

非脫型영구 거푸집용 모르타의 耐久性 및 力學的 特性에 관한 實驗的 研究

A Experimental Study on The Durability and Mechanical of Permanent Form Mortar

김 우 재* 표 순 주* 임 남 기*

Kim Woo Jae Pyo Soon Ju Lim Nam Gi

김 형 남** 김 성 식*** 이 영 도*** 정 상 진****

Kim Hyung Nam Kim Sung Sik Lee Young Do Jung Sang Jin

ABSTRACT

The dynamics and Durability of Permanent Form Mortar were observed. The results were as the followings. To construct New permanent form, this study constructed permanent form with fiber mortar. In this course glass fiber and polymer, fine aggregate were substituted with river sand and crush sand. To understand material quality effect, flexible mortar and inflexible mortar were tested. According to the microstructure of polymermatrix test by SEM, higher density by Co-matrix effect from polymer addition was observed. This is considered to increase acid-resistance, impact proof strength. In the test of durability of freezing and thawing, polymer mortar was proved to be water proof. It seems to be improved in its characteristics in proportion to increasing W/C ratio. When the W/C ratio is 30%, it is most effective.

Key word : SEM, Co-matrix,

키 워 드 : 쉘사진, 코-메트릭스상

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 건설업계의 3D 업종의 기피현상에 따른 철근공, 거푸집공 등의 기능노동자의 부족, 고령화, 외국인노동자 고용 현상과 낮은 노동생산성은 건설업계의 심각한 현안이다. 과거에는 재료비의 비중이 높았으므로 재료의 낭비를 줄이기 위한 합리화가 추진되었다. 하지만 요즘은 노무비 비율의 급격한 증대로 인하여 공기단축이나 합리화, 시스템화를 통해서 경쟁에서 생존해 나가고 있다. 또한 기존 목

* 정회원, 단국대 건축공학과 대학원

** 정회원, 공영토건(주) 부장,기술사

*** 정회원, 경동대학 건설공학부, 전임강사,기술사

****정회원, 단국대 건축공학과 부교수,공학박사

재 거푸집은 콘크리트공사후 건축 폐자재를 다량으로 발생 시키고, 거푸집 공사시 소음과 진동을 발생시키며, 강재거푸집은 초기투자비의 과다와 부재 조립, 해체, 운반을 장비와 인력에 의존하므로 시공 속도가 늦고 인력 수급 상황에 민감한 단점이 있다. 향후 더욱 숙련노동자 등의 인력부족과 노령화가 심각해져서 합리화의 요청은 의외로 가까운 장래에 도래할 것으로 예측되는바 공기단축, 인력절감, 코스트절감, 소음 진동저감, 자연보호를 목표로한 비탈형 영구 거푸집의 개발이 꼭 필요할 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구는 비탈형영구거푸집 제작에 기본이되는 모르터의 내구성을 조사하여 영구 거푸집 개발을 위한 실험으로 섬유 혼입률과 폴리머 혼입률에 따른 모르터의 내구성과 역학성능을 고찰하여 비탈형 영구거푸집 제작시 기초자료로 활용하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 범위

본 연구의 내용 및 범위는 폴리머와 유리섬유를 혼입한 비탈형 영구거푸집용 모르터의 내구성을 조사하기 위하여 내충격성, 동결융해, 내약품성, SEM, 프로시메타, 압축강도등을 조사하여 이 결과를 비교 분석하였다.

2. 실험계획

2.1 사용재료

(1)시멘트: 국내산 S사의 보통 포틀랜드시멘트

(2)잔골재 :

▷강모래는 비중 2.55, 조립률 2.87인 미사리산으로 최대크기를 5mm입도로 조정함.

▷갠모래는 비중 2.60, 조립률3.0인 경기도 봉재산으로 최대크기 5mm 입도로 조정함.

