재생콘크리트 강도 예측 프로그램 개발을 위한 재생콘크리트의 역학적 특성과 내구성에 관한 자료 분석

Analysis of data on mechanical properties and durability of recycled aggregate concrete to develope estimation program of recycled aggregate concrete strength

○ 최 희 복* 강 경 인**
Choi, Hee-Bok Kang, Kyung-In

Abstract

The production of waste concrete is increased continuously by urban renewal, reconstruction, remodeling, and so on. So the positive use of recycled aggregate concrete is needed.

Research for recycled aggregate concrete that use recycled aggregate from the mid-80s to solve environmental problem of aggregate insufficiency and waste concrete is consisting vigorously. However, specifications and mix design about waste concrete's use are evading use of recycled aggregate concrete yet in spot being not taken a triangular position.

Therefore, it analyze existing research data for recycled aggregate concrete collection to develop strength estimate program in this research.

Recycled aggregate concrete's strength estimate program if specifications and mix design about recycled aggregate concrete are taken a triangular position to foundation recycled aggregate concrete's practical use to increase judge .

키 워 드 : 강도예측 프로그램, 재생골재
Keywords : strength estimate program, recycled aggregates

1. 서 론

재개발, 재건축, 리모델링 등의 철거, 보수 사례가 증가하면서 국내 건설 산업에서도 건설폐기물이 점차 증가추세에 있으며, 2004년 기준 수도권매립지에 반입되는 전체 폐기물에 대한 건설폐기물의 비율[1]을 살펴보면 1998년도부터 계속 증가추세에 있다.(그림1참조)

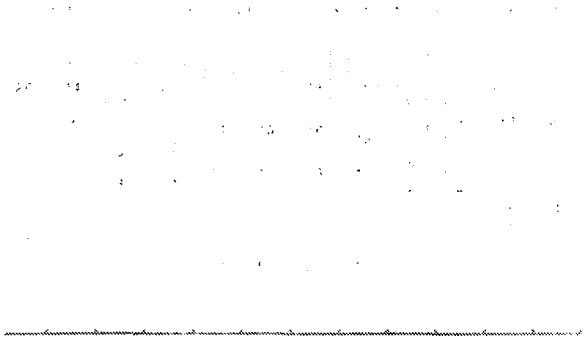

그림 1. 폐기물 종류별 매립지 반입현황(수도권매립지 기준)

콘크리트는 그 구성 재료가 약 70%의 골재와 30%의 기타 재료로 이루어져 있어 골재는 각종 건설공사의 기초재료로 경제에 미치는 영향이 지대하므로 안정적이 공급이 절실히 요청되고 있다. 하지만, 골재는 유한한 자원이고 소모되는 반면 골재 수요는 매년 급증하고 있으므로 골재 부족 사태가 발생할 수 있다고 사료된다. 따라서 골재의 원활한 수급을 위한 조치가 필요하며, 이에 대한 방안으로 폐 콘크리트를 활용한 재생골재의 생산과 건설구조물에의 사용이 적극 고려되어져야만 할 것이다.

특히, 재생골재의 경우, 일부 구체적인 연구는 진행되고 있지만, 대부분이 토지조성을 위한 성토 및 매립재, 도로 노반재 등 비구조체에 주로 사용되고 있을 뿐 건축 구조재료로서 재생골재의 사용을 건설현장에서는 적용을 꺼리고 있는 실정이다.

왜냐하면, 재생골재의 이용이 제도적으로 장려되지 않아서가 아니라, 재생콘크리트를 생산하기 위해 필요한 사항(성능예측 등)을 정립하고 있지 않기 때문이라 사료된다.

