

캄보디아 시엠립 한국순환도로 2차 사업관리

Siem Reap Korean Ring Road the second-staged Project Management in Cambodia



항보원일 한국도로공사 경남본부 교통운영차장

1. 서론

1.1 추진배경

캄보디아는 도로부문이 승객 및 화물운송의 대부분을 담당하고 있으나 1970년대와 1980년대에 걸친 내전으로 대부분의 도로가 유실되었으며, 정부의 예산부족으로 남아있는 도로마저 유지·보수가 어려워 제 기능을 하지 못하고 있는 상황이다. 캄보디아 정부는 지역 간 균형 있는 경제발전과 관광자원 개발을 위해 기존 도로의 개보수가 긴요함을 인식하여, 세계은행(WB), 아시아개발은행(ADB), 일본국제협력은행(JICA) 등 공적원조기관의 원조사업을 통해 기존 도로망 개보수 사업을 적극 추진하고 있다.

한국국제협력단(KOICA)¹⁾에서 캄보디아 앙코르와트 문화유산을 보존하고 관광증진을 통한 빈곤감소 및 지역개발을 목적으로 추진한 『캄보디아 시엠립 우회도로 건설사업(2005~2006/160만불)』 1단계 사업은 포장 재료가 홍토(Laterite)로 우기 및 중대형 차량으로 인한 노면손상 가능성이 매우 높아, 도로개설 및 사업지원효과 감소가 우려됨에 따라, 도로기능을 향상시키기 위해 캄보디아 측에서 본 2단계 사업을 요청하게 된다.

한국순환도로 1단계 사업은 앙코르와트 주변 동측(10.3km) 및 서측(4.9km) 위치에 홍토 및 아스팔트 콘크리

트를 설치한 사업이며 이는 유적 내부도로의 차량 분산효과가 목적이었으나 외곽순환도로 중에서 북, 서부 지역인 본 사업구간과의 연결이 이루어지지 않아 그 효과성이 크지 않았던 것으로 판단되고, 2009년 10월 정상회담 시 원조자금 지원약속에 따라 2단계 사업을 추진하게 되었으며 이는 북, 서측(8.9km) 및 북측(11.6km) 위치에 아스팔트 콘크리트포장을 설치하는 사업으로 외곽순환도로를 연결함으로써 세계문화유산의 항구적인 보전과 앙코르와트의 관광산업을 증진하는데 목적이 있다.

1.2 캄보디아 도로 및 사업대상지 현황

캄보디아의 총 도로망은 4,160km의 국도로 구성되어 있으며 MPWT²⁾에서 관장하고 있다. 전쟁의 역사와 미흡한 유지보수 기술력, 홍수 등의 피해로 인해 과거 20년 동안 도로의 상태는 열악한 상황이다. 다단계에 걸친 도로 개보수 작업이 진행 중이며 총 5,634km의 도로가 개보수될 예정이다. 이와 함께 연간 600km 내외의 도로가 건설될 것으로 예상되며 계획된 도로 개보수 작업은 3단계로 구분되었으며 1단계는 현재 진행 중인 프로젝트, 2단계 확정된 프로젝트, 3단계 추진 예정 프로젝트로 구분되었다.

2. 시공관리

2.1 2차사업 개요

본 사업은 한국국제협력단의 무상원조자금으로 집행하고 있으며 분야별 참여업체로는 (주)유신과 (주)일신ENC에서

1) 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency)

2) MPWT(MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND TRANSPORT): 캄보디아 공공사업교통부

설계를 완료하였고 신동아종합건설(주)에서 시공을 하고 있으며 한국도로공사에서 전체적인 사업관리를 수행하고 있다. 집행사업비로는 1단계 사업에서 총 연장 15.2km \$430만(49.4억원)이 2008년부터 2009년에 걸쳐 2년간 집행되었으며 2단계 사업에는 총 연장 20.5km \$1,150만(132.3억원)이 2011년 2012년 현재 완공을 목표로 추진 중에 있어 총 연장 35.7km \$1,580만(181.7억원)이 최종 집행될 것으로 예상하고 있다.

2.2 공사추진현황

가. 기공식 행사

사업의 착수를 알리는 기공식은 2011년 3월17일 수원국을 비롯한 우리 측의 여러 귀빈들을 모시고 성황리에 치러지게 되었다. 이날



〈기념사〉

행사는 시엠립 한국순환도로 2차사업 구간의 시점에서 시엠립 주, 압사라청 주관으로 지역주민 2,400여명을 모신 자리에서 이루어졌다.

