

재생골재콘크리트 M의 JIS(Japan Industrial Standard) 제정

Establishment of JIS for Recycled Aggregate Concrete M

글 | 이건철* / 한국건설기술연구원 건축구조-재료연구실 Post Doc.

(Lee, Gun Cheol /Building Structure & Material Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Daewha-dong, Ilsan-gu, Goyang-si, Kyeonggi-do, 411-712, Korea))

1. 서론

지구환경에 대한 사회적 인식이 높아지고 건설업계의 골재수급 현황의 심각성이 대두됨에 따라 콘크리트용 골재로서 재생골재 활용방안 검토의 필요성은 부정할 수 없는 사실로 받아들여지고 있다.

이러한 관점에서 볼 때 현시점에서 필요한 것은 재생골재를 콘크리트용 골재로서 안정하게 사용할 수 있는 국가 기준의 제정 및 적정 활용방안 제시라고 할 수 있다.

이와 관련하여 국내의 경우 2003년 “건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률” 제정 및 2005년 “순환골재 품질기준”이 제정·공고되었으며, KS규정의 경우도 이 기준에 부합되도록 전반적인 골재 품질 규정을 강화하고 있다^{1,2)}.

한편, 일본의 경우 경제산업성은 2002년부터 폐콘크리트를 콘크리트용 골재로서 재활용하기 위해 필요한 JIS의 정비를 목적으로 일본 콘크리트 공학협회(이하, JCI로 칭함)에 위탁하여 조사연구를 실시하였으며, 2005년 3월에 고품질 재생골재의 품질 및 제조·품질관리 방법을 규정한 JIS A 5021(콘크리트용 재생골재 H)을 제정하였다³⁾. 아울러, 2006년 3월에는 저품질 재생골재의 품질 및 제조·품질관리 방법을 규정한 JIS A 5023(재생골재 L을 사용한 콘크리트)을 제정하였고, 1년 뒤인 2007년 3월에는 JIS A 5022 (재생골재 M을 사용한 콘크리트)규격을 공시하였다^{4,5)}. 즉, 재생골재는 품질별로 H, M, L의 3종류를 규격화 하고 있다(<표 1> 참조).

여기서, 재생골재 M은 시멘트 경화체량 10~25%정도의 재생골재 H와 알카리 실리카 반응억제 대책을 필요로

하는 재생골재 L의 중간품질을 나타내는 골재로서 콘크리트용 골재로 사용시 충분한 품질을 부담할 수 있는 경제적인 골재로 평가되고 있다⁶⁾(<표 2> 참조).

<표 1> 재생골재 콘크리트의 품질기준별 구분

골재 등급	구분
고품질H	파쇄, 마쇄, 분급 등 고도의 처리하여 제조한 골재
중품질M	재생골재H와 비교하여 처리를 간소화 하여 제조한 골재
저품질L	파쇄처리만으로 제조한 골재

<표 2> 재생골재 콘크리트의 특징⁶⁾

항 목	재생골재 콘크리트		
	고품질H	중품질M	저품질L
유동성	◎	○	△
분리 저항성	○	○	◎
블리딩	○	○	○
압축강도	○	△	×
영계수	○	△	×
건조수축	○	△	×
중성화 저항성	○	△	×
동결융해 저항성	○	△	×

