

덧씌우기 포장의 공사비 차등지급규정 적용 사례

Pilot Implementation of Pay Adjustment Regulation for Overlays

서영국* 조성찬**
Seo, Youngguk Cho, Seong-Chan

1. 서 론

최근 우리나라의 도로포장은 고급재료의 적용과 시공기술의 개선에도 불구하고 조기파손과 같은 급격한 성능저하를 보이고 있다. 이와 같은 현상에는 여러 가지 원인이 있겠지만 품질관리를 위한 감독인력의 부족도 그 중 하나로 지목되고 있다. 이를 해결하기 위한 제도적 수단으로 선진국에서는 지불규정을 개발하여 도로포장의 품질향상에 적극적으로 활용하고 있다. 지불규정은 품질보증제도의 한 형태로 포장 준공시 주요 품질항목의 초기값을 근거로 공사비를 가감하여 지급하는 것으로 포장의 초기 품질이 공용성과 밀접한 관련이 있음을 전제로 한다. 본 연구는 고속도로 아스팔트 포장에 적용할 수 있는 지불규정을 국내에서는 처음으로 제안하고, 이를 덧씌우기 포장공사에 적용하여 그 효과와 적용과정에서 고려되어야 하는 사항을 검토하고자 하였다.

2. 지불규정

2.1 품질항목과 품질관리한계

아스팔트 포장의 공용 중 성능에 영향을 미치는 인자는 크게 교통하중이나 환경변화와 같은 외부적 요인과 포장의 구조 및 재료와 같은 내부적 요인으로 구분할 수 있다. 특히, 내부적 요인 중에서 아스팔트 함량, 입도, 두께, 평탄성, 그리고 밀도(혹은 다짐도)는 아스팔트 포장의 수명에 미치는 영향이 크기 때문에 성능과 관련된 품질항목으로 정의하여 비교적 엄격한 품질관리를 실시하고 있다. 고속도로 포장의 경우 각각의 품질항목의 관리한계는 현재 고속도로공사 전문시방서, 품질관리 실무매뉴얼, 공사현장 품질관리실무 등에 자세히 규정되어 있다. 표 1은 본 연구에서 제시한 품질항목과 각 항목별 시방한계이다.

2.2 지불규정(pay adjustment regulation)의 적용 과정

그림 1은 일반적인 도로포장의 건설공사에 지불규정을 이용하여 공사비를 산정하기 위한 과정이다. 각각의 품질항목별로 표 1의 시방한계를 적용하기 위하여 공사구간을 단위구간(lot)과 세부단위구간(sublot)으로 구분하였다. 고속도로 재포장 공사의 차로별 일일 평균 시공량이 약 800~1,200m인 점을 감안하여, 1개의 단위구간은 시공량 4,100m²로 폭 4.1m기준으로 연장 1,000m 씩으로 구분하였다. 접속부, 교량, 그리고 아스팔트 혼합물이 다르게 적용되는 구간 등 성능기준, 재료규격, 시공단가가 상이한 구간은 별도의 단위구간으로 선정하였다. 전 공정을 4,100m² 마다 분할한 후에 잔여 공사량이 2,000m² 이상이면 별도의 단위구간으로, 2,000m² 미만일 경우 마지막 단위구간에 포함시켰다. 단, 재료가 다른 아스팔트 혼합물의 동시포설은 없는 것으로 가정하였다.

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사 · 031-371-3368(E-mail : seoyg89@ex.co.kr)
** 정회원 · 한국도로공사 도로처 차장

표 1. 지불계수 결정을 위한 품질항목과 시방한계

품질항목	시방한계		
	허용오차	상한	하한
아스팔트 함량(%)	±0.3%	최적함량+0.3%	최적함량-0.3%
두께(cm)	-5%	-	4.75(5cm 기준)
8번체(2.36mm) 통과 중량 백분율(%)	±4%	현장배합입도+4%	현장배합입도-4%
평탄성(cm/km)	-	16(확장, 덧씌우기) 24(교량, 램프, 교량접속부)	-
밀도 (이론최대밀도비%)	-	96(일반 혹은 개질) 97(SMA)	92 93

