

재유화형 분말수지와 고로 슬래그 미분말을 혼입한 폴리머 콘크리트의 압축강도 및 내산성

Compressive Strength and Acid-Resistant of Polymer Concrete Using Redispersible Polymer and Blast Furnace Slag Powder

김인수* · 성찬용**†

Kim, In-Su* · Sung, Chan-Yong**†

Abstract

This study was performed to evaluate the compressive strength and acid-resistant of polymer concrete using redispersible polymer powder(RPP) and blast furnace slag powder(BSP). Material used were ordinary portland cement, recycled coarse aggregate, natural fine aggregate, redispersible polymer powder and blast furnace slag powder. The main experimental variables were the substitution ratio of redispersible polymer powder and blast furnace slag powder, when the substitution ratios of RPP were 0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6%, and those of BSP were 10%. The compressive strength and acid-resistant of polymer concrete using RPP and BSP were compared with those of ordinary concrete(Basis). When the substitution ratio of RPP was 1%, at age of 28 days, the compressive strength were more higher than those of Basis by 24%, and it was decreased with increasing the RPP content, respectively. Also, the water absorption ratio was decreased with increasing the RPP content. But, the acid-resistant was improved with increasing the RPP content.

Keywords : Redispersible polymer powder, Recycled coarse aggregate, Blast furnace slag powder, Compressive strength, Water absorption ratio, Acid-resistant.

1. 서 론

환경보전과 개발이라는 상충된 입장을 동시에 충족시키고, 구조물의 다기능 고성능화에 대한 요구수준이 점차 고도화되면서 이에 적합한 신재료, 신기술

개발이 활발히 이루어지고 있다.¹³⁾

한편, 산업의 발달과 함께 고도 성장기에 건설된 수많은 콘크리트 구조물들이 점차로 노후화되거나 그 수명을 다하여, 이로인해 발생하는 건설폐기물의 급증으로 폐기물의 처리문제 또한 해결해야 할 당면 과제이며, 폐기물의 재활용은 필수적이라 하겠다.²⁾ 고갈되는 자원과 환경문제의 심각성으로 건설폐기물의 자원화 방안에 대한 많은 투자와 연구가 진행되고 있으며, 경제적, 제도적 여건의 미비 등으로 시행상 문제점이 도출되고 있으나, 건설폐기물을 콘크리트 재료로 재생골재의 이용은 기존 연구결과^{2,12)}에

* 충남대학교 대학원

** 충남대학교 농업생명과학대학

† Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5798

Fax: +82-42-821-8877

E-mail address: cysung@cnu.ac.kr

2008년 7월 24일 투고

2008년 9월 22일 심사완료

2008년 9월 23일 게재확정

의해 충분히 검증되고 있다.

일반적으로, 구조물의 성능저하 현상은 내외부적인 영향과 물리·화학적인 요인 등에 의하여 재료의 품질, 기능 등 구조물의 성능이 시간이 경과함에 따라 저하되는 것을 의미하며, 일반적으로 내구성이란 성능저하에 대하여 저항하며 요구되는 역학적, 기능적 성능을 보유했을 수 있는 능력을 말한다.⁶⁾ 즉, 동결융해, 건조수축 등이 반복하여 작용하는 기상작용을 비롯하여 황산염과 염류 등의 화학물질에 의한 침식작용, 중성화, 철근부식 등 콘크리트의 사용상 발생하는 여러작용에 저항하여 장기간의 세월에 걸쳐 사용에 저항할 수 있는 성질로 정의할 수 있다.¹¹⁾

특히, 농업용 수리시설물은 용배수로, 옹벽, 보, 여수로, 잠관, 암거, 수로터널 등 대부분 소형 구조물로서 구조물 제성능 저하에 영향을 미치는 요소가 외력에 의한 것보다는 시공이나 사용단계에서 토양이나 물에 항시 접하여 건조와 염해에 직접영향을 받는 열악한 외부 환경조건에 의한 영향으로 균열, 동결융해, 중성화, 염해, 알칼리골재반응, 침식 등에 의해 설계목표내구연한을 채우지 못하고 노후화되거나 제기능을 상실하는 경우가 많다.^{6,10)}