일반적인 쇄석콘크리트와 비교하면 우수하다: ◎, 동등: ○, 약간 뒤떨어진다: △, 뒤떨어진다: ×

* E-mail : gcllee@kict.re.kr

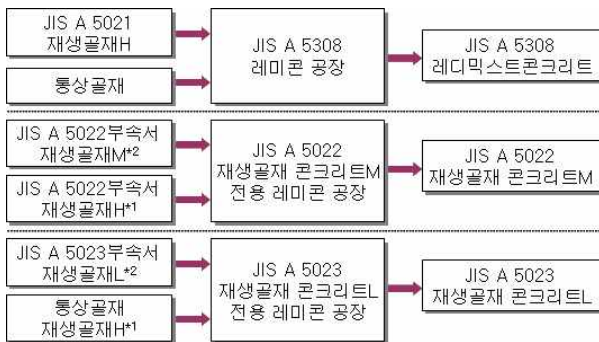
따라서, 본 고에서는 경제적인 측면과 품질적인 측면에서 그 활용성이 기대되는 재생골재 M을 사용한 콘크리트에 대한 소개로서 일본시멘트협회에서 발행하는 시멘트콘크리트(No.725)에 게재된 “재생골재 콘크리트 M의 JIS를 제정⁷⁾”에 대한 기사를 번역·소개하고자 한다.

2. JIS 경위 및 체계

콘크리트 구조체의 해체 시 발생하는 폐콘크리트는 <표 3>에 나타난 바와 같이 팽대한 량이 발생하고 있지만 건설리사이클법의 시행에 따른 재자원화의 의무화에 따라 높은 리사이클율을 기록 하고 있다.

<표 3> 콘크리트 덩어리의 재자원화율 추이

년도	1995	2000	2002	2005
콘크리트 발생량 덩어리 (만t)	3,650	3,530	3,510	3,220
동·최종처리량 (만t)	1,290	130	90	60
재자원화율(%)	64.7	96.2	97.5	98.1



*1 재생골재H가 JIS A 5308 부속서에 채용 후 사용가능
 *2 재생골재M은 재생골재H로 사용이 가능, 재생골재L은 재생골재H, M으로 사용이 가능

[그림 1] 재생골재 종류별 JIS

그러나, 현재의 리사이클 용도는 포장용의 노반재 또는 성토재가 대부분이다. 금후 이러한 용도로의 수요증가가 기대되고 천연골재의 고갈화라는 문제도 있다. 따라서, 폐콘크리트에서 채취한 재생골재를 콘크리트구조물로 사용하는 것이 장래적으로는 반드시 필요 할 것으로 판단된다.

한편, 재생골재를 콘크리트로 이용하는 기술은 지금까지 많은 연구 성과가 보고되고 있고 실용화 레벨까지 와 있는 상태이다. “그럼 왜 재생골재콘크리트는 보급되지 않는 것인가” 라는 생각을 할 수 있지만 저해요인의 하나로

JIS 등의 규격·규준화의 미정비인 상황을 들 수 있다.]

이와 같은 배경을 바탕으로 하여 일본콘크리트 공학협회는 경제산업성으로부터 “건설폐기물콘크리트 덩어리의 재자원화에 관한 표준화조사 연구”의 수탁을 받아 2002년도부터 4년간 폐콘크리트를 콘크리트용 골재로서 재이용에 필요한 JIS의 정비를 목적으로 한 위원회(위원장: 町田篤彦, 埼玉大學名譽教授)를 설치하여 조사연구활동을 실시하였다. 그 성과로서 그림 1에 나타난 바와 같이 JIS A 5021, JIS A 5022, JIS A 5023의 원안을 작성하였다.

3. JIS A 5022 개요

3.1 재생골재 콘크리트 M의 정의 및 용도

JIS A 5022에서는 재생골재 콘크리트 M을 「구조물의 해체 등에 의해 발생한 폐콘크리트에 대한 파쇄, 마쇄, 분급 등의 처리를 실시하여 제조한 콘크리트용 재생골재 M을 골재의 전부 또는 일부 이용한 콘크리트」로 정의하고 있다. 일반적인 골재와의 혼합이용을 인정하고 있지만 한편으로는 일반적인 골재에 조금이라도 재생골재 M이 혼입하면 이것은 재생골재 콘크리트 M으로 취급된다.

