

활주로 연약지반 처리 및 포장공법

김동욱*

1. 머리말

우리나라의 산업의 발전은 외국과의 각종 교류를 증대시키고 있다. 수출을 위한 물류의 수송은 주로 선박을 이용하고, 인편 및 시간의 제약을 받는 물류 수송은 항공기를 이용하고 있다. 그러나, 산업의 고도성장으로 인해 항공수요가 크게 증가하였고, 이로 인해 기존의 공항을 이용한 물류 및 인적자원의 수송이 포화상태에 이르게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인천국제공항을 계획하게 되었고, 현재 명실상부한 동북아 중추공항의 면모를 갖추게 되었다. 우리나라의 경우 도로, 교량, 터널, 철도 등의 다른 토목공사와는 달리 발주처인 인천국제공항공사, 감리단, 시공사 모두가 공항공사에 대한 노하우가 적어 시공상 어려움이 많았으며, 인천 국제공항의 활주로 및 유도도로, 계류장의 토공사 및 콘크리트 포장, 아스팔트 포장 공사를 수행하면서 설계 및 시공과정에서 느꼈던 바를 기술함으로써 향후 공항공사의 보다 더 나은 품질과 질적 개선을 바라며 이 글을 서술한다.

공항공사의 시공과정은 일반도로 또는 고속도로 건설 시 이용되는 시공과정과 비교해 볼 때, 여러 면에서 차이점이 있다.

도로의 경우 주로 차량 진행방향으로 포장이 이루어지고, 또한 차량 진행으로의 길이가 도로폭에 비해 매우 크므로, 하중의 위치변화에 따라 다르게 적용해야 한다. 이에 반해, 공항포장은 활주로(84m), 유도도로(60m)등으로 포장면적이 넓기 때문에 도로공사

시공개념과는 약간의 차이가 있다. 또한 600ton이상인 항공기의 하중을 견딜 수 있는 포장체의 강도와 밀도를 요구하므로 시공 전에 작업방법, 시공조인트, 장비조합, 일일 포설량, 간섭공종등을 면밀히 검토 후 시공해야한다. 특히 포장공사의 간섭공종인 항공 등화시설, 급유시설, 테더시설, 전기관로, 통신관로, 오수관로, 공동구, 지하차도, 관수관로, 배수BOX, 조명탑, GPS(Ground Power System), 계류장치(Mooring Point), 각종 건축구조물 및 건축배관 Pipe 등과같이 실제로 수많은 시설물이 종합적으로 제 위치에 설치된 후 포장작업이 이루어지게 되는데 수많은 공종들과의 작업연계가 유기적으로 이루어지지 않을 경우 설계와 달리 작업지연이 많아 공기지연과 품질의 저하가 발생할 가능성이 크다.

2. 인천국제공항 설계기준

인천 국제공항의 설계기준은 국제 민간 항공 기구(ICAO), 미국 연방 항공국(FAA), 국내 항공법 및 동시행령 그리고 일본 운수성의 설계기준 등을 적용하였고, 특히 항공기의 성능, 파일렛의 기술 및 기상 조건 등에 부합될 수 있도록 활주로, 유도도로 및 기타 시설들의 제원이 설계되었다. 본 시설에 적용된 콘크리트 포장 및 아스팔트 포장의 대표적인 설계단면은 그림1과 같다.

* 금호건설 부장 / 인천국제공항 1단계 제2활주로지역 남측토목시설공사(A-4공구) 현장소장

50cm : 콘크리트 슬래브	15cm : 아스팔트 표층
5cm : 아스팔트 중간층	20cm : 아스팔트 기층
20cm : 동상방지층	35cm : 보조기층
200cm : 노상	200cm : 노상
70cm : 노체	70cm : 노체
(a) 콘크리트 포장단면	(b) 아스팔트 포장단면

그림 1. 대표적인 공항포장 단면

3. 시공순서 및 기술

공항건설에 필요한 공종은 일반도로 공사에서 요구되는 것에 비해 매우 다양하다고 할 수 있다. 본 절에서는 여러 개의 시공절차 중에서 포장시공에 가장 기본이 되는 토공사, 기층시공, 아스팔트 표층, 콘크리트 슬래브 시공등에 대해 설명하고자 한다.

