

콘크리트의 형상비 및 온도변화에 따른 부착강도 특성평가

Evaluation of Bond Strength Properties with Changing the Aspect Ratio and Temperature of Concrete

김현석	Kim, Hyun Seok	정회원 · (주)한국건설품질시험연구원 R&D연구실 부장 (E-mail : glower1@naver.com)
정원경	Jung, Won Kyong	정회원 · (주)한국건설품질시험연구원 대표이사 (E-mail : wonkyong@hanmail.net)
오한진	Oh, Han Jin	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 박사후연수자 · 교신저자 (E-mail : ohj85@ex.co.kr)
박준영	Park, Jun Young	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원 (E-mail : parkjevel@ex.co.kr)
김형배	Kim, Hyung Bae	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : kimhyun3@ex.co.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The main purpose of this study is suggest of field bond strength evaluation method for more objective evaluation method through Evaluation of Bond Strength Properties with changing aspect ratio and temperature.

METHODS : The evaluation is laboratory bond strength test. Using the core machine, the pull-off test method ; the bond strength test of interface layer the universal testing machine.

RESULTS : As a result of the laboratory bond strength evaluation, it was verified that the bond strength by aspect ratio decreases linearly with increasing aspect ratio and the bond strength properties by temperature change existed at high and low temperature condition relative to ordinary temperature condition.

CONCLUSIONS : According to the results of laboratory bond strength evaluation, the field bond strength evaluation results suggest applying the proposed correction factor (0.8, 1.0, 1.4, 1.9) according to aspect ratio(0.5, 0.1, 1.5, 2.0). For more objective evaluation of the bond strength, it is analyzed that the evaluation value is within 6 ~ 32℃ and the result can be obtained within 5% of the coefficient of variation.

Keywords

Bond Strength, Aspect Ratio, Boring Depth Ratio, Correction Factor, Temperature Property

Corresponding Author : Oh, Han Jin
Korea Expressway Corporation Research Institute, 208-96,
922beon-gil, Dongbudae-ro, Wondgok-myeon, Hwaseong-si,
Gyeonggi-do, 18489, Korea
Tel : +82.31.8098.6273 Fax : +82.31.8098.6279
E-mail : ohj85@ex.co.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Feb. 22, 2018 Revised Feb. 22, 2018 Accepted May. 28, 2018

1. 서론

노후 콘크리트의 보수 방법에는 교량상판의 덧씌우기 나 노후된 도로의 보수처럼 바닥판 또는 기존 콘크리트를 보호함과 동시에 공용기간 중 콘크리트의 내구성 증

진을 위하여 복합 구조체로 형성된 접착식 콘크리트 덧 씌우기 포장에 일반적으로 사용되고 있으며, 이와 같은 복합 구조체는 신·구 콘크리트 간 부착력에 따라 공용 중 차량 및 환경하중 하에서 일체화된 역학적 거동과 장

기공용성 확보에 커다란 영향을 받게 된다. 이처럼 공용성 확보를 위한 중요인자인 부착강도를 평가하는 대표적인 시험방법으로는 쪼갬인장시험, 경사전단시험, 직접인발(Pull-out)시험 및 니플 파이프 직접인장시험 등 다양한 시험방법으로 사용되고 있으나, 실내시험에 국한된다는 한계성을 지니고 있어 실내 및 현장평가에 동시 적용이 가능한 직접인발(Pull-out) 시험법이 가장 널리 사용되고 있다. 직접인발(Pull-out) 시험의 실내 부착강도 평가의 경우 KS F 2762 「콘크리트 보수보호재의 접착 강도 시험방법」을 준용하고 있으나, 현장 부착강도 평가의 경우는 유일하게 한국도로공사에서 시행하고 있는 품질성능평가(QPT)에 의거하여 시행되고 있다. 실내 부착강도 시험에서는 규정된 밀판과 시험체를 사용할 경우 형상비(포설두께/코어직경)를 일정하게 유지하여 정량적 평가를 할 수 있으나, 구조물에 대한 유지보수공사 시 열화정도 및 구조물 특성 상 포설두께를 전 구간에 걸쳐 일정하게 유지할 수 없어 현장 부착강도 평가 시 실내와 달리 형상비를 일정하게 유지하는 것이 어려운 실정이다. 압축 및 인장강도의 경우 많은 연구를 통하여 시편의 형상비에 따른 강도변화와 이를 보정하기 위한 보정계수가 제안되어 사용되고 있으나 현장 부착강도의 경우 형상비의 편차가 압축 및 인장강도 시편보다 매우 큼에도 불구하고 현장 부착강도 시편의 형상비 차이에 따른 영향을 고려하지 못하고 있는 실정이다. 또한, 부착강도를 평가함에 있어 성능에 영향을 미치는 인자 즉, 시공적 요인, 재료적 요인 등 다양한 연구가 진행되고 있으나, 이에 바탕이 되어야 할 평가기준(환경적 요인)에 있어서는 다소 불명확하다.