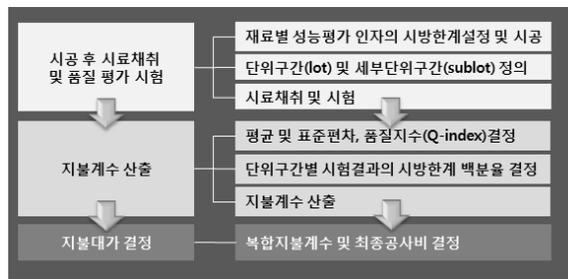


그림 1. 지불규정 적용 과정

각 단위구간은 다시 820m²(폭 4.1m기준 200m)씩 세부단위구간으로 분할하였다. 각 세부단위구간에는 약 100톤의 혼합물이 소요되었다. 1개 단위구간이 820m² 이하 시 1개의 세부단위구간으로 결정하였고 1개의 단위구간을 820m²/1차로 분할한 후 남는 량이 410m² 이상이면 별도의 세부단위구간으로, 410m²가 안될 경우에는 마지막 세부단위구간에 포함하였다. 단, 1개의 단위구간에서 세부단위구간은 최소 3개 이상이 되도록 결정하였다.

본 연구에서 제안한 지불계수의 산출은 시방한계내 백분율(Percent Within Limit, PWL) 개념을 근거로 하고 있다. PWL은 시방한계내에 있는 측정값의 백분율에 따라 지불계수를 결정하는 통계적 방법으로, 구체적인 내용은 AASHTO의 품질보증시방서(Quality Assurance Guide Specification, 1996)에 자세히 기술되어 있다. AASHTO의 품질보증시방서에서 제시하는 지불계수(PF)는 다음과 같다.

$$PF = 55 + 0.5 \times TPWL \quad (1)$$

여기서, TPWL은 총 시방한계내 백분율(Total Percent Within Limit)로서 각 품질항목별로 단위구간에서 산정한 값이다. 이 결과를 바탕으로 최종 공사비는 아래의 식 (2)에 정의된 복합지불계수(Composite Pay Factor, CPF)에 시공단위 도급 단가와 도급 잡비를 고려하여 결정할 수 있다.

$$CPF = [(0.25 \times \text{함량 PF}) + (0.15 \times \text{입도 PF}) + (0.20 \times \text{두께 PF}) + (0.10 \times \text{평탄성 PF}) + (0.30 \times \text{밀도 PF})] \quad (2)$$

3. 시험적용결과

3.1 시험적용대상

본 연구에서는 지불규정을 이용한 공사비의 산정과 지불규정의 제도화에 따르는 시공자와 발주자의 사전

에 고려해야 하는 사항 등을 검토할 목적으로 한국도로공사의 6개 전 지역본부(충청, 호남, 경북, 경남, 경인, 강원)에서 관할하는 고속도로 아스팔트 포장 덧씌우기 공사에 지불규정을 처음으로 적용하였다. 각 시험대상은 편의상 알파벳으로 무작위 표기하였다.

3.2 시공결과

지역본부A는 총 2일 분량의 재포장 공사가 시행되었다. 1일 차에는 토공부(13mm 개질아스팔트) 5,000m²를 시공하였으며 2일 차에는 토공부(20mm 개질아스팔트) 2,900m²와 교량부(13mm SMA) 800m²를 시공하였다. 분석을 위한 단위구간은 일반적으로 하루 공사 분량을 기준으로 한다. 하지만, 지역본부A에는 2일차 공사에서 시공특성이 다른 교면포장과 토공부 포장을 분리하여 총 3개의 단위구간으로 구성하였다. 지역본부B는 모두 교면에 적용한 공사이며 13mm 개질아스팔트 11,401m²와 10mm PSMA 3,156m²를 시공하였다. 지역본부C는 모두 토공부 덧씌우기 포장공사이며 13mm SMA 24,913m²와 13mm LDPE(Low-Density Polyethylene) 11,120m²가 시공되었다. 이 지역의 시공특징은 특징은 앞의 지역본부A와 B에 비하여 모든 품질항목의 측정값의 표준편차가 크다는 것이다. 하나의 예로, 아스팔트 함량의 최대 표준편차는 지역본부A는 0.14 지역본부B는 0.16이지만, 지역본부C에서는 SMA 포장이 0.309 그리고 LDPE 포장이 0.295였다. 평탄성의 경우에는 단위구간에서 측정값의 표준편차가 6.72~8.4로 비교적 크게 시공되었다. 지역본부D는 모두 토공부 포장공사이며 개질아스팔트 혼합물인 19mm PBSC(Polymer Bitumen Stabilizer with Cellulose Fiber)가 사용되었다. 대부분의 품질항목과 유사하게 8번체 통과량의 경우도 시공품질이 모든 상, 하한 한계를 만족하지만 대부분 상한 기준에 근접한 결과를 보였다. 지역본부E는 모두 교면에 적용한 공사이며, 모두 PSMA(10mm)가 사용되었다. 각 단위구간에서 두 가지 서로 다른 포장두께(4cm와 5cm)가 적용되었다. 두께조건이 매 단위구간별로 달랐음에도 불구하고 다른 교면포장 구간인 지역본부B에 비하여 평탄성의 품질은 매우 우수하며 다짐도의 경우도 상한기준에 큰 편차 없이 밀집되어 있었다. 마지막으로 지역본부F도 모두 교면에 적용한 공사이며 개질 혼합물인 SBS, PBSC, 그리고 PELA가 사용되었다.

