

砕石コンクリートの実験的考察

加賀美 一三*・長谷川 博**

On the Experimental Study of Crushed Stone Concrete

Hifumi KAGAMI and Hiroshi HASEGAWA

Abstract

Studies of property of crushed stone aggregate are desired at present in Japan. One of the authors reported the research of relationships with some properties of gravel concrete to crushed stone concrete and gravel, crushed stone concrete to air entrained crushed stone concrete in the transaction of JCE, No. 121, (1956), JCI, No. 226, (1956), and Memoirs of the Faculty of Eng., Yamaguchi Univ., Vol. 17, No. 2, (1966).

It is a report that the authors concluded the discussion of experimental results in accordance with comparing of both concrete of above reports.

1. 緒 言

一般粗骨材原料の枯渇により通産省、建設省が中心となり、各構造諸学会を通じ地下資源の有効利用の趣旨により、砂利コンクリートより砕石コンクリートへの移行の前提のもと、道路用砕石 JIS A5001, コンクリート用砕石 JIS A5005 などに対する基準の再調査を実施中である。そして数多くの実験資料の報告、研究報告などがあるが、日本コンクリート会議の砕石委員会もこれが調査に従事し数多くの貢献をなしその結論に達するため努力中である。

著者はコンクリートおよびAEコンクリートの示方配合調整の研究^{1,2,3)}において、砂利および砕石コンクリートについて実験資料を技術界に報告しているが、今回両者の関係の比較検討をなし、砕石委員会への資料提出のため整理したのでその結果を報告するものである。

2. 実験内容

配合設計目標強度を120, 180, 240および300kg/cm²とし、粗骨材最大寸法が40mmの場合そのスランブ値をs/aにより調整した実験と、w/c一定のもと目標スランブ値をうるため最初より絶対容積一定の方針によりスランブ値を調整した実験研究の結果は、それぞれ土木学会論文集 第121号, 1965とセメント・コンクリート誌No. 226, 1965に掲載され、またセメント、水

量、AE剤を一定とし細骨材率の変化のみにてスランブ値の変化をさせた空気量3~6% (耐久指数8~9) 範囲のAEコンクリートの実験結果は、山口大学工学部研究報告, 第17巻, 第2号, 1966に報告しているところである。以上の三報告はみな砂利コンクリートと砕石コンクリートとについての実験研究であるがこれら資料の結果を整理検討したところ砕石コンクリートの特性を指摘しえたので、これが諸値関係を図示説明するものである。

3. 普通コンクリート考察

3.1 第1回実験の場合

土木学会論文集 第121号に報告の実験に基づく砂利コンクリートと砕石コンクリートとの諸関係値は、Table 1であり図示すると Fig. 1, 2となる。

以下、下記の記号で Table および Fig. を示すことにする。

σ_{ck} = 設計基準強度, kg/cm²

W = 基準水量, kg/m³

C = セメント量, kg/m³

σ_{cy} = 圧縮強度, kg/cm²

w/c = 水セメント比, %

c/w = セメント水比

GC = 砂利コンクリート

CGC = 砕石コンクリート

GAE = 砂利 AEコンクリート

CGAE = 砕石 AEコンクリート

* 土木工学教室

** 工業短期大学部土木工学教室

Table 1 Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete

σ_{ck}	W		C		w/c	c/w	σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC			GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
120	171	181	262	278	64.5	1.54	183	200	1.09	1.53	1.67
180	171	181	310	329	55.1	1.82	224	281	1.25	1.24	1.56
240	171	181	356	378	48.0	2.09	322	312	0.97	1.34	1.30
300	171	181	405	429	42.1	2.38	360	401	1.11	1.20	1.34