따라서 본 연구에서는 압축 및 인장강도에서와 같이 형상비가 부착강도에 미치는 영향을 분석하고자 다양한 조건하의 부착강도 시험을 실시하여 형상비에 따른 보정계수를 제안하고, 더불어 부착강도 평가 시 측정결과에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인 중 온도변화에 의해 발생하는 콘크리트의 수축 및 팽창에 따른 부착강도 특성을 평가하고자 하였다.

2. 국내·외 부착강도 평가기준 및 평가방법

2.1 국외 부착강도 평가기준

현재 콘크리트 포장에 있어 부착강도의 중요성은 이미 입증된 사실이며 이에 따라 국내·외 각 해당기관에서는 부착강도의 최소 필요강도를 제시하고 있다. 미국에서는 Table 1에서 알 수 있듯이 ACPA(American

Concrete Paving Association : 콘크리트포장에 관한 시방서)를 통해 일괄적으로 1.4MPa 이상의 부착강도 기준을 제시하고 있으며, 해당 주 교통국 별로 차등된 기준을 제시하고 있다. 캐나다 및 스웨덴에서는 미국과는 달리 보다 낮은 수준의 0.8MPa와 0.9MPa를 기준으로 제시하고 있으나 많은 관련논문에서 1.4MPa 이상의 부착력을 일반적인 신·구 콘크리트의 부착강도 기준으로 제안하고 있다.

Table 1. Bond Strength of Foreign Standard

	Type	Bond strength standard	Test method
USA	ACPA, 2008	≥1.4MPa	Pull-out
	Virginia	≥1.0MPa	Pull-out
	Washington Florida ect	≥6.9MPa	Slant shear
	FHWA	≥2.1MPa ≥1.4MPa	
Canada	Stark and Polyzois	≥0.9MPa	
Sweden	Road Administration	≥0.8MPa	

2.2. 국내 부착강도 평가기준

국내 콘크리트 포장의 부착강도 기준은 크게 한국도로공사의 고속도로 적용기준과 국토해양부의 국도 및 지방도 적용기준으로 구분된다. 한국도로공사는 Table 2에서 알 수 있듯이 ‘고속도로공사 전문시방서’를 통해 시공 후 교통개방시점을 기준으로 1.4MPa 이상을 제시하고 있고, 국토교통부는 ‘도로공사 표준시방서’를 통해 1.0MPa 이상을 기준으로 하고 있다. 또한 최근 한국도로공사는 ‘2014년 품질성능평가(QPI)’ 규정을 통하여 콘크리트계 교면포장 시 1.4MPa 이상과 단면보수 시 1.0MPa 이상의 구분된 기준을 바탕으로 엄격한 품질관리를 시행하고 있다.

Table 2. Bond Strength of Korean Standard

Type	Bond strength standard	Note
Korea Expressway Corporation	≥1.4MPa	Bonded concrete overlay
Ministry of Land Infrastructure and Transport	≥1.0MPa	Bonded concrete overlay
Quality Performance Index (Korea Expressway Corporation)	≥1.4MPa ≥1.0MPa	Bridge-deck repaired concrete

2.3. 부착강도 평가방법

신·구 콘크리트의 부착강도 측정 시험방법에는 KS규정 또는 연구자들이 제안한 방법 등 다양한 측정법들이 사용되고 있다. 대표적으로는 쪼갬인장시험, 경사전단시험, 직접인발(Pull-out)시험 등이 있으나 현재 가장 널리 적용되고 있는 시험방법으로는 현장에서 직접 측정할 수 있는 방법인 코어 직접인발 시험법(Core pull-off test)이 대표적이며, 일부 실내 연구용으로 경사전단 시험법(Slant Shear Test) 및 니플 파이프 직접인장 시험법(Direct tensile bond test with nipple pipe) 등이 시행되고 있다.

코어 직접인발 시험은 콘크리트 슬래브의 표면 레이턴스를 완전히 제거하고 코어드릴을 이용하여 절삭을 통한 시험체를 분리함으로써 코어 축방향 인발에 의해 부착강도를 측정하는 방법으로 공용 중 또는 시공된 현장에서 직접인발력에 의해 신·구 콘크리트간 부착력을 평가할 수 있는 장점이 있다.

경사전단 시험은 원통형 또는 각주 형태의 시험체를 사용하며, 세로 또는 하중 축에 대하여 30°의 경사진 신·구 콘크리트 부착면을 가진 복합시험체를 이용하여 부착강도를 측정하는 방법으로 실내에서 압축력에 의해 경사면에 대한 접합상태를 간접적으로 평가할 수 있는 방법이다.

