

송전분야 시공기술의 동향과 개발전망

장희천

한국전기공사협회 기술경영연구소
연구개발실장

1. 머리말

최근의 국제 사회는 경제와 관련된 자국의 이해득실에 따라 급속히 변화하는 가운데, 지역적 경제블록 형태의 경제동맹 강화, WTO 중심의 다자간 무역주의가 새로운 국제 경제규범으로 시작되면서 기존의 무역장벽은 붕괴되고 기술보호주의에 근거한 새로운 기술경

제시대를 맞고 있다. 특히 무역자유화의 촉진, 자본시장 개방 및 IMF 체제로 인한 구조조정 등으로 국내 전력산업을 둘러싼 환경이 상당히 변화될 전망이며 신규투자 부분의 위축이 우려된다.

한국전력은 지속적인 경제성장으로 인해 세계적으로도 유례없는 연 15% 정도의 전력수요 증가를 경험하여 왔고, 이러한 수요를 충족시키기 위해 발전소 건설 및 전력수송설비에 많은 투자를 하여 왔으며, 최근에는 송전전압을 2배로 격상시키기 위한 765kV 송전선로의 건설이 활발히 추진중이다. 이러한 한국전력의 노력과 투자로 인해 현재 우리는 고품질의 전력을 안정적으로 공급받고 있다고 할 수 있다. 그러나 앞으로는 외형적인 규모의 투자보다는 기술우위를 중시하는 내실 있는 투자가 보다 더 중요시될 필요성이 있다.

송전선로는 인체의 동맥과 같이 그 기능에 있어서 매우 중요한 설비이며 공사규모도 큰 것이 특징이다. 현재 추진중인 765kV 송전선로의 건설규모는 기존 345kV 송전선로와는 달리 첩탑형상, 첩탑높이, 소요 자재 등 전반적으로 대형물이어서 상당히 고도의 기술이 요구되는데, 국내 자체기술에 의한 건설현장을 보면 국내의 송전선로 설계 및 시공기술이 매우 발전되어 왔음을 짐작할 수 있다. 그러나 그 내면적인 면을 본다면 선진외국에 비해 다소 기술적인 면이 뒤지는 부분도 있는데, 그 중의 하나가 송전선로의 시공기술이다. 아무리 좋은 설계기술과 송전설비를 개발하여도 시공기술이 제대로 갖추어지지 않고서는 신뢰성 있는 송전을 기대하는 것이 어려움에도 불구하고 지금까지 타 기술에 대한 투자에 비해 상당히 소홀히 여겨져 온 것만은 사실이다. 더욱이 송전선로의 시공을 담당하는 국내의 전기공사업체는 실제 국내 건설시장의 구조적인 문제, 순수 건설부분만의 외형적인 크기, 국내 건설시장의 소규모 및 각종 행정적인 규제 등으로 인해 많은 어려움을 겪어 왔고 대부분 그 운영 면에서 취약하여 시공기술에

대한 투자는 매우 어려운 상황이었다.

특히 전력분야에서의 시공관련 기술개발은 국내에서는 추진하는 곳이 없었고, 국내 시장규모의 협소로 기술투자도 어려웠으므로 이 분야에 대한 기술투자가 사실상 어려운 상황이었다.

따라서 우리가 앞으로 국제시장 개방시대에 국내 송전분야 시공업체가 살아남고, 활성화되기 위해서는 기술경쟁력 확보가 무엇보다도 중요하다고 하겠다. 과거의 상황이 어떠하였든 현시점부터라도 기술개발에 대한 중요성을 인식하고 이에 대한 대책을 세울 필요가 있다.

본고에서는 시공규모가 크고 다양한 시공기술이 요구되는 송전분야 시공기술에 대해 검토하였으며, 이의 최종 목적은 시공업체에 대해 신공법, 신기술 및 신장비 등을 개발 보급하여 기술경쟁력을 갖도록 하여, 대외적인 경쟁력을 갖도록 하기 위한 것으로서 이를 위해 먼저 국내의 송전분야 시공기술개발 동향을 파악하여 국내의 기술수준을 조명한 후 송전분야 시공기술 개발 방향에 대해 기술하고자 한다.

2. 시공기술 개발배경 및 목적

765kV 송전선로의 건설규모는 철탑형상, 철탑높이, 소요 자재 등 여러면에서 345kV 송전선로의 건설규모에 비해 훨씬 고도의 기술이 요구된다. 이러한 대규모 송전선로가 국내 자체기술에 의해 시공되고 있는 상황을 보면 그동안 국내 송전선로의 설계 및 시공기술이 매우 발전되어 왔음을 알 수 있지만 앞으로는 송전선로의 건설이 더욱 대규모화되고 송전선로의 경과지에 대한 제약조건이 많아지며 환경보전을 고려한 시공기술이 크게 요구될 전망이어서 기존의 송전선로 시공기술로는 변화하는 시공환경에 대처하기에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

또한 국제시장 개방시대를 맞이하여 외국 시공업체와의 경쟁력 확보도 국내 전기공사업계로서는 매우 중요하다고 할 수 있으며, 앞으로는 전력회사로부터 시공에 대한 신뢰성과 효율성에 대한 요구도 커질 전망이어서 보다 효과적이고 안전성 있는 시공기술의 개발이 필요할 것으로 전망된다.

이상과 같은 배경에 따라 새로운 시공기술이나 신공법의 개발이 필요한데, 이를 요약하면 그림 1과 같다.

결국 송전선로의 시공기술은 그림1에 나타난 바와 같이 시공의 안전성, 신뢰성, 효율성 등을 확보할 수 있는 기술이어야 하며 최종적인 개발목적은 그림 2와 같다고 할 수 있다.