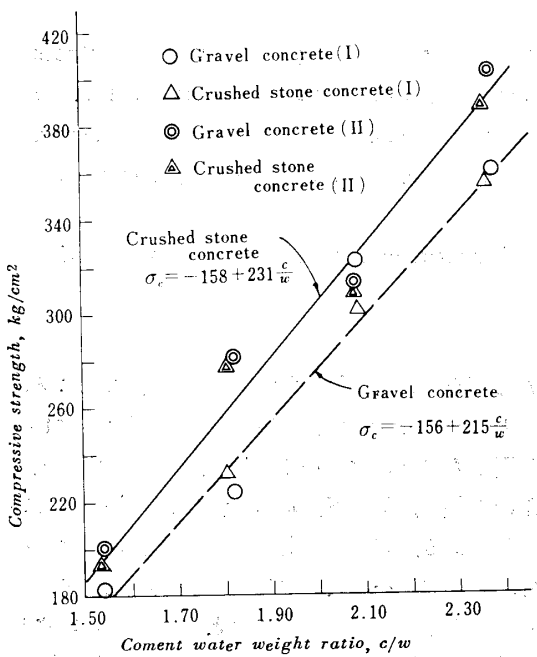


Fig. 1 Relation of c/w and σ_{cy}

Fig. 1 中の I の場合は、同一の σ_{ck} に対しスランプは変化するがほぼ同一の σ_{cy} がえられ、C が一定の場合の各種の砂利コンクリートと碎石コンクリートとの関係、II の場合は同一の σ_{ck} 、同一のスランプに対しほぼ同一の σ_{cy} となるが、C と W とが変化する場合の砂利コンクリートと碎石コンクリートとの関係を示すものである。

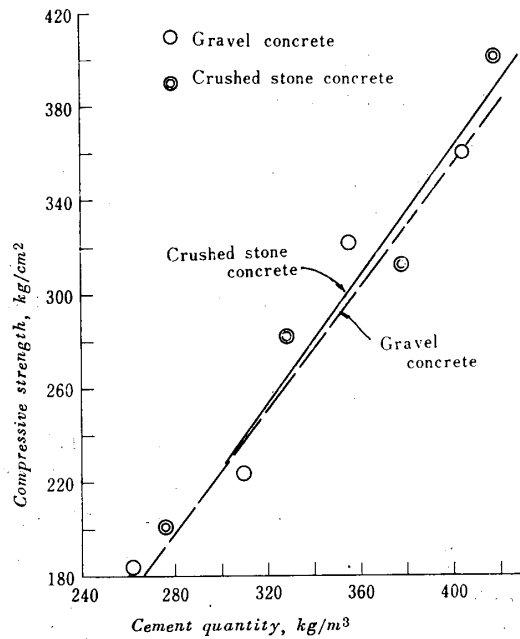


Fig. 2 Relation of C and σ_{cy}

3.2 第 2 回実験の場合

セメント・コンクリート誌 No. 226 に報告の実験にもとづく砂利コンクリートと碎石コンクリートとの諸関係値は、Table 2, a, b, c, d であり図示すると Fig. 3, a, b, c とその考察である Fig. 4, 5, 6 となる。

Table 2, a Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete

—slump 7, 10, 15cm, $\sigma_{ck}=120\text{kg/cm}^2$ —

Slump cm	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
7	187	190	290	290	64.5	65.5	1.55	1.53	189	164	0.87	1.58	1.37
10	191	201	296	307	64.5	65.5	1.55	1.53	186	187	1.00	1.55	1.56
15	203	212	315	324	64.5	65.5	1.55	1.53	184	200	1.09	1.53	1.67

Table 2, b Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete
—slump 7, 10, 15cm, $\sigma_{ck}=180\text{kg/cm}^2$ —

Slump cm	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
7	177	190	322	344	55.0	55.2	1.82	1.81	243	293	1.20	1.35	1.63
10	184	196	333	356	55.2	55.2	1.81	1.81	235	274	1.16	1.31	1.52
15	194	205	349	372	55.6	55.2	1.80	1.81	219	271	1.24	1.22	1.51

Table 2, c Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete
—slump 6, 10, 15cm, $\sigma_{ck}=240\text{kg/cm}^2$ —