(3)물 : 상수도수

(4)유리섬유 : 내알카리유리섬유, 참고 (표 1)

(5)폴리머 : SBR 라텍스, 참고(표 2)

표 1. 유리섬유의 성질

비중	Tensile psi × 10 ³	Tensile Mod psi × 10 ⁶	Flex. psi × 10 ³	Flex. Mod psi × 10 ⁶
2.6	5.9	2.18	17.85	2.02

표 2. 폴리머의 일반 성질

비중	고형성분	표면장력	PH,	미립자크기	점도 (CP)
1.014	50.9%	34.5 dyne/cm	9.2	I5900A*	300

2.2 모르터의 배합 계획

유리섬유와 폴리머를 혼입한 모르터의 물시멘트폴리머비(W/C+P)를 30%, 40%, 50%, 로하였으며, 폴리머는 0, 10%,로, 골재는 강모래와 갠모래를 사용하였다. 유리섬유 혼입률은 체적치환비 0, 2.5%혼입률에 따른 강도변화를 비교분석 하였다.

2.3. 시험방법

압축강도는 KS F 2405에 의거 7, 14, 28일 재령에 대하여 실시하였다. 내충격시험은 공시체(10×10×40 cm)를 강구낙하(鋼球落下法)으로 지간을 30cm로 고정해두고 공시체 상단을 중량 6.62kg의 강재추로 높이 15cm에서 낙하시켜 파괴에 도달하는 횟수를 측정한다. 프로시메타 (Mercury porosimetry)는 직경 3mm 이하의 시료를 시험기내부에서 진공상태로 시료내부에 포함되어 있는 수분과 공기를 제거시킨다. 그후에 시료내부는 여러종류의 크기로 공극이 생긴다. 이때 강한 압력으로 시료의 공극에 수은을 강제 주입시킨다. 주입이 끝나면 압력을 조절하여 시료내부의 공극 크기별로 수은을 강제 방출시켜 공극 크기별로 빠져나온 수은의 양으로 공극의 양과 크기를 측정 한다. 동결융해 시험은 KS F

2456에 의거하여 실험을 하였다. 내약품성 시험은 산침전법에 의거하여 실험을 하였다.

표 3. 비탈형 영구거푸집 모르터 배합

시험체명	W/(C+P) (%)	P/(C+P) (%)	섬유 혼입률 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)				
				W	C	S	G.F	P
SD-W30-P10-G0.0	30	10	0	260	773	1007	0	86
SD-W30-P10-G2.5	30	10	2.5	250	747	1000	65	83
SD-W40-P 0-G0.0	40	0	0	325	812	1024	0	0
SD-W40-P 0-G2.5	40	0	2.5	318	795	1000	65	0
SD-W40-P10-G0.0	40	10	0	287	646	1073	0	72
SD-W40-P10-G2.5	40	10	2.5	290	653	1000	65	75
SD-W50-P10-G0.0	50	10	0	270	486	1294	0	54
SD-W50-P10-G2.5	50	10	2.5	300	540	1092	65	60
CS-W40-P 0-G0.0	40	0	0	326	815	1020	0	0
CS-W40-P 0-G2.5	40	0	2.5	318	795	1000	65	0
CS-W40-P10-G0.0	40	10	0	287	645	1082	0	72

SD:강모래, CS:켄모래, W:물시멘트비(%), P:플리머량(%), G:섬유량(%)

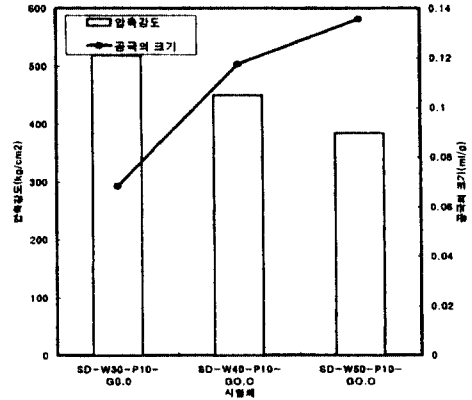


그림3. 공극과 압축강도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도

시험체의 압축강도와 공극의 양 변화를 그림 3.에 나타내고 있다. 압축강도는 물시멘트비가 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있지만, 공극의 양은 물시멘트비가 증가할수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 공극의 양이 압축강도에 영향을 주는 것을 나타내고 있다.

