

인천항만 에프론(Apron)의 시멘트 콘크리트 포장 개선연구

Study of Incheon Port for Cement Concrete Pavement Development

윤무희*

Yoon, Moo Hee

1. 서 론

국내의 항만들 중에서 수도권권의 물류를 담당하고 있는 인천항은 일제의 침략과 수탈의 역사를 대변할 정도로 부산항, 원산항과 더불어 1883년에 개항한 항만시설이다. 인천항은 지리적인 특성상 조수간만의 차이를 극복하기 위하여 갑문을 설치하여 항구를 조성한 항구이다. 1911년 6월에 인공항만의 축조와 선거설비 등의 공사를 착수하여 1918년에 준공하여 4천5백톤급 3척과 2천톤급 4척이 동시에 접안할 수 있게 하였다. 일본은 중일전쟁을 목적으로 9천톤급 공사를 진행하였으나, 1945년 종전으로 완성되지는 못했다. 경제개발5개년 계획에 의해서 항만의 물동량 급등으로 1966년 인천항만 시설의 하역 및 대형선박의 접안 능력을 높이기 위하여 1966년부터 1974년 최대 5만톤급 선박까지 접안 가능한 시설을 건설하였으며, 갑문 4연을 설치하였다. 당시에 에프론 포장은 시멘트 콘크리트 포장으로 설치되었으며, 2005년 확장공사를 위해서 해체할 때까지 사용되었다. 국내의 경우 항만에서 사용하고 있는 에프론 포장설계는 일본도로협회의 포장설계시공지침(TA설계법, 시멘트콘크리트포장요강을 통합함, 2001년)을 사용하고 있다. 항만의 물동량을 교통량으로 전환시켜서 설계교통량으로 환산하여 포장의 구조두께를 하고 있다. 항만포장의 경우 도로포장이면서도 도로의 설계기준을 적용받지 않고 있으며, 뚜렷한 표준시방서도 갖추어져 있지 않으며, 과설계 되고 있는 것이 현실이다. 본 연구는 이러한 문제점을 분석하여 1967년도에 준공된 항만포장을 해체하는 과정에서 강도시험을 실시하였으며, 이를 기초로 항만포장을 설계 및 시공하면서 항만포장의 한 가지 공법인 시멘트 콘크리트 공법의 개선사항을 연구하였다. 연구결과 본 공법이 국내의 항만포장에 연구의 기초가 되리라고 사료된다.

2. 인천 항만포장

인천항만의 그림 1과 같이 6부두의 에프론 포장은 1967년에 준공된 현장으로 2005년 준공된 갑문확장 시공에 의해서 재포장되었다. 기존의 포장은 약 40여년 가까이 사용한 시멘트 콘크리트 포장으로 노후가 많이 되었지만, 커다란 문제점 없이 오랜 동안 사용해 왔다. 포장을 해체하기에 앞서서 비파괴 검사의 하나인 슈미트 해머를 사용하여 포장의 압축강도를 시험하였으며, 시험결과는 표 1과 같다. 대체적으로 콘크리트의 평균 압축강도는 300kgf/cm²(29.4MPa)이상으로 나타났다. 일반적으로 휨강도는 압축강도의 1/6으로 환산시에 50 kgf/cm²(4.9MPa)으로 예상할 수 있다. 도로포장용 시멘트 콘크리트 포장의 휨강도 기준은 45kgf/cm²(4.4MPa)로 해체과정에서 측정되었던 포장강도가 기준보다 잘 나왔다. 이러한 사항들을 종합할 때 항만 에프론 포장으로 는 시멘트 콘크리트 포장이 우수한 공용성을 가지고 있었다.

인천항만은 물동량에 따른 교통량 이외에는 추가적인 교통량은 발생하지 않으며, 일반도로와 다른 점은 차량의 움직임이 정지상태가 많다는 것이다. 이러한 특성을 가지고 있는 항만의 에프론 포장은 주차장 포장과 개념이 비슷하지만, 대형차량의 진입이 많다는 것에서 고속도로의 화물차 휴게소와 비슷하다고 할 수 있다. 이러한 항만의 포장은 도로포장설계법과 동떨어져서 일본 설계법을 기초로 설계 및 시공되고 있으며, 인천항만포장도 이와 유사한 방법에 의해서 설계 및 시공되었다.

