

콘크리트 副産物의 再利用

가사이 요시오*

笠井芳夫

1. 서 론

이번 한국 콘크리트학회 초청으로 「콘크리트 부산물의 재이용」에 관한 강연회를 하게 되어 무한한 영광으로 생각합니다.

이 자리에서 한국콘크리트 학회 회장 정일영 교수, 이사 여러분 및 회원 여러분에게 진심으로 감사드립니다. 또, 전북대학교 소양섭교수에게는 대단히 많은 도움에 감사드립니다.

제가 강연할 주제는 「콘크리트 부산물의 재이용」에 관한 것입니다만, 콘크리트 부산물의 양등에 관해서는 일본의 예가 많아서 죄송스럽게 생각합니다.

계량치에 관해서는 후일 한국의 계량치를 적용해 주셨으면 합니다. 잠시 경청해 주시면 감사하겠습니다.

2. 재이용, 재생산이란

재이용과 재생산에 관하여 3종류로 구분했습니다.

(1) 재이용 : 물품(1차 제품)을 사용한 후, 다시 다른 물품으로 재사용하는 것(그림 1 참조.)

예) 콘크리트 재생골재, 시멘트거푸집용 목편, 副産목편에서 펄프를 제조하는 것.

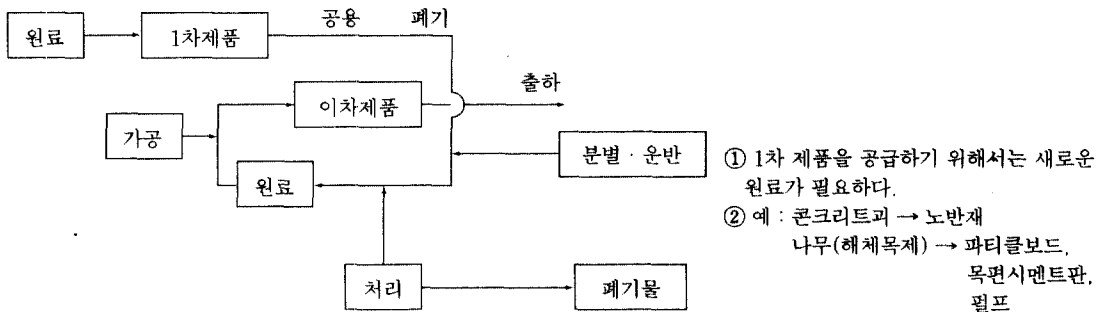
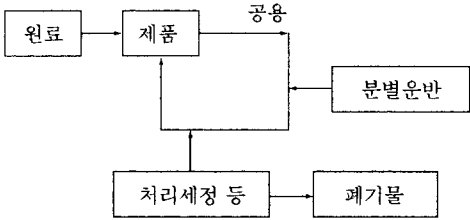


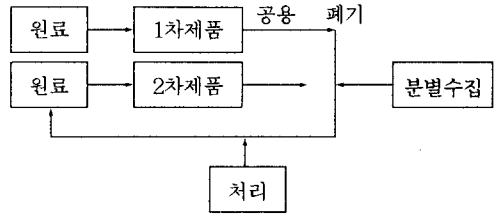
그림 1 이용 개념도¹⁾

* 日本大學 建築工學科 教授



- ① 원칙으로 처음 제품과 동일한 제품이 반복사용 된다. 파손, 손모분만을 새로운 원료로 공급하면 된다.
- ② 예 : 맥주병, 우유병, 아스팔트콘크리트

그림 2 제품재생형¹⁾



- ① 원칙으로 원료는 재생되지만, 1차제품에 비해, 2차제품은 품질, 등급이 저하된다.
- ② 예 : 종이펄프, 금속, 유리

그림 3 원료재생형¹⁾

표 1 세계의 시멘트 생산고(단위 : 만t)

	1970	1980	1990	1991	1992	1993
중국	2,575	7,986	20,971	24,466	—	35,980
구소련	9,525	12,505	13,732	12,240	—	—
일본	5,719	8,796	8,445	8,957	8,825	8,800
미합중국	6,768	6,824	7,094	6,505 ¹⁾	7,085 ¹⁾	7,380
인도	1,396	1,780	4,572	5,038	—	5,620
한국	578	1,561	3,391	3,917	4,327	4,730
이탈리아	3,308	4,186	4,079	—	—	—
독일	4,631	4,699	4,046	—	—	—
구서독	3,833	3,455	3,046	3,181	3,314	3,670
구동독	798	1,244	1,000	—	—	—
터어키	637	1,298	2,464	2,520	2,782	3,130
멕시코	727	1,640	2,468	2,465	2,654	2,780
世界計 ×	58,297	87,201	115,249	*113,500	*116,000	118,000

자연·시멘트를 제외한 출하량의 합계 추정치. × 기타 국가를 포함.

(2) 제품의 재생 : 물품(1차 제품)을 사용한 후, 세척·검사하여 그대로 반복 사용하는 것.(그림 2)
예) 맥주병, 우유병 등

(3) 同質 原材料의 재생 : 물품(1차 제품)을 사용한 후, 가공등의 공정을 거쳐서, 동질 원료로서 반복 사용한다. 다만, 2차 제품의 품질은 1차 제품보다 떨어진다.(그림 3).
예) 종이펄프, 금속

3. 시멘트·콘크리트 생산량

(1) 재료의 경로 : 그림 4는 일본의 재료흐름도입니다. 건축재료는 약 60%를 차지하고 있습니다. 건설재료는 그 비율이 매우 크다고 할 수 있습니다.

(2) 세계의 시멘트 생산량

표 1은 세계의 시멘트 생산량입니다. 한국의 시멘트 생산량은 이 통계에 의하면 4,730만톤 입니다. 한편, 중국은 35,980 만톤으로, 세계 시멘트 생산량의 30%를 차지하고 있습니다. 일본은 약 7%입니다. 인구 1인당 생산량은 한국은 약 1.1톤, 일본은 0.7톤, 중국은 약 0.28톤입니다. 중국의 생산량은

계속 증가할 전망입니다.

(3) 콘크리트 생산량

한국과 일본의 콘크리트 생산량은 다음과 같습니다.

- 한국 : 약 15500만 m^3
- 일본 : 약 22000만 m^3

(4) 골재의 고갈

그림 5는 일본 골재수요량의 변천도입니다. 하천골재는 채취규제 때문에 감소하고, 반대로 쇄석이 증가하고 있습니다. 수요로서, 도로등에 3억톤, 콘크리트용으로 약 5억 5000만톤, 합계 8억 5000만

톤입니다. 골재중에서 바다자갈은 염분함유와 해안침식의 문제가 있고, 쇄석은 환경보전과 트럭운송에 관한 주민의 반대가 있는 등 어려운 조건에 놓여있습니다. 한국의 골재수요량은 약 6억톤이라고 들었습니다만, 아마도 같은 상황이지 않을까 생각합니다.

