

간척지 연약지반에서의 도로 포장시기 결정

Decide on the Time of Road Pavement in the Reclaimed Soft Ground

김 용 근 (농업기반공사)

Kim, Yong-Kun

I. 서 론

우리나라 서남해안 간척지에 건설되는 방조제 및 간척지 내부개답공사중 방수제, 용배수로, 도로 등 각종 시설물은 대부분 연약한 해성점성토 지반위에 건설된다.

연약한 점토지반은 압축성이 크고 지반강도가 작기 때문에 성토공사시 전달되는 성토하중 및 건설장비등에 의해 연약지반이 변형 또는 파괴되어 토공구조물의 안정은 물론 시공시 곤란하여 공사기간이 지연되고 공사비가 증가하는 등 설계변경의 요인이 되고 있다. 따라서 연약지반을 안정시키고 시공성을 확보하기 위하여 연약부위를 치환하는 방법, 시멘트, 석회 등 고결재를 첨가 혼합하여 지반을 고결시키는 방법, 지반을 압밀배수시켜 지반강도를 증가시키는 방법 등이 활용되고 있으나, 우리나라에서는 지반토 표면에 토목섬유를 부설하고 성토하는 정도의 제한된 공법만이 이용되고 있을 뿐이다. 본 연구 대상지역도 간척지에 도로를 아스팔트로 포장하도록 설계되었다. 그러나 도로 포장노선의 기초지반이 연약지반으로 직접 포장 시공하기에는 많은 어려움이 발생되고 있다. 따라서 본 연구에서는 상기와 같은 지반여건에서 시공되는 도로에 대하여 현장조사 및 실내 시험을 실시하여 시험결과를 분석 압밀침하량과 압밀도 그리고 잔류침하량 등을 검토하여 도로의 포장가능시기를 결정하였다.

II. 조사 및 방법

1. 현장조건

본 지구는 전남 영암군 삼호면에 위치한 간척지 내부개답 사업지구로서 중앙도로등을 아스팔트로 포장할 계획이다. 도로 포장노선의 기초지반이 연약지반으로 직접 포장시공을 못하므로 압밀침하 축진을 목적으로 산토로 1.4~3.2m 높이로 성토하여 선행 하중을 약 4년6개월 동안 재하하였다. 조사구간에 대하여 설계당시 조사결과와 현재상태의 압밀침하량과 압밀도 그리고 잔류침하량 등을 검토하여 도로의 포장가능시기를 결정하였다.

2. 조사장비

화란식 원추관입저항시험기를 이용하여 더치콘관입시험 13공과 불교란시료 19점을 채취하여 포장시기 결정에 필요한 실내시험을 실시하였다.

3. 현장조사방법

도로지반의 압밀특성을 파악하기 위하여 더치콘관입시험 위치에 다짐시공된 산토 성토층(1.2~1.6m 정도)을 굴삭기를 이용하여 원지반 선까지 제거하고 바닥을 고른 후에 화란식 원추관입시험기를 설치하였다. 조사는 경지반($q_c=100\text{kgf/cm}^2$)이 나타날 때까지 심도

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

20cm마다 원추관입저항치를 측정(13공)하였다. 지층구조 및 기초지반의 토질특성을 파악하기 위하여 실내시험용 불교란시료 19점을 설계당시 조사결과와 비교하면서 조사심도중 연약층에서 채취하였다.

4. 실내시험방법

현장에서 채취한 불교란시료 19점에 대하여 KS F규격에 준하여 실내시험을 실시하였으며, 침하검토에 필요한 기초지반 압밀특성을 알기 위하여 현장에서 채취한 시료에 대해 하중을 0.05kg/cm²~12.8kg/cm²까지 단계(9단계)별로 올려 하중과 간극비의 변화특성을 얻을 수 있는 압밀시험을 실시하였다.

5. 현장조사결과

중앙도로는 상재하중에 의한 압밀효과로 관입저항치가 증가된 구간이 있는 반면 오히려 저하된 일부 구간이 있는 등 조사위치별 연약층의 심도가 큰 차이를 보였다.

금회 관입시험의 조사결과인 원추관입저항 곡선도를 당초 조사치와 비교하기 위하여 중첩하여 작성하였고, 중앙도로 부근의 당초 조사위치 4개소의 지반조사 결과를 비교하여 연약지반 심도결정 및 침하량 분석에 적용 하였다.

6. 실내시험결과

토질시험결과 자연함수비는 대부분의 시료에서 50%이상의 고풍수비를 나타내었고, 포화도 역시 95%이상의 포화도를 보였다. 대부분의 시료에서 No.200체 통과분이 90% 이상으로 나타났으며, 간극비가 매우 높은 고소성 점토(CH)와 저압축성을 보이는 저소성 점토(CL)의 2가지로 분류되는 지반이었다.

7. 침하량 계산

1) 압밀침하량 계산

연약지반상에 성토를 하면 성토하중에 의하여 지반이 변형되어 침하를 일으킨다. 이 압밀침하량은 토질조사 시험결과를 이용하여 다음 식으로 계산한다.

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad \text{또는,} \quad S_c = \frac{e_0 - e_1}{1+e_0} H \quad S_c = m_v \Delta PH$$

또한, 압밀침하에 소요되는 시간(t)은 다음 식으로 구한다.

$$t = \frac{H^2 \times T_v}{C_v} \quad S_u = \frac{S \cdot u}{100}$$

<압밀도와 시간계수>

압밀도, U(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
시간계수, T _v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848

2) 성토재하로 인한 압밀침하기간 분석

도로포장 예정지는 성토지반위에 계획고까지 약1.4~3.2m의 성토를 시공하여 현재까지 4년 6월의 침하기간이 경과하고 있다.

