폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트 분절 복합체의 정하중 및 충격하중에서의 거동 평가

Behaviors of Concrete Segmented Composites Using Polymer Mortar Under Static and Impact Loadings

민 경 환¹⁾ 이 진 영²⁾ 김 미 혜³⁾ 윤 영 수^{4)*}
Min, Kyung Hwan Lee, Jin Young Kim, Mi Hye Yoon, Young Soo

Abstract

In this study, an impact resistance of concrete segmented composites adopted shell's structures which have the excellent impact resistance was assessed. In order to enhance the performances of concrete segmented composite, the bond strength of mortar between the concrete blocks should be improved. Hence, in this study polymer mortars were applied to increase the bond strength of mortar. From the results of bond tests, the 15% latex mortar was selected and static and low-velocity impact tests were carried out for the specimens applied the plain and latex mortar. The concrete segmented composites, of which the bond strength of mortar was enhanced, showed improved low-velocity impact resistances. A Nonlinear finite element analysis using the discrete crack model showed similar energy dissipating capacities to the impact test's results. Consequently, by improving the analysis models for segmented composites, the impact resistances for manifold variables can be predicted and assessed.

Keywords : Impact loading, Concrete segmented composite, Polymer mortar, Finite element analysis, Discrete crack model

1. 서 론

공학자들은 종종 구조물의 성능을 향상시키기 위해 생체 재료(biomaterial)의 구조에서 힌트를 얻는 경우가 있다(Gao *et al.*, 2003; Luz and Mano, 2009). Fig. 1과 같이 얇은 요소들이 생체적인 접착제에 의해서 겹겹이 쌓여 층 구조를 이루는 조개껍데기는 정하중 및 충격하중에 대하여 뛰어난 저항 성능을 보이는 것으로 알려져 있다(Gilbert *et al.*, 2005; Katti *et al.*, 2001; Menig *et al.*, 2000).

이러한 다양한 적층 구조의 복합재료는 두 개의 서로 다른 매질이 적층되면서, 단일 재료의 경우보다 충격, 완화 효율이 극대화될 것이라 판단된다. 최근에는 지진 하중보다 빠른 충격이나 폭발하중에 대해서도 구조물의 저항 성능이 요구되고 있는 추세이다. 하지만 국내에서는 고속 충격하중이나 폭발하중 등에 대한 실험적 연구가 민간에서는 수행되기가 매우 어렵고, 특히 건설 재료 부분

에 대해서는 저속 충격하중에 대해서 제한적으로 이루어지고 있다.

이에 본 연구에서는 콘크리트 분절 복합체(segmented composites)의 충격 하중에 대한 저항성능 향상을 위하여 폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트 블록 구조물의 정하중 및 저속 충격하중 실험을 실시하였다(김윤희 등, 2009; 윤영수 등, 2008).

복합구조에 있어서 모르타르는 콘크리트 블록을 서로

Fig. 1 Brick and mortar microstructure of nacre (Menig *et al.*, 2000)

1) 학생회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 박사과정
2) 학생회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 석사과정
3) 학생회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 석사과정
4) 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 교수

* Corresponding author : ysyoon@korea.ac.kr 02-3290-3320

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

접착시킴으로써 저항성능을 발휘하는 가장 중요한 요소이다. 본 연구에 있어 분절 복합체의 외부 하중에 대한 저항성능을 크게 하기 위해서는 강한 접착력과 전단저항력을 필요로 하기 때문에 일반적인 모르타르 배합에 폴리머를 혼합하여 뛰어난 성능의 모르타르를 얻고자 실험을 진행하였다(김관호 등, 2002; 김완기, 조영국, 2007; 박상순, 김정흠, 2010; 이문환, 송태협, 2007; 조병완 등, 2004). 즉 라텍스와 아크릴 에폭시 폴리머를 사용한 모르타르의 부착 및 전단저항력을 평가하였으며, 일반 강도의 콘크리트 블록으로 가장 우수한 성능을 보인 모르타르를 이용하여 층 구조의 보를 제작하였다. 보는 세그먼트의 구성에 따라 1방향과 2방향으로 구분하여 방향성에 따른 저항성능을 평가하였다.

