

진동구조물 슬래브 보호층으로서 라텍스 콘크리트의 수밀특성 분석

Investigation on Watertight Properties of the Latex Concrete for Protection Layers of the Slab on Vibrating Structures

이 선 규*
Lee, Sun-Gyu

이 정 훈**
Lee, Jung-Hoon

최 성 민***
Choi, Sung-Min

오 상 근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

The LMC method of construction which have application to the road bridge is being considered the least relative importance about the watertight performance, because it focused on the durability of concrete. However, The LMC which is being expanded scope of application to the method of construction has grown importance about the watertight performance on the usability and maintenance side as well as durability. In this study, The latex concrete of two types which are different from mingled-ratio of the latex made a comparison to the compressive strength, watertight performance, dynamic wheel load resistance performance and confirmed what it has resistibility about chemical action through the chemical resistance test. The initial strength and watertight performance showed that were tendency the downward at 14 days. However, The long-term strength after 28 days showed that it has firm performance. In consequence, The initial curing of latex concrete is required to scrupulous care and attention at the site application. As a chemical resistance test result, The specimen that is steeped in sulphuric acid solution of 2% discovered the delamination phenomenon. However, it was confirmed that delamination phenomenon don't have an effect on the compressive strength. Moreover, As a dynamic wheel load resistance test result, The latex concrete was concluded to confirming the durability and running stability, because it had hardly any thickness reduction of latex concrete surface about dynamic wheel load and rarely found crack and delamination.

키 워 드 : 라텍스 콘크리트, 수밀 성능, 윤하중 저항 성능, 내화학적 시험

Keywords : Latex concrete, watertight performance, dynamic wheel load resistance, chemical resistance test

1. 서 론

발전소 지붕 슬래브, 지하주차장 상부 슬래브, 토목구조물(교량 상판, 지하차도 등)에 있어서 진동구조물 장스팬 바닥판의 경우 타 구조부재에 비해 상대적으로 두께가 얇고 통과 하중으로 인한 거동에 의하여 바닥 마감층이 쉽게 손상된다. 또한 외부 열화환경에 직접적으로 노출되어 구조물의 내구수명에 영향을 미치게 된다. 이러한 진동구조물의 균열을 보수·보강하여 구조물의 성능을 복원시키기 위해서는 많은 노력과 예산의 낭비를 초래하게 된다.

현재 진동구조물 바닥판 및 교량 등에서는 2000년도 이후부터 LMC(Latex Modified Concrete)가 널리 적용되어지고 있다. LMC 포장공법은 기존 공법에 비해 초기 공용 중 별

다른 문제점이 나타나고 있지 않으며 재료적 특성이 우수하여 장기적 안정성에도 큰 기대를 받고 있다. 이러한 도로교량에 적용되어지는 LMC 포장공법은 콘크리트의 내구성에 초점을 두어 상대적으로 수밀성능에 대한 비중이 적게 고려되어지고 있으나, 공법의 적용범위가 점차 확대됨에 따라 내구성뿐만 아니라 사용성 및 유지관리 측면에서 수밀성능에 대한 중요성이 커지고 있는 실정이다. 일반적으로 폴리머 라텍스는 윤활유와 같은 작용을 하여 콘크리트의 워커빌리티를 향상시키며 단위수량을 감소시킴으로써 수밀성능을 확보할 수 있다. 그러나, 라텍스의 혼입률이 과다할 경우 시멘트 및 골재의 감소로 인하여 콘크리트의 강도 저하를 초래하고, 이동하중에 의한 영향으로 콘크리트 마모율을 증가시켜 진동 구조물 바닥판 보호층으로서의 역할을 상실하게 된다.

