전면통제도 최소한으로 할 수 있도록 교체 계획을 수립하고 이에 맞도록 설계를 하는 것이다.

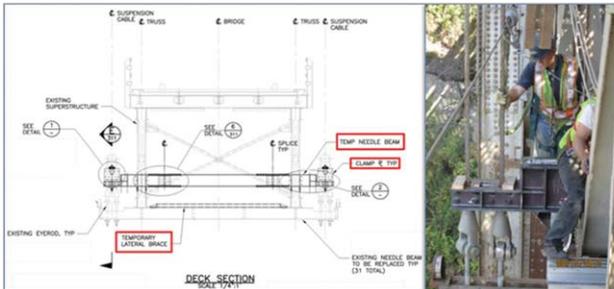


Figure 5: 버팀보(Needle Beam) 교체를 위한 가시설 계획 및 실제 시공 사진

버팀보 교체 과정을 간단히 설명하면, 위 그림에서 보는 바와 같이 총 31개의 버팀보(Needle Beam) 교체를 위해서 재사용이 가능한 가시설을 제작하여 설치한 후 교체할 보를 해체한다. 15분간의 교통통제 시간동안 트럭이 새로운 버팀보를 운송하여 하차시키고, 교체한 보를 정차하고 있는 트럭을 통해 인상하고 이를 상차 후 트럭을 이동시킨다. 이후 교통 통제는 해제하고, 다음 교통 통제까지 새로운 보를 기존의 위치에 설치하게 되는 것이다.

이와 비슷한 방법으로 교체가 필요한 모든 부재가 최소한의 교통통제로 이루어 지게 되었으며, 실질적으로 과업기간



Figure 6: 버팀보 실제 교체 과정

중 교량의 전면 통제는 실행되지 않았다.

2.3 제 1~2차 재건 프로젝트의 결과

제 2차 주요 보수보강 설계 및 시공이 완료됨으로써 교량의 잔존 수명은 최소 30년에서 최대 50년으로 늘어나게 되었다. 바꾸어 말하면 최초 준공 년도를 기준으로 할 경우 교량의 수명이 130년 이상으로 늘어난 것이다. 반면, 보수보강 설계 및 시공에 사용된 비용은 교통국이 추산한 교량 교체 비용의 약 20%로 집계되었는데, 이는 순수 공사금액만을 기준으로 한 집계로 교통 통제를 최소화함으로써 절감한 전면 교통 통제시 발생하는 간접 비용은 포함하지 않은 것이다. 위의 결과를 종합하면, 본 교량은 교량 교체 비용의 20% 이하로 교량의 사용 수명을 신설교량 대비 60%이상 확보하였고, 치밀한 사전계획을 통한 최소한의 교통 통제로 주민 민원을 최소화한 모범 사례로 꼽을 수 있겠다.

3. 결론

교량의 노후화는 정기적인 점검, 유지관리 및 보수보강을 통해서 지연시킬 수 있다. 전술한 바와 같이 헤그윌겟 교의 재건 프로젝트 (Hagwilget Bridge Refurbishment)는, 교량관리자와 엔지니어의 역할을 통해서 노후된 교량의 수명이 충분히 설계수명이상으로 연장될 수 있고 최소한의 비용으로 설계하중 향상 등의 성능개선이 가능함을 증명하였다. 따라서 필자는 본 사례가 앞으로 행해질 많은 보수보강 및 성능개선 설계와 시공에 모범 사례로 참조될 수 있다고 판단한다.