또한, 최근 환경오염이 심각해지면서 콘크리트가 해수, 산성토양, 공장폐수, 오염된 환경 등에 접하는 기회가 증가하여 계속적으로 화학적인 침식을 받는 경우가 많아졌으며, 이로 인한 콘크리트의 성능저하로 강도의 감소, 표면부식 및 탈락, 철근의 부식 등이 발생하는 빈도가 높아지고 있으며, 특히 화학적 침식은 주로 황산, 황산나트륨 등의 황산염이온에 의한 침식과 해수중의 염소이온 등에 의한 침식이 가장 크게 작용하는 것으로 알려져 있다.¹¹⁾

이와 같은 구조물의 대부분은 수밀성을 요하는 구조물로서, 콘크리트 강도측면의 설계보다는 내구성 측면에서의 설계가 장기적으로 콘크리트의 성능유지나 경제적인 면에서 유리하다고 할 수 있다.⁵⁾

콘크리트의 내구성 향상을 위해서 콘크리트의 장기강도, 수밀성 및 수화발열량 감소로 인한 균열억제 등 침투저항성 향상에 뛰어난 무기질 혼화재인 고로 슬래그 미분말¹⁰⁾과 시멘트 혼화용으로 수밀성, 내구성, 부착성, 내약품성에 유리한 에틸렌 초산비닐

(EVA)계의 재유화형 분말수지를 혼화제로 사용하므로 내구성능에 상당한 개선효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 재유화형 분말수지는 경화과정에서 콘크리트속의 작은 공극과 모세구조를 성장형 유기화학 결정체 성분으로 채워주게 됨으로써, 물의 이동을 사실상 차단시켜 내부공극을 감소시키고 골재와의 부착성을 향상시키는 기능을 발휘하는 것으로 알려져 있다.^{1,3,5,6)}

따라서, 본 연구는 열화의 매개체라 볼 수 있는 물과 상시 접하는 농업용 수리시설물, 지중매설물, 해양구조물, 토양오염지역의 구조물 등 다양한 사용환경과 용도 및 특성에 적합한 기능을 발휘할 수 있도록, 재유화형 분말수지와 고로 슬래그 미분말을 사용하여 설계기준강도를 만족하면서 내구성능이 우수한 콘크리트의 개발에 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

시멘트는 KSF 5201에 규정된 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질과 화학성분은 Table 1, 2와 같다.

Table 1 Physical properties of ordinary portland cement

S.G	Setting time (h-min)		Compressive strength (MPa)		
	Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	5-7	7-20	19	21	32

Table 2 Chemical composition of ordinary portland cement (Unit : wt.%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

나. 고로 슬래그 미분말

광양제철소의 고로에서 용융상태의 고온 슬래그를 급냉하여 입상화한 고로 슬래그 미분말을 사용하였

Table 3 Physical properties of blast furnace slag powder

Grain size (mm)	Specific gravity (20℃)	Specific surface area (cm ² /g)	Unit weight (kg/m ³)	Color
<0.15	2.90	4,651	1,077	White

Table 4 Chemical composition of blast furnace slag powder (Unit : %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Ig. loss
33.30	13.27	44.30	5.80	2.45	0.28	0.60

으며, 그 물리적 성질과 화학성분은 Table 3, 4와 같다.

다. 재유화형 분말수지

재유화형 분말수지는 액상수지를 건조한 분산물질로서, 물에 쉽게 재분산되는 EVA(ethylene vinyl acetate)계 공중합 폴리머 분말을 사용하였으며, 시멘트와 같은 무기질 결합재와 함께 수경성 화합물 미장재, 콘크리트 보수용 모르타르, 바닥재, 시멘트 페인트 등과 같은 결합분야에 주로 사용되고 있으며¹⁵⁾, 그 물리적 성질은 Table 5와 같다.