본 연구에서는 라텍스의 혼입으로 인해 콘크리트에 미치는 영향을 비교·분석하기 위하여 콘크리트의 강도, 수밀 성능, 윤하중 저항성능 평가를 실시하였다. 또한 외부 열화환경 조건을 고려한 내화학적 시험을 통하여 산성비, 염해 환경 등과 같

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원

** 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원

*** 건설신소재연구소 소장, 정회원

**** 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사, 정회원

은 화학작용 특성에 대해 검토하였다. 이를 바탕으로 콘크리트 바닥판의 수밀 성능 측면에서 라텍스 콘크리트 적용의 활성화를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 선행 연구자료

라텍스는 유기체 폴리머입자가 계면활성제로 코팅되어 있어 입자들을 안정화시켜 콘크리트의 응결방지 및 유동성을 향상시키는 특징이 있다. 이러한 라텍스 입자들은 시멘트 수화반응이 일어나는 동안 필름막을 형성하여 수화물과 골재와의 공극을 채우며 그 결과 투수성 및 흡수성이 감소하여 콘크리트 수밀성능의 증진을 보이게 된다.¹⁾

Table 1은 라텍스의 물리·화학적 특성을 보여주고 있다. 부타디엔의 함유량이 적을수록 압축강도는 증가하나 휨 및 부차강도가 낮아지고 취성적인 성질이 나타난다. 또한, 고흡분 함유량은 라텍스의 점도에 영향을 주며 휨 및 인장강도, 투수성에 연관되어있다.²⁾ 이러한 라텍스의 특성을 이용하여 미국 FHWA에서는 교면포장용 S/B 라텍스를 표준화된 건설재료로 발전시켰으며, 우리나라에서는 도로교량의 바닥판 콘크리트에 교면포장공법으로 적용되어지고 있다.

3. 실험 계획 및 방법

3.1 실험 계획

라텍스 콘크리트는 주로 진동 구조물 바닥판의 보호층으로 사용되기 때문에 이동하중에 의한 두께감소를 고려하여야

하며, 콘크리트의 기본적인 내구성 평가를 위한 압축강도, 휨강도 시험을 해야한다. 또한, 화학 작용에 대한 저항성(산, 알칼리, 염해) 시험을 통하여 압축강도에 미치는 영향을 파악하여야 하며, 투수 및 흡수 저항성 시험으로 콘크리트의 수밀 특성을 종합적으로 평가하여야 한다.

따라서, Table 2와 같이 배합비를 다르게한 두가지 타입의 라텍스 콘크리트를 실험 대상으로 하였으며, 흡수 저항성 시험에서의 대조군으로는 라텍스 고흡분을 대신하여 물-시멘트비를 높인 두가지 타입의 OPC를 비교대상으로 하였다.

A타입의 경우 상대적으로 B타입보다 라텍스 혼입률이 많은 대신 모래 및 자갈, 물시멘트비가 낮게 된다. 따라서 콘크리트의 수밀성능에 영향을 주게 되므로 OPC의 A'타입, B'타입과 비교하여 라텍스 콘크리트의 특성을 분석하고자 한다.

3.2 실험 방법

3.2.1 압축강도 시험

압축강도 시험은 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 20\%$ 의 환경에서 라텍스 콘크리트를 $\varnothing 100 \times 200\text{mm}$ 의 시험체로 제작하여 UTM시험기로 압축하중을 구한다. 공시체를 지름의 1% 이내의 오차에서 그 중심축이 가압판의 중심과 일치하도록 놓는다. 시험기의 가압판과 공시체의 끝면은 직접 밀착시킨다. 이후 공시체에 충격을 주지 않도록 똑같은 속도로 하중을 가하며, 이때 가하는 속도는 압축 응력도의 증가율이 매초 $0.6 \pm 0.4\text{MPa}$ 가 되도록 한다.