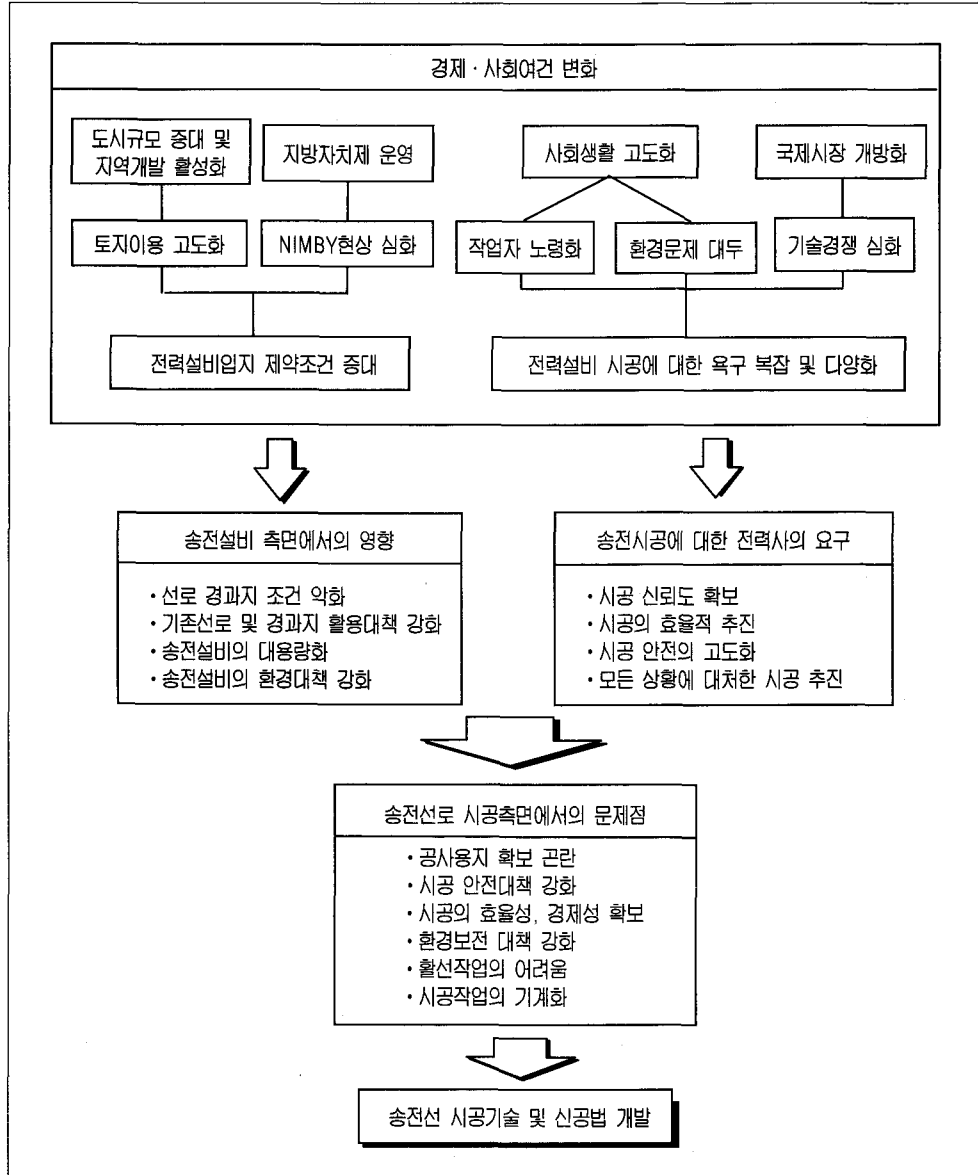
따라서 전력분야 시공관련 기술개발 실적이 크게 없었던 국내의 실정을 감안해 볼 때 앞으로 전기공사협회에서 이 송전선로 시공분야에 대한 기술투자 및 개발방향을 보다 체계적으로 수립하여 추진하게 되면 기술우위 확보는 물론 국내 송전선로 시공분야에 있어 회사에 많은 기술지원이 가능하고, 이에 따라 전기공사협회의 경쟁력과 가치를 재창출할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 송전분야 시공기술 동향

이 장에서는 시공기술의 개발 방향을 제시하기 위한 일환으로서 분야별 국내외 시공기술 수준 비교를 통해 국내의 기술수준이 어느 정도인지 파악하고 외국의 기술현황과 기술개발 동향 등을 파악함으로써 앞으로 국내의 시공기술이 나아갈 방향을 제시해 보고자 한다.

가. 국내 시공기술 수준에 대한 국제비교

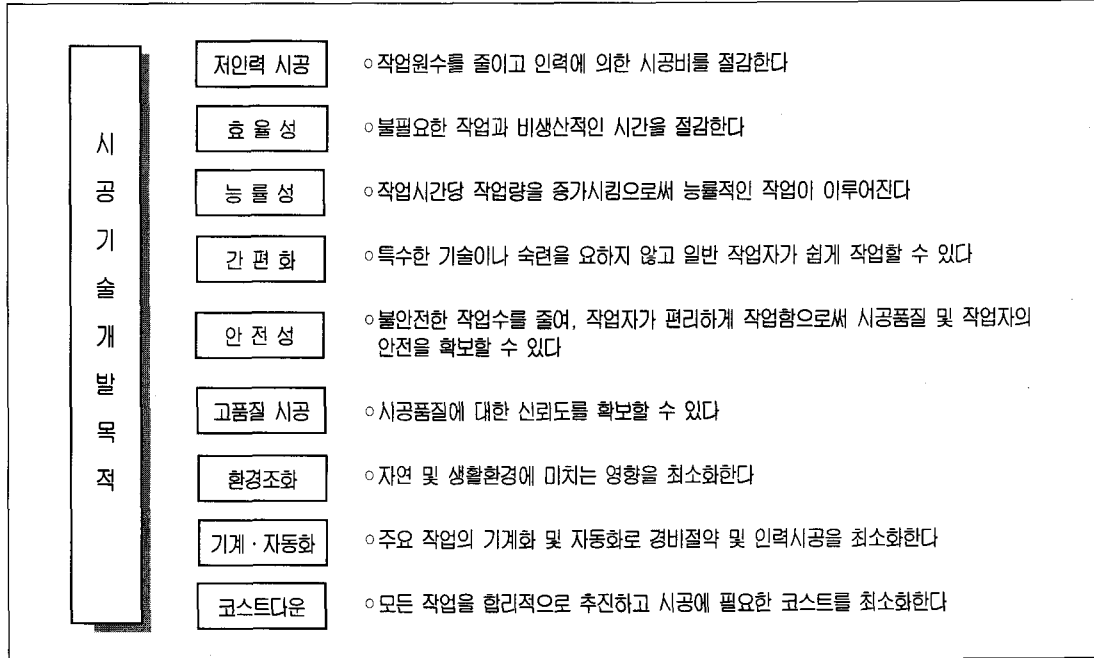
송전분야의 시공기술은 주로 공사현장에서 발생하는 문제점을 해결하고 개선하는 기술분야이기 때문에 발표된 관련 문헌이 적고, 관련 자료도 구하기가 매우 어려운 상황이다. 보다 정확한 현황파악을 위해서는 직접



〈그림 1〉 송전선로 시공기술 개발 배경

선진외국을 방문하여 자료를 얻거나 작업현장을 견학하는 것이 좋으나 한정된 시간과 한정된 예산에서 이러한 수행방법도 어려움이 있기 때문에, 본고에서는 연구 진행중 입수할 수 있는 최대한의 자료를 이용하여 국내외 현황을 파악하고자 노력하였다.

일반적인 건설부분과는 달리 송전분야의 시공기술은 각 나라의 특성에 따라 매우 다르게 나타났다. 이러한 차이는 철탑규모, 시공개념, 사용장비, 작업환경 등에 따라 시공방법이 달라지기 때문이다. 특히 시공환경에 있어서는 미국이나 선진유럽과 같은 평활한 지역에 송



〈그림 2〉 송전선로 시공기술개발의 목적

전선로를 건설하는 경우와 달리 일본의 경우에는 우리나라와 지형적인 특성이 비슷하여 송전선로 시공환경이 비슷한 것으로 나타났는데, 이러한 예는 현재 건설 중인 765kV 송전선로의 시공기술에서 찾아볼 수 있다. 즉 765kV 송전선로의 시공기술에서 많은 부분이 일본에서 적용하고 있는 조립식공법을 도입하여 적용하고 있다.