3.2 내충격성

내충격시험은 시험체의 강도발현과 유사한 형태로 나타났다. 물시멘트비가 적은 W/C 30% 가 가장 파괴도달 횟수가 많았고, 섬유의 혼입율에 비례하며 파괴도달횟수 증가하여 섬유의 혼입시 평균 10회 이상의 횟수 증가를 보이고 있다. 섬유를 혼입하면 매트릭스의 충격으로 인한 균열의 발생과 성장을 억제하고, 내력이 증진되었기 때문으로 사료된다. 또한 골재의 종류별로는 켄모래가 내충격성이 큰 것으로 나타났다. 내충격시험과 압축강도를 비교하면 (참고, 그림4) 압축강도와 내충격성은 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

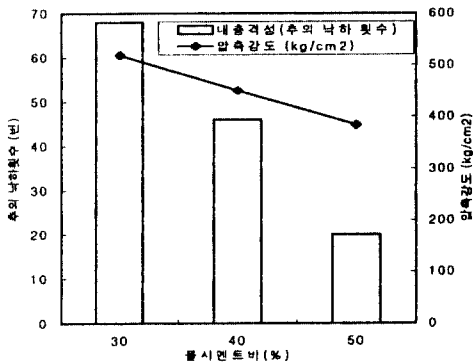


그림 4. 물시멘트비별 내충격시험과 압축강도

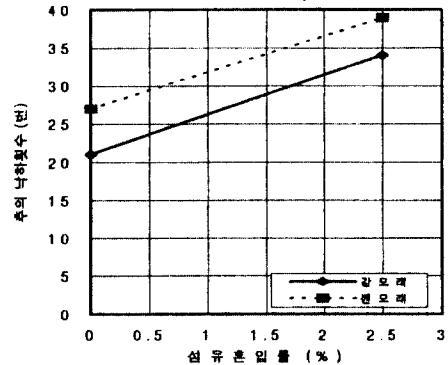


그림 5. 골재의 종류별 내충격시험

3.3 동결융해

아래의 표4.은 동결융해시험을 실시한 결과이다. 폴리머를 혼입한 시험체는 내구성이 50%이하로는 떨어지지 않았다. 이는 폴리머가 모르타르내부를 필름현상으로 공극을 치밀하게 만들어 시험체내부로 수분의 침투를 막았기 때문으로 사료된다. 골재는 강모래가 갠모래보다 내구성이 증대되는 것으로 나타났다. 또한 섬유를 혼입한 시험체가 동결융해에 대한 저항성이 크게 나타났다. 이것은 섬유가 시멘트 페이스트의 구속으로 인해 동결시 발생하는 팽창압에 대한 저항력을 증대시키는 것으로 나타났다.

표 4. 동결융해 시험

시험체명	최종 cycle	상대동탄성계수 (%)	내구성지수 (%)
SD-W30-P10-G0.0	300	96	96
SD-W30-P10-G2.5	300	99	99
SD-W40-P 0-G0.0	241	67	54
SD-W40-P 0-G2.5	264	68	60
SD-W40-P10-G0.0	300	90	90
SD-W40-P10-G2.5	300	93	93
SD-W50-P10-G0.0	300	78	78
SD-W50-P10-G2.5	300	82	82
CS-W40-P 0-G0.0	231	67	52
CS-W40-P 0-G2.5	258	66	57
CS-W40-P10-G0.0	300	92	92

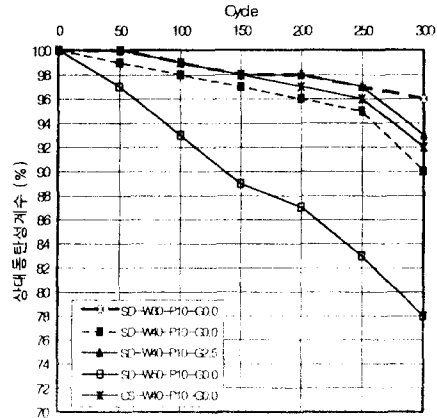


그림6. 각종골재에 대한 내구성지수

3.4 내약품성시험

표 5.은 각 공시체의 산침식에 대한 중량감소율을 나타내는데 중량감소율이란 염산 (HCl) 5 % 용액에 침적하기 전의 공시체 중량에 대한 산침적 후 손실된 공시체의 중량백분율이다. 압축강도 저하율은 산침적의 공시체를 압축강도시험을 실시하여 일반 공시체와 비교하여 강도저하의 백분율이다. 물시멘트비를 30 % 40 % 50 %로 변화를 주어 실험을 하였다. 공시체의 중량감소를 비교하면 섬유를 혼입한 공시체가 평균 3.1 % 정도 중량감소가 더 되었다. 이것은 섬유를 혼입한 시험체가 섬유를 혼입하지 않은 시험체보다 내부의 공극이 많이 존재하기 때문으로 사료 된다.