라. 골재

골재는 경기도 I사에서 콘크리트 폐기물을 재활용

한 최대입경 20mm로 제조된 1종 재생골은골재와 금강유역에서 채취한 천연모래를 잔골재로 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table 6과 같다.

마. 고성능 감수제

단위수량을 감소하여 콘크리트의 강도를 증진시키고, 연행 공기량을 확보하기 위하여 S사의 나프탈렌 설폰산 포르말린 축합물을 주성분으로 한 고성능 감수제를 사용하였으며, 그 일반적 성질은 Table 7과 같다.

바. 내산성 시험용 시약

콘크리트의 내구성 시험은 동결융해시험과 황산, 염산, 질산 등을 사용한 내산성시험 등 여러 가지가 있으나, 그중 본 연구에서는 콘크리트의 침식에 가장 많은 영향을 미치는 황산을 택하였으며, 순도 99%인 황산(H₂SO₄)을 실험 적정희석액인 5%용액으로 제조하여 사용하였다.

2. 시험체 제작 및 양생

가. 배합설계

일반 구조물 및 농업용 수리시설물의 설계기준강도인 재령28일 압축강도 24MPa, 슬럼프 15±1cm, 콘크리트의 내구성을 위해 단위수량을 170kg/m³이

Table 5 Physical properties of redispersible polymer powder

Type of polymer	Solid content	Ash content (1,000℃ / 30min)	Apparent density	Appearance	Stabilizing system	Particle size
EVA	99±1%	11 ± 2 %	540 ± 50 g/L	White powder	Poly vinyl alcohol	Max 4%, 400µm <

Table 6 Physical properties of aggregates

Type	Size (mm)	Specific gravity (20℃)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus	Unit weight (kg/m ³)
Recycled coarse aggregate	5 ~ 20	2.2	6.11	6.88	1,214
Natural fine aggregate	<4.75	2.61	2.34	2.32	1,476

Table 7 General properties of superplasticizer

Specific gravity (20℃)	PH	Color	Freezing point (℃)	Principal ingredient	Unit weight (kg/m ³)
1.20	9±1	Dark brown liquid	-2	Naphthalence sulfonate	1,190

Table 8 Mix design of polymer concrete using redispersible polymer powder and blast furnace slag powder

Mix type	Replace ratio of admixture (%)			Unit weight (kg/m ³)							W/B (%)	S/a (%)
	RPP	BSP	SP	Gravel	Sand	Cement	Water	BSP	RPP	SP		
Basis	-	-	1	989	805	346	168.0	-	-	3.47	48.6	44.6
RB-0	0	10	1	989	805	312	168.0	34.7	-	3.47	48.5	44.6
RB-1	1			989	805	308	168.0	34.7	3.5	3.47	48.5	44.6
RB-2	2			989	805	305	167.7	34.7	6.9	3.47	48.4	44.6
RB-3	3			989	805	301	167.3	34.7	10.4	3.47	48.3	44.6
RB-4	4			989	805	298	167.1	34.7	13.9	3.47	48.2	44.6
RB-5	5			989	805	294	166.7	34.7	17.3	3.47	48.2	44.6
RB-6	6			989	805	291	166.0	34.7	20.8	3.47	47.9	44.6

* RB : Redispersible polymer powder content 0 ~ 6% and blast furnace slag powder content 10%

* RPP : Redispersible polymer powder

* BSP : Blast furnace slag powder

* SP : Superplasticizer

* W/B : Water / (Cement + BSP + RPP)

하가 되도록 배합설계를 하였고, 슬럼프 15±1cm를 만족할 때의 단위수량과 시멘트, 잔골재율, 단위 골재량을 결정하였다. 예비실험을 통해 그중 콘크리트의 수밀성 및 내구성 향상을 위한 재유화형 분말수지를 결합재 중량의 0.0%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0%, 5.0%, 6.0%와 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서 일반적으로 사용하는 고로 슬래그 미분말을 결합재 중량의 10%를 혼입하였고, 물-시멘트비를 감소시키고 유동성을 증가시키기 위해 고성능 감수제를 결합재 중량의 1%를 혼입하였으며, 이에 대한 배합설계는 Table 8과 같다.