니플 파이프 직접인장 시험은 니플 파이프에 구 콘크리트를 타설하고, 동일한 규격의 니플 파이프를 덧대어 신 콘크리트를 타설함으로써 두 개의 니플 파이프가 맞닿은 면 즉, 신·구 콘크리트의 계면에서 인장 부착강도를 측정하는 방법으로, 공시체와 니플 파이프를 예폭시로 접합시킴으로써 경계면에 인장력이 집중되어 정량적인 부착강도 평가가 가능한 시험방법이다.

본 연구에서는 실내 및 현장 부착강도 평가를 함께 있어 동일한 시험법을 적용하기 위하여 실내 및 현장평가에 동시적용 가능한 코어 직접인발 시험법을 채택하였으며, 그에 따른 시험규정은 Table 3과 같이 KS규격에 의거하여 평가를 시행하였다.

Table 3. Test Conditions of Laboratory Bond Strength Evaluation

Type	Overlay think (mm)	Disk(mm)		Rate of loading (MPa/s)	Boring depth (mm)
		Diameter	Thick		
KS F 2762	50.0	50±0.5	min 25	0.05±0.01	15.0±5.0

2.4. 국내 연구 동향

압축강도 및 직접인장강도의 경우 크기 및 형상비 효과에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 활발히 수행되었으며, 압축강도의 경우 높이/직경비의 영향에 따른 강도비의 경향은 강도수준에 따라 그 차이가 있으며, 콘크리트가 고강도화 될수록, 즉 상대적인 균질도가 높을수록 동일한 크기 및 형상의 시편에 대해서 높이/직경비의 영향이 작게 나타나 강도 수준별로 보정계수를 구분하여 규정할 필요가 있다고 보고 되었으며(김희성 등, 1999), 직접인장강도의 경우 공시체의 형상비가 증가함에 따라 선형으로 감소하며, 압축강도에 비해 크기에 따른 효과가 더 크게 나타남에 따라 공시체의 형상비 효과를 고려하는 보정계수를 적용하여야 한다고 보고되었다(홍건호 등, 2003). 이와 같은 연구결과는 균질한 품질 성능이 형상비가 증가함에 따라 골재집중 및 취약부 형성으로 인한 결과로 기준 크기에 비해 상대적으로 성능이 저하됨을 제시하고 있으며, 그에 따른 보정계수를 적용하여야 함을 제안하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 유사 연구를 바탕으로 부착강도 평가를 함에 있어 형상

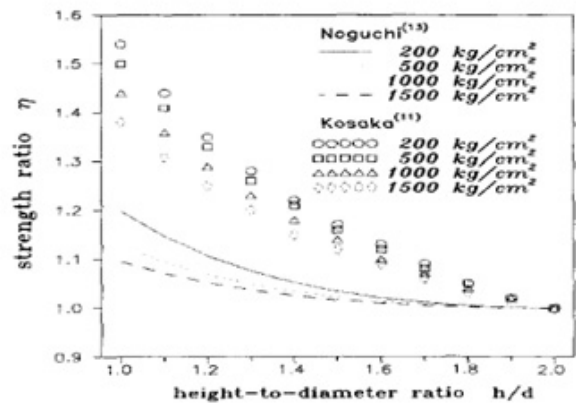


Fig. 1 Result of Compressive Strength Evaluation by Aspect Ratio (Kim et al., 1999)

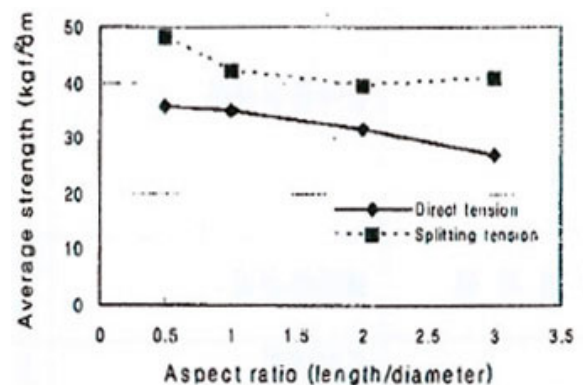


Fig. 2 Result of Direct Tensile Strength Evaluation by Aspect Ratio (Hong, 2003)

비에 따른 영향을 검토하여 보다 정량적인 평가를 위한 보정계수 적용을 제시하고자 하였다.

3. 단면변화에 따른 부착성능 평가

3.1. 시험변수 선정

단면변화에 따른 부착성능을 평가하기 위한 영향인자는 포설두께와 천공깊이 변수로 선정하였으며, 이에 따른 시험변수는 Table 4와 같이 포설두께의 경우 40mm, 60mm, 90mm, 천공깊이의 경우 10mm, 30mm, 60mm으로 선정하여 실내 부착강도 평가를 시행하였다. 본 연구에서 언급한 형상비는 Fig. 3과 같이 콘크리트 코어의 포설두께/직경 비, 천공비는 신·구 콘크리트 경계면에서 부터의 천공깊이/직경 비로 적용하여 분석하였다.