Slump cm	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
6	171	181	358	379	47.6	47.8	2.10	2.09	310	307	0.99	1.29	1.28
10	182	190	380	397	47.9	47.8	2.09	2.09	294	313	1.06	1.22	1.30
15	192	203	401	424	47.9	47.9	2.09	2.09	299	307	1.03	1.25	1.28

Table 2, d Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete
—slump 6, 10, 15cm, $\sigma_{ck}=300\text{kg/cm}^2$ —

Slump cm	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
6	171	181	406	429	42.2	42.2	2.37	2.37	353	386	1.06	1.18	1.29
10	179	199	425	470	42.2	42.4	2.37	2.36	362	396	1.09	1.21	1.32
15	196	212	464	501	42.2	42.3	2.37	2.37	352	385	1.09	1.17	1.28

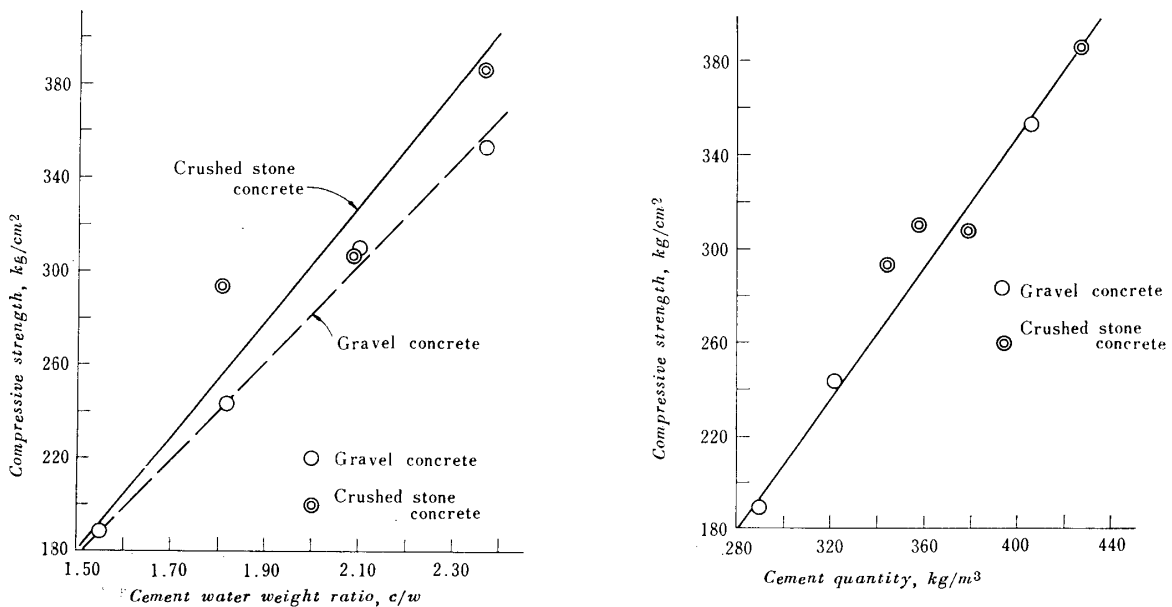


Fig. 3, a Relation of c/w, W and σ_{cy} —slump about 7cm—

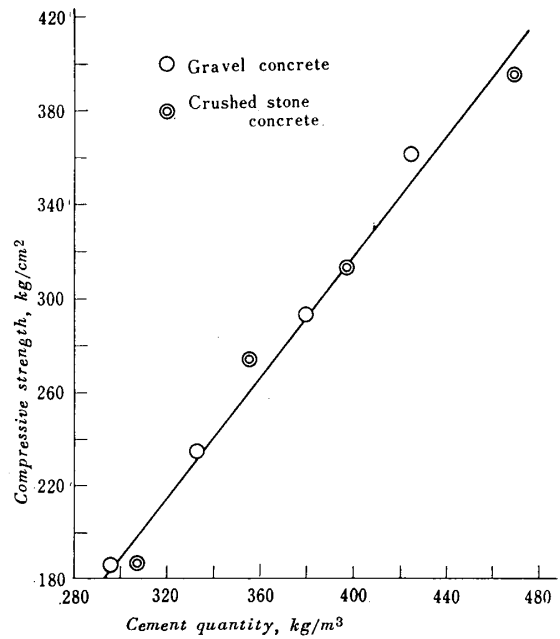
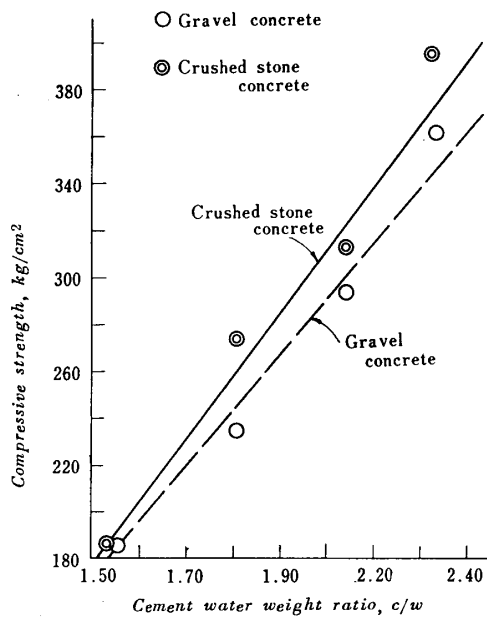


Fig. 3, b Relation of c/w , W and σ_{cy} —slump about 10cm—

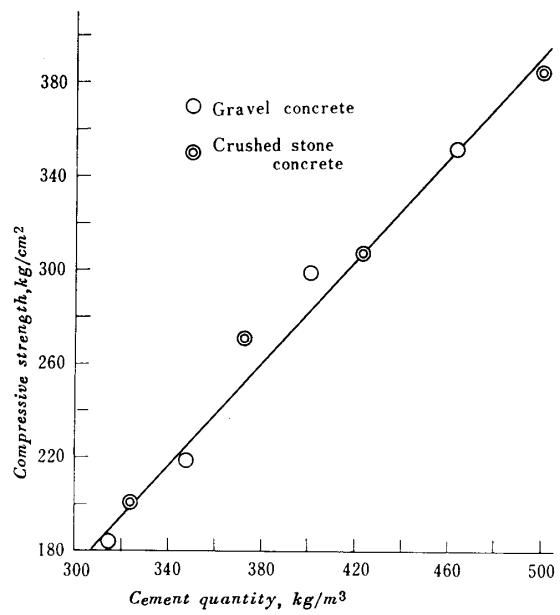
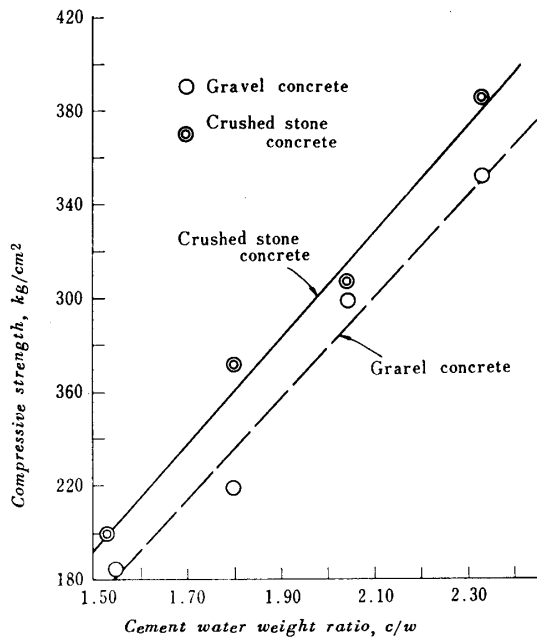


