

論 説 報 告

碎石コンクリートに関する研究

(第一報)

砂利コンクリートとの比較試験報告

大陸科学院副研究官 前 田 稔
大陸科学院研究士 赤 澤 常 雄

目 次

1. 試験研究の目的
2. 試料の材質
3. 試験の種類
4. 試験の方法
5. 試験結果と之に對する考察

- A. 任意配合比によるコンクリート試験
- B. 細粗骨材比の變化によるコンクリート試験
- C. 細粗骨材粒度變化によるコンクリート試験
6. 総合考察
7. 結 言

1. 試験研究の目的

川砂利の偏在する關係上滿洲國に於ては多くの場合碎石をコンクリート用粗骨材として使用しなければならず、この點日本内地の如く各地に川砂利を豊富に產出する地域に於けるのとは大いに趣を異にしてゐる。即ち日本内地では碎石使用のコンクリートは或る特種の用途のみに止り、大多數は川砂利をコンクリート用粗骨材として使用しつゝある状態である。

一體に川砂利コンクリートに習慣付けられたる技術者はその理論を其の儘碎石コンクリートに應用し爲に種々不都合なる結果を招致しつゝある現状であるが、碎石をコンクリート粗骨材として使用せし場合該コンクリートが何如なる性状並に強度を示すかと言ふ點を明にする必要がある。

本報告は以上の様な目的を以て行つた試験の一部で川砂利と碎石を粗骨材として使用せし場合の下記3種のコンクリート試験結果を纏めたものである。

(A) 任意配合比によるコンクリート試験
(B) 細粗骨材比の變化によるコンクリート試験
(C) 細粗骨材粒度變化によるコンクリート試験
尙参考までに碎砂を使用せし場合のコンクリート試験成績をも一部記載した。

2. 試 料 の 材 質

本試験に使用せし試料の物理的性質次の如し。

(1) セメント

セメントは満洲小野田セメント會社製品にして日本標準規格セメント試験法に依る試験成績は下記の如くにして中庸程度のセメントと考へらる。

比 重	3.14	
粉末の程度	3.1%	
膨脹性龜裂試験	浸水沸煮法共完	
凝結試験		
凝結水量	26.5%	稠 度 6
室 溫	21.6°C	
始發時分	2時間25分	
終結時分	3時間40分	

強度試験

通過率 1.9 5.6 44.2 76.0 90 100

耐壓強度

細率 2.82

材齡 3日 7日 28日

強度(kg/cm²) 366 474 598

成形水量 6.9%

節分析試験結果を圖示せば圖—1の如し。

抗張強度

材齡 3日 7日 28日

強度(kg/cm²) 25.8 34.5 38.9

成形水量 6.7%

尙本砂使用の配合比並に軟度一定なる軟練モルタル耐壓強度試験結果を附記す。

(2) 砂

■ 砂は京吉國道(新京—吉林間)中間地圏に存する岔路河の砂を使用し試験目的に依り產出の儘使用せるものと節分けを行ひたる後再び所定の粒度曲線に一致する様計量混合せるものとを使用せり。產出の儘なる砂の性状次の如し。

単位容積重量 1628kg/m³

比重 2.63

空隙率 38.2%

注瀉試験 0.2%

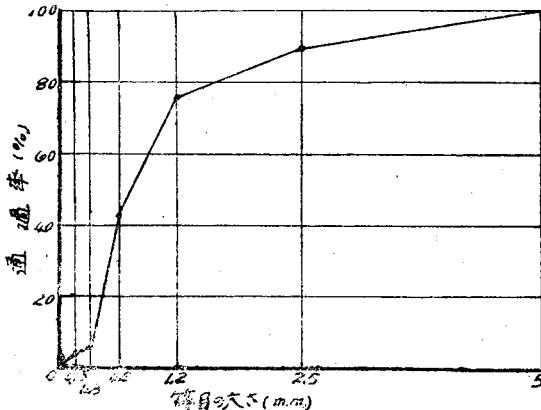
有機不純物試験 標準色の1/40

吸水率 0.5%

節分析試験(日本標準規格節に依る)

節目(m.m.) 0.15 0.3 0.6 1.2 2.5 5

圖—1 岔路河產砂の粒度曲線

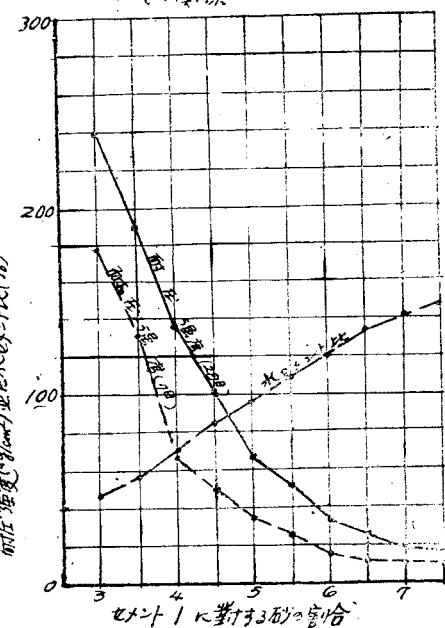


重 量 配合 比	水セメン ト 比	フ ロ ー (%)	耐 壓 強 度 kg/cm ²	
			材齡 7 日	材齡 28 日
1:7.5	145	180	11.2	18.1
1:7	140	180	12.1	19.3
1:6.5	133	181	13.6	26.2
1:6	121	180	15.2	32.6
1:5.5	111	182	26.0	51.2
1:5	98	183	34.2	65.7
1:4.5	80.5	180	52.0	104.0
1:4	72	180	72.0	138.3
1:3.5	60	180	119.0	198.2
1:3	49	180	180.3	240.3

但し18°~20°Cにて水中標準養生せるものとす。

圖表にて示せば圖—2の如し。

圖—2 砂の耐圧強度と配合並にセメント比と配合との関係



上記の成績の如く粗目の砂なるも花崗岩の風化に依り生ぜる石質にして雲母其の他の扁平なるもの少く爲粗骨材比較試験に於ける細骨材としては良質なりと思せらる。

(3) 砂 利

砂と同様玄路河産のものを使用し試験の目的に依り砂と同様自然産の儘のものと粒度一定に配合せるものとの二種を使用せり。产出の儘なる砂利の性状次の如し。

単位容積重量 1780kg/m³

比重 2.61

空隙率 31.8%

注瀉試験 なし

吸水率 0.6%

篩分析試験(日本標準規格篩に依る)