Table 4. Test Variables of Laboratory Bond Strength Evaluation

Type	Overlay thickness (mm)	Boring depth (mm)	Total variables
Laboratory bond strength evaluation	40, 60, 90	10, 30, 60	9

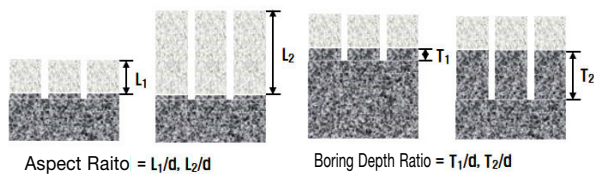


Fig. 3 Aspect Ratio(A.R) and Boring Depth Ratio(B.R)

3.2. 실내 부착강도 평가결과

각 시험변수에 따른 실내 부착강도 평가결과 Table 5에서 알 수 있듯이 형상비가 증가함에 따라 부착성능은 저하되는 것으로 평가되었으며, 천공비의 경우는 시험변수에 따른 뚜렷한 경향이 없는 것으로 평가되었다.

Table 5. Result of Laboratory Bond Loads Evaluation for Each Test Variables

Type	Boring depth 10mm			Boring depth 30mm			Boring depth 60mm			Aver
	A.R	B.R	Load (kN)	A.R	B.R	Load (kN)	A.R	B.R	Load (kN)	
40mm	0.92	0.23	5.36	0.92	0.69	4.92	0.92	1.39	4.17	4.82
60mm	1.39	0.23	4.63	1.39	0.69	4.80	1.39	1.39	3.98	4.47
90mm	2.08	0.23	3.09	2.08	0.69	4.32	2.08	1.39	3.87	3.76

본 연구에서의 결과만으로 보다 자세히 살펴보면 형상

비 변수에 따른 부착강도 평가결과는 Table 6과 Fig. 4에서 알 수 있듯이 0.92(100%)>1.39(92.8%)>3.76(78.1%) 순으로 부착성능을 나타내었으며, '-0.9224'의 기울기와 상관계수 'R²=0.9929'로 통계 분석 되었다. 이와 같은 결과는 형상비가 증가함에 따라 콘크리트 타설 후 높이방향에 대해 중량골재가 상대적으로 하부로 집중되면서 조성물 분포의 비균등으로 인해 균일하지 못한 품질성능이 형성됨에 기인한 결과로 판단된다.

Table 6. Result of Laboratory Bond Loads Evaluation by Aspect Ratio(1)

Type	Breaking load (kN)			
	B.R (0.23)	B.R (0.69)	B.R (1.39)	Aver.
A.R (0.92)	5.36	4.92	4.17	4.82 (100%)
A.R (1.39)	4.63	4.80	3.98	4.47 (92.8%)
A.R (2.08)	3.09	4.32	3.87	3.76 (78.1%)

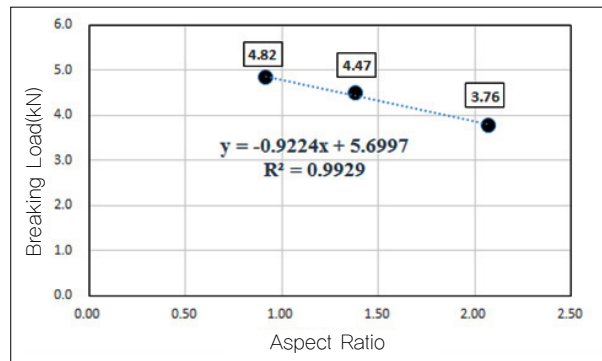


Fig. 4 Result of Laboratory Bond Loads Evaluation by Aspect Ratio(2)

천공비 변수에 따른 부착강도 평가결과는 형상비가 0.92일 때 천공비가 증가함에 따라 부착성능이 저하되는 것으로 분석되었고, 형상비가 1.39, 2.08일 경우는 형상비의 증가함에 따라 부착성능이 증대 후 감소되는 것으로 분석되었다. 현장 부착강도 평가결과와 동일하게 천공비에 따른 부착성능은 일정한 경향이 없는 것으로 평가되었다.