2. 폴리머 모르타르의 성능 평가

2.1 모르타르 실험 방법

폴리머는 연성이 좋은 라텍스(latex)와 아크릴(acryl), 강성에 장점이 있는 에폭시(epoxy) 폴리머를 사용하여 폴리머 모르타르를 제작하였다. 라텍스는 스티렌부타디엔 고무(SBR)이고, 아크릴은 스티렌-아크릴산 부틸(St/BA)을 사용하였고, 에폭시 폴리머는 비스페놀 에폭시 수지와 변형 지방족 아민 경화제를 사용하였다. 폴리머는 에멀전 형태를 이용하되, 고형분의 양은 무시하고 액상형으로 가정하여, 전체 에멀전과 물의 합이 시멘트 양의 50%가 되도록 하였다. 기본적인 모르타르의 배합에 따른 변수는 Table 1과 같으며 에멀전 형태의 폴리머를 시멘트 무게의 5%~20%까지 5%씩 함유량을 늘리면서 해당 무게의 배합수를 대체하여 배합을 진행하였다. 20%를 상회할 경우 물 단위량의 40%를 초과하는 양을 대체하게 되므로, 경제성과 작업성을 고려하여 이를 제한하였다.

제작된 모르타르의 부착력을 평가하기 위하여 벽돌을 모르타르로 접착시킨 시험체에 대해서 직접 부착 시험(direct bond test; ASTM C 952-02)과 직접 전단 시험

Table 1 Mixt proportioning variables of mortar (by weight ratio)

Type of mortar	C:S	(W+EM)/C	Portion of polymer
Latex mortar	1:3	0.5	5/10/15/20%
Acryl mortar	1:3	0.5	5/10/15/20%
Epoxy mortar	1:3	0.5	5/10/15/20%

†C-cement(508kg/m³), S-sand, W-water, EM-polymer

Fig. 2 Direct bond and shear tests

험(direct shear test)을 실시하였다. 직접 부착 시험의 경우 Fig. 2의 왼쪽 그림과 같이, KS F 4004에 따라 제작된 190×90×57mm의 콘크리트 블록 2개를 이용하여 서로 다른 방향으로 블록을 배치하고, 두 블록의 사이에 모르타르를 5mm 두께로 부착시켜서 7일간 양생한 후에 실험을 실시하였다.

직접 부착시험은 UTM(universal testing machine)을 이용하여 ASTM C 952-02에 준하도록 0.05kN/sec의 속도로 하중으로 재하하였다. 직접 전단 시험의 경우 Fig. 2의 오른쪽 그림과 같이 콘크리트 블록 2개 사이에 하나의 블록을 50mm의 이격을 두고 배치하여 모르타르로 부착시킨 후 양생하였다(Abbooud *et al.*, 1990; Lourenço *et al.*, 2004). 직접 전단 시험은 7일 재령에서 직접 부착 시험과 동일한 속도로 하중을 재하하였다.

2.2 모르타르 실험 결과

모르타르의 실험의 결과는 Table 2와 같다. 모르타르

Table 2 Summary of results for mortar test (7 days)

Type		Plain mortar	Acryl mortar	Epoxy mortar	Latex mortar
Compressive strength (MPa)	—	24.06	—	—	—
	5%	—	28.17	23.33	20.25
	10%	—	25.36	23.33	27.01
	15%	—	19.14	22.29	29.31
	20%	—	22.76	26.07	27.53
Direct bond strength (MPa)	—	0.43	—	—	—
	5%	—	0.22	0.36	0.23
	10%	—	0.11	0.35	0.40
	15%	—	0.13	0.38	0.57
	20%	—	0.36	0.40	0.56
Direct shear strength (MPa)	—	0.45	—	—	—
	5%	—	0.14	0.69	0.78
	10%	—	0.22	1.10	1.35
	15%	—	0.31	1.49	1.98
	20%	—	0.97	1.89	2.62

의 역학적 성능을 측정하기 위한 시편은 각 배합에 대해 최소 5개의 시편을 제작하였고, 최상위와 최하위 측정치를 제외한 나머지 중간 측정치를 산술평균하였다. 모르타르의 경우 분절복합체의 접착제로 사용되기 때문에 큰 부

Fig. 3 Compressive strength of mortar (7 days)

Fig. 4 Direct bond test results (7 days)

Fig. 5 Direct shear test results (7 days)

작력 및 전단저항성능을 필요로 한다. Table 2에서 볼 수 있듯이 폴리머를 첨가하지 않은 보통 모르타르의 경우 24.06MPa의 압축강도, 0.43MPa의 부착강도, 0.45MPa의 전단강도를 나타내고 있다.