(5) 석회석의 고갈

시멘트 1톤 제조에는 약 1.2톤의 석회석이 소비됩니다. 시멘트를 1억톤 제조하기 위해서는 1억2천만톤의 석회석이 소비됩니다. 이로 인해 4,400만톤의 CO_2 가 발생합니다. 이처럼 시멘트 산업은 지구온난화를 가속시킬 우려가 있으므로 혼합시멘트와 재생골재를 사용함으로써 가능한 환경보전에 노력할 필요가 있습니다.

일본에서는 콘크리트 골재로서 석회석을 연간 3000만톤 사용하고 있습니다.

일본에서의 연간 석회석 채취량은 약 2억톤입니다. 표 2에 나타낸 것 같이 석회석의 확정

표 2 석회석(1993년 4월 1일 현재)
(매장광량통계조사에서)

	매장광량		하채조광량	
	광량(千 t)	품위(%)	광량(千 t)	품위(%)
확정	11,709,240.8	53.3	9,601,660.6	53.1
추정	9,045,577.0	54.1	7,174,991.6	55.3
예상	36,675,351.0	52.9	21,099,903.5	52.7
계	57,430,168.9	53.2	37,876,555.7	53.3

주) 품위는 CaO 함유량.

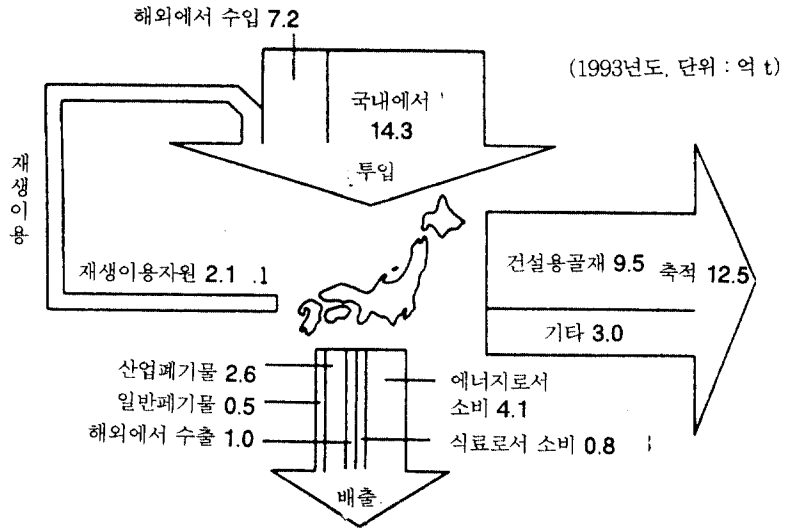


그림 4 일본의 재료흐름도²⁾ 환경백서(1995년도)에서

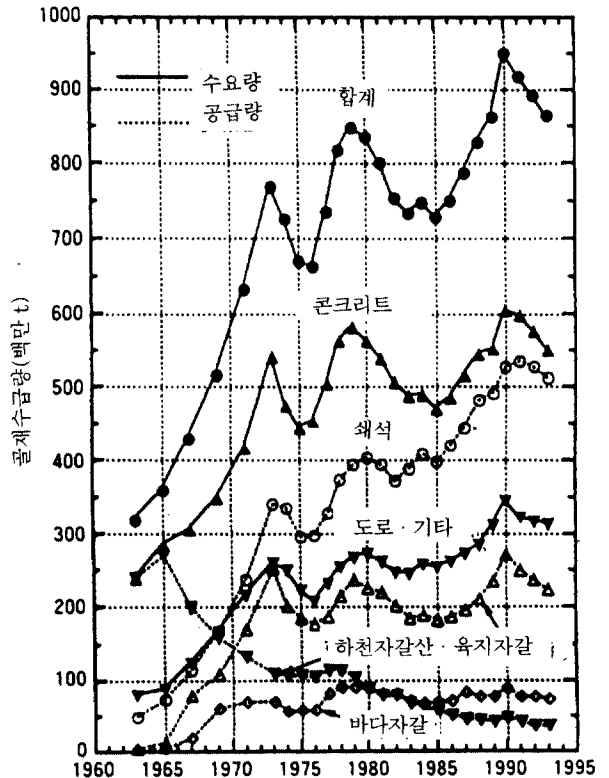


그림 5 골재수급량의 추이

채조광량은 석회석이 약 10억톤이기 때문에 이대로라면 약 50년만에 없어지게 됩니다. 석회석을 콘크리트 골재로 사용하는 점은 재고해야 한다고 생각합니다.

4. 콘크리트塊의 발생량과 재이용

그림 6은 건축부산물의 개념도를 나타낸 것입니다. 그림 7은 일본의 1993년도 건축산물 발생량을 나타낸 것입니다. 콘크리트塊는 2600만톤으로 전 부산물의 34%를 차지하고 있습니다. 재이용률은 67%입니다.

그림 8은 최근, 건축 부산물의 재이용률을 나타낸 것입니다. 콘크리트塊는 1990년에 48%, 1993년에 67%, 2000년에는 95%의 재이용을 기대하고 있습니다.

콘크리트塊의 재이용은 거의 노반재입니다. 그림 9에 나타난 것과 같이 골재는 도로등에 연간 3억톤이나 소비되고 있기때문에 당분간은 路盤材로 재이용된다고 생각할 수 있지만, 그 후 20~30년이 지나서 본격적인 RC 구조물이 해체 되면, 콘크리트용 골재로서 재이용할 필요가 생깁니다. 또한 부가가치가 높은 사용방법이라는 점에서도 콘크리트용 골재로서의 사용을 권할 필요가 있습니다. 실은, 일본에서는 현재에도 버릴 장소가 없어서 커다란 사회문제가 되고 있습니다.

