

# 영업소 포장에 대한 PTCP 공법의 적용성과 Maturity 기법을 이용한 강도 평가

## Application of Post-Tensioned Concrete Pavement for Tollgate Plaza and Strength Evaluation Using Maturity Method

김동호\* · 최판길\*\* · 이봉학\*\*\* · 김성민\*\*\*\* · 배종오\*\*\*\*\* · 주종립\*\*\*\*\*

Kim, Dong-Ho · Choi, Pan Gil · Lee, Bong Hak · Kim, Seong-Min · Bae, Jong Oh · Joo, Jong Lim

### 1. 서 론

고속도로 영업소 광장부 포장은 통행료를 지불하는 부스 일부를 제외하고는 줄눈콘크리트 포장 공법을 적용하고 있으며, 폭이 넓어 차로를 분리하여 슬립폼페이퍼에 의한 기계포설로 시공하고 있다. 그러나 현행의 시공방식은 다차로 폭을 한 개의 차로씩 순차적으로 시공하면서 차로폭이 변화되는 구간은 장비폭을 조정해야하는 번거로움과 콘크리트 양생시간을 감안할 때 영업소 광장부 전체를 시공하기 위해서는 시공량에 비해 공사기간이 과도하게 소요되고 있다. 또한 영업소 포장에 작용하는 차량하중의 특성과 기하구조의 특성으로 줄눈부에서의 스펀링, 줄눈재료의 파손, 균열발생 등은 포장의 기능을 저하시킬 뿐만 아니라 유지보수 작업으로 인한 비용이 발생되고 이용자의 불편을 야기 시키고 있는 실정이다(김동호 2009, 윤동주 2009).

이러한 국내의 현실을 고려할 때 최근 개발되어 건설신기술로 지정된 포스트텐션 콘크리트 포장(PTCP: Post-Tensioned Concrete Pavement) 공법은 줄눈이 대폭 감소되고 균열이 방지되어 장기간 도로 이용자에게 높은 서비스를 제공할 수 있는 기술로 개발되어 도로의 본선, 영업소 광장부, 공항, 항만 등의 포장에 널리 적용할 수 있다. 특히 영업소 광장부 포장에 본 공법을 적용할 경우 다차로 구간을 테크피니셔를 이용하여 전면 동시 포설할 수 있어 공사기간을 대폭 단축시킬 수 있으며, 종횡방향 줄눈을 두지 않으며, 초기 강도 발현이 용이한 콘크리트 배합을 적용함으로써 양생시간도 대폭 줄일 수 있다.

따라서 본 논문에서는 국내 최초로 고속도로 영업소 광장부 포장에 PTCP 공법을 적용한 결과와 Maturity 기법을 이용한 강도평가 및 긴장작업 결과를 분석하였다.

### 2. 영업소 광장부 PTCP 시공

#### 2.1 공사개요

시공대상 현장은 한국도로공사 전주-남원사업단 6공구에 위치한 임실영업소로서 2010년 7월 30일 국내에서 처음으로 고속도로 영업소 광장부 포장을 PTCP 공법을 적용하여 시공하였다. 영업소 광장부 시공에 투입된 주요 시공장비는 테크피니셔, 펌프카, 유압잭 및 유압펌프가 사용되었고, 주요 시공자재는 플라이애시 혼합시멘트 약 50톤과 PS강연선 2톤 정도가 사용되었다.

표 1은 주요 시공현황을 요약한 것이다.