2.1 검토단면 및 검토심도 결정

2.1.1 검토단면

중앙도로는 4지점에 대하여 연약지반심도를 고려한 검토단면을 선정하였다.

침하량 검토단면은 포장시기결정에 중앙도로 조사구간에서 비교적 연약심도가 5m이상되는 지점을 검토단면으로 설정하여 분석하였다.

2.1.2 검토심도

검토심도는 콘관입저항치가 $q_c=10\text{kg/cm}^2$ (N치4정도)이하로 조사된 심도로 결정하였으며 조사심도중 중간에 지반층이 변동하여 $q_c=10\text{kg/cm}^2$ 이상으로 나타난 심도는 압밀침하 검토심도에서 제외하였다.

2.1.3 지하수위

중앙도로의 평균지반고는 GL-0.2m로 방수제 외측의 담수호 관리수위인 -1.45m를 감안하여 지하수위 깊이는 1.25m를 적용(검토단면별 일괄 적용)하였다.

2.1.4 도로 성토재 단위중량

도로성토재의 단위중량은 노상층 다짐시험값인 2.055g/cm^3 을 사용하여 연직 증가용력을 구하였다.

2.2 구간별 압밀침하량 계산 및 포장시기 결정

1) 검토조건

압밀침하는 침하량이 가장 큰 도로중앙하부에 대해서 검토를 실시하였다.

2) Osterberg영향치에 의한 각 층의 용력증가

아래와 같이 용력증가량을 계산하였고 영향계수 I는 Osterberg영향원에 서 구한값을 적용하였다.

항목	심도 (z),m	a	b	a/z	b/z	I(영향계수)	$r_t(\text{kg/cm}^2)$	$\Delta P(\text{kg/cm}^2)$
값	6.3	2.1	4.2	0.67	1.33	0.466	2.052	0.27

3) 압밀침하량 계산

압밀시험결과($e-\log P$ 곡선)로부터 구한 압축지수(C_c)를 적용하였고 P_o (초기 유효상재하중)는 압밀층의 중심점에 작용하는 것으로 보고 계산하였다.

구 분	C_c	r_t	P_o	e_o	H(cm)	$S_c(\text{cm})$
1층	0.53	1.660	0.33	1.599	630	32.9

4) 압밀시간 계산

평균압밀압력($P_o+\Delta P/2$)에 대한 C_v (압밀계수)값을 적용하였고 배수거리는 양면배수로 검토하였다.

구 분	$P_o+\Delta P/2$	$C_v(\text{cm}^2/\text{s})$	$H_{dr}(\text{cm})$	t(sec)	t(day)	t(yr)
1층	0.47	0.00034	460	4.2.E+08	4898.148	13.42

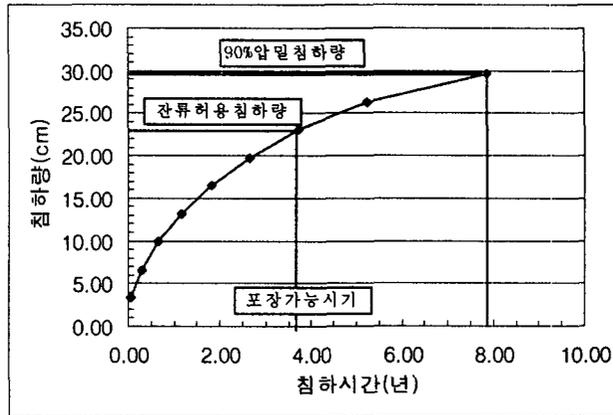
2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

5) 침하량과 침하시간 비교

위에서 구한 침하량과 침하시간 계산결과를 압밀도에 따라 나타내었다.

압밀도 U(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
시간계수	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848
침하시간(년)	0.07	0.29	0.66	1.17	1.82	2.66	3.73	5.25	7.85
침하량(cm)	3.29	6.59	9.88	13.17	16.46	19.76	23.05	26.34	29.64

잔류허용침하량이 10cm이하로 되는 3.72년이 경과한 후 도로포장이 가능한 것으로 나타났으며, 중앙도로 성토시기가 현재까지 평균 4년6개월이 경과하여 3.72년을 초과하였기 때문에 도로는 포장이 가능한 것으로 판단된다.



< 압밀침하시간 및 침하량 계산 >

III. 결 론

본 연구에서는 간척지 연약지반에서의 침하량에 따른 도로포장시기에 대하여 현장 조사 및 실내시험을 통하여 압밀침하량과 압밀도 그리고 잔류침하량등을 산출하여 포장가능시기를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 대부분의 조사구간에서는 성토재하후 4.5년이 경과된 현재 지지력의 개선효과가 뚜렷히 나타났지만 일부 구간에서는 반대로 지지력이 감소하는 현상이 나타남을 알 수 있었다. 이는 시공시 토질상태를 고려치 않고 급속시공이나 층별 다짐을 소홀히 하여 나타난 현상임을 알 수 있었다.

2) 급회 조사한 도로는 상재하중에 의한 최종압밀침하량이 31~34cm로 잔류허용침하량인 10cm에 도달하는 기간이 3.30~4.20년으로 나타나 도로성토 후 현재 평균 4.5년이 경과하여 잔류허용침하량에 도달하는 기간을 초과하였기 때문에 도로포장을 실시하도록 하였다.