Fig. 3, c Relation of c/w , W and σ_{cy} —slump about 15cm—

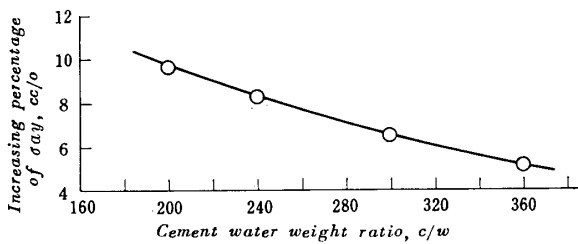


Fig. 4 Increasing percentage of σ_{cy} in case of relation of c/w and σ_{cy}

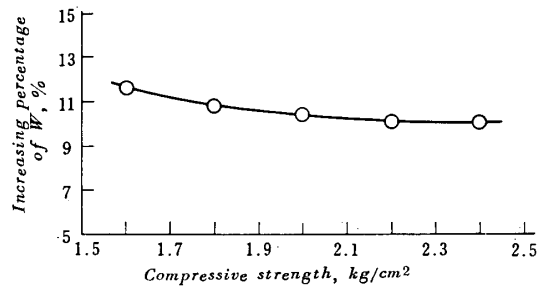


Fig. 5 Increasing percentage of W in case of relation of gravel concrete for crushed stone concrete

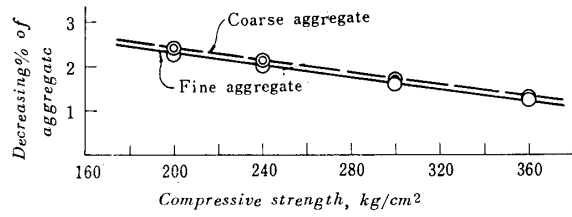


Fig.6 Decreasing percentage of quantity of fine and coarse aggregate in case of crushed stone concrete for gravel concrete

4. 砕石コンクリートと砕石 AE コンクリートとの関連

砕石コンクリートと砕石 AE コンクリートとの関連を求め実験において、W, C, AE 剤を一定とし s/a の変化によりワーカビリティーの変化をさせた空気量が 3~6% (耐久指数; 8~9) のコンクリート

は、平均圧縮強度がほぼ相等しい AE コンクリートが得られたものであり、本実験照査のために砂利コンクリートについても並行実験を実施した。

実験結果は Table 3, 4, 5 と Fig. 7, 8, 9 となった。

Table 3 Relative values between gravel concrete and crushed stone concrete in this experiment

σ_{ck}	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	GC	CGC	CGC/GC	GC	CGC
120	173	171	237	234	73.0	73.0	1.37	1.37	188	200	1.06	1.57	1.67
180	180	163	276	285	59.0	59.0	1.70	1.70	224	281	1.25	1.24	1.56
240	163	167	329	338	49.5	49.5	2.02	2.02	322	312	0.97	1.34	1.30
300	161	172	380	405	42.4	42.4	2.36	2.36	360	401	1.11	1.20	1.30

Table 4 Relative values between gravel AE concrete and crushed stone AE concrete

σ_{ck}	W		C		w/c		c/w		σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
	GAE	CGAE	GAE	CGAE	GAE	CGAE	GAE	CGAE	GAE	CGAE	CGAE/GAE	GAE	CGAE
120	173	171	237	234	73.0	73.0	1.37	1.37	124	125	1.01	1.03	1.04
180	163	168	276	285	59.0	59.0	1.70	1.70	209	204	0.98	1.16	1.13
240	163	167	329	338	49.5	49.5	2.02	2.02	261	267	1.02	1.09	1.11
300	161	172	380	405	42.4	42.4	2.36	2.36	337	350	1.04	1.12	1.16

Table 5 Relative values between crushed stone concrete and crushed stone AE concrete