나. 제작 및 양생

재유화형 분말수지를 혼입한 폴리머 재생 콘크리트의 제작은 KS F 2403(실험실에서 콘크리트 압축강도 및 휨강도용 시험체를 제작하고 양생하는 방법)에 준하여 제작하였고, 실온의 물에 쉽게 재분산되는 분말수지에 재생 굵은골재와 시멘트, 고로 슬래그 미분말을 투입하여 건비빔을 30초간 실시한 후 물과 고성능 감수제를 투입하여 1분간 90 rpm으로 고속 혼합하여 제작하였으며, 몰드에 타설된 시험체는 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 20±2℃의 온도로 수중양생 하였다.

3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS 와 BS에 규정된 방법에 준하여 실시하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 압축강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여, Φ75×150mm인 시험체를 재령 7일과 28일에 측정하였다.

나. 흡수율 시험

농업용 콘크리트 구조물은 대부분 4계절 옥외에 노출되어 있어, 동결융해에 의한 피해에 직면해 있다. 따라서, 흡수율 시험은 28일 동안 수중양생한 Φ100×200mm인 시험체를 105±5℃로 24시간 건조 후 실온에서 향량이 될 때까지의 중량과 23℃ 증류수에 24시간 침수시켰을 때의 중량을 측정하여, 다음 식으로 흡수율을 구하였다.

$$A.R = \frac{B-A}{A} \times 100$$

여기서, A.R = 흡수율(%)

A = 절대건조상태의 시험체 중량(g)

B = 수중양생된 표면건조포화상태의 시험체 중량(g)

다. 내산성 시험

내산성 시험은 순도 99%의 황산(H₂SO₄)을 5% 희석액으로 제조하여, 재령 28일된 Φ75×150mm의 시험체를 7일, 14일, 21일, 28일, 35일 동안 침지하고, 부식된 표면을 시험체가 손상되지 않도록 부드러운 철솔로 닦아내어 표면건조포화상태의 중량을 측정하여, 다음 식으로 산출하였다.

$$W = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

여기서, W = 침지재령에서의 중량 변화율(%)
 W₀ = 침지전 표면건조포화상태의 시험체 중량(g)
 W₁ = 침지재령에서 표면건조포화상태의 시험체 중량(g)

또한, 콘크리트의 중량이 25%이상 감소하면 콘크리트의 성능을 제대로 발휘할 수 없기 때문에,⁸⁾ 이때를 기준으로 하여 각각의 콘크리트에 대한 중량감소율을 측정하였으며, 희석액은 균질성을 위하여 1주마다 교체하여 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 압축강도

압축강도는 잔골재율, W/C, 시멘트 강도 및 골재 사용량에 따라 좌우되며, 배합설계의 기준이 될 뿐만 아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수, 내구성 등 경화한 콘크리트의 성질을 나타내는 요소로서 물/결합재비와 재유화형 분말수지의 혼입량에 따른 재령 7일, 28일에 대한 압축강도 시험결과는 Table 9 및 Fig. 1과 같다.

보통 콘크리트 기준배합과 고로 슬래그 미분말만을 10% 혼입한 RB-0에서, 재령 7일의 압축강도는 24.7MPa와 28.8MPa로 고로 슬래그 미분말을 혼입한 배합에서 17%의 강도증진이 나타났고, 재령 28

Table 9 Results of compressive strength test

Mix Type	Compressive strength(MPa)	
	7 days	28 days
Basis	24.7	28.5
RB-0	28.8	35.6
RB-1	25.5	35.2
RB-2	24.0	34.3
RB-3	23.0	33.6
RB-4	22.5	32.6
RB-5	21.1	28.9
RB-6	19.8	28.3