4. 지불계수와 공사비 산출

그림 2는 각 단위구간별 복합지불계수를 모든 지역본부에서 산출한 결과를 보여준다. 두께와 평탄성의 경우 각각 하한기준과 상한기준만을 고려하여 복합지불계수를 산출하였다.

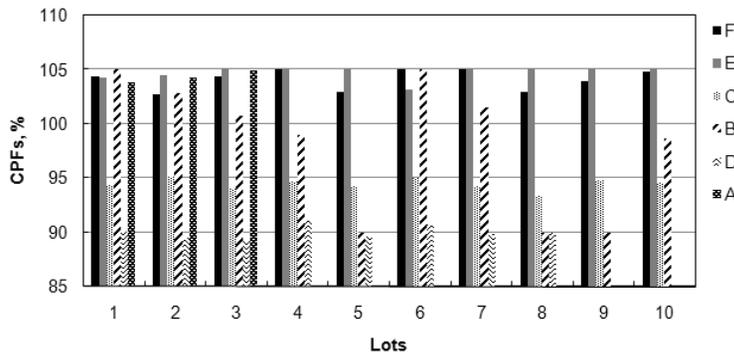


그림 2. 단위구간별 각 지역본부의 복합지불계수

지역본부B를 제외하고는 단위구간별 복합지불계수의 편차는 크지 않았다. 또한, 대부분의 지역본부에서는 시공 품질이 좋아서 지불규정의 적용에 따른 인센티브 지급이 예상되었다. 단, 지역본부C와 지역본부D는 거의 모든 단위구간에서 5% 이상의 단위 공사비 삭감이 필요한 것으로도 분석되었다. 지역본부D의 경우에는 과다짐이 공사비 삭감의 주요 원인으로 지목되었다. 지역본부E는 설계두께가 4cm인 단위구간에 대해서만 복합지불계수를 보이고 있다.

본 연구에 사용된 단위구간의 수는 총 51개로 이 중에서 토공부 포장은 20개 교량부 포장은 31개로 교면

포장이 상대적으로 많았다. 그림 3은 각 포장 위치별(즉, 토공부와 교면부) 총 지불계수의 평균이다.

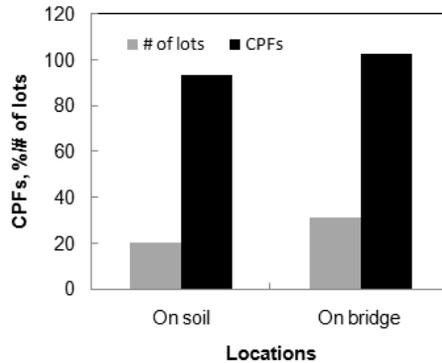


그림 3. 포장 위치별 복합지불계수의 차이

교면 포장이 토공부 포장에 비하여 상대적으로 높은 총 지불계수를 보이고 있으며 토공부 포장은 지불규정을 적용함으로써 전체 공사비가 약 7% 정도 삭감될 수 있음을 보여주고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 지역본부C와 지역본부D는 전 단위구간이 토공부 포장이다. 본 연구의 결과가 덧씌우기 포장의 준공 상태를 전적으로 대변할 수는 없으나 고속도로 교면 포장의 준공 품질이 토공부 포장에 비하여 낮지는 않았다.

