

콘크리트 配合設計의 模型化

Modeling of Concrete Mix Proportioning

郭 桂 煥* · 朴 鍾 健** · 金 振 喆**
Kwak Kae Hwan · Park Jong Gun · Kim Jin Cheol

Summary

This work is a study on modeling of concrete mix proportioning. Although concrete is one of the most important materials for construction, its production system is not so well organized in comparison with other materials. The heterogeneous nature of concrete and concrete materials create numerous variables which influence the properties of fresh and hardened concrete.

The relationships between the different variables are formulated into equations. The regression analysis was done by using the computer program of statistical analysis for engineers.

A computer program was written for proportioning the different ingredients of concrete using the derived equations.

I. 緒 論

콘크리트는 土木工事に 있어서 많은 比重을 차지하고 있으며 다른 建設用 재료에 비해 많은 長點을 가지고 있으면서도 올바른 管理體系가 이루어지지 않아 콘크리트 특유의 長點을 살릴 수 없는 경우가 많았다.

良質의 콘크리트를 生産하기 위해서는 生産管理의 전문화, 즉 콘크리트를 생산하기 위한 전문지식과 기술을 開發할 必要性이 絶실히 요구되며 品質管理를 통한 生産性向上 및 原價節減을

기할 수 있으리라 생각된다.

그러나 아직도 현장 기술자들은 이러한 문제에 대하여 큰 관심을 기울이지 않는 사례가 있어 재정적 손실을 가져올 뿐 아니라 기술자로서의 公信用을 실추하고, 建設사업이 지나는 특성때문에 建設현장의 경영이 원시성을 탈피하지 못하고 있는 實情이다. 또한 建設현장에서 소수의 기술인력으로 生産性向上 및 品質管理의 어려움이 많다고 판단되어, 근래의 建設현장이 大形化되어가고 移設 및 操作이 용이한 소형 컴퓨터 및 建設관련의 프로그램 활용이 絶실히 요구되고

* 圓光大學校 工科學

** 圓光大學校 工業技術開發研究所

키워드: 配合設計, 回歸分析, 養生, 萬能試驗機, 模型化, 設計基準強度, 硬化, 減水劑, 線形關係, 變動係數

있다.^{1,2)}

위와 같은 實情 및 趨勢에 따라, 本研究에서는 콘크리트 配合設計을 模型化하고 굵은骨材의 種類에 따라 적합한 W/C를 실험을 통하여 각 재료의 특성, 굳지 않은 콘크리트에서 필요로 하는 슬럼프와 硬化된 콘크리트에서의 壓縮強度에 대한 기준 配合設計에 관한 자료들의 수치들을 配合設計의 재료 변수간 상관관계를 수식화하기 위해 回歸分析의 공식에 대입하여 回歸公式을 만든다.

이러한 과정은 재료변수간의 상관관계에 따라 통계적 기법인 回歸分析을 적용하고 통계 소프트웨어⁵⁾ 사용하므로써, 回歸式을 결정한다. 그러한 回歸式을 이용하여 모형화된 콘크리트의 배합비율에 대하여 컴퓨터 프로그램을 작성한다.

따라서 設計基準強度 σ_{ck} , 굵은骨材의 종류, W/C에 따라 분류하여 프로그램에 配合設計條件 및 재료특성의 자료를 입력하여 실행한 결과를 토대로 供試體를 제작한다. 그리고 워커빌리티와 壓縮強度를 측정하여 作業性, 所要強度를 比較檢査 하므로써, 配合設計에 있어 配合強度 σ_r 및 굵은骨材의 종류에 따른 적합한 W/C- σ_r 식을 檢證하고자 한다.

II. 콘크리트 配合設計 및 模型化

1. 基本理論

본 연구에서 전개하는 配合設計는 콘크리트 標準示方書³⁾의 配合設計를 토대로 하여, 配合設計의 模型化를 하기위한 전제조건인 각 변수간 상관관계의 回歸式을 만든후 模型化하고자 한다.