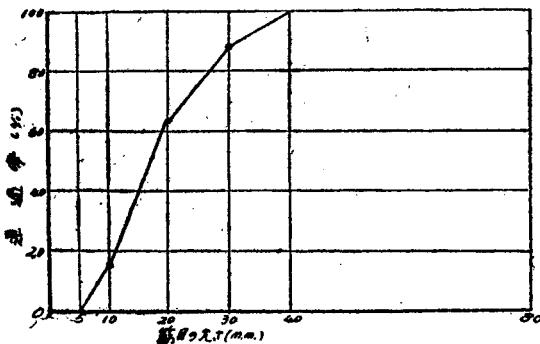
篩目(m.m.)	5	10	20	40	80
----------	---	----	----	----	----

通過率	0	18.0	64.5	100	100
-----	---	------	------	-----	-----

細率	7.18
----	------

篩分析試験結果を圖示せば圖一3の如し。

圖一3 玄路河産砂利の粒度曲線



以上の成績の如くコンクリート用粗骨材として良好且石質も硬質なれば碎石との比較試験に適當なるものと考へらる。

(4) 碎 砂

碎砂は新京北方揚家溝に産する硬質砂岩を粉碎せ

るものにて試験の目的により粉碎其の儘のものと粒度一定に配合せるものとを使用せり。粉碎の儘なる碎砂の性状次の如し。

単位容積重量 1687kg/m³

比重 2.77

空隙率 39%

注瀉試験 0.2

有機不純物試験 なし

吸水率 0.2

篩分析試験(日本標準規格篩に依る)

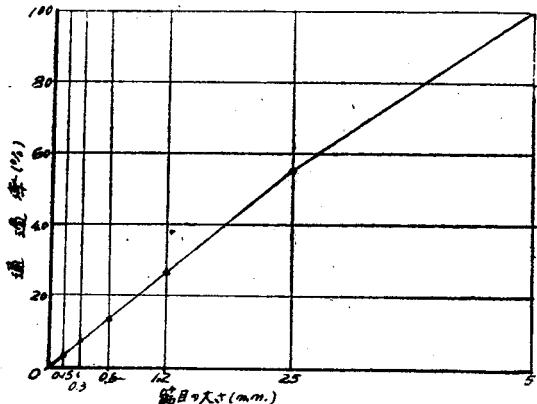
篩目(m.m.)	0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5
----------	------	-----	-----	-----	-----	---

通過率	4.7	7.5	14.2	27.2	56.5	100
-----	-----	-----	------	------	------	-----

細率	3.90
----	------

尚篩分析試験結果を圖示せば圖一4の如し。

圖一4 碎砂粒度曲線



上記成績の如く非常に粗目なるも参考までに本碎砂を使用しコンクリート試験を実施せり。

尚本碎砂使用の配合比並に軟度一定なる軟練モルタル耐圧強度結果を示せば次の如し。

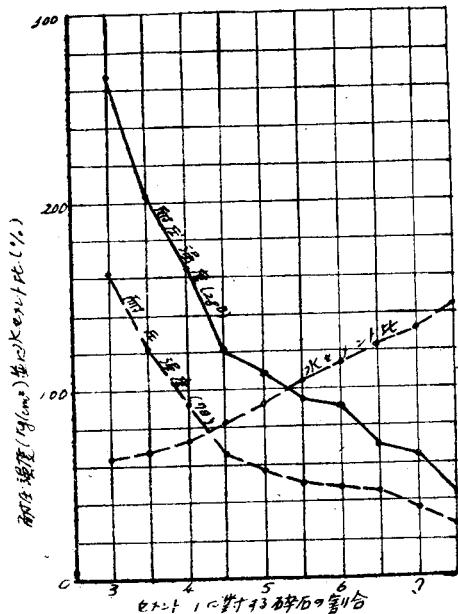
重 量 配 合 比	水セメン ト 比	フ ロ - (%)	耐 壓 材齢7日	強度kg/cm ² 材齢28日
1:7.5	143	180	27.1	45.6
1:7	133	180	38.2	63.2
1:6.5	122	180	48.0	69.3
1:6	112	180	49.7	83.1

1:5.5	107	182	53.6	98.2
1:5	95	180	53.1	107.3
1:4.5	83	180	64.3	120.2
1:4	73.5	180	94.2	168.3
1:3.5	67.5	180	122.5	202.7
1:3	63	180	162.0	268.9

但し18°~20°Cにて水中標準養生せるものとす。

圖表にて示せば圖—5の如し。

圖—5 碎砂の粒度曲線と強度並に水セメント比と配合比との関係。



(5) 碎 石

碎石は碎砂と同様なる石質にして試験の目的に依り粉碎其の儘のものと粒度一定に配合せるものとを用ひ。粉碎の儘なる碎石の試験成績次の如し。

単位容積重量 1720kg/m³

比重 2.77

空隙率 37.9

注瀉試験 0.1%

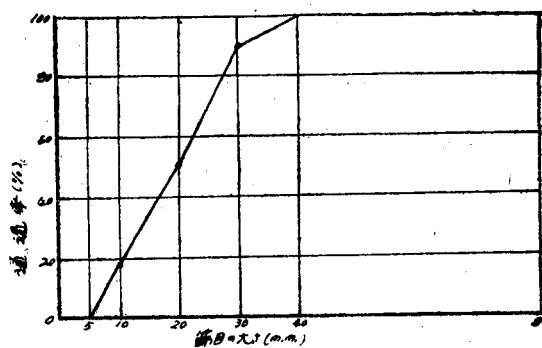
吸水率 0.3%

篩分析試験(日本標準規格篩に依る)

篩目(m.m.)	5	10	20	40	80
通過率(%)	0	19.4	51.0	100	100
細率		7.30			

篩分析試験結果を圖示せば圖—6の如し。

圖—6 碎石の粒度曲線



以上の成績の如く石質は硬質なる砂岩にして且試験結果良好と認めらるるを以て川砂利との比較試験には適當したる碎石と考へらる。

3. 試験の種類

上述の如く三種の試験を行ふに當り定められたる骨材量に依り最も有效的に試験する目的のため下記の條件にて試験を行ひたり。

A. 任意配合比によるコンクリート試験

採取及粉碎その儘の砂、砂利及碎石を使用し重量配合にて6種の任意配合比を定め水セメント比10種に就き次の組合せの如く試験を施行せり。

重量配合比	細粗骨材比	水セメント比 (%)
1:2:3	1:1.5	50 55 60
1:2:4	1:2	55 60 65
1:2.5:4	1:1.6	65 70 75
1:2.5:5	1:2	70 75 80
1:3:5	1:1.7	80 85 90
1:3:6	1:2	85 90 95

本試験は通常使用の任意配合により粗骨材として砂利並に碎石を使用せし場合の打立てコンクリートの性質並に強度の點を明かにすると共に水セメント比強度曲線を定むる目的に使用せんとす。