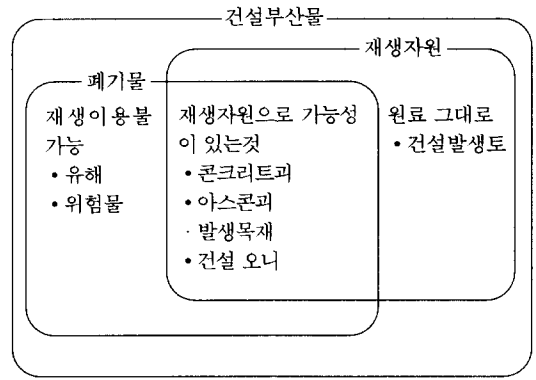


그림 6 건설부산물의 재생자원으로서의 개념³⁾

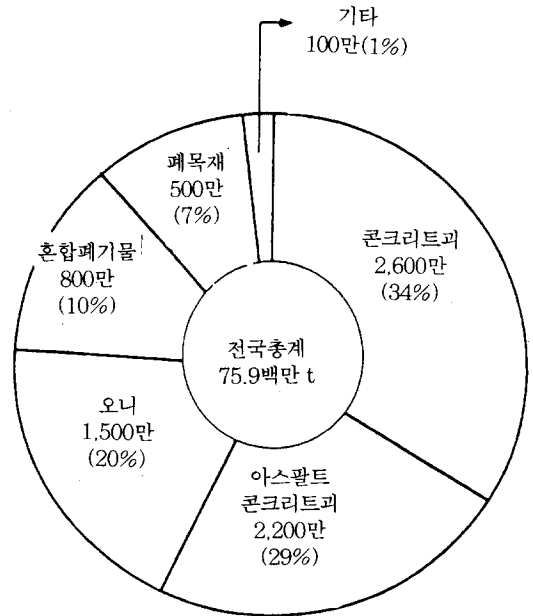


그림 7 건설폐기물의 종류별 배출량(1993)

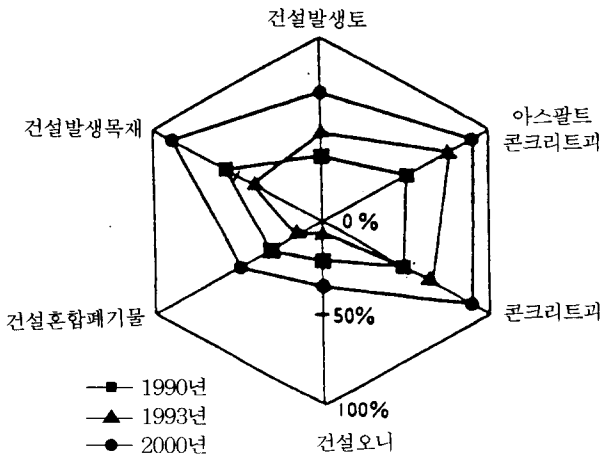


그림 8 건설부산물의 종류별 재이용등

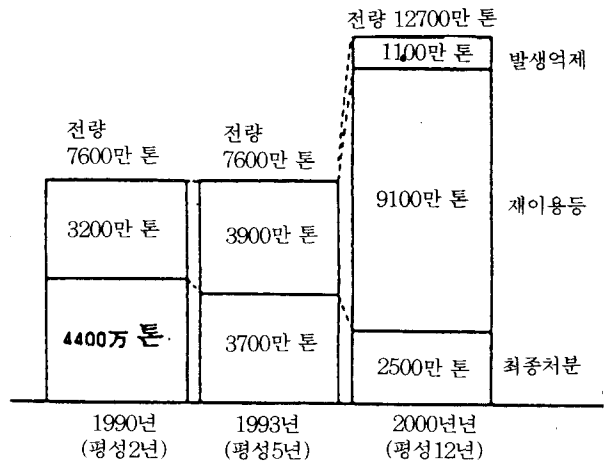


그림 9 건설부산물의 장래동향

5. 콘크리트塊 재이용의 실험연구 · 기준제정의 경위

콘크리트 파쇄골재가 路盤材로 공도에서 실험적으로 사용되기 시작한 것은 일본에서는 1975년경이라고 합니다. 미국에서는 1970년경에는 이미 사용된 것 같습니다. 1971년 지진에 의해 파괴된 고속도로 · 연결도로에서 路盤材로서 사용된 것 같습니다.

기준으로서는 (주)일본도로협회에 의한 「포장폐재 재생이용 기술지침(안)」이 있습니다. 그에 의하면 「재생 路盤材라는 것은 아스팔트 콘크리트 폐재, 시멘트 콘크리트 폐재에서 제조한 재생골재 및 路盤폐재 등을 단독 또는 상호적으로 조합시켜 이것에 필요한 보충재료(쇄석, 고로슬래그, 분쇄 미립분, 모래 등)를 첨가하여 소정의 품질을 얻도록 조정된 재료를 路盤재료라 한다」라 정하고 있습니다.

시멘트 콘크리트 재생로반재는 콘크리트의 분쇄미립분(40mm 정도 이하로 파쇄한 것), 또는 7mm 정도 이하를 제외한 것을 이용하고 있습니다. 7mm 이하는 다짐재로서 사용하고 있습니다.

(2) 콘크리트용 재생골재

콘크리트용 재생골재로서의 연구는 25년 이전부터 행해져 왔습니다.

일본에서의 주요 조사 · 연구 · 지침등의 경위를 소개합니다.

- 1977년 재생골재 및 재생 콘크리트의 사용기준(안) · 同解説, (재)건축업 협회
- 1997년 재생 조골재의 품질기준(안) 同解説

1977년 재생 조골재를 이용한 콘크리트의 사용기준(안) · 同解説 이상 2건은 건축연구소가 중심이 된 것으로 건축계 재생콘크리트에 적용합니다.

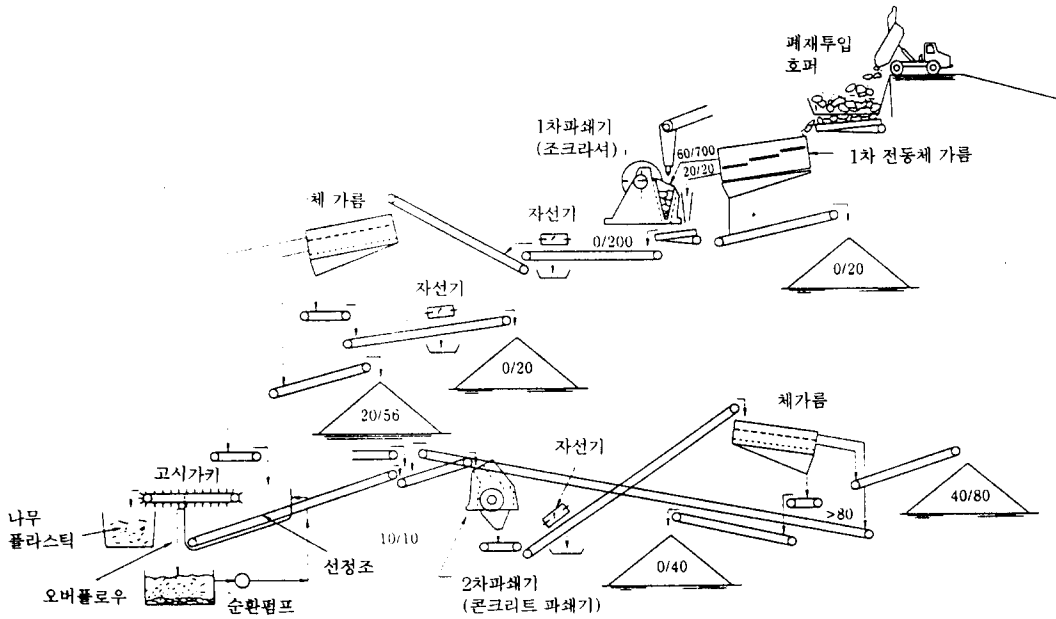
1997년 콘크리트 부산물의 재이용에 관한 용도별 잠정 품질기준(建設省 : 토목계 재생콘크리트에 적용합니다)등이 있습니다.