3.1 토공사

인천국제공항은 주로 매립에 의해 형성된 부지에 시공되었다. 공항 시공부지는 매립에 사용된 재료의 특성에 따라 크게 준설패립토 지역과 산토매립 지역으로 나눈다. 매립을 위해 사용된 시공방법 및 시공장비의 조합이 각각 다르고, 특히 재료의 특성으로 인해 발생하는 문제가 다르므로 시공시 고려해야 하는 사항에 차이가 크다고 볼 수 있고, 이중 가장 중요한 요소중의 하나는 매립으로 인한 포장체의 침하 및 지지력 문제이므로 이를 해결할 수 있는 다짐방법 및 적절한 장비의 사용이라 할 수 있다.

① 준설패립토 지역

준설패립토 지역의 노상 다짐 시험시공 결과 개랑심도는 4.2m~5.4m(준설패립토 두께 5.2m~5.6m)이며 상부 교란층의 심도는 1.0m정도의 교란이 발생하며 유압햄머 다짐 95%를 만족하였을 경우

체적감소율은 대략 7~9%의 범위로 준설패립토가 3~5m인 1단계 공항부지에 대하여 평균 40cm정도 두께의 여분 매립토가 요구되어 추가로 1m의 여성을 실시하였다. Ram무게 10톤, 낙하고 1.2m인 유압식햄머 다짐으로 다짐을 수행하였고, 다짐도를 확인하기 위해 콘관입시험(cone piezometer test, CPT)을 실시하였다. 다짐도 95%를 만족하였을 경우 여성토를 제거한 후 PP MAT를 포설하고 노상층을 포설하고 다짐을 실시하였다.

② 산토매립지역

부지 조성 공사중 에어사이드(Airside)지역의 1공구에 해당되는 산토매립지역의 경우 원지반 상부위에 두께 70cm의 샌드매트를 깔고 그위에 노체재료(φ300mm이하 성토재)를 층다짐 하였다.

노상재료(φ100mm이하 성토재)를 170cm까지는 20cm씩 95%다짐으로 층다짐을 실시하고 상부노상 30cm는 15cm씩 2회에 100%다짐을 실시하였다.

3.2 기층시공

기층은 도로포장체에서 포장의 종류, 즉 아스팔트 포장과 콘크리트 포장에서의 역할이 약간 다른데, 그 주된 이유는 각각의 포장체에 가해진 차량하중을 지지하는 방법의 차이로 인해 발생하는 것이다. 기층재로 이용되는 경우에 따라서는 시멘트, 석회, 아스팔트 등을 이용하여 안정 처리한 기층을 사용하기도 한다. 본 인천국제공항 시공에서는 시멘트 안정처리 기층을 사용하였다.

시멘트 안정처리기층(cement treated base course, CTB)은 포장체에 직접 전달된 하중을 노상층에 분산하여 전달하는 층으로서 시멘트, 모래, 골재, 석분, 물을 적절히 배합하여 포설장비를 이용하여 포 및 다짐을 수행하였다.

시멘트 안정처리 기층용 혼합재료는 생산직후 손으로 만져보았을 때 촉촉히 젖어있어야 하며, 너무 건조하거나 물기가 많으면 다짐이 되지 않으므로 단

표 1. 피니셔 장비 제원표

장비명	구분	엔진마력 (KW)	무게 (ton)	폭 (m)	크라운 (%)	최대포설두께 (cm)	아스콘포설량 (t/h)	C.T.B. 포설량(m ³ /hr)	다짐장비 조합	비고
TITAN322		125	17	2.5~8		30	140	100	1조	작업여건, 대기온도, 장비조종원 숙련도, 골재의 특성에 따라 작업효율에 차이가 발생
TITAN422		138	20	2.5~8		30	140	120	1조	
VOGEL SP-1600		105	16	2.5~8	+3~-1	30	100	60	1조	
VOGEL SP-2500		209	28	3~16	+3~-1	40	200	140	2조	
DYNAPAC		110	16	2.5~6		25	100	60	1조	
DEMAG		110	16	2.5~6		25	100	60	1조	