B. 細粗骨材比の変化によるコンクリート試験

採取及粉碎その儘の砂、砂利、碎石を使用し細粗混合骨材の単位容積重量を測定の上骨材の最大密度曲線を定め最大密度を與ふる附近の4種の骨材配合に依りて3種の一定軟度を定め水セメント比3種に就き次の組合せにより試験を施行せり。

コンクリート 使用目的	軟度(スランプ)	水セメント比 (%)
道路工事	5	50
橋梁工事	15	60
建築工事	20	70

本試験は細粗混合骨材の最大密度と強度とが何如なる關係を有するかを考察せんとするものなり。

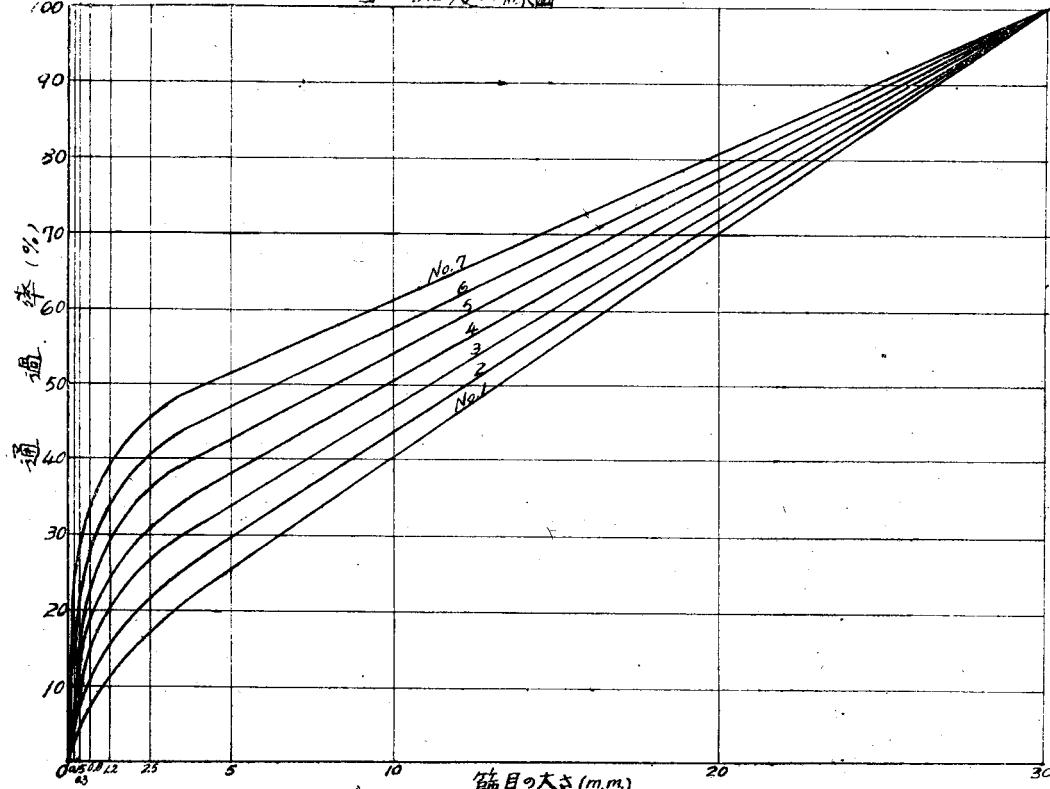
C. 細粗骨材粒度によるコンクリート試験

採取及粉碎の砂、砂利、碎石を砂3種砂利、碎石3種の篩に依り篩分け圖-7の粒度曲線に合ふ様再び計量混合せる骨材に付き3種の一定軟度を定め水セメント比3種に就き次の組合せにより試験を施行せり。

コンクリート 使用目的	軟度(スランプ)	水セメント比 (%)
道路工事	5	50
橋梁工事	15	60
建築工事	20	70

本試験は細粗骨材粒度と強度とが何如なる關係を有するかを考察せんとす。

圖-7 粒度曲線圖



4. 試験の方法

3種の試験目的に依り所定の耐圧供試體を作製し其の數は1材齡3個を標準とするも材料の關係その他により1材齡2個に付き試験を施行せり。

供試體作製方法並に強度試験方法は本院土木研究室制定のセメント・コンクリート試験方法規準に依り標準供試體を成形し標準養生をなし標準強度を求むるため材齡28日目に水中より取り出し表面の水分を拭取り直に50tonアムスラー型萬能試験機に依り強度を試験した。

5. 試験結果と之に對する考察

A. 任意配合比によるコンクリート試験

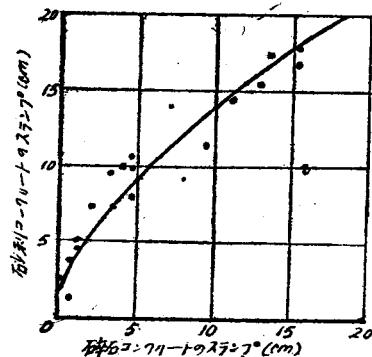
(1) 試験成績

重 量 配 合 比	水ト セ メ ン比	軟 度 (スランプ) cm		耐 圧 強 度 (材齡28日) kg/cm ²		單 位 容 積 重 kg/m ³	
		砂利コ ンクリ ート	碎石コ ンクリ ート	砂利コ ンクリ ート	碎石コ ンクリ ート	砂利コ ンクリ ート	碎石コ ンクリ ート
1:2:3	50	8.0	4.5	265	292	2421	2482
	55	11.4	9.4	220	265	2411	2476
1:2:4	60	17.6	13.5	198	236	2410	2480
	55	1.2	0.5	206	252	2408	2473
1:2.5:4	60	7.5	2.0	168	218	2401	2470
	65	14.0	7.0	142	203	2403	2465
1:2.5:5	65	4.8	1.0	152	193	2405	2459
	70	10.6	4.5	120	182	2393	2461
1:2.5:5	75	18.0	15.5	117	161	2386	2445
	70	2.5	0	118	160	2400	2460
1:3:5	75	9.5	3.0	110	140	2394	2452
	80	14.5	11.0	94	135	2385	2445
1:3:6	80	4.5	1.0	104	143	2383	2445
	85	10.5	4.5	86	119	2387	2436
1:3:6	90	17.0	15.5	72	110	2379	2441
	85	4.0	0.5	92	123	2378	2446
1:3:6	90	10.0	4.0	86	100	2380	2438
	95	15.5	13.0	74	91	2369	2419