Fig. 3~4에서 볼 수 있듯이 압축강도와 부착강도는 폴리머의 비율이 높아질수록 모두 증가하지 않고, 그 크기가 변동하였다. 또한 Fig. 5에서처럼 전단강도의 경우에는 폴리머의 비율이 증가함에 따라 폴리머를 10% 이상 함유한 배합에서 라텍스를 사용하는 경우가 가장 높은 강도를 보였다. 특히 라텍스를 15%, 20% 함유한 시편의 경우 압축강도, 부착강도, 전단강도에 있어서 일반 모르타르보다 뛰어난 성능을 보이고 있다. 또한 라텍스 20% 배합의 경우 압축강도와 부착강도가 15% 배합에 비해 약간 감소하였다. 또한 폴리머의 양이 15%를 초과하여 사용할 경우 배합과 타설 작업성이 불리하게 되었다. 따라서 이 연구에서는 작업성과 경제성을 고려하여 라텍스 폴리머가 15% 함유된 폴리머 모르타르를 이용하여 분절복합체를 제작, 실험을 진행하였다.

3. 분절 복합체의 정하중 및 충격하중 거동

3.1 실험 방법

분절복합체는 Fig. 6에서 보이는 것과 같이 콘크리트 블록을 이용하여 모르타르로 접착시키는 것을 기본으로 제작하였다. 블록 콘크리트와 일반 모르타르, 15% 라텍

Fig. 6 Shape of concrete segmented composites (unit: mm)

스 모르타르의 배합표는 Table 3과 같다. Table 4와 같이 총 5개의 시험체는 콘크리트 보, 종방향으로만 분절된 1방향 분절 복합체(일반 및 라텍스 모르타르)와 종방향 및 횡방향으로 분절된 2방향 분절 복합체(일반 및 라텍스 모르타르)로 나누어진다(Fig. 6). 콘크리트 보 시험체는 블록 콘크리트와 동일한 배합으로 제작하였다. 보 부재의 크기는 모두 1230×160×290mm로 하였다.

분절 복합체의 경우, 콘크리트 블록을 각 층의 이음새가 엇갈리게 배열하여 5층으로 쌓았고, 블록 사이의 접착제는 일반 모르타르와 앞서 실험에서 가장 좋은 성능을 보였던 라텍스를 15% 함유하고 있는 폴리머 모르타르를 사용하였다. 콘크리트 블록의 크기는 1방향 시험체에서는 300×160×50mm를 기본 크기로 하였고, 콘크리트 블록 이음새의 엇갈린 배열을 고려하여 양쪽 끝부분 블록은 그 크기를 다르게 하여 제작하였다. 2방향 시험체의 두 번째와 네 번째 층의 콘크리트 블록은 1방향 시험체의 블록의 절반 크기로 폭으로 제작하였다.

정하중 실험은 2,700kN의 액추에이터(actuator)로 부재 중앙에 1점 가력하여 3점 재하(지간 1,030mm)로 실험하였다. 저속 충격하중 실험의 시험체는 정하중 실험과 동일하게 5 종류의 시험체에 대해서 수행하였다. 실험은 최대 1000J 용량의 낙하식 충격하중 실험기(drop weight impact test machine)를 이용하여 부재의 중앙에 팁(tip)으로 충격을 가해서 특성을 평가하였다. 정하중 실험과 동일한 지간에 대해 3점 재하 실험을 하였다. 충격하중 실험기는 팁 안의 로드 셀을 이용하여 측정되

고, 추가 낙하할 때 속도계를 통해 추의 속도를 측정한다. 본 실험에서는 33.62kgf(0.330kN)의 추를 0.7m 높이에서 자유낙하시켜 부재의 상면 중앙에 타격하였다.

3.2 정하중 실험 결과

정하중 실험 결과는 Table 5와 같다. 콘크리트 보의 경우 최대 하중 이후에 즉시 파괴되었고, 분절 복합체 부재도 최대 하중 이후에 급격하게 하중이 작아지기 때문에 Table 5에 정리된 변형 에너지(strain energy)는 최대 하중까지만을 비교하였다. 일반 콘크리트 보 부재인 S-NC 부재는 부재 중앙부의 휨균열이 발생 즉시 압축부까지 진전되어 종국 파괴되었다.