일본의 송전선로 시공기술은 시공환경의 열악성, 지진 등으로 인해 상당히 발전되어 있는 상황이며, 현재는 시공자체를 보다 효율적으로 추진하고 시공자의 노령화 등을 대비하여 대부분 조립화 시공법(Prefabricated Construction)을 적용하고 있다. 일본의 지형적인 여건이 미국이나 선진유럽지역과는 달리 우리와 거의 같기 때문에 일본의 시공기술 수준을 우리의 시공기술 Benchmarking으로 정하는 것도 의미가 있을 것으로 본다. 일본의 시공기술 현황을 토대로 시공기술 분류별

기술수준을 국제 비교해 보면 표 1과 같다.

국내의 송전분야 시공기술이 765kV 송전선로의 건설을 계기로 하여 철탑규모가 커지고, 일본의 조립식 가선공법 도입 등에 따라 시공기술과 이에 필요한 시공 장비가 어느 정도 향상된 것은 사실이나, 갑작스런 시공법의 차이로 인해 다소 시공상의 문제가 있기도 하였다. 그러나 일본의 시공기술과 비교해 본다면 아직도 시공장비, 시공업무의 전산화, 각종 계측장비활용 등에 있어서는 국내의 시공기술이 부족한 면이 많이 있는 것으로 조사되었다.

국내 시공업체와 한전의 실무자 입장에서 보는 국내의 송전선로 시공기술의 수준을 시공업체 및 한전의 관련 부서에 설문서를 작성하여 조사한 결과 우리나라의 송전선로 시공기술이 선진외국의 약 74% 수준에 머무는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 비교는 단지 외형적인 결과만을 놓고 보았을 때의 수준이 되며, 실제 시

〈표 1〉 시공기술별 기술수준 비교

시공기술분류	주요 세부기술	국내 기술 현황	국외 기술 현황
기초시공기술	기초설계기술	<ul style="list-style-type: none"> 국내에는 주로 역T형 기초를 설계해 온 관계로 다양한 기초 설계기술 미비 최근 대형철탑 건설에 따른 심형기초, Multi-pier기초 등이 설계됨 	<ul style="list-style-type: none"> 토질에 따라 심초기초, 심형기초, Rock Anchor기초, 심초확저(深礎擴底)기초 등 다양한 기초형상이 설계되어 적용되고 있음
	굴착시공 및 각입시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 주로 인력 및 기계장비를 이용하나, 기계장비로는 포크레인, Telescopic장비 등을 이용함 경제성, 기술취약성 등에 의해 새로운 굴착장비 개발이 미진함 	<ul style="list-style-type: none"> 다목적 확저 굴착기, CD공법, 심초기초 자동굴착기 등 다양한 장비 및 공법을 적용하여 시공하고 있음 전단면굴착기, 자동 토사배출 시스템 등 인력사용을 최대한 줄이기 위한 자동화 굴착시스템 연구개발 진행중 철탑각재 설치시 특수 측정시스템 활용
	퇴메우기, 정지 및 잔토처리 시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 퇴메우기 및 정지작업이 불충분하게 이루어져 비온 후에는 쓸러나가는 경우가 많음 확실한 잔토처리기술 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 퇴메우기 및 정지작업이 시공기준에 명시되었으며, 확실한 퇴메우기 작업이 이루어지고 있음 환경보호측면에서 철탑주변 이외 지역으로 잔토처리
철시탑공조기립술	부재관리기술	<ul style="list-style-type: none"> 각 부재면에 표시된 번호에 의한 부재 관리 	<ul style="list-style-type: none"> 부재번호의 바코드화 관리시스템 개발 계획 부재관리업무의 전산화
	철탑재 탐상 운반기술 및 볼트조임 시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 최근까지는 원치에 의한 대봉(台棒) 공법 적용 765kV 철탑에 탐상크레인 처음 도입 일부지역 헬기에 의한 운반조립 도크렌지에 의한 볼트조임, 특수한 경우 기계공구 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 대봉공법, 철주조립공법, 이동식크레인공법, Climbing Crane 공법, 헬기공법, 지상조립공법 등 다양한 공법에 의한 시공 철탑공사시공기준 제정후 활용 고속자동볼트 조임장치 개발 계획 철탑조립작업 감시장치 적용
운시공가설비	운반설비 및 가설비 시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 주로 트럭 및 특수 개조차 운반 삭도에 대한 인식부족 특수지역 헬기운반 시공기준 미비 조립식 가설작업대에 대한 인식 부족 인부에 대한 편의시설 점진적 개선필요 진입로 개설에 따른 환경파괴 진입로, 가설비 등에 대한 기술은 시공사 자체적인 시공 	<ul style="list-style-type: none"> 3t급 순환식 삭도 이동 3t급 자동삭도시스템 개발계획 헬기에 의한 운반 시공기준 제정후 활용 산악지역에서는 대부분 삭도에 의한 운반 조립식 가설작업대 사용 및 초 간편 가설작업대 개발계획중 인부에게 충분한 휴식공간 제공 가능한 편의시설 확보 Ground Mat를 이용한 임시 진입로 설치공법 적용 진입로 개설에 의한 환경파괴 부분 완전복구 기술 확보
가선시공기술	연선시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 154kV, 345kV 송전선로 재래식 가선공법 적용 765kV 공사시 Semi-prefab 공법 처음 적용 인력에 의한 연선작업 감독 6도체 가선기술 확보 전선 조장발주 미적용으로 전선 손실발생 향후 조장발주에 의한 조립식 가선공법 점진적 적용 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 완전 Prefab 가선공법 적용 Clamp Protectorless 공법 개발중 헬리콥터 연선공법, 루프연선 공법 등 다양한 연선공법 적용 컴퓨터제어 연선차 운용 CCTV에 의한 연선작업 감독 8도체 가선기술 확보 연선공사 시뮬레이션프로그램 개발계획중 전선의 조장발주 적용
	긴선시공기술	<ul style="list-style-type: none"> 연선식 점퍼장치 적용 765kV 선로에 조립식점퍼장치 처음 적용 정확한 긴선시공에 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 긴선용 원치 일괄운전 자동화 기술 개발추진계획 컴퓨터제어 연선차 운용 정확한 긴선작업 시행
시공관리기술	자재관리, 공정관리, 시공준비 등의 시공관리기술	<ul style="list-style-type: none"> 수작업에 의한 경과지 선정 765kV 건설시 경과지 선정 프로그램 도입 및 운용 가선설계 프로그램 확보되었으나 실선로 적용타당성 미확인 	<ul style="list-style-type: none"> 컴퓨터에 의한 경과지 선정 컴퓨터에 의한 자재관리시스템 개발 계획중 자재 바코드 부착으로 컴퓨터 처리에 의한 자재관리시스템 개발 계획 시공조건에 의해 시공계획과 관련도면이 자동으로 작성되는 프로그램 개발계획

공작업 과정에서 부분적으로 나타나는 기술의 차이는 보다 클 것으로 판단된다.