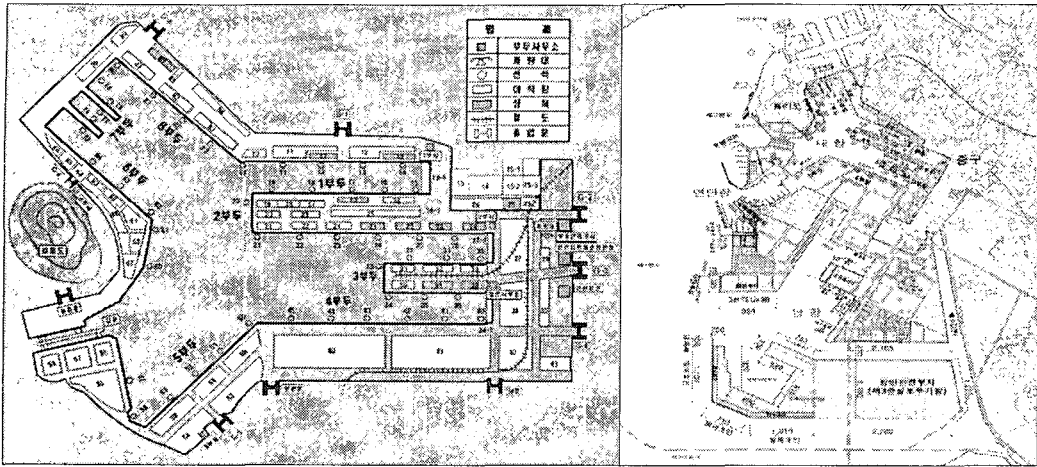


그림 1. 인천 내항

표 1. 인천항만 포장의 포장강도

번호	평균값R	기준경도(R_0)	압축강도($F_c=13R_0-184$)	재령계수(a_n)	추정압축강도 $F(kg/cm^2)$
1	52.5	52.5	498.5	0.63	314.1
2	52.6	52.6	499.8	0.63	314.9
3	51.9	51.9	490.7	0.63	309.1

3. 인천 항만포장설계 및 시공

일본시방서의 콘크리트 포장에서의 교통량 구분은 표 2와 같은 교통량 기준에 의해서 콘크리트 포장의 두께가 선택 되어진다. 콘크리트 휨강도는 $45kg/cm^2(4.4MPa)$ 가 일반적이며, L, A 교통량인 경우에는 휨강도가 $40kg/cm^2(3.9MPa)$ 인 것도 사용이 가능하다.

표 2. 일본시방서 교통량 구분

교통량의 구분	대형차교통량(대/일, 1방향)	콘크리트슬래브의 두께(cm)
L 교통	100 미만	15(20)
A 교통	100 이상 250 미만	20(25)
B 교통	250 이상 1,000 미만	25
C 교통	1,000 이상 3,000 미만	28
D 교통	3,000 이상	30

※ ()는 L, A 교통으로 휨강도 $40kg/cm^2$ 으로 경우

표 3. 포장용 시멘트 콘크리트 기준

항 목	시험 방법	기준 범위
설계기준 휨강도 (σ_{28})	KS F 2407, 8	$45 kg/cm^2$ 이상
단 위 수 량	-	$150 kg/m^3$ 이하
굵은 골재의 최대치수	-	32 mm 이하
슬 럽 프 값	KS F 2402	2.5 cm 이하
AE콘크리트의 공기량 범위	KS F 2409	4 ~ 7 %



인천항만포장은 표 3과 같은 포장용 시멘트 콘크리트 기준을 사용하였다. 기존포장면은 그림 2의 왼쪽과 같은 형태로 되어있으며, 표면이 노후가 되어있지만, 표 1과 같은 강도를 가지고 있었다. 신설포장은 그림 2의 오른쪽과 같은 단면으로 설계 및 시공되었다. 일반적으로 무근콘크리트 포장을 사용하지만 인천항만 포장에서는 표면으로부터 85mm 하단부에 와이어 메쉬(wire mesh)를 설치하였다. 교통량은 B교통을 기준으로 시멘트 콘크리트 슬래브 포장두께는 25cm를 사용하였고, 기층은 $\phi 40\text{mm}$ 골재를 20cm 두께로 사용하였으며, 보조기층은 $\phi 50\text{mm}$ 골재를 35cm 두께로 사용하였다.

