

혈암을 잔골재로 사용한 불포화 폴리에스터 모르타의 특성

Properties of Unsaturated Polyester Mortar Using Shale as Fine Aggregates

박 준 철* 배 근 철* 최 영 준** 서 인 식*** 김 화 중**** 김 영 수*****
Park, Jun Chul Bae, Keon Chul Choi, Young Jun Su, In Sick Kim, Wha Jung Kim, Young Su

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate properties of unsaturated polyester mortar using the shale as find aggregates. To evaluate properties of unsaturated polyester mortar using crushed sand from Black shale, Red shale, Gray shale, we performed the experiment according the F/B ratio of 25, 30, 35% and the volume of fine aggregate of 50, 53, 56%. The Result of this study is as follows. the strength of unsaturated polyester mortar is higher than those of river sand. The F/B ratio is higher and the volume of find aggregate is lower, the strength of unsaturated polyester mortar is higher

1. 서론

건축공사의 규모가 매년 증가함에 따라 건축재료의 사용량도 증가하고 있다. 특히 콘크리트 용적의 70~80%를 차지하고 있는 골재의 경우 천연골재의 고갈이 심각한 상황에 이르렀으며 굵은골재의 경우는 대부분 부순자갈로 대체되고 있는 실정이다. 부순자갈 생산시 발생하는 다량의 석분과 지하철이나 터널공사시 발생하는 다량의 암석이 선진국의 경우 부순모래로 재활용되고 있으나 국내에서는 제조시설의 미비와 품질관리기술의 부족 등의 문제로 인하여 야적 또는 폐기되고 있으므로 부순모래의 재활용에 관한 연구가 시급한 실정이다.

최근 대구지역에서 진행중인 지하철 공사에서 다량의 암석이 발생하고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다. 그러나 대구지역의 지질은 암석중생대 백악기의 퇴적암으로 대부분 혈암으로 구성되어 있으며 혈암은 일반적으로 층리가 발달되어 이방성이고 파쇄시 입형이 고르지 못하며, 반응성 골재이므로 콘크리트용 골재로 사용시 화학적 안정성이 문제가 된다고 한다. 따라서 혈암을 부순골재로 사용하

- * 정희원, 경북대학교 건축공학과 석사과정
- ** 정희원, 경북대학교 건축공학과 박사과정
- *** 정희원, 경동정보대학 토목과 교수
- **** 정희원, 경북대학교 건축공학과 교수
- ***** 정희원, 경북대학교 토목공학과 교수

기 위해서는 별도의 화학처리나 고분자 물질을 합성하는 것을 권하고 있으며, 표층부의 혈암은 풍화된 정도가 심하기 때문에 실제 부순 골재로 사용하기에는 적합하지 않으나 심층부의 혈암은 소정의 강도를 유지하고 있으므로 부순 골재로 사용이 가능한 것으로 알려져 있다.¹⁾

따라서 본 연구는 대구지역의 지하철 공사 현장에서 발생하는 혈암의 재활용 가능성을 검토하기 위하여 심층부에서 발생한 혈암을 가공하여 부순모래를 제작한 후 기본품질시험을 행하였으며, 충전재/바인더비(이하 F/B), 골재용적, 골재 종류에 따른 불포화 폴리에스테르 모르타(이하 UPE 모르타)의 작업성, 강도 및 파괴실험을 행하여 UPE 모르타의 잔골재로써 혈암의 사용가능성을 제시하고자 한다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 불포화폴리에스테르 액상수지(UPE)

본 실험에 사용된 폴리머는 국내 E사의 올소타입(ortho type) 불포화폴리에스테르 수지(비중 1.12, 스티렌함량: 38%)로서 코발트계 경화촉진제가 첨가되어 있으며, 경화제로는 MEKPO 55%, DMP 45%로 구성된 표준경화형 촉매제를 사용하였다.

2.1.2 충전재 및 잔골재

충전재로는 쌍용양회 광양공장의 고로슬래그 미분말(비중 2.92, 분말도 4,480cm²/g)을 사용하였다. 부순모래는 Black Shale(이하 Black), Red Shale(이하 Red), Gray Shale(이하 Gray)의 3종류의 혈암을 3차례의 파쇄 과정을 거쳐 입도를 조정된 후 사용하였으며 강모래는 기초 실험에서 얻은 데이터에 의거하여 UPE 모르타 제작시 부순모래와 작업성이 유사한 경북 해평산 강모래(비중 2.57 F.M 2.35)를 사용하였다. 본 실험에서의 충전재와 잔골재는 모두 100℃에서 24시간 건조시켜 사용하였다.