나. 국내외 시공기술 연구개발 동향

(1) 해외의 연구개발 동향

(가) 미국의 연구개발 동향

미국은 주로 전력회사, EPRI(Electric Power Research Institute), 헬기운영회사, 시공회사를 주축으로 하여 시공관련 기술개발이 진행되고 있다. 미국의 전력회사는 우리 나라와는 달리 대부분 민영회사이기 때문에 주로 활선작업(Live Working) 방법, 유지보수비 및 시공비 절감 등 경비절감 차원에서 시공개발이 추진되고 있다. 또 미국은 우리 나라나 일본과는 달리 땅이 넓고 대부분 평지에 송전선로가 건설되는 관계로 시공조건이 양호한 편이어서 일본과 같이 조립식 가선공법, 가설작업대 등 세부적인 시공기술이나 관련 금구, 시공장비 등을 다양하게 개발하기보다는 그들의 시공 환경에 맞는 공법과 관련 장비가 개발되는데, 예로는 헬기에 의한 연선, 헬기에 의한 스페이서덤퍼 및 금구류 등의 설치 및 해체, 헬기에 의한 애자세정, 헬기에 의한 자재운반 시공법 등을 들 수 있다.

그리고 미국은 소프트웨어산업의 발달로 송전선로 경과지 선정, 가선설계, 송전선로의 유지보수 업무 등 다양한 시공부분의 업무를 전산화하여 작업하고 있고, 또 보다 우수한 시공관련 소프트웨어 개발을 추진하고 있는 상황이다. 특히 땅이 넓은 미국은 송전선로의 건설지역이 대부분 민가로부터 멀리 떨어진 지역이 많아 헬기를 이용한 시공법을 많이 적용하고 있고 활선작업에 있어서도 헬기를 이용하여 작업하는 시공법이 상당히 발달되어 있다. 앞으로도 미국은 많은 시간을 들여 인력과 장비가 운반된 후 시공하는 방법보다는 간단하

게 헬기로 운반하여 시공하는 시공법이 개발될 것으로 전망된다.

(나) 일본의 연구개발 동향

일본의 송전분야 시공기술은 전력회사와 시공업체를 주축으로 하여 발전되고 있다. 일본도 미국처럼 전력회사가 민영회사이기 때문에 시공비 절감 및 공기단축 등을 목적으로 시공기술이 개발되고 있으며, 우수한 시공장비도 전력회사를 주축으로 장비제작업체와 공동으로 개발되는 부분이 많이 있다. 현재 일본의 시공업체는 송전선건설기술연구회라는 단체를 만들어 시공업체 측면에서의 시공기술개발을 추진하고 있는데, 이 연구회의 활동이 매우 활발하여 송전선로 시공기술분야에서 많은 연구실적을 갖고 있다. 특히 일본은 다른 선진국과는 달리 작업자의 노령화, 시공환경 열악성, 시공의 효율성 등에 대해 송전선로 시공분야에 있어 연구개발이 활발하게 진행되는 나라이다.

일본의 각 부분별 시공기술 연구개발 현황을 검토해 보면 다음과 같다.

■ 전력회사

일본에는 東京전력(주), 關西전력(주), 中部전력(주), 北海道전력(주), 四國전력(주) 등 총 9개의 전력회사가 있으며, 시공관련 연구개발도 비교적 활발하게 추진되고 있다. 특히 일본의 송전선로는 내진설계로 인해 철탍기초 설계가 매우 중요시되고 있어 이에 대한 연구실적이 많은 편이다. 일본의 전력회사는 대부분 자체 연구소를 갖고 있기 때문에 이들 연구소에서도 시공법에 대한 연구를 추진하고 있으며, 대부분 외부의 시공회사나 제작회사와 공동으로 추진하는 경우가 많다.

이와 같이 일본의 전력회사는 한국전력과는 달리 자체적으로 시공기술에 대해 많은 기술개발을 추진하고 있으며, 이러한 기술들은 대부분 시공업체와 공동으로 개발하여 활용하고 있다.

■ 송전선건설기술연구회

일본의 송전선건설기술연구회는 1948년에 일본의 시공업체가 설립한 민간단체이다. 당시 송전선로의 건설이 급증하여 인력에 의존한 시공방법에는 한계가 있었고 늘어나는 공사량을 충족시키기 위해서는 기계화된 장비와 새로운 시공방법이 필요하게 되었다. 그러나 한두 개의 시공업체가 자체적으로 새로운 시공방법이나 시공장비를 개발하는 것은 경제적으로나 인력확보 면에서 어려웠기 때문에, 이러한 문제점을 해결하기 위해 시공업체들이 일정금액을 각출하여 하나의 단체를 만들고, 공동으로 연구개발을 추진하게 되었는데, 이것이 송전선건설기술연구회의 시초이다.

송전선건설기술연구회는 현재 시공회사가 정규회원으로 되어 있으며, 95개사가 자유의사에 의해 가입된 상태이고 헬기운영회사, 시공장비 제작회사, 5개 전력회사가 연구회의 지지회원으로 가입되어 있어 이 연구회에 다소나마 경제적인 지원을 하고 있다.

또한 송전선건설기술연구회의 주요 업무로는 시공기술의 표준화, 시공법 및 관련장비의 매뉴얼작성, 시공 안전 지침 작성 및 제시, 회원사 직원에 대한 시공교육 등 송전분야 시공에 있어 매우 중요한 업무를 수행하고 있기 때문에, 송전선로 시공기술분야에 있어 전력회사 및 시공업체로부터 대외적인 공신력을 확보하고 있다.

송전선건설기술연구회는 주로 시공업체 측면에서 시공품질과 관련한 주요 기술기준, 지침, 기술적인 해설서 등을 연구하여 회원사에 배포함으로써 회원사의 시공기술 향상에 기여하고 있으며, 특히 이들은 각 전력회사의 시공기술개발 부분에도 직접 참여함으로써 전력회사는 물론 각 시공업체의 시공기술 향상에 크게 기여하고 있는 것으로 알려지고 있다.

■ 앞으로의 전망

최근 일본에서는 노동시간이 단축되어 가고 있고 노동환경 개선에 대한 사회적 욕구가 새롭게 증대하고 있

으며, 주 2회 휴일의 정착화와 노동인구의 감소로 인해 공사시공능력 확보를 위한 공법개선, 효율적인 시공방법 개발 등의 필요성이 대두되고 있다. 또한 최근 전력사업에 있어서는 전력의 안정적인 공급과 코스트다운이라는 양립적인 요청하에 전력설비투자에 대한 억제 의 일환으로서 모든 시공부분에서의 합리화·효율화가 적극적으로 추진되고 있어, 송전선로 시공에 있어서도 이러한 요구조건에 맞추기 위한 기술개발이 추진될 전망이다.

일본에서 개발하고자 하는 송전선로의 신공법은 결국 인력시공을 줄이고, 시공품질 향상, 효율성 향상, 안전성 향상, 시공비 절약 등을 목적으로 하고 있다.