4. 형상비 효과 재검증 및 보정계수 제안

4.1. 형상비 효과 재검증

본 연구에서는 앞서 언급한 실내 부착강도 평가를 분

석함에 있어 시험변수간 부착파괴하중의 변화가 형상비만의 영향이 아닌 콘크리트 재료 특성에 기인한 결과일 가능성을 고려하여 형상비 효과 재검증을 위하여 신·구 콘크리트간 경계면 부착을 콘크리트 자체 접착이 아닌 접착제를 사용한 부착상태 묘사를 통하여 콘크리트의 재료특성에 의한 영향 유무를 확인하고자 하였다. 이에 따른 시험변수는 Table 7과 같이 에폭시 계열의 접착제 (Devcon)를 사용하여 경계면 부착을 묘사하였고, 형상비는 0.69(30mm), 1.38(60mm), 2.07(90mm)로 선정하여 평가를 시행하였다. Fig. 5는 형상비 효과 재검증을 위한 시험절차를 나타낸 것이다.

Table 7. Test Variables for Revalidation of Aspect Ratio Effect

Type	Bond condition	Aspect ratio
Laboratory bond strength evaluation	Glue on epoxy series	0.69 (30mm) 1.38 (60mm) 2.07 (90mm)



Fig. 5 Revalidation of Aspect Ratio Effect

4.2. 형상비 효과 재검증 평가결과

Table 8에서 알 수 있듯이 접착제를 통한 신·구 콘크리트의 부착조건 상에서의 부착성능 평가결과 앞서 언급된 실내 부착강도 평가결과와 동일하게 형상비가 증가함에 따라 부착성능은 저하되는 것으로 평가되었다. 보다 자세히 살펴보면 Fig. 6에서 나타내었듯이 형상비 0.69(100%) > 1.38(54.3%) > 2.07(37.5%) 순으로 부착성능이 저하되었으며, 이는 '-1.0754'의 기울기와 상관관계수 'R²=0.9336'로 통계분석되었다.

Table 8. Result of Bond Strength Evaluation by Aspect Ratio(1)

Type	A.R (0.69)-30mm			A.R (1.38)-60mm			A.R (2.07)-90mm		
	Diameter (mm)	Load (kN)	Strength (MPa)	Diameter (mm)	Load (kN)	Strength (MPa)	Diameter (mm)	Load (kN)	Strength (MPa)
#1	43.4	3.03	2.05	43.4	1.62	1.10	43.4	1.14	0.77
#2	43.4	4.95	3.35	43.4	1.95	1.32	43.4	1.74	1.18
#3	43.4	2.58	1.74	43.4	2.16	1.46	43.4	1.08	0.73
Aver		3.52	2.38		1.91	1.29		1.32	0.89

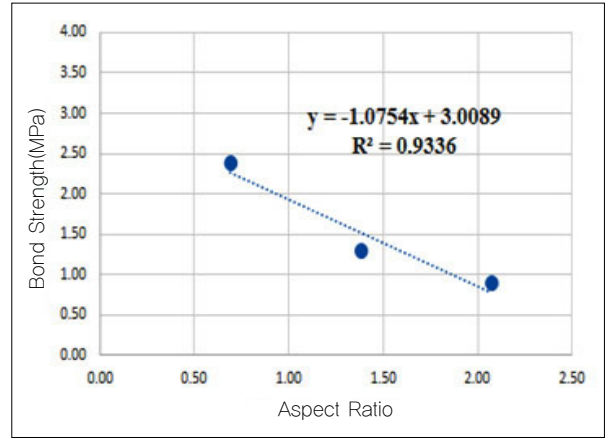


Fig. 6 Result of Bond Strength Evaluation by Aspect Ratio(2)

이와 같은 결과를 바탕으로 실내평가 및 재검증 평가 결과 모두 형상비가 증가함에 따라 부착성능은 감소되는 것으로 평가되었으며, 본 연구에서의 결과만으로 살펴보면 압축강도 및 직접인장강도와 같이 형상비에 따른 구분된 기준 적용이 필요하다고 판단된다.

4.3. 형상비 효과에 따른 보정계수 제안

4.3.1. 개요

본 연구에서는 형상비에 따른 부착성능 평가결과를 바탕으로 부착강도 평가를 함에 있어 현장여건상 포설두께가 다변화되는 실정을 고려하여 실내시험을 통한 보정계수 제안을 통하여 보다 객관적인 현장 평가방법을 제안하고자 하였으며, 이에 따른 시험변수는 실내 부착강도 시험방법에 의거, 포설두께 50mm에 해당하는 형상비를 기준 형상비 '1.0'으로 선정하여 형상비 0.5, 1.5, 2.0의 변수를 적용하여 평가를 시행하였다. 평가결과에 의거 보정계수를 적용한 결과값은 "f_b = α × f_{b, test}" 수식을 이용하여 산출하고자 하였다. Fig. 7은 보정계수 제안을 위한 부착강도 시험절차를 나타낸 것이다.