σ_{ck}	W	C	w/c	c/w	σ_{cy}			σ_{cy}/σ_{ck}	
					CGC	CGAE	CGAE/CGC	CGC	CGAE
120	171	234	73.0	1.37	200	125	0.63	1.67	1.04
180	168	285	59.0	1.67	281	204	0.73	1.56	1.13
240	167	338	49.4	2.25	312	267	0.96	1.30	1.11
300	172	405	42.4	2.45	401	350	0.87	1.34	1.17

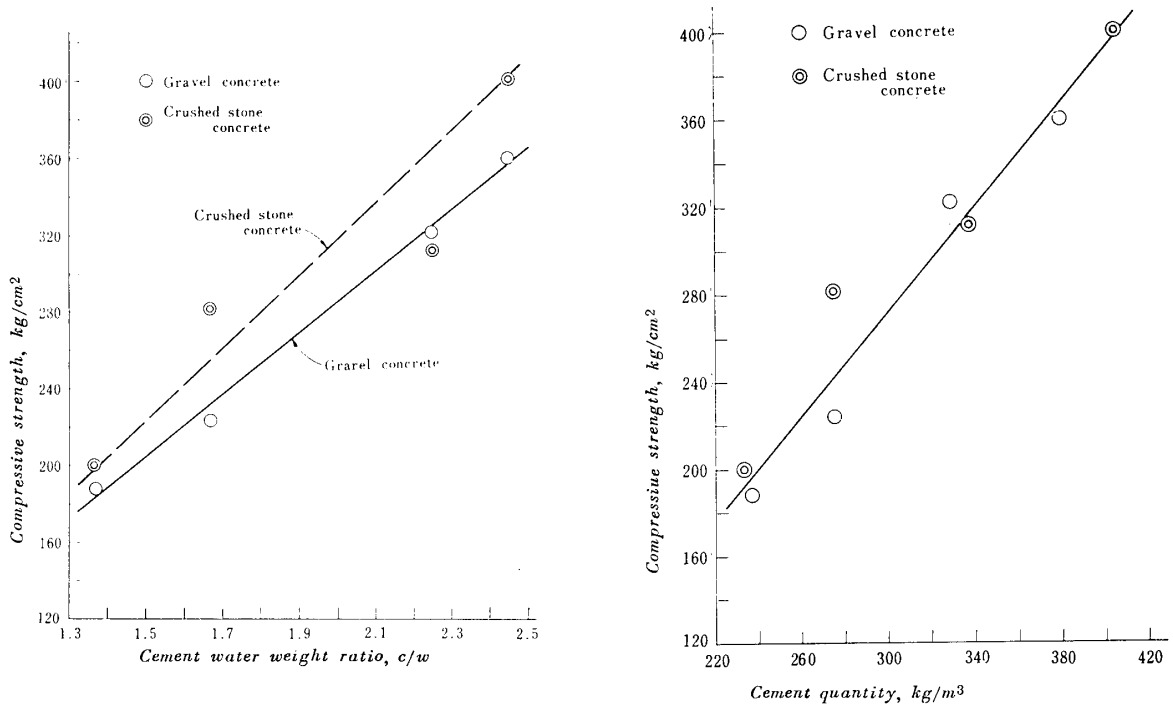


Fig.7 Relation of c/w , C and σ_{cy} of gravel concrete and crushed stone concrete in this experiment

