

친환경 자전거도로를 위한 로울러전압콘크리트(RCC) 포장 개발을 위한 기초연구

Development of Roller Compacted Concrete Pavement for Green Bike Road

박철우* · 윤경구** · 이승우*** · 김기현****

Park, Cheolwoo · Yun, Kyung-Ku · Lee, Seung-Woo · Kim, Kiheun

1. 서론

최근 국민의 건강과 여가생활에 대한 국민적 관심이 상당히 깊어졌으며 이러한 추세는 지난 몇 년 간 참살이(웰빙)라는 생활의 형태를 통하여 개개인의 삶에 아주 밀접한 연관을 가지고 있다. 또한 현정부의 저탄소 녹색성장이라는 정책기조와 함께 기후변화와 에너지 절약이 중요한 사회적 관심사가 되었다. 이러한 여러 가지의 복합적인 이유의 결과로 인하여 개개인의 생활에 나타나는 변화 중 가장 일반적인 것 중에 하나가 바로 자전거 타기이다. 또한 경제발전의 수준이 안정적인 단계로 올라섬과 동시에 국민 개개인의 삶의 질과 기대수준의 상향 조정이 특히 자전거 타기와 같은 건강레저에 많은 투자를 유도하고 있다. 정부에서는 4대강의 개발과 함께 2012년까지 4대강 유역 1,297km의 자전거도로의 완공을 계획하고 있으며 2018년까지 총 3,114km의 전국일주 자전거 도로망의 구축을 계획하고 있다. 이의 예상 총공사비는 약 총 1조 2456억원 정도이다.

자전거도로를 설계하는데 있어 중점적으로 고려하여야 사항 중 이용자측면에서는 우선 주행편안성 확보(Riding quality), 평탄성 확보(smoothness), 경관성, 친환경성(environment-friendly), 주행 안전성(사고 안전성), 시각적 안전성 확보(identified bike road), 야간 시인성 확보 (night visibility), 목적 수준별 기능성 확보(functionality): 산악도로, half pipe, X-sport, 일반도로, 전용도로, 고속화 전용도로 등을 잘 고려하여야 하며 또한 자전거도로의 개발자 측면에서의 자전거 도로 고려사항은 경제성, 장기 공용성, 유지관리의 용이, 시공성, 경관성, 친환경성(environment-friendly), 주행 안전성(사고 안전성), 타 지역 및 국도와의 연계성, 타 교통수단과의 연계성 등을 고려하여야 한다. 한편, 현재 국내의 수변지역과 도심내 지역에 다양한 재료를 활용한 자전거도로가 구축되어 있다. 하지만 상당수의 포장에 장기공용성을 제공하지 못하여 자전거이용자의 불편을 초래하는 실정이다. 이에 이 연구에서는 시멘트사용량을 감소하여 경제적이면서도 우수한 내구성을 확보할 수 있는 자전거도로 포장 개발연구의 일환으로서 로울러전압 방식을 활용한 자전거도로 포장을 개발하고자 한다. 이를 위하여 최우선적으로 자전거도로에 활용할 수 있는 기초배합의 선정을 위한 실험적 연구를 수행하였으며 강도 등의 실험적 결과를 소개하고자 한다.

2. 로울러전압 콘크리트 활용 자전거도로의 특성

기존의 자전거 도로에 사용된 포장공법은 앞 절에서 언급한 사용자와 개발자의 요구 또는 필요사항을 동시에 충분히 만족시키지 못하는 경우가 종종 있어왔다. 따라서 공학적이고 자전거도로의 목표수준에 부합하는 체계적인 공법으로서, 기존의 자전거도로의 문제점들을 최소화하고 주행평탄성 및 안전성과 경제성과 장기공용성 등의 사용자와 개발자의 필요사항을 모두 만족시킬 수 있는 최적의 자전거도로 포장공법으로 로울러전압방식의 콘크리트를 활용하고자 한다. 이는 녹색성장에 있어 최우선적으로 고려되는 CO₂저감을 시멘트량의 최소화를 통하여 실현 가능하며 동시에 고성능의 콘크리트 강성포장공법으로서 뛰어난 내구성과 장기

* 정회원 · 강원대학교 공학대학 건설공학과 토목공학과 조교수 · 공학박사(E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr) - 발표자

** 정회원 · 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)

*** 정회원 · 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail : swl@kangnung.ac.kr)

**** 정회원 · (주) 삼우아이엠씨 대표이사 · E-mail : kiheun@empal.com

공용성을 제공할 것이다. 또한 최소화한 유지관리비용을 통한 생애주기비용을 감소가 예상되며, 배수성 또는 투수성의 기능성을 선택적으로 조절가능한 자전거도로 포장공법이 될 것으로 예상된다. 이러한 로울러전압 방식의 자전거도로포장은 롤러다짐을 통한 경제적 시공, 견식배합을 통한 시공성 개선 및 작업속도 향상, 교통개방 시간의 단축 및 전체 공기 단축, 충분한 미끄럼저항으로 안전한 주행성능, 다짐 (진동 및 타이어)을 통한 평탄성 및 표면배수의 조절가능, 고 내구성의 포장공법으로 유지관리 비용의 최소화 등의 장점을 많이 내포하고 있다.