(2) 軟度試験に對する考察

コンクリート軟度試験(スランプ試験)結果の比較を圖示せば圖—8の如し。

圖—8 軟度の比較

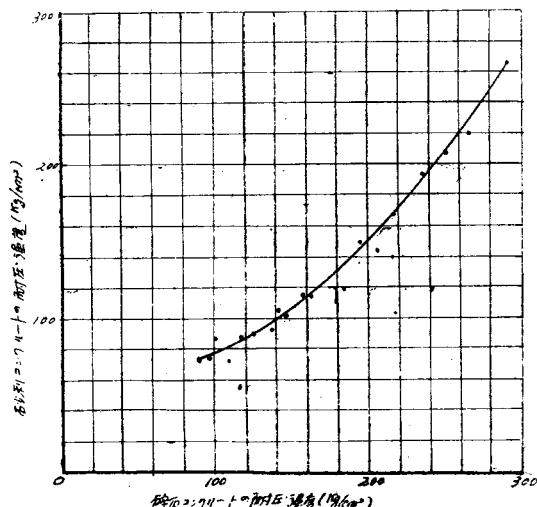


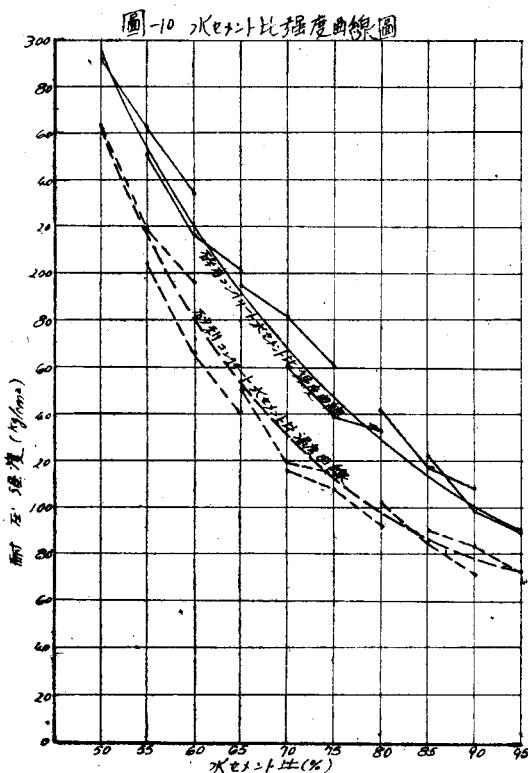
以上の結果を考察するに硬練りコンクリートに於ては碎石コンクリートの軟度は砂利コンクリート軟度の約20~30%なるも、中練りコンクリートに到りて約50~60%にして軟練りコンクリートにて約70%前後の結果となれり。

(3) 耐壓強度に對する考察

コンクリート強度試験結果の比較圖並に水セメント比強度曲線を圖示せば圖—9.10の如し。

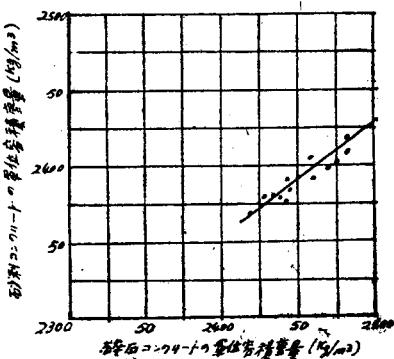
圖—9 強度の比較





以上の結果を考察するに富配合コンクリートに於ては碎石コンクリートの強度は砂利コンクリート強度より約20%強く、中庸配合のコンクリートに到りて約40%強く貧配合コンクリートにて約20%高強度を示す。又水セメント比強度曲線に於ても砂利コンクリート強度曲線より上位に碎石コンクリート強

圖-11 置き容積重量の比較



曲線を得たるも最少自乗法に依り碎石コンクリートの水セメント比強度曲線を求むるは早急と考へ後日多くの試験に依り定むることゝし曲線の傾向のみを記入することとせり。

(4) ■単位容積重量に對する考察

コンクリート単位容積重量結果の比較を示せば圖-11の如し。

以上の結果を考察するに碎石コンクリートの重量は砂利コンクリート重量に比し水セメント比軟度に關係なく約9%の重量増加を示せり。

圖-12 カジと砂利の単位容積重量

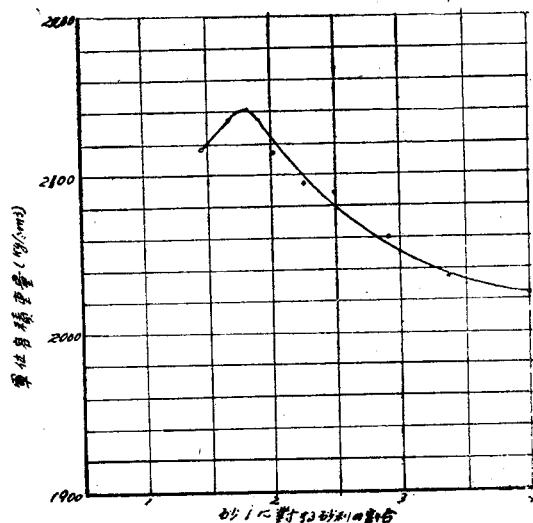
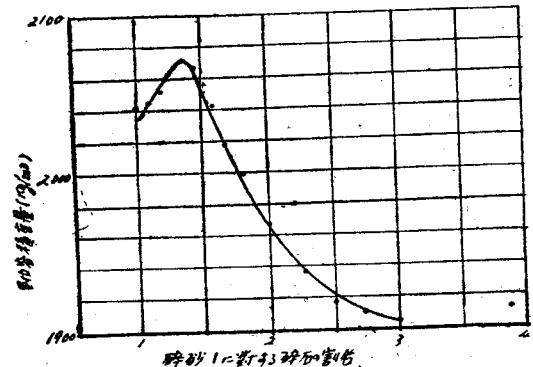


圖-13 砕砂利と碎石との混合容積重量

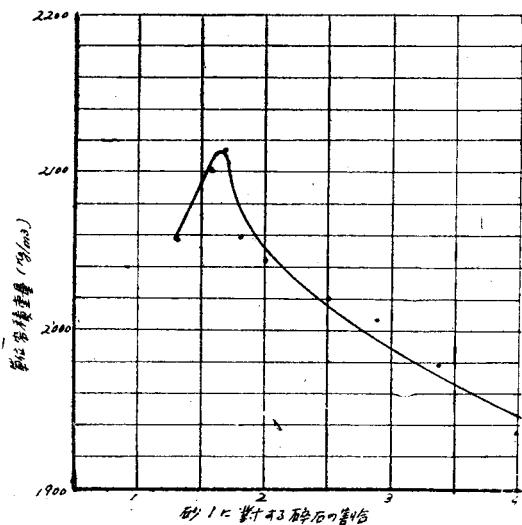


B. 細粗骨材比の変化によるコンクリート試験

(1) 細粗混合骨材の単位容積測定結果

細粗骨材を混合し10(I)により単位容積重量を測定せる結果を圖示せば圖-12~圖-14の如し。

圖-14 砂利併用の混合骨材の単位容積重量



(2) 強度試験成績

以上の単位容積重量試験結果に依り決定せる曲線より次の如き配合比を定めたり。

細粗骨材配合比

砂利並に碎石コンクリートの場合		細骨材として碎砂を使用せる碎石コンクリートの場合	
細骨材・粗骨材	細骨材:粗骨材	細骨材・粗骨材	細骨材:粗骨材
1:2.8		1:2.2	
1.2.2		1:1.8	
1:1.8		1:1.5	
1:1.5		1:1.2	