따라서 레미콘 공장에서 재생골재를 사용한 재생콘크리트를 대량 생산할 수 있도록 지금까지 국내에서 연구진행 된 재생골재를 이용한 재생콘크리트의 물리적 특성과 내구성의 실험결과들을 수집·분석을 통해 강도예측 프로그램을 개발

* 고려대학교 석사
** 고려대학교 건축공 교수

1) 수도권매립지관리공사. '년도별 폐기물반입현황', 2004

하여 적절한 배합설계를 할 수 있도록 기여하는 것이 본 연구의 목적이다

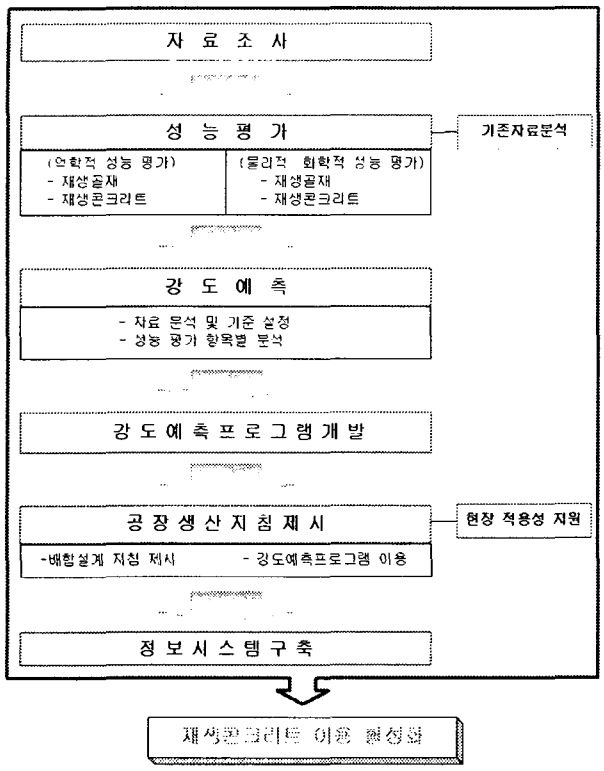

그림 2. 연구의 흐름

2. 국내의 재생콘크리트에 대한 연구 현황

최근 국내 건설시장에서 골재의 수요량에 비해 공급량이 크게 부족한 상태이며(그림3참조), 전국적으로 폐기물 매립지의 부족화로 폐기물의 매립지 반입금과 환경분담금이 2000년에는 톤당 14,470원에서 2003년에는 톤당 18,070원(전년대비 25%상승)으로 증가 추세에 있다.

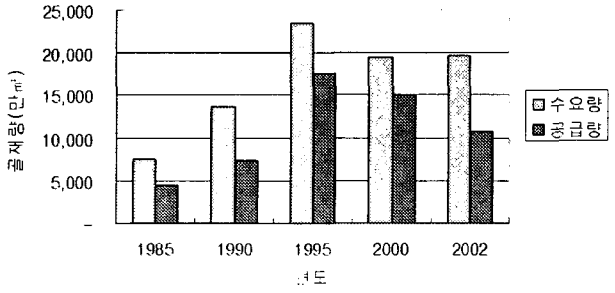

그림 3. 2003년 골재 수요 공급추이

이에 따라 골재의 안정적인 수급과 사회적, 환경적, 경제적 측면에서 재생골재의 광범위한 적용을 위해서 많은 연구가 진행되고 있다.(표1참조) 그러나 표1에서 보는바와 같이 건물 구조체에 재생골재의 활용은 아직 미비한 상태이며, 대부분 천연굵은골재의 대체용으로써 재생골재가 연구의 주를 이루고 있는 실정이다.

80, 90년대는 연구의 초기로써 주로 물-시멘트 비에 따른 재생콘크리트의 역학적 상태를 연구하였으며, 90년말, 2000년 초부터는 재생골재의 치환율에 따른 재생콘크리트의 역학적 특성이 연구의 주를 이루고 있다.