---

\* 정회원 · (주)삼우IMC 기술연구소 수석연구원 · 공학박사(E-mail:dhkim@samwooimc.com) - 발표자  
\*\* 정회원 · Texas Tech. University 박사후연구원 · 공학박사(E-mail:pangil@kangwon.ac.kr)  
\*\*\* 정회원 · 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail:bonghak@kangwon.ac.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자(E-mail:seongmin@khu.ac.kr)  
\*\*\*\*\* 정회원 · (주)삼우IMC 기술연구소 연구소장 · 도로및공항기술사(E-mail:jobae@samwooimc.com)  
\*\*\*\*\* 비회원 · 한국도로공사 전주-남원 사업단 · 품질기술팀(E-mail:jjl0416@ex.co.kr)

표 1. 주요 시공현황

구 분	당 초	변 경
위 치	전주-남원 고속도로 제6공구 입실영업소	
포장공법	줄눈콘크리트 포장	포스트텐션콘크리트 포장
포장구조	무근 콘크리트	프리스트레스트 콘크리트
콘크리트	일반콘크리트	플라이애시 콘크리트
설계수명	20년	40년
시공면적	684m <sup>2</sup>	684m <sup>2</sup>
포장두께	30cm	15cm
줄눈형식	가로줄눈: 129.5m 세로줄눈: 84m	아모조인트(1개소): 15.5m 팽창조인트(1개소): 15.5m

## 2.2 시공방법

영업소 광장부 PTCP 공법은 시공구간을 테크피니셔를 사용하여 동시 전면 포설하였다. 콘크리트는 레미콘에 의하여 운반되고 펌프카를 사용하여 공급하였다. 그림 1에 나타난 입실영업소 PTCP 시공구간은 슬래브 연장이 46.5m, 폭이 15.5m의 면적이며 중단구배가 변화되는 부분(연장 12m, 폭 5.0m)는 시공구간에서 제외하였다. 그림 2는 강연선 및 철근 배근도를 보여준다.

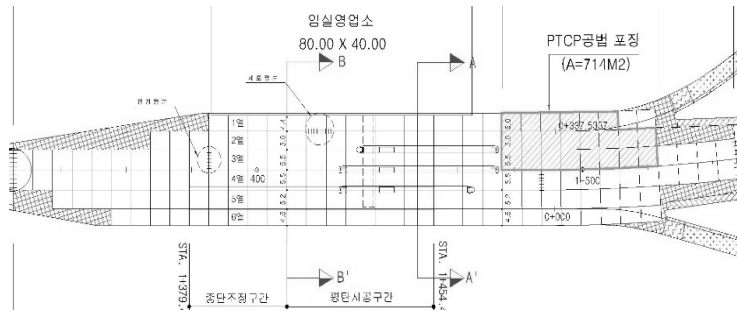


그림 1. 입실영업소 광장부 PTCP 시공 평면도

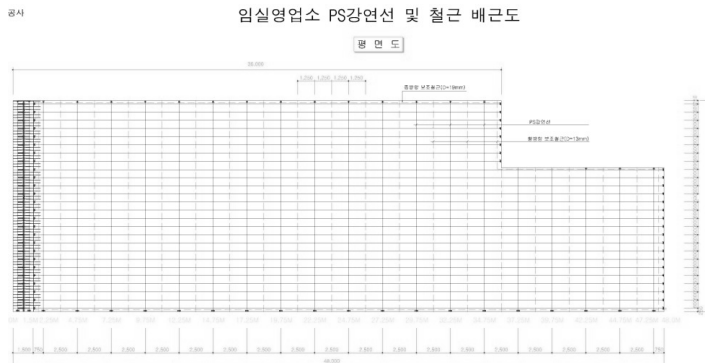


그림 2. 입실영업소 PS강연선 및 철근 배근도

### 2.3 입실영업소 시공과정

그림 3은 입실영업소 광장부 포장에 적용된 PTCP 공법의 주요 시공과정을 나타낸 것이다. 시공구간은 분리막과 사이드폼을 설치하고 PS강연선과 보조철근을 배근하였다. 평탄성 확보를 위하여 정밀측량을 실시한 후 레일과 테크피니셔를 설치하였다. 모든 설치작업이 완료된 후 펌프카를 이용하여 콘크리트를 공급하면서 테크피니셔에 의한 콘크리트 포설과 양생체를 살포하여 콘크리트 포설작업을 완료하였다.