그림 4는 지불규정 전후의 총 공사비 변화로 단위구간이 매우 적은 지역본부A를 제외한 나머지 지역본부에 대하여 조사하였다. 총 공사비는 지역본부E에서 가장 많이 소요되었으며 지역본부B에서 가장 적은 공사비가 소요되었다. 지역본부E의 공사물량은 지역본부C(36,033m²)보다 작고 지역본부F(35,492m²)와 같지만, 세부공정의 다양성, 재료수급, 작업시간 등으로 인하여 실 공사비는 두 배 이상 차이가 발생하였다. 지불규정을 적용할 경우 시공품질의 저하로 인한 공사비 삭감이 기존 공사비 대비 최대 9.9%(지역본부C)까지 될 수 있음을 보여주고 있지만, 반면에 시공품질이 좋은 포장에 대한 인센티브 지급이 기존공사비 대비 최대 48.9%까지도 가능함을 알 수 있다.

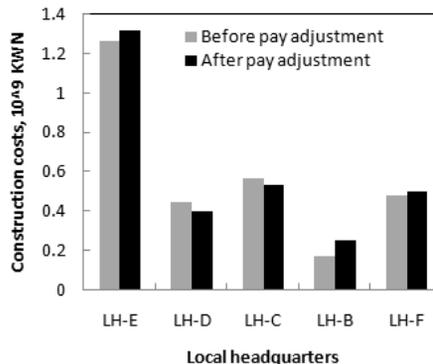


그림 4. 지불규정 전후의 총 공사비 변화

5. 지불규정 적용에 따른 현장의견

지불규정을 국내 환경에 적용하기 위해서는 반드시 해결되어야 하는 문제도 있었다. 우선, 포장 침하구간을 보수할 경우 평탄성에 대한 품질 확보가 어렵기 때문에 별도의 시공한계가 필요할 것으로 요구되었다. 또한, 포장 침하구간의 경우 품질평가를 위한 측량비용이 공사비에 반영해야 하고, 전체 포장 면적대비 교량 및

접속부 포장 비율에 따른 할증계수의 도입도 효과적일 것으로 판단되었다. 아울러, 품질관리 시험 자체로 인한 포장성능 저하도 가능할 수 있음을 예상해야 할 것이다. 본 지불규정에서 제시한 세부단위구간별 4개 이상의 시편 추출은 조금 많다는 지적이 있었다. 교면포장은 시편 채취로 인한 방수층 손상이 포장 수명에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 품질평가를 위한 조사 시 주의가 요구되었다. 아스팔트 함량, 입도, 두께 및 다짐도의 시험횟수 증가도 문제로 언급되었다. 지불규정을 적용할 경우 아스팔트 함량, 입도, 두께 및 다짐도는 기존의 품질 시험보다 약 3회 이상 많아 시험비 인상이 필요하다는 지적이었다. 이 모든 것을 관리하기 위한 제도적 지원과 정비시스템 구축도 병행되어야 할 것이며, 현장 기술자들을 위한 공사비 산출 프로그램도 필요할 것이다.

6. 결 론

품질항목별 표준편차는 평탄성이 가장 크고 아스팔트 함량이나 두께는 상대적으로 작은 것으로 조사되었다. 국부적으로 추출한 시편에 대하여 측정하는 아스팔트 함량이나 두께와는 다르게 평탄성은 세부단위구간 전체에 대하여 측정한다. 그렇기 때문에 모든 품질항목의 측정값이 시공된 포장의 전 연장에 대한 품질을 대표한다고는 할 수 없다. 그럼에도 불구하고 5개의 품질항목 중에서 두께와 아스팔트 함량 그리고 골재 입경은 비교적 시방 한계 내에서 품질관리가 잘 되었지만 평탄성은 지역별 품질 편차가 존재하였다. 아울러 다짐과 관련해서는 기준 이상의 다짐(과다짐)이나 다짐 품질의 편차가 목격되었으나, 다짐이 덜 되어 문제가 예상되는 구간은 없었다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 건설교통 R&D 정책 인프라사업의 일환인 성능중심의 건설기술 표준화 연구-도로포장 및 콘크리트 구조물 중심 연구 중 SMA 포장의 성능기준 개발연구에서 수행되었습니다.

참고 문헌

1. Burati, J.L., Weed, R.M., Hughes, C.S. and Hill, H.S. 2002. Optimal Procedures for Quality Assurance Specifications, Final Report, FHWA-RD-02-095, Federal Highway Administration, Washington D.C.
2. AASHTO, 1996. Quality Assurance Guide Specification, American Association of State Highway and Transportation Officials.