표 5. 내약품성 시험결과

시험체명	중량감소율 (%)	압축강도저하율 (%)
SD-W30-P 10-G0.0	7.1	7.6
SD-W30-P 10-G2.5	7.5	8.1
SD-W40-P 0-G0.0	17	21.3
SD-W40-P 0-G2.5	18.5	25.0
SD-W40-P10-G0.0	9.0	10.0
SD-W40-P10-G2.5	9.5	12.5
SD-W50-P10-G0.0	13.8	20.3
SD-W50-P10-G2.5	14.3	27.0
CD-W40-P 0-G0.0	17	26.0
CD-W40-P 0-G2.5	18.5	28.0
CD-W40-P10-G0.0	9.3	11.8

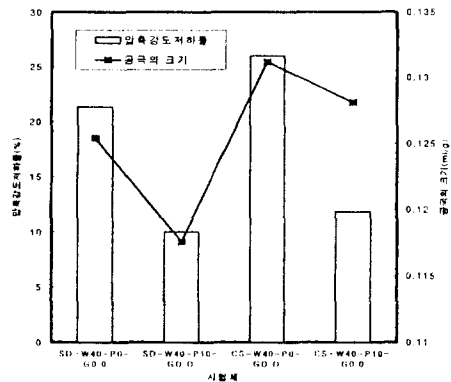


그림8.공극과 강도저하의 관계

그림 8.은 폴리머양을 0 %, 10 % 로 변화를 주어 실험을 하였다. 폴리머양이 0 % 인 공시체와 폴리머양이 10 %를 비교 검토하면, 시험체의 압축강도저하율이 폴리머 10%를 혼입한 시험체가 0% 시

험체보다 2배이상의 강도 차이를 나타냈다. 이것은 폴리머가 시멘트 내부에서 폴리머 필름형성을 하여 산이 공시체 내부로 침투되는 것을 막았다고 사료된다.

3.5 SEM

시멘트 모르타르에 폴리머를 혼입하여 SEM을 촬영하여 형상을 분석한, 사진 1. 과 사진 2.을 참조하면 시멘트 페이스트간의 계면이 명확하게 구분됨을 알 수 있었다. 시멘트 혼화용 폴리머를 사용한 폴리머 시멘트 콘크리트(모르타르)는 결합체가 시멘트 수화물과 폴리머의 2성분으로 되어 Co-matrix상을 이루는 것이 큰 특징이다. 그의 제조 과정에서 통상의 혼화제보다도 상당히 많은 양(시멘트에 대하여 5~30%, 단, 수용성 폴리머는 3%이하)의 폴리머가 혼화되고, 시멘트 콘크리트(모르타르)의 아직 굳지 않은 상태 및 경화 후에도 여러 가지의 개질 효과를 발휘한다. 그래서 폴리머 디스퍼전, 재유화형 분말수지, 수용성 폴리머 및 액상 폴리머의 어느 형태로 사용하더라도 시멘트의 수화와 폴리머상의 형성이 동시에 진행하므로 양자가 일체화(一體化)한 망상구조를 가지는 Martrix 상을 형성하는 것이 중요하다. 폴리머 디스퍼전에 의한 개질은 시멘트의 수화와 동시에 진행되는 폴리머 필름의 형성에 좌우된다. 일반적으로는 시멘트의 수화과정이 폴리머 필름 형성과정에 선행하지만 양과정이 균형 있게 진행되는 것이 중요하다.

