

폐유리 골재를 혼입한 모르타의 알칼리 실리카 반응에 관한 연구

박승범^{1)*} · 이봉춘¹⁾ · 권혁준¹⁾

¹⁾충남대학교 토목공학과

(2001년 1월 29일 원고접수, 2001년 4월 7일 심사완료)

Alkali-Silica Reaction of Mortar Containing Waste Glass Aggregates

Seung-Bum Park^{1)*}, Bong-Chun Lee¹⁾, and Hyuk-Joon Kwon¹⁾

¹⁾Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

(Received January 29, 2001, Revised April 7, 2001)

ABSTRACT

Incorporation of wastes glass aggregate in mortar may cause crack and this may result in the strength reduction due to alkali-silica reaction(ASR) and expansion. The purposes of this study were to investigate the properties of alkali-silica expansion and strength loss through a series of experiments which had a main experimental variables such as waste glass aggregate contents, glass colors, fiber types, and fiber contents. The steel fibers and polypropylene fibers were used for constraining the ASR expansion and mortar cracking.

From the result, green waste glass was more suitable than brown one because of low expansion. And in this accelerated ASTM C 1260 test of waste glass, pessimum content can not be found. Also, when used the fibers with waste glass, there is an effect on reduction of expansion and strength loss due to ASR between the alkali in the cement paste and the silica in the waste glass. Specially, adding 1.5 vol. % of steel fiber to 20 % of waste glass, the expansion ratio was reduced by 40 % and flexural strength was developed by up to 110 % comparing with only waste glass(80 °C H₂O curing).

Keywords : waste glass, alkali-silica reaction, steel fiber, polypropylene fiber, pessimum

1. 서 론

유리제품의 활용이 증대됨에 따라 폐유리의 발생량도 점차 증대하고 있다. 무색의 폐유리는 대부분 재활용되고 있으나 유색의 폐유리는 재활용률이 높지 않아 매립되고 있으며 매립지의 부족 등으로 단순 매립은 점차 어려운 실정에 있다. 또한, 폐유리는 미생물로 분해되지 않기 때문에 환경친화적인 측면에서 매립은 적합하지 않아 유색 폐유리의 재활용에 대한 관심이 증대되고 있다. 현재 특수용도의 사용을 위한 폐유리의 생산단가는 다소 비싸지만 향후 콘크리트 등의 적용에 따른 다량의 폐유리 소비 창출이 발생할 경우 제조설비의 확충과 제조기술의 향상을 통해 콘크리트용 폐유리의 생산단가는 낮아져 경제성이 있을 것으로 사료된다.

폐유리의 재활용에 대한 연구는 아스팔트 및 도로 채움재 등으로의 사용 가능성에 대한 조사^{1,2)}가 수행되었고, 콘크리트용 골재로서 폐유리를 사용³⁻⁵⁾하였으나, 시멘트페이스트의 높은 알칼리 농도와 폐유리의 반응성 실리카

로 인해 발생하는 알칼리 실리카 반응(Alkali-Silicate Reaction : ASR)을 통한 유해한 팽창으로 제한되기도 하였다. ASR은 포틀랜드 시멘트의 알칼리와 골재내의 실리카 사이에서 발생하는 화학적 작용으로 ASR겔의 형성을 통한 팽창은 콘크리트에 팽창성 균열을 발생시키고 이로 인해 콘크리트의 강도와 사용기간을 감소⁶⁾시키는 원인이 된다. 최근 선진국가에서는 폐유리 재활용을 위한 과제로서 ASR의 억제와 폐유리 활용방안을 위한 많은 연구^{7,8)}들이 수행되고 있으나 국내에서는 아직 이에 대한 기초적 연구조차 이루어지고 있지 않은 실정에 있다.

따라서, 본 연구에서는 먼저 국내에서 발생하는 폐유리 색깔의 종류(녹색, 갈색)와 혼입률에 따른 ASR의 팽창 특성을 비교·평가하였고 폐유리의 혼입에 의한 ASR의 팽창을 억제하기 위한 방안으로 보강용 섬유(강섬유 : Steel fiber, PP섬유 : Polypropylene fiber)⁹⁾를 혼입하여 ASR에 따른 팽창과 강도특성을 구명하였으며 폐유리의 유효활용을 위한 기초적 자료를 제시하였다.

2. ARS 시험방법의 비교

골재를 포함하는 모르타나 콘크리트의 시편에 대한 알칼

* Corresponding author

Tel : 042-821-5674 Fax : 042-822-6265

E-mail : park_sb@cnu.ac.kr

Table 1 Comparison of the alkali-silica reactivity tests

Test appellation	ASTM C 1260	ASTM C 227	Microbars
Sample design	Mortar bars : w/c = 0.47 Aggregates : Fixed gradation Sand/Cement = 2.25	Mortar or concrete bars w/c not specified Aggregates : Fixed gradation Sand/Cement = 2.25	Mortar bars w/c = 0.3 Sand : Fixed gradation s/c suggested
Measurement conditions	In a 1N NaOH solution at 80 °C	At 100 % RH and 38 °C	At 150 °C in 10 % KOH solution
Criteria of expansion	Deleterious if expansion > 0.2 % at 14days	Deleterious if expansion > 0.1 % at 6 months expansion > 0.05 % at 3months	Deleterious if expansion > 0.11 % at 3days

리 실리카 반응실험은 ASTM C 1260¹⁰⁾, ASTM C 227¹¹⁾과 French microbar method¹²⁾등으로 요약 될 수 있다. 세 가지 시험방법의 주요특성은 Table 1과 같다.