이와 같이 일본의 시공기술은 가급적 인력에 의한 시공작업수를 줄이고, 간편하게 기계장비를 활용하여 시공할 수 있는 기술들이 개발될 것으로 전망해 볼 수 있어, 시공환경이 일본과 비슷한 우리 나라의 경우 시공기술 개발방향도 이에 크게 벗어나지 않을 것으로 여겨진다.

(다) 유럽의 연구개발 동향

유럽의 시공환경은 프랑스, 독일 등의 몇몇 나라를 제외하고는 우리 나라와 비슷하다고 볼 수 있다. 유럽은 송전 최고전압이 400kV로서 우리 나라의 345kV 송전선로와 유사한 형태라고 볼 수 있으며, 철탁형상도 다양하게 분포되어 있고, 철탁규모는 우리 나라의 철탁보다 작게 구성되어 있다.

철탁규모와는 달리 시공에 있어서는 매우 합리적이고 경제적인 시공을 추구하고 있으며, 시공 기술개발의 목적도 경제적인 설계, 간편한 시공성, 환경 친화적 설계 및 시공에 두고 있다. 유럽은 기술력이 뛰어난 나라들로서 기술력을 바탕으로 시공에 필요한 증장비, 공구류 등의 개발이 매우 앞서 있어 시공의 기계화가 일찍부터 발달되어 왔으며, 특히 자연훼손을 최소화하는 시공법이 개발되어 있다. 또한 시공품질 관리는 매우 철저하게 지켜지고 있으며, 안전관리는 크게 구속받지 않

는 경향이 있는데, 이것은 작업의 편의성을 추구하고 대부분 시공 기계화가 되어 있기 때문으로 풀이된다.

유럽의 철탑기초방식은 산악지에서는 대부분 암반기초를 적용하고 있으며, 매트기초, 역T형 기초도 적용되고 있으나 전압에 비해 철탑규모가 우리보다 상대적으로 작아 경제적인 설계 및 시공을 하며 현수형 철탑에서는 철탑형태의 단일기초도 많이 사용하고 있다. 철탑재로는 Lattice Angle이 주가 되며, 수직배열 2회선이 많이 적용되고 있는 편이고 수평배열도 적지 않다. 전선은 다도체보다는 비교적 굵은 전선을 사용하는 경향이 크고, 무반사전선, 환경친화형 철탑도 사용되고 있다. 가선방식에서는 Semi-Prefab 공법도 일부 적용되고 있는데, 시공에 사용되는 자재, 장비, 공구류 등이 비교적 다양하게 개발되어 사용되고 있다. 특히 자연환경 보존을 위해 산악지, 협지, 계곡 등에는 진입도로를 만들지 않고 간단한 운송수단인 케이블크레인(단선왕복삭도)을 사용하는데, 성능과 기동성, 해체조립이 매우 우수한 것으로 알려지고 있다. 어떠한 유럽의 경우에도 시공기술이 상당히 발달되어 있다고 할 수 있으며 시공장비가 시공법을 선도하고 있는 형태라고도 할 수 있다.

(2) 국내의 연구개발 동향

앞의 시공기술 수준 국제비교에서 검토한 바와 같이 국내의 시공기술 수준은 선진외국과 비교해 볼 때 외형적인 차이는 크지 않은 것처럼 보이나, 내부적인 주요 기술부분에 있어서는 상당한 기술적 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 결국 국내의 시공분야에 있어 연구개발 실적이 매우 저조하였기 때문으로 풀이된다.

국내에서 송전분야 시공기술과 관련된 연구개발을 추진할 수 있는 곳으로는 한국전력, 송전선로 시공업체 및 한국전기공사협회 등을 들 수 있으나, 이러한 곳에서 시공기술 개발을 위해 투자한 비용은 극히 적을 뿐

만 아니라 시공기술에 대한 중요성 인식에 있어서도 다소 저조한 것을 알 수 있다. 각 부분별 시공기술 개발에 대한 연구개발 실적을 보면 다음과 같다.

■ 한국전력공사

송전선로의 시공품질이 전력품질과 직접적인 관련이 있다고 볼 때 한국전력은 송전선로의 시공기술과 직접적인 관련이 있는 기관이 되며, 전력품질 향상을 위해 시공기술 개발에 많은 투자를 해야 하는 기관이기도 하다. 그러나 이러한 시각을 상대적인 시각으로 바꾸어 본다면 발주처인 한국전력에서 요구하는 시공기준에 따라 시공업체가 정확하게 시공한다면 시공품질은 확보될 수 있기 때문에 한전에서 이에 대해 투자할 필요는 없다고 생각할 수도 있다. 이와 같은 논리에 따라 시공기술 개발이 저조한 것이었는지는 알 수 없지만 어떠한 한국전력에서의 송전선로 시공기술에 대한 연구개발 실적이 일본이나 미국의 전력회사와 비교해 볼 때 상당히 저조한 것은 사실이다. 외국 전력회사의 경우에는 시공품질이 결국 전력품질과 밀접한 관계가 있다고 보며, 더욱이 투자비 절감 및 공기단축 등을 목적으로 시공기술개발에 적지 않은 투자를 하고 있다.

한전에서는 그간 송전선로 시공기술 분야에 대한 투자가 거의 없다가 765kV 차기초고압 격상사업이 진행되면서부터 시공관련 기술분야에 투자를 하였는데, 이의 현황을 보면 표 2와 같다.

765kV 송전선로의 공법은 일본에서 적용하고 있는 공법을 많이 채택하였기 때문에 표2에서 보는 바와 같이 개발분야가 이미 일본에서 사용되고 있는 장비의 국산화개발이라고 볼 수 있다. 이러한 현상은 그간 우리나라의 시공여건에 적합한 시공기술 개발이 없었기 때문으로도 볼 수 있다.