① PE시트 및 사이드폼 설치



② PS강연선 및 보조철근 설치



③ 테크피니셔에 의한 콘크리트 포설



④ 긴장작업

그림 3. 영업소 포장의 PTCP 주요 공정

## 3. Maturity 기법에 의한 긴장작업

### 3.1 콘크리트 배합

영업소 광장부 PTCP 공법에 적용된 콘크리트는 목표슬럼프를 15cm로 설정하여 펌프카에 의한 콘크리트 공급과 테크피니셔에 의한 작업성이 용이하도록 하였다. 초기 재령에서 프리스트레스 도입에 필요한 압축강도가 발현되도록 목표 강도를 재령 1일에 7MPa, 3일에 21MPa로 하였으며, 재령 28일에서 고강도가 발현되도록 목표강도는 40MPa로 하였다. 콘크리트는 보통포틀랜드 시멘트에 플라이에시가 20% 혼합된 시멘트를 적용하여 알칼리-골재 반응에 의한 파손을 방지하고자 하였다. 콘크리트의 재료특성은 표 2에 나타내었다.



표 2. 영업소 광장부 PTCP 콘크리트 배합 및 품질기준

항 목		시험방법	단위	기준	시험결과	비고				
콘크리트 특성	· 슬럼프	-	mm	150±30	180					
	· 공기량 범위	-	%	4~7	6.2					
	· 압축강도	KS F 2405	MPa	7	10.7@18hrs 16.0@24hrs	재령1일				
	· 압축강도	KS F 2405	MPa	21	25.8@2days 29.0@3days	재령3일				
	· 압축강도	KS F 2405	MPa	40	44.8	재령28일				
	· 알칼리-골재 반응	ASTM C 1206	%	0.1%이하	0.065	재령28일				
배합표	단위량(kg/m <sup>3</sup> )									
	G <sub>max</sub>	W/C	S/a	C	F.A	W	S	G	SP	AE
	25mm	0.36	0.40	386	96	173	635	993	C×0.6%	C×0.15%

### 3.2 Maturity 실험결과

본 현장에서 적용한 콘크리트는 초기재령에서 강도발현이 우수하고 하절기 대기온도가 높아 1차 긴장작업과 2차 긴장작업에 요구되는 압축강도가 초기재령에서 발현될 것으로 예상되었다. 콘크리트의 강도는 실내실험으로부터 Maturity Curve를 구하였고 시공현장의 중점부에 Maturity Meter를 설치하여 실시간 강도발현을 예측하였다. 그림 4는 실내실험으로부터 계산된 Maturity 결과를 나타낸 것이다. 실험결과로부터 1차 긴장작업에 요구되는 7MPa의 강도는 TTF가 332 이상이고, 2차 긴장작업에 요구되는 21MPa의 강도는 TTF가 1493 이상일 때 발현되는 것으로 손쉽게 예측할 수 있다.

