

비탈형 영구거푸집용 굳은모르타의 특성에 관한연구

A Study on The Mechanical Properties of Permanent Form Mortar

김우재 [*]	이영도 ^{**}	임남기 ^{**}
Kim Woo Jae	Lee Young Do	Lim Nam Gi
김성식 ^{***}	문장수 ^{****}	정상진 ^{*****}
Kim Sung Sik	Moon Jang Soo	Jung Sang Jin

ABSTRACT

The present problem of this country building market in the face of 3D, in addition to a rise in construction cost, materials problems and opening a building market to foreign countries, is finding the efficient ways of overcoming these problems. So the efficacy of form work in technical improvement becomes important through scientific methods of the design and construction as advancement in the study of strength for Permanent form mortar is possible. According to the increment of polymer-cement ration, the degree of bending strength and compressive strength and impact strength increases. the optimum volume content of glass fiber seemed to be about 2.5% considering the distribution of glass fiber,workability and economy.

keyword : glass fiber, permanent form

1.서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 환경문제에 대한 일반인의 관심고조와 현대산업의 급속한 발전과 함께 국민의 생활수준이

-
- * 정회원, 단국대 건축공학과 석사과정
 - **정회원, 단국대 건축공학과 박사과정
 - ***정회원,공영토건(주) 부장,기술사
 - ****정회원,금호건설 기술연구소 부장,공학박사
 - *****정회원,단국대 건축공학과 부교수,공학박사

향상 되어, 환경보존을 위한 효율적인 자연자원의 활용방법에 대한 연구가 시급한 실정이다. 또한 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 목재거푸집은 콘크리트 공사후 건축 폐자재를 다량으로 발생 시키고, 거푸집 공사시 소음과 진동을 발생시키며, 강재거푸집은 초기투자비의 과다와 부재 조립, 해체, 운반을 장비와 인력에 의존하므로 시공 속도가 늦고 인력수급 상황에 민감한 단점이 있다. 향후 더욱 숙련노동자 등의 인력부족과 노령화가 심각해져서 합리화의 요청은 의외로 가까운 장래에 도래할 것으로 예측되는바 공기단축, 인력절감, 코스트절감, 소음진동저감, 자연보호를 목표로한 비탈형 영구 거푸집의 개발이 꼭 필요할 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구는 비탈형영구거푸집 제작에 기본이되는 모르터의 개발을 위한 실험으로 섬유 혼입률과 폴리머 혼입률에 따른 굳은 모르터의 성상을 고찰하여 비탈형 영구거푸집 제작시 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험

2.1. 사 용 재 료

(1)시멘트: 국내산 S사의 보통 포틀랜드시멘트

(2)잔골재 :

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

▷쇄사는 비중 2.6,조립율3.0인 경기도 봉재산으로 최대크기 5mm 입도로 조정함.

(3)물 : 상수도수

(4)유리섬유 : 내알카리유리섬유,참고 (표 1)

(5)폴리머 : SBR 라텍스 ,참고(표 2)

2.2 모르터의 배합 계획

유리섬유와 폴리머를 혼입한 모르터의 물시멘트폴리머비(W/C+P)를 30%, 40%, 50%, 로하였으며,

표 1. 유리섬유의 성질

비 중	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

비 중	고형성분	표면장력	PH,	미립자크기	점도 (CP)
1.014	50.9%	34.5 dyne/cm	9.2	15900A [*]	300

폴리머는 0, 5, 10, 15, 20%로, 골재는 강사와 쉐사를 사용하였다. 유리섬유 혼입물은 체적치환비 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 %혼입률에 따른 강도변화를 비교분석 하였다.

표 4. 비탈형연구 거푸집 모르터 배합표

시험제명	W/(C+P)	P/(C+P)	섬유혼입률 (%)	W	C	S	G.F	P
SD-W40-P10-G0.0	40	10	0	287	646	1073	0	72
SD-W40-P10-G0.5	40	10	0.5	287	646	1065	13	73
SD-W40-P10-G1.0	40	10	1.0	288	648	1045	26	74
SD-W40-P10-G1.5	40	10	1.5	289	651	1027	39	74
SD-W40-P10-G2.0	40	10	2.0	289	651	1013	52	75
SD-W40-P10-G2.5	40	10	2.5	290	653	1000	65	75
SD-W40-P10-G3.0	40	10	3.0	292	657	980	78	76
CS-W40-P10-G0.0	40	10	0	287	645	1082	0	72
CS-W40-P10-G0.5	40	10	0.5	288	648	1065	13	72
CS-W40-P10-G1.0	40	10	1.0	289	650	1050	26	72
CS-W40-P10-G1.5	40	10	1.5	290	653	1030	39	73
CS-W40-P10-G2.0	40	10	2.0	291	655	1015	52	74
CS-W40-P10-G2.5	40	10	2.5	292	657	1000	65	74
CS-W40-P10-G3.0	40	10	3.0	293	660	980	78	75