표 1. 재생골재를 이용한 재생콘크리트에 대한 국내 연구현황

연구자	년도	주요변수	연구내용
윤승조 외 2명	1985	물-시멘트비, 조골재 종류 콘크리트 재령	· 재생 조골재를 이용한 재생콘크리트의 특성분포 · 슈미트해머, 초음파 전파속도 측정의 비파괴 실험을 통한 영향인자 분석
한천구 외 2명	1985	물-시멘트비, 조골재 종류	· 재생 조골재와 천연 조골재의 비교, 분석
김무한 외 2명	1986	물-시멘트비, 골재종류	· 재생골재 품질에 따른 비파괴실험 영향인자 규명
윤현도 외 2명	1986	물-시멘트비, 골재종류	· 물-시멘트비 40~90% 범위의 컨시스턴시 및 역학적 상태 비교분석
김무한 외 4명	1990	물-시멘트비, 재생골재 대체율	· 재생골재 혼합조건에 따른 굳지 않은 콘크리트의 기초적인 성상
윤기원 외 5명	1993	물-시멘트비, 조골재 입경	· 재생골재 콘크리트의 슈미트해머법 강도추정은 실용 가능성이 있음
김무한 외 3명	1994	물-결합재비, 조골재 대체율, 플라이애쉬 혼입률	· 경화콘크리트 상태의 고강도 영역 재생골재 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 연구
서치호 외 2명	1996	재생골재 혼합비, 양생조건, 재령별 변화	· 재생골재의 압출성형 재료는 7일 경과 후에는 오토클레이브를 거치지 않아도 소요강도를 얻을 수 있음
윤현도 외 4명	1997	물-시멘트비, 골재종류	· 강도특성에 따른 천연골재의 재생골재로의 대체 가능성
박복만 외 4명	1998	재생골재 품질	· 재생골재의 품질에 따른 재생콘크리트의 특성 파악
구봉근 외 4명	1999	재생골재 대체율	· 재생골재 대체율에 따른 철근콘크리트 보의 휨거동과 전단거동 검토
윤현도 외 3명	2002	전단경간비, 콘크리트 강도	· 재생골재를 이용한 고강도 콘크리트 보의 전단거동 파악
신성우 외 3명	2002	콘크리트 강도, 재생조골재 치환율	· 재생 조골재를 사용한 철근콘크리트 보의 거동 평가
이명규 외 2명	2003	재생굵은골재의 치환율	· 재생 굵은 골재의 치환율에 따른 물리적 특성과 내구성, 건조수축을 평가

3. 재생골재 치환율에 따른 재생콘크리트의 역학적, 내구성 고찰

최근까지의 재생골재 치환율에 따른 재생콘크리트의 역학적, 화학적 특성에 관한 실험논문들을 분석해보면 일반적으로 다음과 같은 일치되는 결과들을 얻을 수 있다.

3.1 역학적 특성

최근까지 연구결과들을 살펴보면 천연골재를 재생골재로 치환했을 때 가장 문제가 되는 부분이 압축강도와 초기, 장기 수축에 의한 균열이다.

1) 압축강도

Buck[2]는 재생골재를 이용한 재생콘크리트가 천연골재를 이용한 일반 콘크리트보다 압축강도에 있어서 약 10%감소한 것으로 보고하였고, Tam[3] 역시 재생골재를 이용한 콘크리트가 일반 콘크리트에 비해 압축강도가 8~24%정도 낮다고 보고했다. 오상근[4] 등의 연구에서도 재생골재 대체율이 증가할수록 압축강도가 감소하는 것으로 보고되고 있다. 재생골재의 치환율이 30%에서 일반 콘크리트에 비해 재령 28일 압축강도의 감소폭이 크게 감소하다가 치환율이 증가할수록 그 감소폭은 점점 줄어들었다.

2) 건조수축

재생골재는 모재콘크리트에 외력을 가해 파쇄하여 생산되므로 재생골재내부에 균열이 많이 발생하게 되고, 그로인해 내부공극의 발생으로 재생골재는 밀도가 일반 골재에 비해 감소하게 된다. 또한 밀도의 감소로 흡수율, 단위용적중량의 증가와 밀접한 관련[5]이 있다.

건조수축 실험에서는 재생골재를 사용할시 재생골재의 흡수율이 천연골재에 비해 크므로 인해 장기건조수축이 증가[6]한다.

3) 탄성계수

콘크리트의 탄성계수는 콘크리트의 응력-변형도 성질과 밀접한 관계를 가지고 있다. 1축 압축력을 받는 콘크리트는 응력이 압축강도의 30~40%에 이를 때까지 탄성거동을 하다가 그 이상에서는 미세한 균열의 발생으로 비선형성을 이루다가 응력이 80~90%에 이르면 균열이 서로 연결되어 응력에 더 이상 견디지 못하게 되어 파괴된다. 이때 변형도는 대략 0.002~0.0025의 범위가 된다.

물시멘트비가 0.40~0.35 정도에서 대부분의 실험들이 천연골재 콘크리트에 근접함을 보였다.