콘크리트 強度에 영향을 미치는 주된 요인은 材料의 品質, 配合, 空氣量, 施工方法, 養生方法 등 인데 이로 인하여 現場에서의 콘크리트 強度는 상당히 변동하는 것이 보통이다. 따라서 콘크리트 標準示方書에서도 콘크리트 強度의 변동을 고려하여 구조물에 따라 필요한 품질을

가지게 하도록 별도의 확률 값을 규정해 놓고 있다.³⁾

硬化된 콘크리트의 強度에 영향을 미치는 要因을 Gilkey는⁴⁾ (1) W/C- σ 의 비 (2) 骨材와 시멘트의 비 (3) 骨材의 입도, 표면형상, 強度 (4) 굵은骨材의 최대크기의 순으로 분류하였다. 또한 Walker와 Bloem⁴⁾는 (1) Mortar의 強度 (2) Mortar와 굵은骨材간의 부착 (3) 굵은骨材의 입자의 強度로 분류하였다.

위의 연구에 따라 強度에 주된 영향을 미치는 요인은 W/C와 굵은 骨材이다. 그러므로 정확한 所要의 強度를 만족하기 위해서 굵은骨材의 種類 및 여러 W/C- σ_r 의 식에 따라 W/C를 정하도록 하였다.

즉, 굵은骨材의 種類에 따라 W/C- σ_r 식을 (1) 시험의 자료를 I. Lyee의 Cement-Water Ratio에 의해 수식화하여 정한 경우, (2) 건설부 건설 시험소의 자료에 의하여 정한 경우, (3) 미국 콘크리트학회(ACI)의 자료⁶⁾에 의하여 정한 경우, (4) 미국 개척국 콘크리트편람의 자료³⁾에 의하여 정한 경우, (5) $\sigma_r = -210 + 215 \cdot C/W$ 식의³⁾ 다섯가지로 분류하여 적용할 수 있도록 하였다.

2. 配合設計 過程 및 配合比率의 數式化

가. 變動係數에 따른 配合強度 決定

콘크리트 標準示方書에 의하면 콘크리트 配合強度 σ_r 는 設計基準強度 σ_{ck} 및 현장에서의 콘크리트 품질변화를 고려해서 정해야 한다. 그리고 일반적인 경우 현장에서의 콘크리트 壓縮強度의 試驗치가 設計基準強度 σ_{ck} 이하로 되는 확률이 1/20 이상의 확률로 일어나서는 안된다고 규정해 놓고 있다.⁴⁾ 이러한 조건의 식은 다음과 같다.

$$\sigma_r \geq \frac{\sigma_{ck}}{1 - 1.645 \cdot V/100} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서, σ_r : 配合強度(kg/cm²)
 σ_{ck} : 設計基準強度(kg/cm²)
 V : 變動係數(%)

나. 壓縮強度에 따른 물-시멘트비

콘크리트 壓縮強度에 영향을 미치는 가장 주된 要因인 물-시멘트비이며, 所要의 強度와 耐久性을 고려하여 定해야 한다. 또 물-시멘트비가 60% 이상이면 수밀성은 매우 감소되며, 일반적으로 물-시멘트비가 큰 경우에는 재료 분리의 경향이 커서 콘크리트에 결점이 생기기 쉽기 때문에 종래의 경험과 실험의 결과로부터 물-시멘트비가 55% 이하인 경우를 標準으로 定하고 있다.

本 研究에서는 다음의 다섯가지 方法 가운데서 決定토록 하였다.

1) 試驗配合에 의하여 결정하는 경우

미국의 I. Lyee가 제안한 시멘트-물비설(Cement-Water Ratio)에 의하면, 強度와 시멘트-

물비의 사이에는 선형 상관관계가 성립하며, 그 공식은 다음과 같다.⁴⁾

$$\sigma = A + B \cdot \frac{C}{W} \dots\dots\dots (2)$$

여기에서, σ 는 콘크리트 壓縮強度이며, A와 B는 실험 정수이다.