ASR의 많은 연구에도 불구하고, 콘크리트에서 ASR에 대한 골재의 잠재적 팽창성을 결정하기 위한 만족할만한 시험방법은 아직 발견되지 않은 상태¹³⁾에 있다. ASTM C 227의 시험방법은 상대적으로 장기간의 시험기간이 소요되며 잠재적 반응골재에 대해서 관대한 것으로 평가되어 왔다^{14,15)}. 한편, ASTM C 227에 비해 ASTM C 1260은 높은 알칼리의 NaOH 수용액과 높은 온도의 시험조건 때문에 상대적으로 엄격한 시험조건에 대해서 고려되기 때문에 실제의 사용성에 있어서는 모든 콘크리트의 조건들을 대표하지는 않으나 연구시간의 단축과 엄격한 시험조건은 ASR에 대한 신뢰성 향상으로 관심이 증대되고 있다.

3. 사용재료 및 실험방법

3.1 사용재료

3.1.1 시멘트 및 잔골재

본 연구에서는 보통 포틀랜드시멘트(Type I)가 사용되었고, 잔골재는 주문진 표준사를 사용하였다. 사용된 시멘트의 물리·화학적 특성은 Table 2와 같다.

3.1.2 폐유리

본 연구에서 사용된 폐유리는 유리병과 유리제품으로

광범위하게 사용되고 있는 유색의 soda-lime 유리를 반응성 골재로서 사용하였으며, 현재 국내에서 재활용률이 낮은 녹색과 갈색 폐유리를 파쇄하여 ASTM C 1260의 시험방법에서 요구하는 골재의 입도로 구분하여 사용하였다. 사용된 녹색과 갈색 폐유리의 화학적 조성은 Table 3과 같다.

3.1.3 보강용 섬유

폐유리의 사용에 의해 발생하는 ASR의 팽창을 억제하기 위해 사용된 보강용 섬유는 국내 C사에서 제조된 양단후크형 강섬유와 국내 S사에서 제조된 망사형 PP섬유를 사용하였으며 보강용 섬유의 물리적 특성은 Table 4와 같다.

3.2 배합 및 시험방법

3.2.1 모르터의 배합

유색 폐유리를 사용한 모르터의 ASR 팽창 및 강도특성과 보강용 섬유의 사용에 따른 ASR 팽창 및 강도특성

Table 3 Chemical components of waste glass

Components	Type	
	Green glass(%)	Brown glass(%)
SiO ₂	71.3	72.1
Al ₂ SO ₃	2.18	1.74
Na ₂ O+K ₂ O	13.07	14.11
CaO+MgO	12.18	11.52
SO ₃	0.053	0.13
Fe ₂ O ₃	0.596	0.31
Cr ₂ O ₃	0.44	0.01

Table 2 Chemical components and physical properties of cement

Chemical components (%)										Physical properties		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Ig.loss	Total	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Stability (%)
21.24	5.97	3.34	62.72	2.36	0.13	0.81	1.97	1.46	100	3.14	3200	0.02

을 평가하기 위해서 페유리의 색깔(녹색, 갈색), 페유리 혼입률(10, 20, 30, 50, 100 %), 보강용 섬유 종류(강섬유, PP섬유), 섬유 혼입률(강섬유:0.5~1.5vol. %, PP섬유:0.1~0.5vol. %)을 실험변수로 하여 Table 5와 같은 배합을 선정하였다.

3.2.2 시험방법

1) 알칼리 실리카 반응성 시험

콘크리트의 골재로서 페유리를 재활용하기 위한 시험으로서 페유리의 ASR에 대한 영향을 평가하기 위해서 ASTM C 1260에 준하여 실시하였고, 각 배합마다 잔골재와 페유리는 시험방법에 준하는 골재의 입도 규정에 의해 Table 6과 같은 입도로 분쇄되었다. 모르타 바는 W/C 0.47과 S/C는 2.25로 각 배합당 3개씩의 시편을 제작하였다. 24시간 표준양생과 24시간 80 °C의 물에 저장한 후 시료들은 80 °C의 밀폐된 1 N NaOH수용액 안에 저장하였다. 길이변화 측정용은 저장된 용기에서 꺼낸 후 측정표면을 말린 후 바로 측정기를 이용하여 측정하였다. 모르타 바의 길이는 0.002 mm내의 정확도를 가진 길이비교측정기(컴퍼레이터)를 사용하여 14일동안 측정하였다.