재생골재 M은 품질이 재생골재 H와 재생골재 L 사이에 위치하며 제조에 관해서는 재생골재 L 정도로 간단한 처리는 아니지만 예를 들어 재생골재 H의 제조방법의 하나인 가열처리와 같은 특수처리까지는 하지 않는다. 즉, 이 규격은 「사용에너지, 부산미분의 발생억제, 경제성 등의 측면에서 재생골재 H보다 유리하도록 재생골재를 제조하여 이것을 내구성 등의 문제가 적은 범위에서 구조물의 구조체 콘크리트에 사용한다.」라는 개념으로 기준이 정해져 있다.

따라서, 재생골재 콘크리트 M은 구조체에 사용가능하지만 용도로서 상정되는 부재는 재생골재 M의 품질에 따라 한정된다.

구체적으로는 건조수축이나 내동해성의 영향을 쉽게 받지 않는 기초, 내압판, 기초보, 강관충전 콘크리트 등 주로 지하구조물로의 적용을 상정하고 있다.

3.2 종류 및 품질

<표 4>는 재생골재 콘크리트 M의 종류를 나타낸 것이다. 콘크리트 품질은 재생골재 콘크리트 M에서는 품질에 관한 고려사항은 강도보다 내구성에 관한 것이고, 가능한 한 강도제한을 제정하지 않는 방향으로 호칭강도 36까

<표 4> 재생골재 콘크리트 M의 종류

콘크리트 종류	굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	호칭강도						
			18	21	24	27	30	33	36
재생골재 콘크리트M	20, 25	8, 10, 12, 15, 18	○	○	○	○	○	○	○
		21	-	○	○	○	○	○	○
	40	5, 8, 10, 12, 15	○	○	○	○	○	-	-

지를 메뉴로서 마련하고 있다. 슬럼프는 굵은 골재 최대치수 20 및 25mm의 경우 슬럼프 21cm까지 선택하도록 하고 있다. 또한, 슬럼프의 허용차는 JIS A 5308과 같다.

동결융해 작용을 받은 부재로의 사용을 고려하고 있지 않지만 공기량은 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티 확보 관점에서 JIS A 5308과 같이 4.5%로 하고 있다. 단, 재생골재 M의 품질변동이 큰 것에 기인하여 공기량의 규정치에 대한 허용차는 ±2.0%로 JIS A 5308에서 약간 큰 값으로서 규정하고 있다.

염화물 함유량의 규정은 JIS A 5308로 같으며 염화물 이온 (Cl-)으로서 0.30kg/m³이하를 표준으로 하고 있으며 실험방법에 대해서 재생골재 중에서 직접 용출되지 않는 량을 고려하여 규정하고 있다. 재생골재의 원골재의 부착된 시멘트페이스트에 함유되어 있는 염화물이온 농도의 시험방법으로는 전염화물 이온량의 1/4정도 밖에 용출하지 않는다. 따라서, 굳지않은 콘크리트 중의 물에는 시멘트의 전염화물량 및 재생골재의 전염화물량의 1/4이 용출하는 것으로 가정하고 재생골재 콘크리트 M의 염화물 함유량을 산정하고 있다. 더욱이, 보통 에코시멘트에 함유되어 있는 염화물 이온은 그 일부 밖에 굳지않은 콘크리트 중의 물에 용출되지 않기 때문에 이것도 재생골재 M과 같이 고려하여 재생골재 콘크리트 M의 염화물 함유량을 식(1)에서 산정하는 것으로 하고 있다.

여기서, 잔존비 α 는 정수로 설정하지 않고, 시멘트생산자로부터 보고를 받은 값을 이용하였다. 또한, 에코시멘트 이외의 시멘트를 이용한 경우에는 $\alpha=0$ 가 된다.

$$C_b = 4 \times \frac{[C_1 \times W_1 - (0.75 - \alpha) \times C_2 \times W_2]}{100} \dots (1)$$

여기서, C_b : 재생골재 콘크리트 M의 염화물 함유량 이온농도 (kg/m³)

C_1 : 굳지않은 콘크리트 중 물의 염화물 이온농도 (%)