3.2.2 내화학 저항성 후 압축강도 시험

온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 20\%$ 의 환경 하에 알칼리 처리(수

표 1. Physical and chemical property of the latex

Weight percent solids	Specific gravity	pH	Viscosity	Surface tension	Stabilizer	Shelf life	Freeze-thaw stability	Polymer	
								Styrene	Butadiene
46~54%	1.01	9.5~11.0	24	32	anionic	> 2 years	5 cycle	66±1.5%	34±1.5%

표 2. Properties of concrete mixture

Items Type	G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	L/C (%)	Unit weight (kg/m ³)				
							Water	Cement	Sand	Gravel	Latex
A - Type	13	19	4.5	33	50	10	87	400	834	870	85
A' - Type	13	19	4.5	43	50	-	172	400	834	870	-
B - Type	13	19	4.5	35	50	10	83	350	890	911	74
B' - Type	13	19	4.5	45	50	-	157	350	890	911	-

산화칼슘 포화) 수용액과 해수 처리(염화나트륨 10%) 수용액, 산 처리(황산 2%)의 수용액 속에 재령 28일자 $\varnothing 100 \times 200$ mm의 공시체를 시험편으로 하여 7일, 14일, 28일간 침지시킨다. 각각 7일, 14일, 28일 후 공시체 상태의 이상 유·무를 확인한 후 상온에서 4시간 건조 후 압축강도 시험 방법과 동일한 방법으로 압축 응력도의 증가율이 매초 $0.6 \pm 0.4 \text{MPa}$ 의 속도가 되도록 하여 압축강도를 확인한다.

3.2.3 휨강도 시험

휨강도 시험은 $100 \times 100 \times 400$ mm의 시험편을 사용하여 중앙점 재하법으로 성능시험을 실시한다. 공시체에 충격을 주지 않도록 똑같은 속도로 하중을 가하며, 이때 가하는 속도는 가장자리 응력도의 증가율이 매초 $0.6 \pm 0.4 \text{MPa}$ 가 되도록 조정하고, 최대 하중이 될 때까지 그 증가율을 유지하도록 한다. 공시체가 파괴될 때까지 시험기가 나타내는 최대 하중을 확인한다.

3.2.4 투수 저항성 시험

투수 저항성 시험은 $\varnothing 100 \times 50$ mm 시험편을 사용하여 다음 Out-Put방식의 투수 시험 장치에 시험편을 고정시킨 후 $0.3 \text{N}/\text{mm}^2$ 의 수압으로 3시간 동안 투수시험을 실시한다. 이때 시험 전 중량과 시험 후의 중량변화를 기록하고, 시험 종료 후 시험체를 절단하여 투수 유·무를 육안으로 확인한다.

3.2.5 흡수 저항성 시험

흡수 저항성 시험은 $\varnothing 100 \times 50$ mm의 시험체를 10mm 정도의 깊이로 물속에 담근다. 일정 시간 간격으로 시험편의 중량을 측정 후 면적당 물 흡수량(kg/m^2)과 시간 $\sqrt{t}(\text{h}^{0.5})$ 에 따라 표시할 때 적어도 4개 이상의 측정값이 하나의 직선상에 위치하면 시험을 종료할 수 있다.

3.2.6 윤하중 저항성능 시험

이동하중에 의한 라텍스 콘크리트의 두께감소율을 확인하기 위하여 윤하중 저항성능 시험을 실시한다. $300 \times 300 \times 60$ mm 콘크리트 바탕판 위에 라텍스 콘크리트를 타설한 후 28일간 양생한다. 윤하중의 시험 주행 속도는 5km/h로 60,000회를 1사이클로 하여 총 5사이클인 300,000회를 주행하며, 완료 후 표면의 두께감소율을 측정한다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 압축강도 시험

압축강도 시험 결과는 Fig 1과 같다. 재령 7일 강도는 A타입이 28MPa, B타입이 25MPa 값을 나타내었다. 초기강도는 A타

입이 B타입보다 약간 높았으나 큰 차이는 보이지 않는 것을 확인하였다. 그러나 재령 14일 강도에서 A타입이 18MPa로 압축강도가 급격히 하락하였으며 B타입 역시 재령 7일의 압축강도에 비해 소폭 감소하였다. 재령 28일에서는, 감소되었던 압축강도 값이 재령 7일의 압축강도 수준으로 회복되는 것을 확인할 수 있었으며, 재령 90일에서는 A타입이 45MPa, B타입이 46MPa로 초기강도보다 약 2배 높은 압축강도 값이 나타났음을 확인하였다.