따라서, 試驗配合을 하게 되면 위의 이론에 따라 強度와 시멘트-물비의 두 변수간에는 線形關係가 형성되므로 이러한 線形關係를 회귀 분석하여 두변수간의 함수식을 만들어 配合強度에 따라 물-시멘트비를 결정한다.

2) 建設試驗所의 資料에 의하여 결정하는 경우

骨材는 콘크리트용적의 약 65~80%을 차지하는 재료이기 때문에 骨材의 종류나 性質에 따라 콘크리트의 性質에 큰 영향을 주게 된다. 碎石콘크리트는 시멘트플과의 부착이 좋기 때

Table-1. 配合強度와 시멘트-물비의 回歸式(건설시험소의 경우)

혼화제사용 구분	굵은骨材의 종류	굵은骨材의 最大值數 (mm)	슬럼프 (cm)	σ_r (120~210kg/cm ²)와 C/W의 回歸式
보 통 (Plain)	河川骨材	25	5	$\sigma_r = -159 + 191 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -159 + 192 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -135 + 176 \cdot C/W$
		40	5	$\sigma_r = -152 + 190 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -118 + 165 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -125 + 172 \cdot C/W$
		50	5	$\sigma_r = -83 + 145 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -98 + 152 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -98 + 154 \cdot C/W$
	碎石	25	5	$\sigma_r = -157 + 207 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -178 + 223 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -132 + 191 \cdot C/W$
		40	5	$\sigma_r = -143 + 195 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -204 + 238 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -132 + 191 \cdot C/W$
		50	5	$\sigma_r = -155 + 202 \cdot C/W$
			8	$\sigma_r = -237 + 262 \cdot C/W$
			12	$\sigma_r = -129 + 193 \cdot C/W$

문에 보통 콘크리트와 거의 동등한 強度 이상을 발휘하지만 수밀성, 내구성등은 強度와 달리 오히려 약간저하된다. 이를 개선하기 위해서는 AE제, 減水劑등을 적당량 사용함이 바람직하다.

碎石을 사용한 콘크리트는 같은 시험 조건하의 W/C일 경우 河川骨材에 비해 壓縮強度가 약 40 kg/cm² 정도 크고 휨強度도 크게되며, 된 반죽 콘크리트를 사용할 수 있는 공사에서는 碎石을 사용하는 것이 유리하고 도로포장 프리스트레스 콘크리트에서 碎石을 사용하면 河川骨材보다 시멘트의 절약이 된다. 그러므로 碎石을 사용할 경우 물-시멘트比는 河川骨材의 물-시멘트에 비해 크더라도 같은 強度값을 나타나게 된다.

건설부 건설시험소의 자료에 의해 혼화제 사용에 따른 콘크리트종류, 굵은骨材의 최대치수, 슬럼프로 분류하여 그에 해당하는 W/C-σ_r의 선형 상관관계를 回歸式을 만들어 Table-1에 정리하였다.

3) 미국 콘크리트학회의 자료³⁾에 의하여 결정하는 경우

미국 콘크리트학회의 자료인 Table-2를 이용하여 다음과 같은 回歸式을 나타냈다.

① AE제를 사용하지 않은 콘크리트의 경우

$$\sigma_r = -107 + 216 \cdot C/W \dots\dots\dots(3)$$

위의 시멘트-물比와 強度의 함수식을 변환시키면, 물-시멘트比와 強度의 함수식이 성립한다.

Table-2. 配合強度와 시멘트-물比(ACI의 경우)

配合強度 (kg/cm ²)	시멘트-물比	
	보통콘크리트	AE콘크리트
450	2.63	-
400	2.33	-
350	2.08	2.50
300	1.82	2.17
250	1.61	1.89
200	1.43	1.64
150	1.25	1.41

$$\frac{W}{C} = \frac{216}{\sigma_r + 107} \times 100(\%) \dots\dots\dots(4)$$

② AE제를 사용한 콘크리트의 경우

$$\sigma_r = -102 + 183 \cdot C/W \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{W}{C} = \frac{183}{\sigma_r + 101.7} \times 100(\%) \dots\dots\dots(6)$$

4) 미국 개척국의 콘크리트편람 자료³⁾에 따라

5) $\sigma_r = -210 + 215 \cdot C/W$ 식에 의하여 정하는 경우

위 공식은 品質管理가 만족스럽지 못한 곳에서 시험결과까지를 포함하여 최저선을 나타낸 것이다.