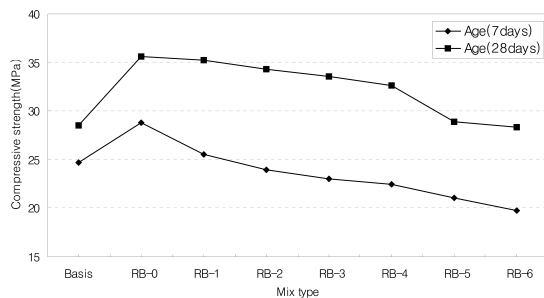


Fig. 1 Mix type versus compressive strength at age of 7days and 28days

일에서의 압축강도는 각각 28.5MPa와 35.6MPa로 보통 콘크리트 기준배합에 비해 25%의 강도증진이 나타났다.

이것은 고로 슬래그 미분말을 혼화제로 사용한 콘크리트의 압축강도가 보통 콘크리트 기준배합보다 장기강도 발현이 우수하다는 기존 연구와 유사한 결과라 하겠다.^{3,4,9)}

재유화형 분말수지의 혼입량에 따른 재령별 압축강도는 분말수지 혼입량이 증가할수록 압축강도가 감소하는 경향을 보였으며, 분말수지 혼입량이 0 ~ 6%로 증가함에 따라 재령 7일에서의 압축강도는 28.8MPa ~ 19.8MPa로 최대 31%의 감소를 나타내었고, 재령 28일에서는 각각 35.6MPa ~ 28.3MPa로 최대 21%의 강도감소를 보였다.

이와 같은 원인은 시멘트-폴리머비가 커질수록 압축응력을 부담하는 수화물의 강도가 작아짐과 동시에, 형성된 폴리머 필름이 겔 상태이기 때문이다¹⁵⁾.

또한, 재령 7일에서 분말수지 및 고로 슬래그를 혼

입한 배합(RB-2 ~ RB-6)에서의 강도가 24MPa ~ 19.8MPa로 보통 콘크리트의 기준배합의 강도인 24.7MPa 보다 2 ~ 20%의 강도감소가 나타났는데, 이와같이 초기재령에서 보통 콘크리트의 강도보다 강도 감소가 큰 이유는, 재유화형 분말수지가 콘크리트 속에서 경화하는 과정에 물에 녹지 않는 비가역적인 폴리머 필름막 형성을 위한 시간이 콘크리트 내부의 수화반응 시간보다 더 걸리기 때문에, 초기재령에서의 강도가 상대적으로 작은 값을 나타낸 것으로 생각된다¹⁵⁾. 따라서 초기재령에서 폴리머 필름막 형성을 위한 양생시간 및 조건을 충분히 고려하여 품질관리를 해야 할 것이다.⁵⁾

재령 28일에서의 압축강도는 보통 콘크리트 설계 기준강도 24MPa에 대한 배합강도를 만족하는 기준 배합의 압축강도가 28.5MPa로 재유화형 분말수지를 0 ~ 5% 혼입한 RB-0 ~ RB-5에서는 35.6 ~ 28.9MPa로 기준배합보다 높게 나타났으나, 분말수지를 6% 혼입한 배합 RB-6에서는 28.3MPa로 기준 배합과 유사한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 압축강도만을 기준으로 하였을 경우, 현재의 배합으로 설계기준강도 24MPa를 만족하기 위한 재유화형 분말수지의 적정 혼입량은 결합재 중량의 5% 이내가 적절할 것으로 판단되며, 분말수지량을 결합재 중량의 6% 이상 사용할 경우에는 구조물의 하중조건이나 특성 및 기능을 충분히 고려하여 사용해야 할 것이다.

2. 흡수율 시험

재유화형 분말수지와 고로 슬래그를 혼입한 재생 콘크리트의 흡수율 시험결과는 Table 10 및 Fig. 2와 같다.