분절 복합체인 SL-1SC 부재와 SL-2SC 부재는 Fig. 7과 같이 모르타르가 위치한 부분에서 세 종류의 휨균열이 발생되었고, 모르타르 위치를 따라서 각각 서서히 진행하다가 그 균열이 압축부에 이르러서 종국 파괴되었다. 정하중 실험의 하중-변위 곡선은 Fig. 8~9와 같다. 정하중 하에서는 분절 복합체 부재가 일반 콘크리트 보 부재 보다 낮은 극한하중을 가지는 것으로 나타났다. 이는 분절 복합체의 접착제로 사용된 일반 모르타르의 강도가 콘크리트 블록 강도보다 작고, 모르타르와 콘크리트 사이의 부착력이 작기 때문이다.

그러나 분절 복합체 부재는 극한 하중 이후에 휨 균열이 모르타르를 따라서 진행하면서 종국 파괴 시까지 많은 에너지를 흡수하는 것으로 나타났다. Table 5에 정리된 바와 같이 1방향 부재가 2방향 부재보다 약 4kN 정도 높은 극한하중을 보였고, 최대 하중에서의 변형 에너지는

Table 3 Mix proportions of test specimens

Type	W/C	Unit weight (kg/m ³)				
		W	C	S	G	Polymer emulsion
Concrete (13-30-8)	0.60	350	583	544	667	—
Plain mortar	0.50	254	508	1520	—	—
15% Latex mortar	0.35	178	508	1520	—	76

Table 4 Variables of experimental program

Specimen	Type	Arrange
S-NC, I-NC	Concrete beam	—
S-1SC, I-1SC	Segmented composites (Plain mortar)	1 way
S-2SC, I-2SC	Segmented composites (Plain mortar)	2 way
SL-1SC, IL-1SC	Segmented composites (Latex mortar)	1 way
SL-2SC, IL-2SC	Segmented composites (Latex mortar)	2 way

†1st letter of each specimen: S-static load, I-impact load

Fig. 7 Failure shapes of segmented composite specimens under static load

Fig. 8 Static loading test results of 1-way specimens

Fig. 9 Static loading test results of 2-way specimens

Table 5 Results of static loading tests

	S-NC	S-1SC	S-2SC	SL-1SC	SL-2SC
Max. load (kN)	23.21	15.37	10.93	17.93	13.93
Deflection at max. load (mm)	0.66	0.99	0.86	1.03	0.89
Strain energy to max. load (J)	7.19	5.97	4.8	12.58	9.2

일반 모르타르와 라텍스 모르타르 부재가 각각 19.6%와 26.9% 증가하였다. 같은 구조의 복합 분절체 구조에 대해서는 라텍스 모르타르를 사용하는 경우가 일반 모르타르를 사용하는 경우에 비해 극한 하중은 2~3kN, 최대하중까지의 변형 에너지는 약 50% 증가하였다.

극한 하중까지의 변형 에너지는 SL-1SC 부재가 SL-2SC 부재보다 27% 정도 더 크게 나타났다. 반면 SL-1SC 부재는 극한 하중 이후에 급격하게 하중이 감소하면서 파괴되어 총 변형 에너지는 SL-2SC 부재가 SL-1SC 부재보다 더 큰 것으로 나타났다. Fig. 8~9를 살펴보면 라텍스 모르타르를 이용해서 제작한 부재의 극한하중이 일반 모르타르를 사용한 부재와 비교하여 미세한 증가를 보이고 있다. 이는 부착력과 전단력이 뛰어난 모르타르를 사용했을 경우 분절복합체의 성능에도 약간의 향상이 있음을 나타내고 있다.

3.3 충격하중 실험 결과

충격하중 시험체의 파괴 형상은 Fig. 10과 같다. 저속 충격하중 실험에서 측정된 시간-변위 관계는 Fig. 11과 같고, 충격하중 실험 결과는 Table 6 및 Fig. 12와 같다. 측정된 충격속도는 평균 3.478m/sec이고, 최대하중은