上記の配合比による砂利コンクリート並に碎石コンクリート試験成績次の如し。

(a) 砂利コンクリート試験成績

水セメント比	骨材配合	軟度(スランプ)	セメント使用量	耐壓強度	単位容積重量
		豫定軟度	試験軟度	kg/cm²	kg/m³
50	1:2.8	5	3.8	290	2480

"	1:2.2	"	3.0	320	241	2457
"	1:1.8	"	4.5	349	238	2450
"	1:1.5	"	5.0	355	212	2402
60	1:2.8	15	15.0	281	150	2465
"	1:2.2	"	14.5	310	159	2450
"	1:1.8	"	14.5	322	182	2425
"	1:1.5	"	15.0	334	146	2412
70	1:2.8	20	19.0	260	85	2450
"	1:2.2	"	18.4	236	97	2435
"	1:1.8	"	19.5	294	135	2425
"	1:1.5	"	19.5	306	110	2409

(b) 碎石コンクリート試験成績

水セメント比	骨材配合	軟度(スランプ)	セメント使用量	耐壓強度	単位容積重量	
		豫定軟度	試験軟度	kg/m³	kg/m³	
50	1:2.8	5	2.5	326	230	2480
"	1:2.2	"	4.0	369	245	2510
"	1:1.8	"	6.0	376	261	2522
"	1:1.5	"	5.0	386	275	2480
60	1:2.8	15	16.0	305	153	2490
"	1:2.2	"	15.0	336	173	2490
"	1:1.8	"	15.5	342	196	2485
"	1:1.5	"	14.5	352	209	2480
70	1:2.8	20	19.0	296	145	2500
"	1:2.2	"	19.5	36	160	2480
"	1:1.8	"	19.0	321	180	2483
"	1:1.5	"	19.5	327	185	2480

(c) 碎砂使用の碎石コンクリート試験成績

参考までに細骨材として碎砂を使用せる碎石コンクリートの試験成績を記載せり。

水セメント比	骨材配合	軟度(スランプ)	セメント使用量	耐壓強度	単位容積重量	
		豫定軟度	試験軟度	kg/m³	kg/m³	
50	1:2.2	5	1.0	391	206	2520
"	1:1.8	"	3.5	35	231	2540
"	1:1.5	"	4.5	33	252	2520
"	1:1.2	"	4.5	33	260	2505

60	1:2.2	15	16.0	336	132	2520
"	1:1.8	"	14.5	362	145	2500
"	1:1.5	"	15.0	372	192	2482
"	1:1.2	"	15.0	381	196	2470
70	1:2.2	20	18.0	316	112	2590
"	1:1.8	"	19.0	336	136	2463
"	1:1.5	"	18.5	343	175	2455
"	1:1.2	"	18.5	359	186	2470

(3) 耐壓強度並にセメント使用量に対する考察

圖-15 骨材最大容積重量と强度並にセメント使用量との関係
但水セメント比50%
スラブ7° 5cm

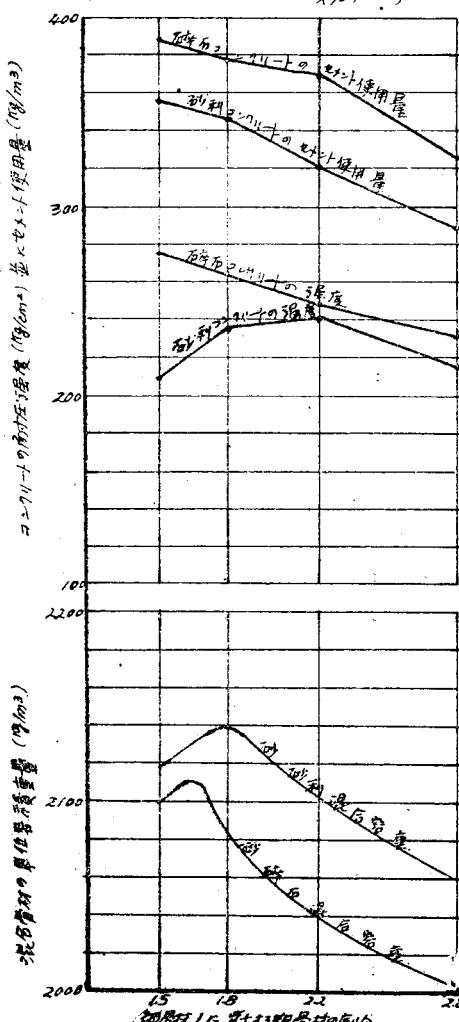
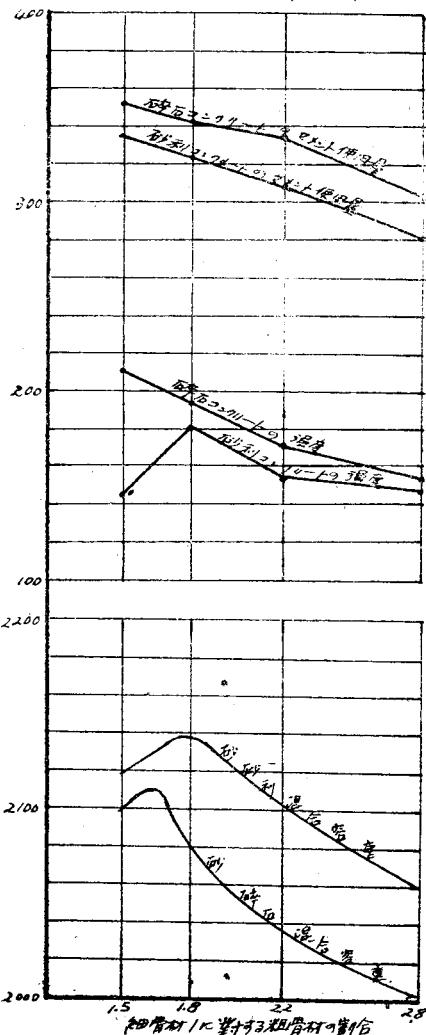
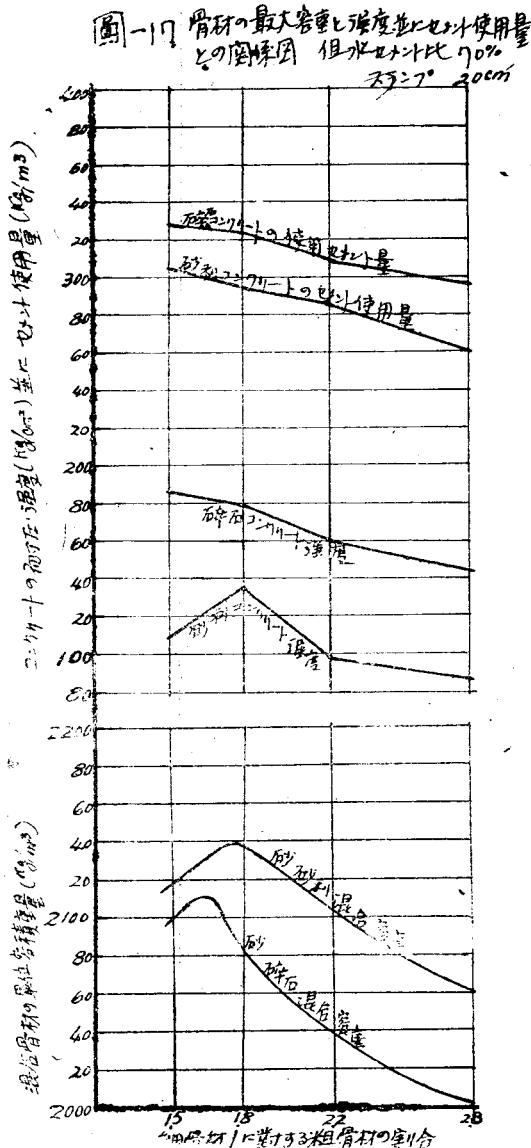