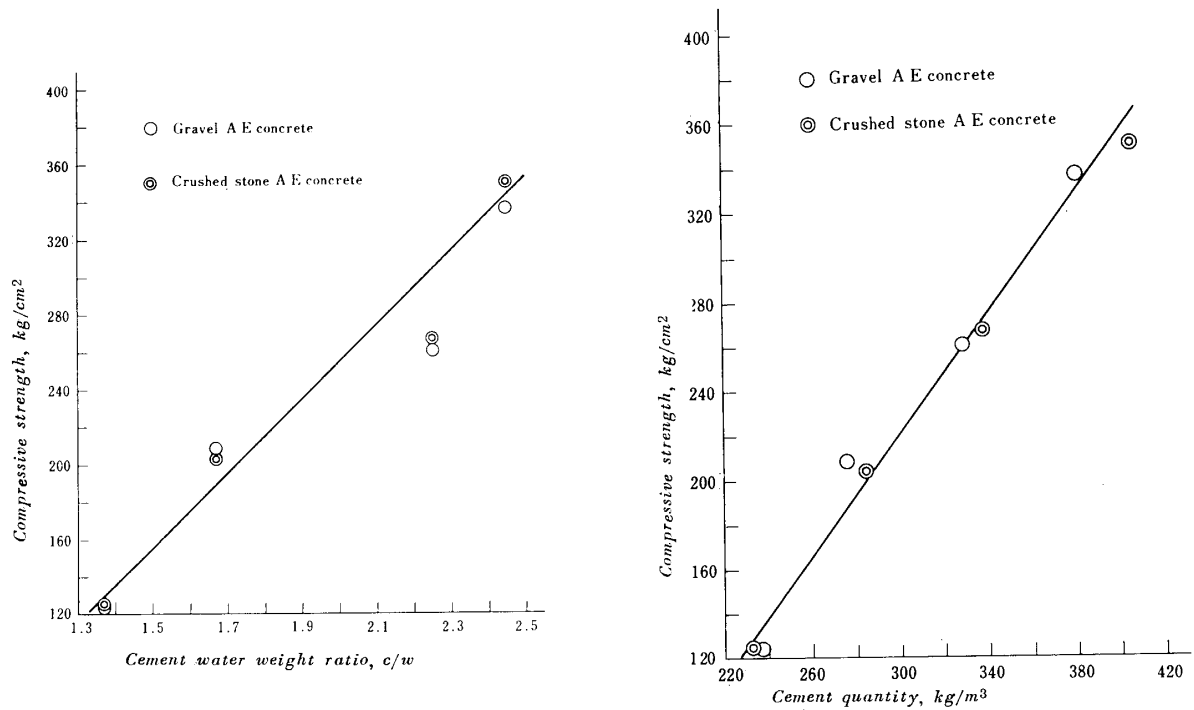


Fig.8 Relation of c/w , C and σ_{cy} of gravel AE concrete and crushed stone AE concrete