2) 모르타 압축강도 시험

페유리 및 보강용 섬유를 혼입한 시멘트 모르타의 압

축강도시험은 KS L 5105 『시멘트 모르타의 압축강도 시험 방법』에 준하여 5×5×5 cm 몰드를 제작하여 ASTM C 1260의 시험조건과 같은 80 °C 1N NaOH 수용액과 80 °C H₂O에 14일간 침지한 후 모르타의 압축강도를 측정하였다.

3) 모르타 휨강도 시험

페유리 및 보강용 섬유를 혼입한 시멘트 모르타의 휨강도 시험은 4×4×16 cm의 몰드를 제작하여 압축강도 시험을 위한 조건과 동일하게 80 °C 1N NaOH 수용액과 80 °C H₂O에 14일간 침지한 후 페유리 혼입률 및 섬유혼입에 따른 모르타의 휨강도를 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 페유리 혼입에 의한 팽창 분석

ASTM C 1260에 준하여 측정된 페유리 색깔의 종류(녹색, 갈색)와 페유리 혼입률(0~100 %)에 따른 팽창이력 곡선은 Fig. 1~Fig. 2와 같다. 페유리를 첨가하지 않은 일반모르타와 비교해 볼 때 페유리를 혼입한 모르타 바의 팽창은 상대적으로 큰 팽창을 나타내었고 전반적으로 페유리의 혼입량에 관계없이 갈색의 페유리가 녹색의 페유리보다 팽창이 크게 나타났다.

Table 4 Physical properties of fibers

Items	Fiber type	
	Steel fiber	PP fiber
Fiber length(mm)	36	25
Equivalent diameter(mm)	0.6	100×10 ⁻³
Specific gravity	7.85	0.9
Tensile strength(kgf/cm ²)	4,500	2,600
Modulus of elasticity(kgf/cm ²)	200×104	3.6×104

Table 6 Grading requirements for mortar

Sieve size		Mass, %
Passing	Retained on	
4.75 mm	2.36 mm	10
2.36 mm	1.18 mm	25
1.18 mm	600 μm	25
600 μm	300 μm	25
300 μm	150 μm	15

Table 5 Mix proportions for ASR and mortar strength test

Mix No.	W/C (%)	S/C (%)	Fiber contents (vol. %)	C(g)	W(g)	S(g)	WG(g)	SF(g)	PP(g)
Plain	0.47	225	-	440	206.8	990.0	0	-	-
WG10			-			891.0	99.0	-	-
WG20			-			792.0	198.0	-	-
WG30			-			693.0	297.0	-	-
WG50			-			495.0	495.0	-	-
WG100			-			0	990.0	-	-
WG20-SF0.5	0.47	225	0.5	440	206.8	785.5	196.4	8.1	-
WG20-SF1.0			1.0			779.0	194.7	16.3	-
WG20-SF1.5			1.5			772.5	193.1	24.4	-
WG20-PP0.1			0.1			791.8	198.0	-	0.2
WG20-PP0.2			0.2			791.7	197.9	-	0.4
WG20-PP0.5			0.5			791.2	197.8	-	1.0

갈색 폐유리의 경우 ASTM C 1260에서 규정하고 있는 0.2%의 팽창률을 갈색 폐유리의 모든 혼입률에서 초과하고 있으며 녹색의 폐유리를 혼입한 경우는 혼입률 30%까지는 0.2%의 범위 내에서 팽창하는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 녹색과 갈색 폐유리의 혼입률에 따른 팽창비를 나타내었다. 이를 살펴보면 폐유리의 종류에 상관없이 혼입률 증가에 따라 팽창이 현저히 증가되었고 갈색의 경우 Plain에 비해 약 2.5~10.3배 증가하였으며, 녹색의 경우는 약 1.8~3.9배로 갈색의 폐유리보다는 다소 적은 팽창을 나타내었다. 이와 같이 폐유리 혼입에 따른 ASR 팽창이 녹색의 폐유리를 혼입한 경우에 비해 적게 발생하고 있는 것은 녹색 유리의 제조시 녹색의 색깔을 위해 첨가되는 Cr_2O_3 의 산화물 첨가가 팽창을 억제시키는 것으로 사료되며 이러한 결과는 Cr_2O_3 의 증가에 의해 팽창이 감소된다는 Weihua Jin¹⁶⁾의 연구결과와 유사한 경향을 나타내고 있다.

일반적으로 기존의 시험방법(ASTM C 226)에 의한 모르터 바의 팽창 시험에 있어서 ASR에 대한 퍼시멈(pessimum)량은 반응성 골재 화합물이 총 골재의 중간정도 혼입됐을 때 발생하는 것으로 보고되고 있으나^{17~19)}, ASTM C 1260시험에 있어서는 폐유리 혼입률이 증가함

에 따라 팽창이 계속적으로 증가하기 때문에 퍼시멈량은 발생되지 않았다. 이러한 원인은 ASTM C 1260의 시험방법이 1N NaOH 용액안의 알칼리 공급이 무한하기 때문에 퍼시멈량이 존재하지 않는 것으로 판단된다.