라텍스의 혼입량이 많을수록 콘크리트의 초기강도에 영향을 주어 압축강도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 시멘트의 수화반응이 점차 진행되면서 압축강도 값이 높아지는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 콘크리트에 혼입된 라텍스 고형분이 콘크리트 내부의 미세공극에 충전되어 압축강도 증가에 영향을 주어 나타나는 현상으로 보인다.

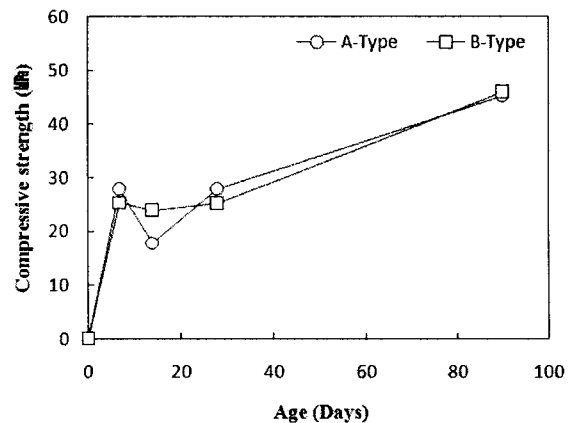


그림 1. Compressive strength

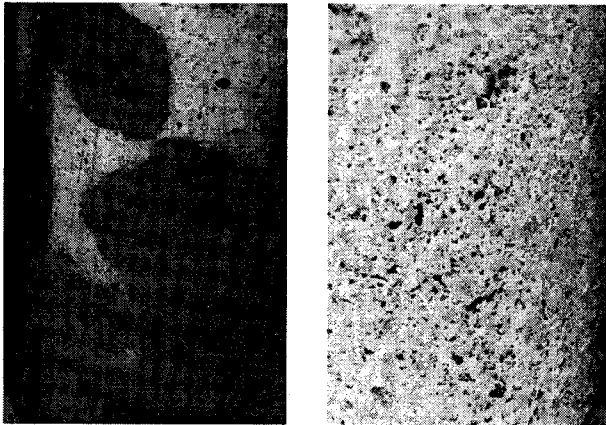
4.2 내화학적 시험 후 압축강도

라텍스 콘크리트 공시체를 수산화칼슘 포화 수용액, 염화나트륨 10% 수용액, 황산 2% 수용액에 각각 침지시켜 놓은 다음, 7일이 지난 후에 표면의 상태를 육안관찰 하였다. 수산화칼슘 포화 수용액과 염화나트륨 10% 수용액에서는 이상이 없었으나, 황산 2% 수용액에 침지된 라텍스 콘크리트 공시체에서 문제점을 발견하였다. Fig 2는 황산 2% 수용액에 침지시켜 놓은 라텍스 콘크리트의 시험 전 후 표면상태를 보여주고 있다. 시험 전의 표면상태에 비하여 시험 후 표면의 박리현상이 있음을 확인하였다.

이러한 표면의 박리가 콘크리트의 강도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위하여 7일, 14일, 28일 재령별로 압축강도 시험을 실시하였다.

수산화칼슘 포화 수용액에 침지시킨 공시체의 압축강도 시험결과는 Fig 3과 같다. 재령 7일의 압축강도는 A타입이 31MPa, B타입이 37MPa의 수치값으로 나타났다. 재령 14일에서는 무처리 상태의 압축강도 시험과 마찬가지로 압축강도가 감소

하였으며, 재령 28일에 이르러 A타입, B타입 모두 약 24MPa로 압축강도 값이 안정화되는 것을 확인하였다. 무처리 상태의 압축강도 시험과 비교하면, A타입은 약 87%, B타입은 약 98%의 성능수준을 나타내었으므로 수산화칼슘 포화 수용액에 대하여 내화학 저항성이 있는 것으로 확인하였다.



