

변압기 등 중량물 교량통과 신기술을 통한 초고압변전소 공사기간 단축 및 시공기술 향상

민병욱*, 신명식*, **한병준***, 최성호**
한국전력공사*, (주)한일**

Reduction construction schedule using new technology when overweight cargo is passed the bridge

Byeong-Wook Min*, Myoung-Sik Shin*, Byung-Jun Han*, Sung-Ho Choi**
KEPCO*, Hanil Transportation Co**

Abstract - 대규모 발전단지의 계통연계 및 지역간 전력 유통과 대도시 지역의 전력공급원 역할을 담당하기 위해 현재 전국적으로 67개의 345kV 이상 초고압변전소가 운전되고 있고, 향후에도 지속적으로 변전설비가 확충될 예정이다. 초고압 변전소에 필수적으로 설치되는 주변압기, 리액터는 그 용량에 따라 대형 중량물(345kV 변압기 66톤, 리액터 88톤 등)로 제작됨으로써 특수 운반차량을 통해서만 공장에서 현장까지 운반되고 있다. 현행 국내 도로법에서는 운반차량의 축하중이 10톤을 초과하거나 적재물 중량을 포함한 총 중량이 40톤을 초과할 경우 도로(교량)관리청의 허가를 득한 후 운반토록 규정하고 있고, 허가 조건을 맞추기 위해서는 교량보강 등의 공사를 통해 교량에 가해지는 중량을 분산시키거나 별도 우회도로를 설치하고 있다. 교량보강 공사는 교량의 종류에 따라 하부지보, 상부가교, 우회가교, 우회기도 등의 개별공법 또는 복합공사를 시행하고 있으나, 엄청난 토목공사비와 시간이 소요되고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 중량물 교량통과를 위해 대규모 토목공사 없이 운반할 수 있는 신기술 장비인 'Crossing Bridge System'에 대한 이론적 내용과 더불어 해당 기술의 특징 및 활용계획에 대해 기술하고자 한다.

1. 서 론

대규모 발전단지의 계통연계 및 지역간 전력 유통과 대도시 지역의 전력 공급원 역할을 담당하기 위해 현재 전국적으로 67개의 345kV 이상 초고압변전소가 운전되고 있고, 향후에도 지속적으로 변전설비가 확충될 예정이다. 초고압 변전소에 필수적으로 설치되는 주변압기와 리액터는 공급용량에 따라 대형 중량물(345kV 변압기 66톤, 리액터 88톤 등)로 제작됨으로써 특수 운반차량을 통해서만 공장에서 현장까지 운반되고 있다. 1994년 성수대교 붕괴이후 정부는 모든 교량의 노후화에 따른 안전대책의 일환으로 중량물 수송 차량에 대한 교통 통제를 시행하여 왔고, 현행 도로법상 교량은 도로의 일부분으로써 축하중 10톤 적재물 중량을 포함한 총 중량 40톤을 초과하는 차량 및 장비는 도로관리청의 허가를 득한 후에만 운송이 가능토록 규정하고 있다. 통상 전력용 기기를 특수차량에 상차하여 교량통과 허가 조건을 맞추기 위해서는 교량보강 등의 공사를 통해 교량에 가해지는 중량을 분산시키거나 별도 우회도로를 설치하고 있다. 교량보강 공사는 교량의 종류 및 상태에 따라 하부지보, 상부가교, 우회가교, 우회기도 등의 개별공법 또는 복합공법을 적용하고 있으나 추가적인 토목공사비는 물론 우기나 홍수기를 제외한 제한된 기간 내에 운송하여야 하는 어려움이 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 변압기, 리액터 등 대중량 전력용기기의 교량운송시 대규모 토목공사 없이 운송할 수 있는 신기술 장비 개발-일명, 'Crossing Bridge System'-에 대한 기술적 특징 및 활용계획에 대해 기술하고자 한다.

2. 대 중량 전력기기 교량통과 현황

2.1 대 중량 전력기기 현황

현재 345kV 이상 초고압 변전소에 적용하는 변압기, 리액터는 운송 중량 및 변전소 운영의 효율성을 고려하여 345kV 변압기는 상분리형(3상=1상*3대)으로 제작하였고 765kV 변압기의 경우는 상 탱크분리형(3상=1상*3대*2Tank)으로 제작하였다. 기기별 개별 운송 중량 및 운반차량의 중량은 아래 표 1과 같으며 총 중량이 40톤을 초과함으로써 교량 통과를 위해서는 별도의 토목 보강공사를 시행하거나 우회도로를 이용하여 운반을 하고 있는 실정이다.

〈표 1〉 전력기기 운송 중량

기 기 명	기기중량(a)	차량중량(b)	총 중량(a+b)
345kV 변압기	66Ton	20Ton	86Ton
345kV 리액터	88Ton	20Ton	108Ton
765kV 변압기	165Ton	40Ton	205Ton

2.2 현행 교량 보강공법 현황

현재 적용하고 있는 교량 보강공법의 종류로는 하부지보/상부가교/우회가교/우회기도 등이 있으며 교량에 따라 2개의 공법을 복합적으로 적용하기도 하고 있으며 아래 그림 1과 같다.