Table 10 및 Fig. 2에서 보는 바와 같이, 흡수율은 보통 콘크리트 기준배합과 고로 슬래그 미분말만을 10% 혼입한 RB-0에서 3.87% 와 3.76%로 고로 슬래그 미분말을 10% 혼입한 RB-0에서 작게 나타났다. 이것은 고로 슬래그 미분말이 콘크리트의 내부 공극을 채워 밀실하게 되었기 때문이라는 기존 연구와 동일한 결과라 하겠다.^{3,9)}

Table 10 Results of water absorption test

Mix type	Water absorption(%)	Decreased ratio(%)
Basis	3.87	-
RB-0	3.76	2.8
RB-1	3.68	4.9
RB-2	3.60	7.0
RB-3	3.39	12.4
RB-4	3.32	14.2
RB-5	3.29	14.9
RB-6	3.21	17.5

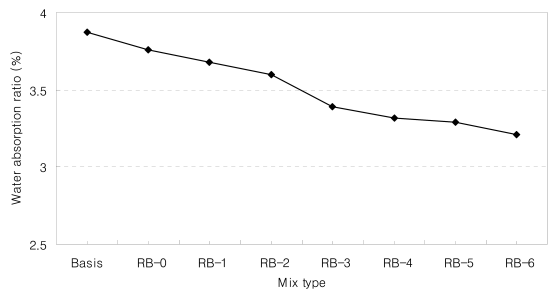


Fig. 2 Mix type versus water absorption ratio of polymer concrete

또한, 고로 슬래그 미분말 10%를 혼입한 경우, 재유화형 분말수지를 혼입하지 않은 RB-0에서는 3.76%, 6%를 혼입한 RB-6에서는 3.21%의 흡수율을 나타내고 있어, 압축강도와 같이 재유화형 분말수지의 혼입량이 증가할수록 흡수율은 감소하였으며,^{3,9)} 재유화형 분말수지의 혼입량이 6%일 때 기준배합의 흡수율보다 약 17%정도 감소되었다.

재유화형 분말수지 혼입량이 증가함에 따라 흡수율이 작아지는 것은 미세한 고분자 입자가 물 속에서 고로 슬래그 미분말과 함께 안정적으로 분산되어 콘크리트 속에서 균일한 폴리머 필름을 형성하여 공극 내부를 채워 수밀성이 확보되었기 때문이라 하겠다.

3. 내산성 시험

일반적으로 콘크리트의 수화생성물중에 다량으로 존재하게 되는 알칼리성의 수산화칼슘은 높은 용해성으로 산과 반응하기 쉬우며 수경성 화합물인 C-

S-H(calcium silicate hydroxyl)와 C-A-H(calcium aluminate hydroxyl)는 분해되며, 다량의 염류가 생성되어 염의 용축과 결정화 등에 의해 침식, 열화되는 것으로 알려져 있다.

특히, 염산이나 황산등에 의한 침식작용은 수경성의 염화칼슘(CaCl₂), 질산칼슘 (Ca(NO₃)₂)과 난용성의 황산칼슘(CaSO₄) 등을 생성하고, 규산과 알루미늄 등을 용해시켜 실리카와 알루미늄나겔을 생성하며 골재까지도 침식시킨다.

또한, 시멘트 콘크리트 구조물의 성능저하 현상의 원인중 하나가 황산염 반응에 의한 것으로서 지하수, 토양, 산성비 등에 자연 발생적인 황산염들이 존재하며 특히, 점토질의 토양에는 다량의 황산염들이 포함되어 있어 이러한 환경에 노출되는 경우 콘크리트의 성능저하가 발생하게 된다.¹⁴⁾

고로 슬래그 미분말과 재유화형 분말수지를 혼입한 재생 콘크리트의 내산성 시험에 대한 중량변화 시험결과는 Table 11 및 Fig. 3과 같다.

각 배합별로 황산 5% 용액에 침지 후 7일, 14일, 21일, 28일, 35일의 중량변화에 대하여 측정하였으며, 황산용액에 35일 동안 침지한 경우, 일반 콘크리트 기준배합에서의 중량감소율은 31.4%, 고로 슬래그 미분말만을 10% 혼입한 RB-0에서는 26.1%의 중량감소를 보였다.