6. 콘크리트용 재생골재의 제조

재생골재의 제조플랜트의 예는 그림 11과 같습니다. 그림 12는 조크라셔의 배출부에 저항판을 붙인 예입니다. 이것에 의해 각각의 형상이 개선됩니다. 그림 13은 현장에 작은 플랜트를 설치한 예입니다.

재생골재의 제조에 특히 필요한 기준 · 기계 · 설비를 열거하면 다음과 같습니다.

- ① 재생 路盤材用과 콘크리트용 재생골재의 원료의 반입기준을 설정, 별도의 저장소에 저장한다.
- ② 재생 路盤材의 제조공정과 콘크리트 재생골재의 제조공정을 필요에 맞게 완전히 분리해서 기계를 운전한다.
- ③ 파쇄후, 체 치수 50~70mm의 체로 걸러, 흙 · 모래등을 제거한다.
- ④ 자선기를 설치해서 철강을 제거한다.
- ⑤ 세조골재를 구분하는 체를 설치한다.
- ⑥ 세골재는 사이클론을 통해서 미립분을 제거한다.
- ⑦ 조골재는 최종 공정에서 물을 이용하여 진흙분 · 미립분을 제거한다.
- ⑧ 품질기준을 제정, 제품 출하시의 품질을 보증한다.



(주) 숫자는 골재의 크기를 나타낸다.

그림 11 재생골재 플랜트의 예(濕式)⁵⁾

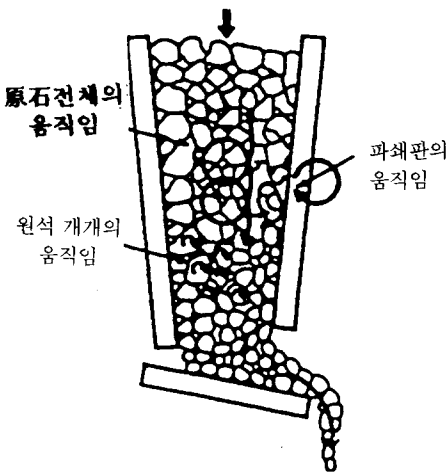


그림 12 재생골재의 부착모르타르를³⁾ 효율적으로 취하는 방법의 일례

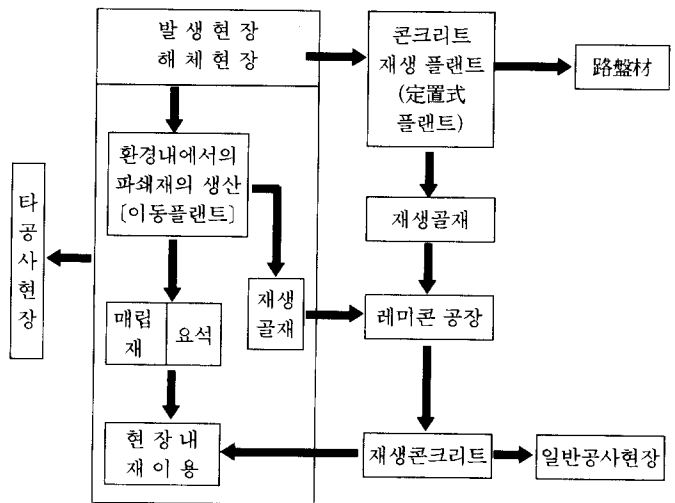


그림 13 재생골재의 제조와 공급방법의 예⁶⁾

7. 콘크리용 재생골재의 성질

(1) 원콘크리트의 품질 의존성

① 강도가 작은 콘크리트와 강도가 큰 콘크리트의 모르타르 부착성은 다르다(그림 14).

② 원콘크리트 골재의 품질(비중, 흡수율, 염화물량, 알칼리 골재반응성)은 재생골재의 품질, 또한 이와 같은 골재를 이용한 재생콘크리트의 품질에 크게 영향을 미친다(그림 15, 16).

(2) 재생골재의 비중 · 흡수율에 미치는 요인

① 원콘크리트의 강도가 작은 경우는 비중이 작고, 흡수율이 커진다.

② 절건비중이 작은 골재는 흡수율이 크다(그림 17).

③ 모르타르의 부착율이 크면 비중은 작아지고, 흡수율은 커진다(그림 18).

④ 불순물량이 많은 골재는 비중이 작다(그림 15)

(3) 재생골재의 물리적 성질

표 3은 아스팔트 등을 포함한 재생골재의 조사결과이다.