나. 작업추진현황

토공 작업에는 표토제거, 깎기, 측구터파기, 되메우기, 노체, 노상의 흙쌓기, 줄떼, 기존 구조물철거 작업 등이 포함되어 있고 사업구간 내 확장 1~3구간에서는 수목 및 표토제거 작업을 완료하고 노상 홍토(Laterite) 성토와 평탄작업과 다짐작업이 완료된 상태이다. 배수공 작업에는 암거, 배수관, 석축, 방호책, 계비온(Gabion) 옹벽, 도수로 등의 설치 및 보수 작업이 포함되어 있고 교량 #2, 3, 4에는 기존교량을 이용하는 보도부 WHEEL SAW 작업을 완료하였고 수로파이프 설치가 완료되었다. 수로박스는 #5, 6, 7 설치가 완료되고 터파기, 거푸집설치, 콘크리트타설, 날개벽 설치, 되메우기 및 다짐 작업이 완료된 상태이다.

구조물공 작업에는 수로파이프 연장, 수로박스 설치, 기존교량 #2, 3, 4 보수 및 신설교량 #10 설치 등의 작업이 포함되어 있고 수로파이프(연장)에는 PC #1, 2, 3, 7, 9, 13 설치가 완료되었다. 포장공 작업에는 보조기층 쌓기, 쇄석기층, 표층(t=4cm), 중간층(t=4cm)의 아스팔트 콘크리트 포

장 작업이 포함되어 있고 기존 홍토포장 도로의 아스콘포장은 서측도로 1구간은 연장(3.5km), 폭원(8~9m), 서측도로 2구간은 연장(5.4km), 폭원(8~9m), 북측도로 3구간은 연장(4.1km), 폭원(8~9m), 북측도로 4구간은 연장(3.0km), 폭원(8~9m) 각각 설치토록 계획되어 있으며 신규도로 개설구간에서는 북측도로 5구간의 연장(4.5km), 폭원(8~9m), 시엠립강 횡단을 위한 교량신설(39m) 작업이 추진 중이다. 부대공 작업에는 가드레일, 표지판, 이정표, 차선도색, 고정식 및 이동식 측중량 측정소, 가로등, 조형물 설치 등의 작업이 포함되어 있고 중차량 임시 통제시설 설치(STA.12+700)는 이동식 측중기 운영과 차량통제작업을 추진할 계획이다.

2.3 품질관리

가. 품질관리 기본방침

시엠립 한국순환도로에서 공사특성에 맞도록 적절한 품질관리계획을 수립하고 이에 따라 품질시험 및 검사를 포함한 품질관리를 자발적이며 체계적으로 실시하고 있으며 품질시험을 위한 시험 기자재는 캄보디아에서 구득이 어려우므로 한국산 시험기기를 들여와 품질시험을 실시하고 있다.

나. 아스팔트 포장 관련 품질관리

아스팔트 유제는 상온에서 단단하게 굳어지는 물질이며, 이를 부입도의 골재와 적정하게 섞기 위해 온도를 높이며 플랜트에서 잘 혼합하여 덤프트럭으로 운반하여 페이퍼로 펼친 후 로울러로 다지면 완료된다. 운반이나 시공 중 온도가 과도하게 떨어질 경우 적정하게 다질 수 없으며, 시공 중 일부 오류가 있으면 바로 잡기가 불가하므로 체계적이고 과학적인 품질관리가 요구된다. 캄보디아 강우 특성상 국부적인 강우가 간헐적으로 내리므로 플랜트, 운반로, 포장 현장까지 연속적인 관리가 필요하며 혼합물 운반 차량은 상시 덮개를 씌우도록 규제하고 있고 플랜트, 포장 현장 및 현장 사무실에 비상연락망을 상시 비치, 운영하고 있다.

장비는 대부분 노후화되어 잔고장이 많아서 포장 작업 전·후에 장비 점검을 의무화하고 포장 작업 중 장비가 정지되지 않도록 상시 정비체계를 구축하고 있으며 기후 특성상

고온에서 작업해야 하는 열악한 환경 때문에 기능공의 고용에 어려움을 겪고 있으나 추가적인 기능공의 확보, 고용으로 적정인력 관리를 이행하고 있다.

2.4 안전관리

가. 상시 사고방지를 위한 안전관리

정기적인 관리감독자와 협의체간의 회의 실시와 작업근로자 및 장비운전원 정기 안전교육 실시, 작업시작 전 장비작동 이상 유무 점검, 현장주변의 정리·정돈상태 점검, 작업방식에 따른 안전대책 이행상태 점검 및 관리를 이행하고 있다.