III. 配合設計의 프로그램

1. 흐름도

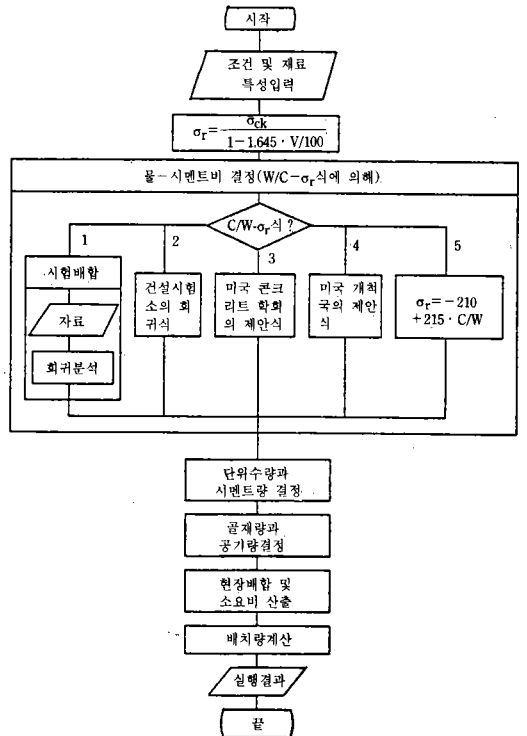


Table-3. 配合強도와 시멘트-물비의 回歸式(미국 개척국)

혼화제 사용구분	配合強도의 범위(kg/cm ²)	配合強도와 시멘트-물비의 回歸式
보통 콘크리트	160~230	$\sigma_r = -139 + 230 \cdot C/W$
	231~330	$\sigma = -76 + 190 \cdot C/W$
	331~385	$\sigma = -22 + 144 \cdot C/W$
AE 콘크리트	140~250	$\sigma = -74 + 162 \cdot C/W$
	251~320	$\sigma = -139 + 230 \cdot C/W$

IV. 實驗方法

1. 使用材料 및 特性

가. 시멘트

시멘트는 0000주식회사 제조의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며 物理的 性質은 Table-4와 같다.

나. 잔骨材

잔骨材는 河川 모래를 사용하였고, 그에 대한 物理的 特性은 Table-5와 같다.

다. 굵은骨材

굵은骨材로서 碎石과 河川骨材를 사용하였으며 物理的 特性은 Table-6과 Table-7과 같다.

2. 供試體의 製作 및 強度 試驗

가. 配合設計

本 研究에서 작성한 프로그램에 각 조건과 材料 特性의 값을 입력하여 얻은 실행 결과 값을 Table-8에 나타 내었으며 河川骨材를 사용할 경우 건설시험소와 최저 品質管理의 W/C- σ_r 式에 따라 작성한 配合設計가 거의 일치하므로 최저 品質管理의 식에 따른 供試體 製作를 생략하였다.

Table-4. 시멘트의 物理的 性質

비 중	분말도	응결(시:분)		압축강도(kg/cm ²)			인장강도(kg/cm ²)		
	(kg/cm ²)	초 결	중 결	3 일	7 일	28 일	3 일	7 일	28 일
3.04	3,180	2 : 50	6 : 40	202	276	371	10	20	25

Table-5. 잔骨材의 物理的 特性

건조 비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	각 체의 통과량 백분율						F. M
				No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	
2.55	1.05	1620	62.2	99.2	95.6	85.8	57.6	21.0	4.8	2.36

Table-6. 碎石의 物理的 特性

최대 치수 (mm)	건조 비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	각 체의 통과중량의 백분율(%)						F. M
					25mm	19mm	13mm	10mm	No. 4체	No. 8체	
25	2.55	1.18	1620	60	100	80.3	49.2	30.0	14.0	13.4	6.77