(a) Before test (b) After test

그림 2. It make a comparison between before and after each test by sulphuric acid

염화나트륨 10% 수용액에 침지시킨 공시체의 압축강도 시험결과는 Fig 4와 같다. 초기강도에서는 라텍스의 혼입률이 상대적으로 많은 A타입이 재령 7일과 재령 14일에서 압축강도의 기복이 심한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 재령 28일에서는 라텍스의 특징으로 인하여 압축강도 값이 안정화되어 B타입의 압축강도 값과 유사한 약 34MPa의 수치값을 확인하였다. 이것은 무처리 상태의 압축강도 시험값과 비교하여 A타입은 약 125%, B타입은 약 137%의 성능을 나타내었으므로 염해 환경에 대한 저항성이 있는 것으로 판단된다.

황산 2% 수용액에 침지시킨 공시체의 압축강도 시험결과는 Fig 5와 같다. 재령 14일까지의 초기 압축강도는 전체적으로 감소되는 경향을 나타내었으며 A타입보다 B타입의 압축강도 감소율이 큰 것을 확인하였다. 하지만 이후부터는 라텍스의 혼입률이 상대적으로 적은 B타입이 A타입보다 높은 압축강도 값을 나타냈으며, 재령 28일에서 A타입의 압축강도는 23MPa로 무처리 상태의 압축강도에 비해 약 83%의 성능을 나타냈고, B타입의 경우 30MPa로 약 117%의 성능을 나타내었다.

내화학성 시험 결과, 황산에 의해 표면의 박리현상이 발생하였지만 콘크리트의 압축강도에 크게 영향을 주지 않았으며, 재령이 증가함에 따라 전체적으로 압축강도 값이 증가하고 있음을 확인하였다. 하지만 라텍스의 혼입으로 인하여 초기 압축강도 값이 감소하는 경향을 나타내었으므로 현장 적용시 초기 양생에 보다 세심한 관심과 주의가 요구된다.