3. 최적 배합의 결정

로울러전압 콘크리트 자전거도로 포장 재료를 개발하기 위하여 본 연구에서는 많은 실험적 연구를 수행하였다. 우선 한국도로공사의 빈배합콘크리트 표준배합을 기준으로 강도 등의 특성을 분석하였으며 이를 기초로 단위시멘트량을 변수로 강도발현 특성을 분석하였다. 시험편제작시 로울러전압으로 인한 효과를 모사하기 위하여 진동대 및 특수다짐장치를 활용하여 압축강도 시험편을 제작하였다.

3.1 1단계배합

1단계 배합으로서 한국도로공사의 빈배합콘크리트를 기준으로 하여 물-시멘트(w/c)비를 0.79, 잔골재율(S/a)를 52%로 하였으며, 단위시멘트량 150kg/m³을 기준으로 하였다. 배합변수로는 단위시멘트량을 175 및 200kg/m³으로 증가하였으며 유동화제는 사용하지 않았다. 제작된 시험체를 활용하여 재령 1, 3 및 7일에서 강도측정 시험을 수행하였으며 각 재령별 측정된 압축강도 실험결과는 다음의 그림 1과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 한국도로공사의 빈배합기준을 활용한 경우에는 재령 7일의 강도가 단위시멘트량이 200kg/m³인 경우에도 7.6MPa의 낮은 값으로 측정되었다.

표 1. 1단계실험 배합표

배합 No.	W/C	S/a (%)	단위 재료량(kg/m ³)			
			W	C	S	G
C-150	0.79	52	119	150	1099.2	1014.6
C-175	0.79	52	138	175	1062.7	980.9
C-200	0.79	52	158	200	1026.2	947.2

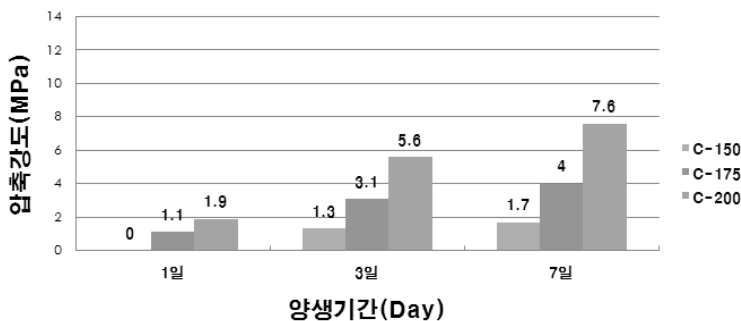


그림 1. w/c 0.79 및 S/a 52%인 경우 단위시멘트량에 따른 압축강도

3.2 2단계배합

1단계 배합에서 낮은 강도로 인한 문제점을 보완하기 위하여 잔골재율을 52%에서 40%로 감소하였고 추가적으로 단위시멘트량이 225kg/m³인 경우도 함께 고려하였다. 다음의 표 2 및 그림 2는 2단계 배합의 상세와 이에 따른 압축강도 실험결과를 각각 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 잔골재율을 증가한 경우 52%의 경우에 비하여 강도가 다소 증가하였지만 재령 7일의 강도가 225kg/m³인 경우 약 12.7MPa로서 여전히

히 자전거도로 포장으로 사용하기에는 충분한 값을 나타내었다. 또한 재령 14일의 강도값은 재령 7일 이후에 크게 증가하지 않는 것으로 나타났다.

표 2. 2단계실험 배합표

배합 No.	W/C	S/a (%)	단위 재료량(kg/m ³)			
			W	C	S	G
C-150	0.79	40	119	150	845.5	1268.3
C-175	0.79	40	138	175	817.4	1226.2
C-200	0.79	40	158	200	789.4	1184
C-225	0.79	40	177.8	225	760.2	1140.4