위수량을 조절하여 최적의 다짐밀도가 되도록 현장 배합 함수비에 주의를 기울여야 한다. 또한, 혼합재료 운반시 건조해지는 것을 방지하기 위하여 덤프트럭에 꼭 덮개를 씌워 운행토록 하고, 일일 포설량 및 시공조인트 발생이 최소화되도록 최적의 장비 조건을 갖추어야 한다. 현장에서는 포설준비작업으로 스트링 라인을 포장예상 순서에 맞게 설치하고 측량을 실시하여 작업에 효율성을 높여야 한다. 스트링 라인은 풀이 흔들리지 않도록 단단히 세우고, 라인은 늘어지지 않게 팽팽하게 잡아당긴다. 또한 각 지점의 계획고를 재확인하고 기준점을 다시 확인한 후 측량을 실시한다. 측량의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않기에 매 측량시마다 다시 한번 확인 후 시공토록 한다.

시멘트 안정처리 기층의 포설장비인 피니셔에는 TITAN, VOGEL, DYNAMIC, DEMAG 등 여러 가지가 있고 기본적인 기능은 같지만 제조회사마다 약간의 특성이 있으며 특히, 장비의 엔진마력이 큰 장비를 선택하여 작업을 실시하여야 한다. 시멘트 안정처리 기층은 아스콘과는 달리 골재가 굵고 보통 포설두께가 12~18cm에 이르는 만큼 작은 엔진으로는 힘이 모자라서 작업속도가 느리고 포설폭이 좁아 그만큼 시공 접합부가 많이 발생하게 되고 품질에 나쁜 영향을 미치게 된다. 아울러 중요한 것이 숙련된 장비 조종원이다. 실제로 장비 조종원의 숙련도에 따

라 최고 2~3배의 작업효율에 차이가 났으며 품질에서도 큰 차이가 있었다. 시멘트 안정처리 기층 시공을 위한 장비의 조합은 진동롤러1대, 타이어롤러 1대, 탄템롤러1대를 기본조합으로 하여 다짐횟수는 각각 8회, 4회, 4회로 다짐을 실시하며, 시방기준 다짐밀도 얻을 수 있도록 관리하였다. 다짐장비는 최대한 길게 연속적으로 작업하여 평탄성을 유지할 수 있도록 하였고, 중앙부에서 외측방향으로 전압하고 아래에서 위쪽 방향으로 전압을 실시하였다. 시멘트 안정처리 기층 포설 시 살수차를 상주시켜 포설직전 바닥면을 살수하고 이음부 및 1층 시공후 2층 포설전에도 살수를 실시하여 접착력을 향상시켜야 한다. 특히 하절기에는 수분의 증발이 심하기 때문에 살수차를 2대이상 여유있게 준비하여 표면을 7일간 습윤 상태로 유지해야 하며 포설 후 최소 7일간은 차량 등의 출입을 통제하여야 한다.

하절기의 경우 살수가 원활하지 못할 경우 표면에 크랙이 발생할 우려가 있는 만큼 특히 주의를 기울여야 한다.

3.3 아스팔트 포장

아스콘 포장은 골재를 역청재료와 혼합하여 포장 표면에 재하되는 교통하중을 골재 맞물림작용, 골재 입자의 마찰력, 아스팔트 시멘트의 접착강도 등을 이

용하여 아스팔트 표층, 기층 및 보조기층, 노상, 노체로 분산시켜 교통하중을 지지하는 다층 구조체이다.

아스팔트 표층은 원활한 주행표면을 제공하고, 미끄럼과 마모저항 및 하중분산 기능을 가지는 마모층과 하중을 기층에 균일하게 전달하는 전이층 기능을 가진 중간층으로 구분할 수 있다.

이밖에 역청질 재료층 사이를 결합시키기 위한 텍코팅, 입상재료층과 역청재료층 사이를 부착시키는 프라임코팅, 표층표면에 내구성, 수밀성 및 미끄럼저항을 강화시키기위한 실코팅도 표층의 구성요소로 정의할 수 있다.