나. 중차량 통제시설 운영

공사구간내 과적차량의 통행이 잦아 공사중 노면 파손이 발생하고 있고 특히 우기철 연약화된 노면에 과적차량 통행으로 인해 도로 노상층이 파손되는 현상이 빈번히 발생하고 있다. 이에 STA. 12+700지점에 바리케이드(w=8m, h=5m)를 제작, 이동 설치하였고 이동식 측정장비를 이용한 축중량 10TON, 총중량 35TON 중차량의 통행을 제한하고 양코르톰 경찰의 협조를 통해 주·야간 24시간 중차량 통행을 단속하고 있다.

다. 안전교육

안전보건 협의체 회의를 통해 작업의 시작 및 종료시간, 작업장간의 연락방법, 재해발생 위험의 대피방법, 안전보건에 관한 운영, 순회점검에 관한 사항, 산업재해 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 사항 등에 대하여 협의와 토론을 통한 해결방안을 지속적으로 강구하고 있다.

라. 각종 안전시설 설치

수로 파이프, 수로박스과 같은 배수구조물 구간의 접근금지 시설물을 설치하고 기시공 완료된 구간에 신속한 되메우기 작업을 실시하며 임시가도 설치구간 차량유도 시설물과 안전난간대를 설치하고 있다. 아스팔트 콘크리트 포장작업시 차량과 인원 통제와 전·후방 전담신호수 배치, 차량통제용 라바콘 및 표지판 설치하고 마을진입로구간 및 학교앞 구간 작업에도 특별한 관리를 하고 작업종료후 작업부산물 처리 및 자재정리에 철저를 기하고 있다.



〈차량통제용 안전포스트 설치〉



〈관리감독자 안전회의〉

3. 현안사항 및 개선방안

3.1 대체토공재료 선정

가. 캄보디아 홍토(Laterite)의 성질

홍토(Laterite)는 적도를 중심으로 위도 20도까지의 열대, 아열대 지방에서 분포되어 있으며 형성과정에 따라 Laterite, Residual soil, Black cotton soil, Saprolite라 부르고 있으며 통칭하여 Tropical soil이라 부른다. Laterite의 대표적 특성은 수분이 있는 땅 속에서는 부드럽지만 공기중에 놓으면 철 성분이 산화되면서 단단한 건축재료가 된다.



〈홍토의 입도〉

Laterite는 한국의 풍화암보다는 강도가 약해서 리퍼(Ripper)나 굴삭기에 의해 작업이 가능하다. 자갈의 비율이 30~60% 비율을 차지하고 있으며 자갈의 함량이 높아서 상대적으로 흙의 전단강도가 높다. 반면에 0.075mm 이하의 세립토의 비율도 20~32%로 나타나 세립분 함량이 양입도 모래(SW) 수준인 것으로 조사되었다. 액성한계는 36~47% 정도, 소성한계는 16~24%이므로 국내의 저소성 점토와 유사한 값을 보였다. 따라서 성토다짐시 함수비 조절이 용이한 장점이 있고 소성지수는 14~24로 비교적 큰 값을 보이기 때문에 하중이 큰 경우에는 변형에 주의하여야 한다.

나. 대체토공재료의 선정

캄보디아 시엠립 한국순환도로 2차사업에서 보조기층 재료로 사용하고 있는 홍토(Laterite)는 주로 아열대 지방에 분포하는 흙으로 세립분을 다량 함유하고 있다. 홍토는 수분을 함유할 경우 투수가 안되며 소성상태가 되어 아래 그림과 같이 쉽게 유동하는 특성을 가지고 있다.



〈강우에 의한 홍토의 변형 예〉

홍토 보조기층 재료는 CBR을 제외하고는 국내 기준을 모두 벗어나는 것으로 나타났다. 보조기층에서는 투수가 중요한 역할을 하고 있으나 홍토의 0.08mm 통과율 시험결과가

23.5%로 나타나서 국내 기준인 10%에 비하여 매우 높으므로 수분을 함유할 경우 매우 쉽게 소성상태가 되어 상기 그림과 같이 변형이 발생될 수 있다. 또한 소성지수의 기준이 지나치게 하향으로 설정되어 있고 시험결과가 16.6%로 나타나서 보조기층으로써의 역할이 어려운 조건이다.

표 1. 쇄석 보조기층과 홍토 보조기층의 비교

구 분	쇄석 보조기층	홍토 보조기층
상대강도계수	0.051	0.043
소성지수 (%)	6 이하	16.6
0.08mm 통과율 (%)	10 이하	23.5

【2011년 한국도로공사 해외사업처 국별자료 참고】

상기 표에서 쇄석의 상대강도계수가 홍토에 비하여 19% 정도 증가하므로 단면 감소효과가 있으며, 홍토 보조기층 대신 쇄석 보조기층을 사용하더라도 이 구간의 소요 SN을 만족하므로 문제가 없는 것으로 최종 검토되었다.