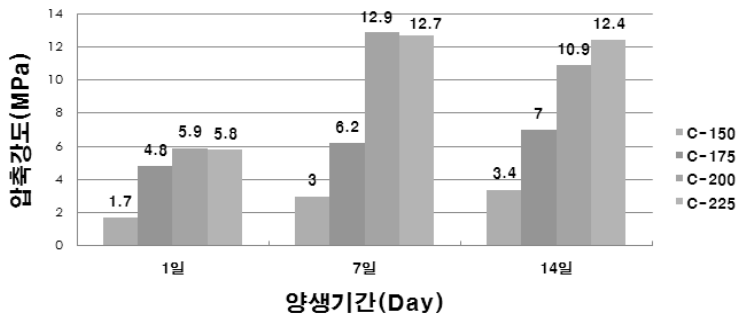


그림 2. w/c 0.79 및 S/a 40%인 경우 단위시멘트량에 따른 압축강도

3.3 3단계배합

3단계 배합에서는 미국 PCA (Portlanf Cement Association)의 로울러전압콘크리트의 기준을 활용하여 w/c비를 0.40로 낮추었으며 이 값으로부터 0.5씩 0.75까지 증가한 경우에 하여 고려하였다. 또한 잔골재율을 40%에서 47%로 상향조정하였으며 또한 각각의 w/c에 대하여 유동화제를 사용한 경우를 고려하였다. 단 단위시멘트량은 225kg/m³로 고정하였다. 다음의 표 3은 3단계에서 활용한 배합의 상세를 나타내고 있다.

표 3. 3단계실험 배합표

배합 No.	W/C	S/a (%)	단위 재료량(kg/m ³)				감수제
			W	C	S	G	
1	0.40	47	80	200	1028.3	1159.6	-
2			80	200	1028.3	1159.6	2.6%
3	0.45		90	200	1016.1	1145.8	-
4			90	200	1016.1	1145.8	2.6%
5	0.50		100	200	1003.9	1132.0	-
6			100	200	1003.9	1132.0	2.6%
7	0.55		110	200	991.7	1118.3	-
8			110	200	991.7	1118.3	2.6%
9	0.60		120	200	979.5	1104.5	-
10			120	200	979.5	1104.5	2.6%
11	0.65		130	200	967.2	1090.7	-
12			130	200	967.2	1090.7	2.6%
13	0.70		140	200	955.0	1076.9	-
14			140	200	955.0	1076.9	2.6%
15	0.75		150	200	942.8	1063.1	-
16			150	200	942.8	1063.1	2.6%

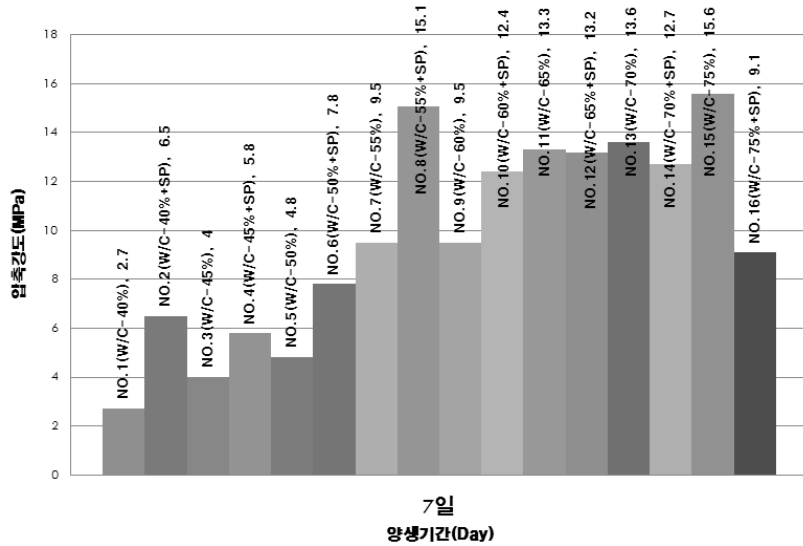


그림 3. 재령 7일의 3단계 배합의 압축강도

일반적으로 감수제를 사용한 경우 다소 강도의 증가가 있는 것으로 나타났다. 이로부터 상대적으로 적은 단위시멘트량에 따라 단위수량도 적어 건조한 배합의 영향으로 인하여 강도발현이 원활하지 못하지만 감수제의 사용으로 이러한 문제를 다소 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 w/c비가 0.6 이상의 경우에는 감수제의 사용이 오히려 강도를 감소시키는 것으로 나타났다. 또한 위의 결과에서 단위시멘트량 200kg/m³는 자전거도로로서 요구되는 강도 (재령 28일 28MPa)을 만족시키지 못할 것으로 예상된다.

4. 결 론

이 연구에서는 로울러전압콘크리트를 활용하여 친환경자전거도로를 개발하기 위한 기초 연구를 수행하였다. 실험 결과로부터 이산화탄소를 저감하고 친환경적인 콘크리트가 되기 위해서 로울러전압콘크리트의 활용은 중요하지만 단위시멘트량을 200kg/m³ 이하로 할 경우 공학적으로 요구되는 목표강도를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 감수제의 사용은 다소 강도의 증가를 나타내었지만 w/c가 증가함에 따라 그 효과가 명확하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 추후 연구에서는 단위시멘트량을 200kg/m³이상으로 하고 적절한 w/c비에 감수제의 활용을 신중히 고려하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009년 (주)삼우IMC의 연구지원사업으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 국토해양부, 자전거도로 시설기준 및 정비지침, 2009
2. 국토해양부, 도로공사표준시방서, 2009
3. 건설교통부, 자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙, 2006