4.2 폐유리를 혼입한 모르터의 강도특성 분석

모르터의 강도특성 분석은 폐유리 혼입에 따른 팽창분석에서 팽창률이 큰 갈색폐유리에 대해서 분석하였다.

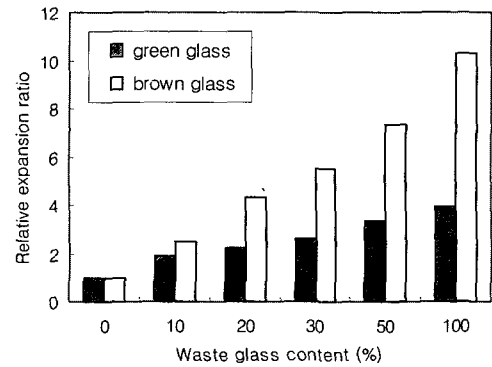


Fig. 3 Expansion ratio for mortar bars

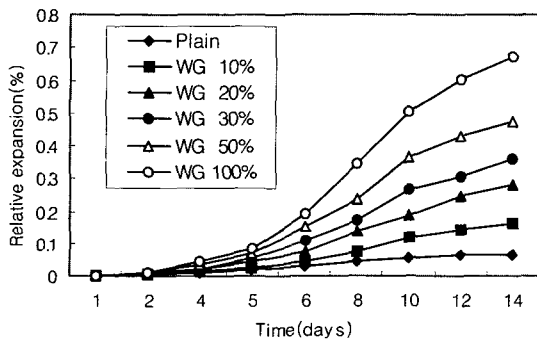


Fig. 1 Expansion time histories for mortar bars (brown glass)

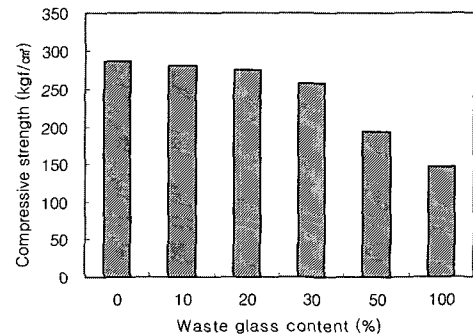


Fig. 4 Compressive strength according to WG content (brown glass)

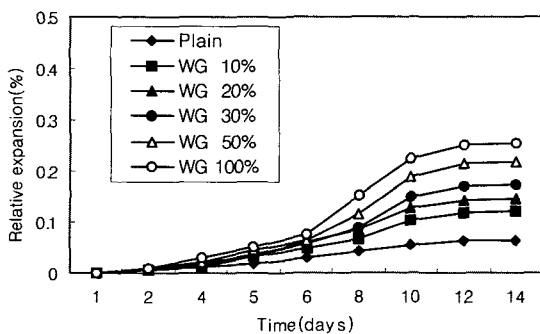


Fig. 2 Expansion time histories for mortar bars (green glass)

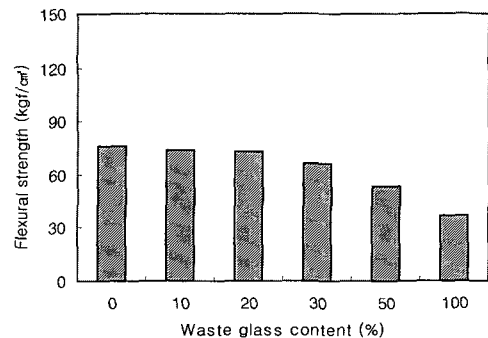


Fig. 5 Flexural strength according to WG content (brown glass)

Fig. 4~Fig. 5는 ASTM C 1260에 의한 시험조건과 같은 80 °C NaOH용액에 14일 침지한 모르터의 압축강도와 휨강도를 갈색 폐유리의 혼입률에 따라 나타낸 것이다.

갈색 폐유리의 혼입률이 증가함에 따라 압축 및 휨강도는 점차 감소하는 경향을 나타내었고 혼입률의 증가에 따라 압축강도는 약 2~49%, 휨강도는 3~51%의 강도 저감을 나타내고 있으며 갈색 폐유리 혼입률 20%이상의 혼입률에서 강도저하율이 증대되는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 폐유리를 혼입할 경우 폐유리에 포함되어 있는 실리카 성분에 의해 ASR이 발생하고 이로 인해 발생한 팽창압으로 모르터에 균열이 발생하여 모르터의 강도가 저하한 것으로 판단된다.