2.2 품질시험 방법

품질시험은 KS F 2527(콘크리트용 부순골재)에 규정되어 있는 품질시험방법에 따라 행하였으며 시험항목은 표 1과 같다.

표 1 부순 골재 품질시험 방법

시험항목	실험방법	허용기준
입도 및 조립율 (%)	KS F 2502의 시험방법에 따라 행함	KS F 2527에 규정되어 있는 표준입도곡선
비중	KS F 2504의 시험방법에 따라 행함	2.50이상
단위용적중량 (kg/m ³)	KS F 2505의 시험방법에 따라 행함	-
200번체 씻기 손실을 (%)	KS F 2511의 시험방법에 따라 행함	7% 이하
입형판정실적율 (%)	KS F 2527의 시험방법에 따라 행함	53% 이하

2.3 배합비

UPE 모르타의 배합비는 기초 실험을 행한 결과 F/B 40%와 골재용적 60%이상에서는 작업성이 현저하게 저하되어 공시체 제작에 어려움이 있었으며 다짐불량으로 인한 강도저하가 예상되었다. 따라서 본 실험에서는 F/B를 25, 30, 35%, 골재용적을 50, 53, 56%로 변화시켜 실험을 행하였으며 UPE 모르타의 배합비는 표 2와 같다.

표 2 UPE 모르터의 배합비

충전재/바인더비 (vol %)	골재용적 (vol %)	부피비 (vol %)		
		UPE	충전재	골재
25	50	37.5	12.5	50
	53	35.3	11.8	53
	56	33.0	11.0	56
30	50	35.0	15.0	50
	53	32.9	14.1	53
	56	30.8	13.2	56
35	50	32.5	17.5	50
	53	30.5	16.5	53
	56	28.6	15.4	56

2.4 실험방법

2.4.1 배합 및 작업성

UPE 모르터의 혼합은 우선, UPE 수지와 경화제를 1분간 혼합하고, 미리 건비빔된 충전재와 골재에 투입하여 3분간 혼합하였다. 플로우 테스트는 모터 플로우 테이블(motor Flow Table)을 사용하였다.

2.4.2 강도 및 파괴특성

힘강도는 4×4×16cm의 공시체를 제작하여 중앙점 재하방법으로 행하였으며 압축강도는 힘강도 실험 후 시편을 이용하여 4×4cm의 면적에 하중을 재하시켜 실험을 행하였다.

파괴특성을 시험하기 위한 공시체는 4×8×36cm로 하였고, 노치의 깊이는 40mm로 하였으며, 파괴 실험은 제작된 파괴실험용 프레임에서 허용용량 20ton의 로드셀(load cell)을 0.25mm/min의 속도로 중앙점 재하방법으로 행하였다. 본 실험에서 수직변위는 재하점과 지지부의 국소적인 파괴로 인하여 측정에 큰 영향을 미치므로 그림 2에 보이는 변위측정용 프레임을 사용하여 오차를 줄였다. 변위측정기는 일본 Tokyo Sokki사의 제품을 사용하였는데, 수직변위는(VT)는 감도 1×10⁻²mm의 변위계를 부착하고, 2개소에 크랙의 개구변위(CM1, CM2)를 측정하기 위하여 감도 547×10⁻⁵mm의 클립게이지(Clip Gauge)를 사용하였다. 또한, 파괴에너지(Gf)는 하중-변위 곡선에서 곡선의 면적을 파괴된 면적(A)으로 나눈 값으로 구하였다

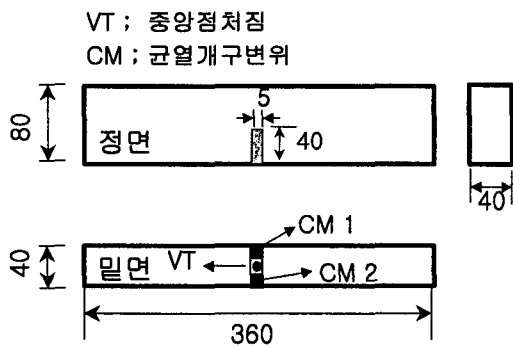


그림 1 시험체 개요 및 측정위치 (단위:mm)