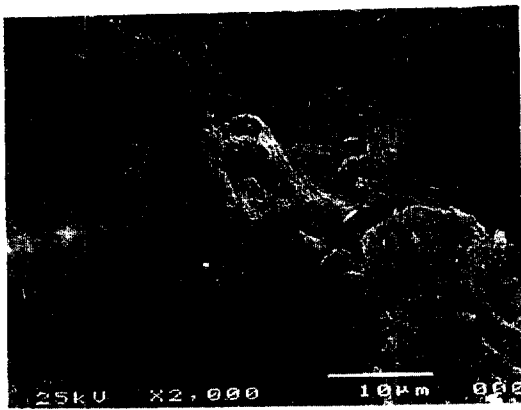


사진 1. SEM (물시멘트비 40% 폴리머 0%)

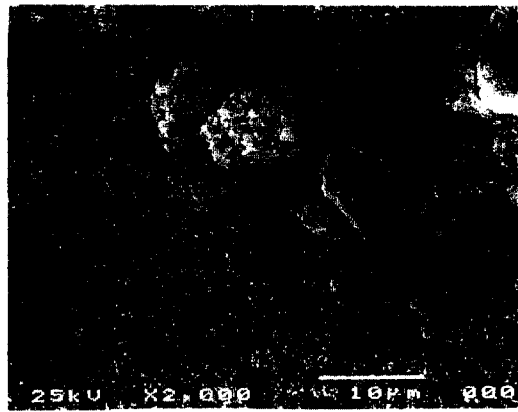


사진 2. SEM (물시멘트비 40% 폴리머 10%)

또 최종적으로는 시멘트 수화물과 폴리머 필름상이 상호 혼입됨에 따라 Co-matrix 상이 형성되고, 그에 따라 골재가 강하게 결합되기 때문에 인장강도와 내충격성이 개선되고 우수한 방수성, 기밀성, 내동결성 등이 개선된다. 사진 1.은 폴리머를 혼입하지 않은 사진이고 사진 2.은 폴리머를 10%를 혼입한 사진이다. 사진 2.은 시멘트의 수화와 폴리머상의 형성이 동시에 진행되므로 양자가 일체화한 망상구조를 가지는 Martrix 상을 보여주고 있다. 이는 시히체의 압축강도에도 차이를 보이고 있음을 알수 있었다.

3.6 프로 시메타

모르타르의 강도는 세공경 조식에 지배된다는 것을 고려하여, 수은 압입법으로 세공경분포를 측정할 결과를 그림 9. ~ 12와 표 6.에 나타내었다. 표 6.에서 시히체의 공극의 크기는 100 - 1µm, 1 - 0.01 µm, 0.01 - 0.07µm로 구분되는데 100 - 1µm의 크기는 비교적 큰 공극이고, 1 - 0.01µm의 크기는 작은 공극이고, 0.01 - 0.07µm의 크기는 미소공극이다. 공극의 양은 물시멘트비가 작을수록 작아지고, 골재는 깎모래가 강모래 보다 많다. 또한 섬유를 혼입한 경우가 공극의 양이 많아짐을 보여 주고 있다. 따라서 SD-W30-P10-G0.0의 공극이 가장 적다. 이를 전반부에서 측정할 압축강도시험과 비교해보면 상호 관련성이 확인 된다.

표 6. 프로시메타 시험 결과

시험체명	공극의 크기(m ³ /g)		
	100-1 μ m	1-0.01 μ m	0.01-0.07 μ m
SD-W30-P 10-G0.0	0.0341	0.0652 (0.0311)	0.0683 (0.0031)
SD-W30-P 10-G2.5	0.0365	0.0948 (0.0583)	0.1044 (0.0096)
SD-W40-P 0-G0.0	0.0571	0.1212 (0.0641)	0.1254 (0.0042)
SD-W40-P 0-G2.5	0.0682	0.1274 (0.0592)	0.1331 (0.0057)
SD-W40-P10-G0.0	0.0479	0.1099 (0.062)	0.1176 (0.0077)
SD-W40-P10-G2.5	0.0386	0.1143 (0.0757)	0.1211 (0.0069)
SD-W50-P10-G0.0	0.0676	0.1282 (0.0606)	0.1357 (0.0075)
SD-W50-P10-G2.5	0.0472	0.1331 (0.0859)	0.1401 (0.007)
CS-W40-P 0-G0.0	0.0616	0.1217 (0.0601)	0.1312 (0.0095)
CS-W40-P 0-G2.5	0.0539	0.1230 (0.0691)	0.1358 (0.0128)
CS-W40-P10-G0.0	0.0723	0.1144 (0.0421)	0.1281 (0.0137)