4.3 보강용 섬유를 혼입한 모르터의 ASR특성

폐유리의 혼입으로 인해 발생하는 ASR의 팽창과 균열은 ASR의 겔에 의해서 발생하는 내부압력의 결과이다. 이러한 내부의 팽창 구속은 3차원으로 랜덤하게 분산된 불연속 단섬유에 의해 억제시킬 수 있다. 보강용 섬유(강섬유, PP섬유)와 섬유의 혼입률을 변화시키면서 ASR 팽창과 강도특성을 분석하였다. Fig. 6~Fig. 7은 20%의 갈

색 폐유리에 강섬유 혼입률(0.5~1.5vol. %)과 PP섬유 혼입률(0.1~0.5vol. %)에 따른 모르터의 팽창이력곡선이다.

이를 살펴보면 강섬유와 PP섬유 모두 혼입률이 증가함에 따라 팽창이 감소하는 경향을 나타내었다. 강섬유 혼입률이 1.0vol. %이상의 경우에는 ASTM C 1260에서 규정하고 있는 팽창률이 0.2%이하로 저감되는 효과를 나타내었으나 PP섬유의 경우는 팽창저감 효과는 있으나 0.2%를 상회하고 있어 더 많은 PP섬유의 첨가나 고로슬래그 및 플라이애쉬와 같은 혼재재료의 활용을 통한 ASR 억제방안이 요구된다. Fig. 8~Fig.9는 20%의 녹색 폐유리에 강섬유와 PP섬유를 혼입한 팽창이력곡선이다. 갈색 폐유리를 사용한 경우와 마찬가지로 섬유의 증가에 따라 팽창이 감소하는 경향을 나타내었고, 섬유의 혼입으로 팽창이 감소하고 있으나 갈색 폐유리의 경우보다는 적은 팽창저감효과를 나타내었다. Fig. 10은 섬유를 혼입하지 않고 폐유리 혼입률 20%만을 혼입한 경우에 대해서 섬유 혼입률에 의한 팽창비를 나타낸 것이다. 이를 살펴보면 갈색 폐유리의 경우가 녹색의 경우보다 높은 팽창저감효과를 나타내었고 폐유리만을 혼입한 경우에 비해서 강섬유의 혼입률이 증가할수록 갈색 폐유리에서는 약 13~40%, 녹색 폐유리는 약 8~19%의 팽창저감효과를 나타내었다. 또한,

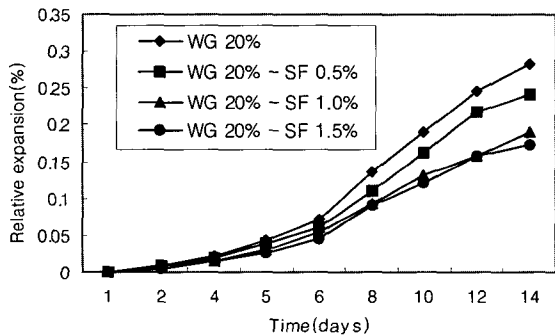


Fig. 6 Expansion time histories for mortar bars (brown glass)

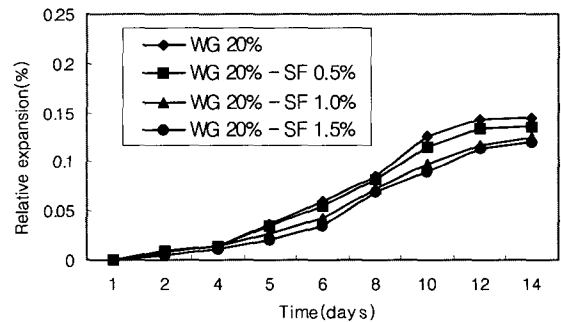


Fig. 8 Expansion time histories for mortar bars (green glass)

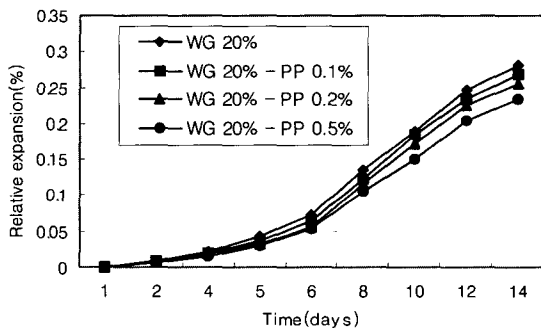


Fig. 7 Expansion time histories for mortar bars (brown glass)

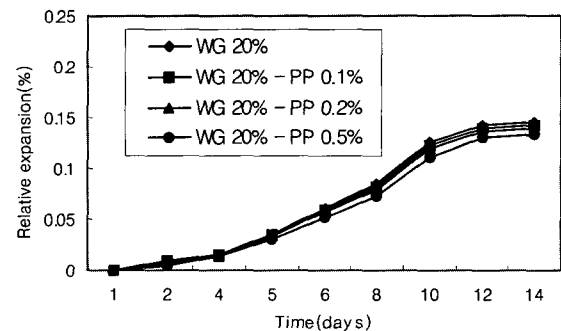


Fig. 9 Expansion time histories for mortar bars (green glass)

PP섬유의 경우는 갈색 폐유리 약 5~18%, 녹색 폐유리 약 2~9%의 팽창저감효과를 나타내었다.