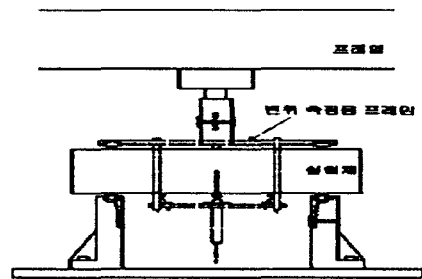


그림 2 시험체와 재하장치

3. 실험결과 및 고찰

3.1 품질시험결과

표 3은 부순모래의 품질시험결과를 나타낸 것이다. 본 논문에서 사용한 부순 모래의 입도곡선은 그림 3과 같고 KS F 2527에 규정되어 있는 표준입도곡선을 모두 만족하였다. 비중은 2.65~2.73 정도로 허용범위 2.5이상으로 나타났다. 단위용적 중량은 1630~1730 (kg/m³)정도의 수준을 보였고 입형판정 실적율은 54.9~56.9%로 모래에 비해 다소 낮게 나타났으나 허용기준 53% 이상으로 나타났다. 200번 체 씻기손실률의 경우 4.16~6.20%로 일반 모래에 비해 다소 높게 나타났으나 허용기준은 만족하였다.

표 3 부순모래의 품질시험 결과

시험 항목	조립율	비중	단위용적 중량 (kg/m ³)	200번체 씻기손실율 (%)	입형판정 실적율 (%)
허용기준	-	2.5이상	-	7%이하	53%이상
Black	2.91	2.73	1729	4.16	56.9
Red	2.96	2.67	1663	6.20	54.9
Gray	3.00	2.65	1634	4.12	55.0
Sand	2.35	2.57	1690	1.50	59.4

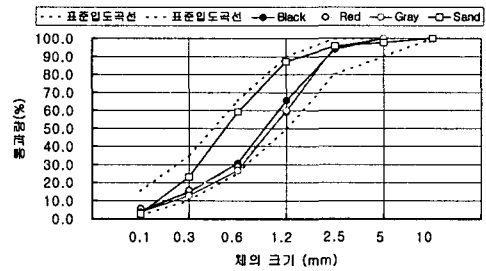


그림 3 체의 크기에 따른 통과량

3.2 작업성

그림 4는 잔골재 종류에 따른 플로우값을 나타낸 것이다. 골재 종류에 따른 플로우값은 Black, Sand, Gray, Red 순으로 근소하게 차이를 보이며 Black이 다른 부순 모래에 비해 2~8%정도 높게 나타났다. 이것은 입형판정실적율이 다른 부순모래에 비해 다소 높기 때문인 것으로 사료된다. Sand의 경우 Black에 비해 플로우값이 다소 낮게 나타났으며 이는 입형판정실적율은 부순 모래에 비해 높으나 조립율이 현저하게 낮기 때문인 것으로 사료된다. Red의 경우는 다른 부순모래에 비해 작업성이 다소 떨어지는 것으로 나타났으며 이는 잔입자의 혼입율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

골재 용적에 따른 플로우값은 골재 용적이 3% 증가함에 따라 약 7.1~17.6% 정도 감소하는 경향을 보였고, 이러한 경향은 F/B 25%에서 크게 나타났으며, F/B 35%, 골재용적 56%는 현저한 작업성 저하를 보였다. 또한, F/B가 5%증가함에 따라 약 3.9~10.5%정도의 감소를 보였다. 이는 전체 용적에서 UPE의 용적비가 감소로 인한 것으로 판단된다.

3.3 강도특성

그림 5는 골재용적 56%에서의 F/B에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 압축강도는 부순 모래의 경우 전체적으로 987~1196(kgf/cm²)의 범위로 나타났으며 Black이 다소 높게 나타났다. 일반 모래는 897~1069 (kgf/cm²)의 범위로 나타났으며 Black에 비해 9.7~20.2% 정도 낮게 나타났다. 이는 입형이 나뉠수록 유동성은 낮아지나 UPE와 골재간의 물리적 부착력은 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 골재 용적에 따라서는 약간의 차이는 있으나 골재 용적이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였고 F/B에 따라서는 전체적으로 F/B가 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 보였으며, 골재용적 53%에서는 F/B 30%에서 조금 높게 나타났다.