이와 같은 결과는 고로 슬래그 미분말이 콘크리트의 내부공극을 채워 밀실하게 되었기 때문이며, 고로

Table 11 Mass loss ratio of polymer concrete cylinders immersed in 5% H₂SO₄ solution (Unit : wt, %)

Mix type	Immersed time (days)				
	7	14	21	28	35
Basis	8.8	15.8	20.5	25.3	31.4
RB-0	6.1	10.3	17.1	19.8	26.1
RB-1	6.1	10.0	17.0	19.8	25.8
RB-2	5.9	9.8	17.0	19.7	25.5
RB-3	5.5	9.5	16.5	18.7	24.5
RB-4	5.4	9.2	15.4	18.1	23.2
RB-5	4.6	8.7	14.2	16.3	21.4
RB-6	3.6	8.1	13.8	15.1	20.4

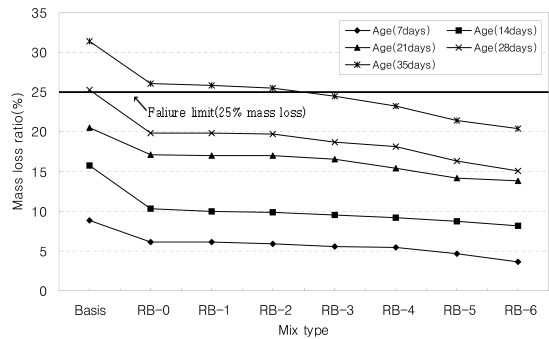


Fig. 3 Mix type versus mass loss ratio of polymer concrete cylinders immersed in 5% H₂SO₄ solution

슬래그 미분말 혼입량이 10%일때 기준배합보다 내 황산에 대한 저항성이 우수하다는 것을 알 수 있다.³⁾

또한, 재유화형 분말수지 혼입율이 0 ~ 6%인 RB-0 ~ RB-6에서 35일 동안 황산용액 침지에 의한 중량감소율이 26.1 ~ 20.8%로 감소하는 것으로 나타났으며, 재유화형 분말수지 혼입량이 6%일 때, 기준배합의 중량감소율에 비해 약 10.6% 감소되었다.

재유화형 분말수지 혼입량이 증가함에 따라 중량 감소율이 작아지는 것은 미세한 고분자 입자가 안정적으로 분산되어 콘크리트 속에서 균일한 폴리머 필름이 형성되었고, 분말수지가 가지고 있는 수용성 보호 콜로이드가 내부공극을 채워 수밀성이 확보되었기 때문이며, 비가역적인 필름막이 황산용액의 침투를 저하시켰기 때문이라 판단된다. 아울러, 고로 슬래그 미분말의 주성분이 SiO₂로서 산 및 알칼리에 침식되지 않은 화학적 특성으로 황산이온의 침투를 억제하였기 때문이라 생각된다.⁷⁾