4.4 보강용 섬유를 사용한 모르터의 강도 특성

보강용 섬유를 사용한 모르터의 강도특성은 폐유리 혼입에 따른 팽창분석에서 팽창률이 큰 갈색유리에 대해서 분석하였다. Fig. 11~Fig. 12는 갈색 폐유리 혼입률 20%에 대해서 강섬유 혼입률을 변화시킨 후 80 °C의 NaOH의

용액과 80 °C의 H₂O용액에 14일간 침적한 후 압축강도와 휨강도를 나타내었다. 폐유리 20%에 대한 강섬유의 혼입에 따른 압축강도의 변화는 NaOH와 H₂O에 침적한 경우, 강섬유 혼입률에 따라서는 현저한 강도차이를 나타내지 않았고, NaOH에 침적한 경우가 ASR반응으로 발생된 팽창으로 H₂O에 침적한 경우보다 낮은 강도발현을 나타내었다. 휨강도의 경우는 NaOH에 침적한 경우가 H₂O에 침적한 경우보다 다소 낮은 값을 나타내고 있으나 강섬유의 혼입률이 증가함에 따라 휨강도는 점차 증가하는 경향을

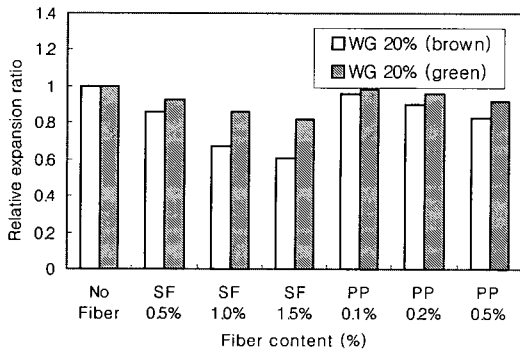


Fig. 10 Expansion ratio according to fiber content

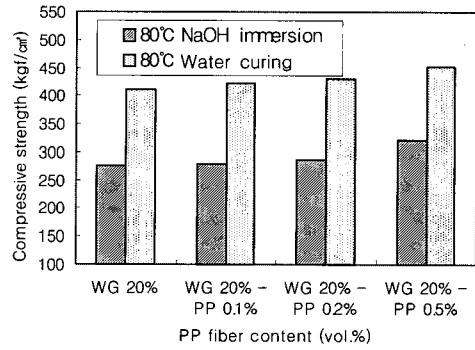


Fig. 13 Compressive strength according to PP content

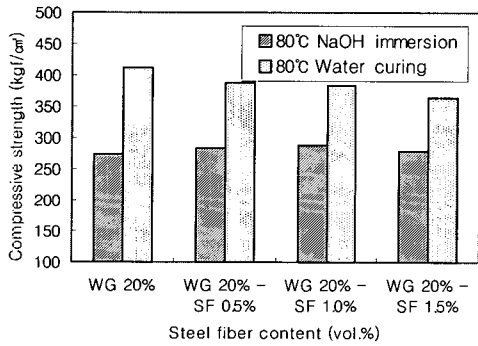


Fig. 11 Compressive strength according to SF content

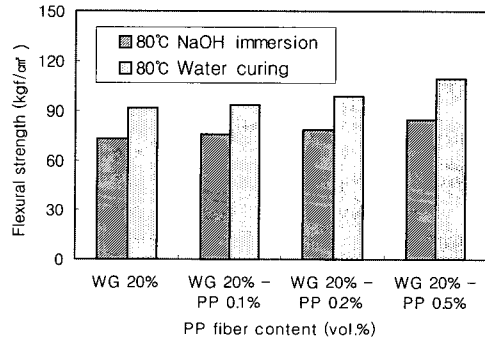


Fig. 14 Flexural strength according to PP content

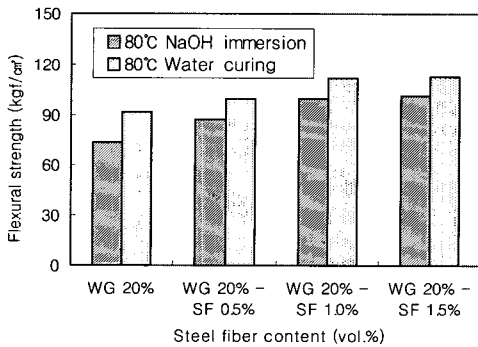


Fig. 12 Flexural strength according to SF content

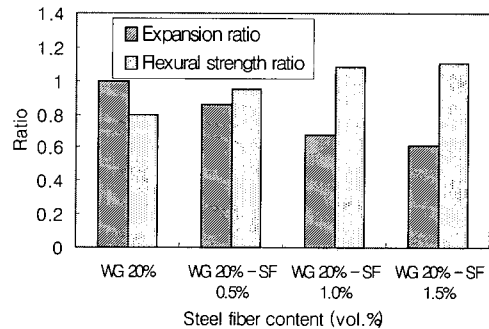


Fig. 15 Expansion and strength ratio according to SF content

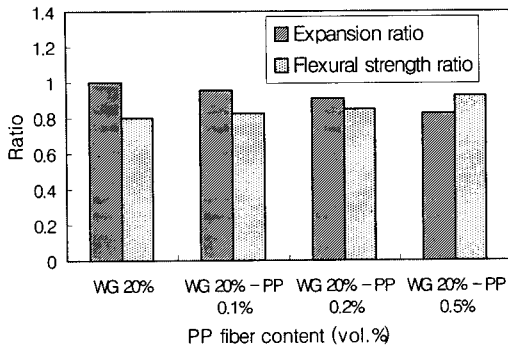


Fig. 16 Expansion and strength ratio according to PP content

나타내었고 NaOH와 H₂O용액에 침적한 후의 강도 폭이 점차 감소하는 경향을 나타내었다. Fig. 13~Fig. 14는 갈색 폐유리 혼입률 20%에 PP섬유의 혼입률을 변화시킨 후 80℃의 NaOH의 용액과 80℃의 H₂O용액에 14일간 침적 후 압축강도와 휨강도를 나타내었다. 강섬유를 혼입한 경우와 마찬가지로 압축강도의 현저한 강도차이는 나타나지 않았으며 휨강도의 경우는 PP섬유의 혼입률이 증가함에 따라 다소 증가경향을 나타내었다.