3.2 내구성

재생골재는 외력에 의해 골재 내부에 일반 골재에 비해 균열이 많이 발생하게 되고, 그로인해 내부 공극이 발생하게 된다. 따라서 재생골재의 내구성 시험을 위해서는 반듯이 동결융해 시험을 행해야 한다.

2) Buck, AD., Recycled Concrete, Highway Research Record 430, 1973

3) Ravindrarajah, R.S., and Tam, T.C., Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate, Magazine of Concrete Resaerch, 37, No.130, 1985

4) 오상근 외, 재생조골재에 부탁된 미세분말이 재생골재 콘크리트의 성질에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표논문집, 제15권 제2호, 1995.10

5) 전명훈 외4, 국내 재생골재의 물리적 특성에 관한 상관성 분석, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 23권 제2호, 2003.10, pp.363~366

6) 이명규 외2, 재생콘크리트의 내구성에 관한 실험연구, 대한토목학회논문집, 제23권 제1A호, 2003.1, pp.85~93

또한 동경융해 저항성에 영향을 미치는 요인으로써는 재생골재에 부착된 모르타르에 영행공기가 적기 때문에 발생할 수가 있으며, 파쇄과정에서 부착된 모르타르에 미세한 균열이 발생하였기 때문일 수 있다고 보고[7]하였다.

1) 동결융해 저항성

대부분의 실험결과에서 재생골재를 사용한 재생콘크리트의 동결융해 저항성 실험은 일반콘크리트에 비해 훨씬 못 미치는 것으로 보고 되고 있다. 이는 앞에서 언급했듯이 파쇄과정에서 부착된 모르타르에 미세한 균열의 발생과 재생골재에 부착된 모르타르에 연행공기가 적기 때문인 것으로 사료된다.

2) 마모성

마모율은 골재의 내구성 측정을 위한 수단이 된다. 마모율은 재생골재의 생산 과정에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 보고 되었다. 심종우(2004)[8]의 연구에 따르면 콘크리서1차, 2차와 임팩트 크러셔 1차, 2차, 그리고 로그와셔를 거친 재생골재의 마모율은 천연골재와 거의 비슷한 마모율을 보였지만, 콘크러셔 1차만을 거친 재생골재는 천연골재에 비해 1.5배 정도의 마모율을 보였다.

4. 결 론

현재 우리나라의 재생골재에 대한 연구, 특히 굵은 재생골재의 활용부분에 대한 연구들이 상당히 진행된 상태라 사료된다. 재생골재의 내구성과 역학적 특성은 천연골재에 비해 다소 떨어지지만 재생콘크리트의 강도만 충분히 예측할 수 있다면 건물의 내력구조에도 사용할 수 있다고 사료된다. 하지만 앞에서 언급했듯이 시공현장에서 재생골재 콘크리트의 사용을 꺼리고 있는 실정이며, 레미콘 공장에서 또한 생산하는데 있어서 재생골재의 배합설계를 통한 대량 생산 시스템을 구축하고 있지 않아서 재정적인 어려움을 안고 있는 것이 사실이다.

지금까지의 연구결과들을 분석해보면 재생골재의 사용에서 가장 중요하게 생각하고 고려해야 할 부분은 재생콘크리트의 압축강도와 건조수축, 그리고 동결융해에 대한 내구성의 문제이다.

따라서 지금까지의 연구(표2참조)를 토대로 다음과 같은 재생골재 콘크리트의 강도 예측 프로그램을 개발(그림4참조) 제안함으로써 재생콘크리트의 건물 구조체 부분의 사용에 있어서 적절한 강도 예측을 통해 효율적인 활용과 재생골재 배합설계의 대량생산 시스템이 구축되어 재생골재의 활용에 일조되었으면 한다.

아직 재생콘크리트의 강도예측 프로그램은 초기 개발단계에 있으며, 좀더 많은 자료의 수집과 분석을 통해 보안되어져야 할 것으로 사료된다.