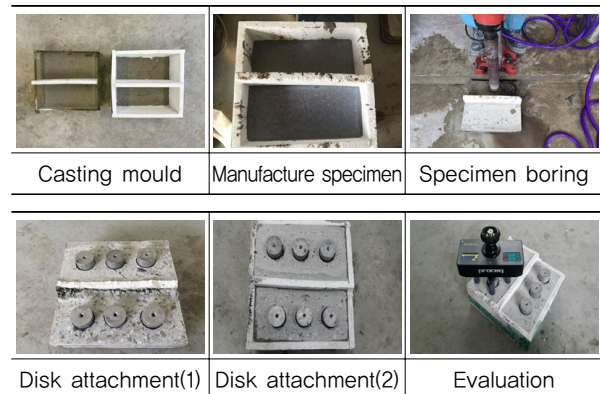


Fig. 7 Bond Strength Test Procedure for Suggestion of Correction Factor

4.3.2. 형상비 효과에 따른 부착강도 평가결과

각 시험변수에 따른 부착강도 평가결과 Table 9와 Fig. 8에서 알 수 있듯이 형상비가 증가함에 따라 부착 성능은 저하되는 것으로 평가되었다. 보다 자세히 살펴 보면 형상비 0.5 > 1.0 > 1.5 > 2.0 순으로 선형적으로 감소하는 것으로 분석되었으며, 결과값에 따른 변동계수는 형상비 2.0을 제외한 타변수에서는 10% 이내로 신뢰도 높은 결과를 나타내었다고 판단된다.

Table 9. Result of Bond Strength Evaluation by Aspect Ratio(1)

Type	AR (0.5)		AR (1.0)		AR (1.5)		AR (2.0)	
	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)
#1	0.49	2.83	0.97	2.08	1.55	1.72	1.96	1.10
#2	0.49	3.15	0.96	2.46	1.50	1.72	1.99	1.49
#3	0.50	2.96	0.93	2.40	1.55	1.46	1.97	1.05
aver.	0.49	2.98	0.95	2.31	1.53	1.63	1.97	1.21
Variance	0.03		0.04		0.02		0.06	
Coefficient of variation	5%		9%		9%		20%	

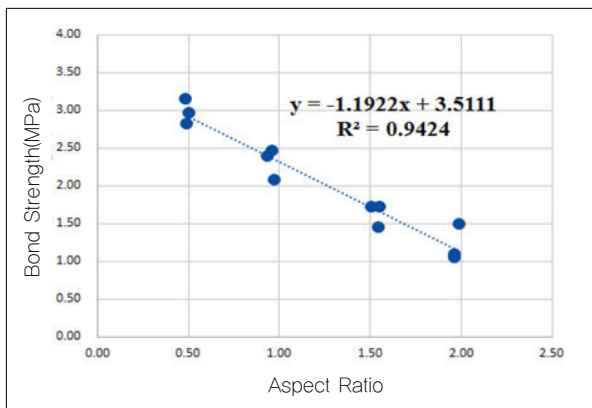


Fig. 8 Result of Bond Strength Evaluation by Aspect Ratio(1)

4.3.3. 보정계수 제안

본 연구에서는 형상비 효과에 따른 부착강도 평가결과를 바탕으로 Table 10과 같이 상관성에 따른 보정계수 제안을 하고자 하였다. 본 연구에서의 결과만으로 살펴보면 형상비 0.5 → 1.0 → 1.5로 변화함에 따라 약 30%의 등비율로 부착성능이 저하되는 것으로 분석되었으나, 1.5 → 2.0으로 변화 시에는 약 18%의 저하를 나타내었다. 이는 형상비의 일정수준 이상으로 증대 시 콘크리트 자체 품질의 균질성 확보가 어렵다는 것으로 판단되며, 형상비에 따른 보정계수의 적용 범위는

0.5~2.0으로 제안하고자 하였다. 이에 따라 제안된 형상비 이외의 값은 직선 보간법을 적용함을 제안하며, 기준 형상비 1.0은 1.00의 보정계수를, 형상비 0.5의 경우는 0.78, 형상비 1.5의 경우는 1.42, 형상비 2.0의 경우는 1.91의 보정계수를 적용함을 제안하고자 한다.

Table 10. Suggestion of Correction Factor by Aspect Ratio

Type	AR (0.5)		AR (1.0)		AR (1.5)		AR (2.0)	
	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)	A.R	Strength (MPa)
#1	0.49	2.83	0.97	2.08	1.55	1.72	1.96	1.10
#2	0.49	3.15	0.96	2.46	1.50	1.72	1.99	1.49
#3	0.50	2.96	0.93	2.40	1.55	1.46	1.97	1.05
aver.	0.49	2.98	0.95	2.31	1.53	1.63	1.97	1.21
Relevance ratio	128.8%		100.0%		70.6%		52.4%	
Correction factor	0.78(0.8)		1.00(1.0)		1.42(1.4)		1.91(1.9)	

5. 온도변화에 따른 부착강도 특성 평가

5.1. 개요

본 연구에서는 부착강도 평가 시 측정결과에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인 중 온도변화에 의해 발생하는 콘크리트의 수축 및 팽창에 따른 부착강도 특성을 평가하고자 하였으며, 이를 바탕으로 콘크리트 교면포장의 객관적 품질확인 방안의 개선안을 마련하고자 하였다.