■ 시공업체

국내의 송전분야 시공업체는 주로 종합건설업체나

〈표 2〉 한국전력의 시공기술 관련 연구개발실적 및 투자 실적

No.	연구개발항목	주요 개발내용 및 연구수행 기관
1	765kV 철탍기초설계 및 시공기술에 관한 연구	• 765kV 송전용 철탍기초설계 및 시공방 안에 대한 연구(한전 전력연구원, 현대건설, 현대엔지니어링 '95년도 공동 수행)
2	765kV 지지물 설계조건 및 중다설지구 하중조건 설계지침(안) 타당성평가 및 강관철탍 용접검사 기준(안) 작성 용역	• 765kV 철탍설계관련 지침 및 강관철탍 용접검사 기준 작성관련 기술검토(한전용역으로 한국전력기술(주)가 수행)
3	765kV 건설용 중장비 사양서 및 공구 손료(안)	• 765kV 송전선로 건설시 활용될 중장비 기본 사양서 및 공구손료 산정(안) 작성 연구(한전 전력연구원)
4	765kV 철탍설계 및 제조기술 개발	• 765kV 송전선로용 철탍설계기술과 제작기술 개발(한전 생기반사업에 의해 현대 철탍에서 수행)
5	765kV 송전선로 건설 및 유비보수용 승강기, 레일 개발	• 대형철탍 승강용 레일 및 승강기 개발(한전 중기사업으로 대정기계공업에서 '95년 개발)
6	765kV 송전선로 건설용 산악크레인	• 산악지에서 건설용으로 활용가능한 특수 크레인 개발(한전 중기사업으로 '95년 대정기계공업에서 개발)
7	철탍추락방지 안전장치 개발	• 철탍상에서 작업자가 부주의에 의해 추락하는 것을 방지하기 위한 안전레일 개발(한전 중기사업으로 '95년 진광에서 개발)
8	송전선로 산악용 소운반장비	• 산악지에서 주행이 가능한 4륜구동 작업차량 개발(한전 중기사업으로 '96년 광림특장차에서 개발)
9	송전선로 건설용 가설구조물	• 송전선로 건설용으로 활용가능한 가설 작업대 및 방호받침대 개발(한전 중기사업으로 의성실업에서 '96년 개발)
10	송전선로 공사용 가설삭도	• 송전선로 자재운반용 복선식 순환삭도 및 케이블 크레인 개발(한전 중기사업으로 '96년 의성실업에서 개발)
11	송전철탍 볼트체결용 전용 유압파워렌치	• 철탍 볼트체결용 유압파워렌치 개발(한전 중기사업으로 '98년 파워엔지니어링에서 개발)
12	상기 외 3건	• 동력식 스페이서카, 엔진폴러 등 개발

대형전기공사업체이며, 765kV 송전선로를 건설하고 있는 업체는 대부분 규모가 큰 종합건설업체로서 현대, 대우, 동아, 동부, 벽산, 쌍용 등을 들 수 있다. 이러한 국내 시공업체가 새로운 시공기술을 연구개발한 실적이 대외적으로 발표된 적이 없어서 구체적으로 파악할 수는 없었으나, 대체적으로 송전선로 시공분야의 연구개발 실적이 많지 않았던 것으로 알려지고 있다.

이처럼 국내 시공업체가 시공분야에 있어서 기술개발이 저조한 이유로는 첫째 시공업체가 기술개발에 투자할 만큼 국내 송전선로 건설시장이 크지 않다는 것, 둘째 송전선로 시공발주처인 한국전력에 있어 시공기술 개발에 대한 지원이 매우 저조하다는 것, 셋째 몇몇 기업을 제외하고는 대부분의 업체가 시공개발에 투자할 경제적 및 인적 여력이 없다는 것, 넷째 경영자나 시공관계자들이 시공기술 개발의 필요성에 대한 인식

이 부족한 것 등을 들 수 있다.

특히 기술개발이 저조하였던 중요한 이유 중의 하나로써 기술개발을 통해 공기가 단축되고, 인력시공이 줄어들게 됨에 따라 전체 공사비가 줄어 들 수 있다는 우려 때문에 사실상 시공업체에서는 시공기술 개발에 대한 필요성을 크게 갖지 못하였던 것도 주요 원인으로 들 수 있다. 그러나 WTO로 인해 건설시장이 개방되어 외국 건설업체가 국내 건설시장에 참여하게 되면 국내 시공업체는 기존의 시공법과 공사기간으로는 경쟁력을 확보하기가 어려운 것이 사실이며, 기술개발의 필요성은 더욱 커질 전망이다.

이상에서 검토한 바와 같이 국내는 송전분야 시공기술과 관련한 기술개발 실적이 전반적으로 선진외국에 비해 매우 저조한 것으로 나타났으며, 향후 국내외적으로 시공업체가 경쟁력을 확보하기 위해서는 기술개발이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

4. 기술수요 조사분석 및 향후 국내 시공기술 전망

이 장에서는 송전분야 시공기술에 대한 향후 기술개발 방향을 제시하기 위한 일환으로서 설문에 의해 국내 시공업체가 갖고 있는 기술적인 현안에 대한 문제점을 조사분석하였고, 이를 토대로 향후 국내 시공기술의 전망에 대해 검토해 보고자 한다.

설문에 있어서는 한국전력 내 송전분야 시공기술 관련 부처와 시공업체 각각 50군데, 총 100명의 전문가에게 설문지를 보냈으며, 이중 50%가 응답을 하였고, 이를 토대로 설문조사 결과 내용을 작성하였다.

가. 국내 시공기술 개발의 문제점 및 대책

(1) 선진국대비 국내 시공기술 수준평가

이 항에서는 먼저 국내에서 송전선로 시공분야와 관계를 맺고 있는 전문가들이 선진국대비 국내의 시공기술 수준을 어느 정도로 평가하는지에 대해 알고자 설문을 조사하였는데, 이는 표 3과 같다.

〈표 3〉 선진국대비 국내 시공기술 수준 설문조사 결과

시공업체	일본, 미국 등 선진국 대비 73%	전체 74%
한국전력공사	일본, 미국 등 선진국 대비 75%	

표3에서 보는 바와 같이 한국전력과 시공업체가 보는 선진국대비 국내의 시공기술 수준이 비슷한 것으로 조사되었다. 기술수준별 응답자의 비율은 표 4와 같다.

〈표 4〉 기술수준별 응답자 비율

기술수준	64% 이하	65%~69%	70%~74%	75%~79%	80%~89%	90% 이상
응답자 분포	15%	2%	42%	5%	26%	10%

표4의 응답자별 분포를 볼 때 기술수준이 70%~80% 정도라는데 가장 많은 응답자가 있었음을 알 수 있다. 국내에서 시공기술 개발분야에 많은 투자가 없었던 점을 감안할 때 선진국대비 기술수준이 74%에 이르는 것은 매우 양호한 평가라고 할 수 있다. 이러한 평가는 그간 국내 시공업체 자체적으로 기술향상에 많은 노력을 기울여 왔기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 한편으로는 외국의 시공기술 현황이나 첨단 시공장비들이 충분히 국내에 알려지지 않아 외견상의 기술만으로 평가되었을 수도 있다고 판단된다. 이러한 예로서 일부 설문에서는 외국의 현황을 정확히 모르기 때문에 기술수준 평가가 어렵다고 응답한 시공사도 있었다.

실제 제3장에서 검토한 바와 같이 일본에서 적용하고 있는 각종 계측장비, 여러 가지의 기초공법 및 굴삭장비, 자재운반기술, 설계 및 시공관련 업무의 전산화 작업 등을 놓고 볼 때 우리가 평가한 선진국과의 기술수준 차이 26%는 훨씬 넘을 것이라고 여겨진다.

(2) 국내 시공기술 수준 저하 원인

앞 항에서 검토한 바와 같이 국내의 시공기술이 선진 외국에 비해 저조한 것으로 조사되었는데, 이같이 시공기술이 저조한 원인으로는 한국전력공사나 시공업체 또는 경제적인 측면 등 여러 방면에서 찾아볼 수가 있다. 따라서 다양한 응답은 분석에 어려움이 있을 수 있다고 여겨, 주요 원인이 될 수 있는 문제점을 미리 몇 가지 설문에 제시한 후 이에 대한 응답을 토대로 원인 분석을 하였는데 이의 결과는 표 5와 같았다.