그림 6은 F/B 25%에서의 골재 용적에 따른 휨강도를 나타낸 것이다. 휨강도는 부순 모래의 경우 전체적으로 222~298 (kgf/cm²)의 범위로 나타났으며 Black이 다른 골재에 비해 5.1~20.4% 정도 높게 나타났다. 일반 모래는 220~226 (kgf/cm²)의 범위로 나타났고, Black에 비해서는 15%정도 낮게 나

타났으나 다른 부순 모래와는 유사하게 나타났다. 골재용적에 따라서는 전체적으로 골재용적이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으며 F/B 30%의 경우 골재용적이 53%까지는 증가하다가 56%에서 감소하는 경향을 보였다. F/B에 따라서는 골재용적에 따라 압축강도의 경우와 유사한 경향을 보였다.

표 4 작업성 강도 및 파괴에너지

F/B (vol %)	골재 용적 (vol %)	골재 종류	플로우 (mm)	압축 강도 (kgf/cm ²)	휨 강도 (kgf/cm ²)	파괴 에너지 (N/m)
25	50	Black	173	1196	298	401
		Red	159	1124	253	316
		Gray	161	1112	250	350
		Sand	170	1013	256	318
	53	Black	143	1127	293	379
		Red	134	1100	256	298
		Gray	137	1067	234	319
		Sand	141	925	232	262
	56	Black	126	1120	277	391
		Red	115	1078	234	296
		Gray	122	1031	222	270
		Sand	127	897	220	278
30	50	Black	159	1179	289	335
		Red	152	1128	242	326
		Gray	155	1118	248	254
		Sand	157	1034	246	241
	53	Black	137	1169	300	335
		Red	134	1157	259	258
		Gray	135	1143	267	266
		Sand	135	1040	250	272
	56	Black	123	1196	268	333
		Red	118	1108	252	313
		Gray	119	1133	251	225
		Sand	120	997	254	261
35	50	Black	143	1172	290	342
		Red	134	1158	267	289
		Gray	142	1122	258	269
		Sand	142	999	239	310
	53	Black	133	1135	289	311
		Red	128	1123	249	341
		Gray	129	1094	222	212
		Sand	131	906	233	225
	56	Black	111	1184	266	283
		Red	104	1174	254	336
		Gray	107	1117	229	263
		Sand	107	1069	238	250