7) 문대중 외2, 재생골재를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성, 한국콘크리트학회논문집, 제14권 제3호, 2002.6, pp.307~314

8) 심종우 외3, 재생골재 생산방식의 차이에 따른 재생 굵은골재의 품질 특성에 관한 비교연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제24권 제1호, 2004.4, PP.195~198

표 2. 강도예측 프로그램 개발을 위한 기존 연구 자료

No.	cement(kg)	water(kg)	sand(kg)	Re_sand(kg)	gravel(kg)	Re_gravel(kg)	fly_ash	silica-fume	감수제	W/C	W/B	S/A	F.A첨가율	S.F첨가율	굵은 골재최경(mm) 천연	재생
1	380	163	673	0	1050	0	19	0	3.8	0.4289474	0.4085213	0.3924233	0.047619	0	25	25
2	380	163	673	0	525	459	19	0	3.8	0.4289474	0.4085213	0.3923906	0.047619	0	25	25
3	380	163	673	0	420	551	19	0	3.8	0.4289474	0.4085213	0.3923321	0.047619	0	25	25
4	380	163	673	0	315	643	19	0	3.8	0.4289474	0.4085213	0.3922736	0.047619	0	25	25
5	380	163	673	0	210	735	19	0	3.8	0.4289474	0.4085213	0.3922152	0.047619	0	25	25
6	463	185	648	0	983	0	0	0	3.47	0.399568	0.399568	0.3936661	0	0	25	25
7	463	185	648	0	688	271	0	0	3.47	0.399568	0.399568	0.3937359	0	0	25	25
8	463	185	648	0	491	452	0	0	3.47	0.399568	0.399568	0.3937754	0	0	25	25
9	463	185	648	0	0	904	0	0	3.47	0.399568	0.399568	0.3936418	0	0	25	25
10	439	185	648	0	0	904	16	0	3.47	0.4214123	0.4065934	0.3936418	0.0351648	0	25	25
11	416	185	648	0	0	904	32	0	3.47	0.4447115	0.4129464	0.3936418	0.0714286	0	25	25
12	439	185	648	0	0	904	0	16	3.47	0.4214123	0.4065934	0.3936418	0	0.0351648	25	25
13	416	185	648	0	0	904	0	32	3.47	0.4447115	0.4129464	0.3936418	0	0.0714286	25	25
14	416	185	648	0	0	904	16	16	3.47	0.4447115	0.4129464	0.3936418	0.0357143	0.0357143	25	25
15	370	185	648	0	0	904	32	32	3.47	0.5	0.4262673	0.3936418	0.0737327	0.0737327	25	25
16	370	185	678	0	1029	0	0	0	3.47	0.5	0.5	0.3935522	0	0	25	25
17	370	185	678	0	720	284	0	0	3.47	0.5	0.5	0.393587	0	0	25	25
18	370	185	678	0	515	473	0	0	3.47	0.5	0.5	0.3934624	0	0	25	25
19	370	185	678	0	0	946	0	0	3.47	0.5	0.5	0.3936044	0	0	25	25
20	352	185	678	0	0	946	13	0	3.47	0.5255682	0.5068493	0.3936044	0.0356164	0	25	25
21	333	185	678	0	0	946	25	0	3.47	0.5555556	0.5167598	0.3936044	0.0698324	0	25	25
22	352	185	678	0	0	946	0	13	3.47	0.5255682	0.5068493	0.3936044	0	0.0356164	25	25
23	333	185	678	0	0	946	0	26	3.47	0.5555556	0.5153203	0.3936044	0	0.0724234	25	25
24	333	185	678	0	0	946	13	13	3.47	0.5555556	0.5153203	0.3936044	0.0362117	0.0362117	25	25
25	296	185	678	0	0	946	25	26	3.47	0.625	0.5331412	0.3936044	0.0720461	0.074928	25	25
26	308	185	698	0	1060	0	0	0	1.54	0.6006494	0.6006494	0.3934067	0	0	25	25
27	308	185	698	0	742	292	0	0	1.54	0.6006494	0.6006494	0.3935081	0	0	25	25
28	308	185	698	0	530	487	0	0	1.54	0.6006494	0.6006494	0.393494	0	0	25	25
29	308	185	698	0	0	975	0	0	1.54	0.6006494	0.6006494	0.3933364	0	0	25	25
30	293	185	698	0	0	975	11	0	1.54	0.6313993	0.6085526	0.3933364	0.0361842	0	25	25
31	277	185	698	0	0	975	21	0	1.54	0.66787	0.6208054	0.3933364	0.0704698	0	25	25
32	293	185	698	0	0	975	0	11	1.54	0.6313993	0.6085526	0.3933364	0	0.0361842	25	25
33	277	185	698	0	0	975	0	22	1.54	0.66787	0.6187291	0.3933364	0	0.0735786	25	25
34	277	185	698	0	0	975	11	11	1.54	0.66787	0.6187291	0.3933364	0.0367893	0.0367893	25	25
35	247	185	698	0	0	975	21	22	1.54	0.7489879	0.637931	0.3933364	0.0724138	0.0758621	25	25
36	500	175	649	0	1007.9	0	0	0	4	0.35	0.35	0.3999902	0	0	25	25
37	465	175	644.1	0	1000.3	0	0	35	4	0.3763441	0.35	0.3999879	0	0.07	25	25
38	430	175	639.2	0	992.7	0	0	70	4	0.4069767	0.35	0.3999855	0	0.14	25	25
39	395	175	634.3	0	985.1	0	0	105	4	0.443038	0.35	0.3999831	0	0.21	25	25
40	437.5	175	669.2	0	1039.3	0	0	0	3.5	0.4	0.4	0.3999834	0	0	25	25
41	406.9	175	665	0	1032.6	0	0	30.6	3.5	0.4300811	0.4	0.4000246	0	0.0699429	25	25
42	376.3	175	660.7	0	1026	0	0	61.3	3.5	0.4650545	0.4	0.4000066	0	0.1400823	25	25
43	345.6	175	656.4	0	1019.3	0	0	91.9	3.5	0.5063657	0.4	0.4000119	0	0.2100571	25	25
44	350	175	697.6	0	1083.3	0	0	0	2.6	0.5	0.5	0.400007	0	0	25	25