5.2. 시험방법

부착강도의 평가방법은 실내 및 현장에서 동시 적용 가능한 KS F 2762 『콘크리트 보수·보호재의 접착강도 시험방법』에 의거하여 시험을 진행하였으며, 환경적 요인인 온도변화를 모사하기 위하여 Table 11과 같이 상온 조건(18.1℃, 19.7℃) 대비 저온조건(동절기)은 -4.2℃, 고온조건(하절기)은 37.2℃에서 부착강도 평가를 시행하였으며, 각 변수별 5공씩 측정하였다. Fig. 9와 같이 각 변수별 부착강도 평가 시의 온도는 부착시험 공시체 성형 시 'I-button'을 신·구 콘크리트 간의 경계면에 매립하여 측정하였으며, 부착강도 측정 시의 온도를 기록하였다.

덧씌우기 층의 사용재료는 Table 12와 같이 시멘트는 초속경 계열을 사용하였으며, 라텍스는 바인더 대비 15%혼입, W/C 38%의 물성으로 공시체를 제작하였다.

Table 11. Test Variables for Bond Strength Evaluation by Temperature Changes

Type	Measuring temperature
High temperature	37.2°C
Ordinary temperature	18.1, 19.7°C
Low temperature	-4.2°C

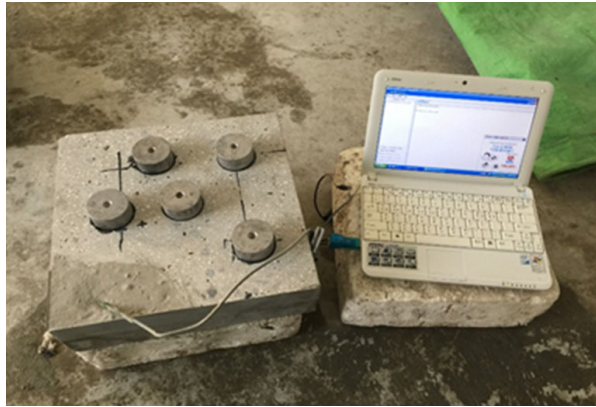


Fig. 9 Measuring Temperature

Table 12. Specific Mix Design

Type	Slump (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unitary quantity(kg/m³)				
					W	C	S	G	L
Ref.	120	5	24	100	240	1,000	1,500	-	100
Over lay	160 ~220	3~6	38	55	76	360	906	787	115

5.3. 시험결과

온도변화에 따른 부착강도 시험 결과 Table 13과 같이 고온조건의 경우 상온조건 대비 89.4% 수준으로 부착강도 발현이 저하되었음을 확인하였고, 저온조건의 경우 상온조건 대비 82.8% 수준으로 강도발현이 저하되었음을 확인하였다. 이를 종합해 보면, 부착강도를 평가함에 있어 상온조건 대비 고온 및 저온조건일 경우 부착강도 측정값의 변동성이 존재함을 알 수 있고, 특히 저온조건일 경우 고온조건 시 보다 변동성이 더 커질 수 있음으로 분석되었다. 이와 같은 결과를 바탕으로 콘크리트 포장의 정착식 덧씌우기 보수에 있어 신·구 콘크리트 간 부착강도는 온도변화에 따라 그 특성이 변화됨을 확인하였으며, 특히 고온과 저온 조건에서는 콘크리트 부착강도가 저하되는 불리한 조건임을 확인하였다.

또한, Table 14에서 나타내었듯이 추세분석을 통한 결과, 부착강도 평가 시에는 6~32°C 범위내에서 평가를 시행하여야 변동계수 5% 이내의 결과값을 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 본 연구에서의 평가 결과는 제

한적 변수에 의한 결과로 부족한 부분이 존재하기에 향후 연구를 통하여 보다 다양한 온도변화 조건에서 부착강도 평가를 시행하여 명확한 상관성 고찰이 필요하다고 판단된다.