Fig. 10 Failure shapes of concrete and composite specimens under impact load

평균 73.56kN이었다. Fig. 12의 콘크리트 보와 일반 모르타르를 사용한 부재의 충격하중 결과에서는 팁의 로드 셀에서 측정된 하중이 일정한 값을 지속적으로 갖는 것으로 나타났다. 이는 실험 시에 정하중과 같이 선하중을 모사하기 위해 시험체의 타격위치에 강재 봉을 부착하였고, 팁이 이를 직접 타격하였기 때문이다. 이로 인해 로드 셀에서 측정된 하중의 절대값은 실제 부재가 받는 하중과 동일하지만, 최대 하중까지의 증가가 빠르게 진행되었다. 따라서 Table 6에서 I-NC 및 I-1SC, I-2SC부재의 최대 하중까지의 변위와 에너지, 파괴 시 변위가 과소평가

Fig. 11 Time-displacement relationships of impact tests

Table 6 Results of impact loading tests

	I-NC	I-1SC	I-2SC	IL-1SC	IL-2SC
Energy at max. load (J)	90.04	92.17	50.20	176.27	196.75
Total energy (J)	179.34	186.61	176.14	197.46	246.66
Impact velocity (m/sec)	3.419	3.423	3.410	3.364	3.771
Displacement at max. load (mm)	1.70	1.85	1.20	5.15	5.48

될 수 있다. 하지만 데이터가 타격 하중이 소진될 때까지 측정되고, 이는 구조체의 파괴시점을 의미하므로, 소산된 총 에너지는 신뢰성을 가진다고 판단된다.

정하중 실험 결과와 달리 충격하중 실험에서는 분절 복합체 부재가 일반 콘크리트 보 부재와 비슷한 에너지 흡수력을 가지는 것으로 나타났다. 특히 IL-1SC 부재는 극한 하중까지의 에너지와 총 에너지가 모두 IL-NC 부재보다 각각 95.8%, 10.1% 크게 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 텅이 직접 타격하지 않은 부재에서는 극한 하중까지의 에너지가 과소평가되었으나, 측정된 총 에너지를 볼 때 분절 복합체 부재가 충격하중 하에서 에너지 흡수능력이 향상되었음을 의미한다. 즉 일반 모르타르보다 압축강도가 높고, 콘크리트와의 부착강도가 높은 접착제를 개발하여 사용하면 일반 콘크리트 부재보다 외부 하중에 저항하는 성능이 뛰어날 것으로 판단된다.

4. 분절 복합체의 거동에 대한 유한요소해석

4.1 모델링

충격하중에 대한 콘크리트 분절 복합체의 충격에너지, 하중-변형 거동 등과 같은 실험 결과의 검증과 유한요소해석

Fig. 12 Load-deflection relationships of impact tests

프로그램을 통한 예측을 개선하기 위해 DIANA Program을 통한 분절복합체의 충격하중 해석을 시행하였다. 본 연구에서는 저속 충격하중을 받는 분절 복합체에 유한요소해석에 조직 구조(masonry structure)의 구조해석 툴(Witte and Wolthers, 2002)을 일부 차용하였다. 모르타르 부분을 블록 요소간 인터페이스로 설정하고, 앞선 실험을 통한 재료 물성값을 입력하였다.

콘크리트 모델은 콘크리트 해석 분야에 일반적으로 사용되는 Drucker-Prager Model을 사용하고, 모르타르 부분에 대한 경계면 모델은 불연속 균열 모델(discrete crack model)을 사용하여 비선형 유한요소해석을 수행하였다. 실행한 실험에 따라 단순화시킨 구조해석 툴을 통해 충격 위치에 따른 파괴 모드와 변형-시간 응답을 예측할 수 있다. 하중은 낙하식 충격 시험기에서의 추의 자유낙하를 모사하여 모델링하였다. 첫 가력 후 2.4msec까지 하중은 선형으로 감소하며, 자유낙하의 충격하중 가력 모델을 역산하여 적용하였다.

Fig. 13 FEA results of 1-way segmented composites using latex mortar

Fig. 14 FEA results of 2-way segmented composites using latex mortar

Table 7 FEA Results of impact loading

Specimen	Max. load (kN)	Max. displacement (mm)	Dissipated energy (J)
IL-1SC	76	32.1	1,625
IL-2SC	88	35.7	2,000

4.2 유한요소해석 결과

Fig. 13과 14는 15% 라텍스 모르타르를 사용한 1방향과 2방향 콘크리트 분절복합체의 하중 증가에 따른 단계별 파괴 형태를 보여준다. 1방향 콘크리트 분절복합체의 해석상의 최종 파괴 형태인 Fig. 13과 실험을 통해 얻어