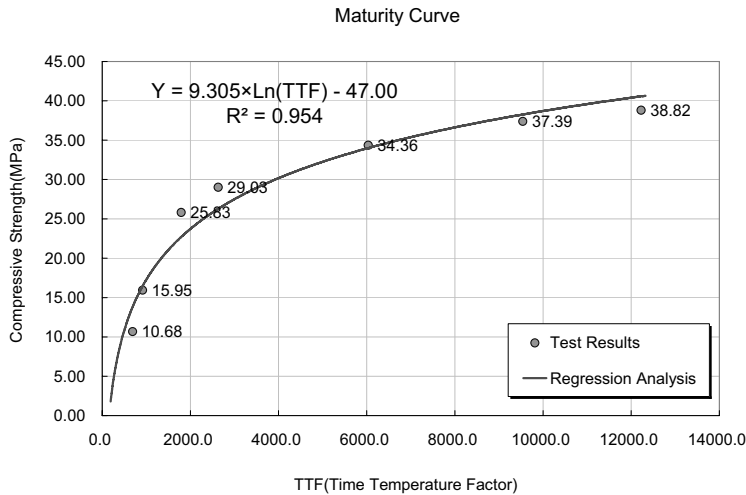


그림 4. Maturity 실험결과

### 3.3 긴장작업 결과

그림 5는 현장에 설치한 Maturity Meter로부터 기록된 시간경과에 따른 Maturity 값을 나타낸 것이다. 그림 5로부터 7MPa의 압축강도는 콘크리트 포설 후 7.5시간 경과 후 발현됨을 알 수 있으며, 21MPa의 압축강도는 대략 30시간 경과 후 발현됨을 알 수 있다. 1차의 긴장작업은 콘크리트 포설 후 12시간 후에 시작되었으며 이때 압축강도는 약 10MPa 이상 발현되었을 것으로 판단된다. 2차 긴장작업은 TTF가 1500에서 진행되었으며 압축강도는 21MPa이 상회할 시점으로 판단된다. 표 3과 4는 중방향 및 횡방향 텐던의 긴장작업 결과를 나타낸 것이다. 설계신장량에 대한 긴장작업 후 신장량으로 계산한 프리스트레스

도입률은 종방향 텐던이 98.6%, 횡방향 텐던이 97.5%를 나타내어 우수한 결과를 보여주었다.

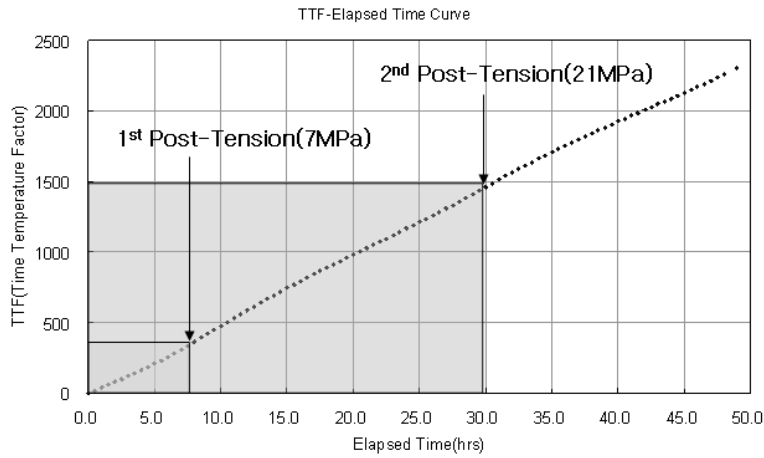


그림 5. 현장에서 시간에 따른 Maturity 발현 특성

표 3. 종방향 텐던의 긴장작업 결과

텐던 No.	실제긴장력		긴장작업 결과			
	실제 긴장력 (ton)	실제 신장량 (cm)	긴장전 강선의길이 (Lo)	긴장후 강선의길이 (L)	강선의 신장량 (L')	프리스트레스 도입률 (%)
1†	21.244	356.1	516	872	356	100.0
2†	21.244	356.1	521	873	352	98.8
3‡	21.244	264.2	518	778	260	98.4
4†	21.244	356.1	545	901	356	100.0
5‡	21.244	264.2	512	773	261	98.8
6†	21.244	356.1	520	865	345	96.9
7†	21.244	356.1	521	874	353	99.1
8†	21.244	356.1	524	875	351	98.6
9‡	21.244	264.2	513	772	259	98.0
10†	21.244	356.1	524	872	348	97.7
11†	21.244	356.1	517	866	349	98.0
12‡	21.244	264.2	533	797	264	99.9
13†	21.244	356.1	523	879	356	100.0
14‡	21.244	264.2	526	788	262	99.2
15†	21.244	356.1	515	871	356	100.0
16†	21.244	356.1	618	955	337	94.6
17†	21.244	356.1	522	877	355	99.7
18†	21.244	356.1	517	873	356	100.0
19‡	21.244	264.2	518	774	256	96.9
20†	21.244	356.1	524	880	356	100.0
21‡	21.244	264.2	528	787	259	98.0
22†	21.244	356.1	532	883	351	98.6
23‡	21.244	264.2	541	801	260	98.4
24†	21.244	356.1	524	880	356	100.0
25†	21.244	356.1	529	884	355	99.7
26†	21.244	356.1	517	858	341	95.8
평균						98.6