(1)하부지보공법 (2)상부가교공법 (3)우회가교공법

〈그림 1〉 교량 보강공법 현황

2008년부터 최근까지 4년간 345kV 이상 변전소의 변전설비 신·증설을 위한 전력기기 운반용 교량 보강공사 현황은 아래 표 2와 같다.

〈표 2〉 교량 보강공사 현황

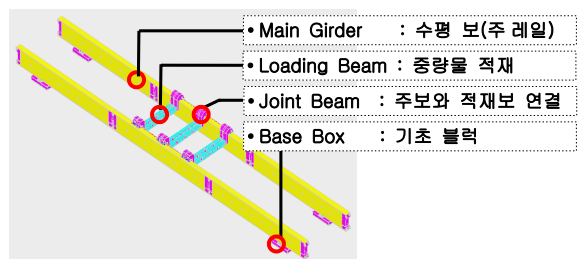
구 분	하부지보	상부가교	우회가교	우회기도	복합공법
보강 교량수량	29개	1개	4개	18개	6개
평균 교량길이	31m	26m	54m	75m	170m
평균공사비(m당)	160만원	280만원	180만원	110만원	160만원
평균공사일(개당)	13일	18일	13일	14일	21일

총 58개의 교량에 대해 보강공사를 시행하였으며 교량당 평균 약 2주일 정도의 기간이 소요되고, 공사비는 공법별로 차이가 있지만 m당 평균 180만원 정도 소요되었다. 하천을 통과하는 교량의 특성상 보강공사에 대한 지자체의 허가기간은 우기인 6월부터 8월에는 제한되고 있으며 이에 따른 운송기간 연장이 불가피하게 발생하고 있는 실정이다. 따라서 별도의 토목공사 없이 교량 상부에 특수 장비를 설치하여 중량물을 운반하는 장비의 필요성이 대두되었고 개발을 추진하고 있는, 가칭 "Crossing Bridge System"에 대한 개념 및 특징을 살펴보고자 한다.

3. 중량물 교량통과 신장비 개발

3.1 Crossing Bridge System 특징

개발 추진 중인 "Crossing Bridge System" 장비는 중량물 교량통과시 기존 교량위에 레일 및 로딩빔을 설치하고 로딩빔에 중량물을 적치한 후 중량물을 견인하여 운송토록 고안된 장비로써, 교량통과 후 장비를 철거하므로 별도의 토목공사가 불필요하게 된다. 본 장비는 그림 2와 같이 크게 Main girder, Loading beam, Joint beam, Base box로 구성되어 있다.



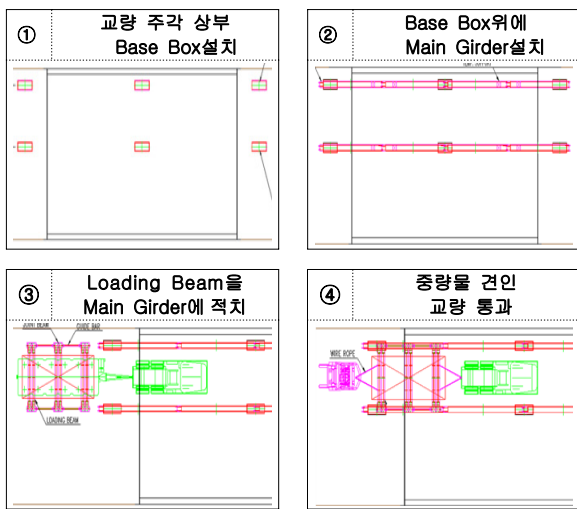
〈그림 2〉 Crossing Bridge System 구성요소

3.1.1 구성요소별 기능

Crossing Bridge System의 각 구성요소별 주요 기능은 다음과 같다. 먼저, Base Box(기초블럭)는 교량의 시·종점 및 교각위에 설치하는데 국내 교량의 교각 간격을 고려하여 최대 30m 경간으로 설계하였고, 중량물의 하중(최대하중 250ton)이 교량 상판에 전달되지 않고 교각에 직접 전달되도록 하도록 하였다. Main Girder(레일)는 Base Box위에 설치하고 Loading Beam의 이동로 기능을 하며, 교량의 길이에 따라 Main Girder와 Main Girder를 Pin으로 연결하여 길이를 조정할 수 있도록 하고 단위 길이는 12m로 설계되었다. Loading Beam(적재빔)은 Main Girder위에 설치되어 중량물을 적재하고 이동시키는 기능을 하며 변압기 등 중량물 외형을 고려 4m의 길이로 설계하였고, 최대 250ton의 하중을 지지하도록 하였다. Joint Beam(연결빔)은 Main Girder와 Loading Beam을 연결하고 Main Girder를 이동하는 볼러의 기능을 한다.