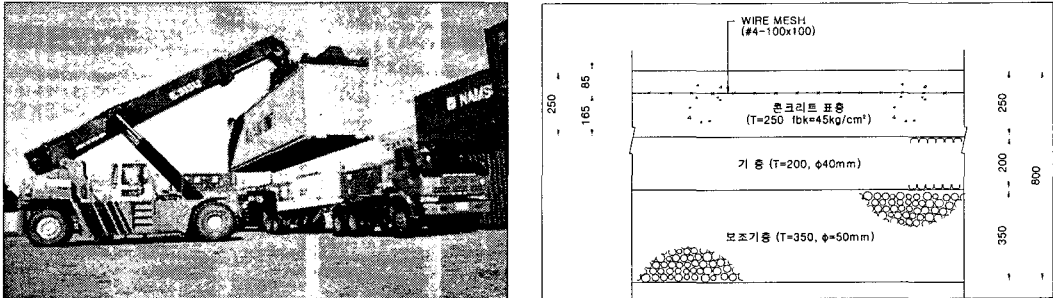


그림 2. 인천항만 기존포장면과 신설포장단면

인천항만포장은 그림 3~8과 같은 순서에 의해서 시공되었다. 그림 3은 보조기층면을 다짐하고 있는 전경이며, 그림 4는 보조기층 면에 분리막을 깔고 타이바와 다우웰바를 설치하였다. 그림 5는 레미콘에 의한 현장타설 콘크리트를 치고 있으며, 와이어메쉬가 설치되어 있는 것을 볼 수 있다. 그림 6은 슬래브 표면을 인력에 의해서 마무리 하는 전경이다. 소규모의 포장이므로 슬리폼 페이퍼를 사용하지 않았으며, 일반도로의 콘크리트 포장과는 다르게 린콘크리트 기층을 설치하지 않았다. 포장의 연장이 짧아서 기계화 시공이 아닌 관계로 인력에 의해서 슬래브 표면을 마무리 하였다. 그림 7과 같이 28일 양생후 배수구조물이 설치되어 있는 곳에는 균열이 일부 발생하였다. 구조물과 포장슬래브 간의 타이바 설치가 되어있지 않아서 발생한 것으로 추정된다.