3.2 지뢰 및 불발탄 처리

30년 동안의 전쟁과 내전을 겪은 캄보디아는 오늘날까지도 전쟁의 후유증에서 벗어나지 못하고 있다. 매일같이 지뢰와 확산탄으로 인한 피해가 반복되고 있기 때문이다. 본 노선 중점부에 캄보디아 내전 당시 남아있던 지뢰와 불발탄 의심지역이 약 5km 구간에 걸쳐 있었다. 터파기 작업 및 벌개제근 작업시 공사 장비와 작업 인력의 접근이 불가하여 이로 인해 공정추진에 상당한 지장을 초래하였다. 캄보디아 정부는 지뢰제거 전문기관인 CIMA와 APSARA청과 공조를 하여 유기적이고 지속적인 관계기관 협의를 통하여 지뢰 및 불발탄을 조사하고 제거하여 안전한 공사를 추진할 수 있었다.

3.3 지장물 저촉에 따른 선형조정

사업구간은 선형개량한 신설구간으로 당초 노선에서는 가옥 3채가 저촉되어 이주대책을 마련하고 보상협의를 하는 등 공사기간이 지연되는 현상을 초래하였다. 이에 주민피해를 최소화하고 보상의 원활을 기하고자 APSARA청의 요청에 따라 선형조정관련 협의를 하게 된다.



〈선형조정협의 및 의견수렴〉

APSARA청의 요청에 따라 선형조정 협의를 시행하게 되고 그 해결방안으로 도로선형 축을 약 5m를 이동하여 학교 부지 저축을 최소화하고 학교 경계를 따라 벽돌 담장을 설치하여 방음 효과를 증진시켜 주는 등 본 사업으로 인한 피해를 최소화 하는데 중점을 두었다.

4. 결론

최근에는 국내 건설시장이 줄어들고 해외로 진출하고자 하는 기업이나 건설기술자들이 점차적으로 늘어가고 있는 추세이다. 필자는 국내의 여러 고속도로 건설사업의 경험과 약간의 해외사업 경험을 가지고 있으나 국내에는 해외의 도로사업 관리에 관한 실제 사례와 발생 가능한 주요 이슈들에 대한 경험 사례를 손쉽게 찾아 볼 수 없는 것이 현실이었다.

이에 본 고에서는 한국도로공사에서 수행 하고 있는『캄보디아 시엠립 순환도로 2단계 건설사업』의 PMC 경험을 소개 하고 공사기간 중 발생한 문제점과 해결방안들을 공유함으로써 향후 해외로 진출하고자 하는 국내의 도로분야 기술자들에게 조금이나마 도움이 될 수 있었으면 하는 바람과 함께 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

캄보디아를 비롯한 아열대지방의 홍토(Laterite)는 성토 재료로서는 최적의 조건을 가지고 있다. 굵은 입자의 미립분이 혼입되어 있고 수분에 민감하지 않기 때문에 함수비 조절만 잘 하면 소정의 강도와 양호한 다짐밀도를 손쉽게 낼 수 있다. 액성한계와 소성지수가 높은 일부 홍토는 포장 구조체로 사용이 곤란하나 소성을 가진 흙은 지속적인 반복하중에 대하여 변형을 일으키고 다시 복원되지 않기 때문에 하중에 대한 반력이 큰 포장 구조체로 사용할 때는 엄격한 품질관리

가 요구되기도 한다.

캄보디아와 같은 개발도상국에서의 도로사업의 품질관리는 보다 각별한 주의와 관심이 필요하다고 할 수 있다. 국제(International)기술자와 현지(Local)기술자들로 구성된 해외사업 현장에서 품질관리 계획을 수립하고자 할 때 우수한 수준이 요구되어지곤 하나 현지기술자들의 품질시험에 대한 이해와 경험부족으로 고품질의 성과물을 생산해 내는데 많은 어려움이 수반되는 건 사실이다. 이를 위해서는 한국의 우수한 품질시험관련 기술을 제공(국내연수 포함)하고 필요 시 국내의 품질시험 장비를 지원하는 사업관리 방안을 제시하고자 한다.

본 사업의 궁극적인 목적이었던 세계문화유산 앙코르와트를 우회하는 순환도로를 건설하여 중차량으로부터 문화재를 보호하고 지역주민에 대한 교통편의를 제공하여 주는 “Korean Ring Road”를 성공적으로 완성하여 대한민국 국가 이미지를 제고하는 계기가 되었으면 하는 바람 가져본다.

· 황보원일 e-mail : hbwonil@ex.co.kr