3.1.2 장비 설치 및 해체

Crossing Bridge System의 설치와 운반, 해체까지의 시간은 장비 개발 후 실사 등을 통해 측정할 수 있으나 예상되는 기간은 1일 정도 소요될 것으로 전망된다. 장비 설치부터 중량물 교량통과까지의 방법은 아래 그림 3과 같이 장비 해체는 설치의 역순으로 볼 수 있다.



〈그림 3〉 장비 설치 및 중량물 통과 방법

3.1.3 교량점용 인허가여부 확인

개발 예정 장비는 교량상부에 설치함으로써 일시적으로 교량을 점용해야 하며, 도로관리기관(지자체)의 허가를 받을 수 있는지 여부가 개발 추진을 결정하는 관건이었다. 본 장비를 통한 교량점용 허가 여부를 확인하기 위하여 마산회원구 내서읍 소재 "호계교(교장 99m, 폭 23.5m)"를 샘플로 점용허가를 신청하였고 마산회원구청장의 점용허가를 득하였다. 따라서 Crossing Bridge System의 실제 교량에 적용하는 것도 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.2 Crossing Bridge System의 경제성

장기 송배전설비계획에 의거 향후 2020년까지 예상되는 전력기기 기존 교량 보강공사와 달리 Crossing bridge system은 개발된 장비를 운반·설치하고 해체하는 비용만 소요되고 대규모 토목공사가 불필요하게 됨으로써 표 3에서 보는바와 같이 현행 보강공법 대비 교량 1개소당 평균 약 45%정도의 공사비가 절감될 것으로 예상된다.

〈표 3〉 교량 보강공사비 비교(만원/m)

(단위 : 만원/m)

현행 공법 공사비(만원)		CBS*공사비(B)	공사비차이(A-B)	절감률(%)
공법 구분	공사비(A)	(B)	(A-B)	
하부지보	160	100	60	38
상부가교	280		180	64
우회가교	180		80	44
우회가도	110		10	9
가도+가교	160		60	38
평균	180		80	45

* CBS : Crossing Bridge System

3.3 Crossing Bridge System의 시공성 및 활용성

기존 토목공사에 의한 교량 보강공사는 교량 개소당 평균 약 2주일이 소요되고 있으며 여름철 우기 등의 경우 공사에 제한을 받고 있는 실정이다. 반면 Crossing bridge system의 경우는 설치·운반·해체에 약 1일 정도가 소요되며, 교량을 별도 보강 없이 사용할 수 있으므로 우기철 등 일기상황에도 제한을 받지 않을 것으로 전망된다. 한편, 한국전력의 장기 송배전설비계획에 따르면 표 4에서 보는바와 같이 향후 2020년까지 약 45개의 345kV 이상 변전소 신증설 계획이 수립되어 있고, 국토해양부의 전국 교량 현황자료에 의하면 국내에는 전체 약 25,000개의 크고 작은 교량이 있으며 기기 제작사에서 변전소 현장까지 운송경로별로 다수의 교량이 존재할 것으로 예측된다. 따라서 본 장비의 개발이 성공적으로 이루어 질 경우 공사기간을 대폭 줄일 수 있고, 대부분의 교량 통과개소에 적용이 가능할 것으로 보인다.

〈표 4〉 '12~'20년 신·증설 변전소 현황

(단위 : 개소/운송물량)

연도	신설			증설		
	765kV	345kV	계	765kV	345kV	계
'12~'14	1/12	6/34	7/46	3/18	10/33	13/51
'15~'17	1/12	6/42	7/54	-	4/13	4/13
'18~'20	1/18	1/6	2/24	2/12	1/3	3/15
계	3/42	13/82	16/124	5/30	15/49	20/79

4. 결론 및 향후계획

345kV 이상 변전소에 사용되는 주요 전력기기인 변압기 및 리액터는 전압 변환용량 등 설계조건에 따라 중량물로 제작되고 있고 국내 도로법 제한으로 교량 등 각종 시설물들을 보강하여야만 운송이 가능한 실정이다. 특히 교량의 경우는 교량 종류에 따라 하부보강, 우회 가교설치 등 대규모 토목공사가 수반되어야 하며, 이로 인한 공사기간 연장, 공사비 증가 등의 문제점을 내조하고 있다. 따라서 이러한 문제점을 제거하고 원하는 시기에 언제든 중량물이 교량을 통과할 수 있는 장비의 개발을 위해 고안된 장비가 Crossing bridge system이다. 본 장비가 성공적으로 개발되어 건설현장에서 활용되면 변전소 적기건설은 물론 중량형 전력기기의 교장시 운송기간 단축을 통한 신속한 교장복구도 기대되고 있다. 현재 전문 운송업체와 공동으로 장비에 대한 구조계산 등을 시행하고 있으며 2011년 개발에 착수하여 2012년 개발완료 목표 추진할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 연구개발과제 검토서, 한국전력, 2011
- [2] 장기송배전설비계획, 한국전력, 2011
- [3] 도로교량 및 터널현황 통계, 국토해양부, pp2~11, 2008