Table-7. 河川骨材의 物理的 特性

최대 치수 (mm)	건조 비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	마모함량 (%)	각 체의 통과중량의 백분율(%)						F. M
					25mm	19mm	13mm	10mm	No. 4체	No. 8체	
25	2.55	1.05	1620	30.1	92.5	78.1	5.5	1.8	0.3	0.1	8.76

Table-8. 配合設計表 (슬럼프 12cm)

供試體 記號	σ_{ck} (kg/cm ²)	굵은骨材 종류 및 최대치수	σ_r (kg/cm ²)	W/C(%)	Air(%)	S/a(%)	단위량(kg/cm ³)				
							W	C	S	G	
150NA2	150	河川骨材 25mm	181	55.8	1.64	40.40	181	331	716	1047	
150NA3			181	75.1	1.64	44.23	181	246	817	1018	
150NA4			181	72.0	1.64	43.60	181	257	802	1024	
150NA5			181	55.1	1.64	40.21	181	335	712	1047	
150SA2		碎石 25mm	181	61.1	1.64	45.43	193	322	644	1091	
150SA3			181	75.1	1.64	48.23	193	262	722	1065	
150SA4			181	72.0	1.64	47.60	193	273	705	1072	
150SA5			181	55.1	1.64	44.21	193	357	609	1097	
180NA2		180	河川骨材 25mm	217	50.1	1.64	39.21	181	369	683	1048
180NA3				217	66.8	1.64	42.55	181	277	775	1034
180NA4	217			64.7	1.64	42.14	181	286	764	1037	
180NA5	217			50.4	1.64	39.28	181	366	685	1048	
180SA2	碎石 25mm		217	54.8	1.64	44.16	194	359	607	1098	
180SA3			217	66.8	1.64	46.55	194	295	676	1083	
180SA4			217	64.7	1.64	46.14	194	304	665	1087	
180SA5			217	50.4	1.64	43.28	194	390	581	1098	
210NA2	210		河川骨材 25mm	253	45.4	1.64	38.28	181	407	655	1045
210NA3				253	60.1	1.64	41.21	181	308	739	1043
210NA4		253		57.8	1.64	40.76	181	319	728	1045	
210NA5		253		46.5	1.64	38.5	181	397	661	1046	
210SA2		碎石 25mm	253	49.7	1.64	43.13	194	396	576	1098	
210SA3			253	60.1	1.64	45.21	194	327	638	1093	
210SA4			253	57.8	1.64	44.76	194	340	625	1095	
210SA5			253	46.5	1.64	42.5	194	423	556	1095	
240NA2		240	河川骨材 25mm	289	41.5	1.64	37.51	182	445	629	1038
240NA3				289	54.6	1.64	40.12	182	338	710	1048
240NA4	289			52.1	1.64	39.62	182	355	695	1048	
240NA5	289			43.1	1.64	37.82	182	428	640	1041	
240SA2	碎石 25mm		289	45.4	1.64	42.28	194	433	549	1094	
240SA3			289	54.6	1.64	44.12	194	360	606	1098	
240SA4			289	52.1	1.64	43.62	194	378	591	1098	
240SA5			289	43.1	1.64	41.82	194	456	534	1089	

주) 供試體 기호에서 처음 세숫자는 σ_{ck} 값. NA는 河川骨材, SA는 碎石, 마지막 숫자는 2는 건설시험소, 3은 ACI, 4는 미국 개척국의 W/C- σ_{ck} 식에 따라 W/C를 정하였음을 의미한다.

나. 供試體의 製作 및 養生

KS F 2404의 현장에서 콘크리트의 압축 및 휨強度 시험용 供試體를 제작하고 養生하는 방법에 준하여 供試體의 製造 製作 및 養生을 하였다.