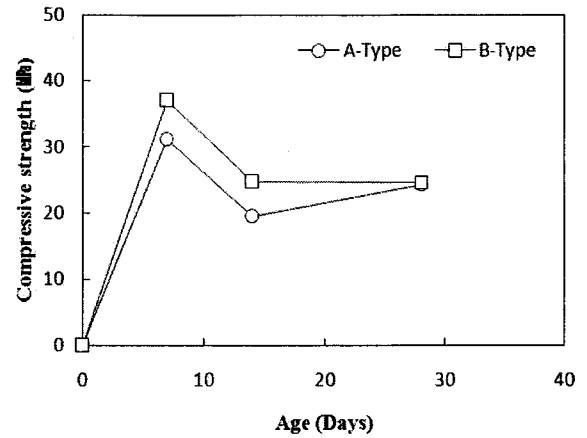


그림 3. Calcium saturation in solution

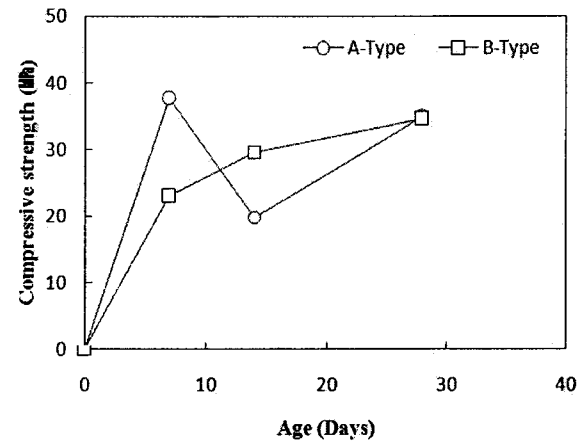


그림 4. Sodium chloride solution of 10%

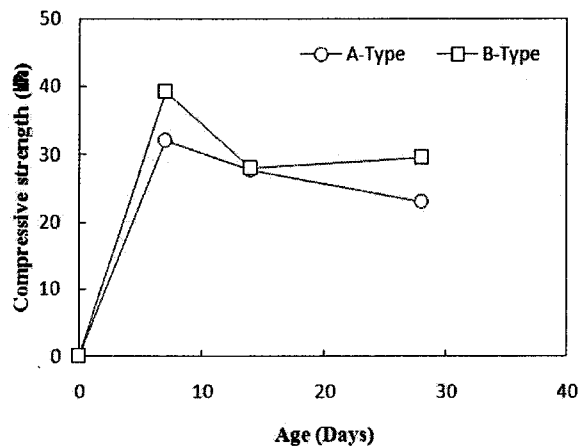


그림 5. Sulphuric acid solution of 2%

4.3 휨강도 시험

휨강도 시험 결과는 Fig 6과 같다. A타입, B타입 모두 초기 휨강도 값이 약 7MPa로 나타났으며, A타입의 경우 재령 14일에 강도 값이 증가한 후 재령 28일에 감소하였다가 재령 90일에서 휨강도 값이 다시 증가하였다. 반면, B타입의 경우 재

령 7일 강도 값을 계속 유지하다가 재령 28일부터 증가하여 재령 90일에서 휨강도 값이 A타입과 비슷한 약 10MPa의 수치 값을 나타내었다.

라텍스의 혼입률이 B타입에 비해 상대적으로 많은 A타입이 초기에 높은 휨 강도 값을 나타내었으나, 장기강도에서는 B타입이 A타입만큼의 성능으로 강도가 증가하고 있음을 확인하였다. 또한 압축강도의 20% 성능수준에 해당하는 6MPa 이상을 모두 만족함으로써 휨 강도에 관한 저항성을 확보하고 있는 것을 알 수 있었다.

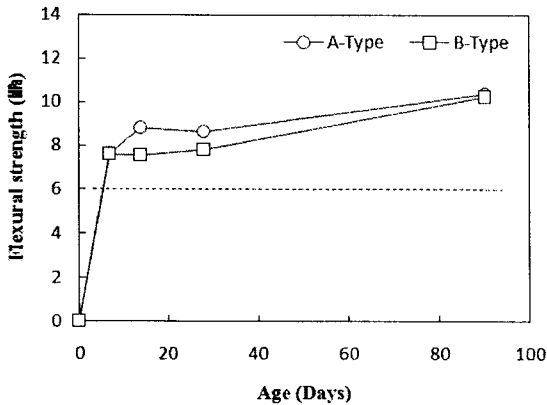


그림 6. Flexural strength

4.4 투수 저항성 시험

투수 저항성 시험 결과, A, B타입 모두 재령 7일부터 90일 까지의 모든 시험편이 0.3N/mm²의 수압 환경에서 투수되지 않음을 확인할 수 있었다. 투수 저항성 시험 후 시험체 중량의 변화는 Fig 7과 같다.

B타입은 재령이 증가함에 따라 물의 함침량이 일정하게 증가하는 반면, A타입은 B타입에 비해 증가량의 변동이 있으며 재령이 증가함에 따라 물의 함침량이 적은 것을 확인할 수 있었다. 재령 7일과 90일간의 시험체 중량차를 살펴보면, A타입은 1.25g, B타입은 1.54g으로 나타났다.

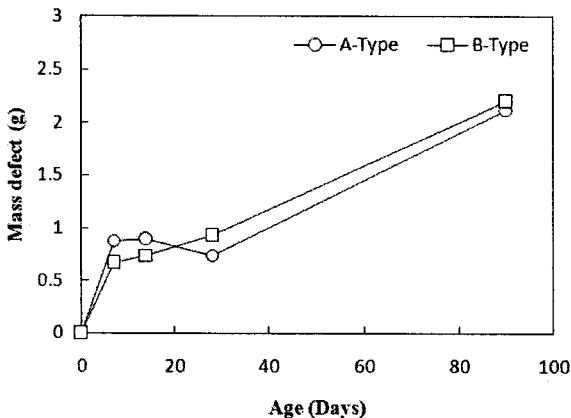


그림 7. Hydraulic resistance

이러한 중량 변화는 시험체 내부에 물이 투수되어 중량 증가에 영향을 주었다고 보기에 증가량이 작으며, 이것은 물의 접촉으로 인한 시험체 표면이 젖어있는 상태이기 때문에 중량이 증가한 것으로 보인다.