80℃ NaOH에 침적한 갈색 폐유리 20% 혼입에 대해서 섬유 혼입률의 증가에 따른 팽창비와 80℃ H₂O에 양생한 후 측정된 폐유리 20%의 휨강도를 기준으로 하여 80℃ NaOH에 침적한 모르타르의 휨강도비와의 관계를 나타낸 것이 Fig. 15~Fig. 16이다.

이를 살펴보면 섬유 혼입률의 증가에 따라 팽창비는 감소하는 경향을 나타내었으나 휨강도비는 증가하는 경향을 나타내었다. 강섬유를 1.5vol. % 혼입한 경우 폐유리만을 혼입한 경우에 비해 40%의 팽창저감효과를 나타내었고, 폐유리만을 혼입하여 NaOH에 침적시킨 경우의 휨강도는 H₂O에 양생한 경우보다 약 20%의 강도저감을 나타내었으나 강섬유를 1.5vol. % 혼입하였을 경우는 약 10%의 강도 증진효과를 나타내었다. 또한, PP섬유를 혼입한 경우에도 팽창비와 휨강도 모두 강섬유를 혼입한 경우와 같은 양상을 나타내었고, PP섬유 혼입률이 0.1~0.5vol. % 증가함에 따라 약 5~18%의 팽창저감효과를 나타내었으며 휨강도는 기준 휨강도에 비해 약 8~18% 강도가 적게 나타났다.

폐유리를 사용할 경우 발생하는 ASR 팽창과 강도저하는 섬유의 혼입을 통한 시멘트페이스트와의 양호한 부착력과 매트릭스의 구속효과로 팽창 및 강도저하를 억제하는데 효과적인 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 유색 폐유리의 재활용 어려움에 따른 유효이용을 모색하기 위한 선행연구로서 콘크리트의 골재원으로서 재활용시 문제되고 있는 알칼리 실리카 반응의 팽창특성과 이에 따른 모르타르의 강도특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1) ASTM C1260에 준하여 수행한 ASR에 따른 팽창은 폐유리의 종류에 관계없이 폐유리 혼입률이 증가할수록 팽창률은 증가하는 경향을 나타내었고 갈색의 폐유리가 녹색의 폐유리보다 높은 팽창률을 나타내었다. 또한 폐유리 혼입에 따른 퍼시먼트량은 발견되지 않았으며 이는 NaOH용액내의 알칼리 공급이 무한하기 때문으로 사료된다.

2) 갈색 폐유리를 혼입한 모르타르의 압축 및 휨강도는 갈색 폐유리의 혼입률이 증가함에 따라 점차 감소하였고, 20%이상의 갈색 폐유리 혼입률에서는 현저한 강도저하 현상을 나타내었다.

3) 갈색 폐유리 혼입률 20%에 강섬유를 0.5~1.5vol. % 혼입한 경우는 약 13~40%의 팽창 저감 현상을 나타내었고, PP섬유를 0.1~0.5vol. % 혼입한 경우는 약 5~18%의 팽창 저감효과를 나타내었다.

4) 폐유리 20%만을 혼입하여 80℃ NaOH에 침적시킨 경우의 휨강도는 기준 휨강도(80℃ H₂O 양생)에 비해 20%의 강도저감을 나타내었으나 강섬유를 1.5vol. % 혼입하였을 경우의 휨강도는 기준 휨강도에 비해 약 10%의 강도 증진효과를 나타내었고, PP섬유를 0.5vol. % 혼입하였을 경우의 휨강도는 기준 휨강도에 비해 약 8%의 강도저감을 나타내었다.