圖-16 骨材最大容積重量と强度並にセメント使用量との関係
但水セメント比60%
スラブ7° 15cm



コンクリート強度試験結果より細粗骨材配合比と耐壓強度及びコンクリート単位容積内のセメント使用量を圖示せば圖-15～圖-17の如し。

以上圖示せる細粗混合骨材の単位容積重量と耐壓強度との関係を考察するに砂利コンクリートにありては最大単位容積重量附近即ち細粗骨材配合比1:1.8前後にて強度の最大値の存することを知りたり。換言せばコンクリートの強度の最大値は細粗混合骨材



容積重量の最大なる骨材を使用せるコンクリートにて骨材の最大密度説の成立することを證明す。

然るに碎石コンクリートにありては細骨材の増加につれ強度の増進を見る結果を得本試験範圍外のなほ細骨材の多き部分に最大強度を與ふる骨材配合あるを知りたるも1:1.5以下にては強度増進率小なるため經濟的方面をも考慮し1:1.8~1:1.5を使用するを最適と考へらるゝ結果を得たり。

次に細粗混合骨材の単位容積重量と単位容積内のセメント使用量との関係を考察するに砂利コンクリートにありては一様なるセメント使用増加率を示す如く考察せらるゝも碎石コンクリートにありては細粗骨材配合比1:2.2までは急激にセメント使用量を増加するも1:1.5~1:2.2の間に於ては少量のセメント増加にて充分なる如く考へらる。

次に砂利コンクリートと碎石コンクリートとのセメント使用量の関係を考察するに水セメント比軟度共小なる碎石コンクリートは同條件の砂利コンクリートに比し細骨材の少量なるものは12%、多量なるものは8%程度のセメントを多量に必要とするもの如し。

又水セメント比軟度共中庸なるコンクリートは同様に8%と6%、水セメント比較度共大なるものにありては同様に10%と7%程度のセメントを多量に必要とする結果を得てゐる。

以上の如く碎石コンクリートは中庸程度のコンクリートに於て最も好適の條件を與へ、水セメント比軟度共小なるものは碎石が稜角に富む爲め砂利コンクリートに比し相當多量のセメントを必要とし、又水セメント比軟度共大なるものは碎石個々の摩擦の大なるためセメントモルタルのみ流動する傾向あるため多量のセメントを必要とする如く考へらる。

C. 細粗骨材粒度變化によるコンクリート試験

(1) 試験成績

(a) 砂利コンクリート

水セメント比	粒度曲線番號	軟度 (ランプ) 標準軟度	セメント使用量 試験軟度 kg/m³	耐壓強度 kg/cm²	単位容積重量 kg/m³
50	1	5	4.0	366	2426
"	2	"	4.5	369	2410

"	3	"	4.5	372	255	2422
"	4	"	5.0	376	304	2409
"	5	"	6.0	380	278	2396
"	6	"	4.5	391	266	2362
"	7	"	5	405	255	2328
60	1	15	16.5	324	95	2431
"	2	"	15.5	327	138	2418
"	3	"	15.0	330	141	2418
"	4	"	16.0	334	153	2381
"	5	"	15.5	336	214	2396
"	6	"	14.5	346	200	2369
"	7	"	15.5	360	189	2388
70	1	20	20.5	306	64	2411
"	2	"	18.5	308	75	2403
"	3	"	18.0	309	91	2396
"	4	"	19.5	311	111	2365
"	5	"	19.0	313	166	2381
"	6	"	19.5	319	153	2365
"	7	"	20.0	326	144	2313

70	1	20	18.5	309	64	2411
"	2	"	18.0	308	75	2403
"	3	"	18.5	309	91	2396
"	4	"	19.0	313	166	2381
"	5	"	19.5	311	111	2365
"	6	"	19.5	319	153	2365
"	7	"	20.0	326	144	2313

(b) 碎石コンクリート

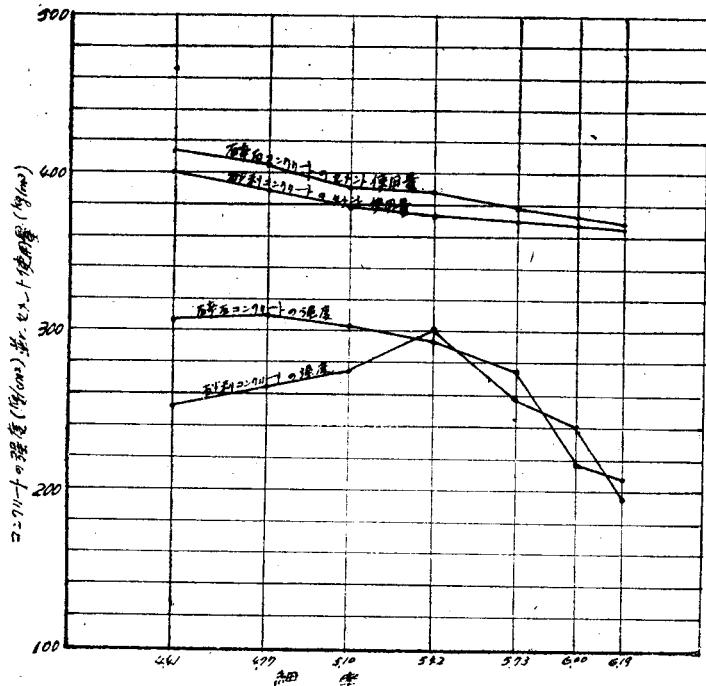
水セメント比	粒度曲線番號	軟度(スランプ)	セメント使用量	耐壓強度	単位容積重量
50	1	5	2.5	370	209
"	2	"	3.0	372	220
"	3	"	4.0	380	277
"	4	"	6.5	390	296
"	5	"	5.0	393	304
"	6	"	7.0	407	314
"	7	"	4.5	416	315
60	1	15	16.5	332	137
"	2	"	13.5	334	144
"	3	"	14.0	335	179
"	4	"	16.0	341	185
"	5	"	14.0	351	204
"	6	"	15.5	362	211
"	7	"	15.5	366	206