No.	Re_Sand 치환율	Re_Gra.치환율	천연모래 비중	천연모래 흡수율	천연모래 조립율	재생모래 비중	재생모래 흡수율	재생모래 조립율	천연골재 비중	천연골재 흡수율	천연골재 조립율	재생굵은골재 비중	재생굵은골재 흡수율	재생굵은골재 조립율	재생골재 융적률	슬럼프(mm)
1	0	0	2.6	1.26	2.5	2.2			2.62	0.7		2.29	7.48		0	180
2	0	0.500068612	2.6	1.26	2.5	2.2			2.62	0.7		2.29	7.48		20.04366812	162
3	0	0.600152988	2.6	1.26	2.5	2.2			2.62	0.7		2.29	7.48		24.06113537	171
4	0	0.700188279	2.6	1.26	2.5	2.2			2.62	0.7		2.29	7.48		28.07860262	171
5	0	0.80017452	2.6	1.26	2.5	2.2			2.62	0.7		2.29	7.48		32.09606987	156
6	0	0	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	0	
7	0	0.299896969	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	11.29166667	
8	0	0.500279884	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	18.83333333	
9	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
10	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
11	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
12	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
13	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
14	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
15	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	37.66666667	
16	0	0	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	0	
17	0	0.300189532	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	11.83333333	
18	0	0.499702493	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	19.70833333	
19	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
20	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
21	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
22	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
23	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
24	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
25	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	39.41666667	
26	0	0	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	0	
27	0	0.299702704	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	12.16666667	
28	0	0.49981715	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	20.29166667	
29	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
30	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
31	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
32	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
33	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
34	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
35	0	1	2.65	2.2	2.52	2.2			2.61	0.56	7.15	2.4	5.37	6.99	40.625	
36	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	165
37	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	95
38	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	55
39	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	25
40	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	225
41	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	205
42	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	185
43	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	165
44	0	0	2.55	1.53	2.65	2.2			2.64	1.13	6.52	2.33	6.51	6.99	0	245