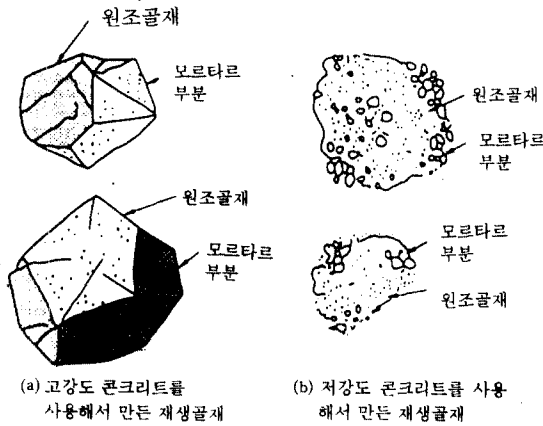


그림 14 재생조골재의 모델⁶⁾

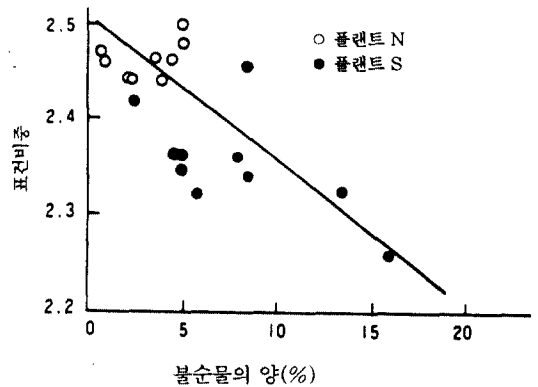


그림 15 불순물의 양과 표건비중의 관계⁷⁾

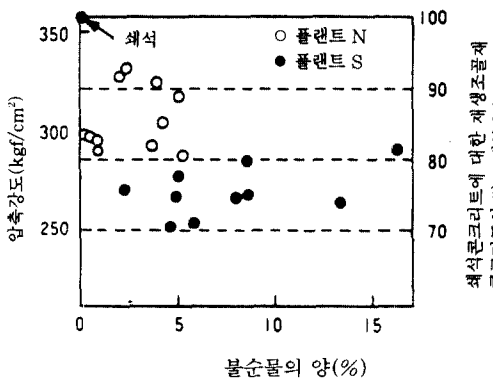


그림 16 불순물의 양과 압축강도 및 압축강도 백분율의 관계⁷⁾

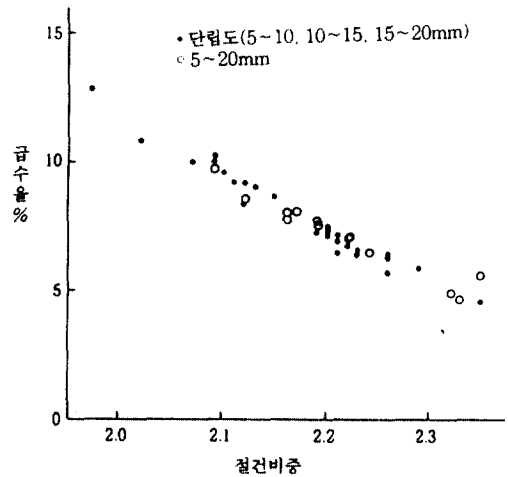


그림 17 절건비중과 흡수율의 관계⁹⁾

표 3 재생골재의 물리실험결과³⁾

종류	항목	비 중 (절건)	급 수 율 (%)	세 정 (%)	단위용적질량 (kg/l)	조 립 율	실 적 율 (%)	유기불순물
조골재	범 위	2.09~2.50	1.75~10.07	0.75~1.42	1.33~1.55	6.64~7.21	57.6~66.5	-
	평 균	2.30	5.79	1.38	1.44	6.85	62.4	
	규격치	2.5이상	3이하	1.0이하	-	-	55이상	
세골재	범 위	1.98~2.20	4.79~13.20	5.00~15.20	1.27~1.46	2.86~3.99	63.2~70.2	합 격
	평 균	2.07	9.73	7.93	1.39	3.29	67.3	
	규격치	2.5이상	3이하	7이하	-	-	53이상	

주) 신내천, 천엽, 기옥A, B, 방목, 산리, 신사, 동경 : 1도6번 8 플랜트의 결과
규격치는 JIS A 5004(콘크리트용쇄사), JIS A 5005(콘크리트용쇄석)

8. 재생콘크리트 성질

(1) 굳지않은 콘크리트

- ① 일반적으로 단위수량이 크게 된다.
- ② 브리딩은 작다.
- ③ 비빔중에 조골재에서 모르타르 부분이 떨어져서 세골율이 커진다.

(2) 경화 콘크리트

재생 콘크리트의 품질은 보통 세조골재에 대해서 재생 세조골재의 대체율에 따라 크게 다르다.

- ① 압축강도, 탄성계수는 조골재의 대체율이 커지면 작아진다.(그림 19, 21, 22, 23).

② 압축강도는 재생골재의 불순물의 양이 많아지면 작아진다.

③ 건조수축은 조골재의 대체율이 커지면 크게 된다(그림 20).

④ 중성화는 재생골재의 대체율이 커지면 빨라진다(그림 26, 27).

⑤ 내동결융해성은 재생골재의 대체율이 커지면 작아진다. 특히 재생 조골재를 사용하면 내동결융해성이 떨어진다.(그림 24, 25)

⑥ 재생골재 콘크리트는 재생골재와 보통골재와의 조합, 대체율에 의해서 품질·등급을 구분할 수 있다.

⑦ 조골재와 조골재 모두 재생골재만

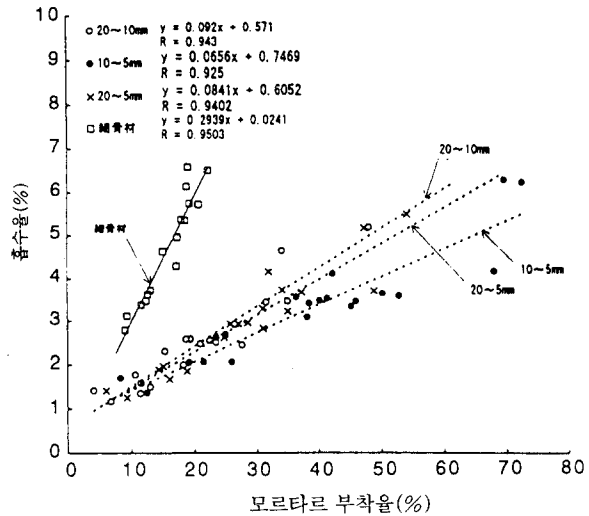


그림 18 모르타르 부착율과 흡수율과의 관계⁶⁾

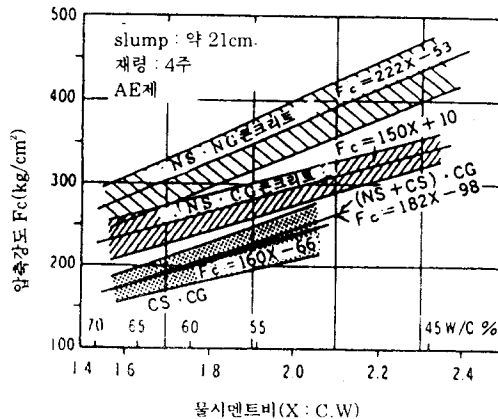


그림 19 압축강도와 물시멘트비와의 관계⁷⁾

을 사용한 콘크리트의 강도, 내구성 등의 품질은 가장 열악하다.

⑧ 보통 골재에 재생골재를 30% 이내로 대체한 경우는 재생콘크리트의 성질은 보통콘크리트와 큰 차이는 없다.