IV. 결 론

농업토목구조물에 효율적인 콘크리트의 이용을 위한 기초적인 자료를 제공하기 위하여 보통 포틀랜드 시멘트, 고로 슬래그 미분말, 재유화형 분말수지, 재생골재, 천연간골재를 사용한 콘크리트에 대하여 압축강도, 흡수율, 내산성시험 등을 실시하였으며, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 압축강도는 재령28일에서 일반 콘크리트 기준배합과 고로 슬래그 미분말을 10% 혼입한 배합에서 각각 28.5MPa와 35.6MPa로, 고로 슬래그 미분말을 혼입한 배합에서 25%의 강도증진을 보였다. 또한, 재유화형 분말수지 혼입량이 증가할수록 압축강도가 감소하는 경향을 나타내었으며, 기준배합과 비교할 때 재유화형 분말수지를 5%혼입까지는 압축강도가 증가하였으나, 6%를 혼입한 RB-6에서는 28.3MPa로 기준배합의 압축강도인 28.5MPa보다 다소 낮은 값을 나타내었다.
2. 흡수율은 재유화형 분말수지 혼입량이 증가할수록 작게 나타났으며, 일반 콘크리트 기준배합과 고로 슬래그 미분말만을 10% 혼입한 RB-0에서의 흡수율은 각각 3.87%와 3.76%로 RB-0에서의 흡수율이 다소 작은 것으로 나타났다. 또한, 재유화형 분말수지의 혼입량이 6%일 때 일반 콘크리트 기준배합보다 약 17%, RB-0에 비해서는 약 15%가 감소되었다.
3. 내산성 시험결과, 중량감소율은 침지 35일에 일반 콘크리트 기준배합에서는 약 31.4%, 고로 슬래그 미분말만을 10% 혼입한 RB-0에서는 26.1%로 나타났고, 고로 슬래그 미분말과 재유화형 분말수지를 혼입한 RB-1 ~ RB-6에서의 중량감소율은 각각 25.8% ~ 20.8%로 나타났으며, 분말수지의 혼입량이 증가함에 따라 중량감소율이 감소하여 내산성이 향상되는 것으로 나타났다.

References

1. Hyung, W. G and W. K. Kim., 2003, Properties of polymer-modified mortars using methylmethacrylate- butyl acrylate latexes with various monomer ratios, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 15(2) : 273-279. (in korean)
2. Jang, J. Y and J. H. Jin., 2003, Strength characteristic of recycled concrete by recycled aggregate in Incheong Area waste concrete, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 15(2) : 197-208. (in korean)
3. Joo, M. K and K. S. Yeon., 2002, Strength properties of SBR-modified concrete using ground granulated blast furnace slag, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 14(3) : 315-320. (in korean)
4. Khatri, R. P and V.Sirivatnanon., 1995, Effect of different supplementary cementitious materials on mechanical properties of high performance concrete, *Cement and Concrete Research*, 25(1) : 209-220.
5. Lee, Y. S., M.K.Joo and K. S. Yeon., 2002, Durability of ultrarapid-hardening polymer-modified mortar using redispersible polymer powder, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 14(5) : 660-667. (in korean)
6. Lee, J. G and K. S. Park., 2003, Prediction model of remaining service life of concrete for irrigation structures by measuring carbonation, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 15(4) : 529-540. (in korean)
7. Menashi, D. C and Amon Bentur., 1988, Durability of portland cement-silica fume pastes in magnesium sulfate and sodium sulfate solutions, *Journal of the ACI*, 85(5) : 130-157.
8. Neville., 1981, Properties of concrete, *Pitman Publishing limited, London* : 605-635.
9. Park, S. J and D. S. Kim., 2001, A study on the rust-protection performance of concrete using ground granulated blast furnace slag, *Journal of the Korea Concrete Instiute* : 529-532. (in korean)
10. Park, K. S. 2002., The studies on developing technology of improving the durability of concrete irrigational structures, *Rural Research Institute* : 164-170. (in korean)
11. Sakaki, K., N. Banthia and O. E. Gjorv., 1995, Concrete and applications : 161-199.

12. Shin, J. I and T.E.Ryu., 2001, Durability of recycled aggregate concrete incorporating fly ash, *Journal of the Korea Concrete Instiute*, 13(1) : 23-29. (in korean)
13. Sung, C. Y., 1997, An experimental study on the development and engineering performance of rice-husk ash concrete, *Journal of the korean society of Agricultural Engineers*, 39(5) : 55-63. (in korean)
14. Wolfgang Czernin., 1980, Cement chemistry and physics for civil engineers, *Wiesbadener Graphische GmbH* : 10-17.
15. Yeon, K. S., M. K. Joo., H. J. Lee., X. Q. Jin and C. W. Lee., 2006, Drying shrinkage and strength properties of polymer-modified mortars using redispersible polymer powder, *Journal of the korean society of Agricultural Engineers*, 50(4) : 51-60. (in korean)