4.5 흡수 저항성 시험

Fig 8은 재령별로 물흡수계수의 변화량을 나타내고 있다. A타입의 경우 초기 물흡수계수가 B타입에 비해 변동폭이 큰 것을 확인할 수 있으나, 재령 14일부터는 물흡수계수가 증가하였다. 하지만 물흡수계수의 증가폭이 0.05kg/m²h^{0.5}이하로 매우 작았으며, 재령 28일 이후부터는 물흡수계수의 기울기가 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 따라서, 물의 흡수가 더 이상 진행되지 않았으므로 장기적인 내구성 측면에서 수밀성능이 우수한 것으로 확인된다. 반면, 라텍스를 혼입하지 않은 OPC인 A'-Type과 B'-Type은 라텍스 콘크리트에 비하여 확연히 높은 물흡수계수를 나타내었으며, A'-Type에 비해 상대적으로 물-시멘트비가 높은 B'-Type이 재령 90일에서 0.41 kg/m²h^{0.5}로 가장 높은 수치값을 기록하였다. 따라서, 물흡수계수에 영향을 미치는 인자로 라텍스의 혼입률과 물-시멘트비에 있는 것으로 파악된다.

이러한 결과는 콘크리트 내부에 있는 라텍스 입자들이 재령이 증가함에 따라 시멘트 겔 주변에 연속적인 폴리머 라텍스 입자막을 형성하여 콘크리트의 수밀성능을 개선시킨 것으로 판단된다.

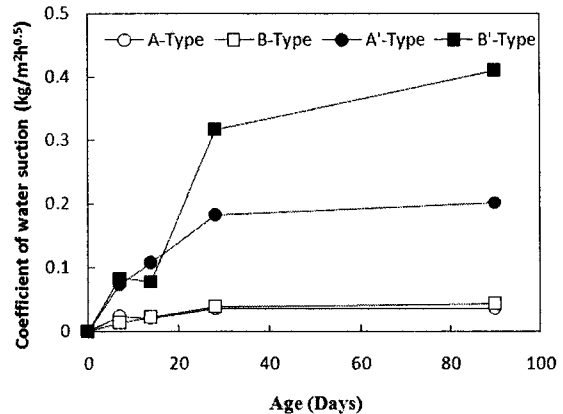


그림 8. Coefficient of water suction

4.6 윤하중 저항성 시험

윤하중 저항성 시험결과는 Table 3과 같다. A타입, B타입 모두 윤하중 30만회 주행 후 표면에 균열 및 박리현상을 발견하지 못하였다. 바퀴가 지나간 경계면의 샘플을 채취하여 주행 전과 주행 후의 두께를 현미경으로 관찰한 결과, 평균 두께감소율은 A타입이 0.42%, B타입이 0.50%로 두께 감소가 거의 없음을 확인할 수 있었다.

윤하중 저항성 시험은 수직하중과 수평하중을 종합적으로

고려한 시험이다. 따라서 라텍스 콘크리트가 도로 바닥판의 포장공법뿐만 아니라 진동구조물에 대한 콘크리트의 보호층으로 그 적용 범위가 확대될 것으로 기대된다.

Table 3. The result of dynamic wheel load resistance

Type	No.	Thickness difference (mm)	Thickness decrement (%)	Observation
A Type	1'	0.11	0.36	No harm(creak) done
	2'	0.14	0.47	
	3'	0.13	0.43	
B Type	1'	0.15	0.50	No harm(creak) done
	2'	0.16	0.51	
	3'	0.15	0.50	

5. 결 론

본 연구의 실험 결과는 다음과 같다.