아스콘 포장을 위해서는 먼저 합리적인 시공계획을 수립하고 현장여건 및 청소상태, 코팅상태, 장비, 인원, 재료, 시험, 온도등의 준비상태를 모두파악하고 아스콘 포장을 시작해야한다.

아스콘 포장도 시멘트 안정처리 기층과 별 차이는 없지만 온도관리에 역점을 두어서 1차, 2차 마무리 전압을 실시해야만 최적의 다짐밀도를 확보할 수 있다. 특히 공항의 경우 포장작업이 동절기에도 실시해야 할 경우가 많으므로 포장 시 아스팔트 혼합물의 온도관리에 더욱 신경을 써야만 적절한 내구성 및 강도를 지닌 포장을 완성할 수 있다.

3.4 콘크리트 포장

콘크리트포장은 슬래브 자체의 강도를 이용하여 발생하는 응력을 휨저항으로 지지하는 형식으로 가로,세로줄눈에 의하여 온도변화에 대처하고, 골재의 맞물림 작용 및 다웰바를 통하여 슬래브의 하중을 전달하는 구조적 특징이 있으며 콘크리트 포장의 경우 중차량에 대한 적응과 누유에대한 내구성이 우수하고 유지관리비가 저렴하고 경제적이므로 다수의 고속도로 및 공항포장에 적용되고 있다.

인천국제공항의 경우 무근콘크리트포장(PCC)으로서 다른 강성포장공법에 비해 줄눈 설치에 따른 유지보수가 불리한 면이 있으나 부분보수가 용이하고 초기 투자비가 가장 경제적인 장점이 있다. 콘크리트

포장작업을 위해서는 먼저 시멘트 안정처리 기층과 마찬가지로 스트링 라인을 팽팽하게 설치한후 계획고에 맞게 측량을 실시하고 기준점을 다시 확인하여 점검을 완료해야하며 하부층에 대해서도 재확인하여 포장두께가 시방기준에 합당한지를 확인하여야 한다. 그리고 콘크리트 포장용 배치플랜트에서 생산된 레미콘의 슬럼프를 측정하여 포설에 알맞는지를 확인하여야한다. 또한, 현장의 다웰바는 포장 중심선에 대하여 평행하고 줄눈판은 노면에 대하여 수직으로 설치되어 있는지, 조면(粗面) 마무리기의 작동여부, 피막 양생재의 양, 양생 매트, 마감용 철재거꾸집, 바이트레터등은 갖추어져 있는지등의 모든 준비작업에 대하여 확인한다. 콘크리트 포장장비는 항상 깨끗하게 유지하여 작업을 시행하며 포장작업시 장비 조종원은 항상 장비에 승차하여 장비의 이상 유무를 수시로 체크하여 포장작업이 차질이 생기지 않도록 한다.

포장 작업후 표면 마무리를 실시해야 하는데 타이닝 시기에 따라 타이닝의 형상이 달라지므로 평탄 마무리후 표면에 무리가 없어지고 응결이 시작되기전 적절한 시기에 시행해야 하며 시방기준에 맞는 일정한 깊이를 유지해야 하고, 표면 마무리 시 물을 뿌리면 콘크리트의 내구성, 표면 마모저항성의 약화등의 유해한 영향을 주므로 절대 금해야한다.

이후 피막 양생제를 살포해야 하는데 양생제 살포된 분무기 노즐에서 일정량이 균일하게 안개형태로 분무되는지를 확인하고, 노즐의 높이는 양생제가 골고루 뿌려질수 있는 높이에 설치하여 전면에 고르게 살포될수있도록 해야하며 미흡한부위는 즉시 추가 살포해야한다.