W_1 : 배합설계에 이용한 단위수량(kg/m³)

C_2 : 시멘트 중의 염화물 이온농도(%)

W_2 : 배합설계에 이용한 단위시멘트량 (kg/m³)

α : 시멘트 염화물 이온량의 잔존비

3.3 재료, 배합 및 제조

재생골재 M은 일반적인 골재와 같이 굵은 골재와 잔골재의 2종류로 분류됨과 함께 <표 5>에 나타난 입도 구분 및 알카리 실리카 반응성에 의한 구분(<표 6>)이 규정되어 있다. 입도범위가 넓어지면 제조저장단계에서 조립과 세립이 분리되기 쉽기 때문에 재생굵은골재 M으로는 4005라는 입도구분은 없으며 4020 및 2005의 2구분을 혼합하여 사용하는 것이 된다.

<표 5> 재생골재M의 입도에 따른 구분

구분	입도범위(mm)	기호
재생굵은골재M 2505	25~5	RMG2505
재생굵은골재M 2005	20~5	RMG2005
재생굵은골재M 1505	15~5	RMG1505
재생굵은골재M 4020	40~20	RMG4020
재생굵은골재M 2515	25~15	RMG2515
재생굵은골재M 2015	20~15	RMG2015
재생잔골재M	5이하	RMS

<표 6> 재생골재 품질

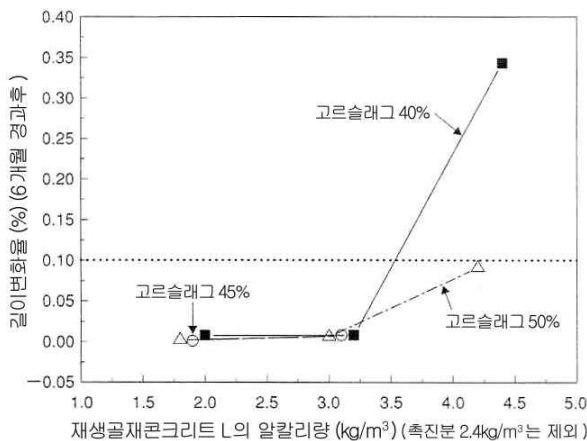
시험항목	재생골재M	
	굵은골재	잔골재
질긴밀도 g/cm ³	2.3이상	2.2이상
흡수율 %	5.0이하	7.0이하
미립분량 %	1.5이하	7.0이하
알카리실리카 반응성	구분「B」 또는 구분「A」	
염화물량 %	0.04(0.1)이하	

<표 6>은 재생골재 M의 품질규정을 나타낸 것이다. 재생골재 M의 원콘크리트로서 레디믹스트 콘크리트로 되돌림 콘크리트에 대해서는 충분히 경화시킨 덩어리를 파쇄하여 제조한 것은 사용 가능하지만 굳지 않은 상태의

물을 가수한 것, 운반차에서 배출 후 1~3일까지 자갈상으로 파쇄한 것은 제외하였다. 또한, 재생골재 M의 원콘크리트로서 사용 불가능한 것은 「명확히 알카리 골재반응이 일어난 것」, 「충분히 경화되지 않은 것」, 「경량골재를 사용한 것」으로 하였다. 더욱이, 재생골재 M은 콘크리트의 품질에 악영향을 미치는 불순물을 유해량 이상 함유하면 안되는 재생골재H와 동일한 불순물량의 상한에 관한 규정치를 제정하고 있다.

재생골재 콘크리트 M에 사용하는 시멘트는 포틀랜드 시멘트, 고로시멘트, 플라이애시 시멘트 또는 보통 에코시멘트이다. 어떤 경우라도 부속서 C에 규정되어 있는 방법에 의해 알카리 골재반응 억제 대책을 취할 필요가 있다.