No		fck Mpa								동결융해	
	공기량(%)	3 days	7 days	14 days	28 days	91 days	탄성계수	인장강도	휨 강도	내구성 지수	[illegible]
1	-				35.9		25677	3.53	5.11		1.129
2	-				33.2		25519	3.17	4.59		1.09
3	-				30.8		23861	2.93	4.38		.858
4	-				23.8		22378	2.33	3.78		0.762
5					22.22		21842	2.14	3.53		0.763
6		30.478	39.2		50.96		36946				
7		24.5	35.574		44.688		32536				
8		24.696	33.026		37.044		29890				
9		15.974	17.248		29.204		25088				
10		20.58	24.206		36.064		25088				
11		25.088	25.088		38.024		21266				
12		26.754	30.478		40.18		30184				
13		22.638	25.676		40.572		29792				
14		26.95	34.398		40.67		30870				
15		24.892	30.968		38.22		23422				
16		24.108	28.616		38.808		31066				
17		23.912	28.224		37.044		31458				
18		17.64	26.362		36.75		24206				
19		23.422	22.638		27.734		22540				
20		15.876	22.442		29.302		20482				
21		11.2348	15.484		29.4		22736				
22		19.061	25.088		31.948		25676				
23		21.364	23.52		32.928		27440				
24		15.778	19.012		33.124		20188				
25		18.326	23.128		30.282		21756				
26		11.956	18.424		25.97		25774				
27		12.25	15.484		24.892		23128				
28		11.956	18.032		24.01		22834				
29		6.272	9.996		15.092		19012				
30		9.114	14.504		17.346		13524				
31		9.212	11.27		20.188		15092				
32		16.268	22.246		23.814		23814				
33		9.604	14.112		26.558		20384				
34		15.778	15.778		27.636		18032				
35		13.132	16.758		22.932		18718				
36					57.722			3.724	6.566		
37					63.014			3.92	7.154		
38					66.346			3.92	7.35		
39					64.484			3.822	6.86		
40					34.888			2.842	4.998		
41					43.904			3.136	5.488		
42					46.942			3.43	6.076		
43					48.902			3.43	6.566		
44					35.966			2.548	4.606		

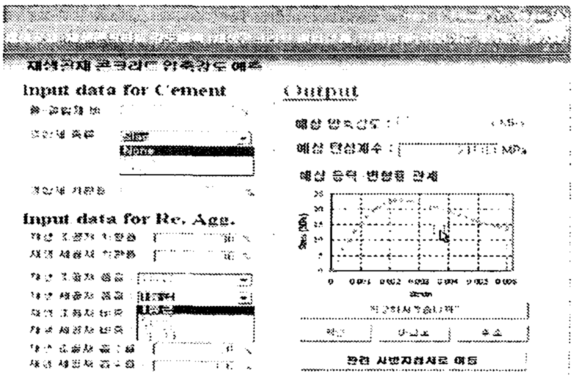

그림 4. 재생골재 콘크리트 강도예측 프로그램

참 고 문 헌

1. 수도권매립지관리공사. '년도별 폐기물반입현황', 2004
2. 김문섭 외3, 재생골재 콘크리트의 역학적 특성, 대한건축학회논문집, 13권 9호, 통권107호, 1997.3, pp.305~312
3. 문대중 외2, 재생골재를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성, 한국콘크리트학회논문집, 제14권 제3호, 2002.6, pp.307~314
4. 심종우 외3, 재생골재 생산방식의 차이에 따른 재생 굵은 골재의 품질 특성에 관한 비교연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제24권 제1호, 2004.4, PP.195~198
5. 오상근 외, 재생조골재에 부탁된 미세분말이 재생골재 콘크리트의 성질에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표논문집, 제15권 제2호, 1995.10
6. 이명규 외2, 재생콘크리트의 내구성에 관한 실험연구, 대한토목학회논문집, 제23권 제1A호, 2003.1, pp.85~93
7. 장재영 외4, 인천지역의 콘크리트 폐기물을 재생골재로 활용한 재생콘크리트의 강도특성. 한국토목학회논문집, 제15권 제2호, 2003.4, pp.197~208
8. 전명훈 외4, 국내 재생골재의 물리적 특성에 관한 상관성 분석, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 23권 제2호, 2003.10, pp.363~366
9. Buck, AD., Recycled Concrete, Highway Research Record 430, 1973
10. Ravindrarajah, R.S., and Tam, T.C., Properties of concrete made with crushed concrete as coase aggregate, Magazine of Concrete Resaerch, 37, No.130. 1985