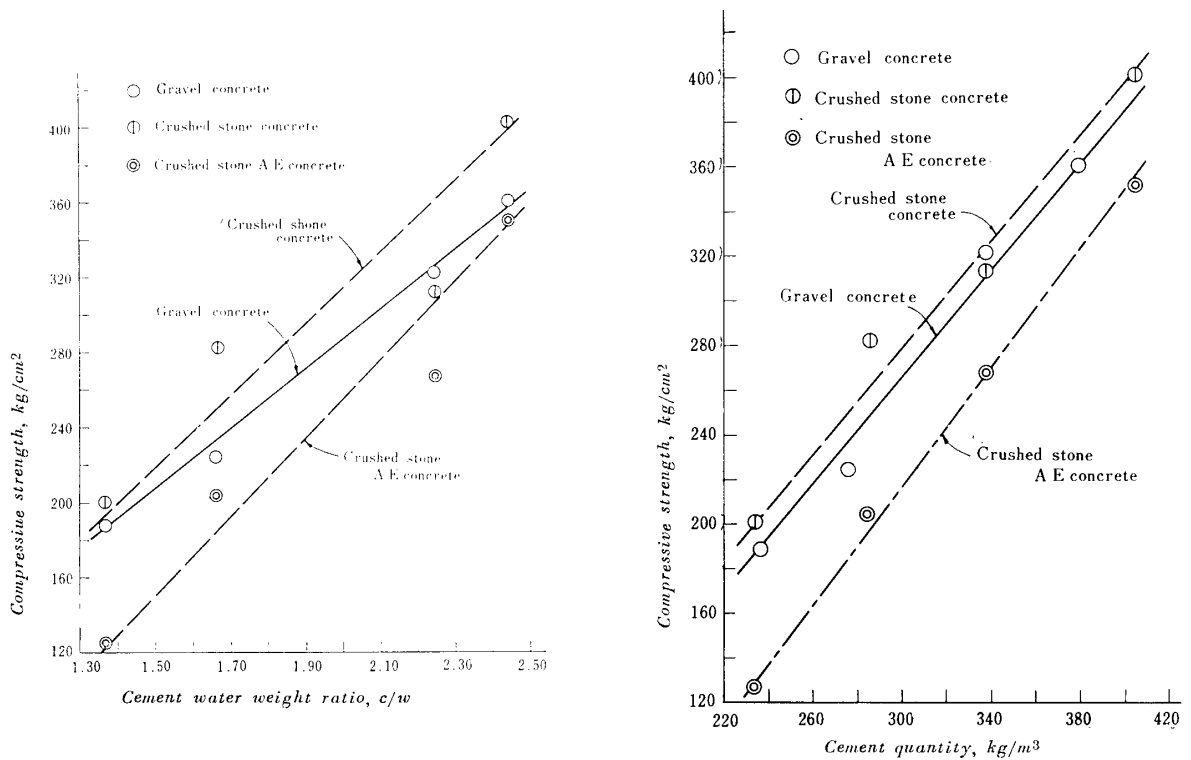


Fig.9 Relation of c/w , C and σ_{cy} of gravel concrete, crushed stone concrete and crushed stone AE concrete

5. 結 言

実験的研究の結果、要約しうる事項はつぎのごとくである。

1. 砂利コンクリートと砕石コンクリートとの関係
 - (1) 砂利コンクリートと砕石コンクリートとの関係は、Fig. 1, 2の関係にて求められる。本実験のごとく σ_{cy} が 400kg/cm^2 程度までは、 C と σ_{cy} とはほぼ直線の関係にある。
 σ_c と c/w との関係はつぎの実験式にて示される。
 砂利コンクリートは $\sigma_c = -156 + 215c/w$
 砕石コンクリートは $\sigma_c = -158 + 231c/w$
 - (2) スランプの各段階ごとの諸値の目安は、Fig. 3, a, b, cにて求められる。
 - (3) Fig. 4により c/w に対する砕石コンクリートの σ_{cy} の増加率が求められる。
 - (4) Fig. 5により σ_{cy} における水量増加率（一般には8%程度といわれている）の変化がわかる。
 - (5) 砂利コンクリートの設計を砕石コンクリートにする場合の細、粗骨材量の減少率が Fig. 5にて求められる。
2. 砂利コンクリート、砕石コンクリートと砕石AEコンクリートとの関係

- (1) 砂利コンクリートと砕石コンクリート、砕石コンクリートと砕石AEコンクリートとの関係が Fig. 9にて求められる。この場合も実験の範囲内にては C と σ_{cy} とは直線の関係にある。
- (2) 砕石コンクリートと同じ σ_{cy} の砕石AEコンクリートは、 c/w を大きくしななければならない。 W が一定であれば C が増すことになる。したがって、細、粗材量を約1%以下あて減少すればよい。

参 考 文 献

- 1) 加賀美一二三：土木学会論文集, 121 (1965)
- 2) 加賀美一二三：セメント・コンクリート, 226 (1965)
- 3) 加賀美, 二木, 長谷川：山口大学工学部研究報告, 17, No. 2 (1966)
- 4) Recommended Practice for Selecting Proportion for Concrete: ACI (1954)
- 5) 砕石コンクリート講習会テキスト, 8編：土木, 建築, 日本材料学会関西支部, (1966)
- 6) コンクリート骨材特集号, 16編：日本セメント株式会社, (1967)
- 7) 梶井, 村田, 石川：セメント・コンクリート, 260 (1968)
- 8) 砕石品質規準作成に関する調査報告書：日本コンクリート会議 (1968)
- 9) コンクリート専門委員会報告, F-20：セメント協会, (1968)