SD:강사, CS:쉐사, W:물시멘트비(%), P:폴리머량(%), G:섬유량(%)

2.3. 시험방법

모르터의 혼합은 KS L 5109에 규정된 실험실용 Mortar Mixer를 이용하여 시멘트, 모래, 섬유를 넣고 1분간 건비빔한 후 물과 폴리머를 투입하고 다시 3분간 비비는 순서로 실시하였다. 재료투입 전에는 믹서의 표면에 동일배합의 시멘트 모르터를 도포함으로써 시멘트 페이스트에 의한 실험오차를 줄일 수 있도록 하였다. 공시체는 1배치(batch)를 12ℓ로 하여 KS L 3503에 규정되어 있는 4×4×16cm의 강재 3연형 몰드를 사용하였으며, 제작전 박리제를 도포하여 탈형시 단면결손이 없도록 하였다.

제작된 공시체는 2일간 기중건조후에 탈형하여 소정의 재령일까지 표준수중양생을 실시하였다. 굳은 상태에서의 실험으로는 압축강도, 휨강도를 KSF2405,2423에 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 알 수 있는 시험이다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 압축강도시험

유리섬유 혼입률에 따른 모르터 공시체의 압축강도 변화를 그림 1, 2에 나타내고 있다. 그림에 의하면 섬유를 첨가하면 압축강도가 증가하다가 섬유혼입률이 1.5%에서 최고치를 나타낸 후에 섬유혼입률이 증가함에 따라 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 경향은 재령이 경과 함에 따라

더욱 뚜렷해지고 있다. 쇄사를 사용한 재령 28일 모르터 공시체의 압축강도는 섬유혼입물 1.5%에서 498 kg/cm², 3.0%에서 443 kg/cm²를 나타내고 있으며, 강사를 사용한 재령 28일 모르터 공시체의 압축강도는 섬유혼입물 15%에서 470 kg/cm², 3.0%에서 401 kg/cm²를 나타내고 있다.

표 5. 압축강도

시험체명	재령		
	7일	14일	28일
SD-W40-P10-G0.0	309	410	440
SD-W40-P10-G0.5	308	417	454
SD-W40-P10-G1.0	310	418	465
SD-W40-P10-G1.5	312	421	470
SD-W40-P10-G2.0	309	412	464
SD-W40-P10-G2.5	306	402	450
SD-W40-P10-G3.0	298	378	401
CS-W40-P10-G0.0	329	436	484
CS-W40-P10-G0.5	333	440	487
CS-W40-P10-G1.0	338	447	490
CS-W40-P10-G1.5	344	456	498
CS-W40-P10-G2.0	336	452	487
CS-W40-P10-G2.5	329	423	466
CS-W40-P10-G3.0	316	412	443

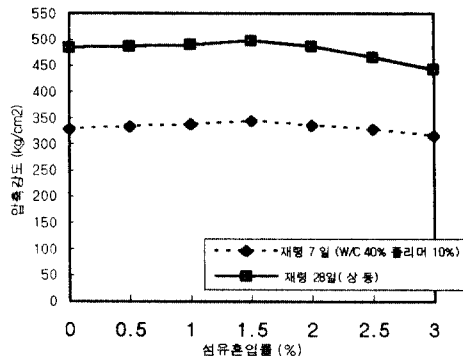
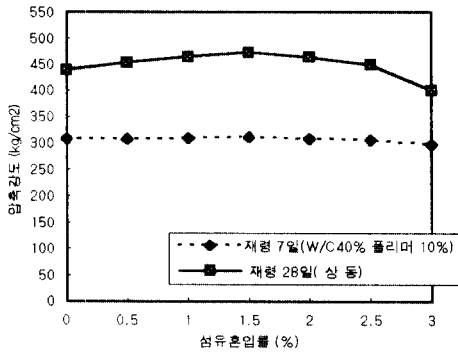


그림 1. 섬유혼입물에 따른 압축강도의 변화 (강사)

그림 2. 섬유혼입물에 따른 압축강도의 변화 (쇄사)