Table 13. Bond Strength Depending on Temperature Type

Type	Measuring temperature	Bond strength(MPa)					Aver	
		#1	#2	#3	#4	#5		
1	High	37.2°C	2.66	2.64	2.98	2.75	2.98	2.80
2	Ordinary	18.1°C	3.27	3.1	3.16	3.38	3.18	3.22
3		19.7°C	2.87	3.12	3.35	3.23	3.1	3.13
4	Low	-4.2°C	2.55	3.25	3.02	2.26	2.24	2.66

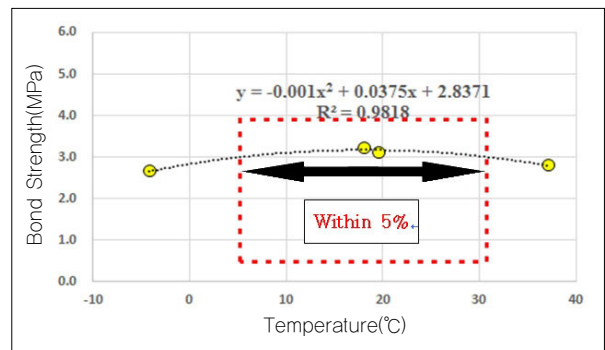


Fig. 10 Result of Bond Strength Evaluation

Table 14. Analysis by Trend Formula

Temperature(°C)	-10	-5	0	5	6	10	15	20	25	30	32	35	40	45
Bond strength (MPa)	2,362	2,625	2,837	2,999	3,026	3,112	3,175	3,187	3,150	3,062	3,013	2,925	2,737	2,500
Ratio (%)	74.11	82.35	89.02	94.12	94.95	97.65	99.61	100	98.82	96.08	94.54	91.76	85.88	78.43

6. 결론

본 연구에서는 실내 부착강도 시험방법과는 달리 현장 부착강도 시험방법은 KS규격과 같은 명확한 규정 및 매뉴얼의 부재로 다변화되는 현장여건을 반영하지 않고 평가되고 있는 실정에 따라 보다 객관적인 현장 부착강도 시험방법 마련을 위한 보정계수 적용을 제안하고자 하였으며, 또한 환경적 요인인 온도변화에 따른 부착강도 특성을 평가하고자 하였다. 그에 따른 분석결과는 다음과 같다.

1. 실내 부착강도 시험을 통하여 기존 연구 사례의 압축

강도 및 직접인장강도와 같이 부착강도 또한 형상비 증가에 따라 부착성능은 저하되는 것으로 확인하였다.

2. 실내 부착강도 평가결과 형상비 0.92 → 2.08 증가 시 부착파괴하중은 약 78% 수준으로 저하되는 경향을 나타내었고, 천공비에 의한 부착파괴하중은 현장 평가결과와 동일하게 특별한 경향이 없는 것으로 분석되었다.
3. 형상비 효과 재검증 평가결과 형상비의 증가에 따라 부착강도는 선형적으로 저하됨을 확인하였고, 이는 콘크리트의 형상비가 증대됨에 따라 취약부의 발생 확률이 증가됨에 기인한 결과라고 판단된다.
4. 형상비 변화에 따라 상관성 높은 선형적 변화를 확인하였으며, 형상비 0.5 → 1.5 변화 시 등비율로 부착 성능이 저하됨을 확인하였으며, 형상비 1.5 이상 변화 시 편차 발생으로 인하여 보정계수 적용 시 범위의 확인이 필요하다고 판단된다.
5. 저온조건 및 고온조건하에서의 부착강도 평가는 상온조건 대비 변동성을 가지고 있음을 확인하였으며, 특히 저온조건의 경우 고온조건 시 보다 변동성이 더 커질 수 있음으로 분석되었다.
6. 추세분석을 통한 검토결과 부착강도 평가 시에는 6~32°C 범위내에서 평가를 시행하여야 변동계수 5% 이내의 결과값을 얻을 수 있는 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 2016년 한국도로공사 도로교통연구원의 연구비 지원(계약번호 제 2016118310220036호)에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- American Concrete Pavement Association (2008). *Guide to concrete overlays: Sustainable for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavement*, Second Edition, ACPA Publication TB021.02P.
- Hong, G. H. (2003). Effect of Aspect Ratio in Direct Tensile Strength of Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.15 No.2. pp.246-253 (in Korean).
- Jang, H. K., Hong, C. W., Jeong, W. K., Lee, B. H. and Yun, K. K. (2002). Proposal of bond strength evaluation method for bridge deck overlay, Korea Concrete Institute, *Journal of 2002 Spring Conference*, pp.349-354 (in Korean).
- Kim, H. S., Jin, C. S., Eo, S. H. (1999). Size Effect of Compressive Strength of Concrete for the Cylindrical Specimens Considering Strength Level, *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.12 No.2 (in Korean).
- Kim, S. W., Jeong, W. K., Jang, H. K., Kim, K. H. and Yun, K. K. (2002). Appropriate Method of Concrete Pull-out Test for Measure Bond Strength between New and Existing Concrete. Korean Society of Road Engineers, *Journal of 2002 autumn Conference*, pp.133-138 (in Korean).
- Yun, K. K., Lee, J. H., Choi, S. L. and Kim, K. H. (2001). Bond Strength Properties of Latex Modified Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.13 No.5. pp.507-515 (in Korean).