水セメント比	粒度曲線番號	軟度(スランプ)	セメント使用量	耐壓強度	単位容積重量
50	1	5	2.5	370	209
"	2	"	3.0	372	220
"	3	"	4.0	380	277
"	4	"	6.5	390	296
"	5	"	5.0	393	304
"	6	"	7.0	407	314
"	7	"	4.5	416	315
70	1	20	18.5	309	64
"	2	"	18.0	308	75
"	3	"	18.5	309	91
"	4	"	19.0	313	166
"	5	"	19.5	311	111
"	6	"	19.5	319	153
"	7	"	20.0	326	144

(2) 強度試験並にセメント使用量に對する考察

コンクリート強度試験結果より細率と耐壓強度及びコンクリート単位容積内のセメント使用量を圖示せば圖-18~圖-20の如し。

図-18 細骨材の細率と強度並にセメント使用量との関係
砂利水セメント比 50%
スラブ厚 5cm



尚粒度曲線(図-7)の細率を示せ
ば下の如し。

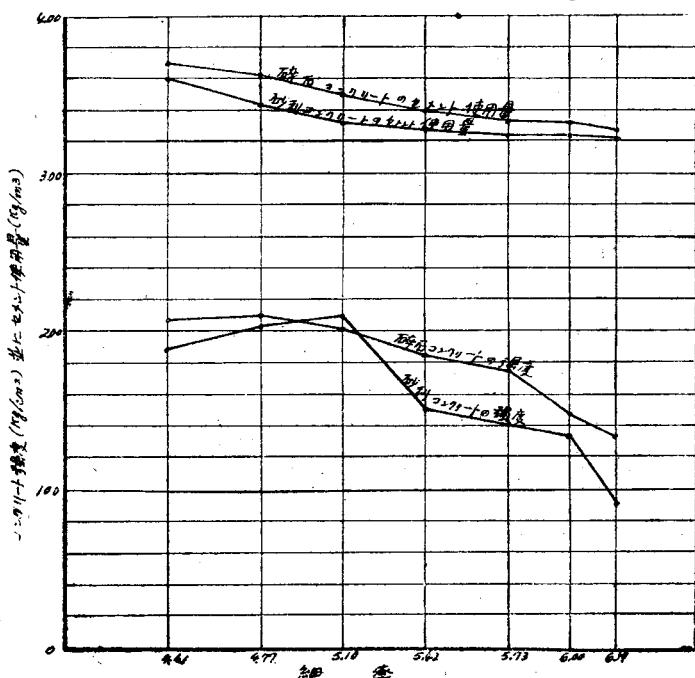
粒度曲線番號	細 率
1	6.19
2	6.00
3	5.73
4	5.42
5	5.10
6	4.77
7	4.41

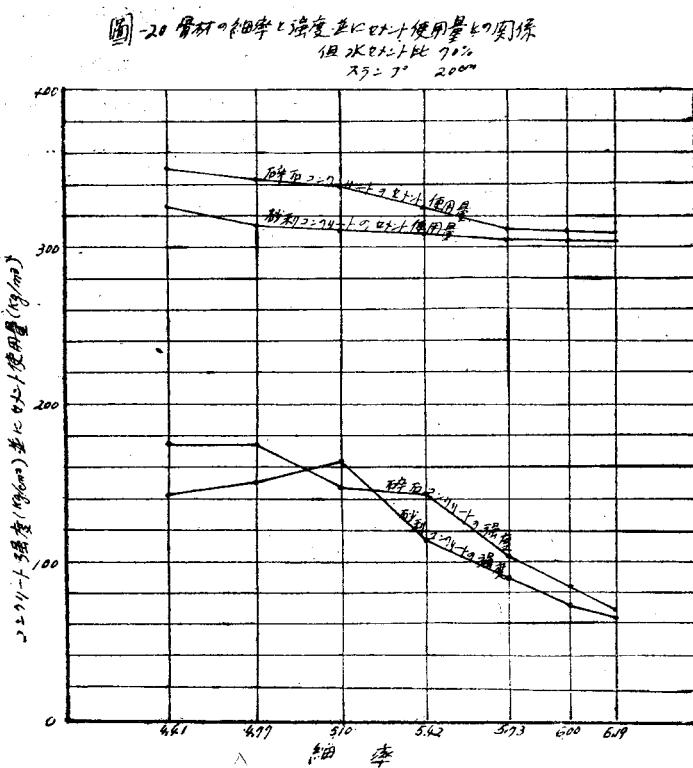
以上圖示せる細率と耐壓強度との
關係に依り砂利並に碎石コンクリー
トを比較するに水セメント比軟度共
小なる場合は砂利コンクリートに
ありては細率 5.5 前後碎石コンクリ
ートにありては細率 5 前後にて最大

強度を示す結果を得たり。水セメン
ト比軟度共中庸なるものにありては
兩者共細率 5 前後にて最大強度を示
せり、又水セメント比軟度共大なる
場合は砂利コンクリートにありては
細率 5 前後なるも碎石コンクリート
にありては細率の減少と共に強度は
増進の一途を辿る。

上述の如く水セメント比軟度共小
なるものにありては碎石は砂利より
稜角に富む爲め多量の細骨材を必要
とし水セメント比軟度共中庸なるも
のに到りて碎石コンクリートの最適
の状態となり水セメント比軟度共大
となるに従ひ又多量の細骨材を必要
とする如く考へらる。次に細率と

図-19 細骨材の細率と強度並にセメント使用量との関係
砂利水セメント比 60%
スラブ厚 15cm





コンクリート単位容積内のセメント使用量との関係を考察するに水セメント比軟度共小なる場合は砂利コンクリートにありては、細率大なる場合は小なる場合より少量なるセメント使用増加率を示すも碎石コンクリートにありては細率の大小に係らず一定増加率を示す。