3.2 휨 강도

모르터 공시체에 대한 휨 강도의 실험결과는 표 6에 나타내고 있다. 유리섬유혼입물 2.5% 정도에서 모르터 공시체의 휨 강도가 가장 크게 나타났다. 유리섬유 첨가량에 따른 모르터 공시체의 휨강도 변화를 그림 3, 4에 나타내고 있다. 그림에 의하면 섬유를 첨가하면 휨강도가 증가하다가 섬유혼입률이 2.5%에서 최고치를 나타낸 후에 섬유혼입률이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 경향은 재령이 경과 함에 따라 더욱 뚜렷해지고 있다. 쇄사를 사용한 재령 28일 모르터

공시체의 휨강도는 혼입률 2.5%에서 171 kg/cm²를 나타내고,섬유혼입률 3.0%에서 135 kg/cm²를 나타내고 있으며, 강사를 사용한 재령 28일 모르터 공시체의 휨강도는 혼입률이 2.5%에서 155 kg/cm²,섬유혼입률 3.0%에서 121 kg/cm²를 나타내고 있다. 이상으로 섬유량이 과다하게 첨가되면 휨강도의 감소를 가져오는 경향을 나타내지만 적정섬유첨가량은 휨강도,인장강도를 증가시키므로 이를 함께 고려하여 판단할 필요가 있다.

표 6. 휨강도 결과

시험체명	재령		
	7일	14일	28일
SD-W40-P10-G0.0	50	64	117
SD-W40-P10-G0.5	51	72	129
SD-W40-P10-G1.0	51	88	131
SD-W40-P10-G1.5	61	89	129
SD-W40-P10-G2.0	61	93	149
SD-W40-P10-G2.5	64	99	155
SD-W40-P10-G3.0	48	78	121
CS-W40-P10-G0.0	56	74	124
CS-W40-P10-G0.5	57	77	137
CS-W40-P10-G1.0	59	89	146
CS-W40-P10-G1.5	67	94	156
CS-W40-P10-G2.0	69	94	160
CS-W40-P10-G2.5	68	107	171
CS-W40-P10-G3.0	59	77	135

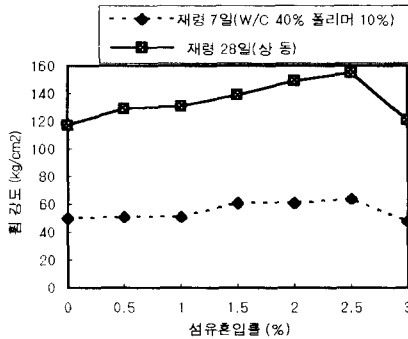


그림 3.섬유혼입률에 따른 모르터휨 강도변화(강사)

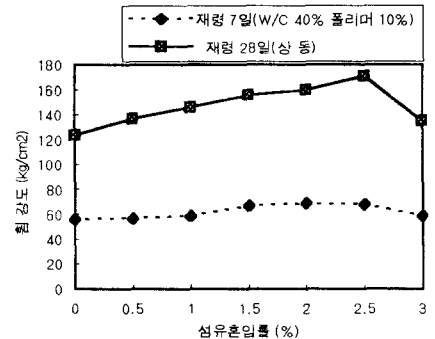


그림 4. 섬유혼입률에 따른 모르터휨 강도변화(채사)

3.3.내충격성 시험

이 실험에서는 시험체에 6.65 kg의 추를 낙하시켜 시험체의 파괴도달횟수를 측정하였다. 내충격시험은 시험체의 강도발현과 유사한 형태로 나타났다. 몰시멘트비가 적은 W/C 30% 가 가장 파괴도달 횟수가 많았고, 섬유의 혼입률에 비례하며 파괴도달 횟수가 증가하여 섬유의 혼입시 평균 10회이상의 횟수 증가를 보이고 있다. 또한 골재의 종류별로는 쇄사가 내충격성이 큰 것으로 나타났다.

표7. 내충격시험 결과

시험체명	파괴도달 횟수
SD-W30-P 10-G0.0	60
SD-W30-P 10-G2.5	68
SD-W40-P 0-G0.0	21
SD-W40-P 0-G2.5	34
SD-W40-P10-G0.0	32
SD-W40-P10-G2.5	46
SD-W50-P10-G0.0	12
SD-W50-P10-G2.5	20
CS-W40-P 0-G0.0	27
CS-W40-P 0-G2.5	39
CS-W40-P10-G0.0	41