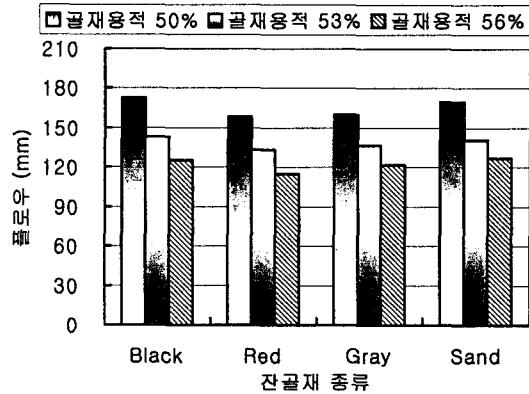


그림 4 잔골재 종류에 따른 플로우값

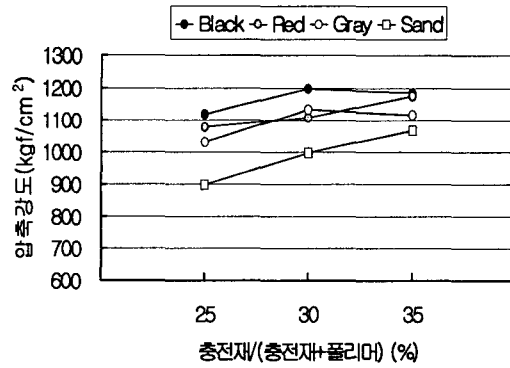


그림 5 F/B에 따른 압축강도

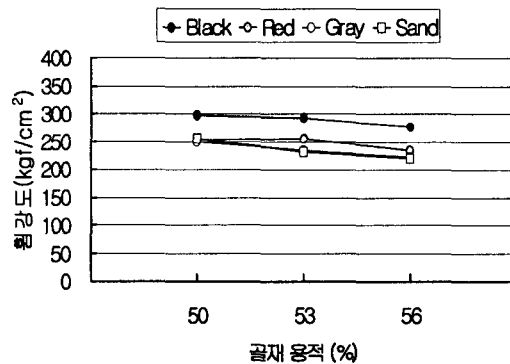


그림 6 골재용적에 따른 휨강도

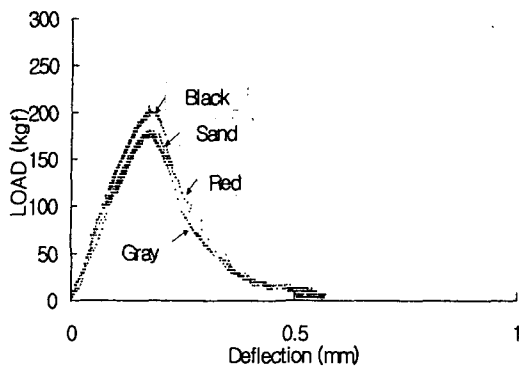


그림 7 골재종류에 따른 하중-변위 곡선

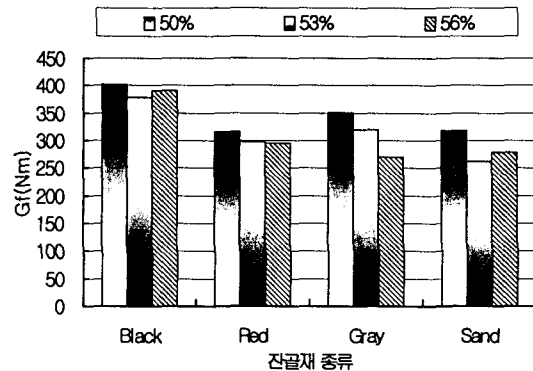


그림 8 골재용적에 따른 파괴에너지

3.4 파괴특성

그림 7은 F/B 25%, 골재용적56%에서의 골재종류에 따른 하중-변위 곡선을 나타낸 것이다. 최대하중은 골재 종류에 따라 Black이 다른 골재에 비해 3.3~15.8%정도 높게 나타났으며 Red, Gray, Sand는 거의 유사한 것으로 나타났다. 골재용적에 따라서는 휨 강도와는 달리 골재용적이 증가함에 따라 다소 증가하는 것으로 나타났다.

그림 8은 F/B 25%에서의 골재종류에 따른 파괴에너지(Gf)를 나타낸 것이다. 파괴에너지는 골재종류에 따라 Black이 다른 골재에 비해 9.1~30%정도 높게 나타났으며 다른 골재는 비슷한 값을 나타내었다. 골재 용적에 따라서는 조금의 차이는 있으나 골재용적이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다.

4. 결론

혈암의 품질시험 및 UPE 모르터의 특성을 시험해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 혈암 부순모래는 입형판정실적율이 일반모래에 비해 작고 미분 함량이 크지만 부순모래의 기준치에는 만족하므로 잔골재로 사용하기에는 적합한 품질을 유지하는 것으로 판단된다.
- 2) 작업성은 F/B35% 때 골재 용적 56% 이상에서는 작업성의 현저한 저하를 보이므로 F/B는 25~30%의 범위를 유지하고, 골재용적은 55% 이상을 넘지 않는 것이 작업성에 유리한 것으로 사료된다.
- 3) 강도 및 파괴에너지는 혈암의 부순모래를 사용할 경우 강모래에 비해 다소 높게 나타났으며 압축 및 휨 강도는 F/B가 증가할수록 골재 용적이 감소할수록 다소 증가하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 97년 한국학술진흥재단의 대학부설연구소과제 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 경북대학교 환경과학연구소, "지하철 건설 현장에서 생성되는 혈암의 건설재료 이용연구," 2000.
- 2) 대한주택공사 주택연구소, "콘크리트용 부순모래(碎砂)의 실용화방안 연구," 1996.
- 3) 장태연, "石炭廢石을 이용한 폴리머 콘크리트의 物性·力學的 特性," 1996.
- 4) 한국콘크리트학회, "부순모래 및 부순모래 콘크리트," 1998.