진 파괴 형태인 Fig. 10을 비교하면 매우 유사하다. Fig. 14의 2방향 콘크리트 분절복합체의 해석을 통한 최종 파괴 형태와 Fig. 10의 실험을 통해 얻어진 파괴 형태 또한 유사함을 알 수 있다. Table 7은 유한요소해석의 결과를 요약한 것이고, Fig. 15와 16은 구조 해석과 실험을 통해 얻어진 콘크리트 분절복합체의 하중-변형 곡선이다. 충격하중 실험 과정은 정하중 실험과 동일한 경계조건으로 세팅을 하고, 하중을 텅에서만 읽어 들이기 때문에 하중-변위 그래프가 매끈하지 않고 상당히 흔들리게 나타났다. 즉, 추와 부재의 충돌 이후, 부재의 진동이 발생하고, 같은 시간 동안 균열이 동시에 진전되는 복합적인 거동을 보였다.

Fig. 15 Comparison between experimental and FEA results for 1-way segmented composites

Fig. 16 Comparison between experimental and FEA results for 2-way segmented composites

반면 불연속 균열 모델을 이용한 유한요소해석의 경우 이러한 경계조건과 균열 진전의 복합적인 효과가 반영되지 않아 해석결과는 충격하중 실험과 달리 매끈한 거동을 보이고 최대하중도 다소 차이를 보였다. 이는 실험에서는 낙하추의 팁에서 하중과 변위를 모두 측정하기 때문에 구조물의 거동과 일치하지 않는 한계가 있기 때문이다.

반면 부재가 파괴될 때까지 소산된 에너지는 실험 결과와 해석결과가 유사하였고, 실제 충격하중 실험결과와 동일하게 2방향 분절 복합체의 연성도가 높은 것으로 관찰되었다. 유한요소해석에서 2방향 분절 복합체는 1방향 분절 복합체에 비해 최대하중은 약 21%가 증가하였으며 연성도는 약 13%가 증가하였다. 이는 계면 간의 강한 부착력에 의한 라텍스 모르타르의 적용으로 인한 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 폴리머 모르타르를 적용한 콘크리트 분절 복합체에 정하중 및 충격하중을 재하하였을 때의 거동을 평가하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 본 연구에서는 라텍스, 아크릴, 에폭시를 사용한 폴리머 모르타르의 부착강도를 측정하였고, 보통 모르타르보다 라텍스 폴리머가 15% 가량의 함유된 경우 크게 성능 향상됨을 알 수 있었다.
- (2) 정하중 실험에서 사용된 일반 모르타르 접착제의 경우 작은 압축강도 및 부착강도로 인해 분절 복합체의 장점이 부각 되지는 않았다. 반면 라텍스 폴리머를 접착제로 사용한 경우 에너지 흡수력은 다소 증가함을 알 수 있다.
- (3) 충격하중 실험의 경우 분절 복합체가 일반 콘크리트 보 부재와 유사하거나 다소 큰 충격에너지 흡수력을 보인다. 2방향 분절 복합체는 1방향 분절 복합체에 비해 최대 충격하중과 인성도가 높게 나타났다.
- (4) 실제 실험과 불연속 균열 모델을 이용한 비선형 유한요소해석 결과 에너지 소산도가 유사하게 나왔고, 분절복합체 해석 모델의 개선을 통해 다양한 변수의 충격 저항 능력의 예상과 평가가 가능할 것이다. 향후 폴리머 모르타르의 개선, 경계면의 DIF, 구속 및 경계조건의 변경 등에 따른 실험을 통해서 유한요소해석의 정확도를 높이는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2007-0056796).

