

V-100 骨材最大寸法とコンクリートの性質について

武蔵工業大学 正員 小玉克己

1. おまがき

コンクリートの配合設計においては、構造物の種類、断面寸法、コンクリート作業等により適当な利用できる粗骨材の最大寸法を定めなければならないとあり、構造物の種類およびその断面寸法によって定まる粗骨材の最大寸法は、コンクリート標準示方書に決められている。一般的に定めるに付大きい最大寸法の粗骨材を用いれば、所要のワーカビリティーをうるのに、単位水量が少なくなり、単位セメント量、単位細骨材量も少なくすることができ、経済的コンクリートが得られることから作業に適するワーカビリティーがえられる範囲内でなるべく粗骨材最大寸法を大きく選ぶのが適当であると言われている。しかしあまり大きな粗骨材を用いると均質なコンクリートをつくるのが困難であり、材料分離を生じたりする。

以上粗骨材最大寸法を選ぶについては、前述のじとき方法によつていふが、これらは、粗骨材最大寸法の違いによるコンクリートの性質への影響をあまり考慮しないで選らばれてゐる。粗骨材最大寸法がコンクリートの性質に及ぼす影響の中で強度とワーカビリティーについて一連の実験を行ない、これらの関係について検討したものである。

2. 粗骨材最大寸法とワーカビリティーについて

コンクリートのワーカビリティーを試験する方法としては、種々考案されているが、本実験では、Pワークスの提案するリモルテンク試験によつて、粗骨材最大寸法による各単位水量と細骨材率との関係を求めた。

(1) 実験方法

下記材料、配合、練りませを行ない、リモルテンク試験を行なつた。なおスランプ値も同時に測定した。

表-1

産地	比重	吸水率 (%)	単位重量 (kg)	フルイ分け						
				5.0mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	F.M
相模川	2.62	2.67	1728	0	12.1	28.2	54.1	78.7	96.4	2.70

表-2

産地	種類	M.S. (mm)	比重	吸水率 (%)	単位重量 (kg)	フルイ分け (mm)					
						40~30	30~25	25~20	20~10	10~5	F.M
富田川	砂利	40	2.65	1.77	1789	25	10	10	35	20	7.25
		25	2.65	1.83	1748	—	—	30	45	25	7.15
相模川	碎石	40	2.70	1.71	1633	25	10	10	35	20	7.25
		25	2.70	1.36	1586	—	—	30	45	25	7.15

(1) 使用材料 セメントはアサノ普通ポルトランドセメントで、骨材は表-1, 2のじときをのを使用した。

(4) コンクリート配合 表-3のじときである。

(4) 練りませ、練りませは1バッチ10¹とし、すべて手練りで行ない、コンクリートの均質を期するため切り混ぜ回数を一固定として行なつた。

(2) 実験結果および考察

図-1は、リモルテンク試験値(以下ジグ数と呼ぶ)とスランプ値との関係を示したものである。図よりスランプ値が40^{mm}付近においてジグ数に大きな変動が見られる。すなわちスランプ値40^{mm}は

表-3

骨材種類	M.S. (mm)	単位重量 (kg)	単位重量 (kg)	細骨材率 (%)					
砂利	40	300	155	30	33	36	39	42	
			160	30	33	36	39	42	
	25	300	165	30	33	36	39	42	
			175	36	39	42	45	48	
碎石	40	300	165	37	40	43	46	49	
			170	37	40	43	46	49	
	25	300	175	37	40	43	46	49	
			180	40	43	46	49	52	

上のコンクリートでは、ジック数の変動が小さく、40mm以下のコンクリートではジック数の変動が大きくなっている。またスランプ値40mmにおける各コンクリートのジック数を求めると表-4のごとくである。

各コンクリートにおいて、スランプ値40mmのジック数を求めるために単位水量を変え、場合により細骨材率を変えなければならないが、変化の割合を示したものが表-4である。

表-4 スランプ値40mmの場合

	M.S.	ジック数	最小単位水量	最通細骨材率	単位水量	細骨材率
			mm	%	%増加	変化(%)
砂利	40	140	155	36.9	—	±0.9
	25	80	168	40.6	—	±1.5
碎石	40	180	168	43.2	—	±0.8
	25	120	176	46.0	—	±1.4

以上より粗骨材最大寸法が大きい場合には、単位水量の増加に対して、細骨材率をわずかに変えることによって、同じジック数のコンクリートがえられるのに対し、最大寸法が小さい場合には、細骨材率を大きく変える必要がある。

図-2を見ても、細骨材率の変化に対するジック数の変化が、最大寸法が大きいほど大きくなっている。

リモルテンク試験結果より求められ、各単位水量による最通細骨材率と土木学会の配合表より計算した細骨材率とを比較したものが表-5である。

表-5

	実 験				学 会			
	砂 利		碎 石		砂 利		碎 石	
	M.S.40	M.S.25	M.S.40	M.S.25	M.S.40	M.S.25	M.S.40	M.S.25
細骨材率 (%)	36.0	39.8	43.0	46.0	35.1	40.7	39.7	45.3
	36.5	40.0	43.0	46.0	35.3	41.1	40.1	45.7
	37.4	40.7	43.6	46.4	35.7	41.3	40.3	46.1