주) † : 1구간 슬래브 연장 46.5m, ‡ : 2구간 슬래브 연장 34.5m



표 4. 횡방향 텐던의 긴장작업 결과

텐던 No.	설계긴장력		긴장작업 결과			
	설계 긴장력 (ton)	설계 신장량 (cm)	긴장전 강선의길이 (Lo)	긴장후 강선의길이 (L)	강선의 신장량 (L')	프리스트레스 도입률 (%)
1†	21.244	118.7	684	796	112	94.4
2†	21.244	118.7	594	712	118	99.4
3†	21.244	118.7	674	786	112	94.4
4†	21.244	118.7	601	715	114	96.0
5†	21.244	118.7	593	709	116	97.7
6†	21.244	118.7	552	670	118	99.4
7†	21.244	118.7	823	938	115	96.9
8†	21.244	118.7	572	690	118	99.4
9†	21.244	118.7	664	781	117	98.6
10†	21.244	118.7	655	770	115	96.9
11†	21.244	118.7	567	681	114	96.0
12†	21.244	118.7	604	722	118	99.4
13†	21.244	118.7	750	867	117	98.6
14†	21.244	118.7	550	664	114	96.0
15‡	21.244	80.4	719	798	79	98.2
16‡	21.244	80.4	658	737	79	98.2
17‡	21.244	80.4	640	720	80	99.5
18‡	21.244	80.4	502	580	78	97.0
19‡	21.244	80.4	635	712	77	95.8
평균					105.8	97.5

주) † : 1구간 슬래브 폭 15.5m, ‡ : 2구간 슬래브 폭 10.5m

#### 4. 결론

본 논문에서는 PTCP 공법으로 시공한 임실영업소의 시공과 Maturity 방법에 의한 긴장작업에 대한 적정성을 판단하였으며 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. PTCP 공법을 적용한 임실영업소 광장부 포장의 시공성은 테크피니셔와 펌프카의 장비조합에 의한 시공성이 매우 양호하여 기존 공법과 비교할 때 공사시간을 대폭 단축시킬 수 있을 것으로 판단된다.
2. 본 공법에 적용한 콘크리트는 초기재령에서 강도발현이 매우 우수한 것으로 나타나 양생시간을 단축시키고 조기 교통개방 효과가 클 것으로 판단된다.
3. Maturity Meter를 이용한 긴장작업 시기 결정과 강도평가는 매우 적절한 것으로 판단되며, 긴장작업 결과 프리스트레스 도입률이 약 98% 이상으로 나타나 양호한 결과를 나타내었다.

임실영업소 광장부 포장에 PTCP 공법 적용은 줄눈부 파손과 균열발생이 방지되어 장기간 유지보수 없이 공용될 것으로 기대되며, 시공구간은 지속적인 현장조사를 수행하여 평가할 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 기술사업화 지원사업의 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드리며, PTCP 시공이 원활히 이루어지도록 협조해주신 한국도로공사를 비롯한 관계자 분들께 진심으로 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 윤동주, 김성민, 김동호(2009). “포스트텐션 콘크리트 포장 공법을 적용한 영업소 포장 설계” 한국도로학회 학술대회 논문집.
2. 김동호, 배종오, 이봉학, 한승환, 김영강, 김덕용(2009). “포스트텐션 콘크리트 포장 공법의 현장적용” 한국도로학회 학술대회 논문집.