1) 供試體의 製作

壓縮強度 供試體의 모울드는 금속제 원통형으로서, 높이가 지름의 2배이며, 굵은 骨材의 최대 치수가 50mm이하일 경우에는 지름 15cm × 높이 30cm의 크기와 굵은 骨材 최대 치수가

25mm일 경우에는 지름 10cm×높이 20cm의 크기를 사용하였다. 다짐은 다짐대를 사용하여 供試體의 충수를 3회로 나누어 층의 대략 깊이는 供試體의 높이가 20cm일 때는 7cm로, 供試體의 높이가 30cm일 때는 10cm로 정하여 다졌다.

캠핑은 응결 2~4 시간이 경과한 후 시멘트 플로 供試體면을 2~3mm 두께로 캠핑하였다.

2) 供試體의 養生

습윤상태로 유지한 供試體를 24~48시간 동안 성형한 후에 몰드에서 꺼낸 후, 실외온도와 같은 조건의 수중養生을 실시하였다.

다. 壓縮強度 試驗

콘크리트 供試體의 壓縮強度 試驗은 KS F2405의 규정에 의해, 하중을 매초 2.0kg/cm²의 일정한 속도로 재하하였으며 壓縮強度의 값은 供試體가 받은 최대하중(kg)을 供試體의 단면적(kg/cm²)으로 나누어 구했다. 각 供試體 기호마다 재령 7일과 28일에 따라 3개씩의 壓縮強度값을 구하여 평균값을 결정했다.

시험기기는 萬能試驗測定機(미국 SATEC사 제품 U.T.M)를 사용하였다.

V. 實驗結果 및 考察

1. 슬럼프값에 의한 作業性

위커빌리티는 반죽질기여하에 따르는 작업난이의 정도 및 재료분리에 저항하는 정도를 나타내는 굳지 않은 콘크리트의 성질이며, 위커빌리티를 측정하는 방법으로서 대표적인 슬럼프시험을 택하였다.

따라서 KS F 2402에 준하여 슬럼프값을 측정하였으며 그 결과를 Table-9와 Fig. 1에 나타냈다.

가. 굵은骨材의 種類에 따른 슬럼프의 考察

굵은骨材로써 碎石을 사용한 경우에는 대체적으로 묽은 배합이 되어 측정된 슬럼프값이 配合設計의 슬럼프값보다 높은 양상을 나타내었듯이 작업성은 용이하였다.

Table-9. σ_r 와 슬럼프값(cm)

σ_r (kg/cm ²)	河川骨材			碎石			
	NA2	NA3	NA4	SA2	SA3	SA4	SA5
181	9	8	13	15	17	17	13
217	7	13	9	14	6	16	13
253	7	7	11	13	15	16	11
289	10	10	8	13	16	15	12

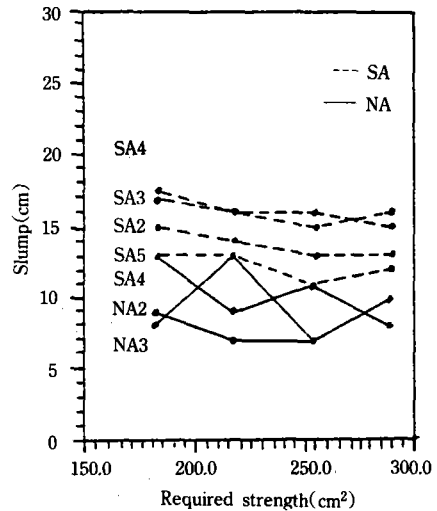


Fig. 1. σ_r 와 슬럼프값(cm)

河川骨材인 경우는 된 반죽이 되어 측정된 슬럼프값이 配合設計의 슬럼프값보다 낮은 양상을 나타내었듯이 작업성은 저하되었다.

나. σ_r 에 따른 슬럼프값의 考察

σ_r 가 높을수록 시멘트의 사용량이 증가하므로 모두 슬럼프값이 저하되는 양상을 나타내었으며 작업성은 저하되었다.

상대적으로 σ_r 가 낮을수록 작업성은 용이해졌다.

2. 壓縮強度 實驗結果에 의한 所要의 強度

가. 設計基準強度

KS F 2405에 준하여 재령 28일의 압축강도 시험을 한 결과를 Table-10과 Fig. 2에 나타냈다.