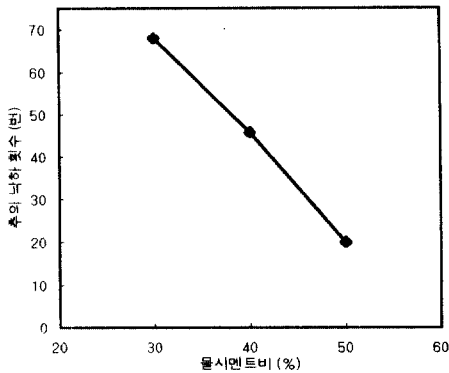


그림 5. 물시멘트비별 내충격시험

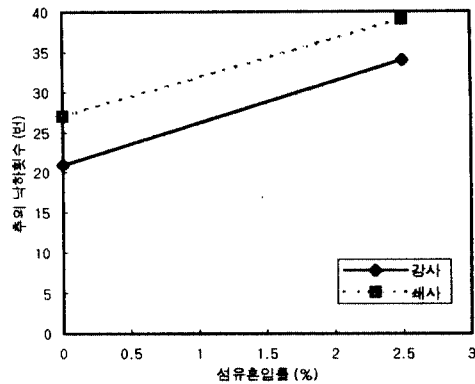


그림6. 골재의 종류별 내충격시험

3.4.프로시메타 (Mercury porosimetry)

모르타의 강도는 세공경 조직에 지배된다는 것을 고려하여, 수은 압입법으로 세공경분포를 측정된 결과를 표 8에 나타내었다. 표 7에서는 시험체의 공극의 크기는 100 - 1 μ m, 1 - 0.01 μ m, 0.01 - 0.07 μ m 로 구분되어 있다. 100 - 1 μ m 의 크기는 비교적 공극이 큰구간이고, 1 - 0.01 μ m 의 크기는 작은 공극 이고, 0.01 - 0.07 μ m의 크기의 공극은 미소공극 이다. 강도에 영향을 미치는 공극의 크기 범위는 100 - 0.01 μ m 이다. 공극의 크기는 물시멘트비가 작을수록 공극은 작아지고, 골재는 쇄사,강사 순이다. 또한 섬유를 혼입한 것이 공극의 양이 많아짐을 보여 주고 있다.

따라서 SD-W30-P10-G0.0 의 공극이 가장작다. 이를 전반부에서 측정한 압축강도시험과 비교해보 면 동일한 경향이 있음을 알 수 있다. 그림7과 그림8을 비교하면 섬유를 혼입한 시험체는 공극이 100-0.01 μ m 구간에서 공기량을 (0.0296 ml/g) 더 함유 하고있다.또한 그림 9,10에서는 폴리머를 첨가한 시험체가,폴리머를 첨가하지 않은 시험체보다 공기량이 0.0171ml/g을 적게 함유하고 있다. 그러므로 폴리머를 함유한 시험체는 내약품성,동결융해,내충격성에서 보통시멘트모르타 시험체보다 우수하다고 사료된다.

표8. 프로시메타 시험 결과 (공극의 크기)

시험채명	공극의 크기(ml/g)		
	100~1 μ m	1~0.01 μ m	0.01~0.07 μ m
SD-W30-P 0-G0.0	0.0341	0.0652 (0.0311)	0.0683 (0.0031)
SD-W30-P 0-G2.5	0.0365	0.0948 (0.0583)	0.1044 (0.0096)
SD-W40-P 0-G0.0	0.0629	0.1270 (0.0641)	0.1327 (0.0057)
SD-W40-P 0-G2.5	0.0682	0.1274 (0.0592)	0.1316 (0.0042)
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 (0.0068)
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	0.0558	0.1159 (0.0601)	0.1254 (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)

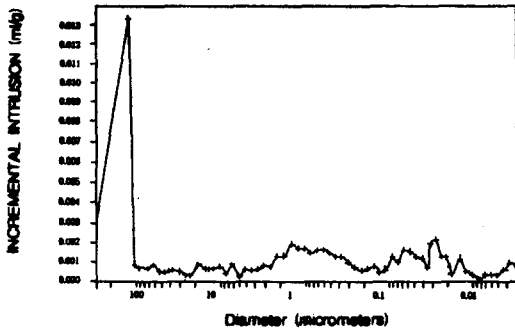


그림 7. 프로시메타 시험결과
(강사 W/C 30 % 폴리머 10% 함유 0.0%)