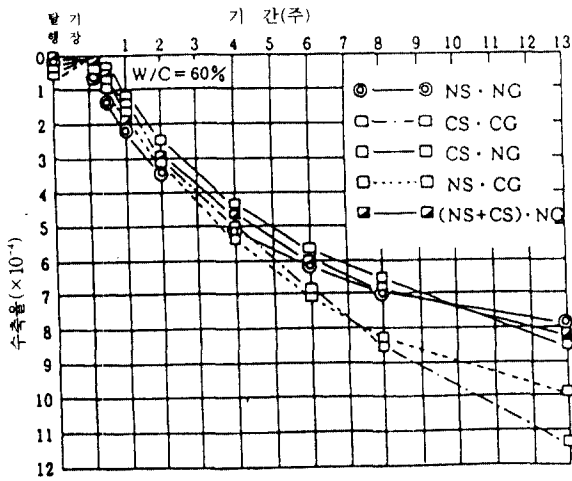


그림 20 파쇄골재콘크리트의 수축 (W/C5%의 경우)(청수기연에 의한다)²⁾

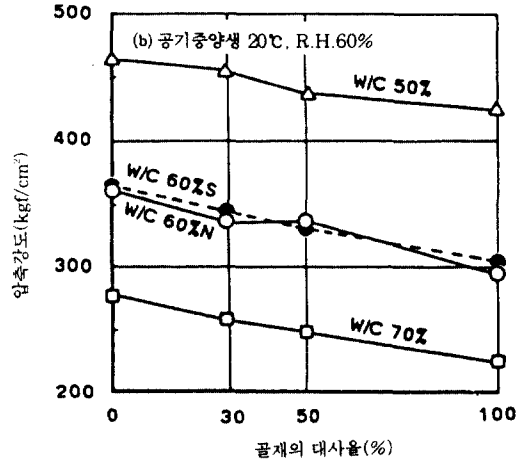
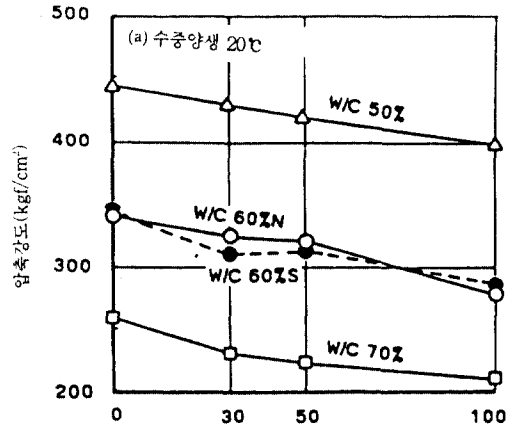


그림-21 골재의 대사용과 압축강도와와의 관계

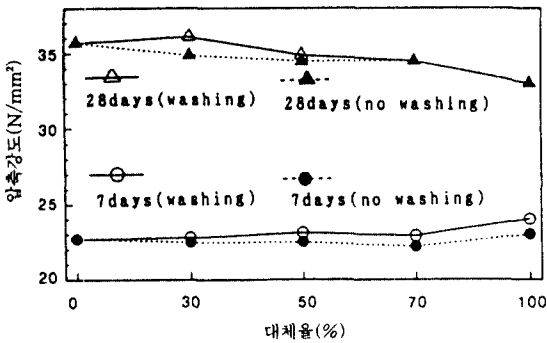


그림 22 재생조골재의 대사용과 압축강도의 관계

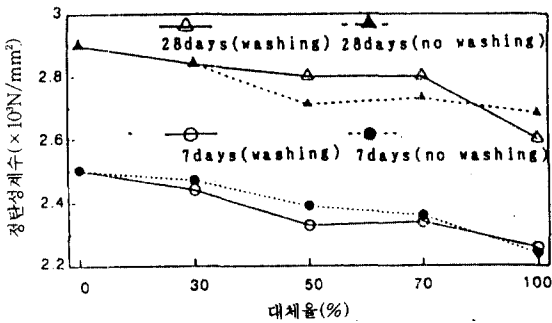


그림 23 재생조골재의 대사용과 정탄성계수의 관계

동결융해회수(회)

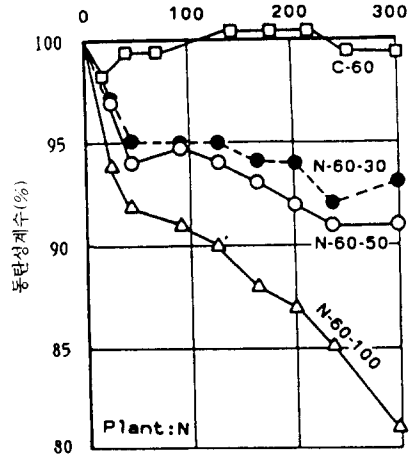
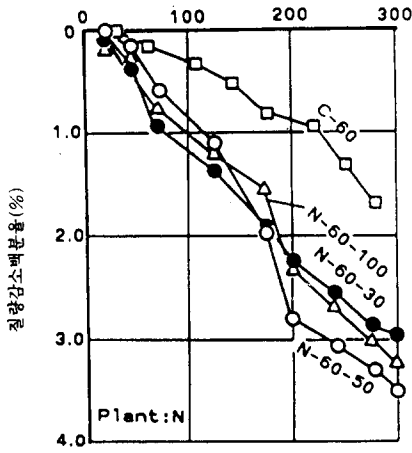


표 24 동결융해회수와 동탄성계수와 및 질량감소율의 관계

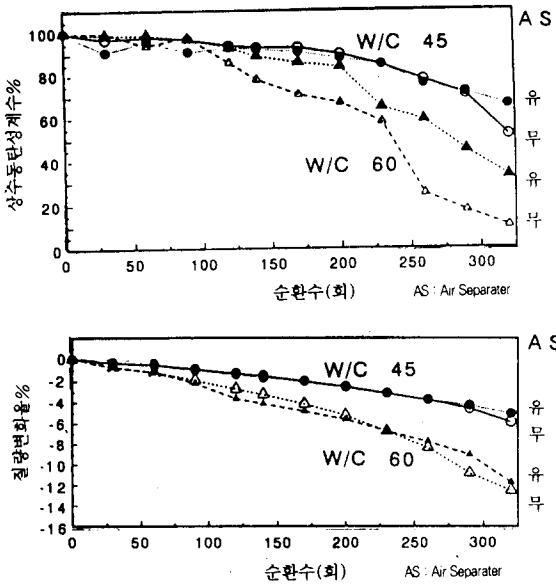


그림 25 동결융해시험결과

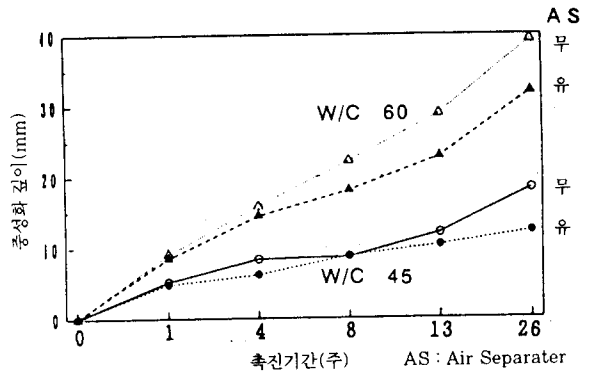


그림 26 축진중성화시험결과

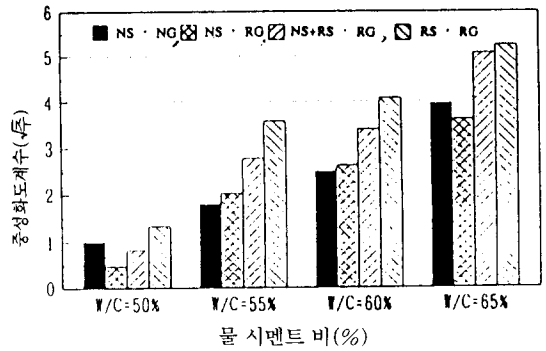


그림 27 수 시멘트 비와 중성화속도계수의 관계

9. 콘크리트에 관한 기준등에 나타난 규정치

(1) 토목계의 품질기준을 표 4에 나타냈습니다.