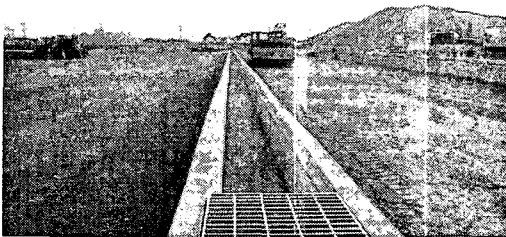


그림 3. 보조기층 다짐

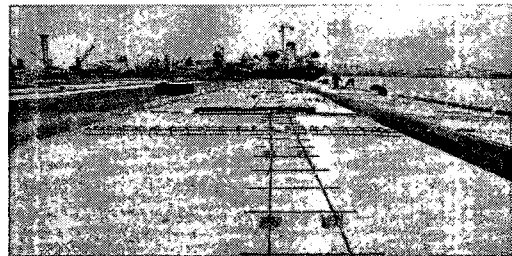


그림 4. 분리막, 다우웰바, 타이바 설치

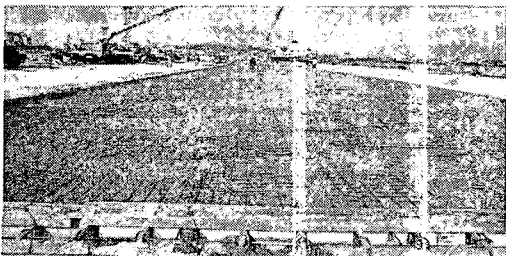


그림 5. 콘크리트 슬래브 치기

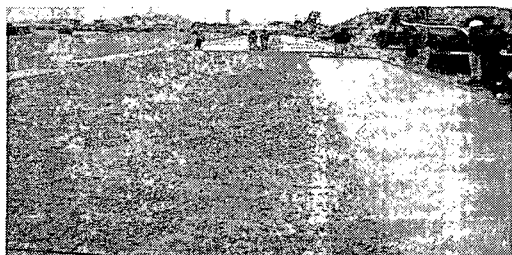


그림 6. 슬래브 표면마무리

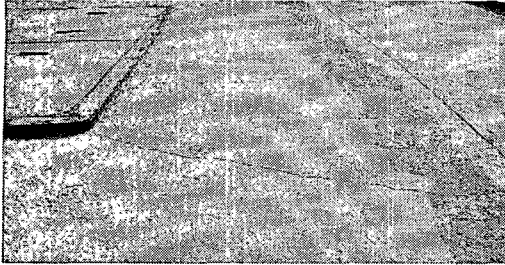


그림 7. 구조물과 슬래브 접속부 균열

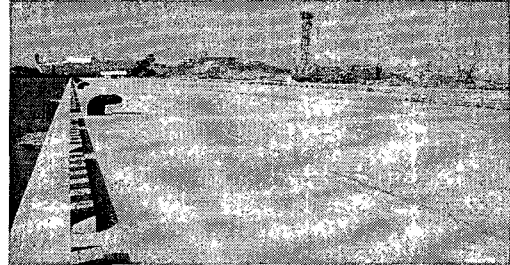


그림 8. 준공후 표면

항만포장은 고속의 차량이 주행하는 도로는 아니기 때문에 평탄성은 일반 도로에 비해서 떨어지는 단점이 있다. 그러나 인천의 항만특성상 이와 같은 포장단면으로 거의 40년 가까이 사용하였다. 양생시에 수분의 증발을 억제하기 위하여 비닐을 표면에 덮어서 양생하여 초기에 발생하는 표면의 균열을 제어하였다. 그림 8은 완성된 에프론 콘크리트 포장 표면이다. 그림 9는 줄눈 절단시간이 늦어져서 발생한 슬래브 표면의 균열이다. 줄눈 절단한 부분과 평행하게 발생하였다.

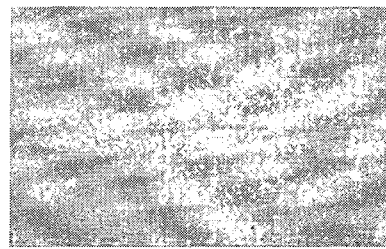
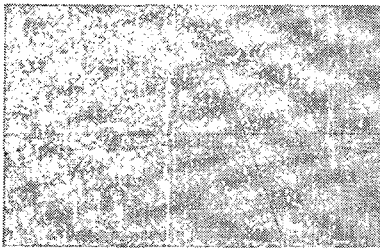


그림 9. 표면의 균열

4. 결론 및 향후과제

항만포장의 교통조건을 결정하기는 매우 어려운 일이다. 컨테이너 부두의 경우에는 물동량작업 기준으로 교통량의 추정이 가능하지만, 다목적 부두의 경우에는 이를 추정하기가 어렵다. 1960년대 중반에 건설된 항만포장인 에프론 포장을 40여년 가깝게 문제없이 사용하였다. 갑문의 증설로 인하여 기존포장은 걷어내고 철폐장을 설치하였으며, 인천지역의 동결심도를 반영하여 전체두께 80cm로 하였다. 일반 콘크리트 포장의 경우 표층 슬래브의 경우 30cm를 사용하고 무근콘크리트를 사용하지만, 본 포장에서는 슬래브 두께가 25cm를 사용하였으며, 와이어 메쉬를 표면에서 85mm하단에 설치하였다. 슬립폼 페이퍼를 사용하지 않은 포장으로 표면의 평탄성은 떨어지지만, 고속주행을 하는 도로교통량이 통과하지 않기 때문에 문제는 없을 것으로 사료된다. 국내의 일반도로포장에 대한 규정이 있지만, 항만포장에는 명확하게 명시되어있는 규정이 없는 관계로 많은 혼선이 있으며, 컨테이너 야적장의 경우도 문제점들이 노출되어있다. 본 연구를 통하여 기존 포장방식의 우수성을 증명하였으며, 항만포장의 좋은 예가 되리라고 사료된다. 또한 항만포장두께 설계에 대한 시방규정의 정립이 필요하리라고 사료된다.

참고문헌

1. Yoder, E. J. Witzczak, M. W.(1975), "Principles of Pavement Design Second Edition",
3. 日本道路協會(2001), "포장설계시공지침"
2. 日本道路協會(1984), "道路土工 排水工指針"
4. 久保 宏(1981), "道路鋪裝の 凍 上とその 對策" 土の基礎