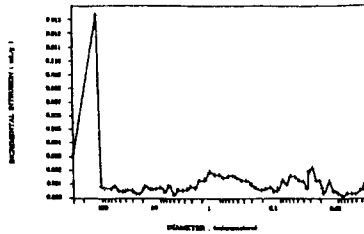


그림 9. 프로시메타 시험결과 (강모래 W/C 30 % 폴리머 10% 섬유 0.0%)

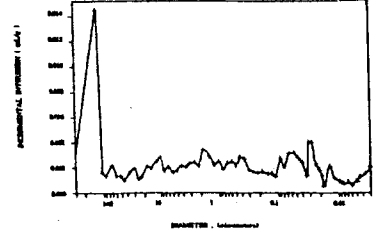


그림 11. 프로시메타 시험결과 (강모래 W/C 50 % 폴리머 10% 섬유 0.0%)

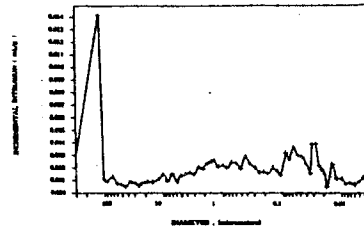


그림 10. 프로시메타 시험결과 (강모래 W/C 40 % 폴리머 10% 섬유 0.0%)

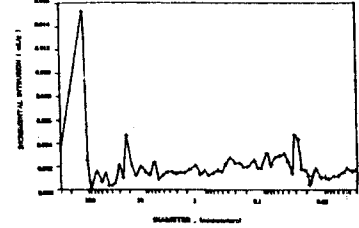


그림 12. 프로시메타 시험결과 (갠모래 W/C 40 % 폴리머 10% 섬유 0.0%)

4. 결론

본 연구는 거푸집공사의 합리화의 일환으로 비탈형 영구거푸집을 실용화 시키기 위한 기초연구로서, 비탈형 영구거푸집을 섬유모르타로 제작하기 위하여 유리섬유 및 폴리머, 세골재는 강모래와 갠모래의 재료별 성질을 굳은 모르타 시험으로 실시하여, 모르타의 역학적특성과 내구성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 압축강도는 시험체내부의 공극의 양과 관련이 있음을 알 수 있었다. 내충격성은 물시멘트비가 낮을수록 섬유의 혼입량이 증가 할수록 양호한 것으로 나타났다.
- (2) 폴리머를 혼입함으로 모르타 내부에 미세공극을 밀실하게 만드는 것을 프로시메타의 결과에서 확인 하였다. 또한 공극의 양은 물시멘트비가 작을수록 작아지고, 골재는 갠모래가 강모래에 비해 공극의 양이 많은 것으로 나타났다.
- (3) 내약품성 실험에서는 폴리머를 혼입한 시험체가 시험체내부에 폴리머 필름현상으로 인한 산의 침투를 막아서 내약품성에 양호하게 나타났다. 동결융해 시험에서는 섬유를 혼입함으로 저항성이 크게 나타났고, 갠모래가 양호하게 나타났다.
- (4) SEM사진으로 시멘트의 수화와 폴리머의 형성이 동시에 진행되는 일체화(一體化)한 망상구조(Matrix상)를 발견 하였다. 이것으로 인하여 내충격성, 동결융해등 내구성이 증진되는 것으로 나타났다.

参 考 文 献

- 1) 大屋洋三, 型かく工事の電算化, 建築技術 No 450, 1989年 1月號, pp.121
- 2) 합성 아크릴계 폴리머를 이용한 폴리머 시멘트 복합체 개발에 관한 연구, 1994.2, 전북대, 蘇炳錫
- 3) 松下博通 외 2人, 碎石コンクリートの適正配合について, セメント論文集 No.41, 1987
- 4) 李利衡, 부순모래를 사용한 시멘트모르타의 유동성에 관한 실험적연구, 大韓建築學會論文集, 제92호, 1996.6
- 5) 三上貴正 외 4人, 콘크리트 表層部 몰탈의 耐久性に及ぼす 單位水量の影響, (耐鹽害性, 耐酸性, 耐凍害性に關する基礎的考察), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1988.1