재생 조골재의 흡수율을 3% 이하로 하기 위해서는 부착된 모르타르 부분을 제거하기 위해 분쇄기에 넣어서 분쇄하는 등의 처치가 필요하다. 이 경우 얻을 수 있는 조골재는 원콘크리트 체적의 20~25% 입니다. 표 5, 표 6는 토목계의 재생콘크리트의 종류, 용도를 나타냈습니다.

(2) 건축계 재생 조골재 및 재생 조골재 콘크리트의 기준치

표 7에 규정치를 나타냈다. 표 8는 재생콘크리트의 종류 표 9는 재생골재콘크리트의 기본용도입니다.

표 4 잠정품질기준안 : 재생골재의 품질(토목계)

항목	재생조골재			재생세골재	
	1종	2종	3종	1종	2종
흡수율(%)	3이하	3이하	5이하	7이하	10이하
안정성(%)	10이하	40이하	12이하 (40이하) ^{*)}	-	10이하

주) 동결융해내구성을 고려하지 않은 경우

표 5 잠정품질기준안, 재생골재 콘크리트의 종류(토목계)

재생골재 콘크리트의 종류	재생골재 콘크리트의 용도	사용조골재	사용세골재	강도 (해설에 나타난 치)
I	철근 콘크리트	재생조골재 1종	보통골재	18~21MPa
II	무근 콘크리트 등	재생조골재 2종	보통골재 또는 재생세골재 1종	16~18MPa
III	무근 콘크리트 등 사립 콘크리트 등	재생조골재 3종	재생조골재 2종	16MPa미만

표 6 잠정품질기준안(해설) : 재생골재콘크리트의 상용구조물의 예(토목계)

재생골재 콘크리트의 종류	구조물
I	교량하부공, 옹벽, 터널라이닝 등
II	콘크리트 블럭, 도로부속물기초, 측구, 집수 기초, 중력시용벽, 중력식교차, 법채, 중매립콘크리트, 소파근고정블럭, 사방댐 및 그 부대공
III	버림콘크리트, 바닥콘크리트, 강도가 필요 없는 매립용콘크리트, 토간콘크리트, 기타 건축물의 비구조체

표 7 재생골재의 품질(건축계)

골재의 종류	구분	흡수율(%)	씻기 손실량(%)	유기체의 혼입물(%)
재생조골재	1종	3.0이하	1.5이하	1이하
	2종	3.0을 초과 5.0이하		
	3종	5.0을 초과 7.0이하		
재생세골재	1종	5.0이하	7.0이하	-
	2종	5.0을 초과 10.0이하		

주1) 5mm 이상의 시료에 관해서 시험한 치

표 8 재생골재콘크리트의 종류(건축계)

구분	조골재	세골재
A	재생조골재 1종	보통세골재
B	재생조골재 2종	보통세골재
C	재생조골재 2종	재생세골재 1종
D	재생조골재 3종	재생세골재 2종

표 9 재생골재 콘크리트의 용도의 기본(건축계)

구분	용도
A	일반 RC 건축물 및 하기 B, C, D, D
B	흙에 접한 기초 및 하기 C, D
C	흙에 접한 바닥 슬라브(균열방지등을 위한 철근이 들어가는 경우가 있다) 및 하기 D
D	무근의 비구조체

10. 콘크리트塊의 용도

콘크리트塊의 재이용의 현상과 동향을 표 10에 나타냈습니다.

표 10 해체콘크리트의 재이용 실상 및 금후의 동향

	용도	이용형태	재이용의 현상		금후의 동향		
			실적	내용	현시점의 문제점	금후의 과제	실용화의 전망
부순	재생 콘크리트	쇄 석 장 (부 순 장)	△	실험결과 다수 있음	실제 적용성을 검토한다.	회수기술 유통기구 표준화	◎
		쇄 사 장	△	실험결과 다수 있음			
	로반재	쇄 석 장	○	실적대	특별히 없음	수요의 확대	◎
	수사리	부 순 장	○	실적대			
	요석, 과립재	해 요 석 장	○	실적대			
		매립용(투기)	중 괴	○	일반화	매립지난	감량할 것
직접	보존건물의 구제	유 자 보수·보강	○	용도변경 모양체	효과적인 이축, 이전방법의 확 립, 풍화콘크리트의 개수방법	보존의 인식	◎

○실적유, △일부실적, ◎매우 유망

11. 상기 이외의 콘크리트계 부산물의 재이용·대책

(1) 에코시멘트

도시 쓰레기 소각재를 주원료로 하는 시멘트, 1일 50톤 제조하는 플랜트가 있습니다. $C_{11}CaCl_2$ 를 다량으로 함유, 응결시간의 조정과 염화물대책이 문제가 되고 있습니다.

(2) 에코콘크리트

에코콘크리트라는 것은 세골재나 조골재 어느쪽이든 석회석 골재를 사용한 콘크리트로, 이것을 해체한 콘크리트를 시멘트공장으로 운반해서 용이하게 시멘트를 제조할 수 있는 콘크리트를 말합니다. 이미 서술한 것과 같이 석회석 골재의 수요가 증가하면 시멘트 공장에 공급하는 석회석이 20~30년에도갈되어, 에코콘크리트로 만든 구조물을 해체할 때에는, 시멘트 공장이 폐쇄될 가능성이 있습니다.

(3) 콘크리트슬러지, 잔콘크리트 대책

(a) 세척수의 사용 : 콘크리트 운반차 등의 세척수는 전부 사용하고 있습니다.

(b) 콘크리트에 슬러지고형분을 첨가 : JCI 위원회의 결과에 의하면 시멘트중량에 대해서 3.5%까지 첨가해도 좋다고 되어 있는데 슬러지의 양은 콘크리트 생산량의 0.5% 정도로 생각되어집니다.