표5에서 보는 바와 같이 시공기술의 저하원인으로 여러 가지가 제시되었는데, 이는 시공사의 여건, 응답자의 주관적인 시각과 경험 등에 따라 다양한 응답이 나올 수 있다고 본다. 그러나 표5와 같은 범위의 응답 항목을 통해 문제점을 파악해 볼 수는 있다고 보며, 이를 크게 다음과 같이 4가지로 요약하여 정리해 볼 수

〈표 5〉 송전분야 시공기술이 선진국에 비해 저하된 원인 및 응답자 분포

No	국내 송전분야 시공기술이 선진국에 비해 뒤져 있는 원인	해당항목 응답자비율
1	국내에서 시공기술을 선도하고 연구하는 기관이 없기 때문에 • 시공경험이나 지식을 일괄 관리, 전달 및 연구하는 기관 미비 • 외국 시공현황 및 시공기술 전달매체가 없음	74%
2	한전이나 민간 발주자의 요구에 따라 시공하기 때문에	32%
3	타 기술과 달리 시공기술개발에 많은 돈이 소요되기 때문에 • 시장규모가 적어 재투자가 어렵다 • 과당경쟁에 의한 비효율적인 공사비 확보로 재투자가 어려움	40%
4	현재의 시공기술에 만족하기 때문에 • 현재의 시공기술만으로도 충분하기 때문에 신기술개발 불필요	25%
5	작업자에 대한 시공기술의 체계적인 교육 부족 때문에 • 시공자의 전문적 지식 부족 • 과거기술 답습에 의한 시공	86%
6	시공장비가 뒤떨어지기 때문에 • 시공장비 고가 및 가동일수가 적어 신장비 확보 곤란	50%
7	시공관련자가 시공기술에 크게 관심이 없기 때문에 • 시공품질의 중요성에 대한 인식부족 • 시공기술의 중요성에 대한 경영자의 인식부족 및 신기술 도입 기피	44%
8	시공감독에 문제가 있기 때문에 • 감독자 임의 시공변경 • 감독자의 전문성 결여	14%
기타 원인	▶ 시공사와 시공자의 책임감 결여(10%) ▶ 안정된 공사수급에 의한 투자여건 조성이 안되어 있기 때문에(8%) ▶ 송전선로 시공경험자의 일관성 있는 운영의 어려움(5%) ▶ 불합리한 공사금액 및 공기 때문에 선진기술도입이 어려움(5%) ▶ 입찰제도에 문제가 있기 때문에(8%)	

있다.

- ① 송전분야의 시공기술을 관리하고 선도하며 시공 관계자에 대한 교육업무도 추진하는 일종의 전문 기관 또는 단체가 없다
- ② 경제적인 문제(신장비 및 기계화 장비 확보 곤란, 시공기술 개발에 대한 투자 곤란 등)
- ③ 시공기술 개발에 대한 무관심
- ④ 기타 공사금액 책정, 입찰제도, 공사수급 등에서의 문제점

이상과 같은 문제점 외에도 세부적으로는 한국전력 내에서의 시공기술 개발환경 미조성, 시공사들의 단체인 전기공사협회의 시공기술 개발여건 미확보, 시공기

술 분야에 대한 정부의 투자여건 미조성 등 다양한 원인을 찾을 수 있다. 어떠한 전문가에 의한 설문에 의할 때 국내 시공기술 개발이 저조한 주요 이유로는 상기의 내용과 같이 조사·분석되었으며, 이 결과는 객관적으로 볼 때 매우 타당성이 있는 것으로 판단된다.

나. 국내 시공기술 향후 추진 전망

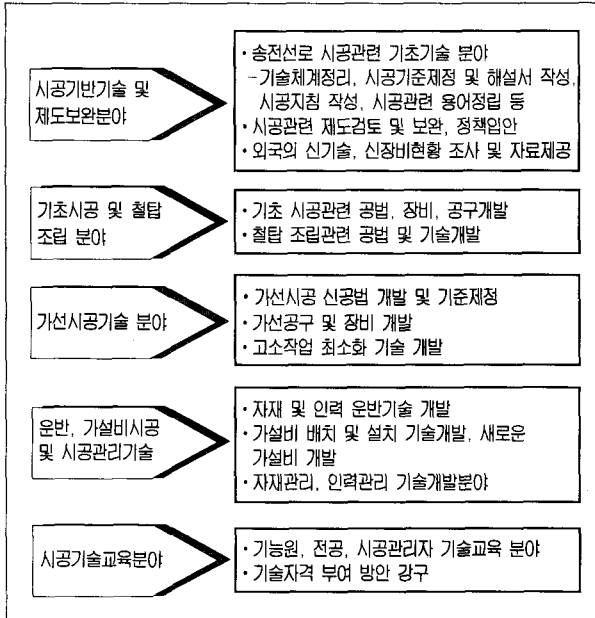
(1) 기술개발 분야 분류

이 항에서는 시공기술의 개발측면에서 그림 3과 같이 기술개발분야를 분류하였다. 즉 시공기반기술 개발과 각종 시공관련 제도 보안을 위한 기술분야, 기초시공부분과 철탑조립관련 기술개발 분야, 가선시공과 관련하여 장비, 공구 및 신공법 개발분야, 자재운반과 가설비 설치 및 효율적인 자재와 인력관리를 위한 운반설비 및 시공관리 기술분야 그리고 시공관련자에 대한 기술교육 추진분야 등으로 분류하였다.

(2) 기술개발 추진체계

앞에서 도출된 내용의 기술개발과제를 체계적이고 현실적으로 진행하기 위한 추진체계를 제시하고자 한다.

한국전기공사협회가 기술개발 업무를 적극적으로 추진하기 위해서는 공사협회 자체의 적극적인 추진도 중요하지만 송전선로 시공기술과 관련되는 기관, 단체 및 시공업체와의 면밀한 협조관계도 중요하다고 할 수 있다. 송전선로의 시공기술과 관련이 가장 큰 기관으로는 한국전력공사를 들 수 있다. 한국전력공사는 송전선로를 운영하고 송전선로의 시공을 직접 감독하는 기관으로서 시공기술과 가장 밀접한 기관이면서 시공기술의 최종 소비자이기도 하다. 또한 전력사업 구조조정 최 중목표도 발전과 배전부분은 민자운영으로 추진하며, 송전부분은 한국전력에서 계속 운영하는 것으로 알려

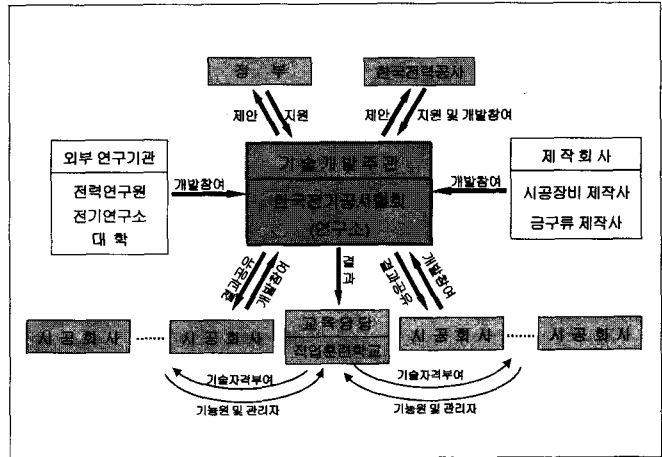


〈그림 3〉 기술개발분류 및 기술분야

지고 있다. 이 같은 상황을 볼 때 송전분야는 한국전력에 있어 매우 중요한 설비임을 알 수 있다.