참고문헌

1. 김관호, 김남길, 연구석, "고강도 폴리머 콘크리트 휨부재의 응력변형", 한국콘크리트학회논문집, 제14권 5호, 2002, pp.638-644.
2. 김완기, 조영국, "양생조건 및 보수방법에 따른 폴리머시멘트 모르타르의 강도성상", 한국콘크리트학회논문집, 제19권 4호, 2007, pp.457-465.
3. 김윤희, 민경환, 이재성, 윤영수, "콘크리트 분절 복합체의 충격저항 성능에 관한 연구", 한국콘크리트학회 2009년 봄학술대회논문집, 제21권 1호, 2009, pp.13-14.
4. 박상순, 김정흠, "콘크리트 구조물 보수용 폴리머시멘트 모르타르의 부착강도 특성에 관한 연구", 구조물진단학회지, 제14권 5호, 2010, pp.128-135.
5. 윤영수, 양준모, 민경환, 신현오, "HPFRCC, 분절복합체 및 FRP를 활용한 구조물의 내폭 성능 향상", 한국콘크리트학회 2008년 가을학술대회논문집, 제20권 2호, 2008, pp.745-748.
6. 이문환, 송태협, "원재료 조성에 따른 폴리머 시멘트 모르타르 보수재의 물리적 성상 변화에 대한 연구", 대한건축학회논문집 구조계, 제23권 5호, 2007, pp.109-116.
7. 조병완, 권병윤, 박승국, "PET를 이용한 폴리머 콘크리트의 역학적 특성", 대한토목학회논문집, 제24권 2A호, 2004, pp.285-292.
8. 한국산업표준, KS F 4004 콘크리트 벽돌, 한국표준협회, 2008.
9. Abboud, B. E., Hamid, A. A. and Harris, H. G., "Small-scale Modeling of Concrete Block Masonry Structures", ACI Structural Journal, vol. 87, No. 2, 1990, pp.145-155.
10. ASTM Committee C15, Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units(C 952-02), ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2009, pp.1-7.
11. Gao, H., Ji, B., Jäger, I. L., Arzt, E. and Fratzl, P., "Materials Become Insensitive to Flaws at Nanoscale: Lessons from Nature", Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 100, No. 10, 2003, pp.5597-5600.
12. Gilbert, P. U. P. A., Abercht, M. and Frazer, B. H., "The Organic-Mineral Interface in Biominerals", Review in Mineralogy & Geochemistry, vol. 59, No. 1, 2005, pp.157-185.
13. Katti, D. R., Katti, K. S., Sopp, J. M. and Sarikaya, M., "3D Finite Element Modeling of Mechanical Response in Nacre-based Hybrid Nanocomposites, Computational and Theoretical Polymer Science", vol. 11, No. 5, 2001, pp.397-404.
14. Lourenço, P. B., Barros, J. O. and Oliveira, J. T., "Shear Testing of Stack Bonded Masonry", Construction and Building Materials, vol. 18, No. 2, 2004, pp.125-132.

-
15. Luz G. M. and Mano J. F., "Biomimetic Design of Materials and Biomaterials Inspired by the Structure of Nacre", Philosophical Transactions of the Royal Society A, vol. 367, No. 1893, 2009, pp.1587-1605.
 16. Menig, R., Meyers, M. H., Meyers, M. A. and Vecchio, K. S., "Quasi-static and Dynamic Mechanical Response of Haliotis Rufescens (Abalone) Shells", Acta Materialia, vol. 48, No. 9, 2000, pp.2383-2398.
 17. Witte F. C. and Wolthers, A., DIANA-Finite Element

Analysis User's Manual, TNO Building and Construction Research, 2600 AA Delft, Netherlands, 2002, pp.629-642.

(접수일자 : 2011년 1월 5일)
(수정일자 : 2011년 6월 21일)
(심사완료일자 : 2011년 7월 5일)

요 지

본 연구에서는 충격하중에 유리한 층 구조를 갖는 패각의 구조를 채용한 콘크리트 분절 복합체의 충격하중 성능을 평가하였다. 콘크리트 분절 복합체의 성능을 향상시키기 위해서는 콘크리트 블록 사이의 모르타르의 부착강도가 개선되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 모르타르의 부착강도를 향상시키기 위해 폴리머 모르타르를 적용하였다. 부착강도 실험에 따라 15% 라텍스 모르타르를 선정하였고, 일반 모르타르와 라텍스 모르타르를 적용한 부재에 대한 정하중 및 저속 충격하중 실험을 수행하였다. 실험 결과 모르타르의 부착력이 향상된 분절복합체가 높은 충격하중 저항 능력을 보였다. 불연속 균열 모델을 이용한 비선형 유한요소해석과 충격하중 실험의 결과와 충격에너지 소산도가 유사하게 나타났다. 따라서 분절복합체 해석 모델의 개선을 통해 다양한 변수의 충격 저항 능력의 예상과 평가가 가능할 것으로 판단된다.

핵심 용어 : 충격하중, 콘크리트 분절 복합체, 폴리머 모르타르, 유한요소해석, 불연속 균열 모델