줄눈부 절단(Saw Cutting)시기는 콘크리트 타설 후 4~24시간이내에 이루어 지도록 하며, 절단으로 골재가 지나치게 흐트러지지 않을만큼 굳으면 곧 절단을 실시한후 캘리퍼스등을 이용하여 20m간격으로 절단 깊이의 적정여부를 확인한다. 주입 줄눈재의 시공은 먼저 줄눈 절단시 발생된 먼지 또는 외부로부터 침입한 토사 등을 압력공기를 이용하여 제거한 후 백업재를 줄눈 사이에 설치하고 프라이머를 도포한 다

표 2. 아스콘 포장 시공장비

구분	규격	대수	비고
플랜트	현장여건	1	
피니셔	현장여건	1	
디스트리뷰터	3,800 l	1	아스콘
덤프 트럭	15ton	7	현장여건
진동롤러	10ton	1	C.T.B
마케덤롤러	8~10ton	1	아스콘
타이어롤러	8~15ton	1	
탠덤롤러	5~8ton	1	
살수차	16,000 l	1	C.T.B

표 3. 콘크리트 포장 시공장비

장비	규격	대수	인원	비고
슬립폼페이퍼	SP-1600	1대	2명	포장성형
조면마무리기	TC250	1대	1명	양생제살포 (조면마무리)
줄눈절단			2명	줄눈자르기
측량			5명	라인센서 설치 및 측량
시험			2명	품질관리
인부			12명	줄눈설치 및 포장면 마무리

음 실런트를 주입하여 건조시킨다. 실런트의 주입시기는 가급적으로 경화시 발생된 알카리성분이 없어지는 2주후 콘크리트가 건조한 상태에서 시공하고 주재와 경화제의 혼합비율을 정확히 준수하여야 하며 공기가 유입되지않은 혼합기구 및 압력식 주입기구를 사용한다. 특히 실런트의 시공높이는 슬래브 표면 보다 6~10m/m정도 낮게 충전하여 하절기 콘크리트 팽창시 실런트가 상부로 밀려나와 항공기나 차량의 통행으로 인한 손상을 방지하여야 한다.

3.5 시공장비

① 아스팔트 포장 시공장비

시멘트 안정처리 기층 및 아스팔트 포장의 시공에 이용되는 장비 및 규격은 표 2에 나타난 것과 같다.

② 콘크리트 포장 시공장비

콘크리트 포장에 사용되는 장비, 장비운용을 위한 인원 및 작업내용은 표.3과 같다.

4. 향후 방향

포장작업은 마감공사이기 때문에 선행공종의 진행과정과 전체적인 윤곽을 갖고 충분한 시간과 도면숙지를 해야만 한다. 그리고 포장작업을 수행한 후에는 포장 지역내에는 더 이상 간섭공종의 작업이 불가능하기 때문에 포장 관리자는 간섭공종의 수행과정과 설계의 변화, 추가 변경사항 등 모든 것에 대하여 숙지해야만 현장 여건의 변화에 대처하여 포장공사를 진행할 수 있으며 인력, 측량, 장비 등의 수많은 작업조건이 복합적으로 만족해야만 포장작업이 이루어질 수 있는 복합공종이기 때문에 관리 및 운영에 많은 관심과 노력이 필요하다. 특히 측량작업의 경우 중요성이 아무리 강조되어도 지나치지 않으며 측량이 포장작업의 절반이라고 해도 과언이 아니다. 따라서 측량의 기술향상과 포장장비의 자동센서부착을 통한 시간의 절감이 해외에서는 많이 진행되고 있으나 현재 우리나라에서는 모든 작업이 수동으로 이루어져 품질과 공사기간에 많은 영향을 미치고 있다. 포장작업은 공사의 마지막 단계이기 때문에 외관상 표면의 미려함이나 크랙, 평탄성, 편구배, 조인트이음부, 마감면등 이반적인 외관의 모습에서도 품질의 좋고 나쁨을 파악할 수 있기 때문에 더욱 시공에 관심을 갖고 수행해야만 한다. 또한 포장작업은 아직도 기계화하여 기술적 향상을 꾀할 수 있는 분야가 아직 많으며 현장시공과 시방기준과의 차이점이 많은 부분은 앞으로 계속 연구하고 기술개발을 통하여 포장시공 기술을 향상시켜야 할 것이다.