- 1) 압축강도 시험에서는 라텍스의 혼입으로 인하여 초기 압축강도의 감소에 영향을 주었지만, 재령이 증가함에 따라 압축강도 값이 점차 증가하여 재령 90일에서는 초기 압축강도의 약 2배에 해당하는 값을 확인하였다. 하지만, 내화학적 시험에서 황산 2%의 수용액에 침지된 공시체에 박리현상이 발견되어 내화학적 저항성이 떨어지는 것을 우려하였으나, 압축강도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 또한, 휨강도 시험에서는 압축강도 시험과 비슷한 경향을 나타내었으며, 압축강도 값의 20% 성능수준에 해당하는 6mm 이상을 모두 만족하였다. 콘크리트에 혼입된 라텍스 고형분에 의하여 초기 압축강도 값이 감소하는 경향을 나타내었으므로 초기 양생에 보다 세심한 관심과 주의가 요구되어진다.
- 2) 투수 저항성 시험의 경우 모든 시험편에서 투수가 발견되지 않았으며, 시험 전과 시험 후의 중량 차이가 크지 않는 것을 확인하였다. 또한, 흡수 저항성 시험에서 재령 28일부터 물흡수계수 기울기가 일정하게 유지되는 것으로 보아 더 이상 물의 흡수가 진행되지 않음을 확인할 수 있었으며, OPC와 비교하여 라텍스 콘크리트가 월등히 높은 흡수 저항성능을 가지고 있는 것을 확인하였다.
- 2) 이러한 현상은 폴리머 라텍스 입자들이 재령의 경과에 따라 연속적인 필름막을 형성함으로써 콘크리트의 수밀성능을 개선시킨 것으로 보인다.
- 3) 윤하중 저항성 시험 결과, 이동하중에 대한 라텍스 콘크리트 표면의 두께 감소가 거의 없고, 균열 및 박리현상이

발견되지 않아 내구성 및 주행 안정성을 확보할 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 진동구조물에 대한 콘크리트 보호층으로서의 적용 범위가 확대될 것으로 기대된다.

- 4) 내화학적 시험에서 발견하였던 표면 박리현상에 관하여 본 연구에서는 콘크리트의 압축강도만을 가지고 내구성 평가를 하였으나, 향후 다각적 측면에서 콘크리트의 내구성을 분석하여야할 필요성이 있다. 따라서 이에 관한 추가 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2007. 6. ~ 2008. 5. 까지 (주)승화이엔씨의 산학협동 지원에 의한 연구로 수행된 결과입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 교면방수재료 시공에 따른 적용성 연구(Ⅱ), 한국도로공사, 2001.
2. 김기현외 1명, LMC 교면포장공법의 소개 및 적용사례, 한국도로학회, 학회지 제4권 제2호, 2002.
3. 송제영외 3명, 비노출 방수층의 윤하중 시험 및 평가방법 개발에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회지, Vol. 6. No 1, 2006.
4. 오상근, 콘크리트 구조물 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근, 한국구조물진단학회지, Vol. 3. No 2, 1999.
5. 오상근, 콘크리트 구조물의 누수와 대처 방안에 대한 견해, 한국콘크리트학회, Vol. 14. No 6, 2002.
6. 오상근외 1명, Water-Leakage Repair Technology for Crack Movement and Wet Environment, 제 6회 일본·한국 건축재료 Joint Symposium 논문집, 2002.
7. 이병덕, 교면방수 시스템의 인장접착 성능 개선을 위한 영향인자 분석, 2002.
8. 이승재외 2명, 라텍스 콘크리트의 교면포장 적용, 한국도로학회, 포장공학회지 제2권 제1호, 2000.
9. 이채규, LMC 교면포장공법의 활용, 한국구조물진단학회, 학회지 제8권 제3호, 2004.
10. Kuhlman, L. A., Test Method for Measuring the Bond Strength of Latex-Modified Concrete and Mortar, ACI Materials Journal, V. 87, No. 4, 1990.
11. Ohama, Y., Principle of Latex Modification and Some typical Properties of LMC, ACI Material Journal, Vol. 84, No. 6, Nov.-Dec. 1987, pp. 511-518