재생골재 M의 생산은 불특정 발생원의 콘크리트 덩어리를 이용하여 제조되는 것이 주체가 되는 것으로 산정되어 많은 경우에 알카리 실리카 반응성의 구분은 「B」가 될 것으로 사료된다.



[그림 2] 재생골재 콘크리트의 알카리실리카 반응 억제 효과

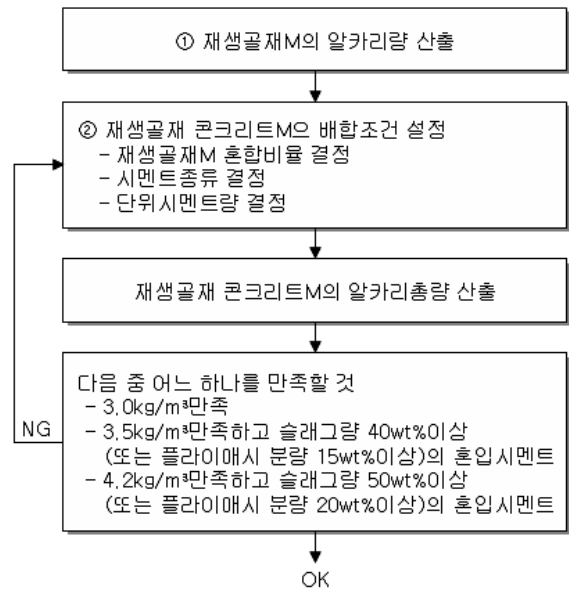
[그림 2]는 알카리 실리카 반응성이 높은 재생골재 L을 이용한 고로시멘트 B종의 억제효과 확인 실험결과이지만 이에 따르면 고로슬래그 미분말의 혼입률에 따라 팽창률의 차가 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 이 규격에서는 보다 안전한 측면의 배려로서 재생골재 콘크리트 중의 알카리총량 및 혼입시멘트 중의 고로슬래그 및 플라이애시의 혼입비율에 따른 대책방법을 규정하고 있다.

[그림 3]은 알카리 실리카 반응억제 대책의 흐름을 나타낸 것이다. 어떠한 방법이라도 재생골재의 알카리량을 구할 필요가 있고, 이 경우는 부속서 C에 규정한 재생골재의 알카리량 측정시험을 실시하게 된다.

그러나, 이 시험은 비용 및 번거로움 등의 측면에서 문

제가 있으며 간단한 방법으로서 “재생골재 M의 전 알카리량을 재생골재 M 질량의 0.2%로 한다.”라는 것으로 재생골재중의 총 알카리량을 시험에 의해 구하지 않아도 되는 것으로 하고 있다.

또한, 재생골재 M의 전 알카리량에 대해서는 가능한 한 안전하도록 다음과 같이 가정한 후 시험계산을 실시한 결과를 이용하고 있다.



[그림 3] 재생골재 콘크리트M의 알카리실리카 반응억제 대책의 흐름

- 여러 참고문헌을 고찰하고, 재생골재의 흡수율로부터 시멘트페이스트 부착율을 구한다.
- 원 콘크리트에 이용한 시멘트의 알카리량은 과거의 생산실적의 최대치(0.95%)로 한다.
- 원 콘크리트의 배합은 단위시멘트량 450kg/m³로 한다.

사용시 재생골재의 조합은 표 7에 나타난 바와 같다.

재생골재 콘크리트 M에서는 품질저하에 미치는 영향이 재생 골재 M보다도 재생 잔골재를 사용한 경우 커지는 것을 고려하여 재생골재 콘크리트 M1종(재생잔골재 M을 전혀 사용하지 않는 경우로 표 5중 c에 해당)의 2종류 재생골재 콘크리트 M2종(적어도 재생 잔골재 M을 사용하는 경우로 표 4중 a까지는 b에 해당)의 2종류의 재생골재 콘크리트 M을 마련하는 것으로 하였다.