(c) 부착콘크리트용 화학처리제 : 옥시카보산을 주성분으로 하는 담청색 액체를 첨가해서 경화를 늦춘다. 10톤 차에 대해서 처리제 1.0~1.5 첨가합니다.

(d) 잔콘크리트용 처리제 : 종래와 같이 물세척한 골재를 사용하여 슬러지를 다량으로 배출하던가 콘크리트를 그대로 경화시켜 투과하고 있습니다만, 잔콘크리트는 생산량의 2~3%, 일본의 경우 2억 m^3 으로 500만 m^3 /년입니다.

이 콘크리트에 강력한 응결지연제(stabilizer)를 첨가해서 수화를 정지시키고 다음날 촉진제(activator)를 첨가해서 수화시켜서 재이용할 수 있습니다.

(e) 기타 슬러지 대책

- ① 탈수한 슬러지를 시멘트공장에서 인수받는다.
- ② 도시 쓰레기 소각로의 알칼리 대체로서 콘크리트 슬러지를 투입한다. 시험결과에 의하면 염화물의 흡수·제거에 유효하다.

(4) 콘크리트 미립분의 재이용

- ① 소일(soil) 시멘트에 첨가 : 한번 수화한 시멘트는 다시 수화해서 강도를 발현하는 경우는 거의 없습니다. 어떤 종류의 흙의 경우, 미립분이 첨가되어 공극의 충전효과등에 의해 약간의 강도상승을 알 수 있습니다.
- ② 미립분을 시멘트의 원료로서 사용한 보고가 있습니다.
- ③ 미립분을 미분쇄해서 생석회를 첨가하여 오토크레이브 양생을 행할 때 어느 정도의 강도 발현이 있었으나, 차이가 많았습니다. 그 원인의 하나는 原콘크리트 골재의 암질이 다르기 때문이라고 생각되어집니다.

12. 콘크리트부산물의 이용이 촉진되지 않는 이유

모든 부산물 이용의 진행은 어렵지만, 마찬가지로 콘크리트계 부산물의 이용도 부진합니다. 그 이유는 조사한 바에 의해 표 11에 나타내었습니다. 또, 재이용 추진을 위한 방책을 그림 28에 나타내었습니다.

표 11 콘크리트부산물의 저재생이용율의 요인

1	재생이용방법의 기준이 확립되지 않았다.	39.3%
2	콘크리트 재생골재의 품질(강도, 안정성, 흡수율 등)이 원재료에 비해 떨어진다.	16.9%
3	중간 처리된 콘크리트재생재의 공급체제가 정비되지 않았다.	16.9%
4	재생골재의 코스트(중간처리 경비 및 운반비)가 원재료에 비해서 높다.	15.7%

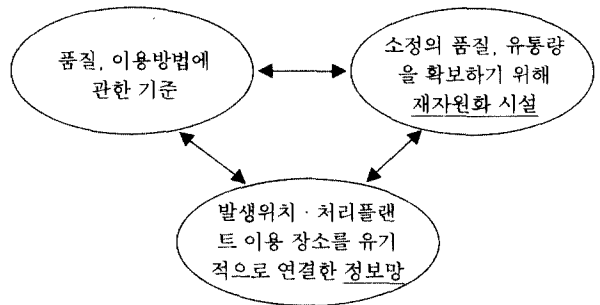


그림 28 재이용 추진을 위한 방책

13. 끝맺음

콘크리트계 부산물의 재이용에 관해서 소개했습니다. 콘크리트는 막대한 량을 매년 제조하고 있기 때문에 금후 20~30년이면 몇천 만톤의 해체 콘크리트가 발생되리라 생각합니다. 따라서 유효적절한 재이용 방법을 지금부터 개발할 필요가 있습니다.

청강해 주셔서 감사드립니다.

참고 문헌

1. 笠井芳夫 建築物のライフ・メンテナンス・リサイクルへの 試論 単行本 土木建築材料のリサイクル 監修 (社)末踏科學技術協會・エコマチリアル研究會, 化學工業日本社刊 1996. pp.95-124
2. 大門正機 他2名 セメントによる資源自己循環サイクルの化學的検討 日本學術振興會 建設材料第76 委員會 第315回會議 サイクル 1997. 1. 21. PP.25~29
3. 河野廣隆 コンクリート解體材のリサイクル 単行本 土木建築材料のリサイクル 監修 (社)末踏科學 技術協會・エコマチリアル研究會, 化學工業日本社刊 1996. pp.73-94
4. 長龍重義 建設材料のリサイクルの綜合的検討 pp.1-7
5. 單行本 解體工法研究會編:解體工法と積算, 改訂3版, (財)經濟調査會 pp.448, 449
6. 笠井芳夫 リサイクル骨材について 月刊 生コンクリート Vol.10. No.11, Nov.1991. pp.90-96
7. 柳 啓 再生骨材に盒まれる不純物がコンクリートにえる影響; 月刊 生 콘크리트 Vol.13. No.11, 1994. pp.76-79
8. 吉併 毫 再生骨材に適する試験のあい方についての試案と展望 月刊 生 콘크리트 Vol.13. No.11, 1994. pp.91-96
9. 昭和60年度建設省總合技術開發プロジェクト「建設事業への廢棄物利用技術の開發」報告書, 昭和 61年 3月, pp.377
10. 콘크리트廢材(副産物)の有効利用(平成3年度活路開拓ビジョン實現化事業報告書), 東日本セ メント製品工業組合 p.11
11. 笠井芳夫 콘크리트破碎物の再利用 その2・完セメント・콘크리트 NO.348 1976.2
12. Y.KASAI, M.HISAKA and K.YANAGI Durability of concrete using recycled concrete, Demolition and Reuse of concrete and Masonry Vol.2 "Reuse of Demolition Waste, Chapman & Hall. 1988. pp.623-632
13. 柳 啓, 笠井芳夫:再生粗骨材の微粉分が再生粗骨材콘크리트の2, 3의 性質に及ぼす影響セメ ント・콘크리트論文集, No. 49, 1995. pp.342-347
14. 片脇清士 土木分野におけるリサイクル 単行本 土木建築材料のリサイクル 監修 (社)末踏科學技術 協會・エコマチリアル研究會, 化學工業日本社刊 1996. pp.125-157
15. 柳 啓, 笠井芳夫:再生骨材콘크리트の耐久性に及ぼす微粉分の影響, 日本大學生工學部第28回 學術講演會梗概集, 1995.12. pp.29-32
16. 柳 啓, 阿部道産, 笠井芳夫:再生콘크리트の諸物性に關する實驗的研究:セメント・コンク リート論文集, No. 50, 1996. pp.802-808