Table-10. σ_r 와 σ_{28} (kg/cm²)

σ_r (kg/cm ²)	河川骨材			碎石			
	NA2	NA3	NA4	SA2	SA3	SA4	SA5
181	165	105	119	177	142	133	235
217	184	140	153	235	169	189	257
253	207	169	170	245	191	202	267
289	245	224	239	272	225	239	285

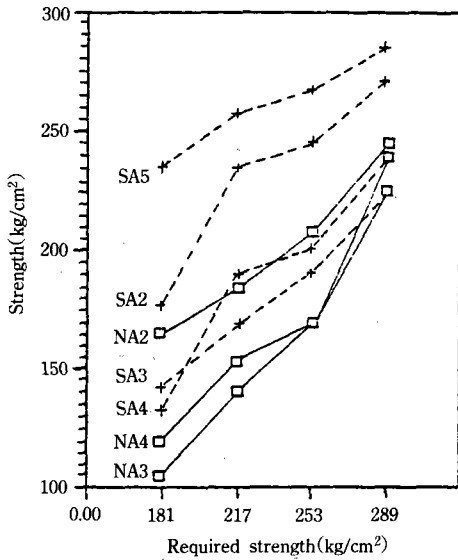


Fig. 2. σ_r 와 σ_{28}

나. 굵은骨材의 種類에 따른 W/C- σ_{28} 關係 C/W- σ_{28} 의 값과 회귀선을 Table-11과 Fig. 3에 나타냈다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이, W/C- σ_{28} 의 關係에 있어 동일한 W/C일 경우에 碎石을 사용한 콘크리트강도는 河川骨材를 사용한 콘크리트에

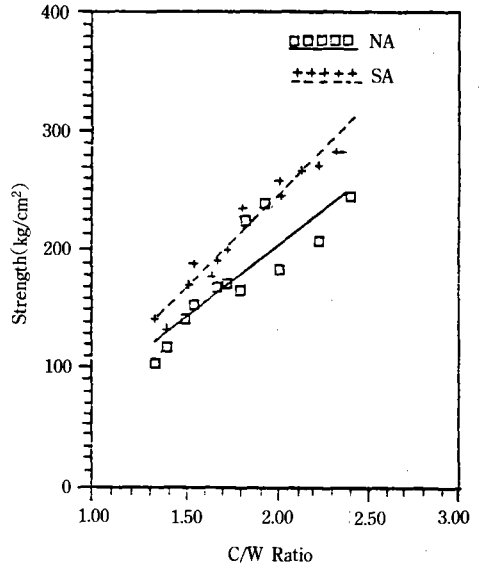


Fig. 3. C/W와 σ_{28}

비해 σ_{28} 의 값이 일정하게 큰 강도차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

굵은骨材의 종류에 따라 C/W- σ_{28} 의 선형 상관관계에 의해 회귀식을 구하면 다음 식과 같다.

1) 河川骨材를 사용한 경우

$$\sigma_{28} = -40.21 + 122.35 \cdot C/W (r^2 = 0.87) \quad \dots(7)$$

2) 碎石을 사용한 경우

$$\sigma_{28} = -63.15 + 155.14 \cdot C/W (r^2 = 0.97) \quad \dots(8)$$

그러므로, 河川骨材를 사용한 콘크리트와 碎石을 사용한 콘크리트의 C/W를 결정하는 C/W- σ_r 또는 W/C- σ_r 식을 달리 규정하여 이를 配合

Table-11. W/C와 σ_{28} (kg/cm²)

σ_r (kg/cm ²)	NA2		NA3		NA4		SA2		SA3		SA4		SA5	
	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}	C/W	σ_{28}
181	1.8	165	1.3	105	1.4	119	1.6	177	1.3	142	1.4	133	1.8	235
217	2.0	184	1.5	140	1.5	153	1.8	253	1.5	169	1.5	189	2.0	257
253	2.2	207	1.7	169	1.7	170	2.0	245	1.7	191	2.7	202	2.1	267
289	2.4	245	1.8	224	1.9	239	2.2	272	1.8	225	1.9	239	2.3	285