그러나 최근까지는 한국전력공사 자체에서 시공기술 개발을 추진한 실적은 매우 미비함을 이미 검토한 바가 있으며, 앞으로도 이러한 상황이 급변하기는 힘들 것으로 판단된다. 따라서 한국전기공사협회가 주관이 되어 송전선로 시공기술부분을 선도하고자 할 경우에는 관련기관 및 관련 단체와의 밀접한 유대관계를 가지면서 추진하는 것이 보다 원활할 것으로 여겨진다. 한국전기공사협회가 주관이 되어 국내에서 시공기술개발을 추진하고자 할 경우 각 기관과의 기술개발 추진체계(안)을 제안해 보면 그림 4와 같다.

그림4에서 보는 바와 같이 기술개발을 위한 예산은 주로 정부와 한국전력공사로부터 지원 받을 수 있다고 보며, 필요에 따라서는 시공회사나 장비회사로부터 일부 지원을 받을 수도 있다고 본다. 한국전력공사의 경우 시공품질은 곧 전력품질의 향상과 같다고 볼 수 있



〈그림 4〉 시공기술개발 추진체계(안)

기 때문에 앞으로는 시공기술개발에 대해 많은 투자가 가능할 것으로 판단되며, 정부의 경우에는 시공업체의 경쟁력 제고와 국내 시공기술의 발전을 통한 국가 경쟁력 확보를 위해 시공기술 개발에 대한 투자가 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

급변하는 사회환경에 따라 전력기술에 있어서도 빠른 기술의 변화가 이루어 지고 있으며, 아울러 송전선로의 시공부분에 있어서도 기술의 변화가 크게 나타나고 있다. 생산성 향상에 의한 코스트다운, 인력절감을 위한 자동화 기술, 공정단축을 위한 기계장비화 등이 급속히 추진되고 있는 것이 오늘의 현실이다. 더욱이 국제사회는 경제와 관련된 자국의 이해득실에 따라 급속히 변화하는 가운데, 지역적 경제블록 형태의 경제동맹 강화, WTO 중심의 다자간 무역주의가 새로운 국제경제규범으로 시작되면서 기존의 무역장벽은 붕괴되고 기술보호주의에 근거한 새로운 기술경제시대를 맞고 있어 앞으로 어떠한 조직이라도 경쟁력을 확보하지 못하면 도태될 수밖에 없는 상황으로 변화하고 있다. 이

러한 변화는 송전선로의 시공과 관련한 부분에서도 일어나고 있다고 할 수 있다.

따라서 국제시장 개방시대에 국내 송전분야 시공업체가 살아남고, 활성화되기 위해서는 기술경쟁력 확보가 무엇보다도 중요하다고 하겠다. 과거의 상황이 어떠하였든 현시점부터라도 기술개발에 대한 중요성을 인식하고 이에 대한 대책을 세우지 않으면 국내 전기공사업계는 도태될 수도 있으며, 이에 따라 한국전기공사협회도 어려운 난관에 직면할 수 있다. 특히 전력분야에서의 시공관련 기술개발은 국내에서는 추진하는 곳이 없었고, 국내 시장규모의 협소로 기술투자도 어려운 상황이기 때문에 이 분야에 대한 기술투자가 사실상 어려웠던 것이 사실이다.

이 조사연구에서는 전력분야 시공기술 중 시공규모가 크고 다양한 기술이 요구되는 송전분야 시공기술에 대해 검토하였으며, 최종 목적으로는 한국전기공사협회 회원사에 대해 신공법, 신기술 및 신장비 등을 개발 보급하여 기술경쟁력을 갖도록 하며, 공사협회의 새로운 수익사업 창출과 대외적인 경쟁력을 갖도록 하기 위한 것으로서 본격적인 개발사업 착수에 앞서 먼저 국내외 송전분야 시공기술개발 동향을 파악하여 국내의 기술 수준을 조명한 후 송전분야 시공기술 개발방향을 수립하여 제안하였다. 또한 보다 현실적인 접근을 위해 시공사와 한국전력공사 등에 근무하는 시공관계자를 대상으로 설문조사를 하였고, 전문가의 기술자문 등도 실시하였다. 이러한 작업을 통해 국내 송전분야에서의 기술개발방향을 제시하였고 결과적으로 기술개발과제명을 도출하여 제시하였다. 또한 한국전기공사협회의 경쟁력 확보를 위한 일환으로서 기술개발 업무 추진의 필요성과 중요성에 대해 객관적인 평가를 하였으며, 결과적으로 한국전기공사협회가 시공기술의 모든 부분을 책임지고 선도해야 하는 것으로 결론 지워졌음을 알 수 있었다.

이 조사연구를 통해 얻어진 기술개발 과제명과 기술개발 추진 방안은 객관적인 조사분석에 의해 얻어진 것이며, 실제 이를 추진하는데 있어서는 많은 어려움이 있을 수 있다. 그러나 이러한 문제점이 한국전기공사협회의 노력에 의해 하나씩 해결되어질 때 송전분야의 시공기술도 더불어 한 단계씩 향상되는 것이므로 결국 한국전기공사협회의 기술개발에 대한 의지가 가장 중요하며 시공관계자의 많은 도움이 필요할 것으로 판단된다. ■

[참고문헌]

1. 한국전력공사, "경영통계", 1998
2. 한국전력공사, "장기전략경영계획", 1996
3. 대한전기학회, "전기학회지", 1997. 7
4. 한국전기공사협회, "전기공사업통계자료", 1997
5. 한국생산성본부, "전기공사업의 경쟁력 강화방안 수립을 위한 연구", 1996.
6. 철탑공사시공기준해설서, 송전선건설기술연구회
7. 송연Report, 송전선건설기술연구회
8. 전력연구원, 765 kV 송전선로 건설용 신장비, 공구류의 국산화 개발품 요약기술 보고서
9. M.R.Eby, "1998 ESMO Conference Preview", IEEE Power Engineering Review, March 1998
10. 電氣現場技術, '98年 4月號
11. 電氣現場技術, '90年 1月號
12. 電氣現場技術, '90年 5月號
13. 電氣現場技術, '94年 2月號
14. 電氣現場技術, '91年 3月號
15. 電氣現場技術, '91年 10月號
16. 한국전력공사, "765kV 건설용 중장비 사양서 및 공구손로(안)", 1995.
17. 한국전기공사협회, "1997년도 전기공사업경영분석", 1998. 9
18. 한국전력공사, "송전분야 감리절차서"
19. 한국전력공사, 설계기준
20. 電氣現場技術, '89年 9月號
21. 電氣現場技術, "4도체 V련장치 교체공구 개발", 1988. 9