水セメント比軟度中庸なる場合は兩者共同様なるセメント使用増加率なり。又水セメント比軟度共大なる場合には砂利コンクリートにありては前同様セメント使用増加率は、一定なるも碎石コンクリートにありては、細率大なる場合はセメント使用増加率は僅少なるも細率小なる場合は急激に増加する結果を得たり。

6. 総合考察

(1) コンクリート配合比、水セメント比一定なる

場合は碎石コンクリートは砂利コンクリートに比較し。

(a) 硬練りコンクリートにありては軟度(スランプ)70~80%減少し、耐壓強度に於て約20%高強度を示す。

(b) 中練りコンクリートにありては軟度40~50%減少し、耐壓強度に於て約30%高強度なり。

(c) 軟練りコンクリートにありては軟度20~30%減少し、耐壓強度に於て約20%高強度を示せり。

即ち硬練りコンクリートにありては軟度悪き反対に強度は相當の増加を示す、コンクリートの施行に際し振動コンクリートとして振動機を使用せば碎石稜角のため振動傳播も良好

にて砂利コンクリートの及ばざる特質を現すも考へらる。

中練りコンクリートにありては軟度幾分不良なるも耐壓強度に於ては尚高強度にして手仕上道路用コンクリートの如き工事に使用せば良好なるものと考察さる。

又軟練りコンクリートにありては軟度強度共良好にして砂利コンクリートと同等と考へらるゝも、ただ碎石コンクリートにありては軟練りとなるに従ひ碎石稜角の摩擦のためセメントモルタルのみ流出し分離性を増す傾向ある故此の點考慮の上施工する場合は砂利コンクリートと同様不安なく使用し得るものと考へらる。

(2) 骨材の最大単位容積重量と最大強度との関係は砂利コンクリートに於ては完全に一致するも、碎石コンクリートにありては細骨材の増加に従ひ

强度増進し兩者一致せざる結果を得る。

即ち砂利コンクリートに於ては骨材の最大単位容積重量の時に最も空隙の小なるコンクリートを得るものと考へらるゝも、碎石コンクリートに於ては碎石と細骨材のなすみ悪きため砂、碎石混合物は乾燥状態の場合よりもコンクリートとしての濕潤状態に於て更に細骨材の多き方が最大容重即ち空隙の小なるコンクリートが得らるる様思はれる。

以上のこととは同一の砂を使用し、一は比重小なる砂利、他は比重大なる碎石を使用したる、混合骨材単位容積重量に於て砂、碎石混合容重より砂、砂利混合容重が重き結果を得たることよりしても明白である。(圖一14, 15参照)

(3) 水セメント比軟度一定なる場合に於て碎石コンクリートは中庸程度即ち水セメント比60軟度15cmの場合が最も好條件の如く、砂利コンクリートに其の性状接近するも水セメント比軟度共小なる場合は碎石が稜角に富むため多量の砂量、従つてセメント使用量も増加し振動コンクリートの如き方法によらざれば不經濟となり又水セメント比軟度共大なる場合は碎石個々の摩擦のため相當量のセメントモルタルを必要とするためセメントの使用量を増加する結果を生ず。

即ち碎石の如き稜角に富む骨材にありてはセメントペーストの濃度或はセメントモルタルの濃度がある一定濃度以上なき場合には稜角による摩擦を解消し得ざるものと考へらる。

(4) 骨材細率と强度との関係は碎石コンクリートに於ては細率の小となるに従ひ強度を増加する傾向あるも、砂利コンクリートに於ては或る細率にて強度の最大を示し、細粗骨材比の変化によるコンクリート試験と同様なる結果を得たり。

(5) 水セメント比軟度一定なる場合碎石コンクリートの単位容積内のセメント使用量は砂利コンクリートに比較し、水セメント比軟度中庸なるものに於て6~8%増、同じく小なるものは8~12%増、而して大なものに於ては7~10%増となつてゐる即ちセメント使用量の點より考へて碎石コンクリートは中庸程度のもの最もセメント使用量少く良好にして、水セメント比軟度小又は大なるものは砂利コンクリートより不經濟なれば種々コンクリート施工法を考へ經濟的となる様考慮するを要す

7. 結 言

以上考察せる如く碎石コンクリートは使用方法並に施工方法の最善を得ば何等の不安もなく、且砂利コンクリートに優るとも劣らざるものと思考さる。

尙碎石コンクリート設計施工に當り注意すべき點を列記せば次の如し。

(1) 碎石コンクリートとしての水セメント比と強度との関係を考慮の上所要強度に對する水セメント比を定むる時は砂利コンクリートと同等の軟度並にセメント使用量のコンクリートを得るものと考へらる。

(2) コンクリート打込みに機械力を使用せざる場合は中庸程度の水セメント比軟度を有する碎石コンクリートが最も經濟的である。即ち水セメント比60%前後軟度スランプにて15cm前後の土木工事用コンクリートに最適である。

(3) 水セメント比軟度共大なる碎石コンクリートは碎石個々の摩擦のため分離性を生じ易く此を防ぐため砂量を多くし從てセメント使用量が多量となる關係上砂利コンクリートよりは不經濟となる。即ち水セメント比70%前後軟度スランプ20cm前後の建築工事用コンクリートに於ては砂利コン

クリートに劣る。

(4) コンクリート打込みに機械力を使用する振動コンクリートの如き水セメント比軟度共小なるコンクリートに於ては碎石コンクリートの特徴を最も良く發揮し得るものと考へらる。

(5) 碎石コンクリートの強度と骨材細率の関係は細率の減少に従ひ強度は増加するもセメント使用量も増加するを以て最も經濟的に碎石コンクリートを砂利コンクリートと同様使用せんとせば砂利コンクリートの細骨材使用量より骨材全量の 7% 前後増し粗骨材より同様 7% 減じたる配合比を使用せば概略的に良好なる碎石コンクリートを得るものと考へらる。

今實例を以て説明せんに

砂利コンクリートにて $1:2:4:0.65$ なる重量配合比に於て同程度の碎石コンクリートを得る

爲には骨材全量 6 の 7% 即ち 0.42 を細骨材に加へ、粗骨材より 0.42 を引きたる $1:2.42:3.58$ を定め、次に水セメント比強度曲線より砂利コンクリートの水セメント比 0.65 に相當する碎石コンクリートの水セメント比 0.73 を定むればよく、從て碎石コンクリート配合比は結局 $1:2.42:3.58:0.73$ が求むる値なり。

以上報告せし如き程度の碎石コンクリートに関する小試験にて上述の如き結論を下すは些か尙早の感あるも、碎石コンクリートに関する文献も少き折柄本報告が多少なりとも實際現場コンクリート施工者の参考とならば幸甚と考へる次第にして、今後共尙多くの實驗を行ひ更により明確なる碎石コンクリートの配合施工方法を公にしたき希望を有するものである。以上（大陸科學院研究報告より轉載）