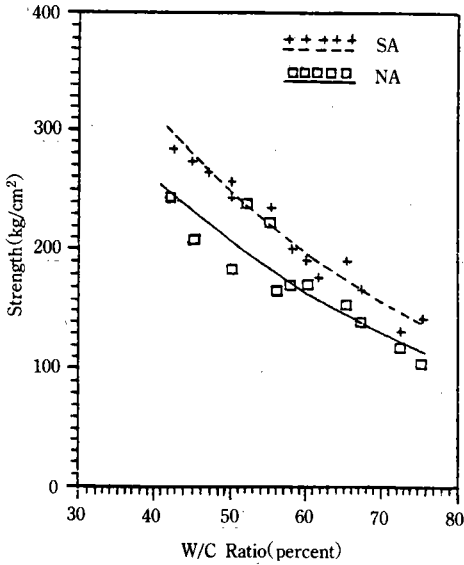


Fig. 4. W/C와 σ_{28}

設計에 반영토록 하여 시멘트의 단위사용량을 줄여 경제적이며 합리적인 配合設計를 해야 한다고 사료된다.

VI. 結 果

콘크리트의 配合設計에 있어서 多様な 條件과 材料의 相關 關係를 回歸式에 의해 模型化 한 후 프로그램을 作成하였다. 設計基準強度(σ_{ck})와 굵은骨材의 種類 및 W/C- σ_r 의 式으로 구분한 프로그램의 結果에 따라 供試體를 製作하였다. 이에 대한 壓縮強度 實驗과 模型化에 따른 結果를 比較함으로써 다음과 같은 結果를 확인 할 수 있었다.

1. 굵은骨材의 種類에 따라 W/C- σ_{28} 式이 일치하지 않았다. 碎石을 사용한 콘크리트의 強度가 河川骨材를 사용한 콘크리트에 비해 強度가 높았다.

2. 건설부 콘크리트 標準 示方書의 配合設計에 ACI와 미국개척국의 W/C- σ_r 式을 적용하여 配合한 σ_{28} 값은 σ_{ck} 와 σ_r 를 만족하지 못하였고, 건설시험소와 최저 品質管理의 W/C- σ_r 式을 적

용하여 配合한 σ_{28} 값은 σ_{ck} 값을 만족하였으나 σ_r 값은 거의 만족하였다.

3. 굵은骨材로서 碎石을 사용하고 건설시험소의 W/C- σ_r 式에 의한 콘크리트 配合設計의 경우는 作業成과 所要의 強度를 만족하는 콘크리트 配合設計임을 확인 할 수 있었다.

4. 模型化에 의한 프로그램으로서 現場에서도 용이하게 配合設計를 할 수 있음은 물론 多様な 設計條件과 材料의 特性에 따라서도 比較 검토가 가능하였다.

本 研究를 통하여 다음과 같이 제언하고자 한다.

고강도 콘크리트와 纖維 補強 콘크리트에 있어서도 模型化를 하고 합리적인 配合設計가 이루어져야 한다고 사료된다.

參 考 文 獻

1. J. Lluch and D. W. Halpin, "Construction operations and Micro-computers", Journal of the Construction Division, ASCE, Vol. 108, No. col, pp. 129-145, 1982.
2. M. F. Rooney, J. D. Howland, and R. J. Molz, "Implementing Large Programs on Micro Computers", Journal of the Technical Councils, ASCE, Vol. 108, No. TCI, pp. 125-137, 1982.
3. 건설부, "콘크리트 표준 시방서", 국립건설연구소, pp. 421-436, 1989.
4. A. M. Neville, "Properties of Concrete", PITMAN Publishing Inc., pp. 118-358, 1981.
5. J. Wesley Barners, "STATISTICAL ANALYSIS FOR ENGINEERS", Prentice-Hall Inc., P. 109-135, 1988.
- 6 ACI Committee 211, "Standard Practice for Selecting Propertions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", American concrete Institute, 1987.

(接受日字: 1990. 11. 5)