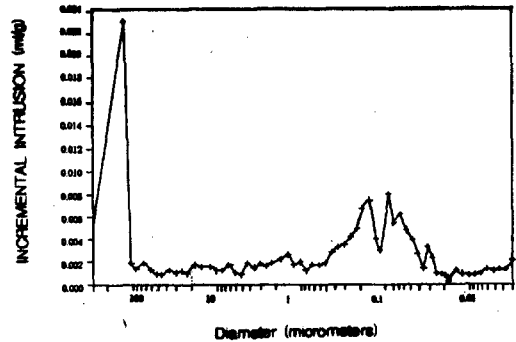


그림 8. 프로시메타 시험결과
(강사 W/C 30 % 폴리머 10% 함유 2.5%)

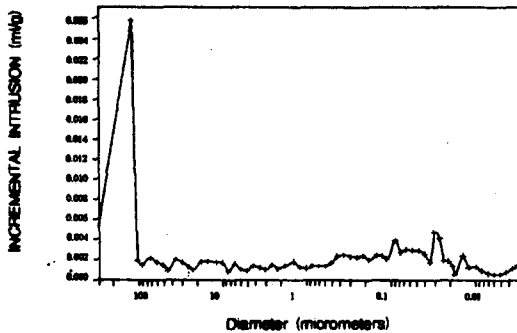


그림 9. 프로시메타 시험결과
(강사 W/C 40 % 폴리머 0% 함유 0.0%)

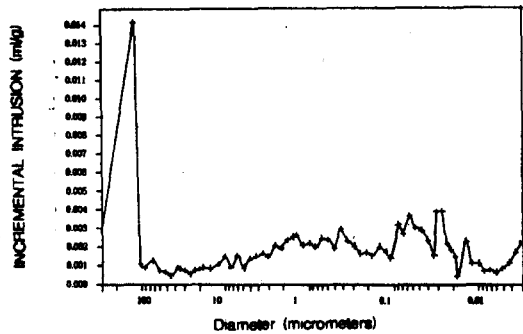


그림 10. 프로시메타 시험결과
(강사 W/C 40 % 폴리머 10% 함유 0.0%)

4. 결론

(1) 압축강도는 섬유를 첨가하면 증가하다가 섬유첨가량이 1.5%에서 최고치를 나타낸 후에 섬유첨가량이 증가함에 따라 압축강도가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 휨강도는 첨가량이 2.5%에서 최고치를 나타낸 후에 섬유첨가량이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

(2) 공극의 크기는 물시멘트비가 작을수록 공극은 작아지고, 섬유를 혼입한 것이 공극의 양이 많아짐을 보여주고 있으며, 시험체중SD-W30-P10-G0.0의 공극이 가장작다. 이를 전반부에서 측정된 압축 강도 시험과 비교해보면 동일함을 알수 있다.

(3) 내충격시험은 시험체의 강도발현과 유사한 형태로 나타났으며, 물시멘트비가 작을수록, 섬유혼입률이 증가할수록, 파괴도달 횟수가 증가하였고, 골재의 종류별로는 쇄사가 내충격성이 큰 것으로 나타났다.

(4) 프로시메타에서는 섬유를 혼입하면 공기량은 많아지고, 폴리머를 혼입하면 미세공극이 많아지며, 전체 공기량은 저하되는 것으로 나타났다.

이상으로 섬유량이 과다하게 첨가되면 휨강도의 감소를 가져오는 경향을 나타내지만 적정섬유첨가량은 휨강도, 인장강도, 내충격성을 증가시키므로 이를 함께 고려하여 판단할 필요가 있다.

5. 참고문헌

1. Y.Ohanma: Resistance of Polymer-Modified Mortars to Chloride Penetration *ibid*, V.II,
2. 한국콘크리트학회, "섬유보강콘크리트", 최신콘크리트공학, 기문당, 1993. pp.585-630.
3. 소양섭, 박홍신, 조영국, 이제방 : 폴리머 시멘트 모르타르의 개발에 관한 기초적 연구 : 대한건축학회 논문집, V. 7, No.4, P.241~248, 8. 1991
4. Joseph A. Lavelle : Acrylic Latex-Modified Portland Cement : *ACI Materials Journal*, V.85 No.2, P.41-48. 1988
5. Hatrix, B., Varlow, J., and Ellis, C. D., ' The Fracture Behavior of Fiber Reinforced Concrete ', *Cement and Concrete Research*, Vol.2, 1972. pp. 447-461.
6. Majumdar, A. J., "Glass Fiber Reinforced Cement ", Published on Building Research Establishment, London, United Kingdom, 1991.
7. 박성호, "유리섬유보강콘크리트(GFRC)의 특성 및 이용", 콘크리트학회지, 제 2권 2호, 1990 .6.
8. 박승범, "섬유보강콘크리트", 콘크리트학회지, 제 2권 1호, 1990. 3.