재생골재 콘크리트 M의 제조에 대해서는 트릭믹서를 사용할 수 있는 것으로 하였다. 이것은 다양한 제조방법을 허용하는 것으로 재생골재 콘크리트 M의 보급 추진을 고

려한 것에 기반을 둔 규정이며 트럭믹서를 사용할 경우 고정식 믹서를 보유하고 있지 않은 공장도 웨이드 배치에 의한 재생골재 콘크리트 M의 제조가 가능하며 경제적으로도 메리트가 있다.

<표 7> 사용시 재생골재M의 조합

	굵은골재	잔골재
a	재생 굵은골재M의 단독사용	재생 잔골재M의 단독사용
		재생 잔골재M과 통상골재와의 병용
	재생 굵은골재M과 통상골재와의 병용	재생 잔골재M의 단독사용
		재생 잔골재M과 통상골재와의 병용
b	통상골재	재생 잔골재M의 단독사용
		재생 잔골재M과 통상골재와의 병용
c	재생 굵은골재M의 단독사용	통상골재
	재생 굵은골재M과 통상골재와의 병용	

4. 검사방법, 제품의 호칭방법 및 보고

재생골재 콘크리트 M은 주로 지하구조물 등의 용도한정이 있다고 하면 철근콘크리트 부재료의 적용을 산정하고 있다. 따라서, 검사방법은 통상의 레디믹스트 콘크리트 (JIS A 5308)과 동일한 항목에 대하여 실시하는 것으로 하고 있다.

또한, 레디믹스트 콘크리트와 동등의 품질보증이 요구되기 때문에 JIS A 5308과 같은 항목을 보고하는 것으로 하고 있다.

또한, JIS A 5308에서는 슬럼프, 공기량 및 염화물함유량에 대해서 적절한 시험을 실시하는 것으로 하고 있다. 그러나, 재생골재 콘크리트 M에서는 보통 콘크리트보다도 품질변동이 커지는 것이 예상됨에 따라 이러한 검사항목에 대하여 시험회수를 명확히 규정하고 있다. 시험빈도는 슬럼프 및 공기량에서 압축강도와 같은 150m³에 대한 1회의 비율, 염화물 함유량은 1일 1회 이다.

5. 결론

재생골재 콘크리트 M의 JIS화에 관해서는 그 개요를 설명하였다. 재생골재의 JIS는 2005년 3월부터 1년 간격으로 재생골재 H→L→M으로 공시되어 체계화 되었다. 이

러한 JIS에 의해 재생골재 및 재생골재 콘크리트의 급속한 보급이 반드시 진행된다고 할 수는 없지만 사회전체의 환경부하 삭감 및 자원순환으로의 일조라고 판단된다.

금후, JIS의 인증·운용이 실시되어 가지만 JIS 원안작성 위원회에서는 각각의 재생골재에 대해서 JIS기준(안)으로서 『재생골재(콘크리트)의 일반공업규격으로의 적합성의 인증방법』을 제시하고 있어 이것이 조금이나마 도움이 되었으면 하는 바램이다.

참고문헌

- 1) 건설교통부: 순환골재 품질인증 관련 법령집, 2007.1
- 2) 한국표준협회: KS F 2573 콘크리트용 순환 골재, 2006
- 3) (財)日本規格協會: JIS A 5021, 콘크리트용再生骨材H, 2005. 3
- 4) (財)日本規格協會: JIS A 5023, 再生骨材Lを用いたコンクリート, 2006. 3
- 5) (財)日本規格協會: JIS A 5022, 再生骨材Mを用いたコンクリート, 2007. 3
- 6) 野口貴文: 再生コンクリートの活用法, 한·중·일 건설폐기물 재활용 국제세미나, pp.13~22, 2007. 5
- 7) 小山明男: 再生骨材コンクリートM의JIS를制定, 멘트·콘크리트, pp.46~50, 2007. 7
- 8) (社)土木学会: 電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案), 콘크리트라이ブラリー120, pp.166~178, 2005.