5) 따라서 폐유리를 혼입할 경우에 발생하는 ASR로 인한 팽창은 섬유의 혼입을 통해 폐유리 혼입으로 인한 팽창억제와 강도저하의 방지에 효과적인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학재단의 2000년도 특정기초 연구비에 의해 수행된 것으로써 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Reindi J. "Development of Non-Traditional Glass Markets," *Resource Recycling*, October 1991.
2. 内山ほか: ガラスリア스ファルト 包装の長期供用性, 包装, 1998. pp.3~89.
3. Johnson, C. D. "Waste Glass as Coarse Aggregate for Concrete," *Journal of Testing and Evaluation*, Vol.2, No.5, 1974.
4. 大門正機 外 2人, "ガラス粉末の水和硬化性状-廢ガ

- 라스의 건설소재としての基礎物性に關する研究,” 旭硝子財團研究成果報告, 1995.
5. 박승범 외, “건설폐기물의 재활용 및 처리기술개발,” 건설교통부, 2000.
 6. Swamy, R. N., ed. “*The Alkali-Silica Reaction in Concrete*,” Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
 7. 四川直宏 外 2人, “ガラス粉末を用いたモルタルの強度特性, 第49回 セメント技術大會講演集”, 1995
 8. 出雲淳一, 影山後文, “ガラス微粉末がセメントモルタルの壓縮強度發現に及ぼす影響について,” 關東學院大學工學部研究報告集代40-1卷, 1996
 9. 박승범 외, “에너지절약형 고기능 섬유보강 콘크리트의 개발 및 설계·시공 지침안 작성에 관한 연구,” 건설교통부, 1998.
 10. ASTM C 1260-94 “Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates,” *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, PA, 1994.
 11. ASTM C 227 “Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement - Aggregate Combinations (Mortar Bar Standard),” *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, PA, 1994.
 12. Criaud A., Vernet C. Defosse C. “The Microbar Method, an Accelerated Expansion Test for Evaluating Aggregate, Assessment of Canadian Aggregate,” *Workshop Canadian Developments in Testing Alkali-Aggregate Reactivity*, Toronto 1990.
 13. Grattan-Bellow, P. E. “A Critical Review of Accelerated ASR Tests,” *Proceedings of the 10th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*, Melbourne, Australia, August 1996, pp.27~38.
 14. Helmuth, R. “*Alkali-Aggregate Reactivity: An Overview of Research*,” National Research Council, Strategic Highway Research Program, SHRP-C-3342, 1993.
 15. Stark, D. C. “Immersion Test to Identify Cement Alkali Levels and Pozzolans to Prevent ASR,” *Proceedings of the 10th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*, Melbourne, Australia, August 1996, pp.355~361.
 16. Jin, Weihua. “*Alkali-Silica Reaction in Concrete with Glass Aggregate*,” Thesis for Degree of Doctor of Science, Columbia University, 1998.
 17. Stanton, T. E. “Expansion of Concrete Through Reaction between Cement and Aggregate,” *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol.66, 1940, pp.1781~1811.
 18. Vivian, H.E. “The Effects on Mortar Expansion of Reactive Component in the Aggregate,” *Studies in Cement-Aggregate Reactions*, Part 10. CSIRO Bulletin, No.256, 1947, pp.13~20.
 19. Berra, M., Di Maggio, R., Mangialardi, T., and Paolini, A.E. “Fused Quartz as a Reference Reactive Aggregate for Alkali-Silica Reaction Studies,” *Advances in Cement Research*, Vol. 7, 1995, pp.21~32.

요 약

콘크리트에 페유리의 사용은 알칼리 실리카 반응(ASR)의 팽창으로 균열과 강도저하를 일으킬 수 있다. 본 연구에서는 페유리의 혼입률과 색상(갈색, 녹색) 및 페유리로 인해 발생하는 ASR팽창을 저감시키기 위해 섬유 종류(강섬유, 폴리프로필렌섬유)와 섬유혼입률에 따른 ASR팽창과 강도특성을 분석하였다. 연구결과 녹색의 페유리가 팽창량이 비교적 작기 때문에 갈색의 페유리보다 더욱 유용하며, ASTM C 1260의 시험에 있어서 페유리의 혼입으로 인한 퍼시멈(pessimun)량은 발견되지 않았다. 또한, 페유리와 함께 섬유의 혼입은 페유리의 실리카와 시멘트 페이스트의 알칼리 사이의 ASR로 인한 팽창과 강도 저하를 저감시키는데 효과적인 것으로 나타났다. 특히 페유리 혼입률 20%에 대해서 강섬유를 1.5vol.% 혼입하였을 경우 팽창은 40%까지 감소하였으며 휨강도는 페유리만을 혼입한 것(80℃ H₂O 양생)에 비해 110%의 강도발현을 나타내었다.

핵심용어 : 페유리, 알칼리 실리카 반응, 강섬유, 폴리프로필렌섬유, 퍼시멈