表-5より、大体において近い値を示しているが、

粗骨材最大寸法40mmについては、砂利、碎石ともに学会の細骨材率より1%~2%大きくなっている。

図-3は、最通細骨材率における単位水量の変化とジック数の変化を示したものである。この図より一定の単位水量の変動によるジック数の差は、粗骨材最大寸法が大きいほど大きく、すなわち、単位水量の変動に対してジック数が大きく変わることを示している。

3. 粗骨材最大寸法とコンクリートの強度について

図-1

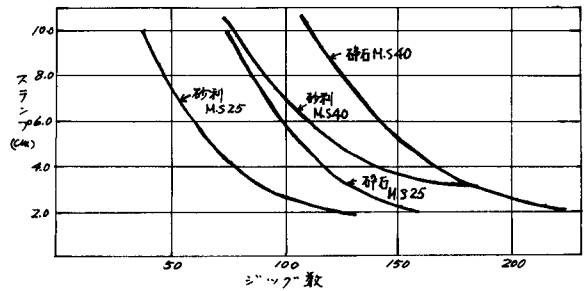


図-2

リモルテンク試験結果

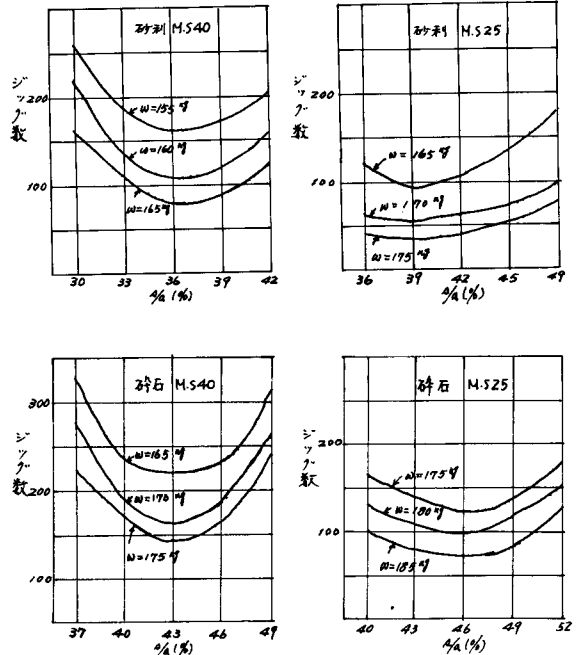
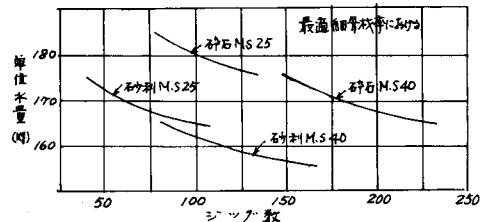


図-3



従来、コンクリートの強度はリースセメント水比法則に従うとされ、粗骨材最大寸法の違いによる強度差は、さほど重要視されていない。しかしすでに Stanton Walker 氏等の実験等から水セメント比が同一である場合、最大寸法が大きくなれば、強度は減少するこゝが認められている。さらに単位セメント量が同一の場合についてもほとんど同程度の強度がえられると言われているので、これらの関係について実験を行ない検討したものである。

(1) 実験方法 粗骨材として砂利、碎石を用い、最大寸法は 40^{mm}、25^{mm}、15^{mm}、水セメント比 40%、50%、60% の各 2 つの組合せのコンクリートについて、校令 7 日、28 日における圧縮強度、曲げ強度、引張強度の試験を行った。

(1) 使用材料 セメントはアサノ普通ポルトランドセメントでその物理的性質は表-6 のごとくである。骨材は、相模川産の砂利、碎石、砂でそれぞれ粒度調整を行なって使用した。これら骨材の物理的性質は表-7 のごとくである。

表-6 セメントの物理試験結果

比 重	粉末度 (%)	凝 結 時間 (分)	安定 性 (%)	強 度 (MPa)					
				曲 げ 強 度			圧 縮 強 度		
				3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日
3.16	33.90	2.3	20.3	9.3	27.4	21.6	23.7	23.5	33.4

(2) コンクリートの配合 配合は、スランパ値 70^{mm} ± 20^{mm} の範囲におさまる各最大寸法の単位水量、細骨材率を求め、表-8 のごとくにした。

表-7 骨材の物理的性質

M.S.	残留百分率 (%)						F.M.
	40	30	25	20	15	10	5
40	0	23	10	13	17	13	2.8
25	0	0	0	30	28	21	7.9
15	0	0	0	0	45	55	64.5

(1) 練りませ 練りませでは、4 切可傾式円筒型ミキサを使用し、バツ 4 の入りを 70 秒とした。材料を全部投入してから 3 分間練りませのちコンクリートを鉄板上に排出し、1 往復の切返しを行なって試料として直ちにスランパを測定した。その結果尚頂が所要のものであることを確認したものである。校令 7 日、28 日までは、20 ± 3°C の水中養生を行った。

M.S.	比重	吸水率 (%)	単 量 (kg/m ³)	空隙率 (%)
砂	40	2.65	177	17.9
砂	25	2.65	183	17.8
砂	15	2.65	192	17.0
石	40	2.71	163	17.7
石	25	2.69	176	16.6
石	15	2.69	179	16.3

(2) 実験結果および考察

各骨材最大寸法におけるセメント水比と各強度との関係を図に示したものが図-4 である。

(1) 粗骨材最大寸法と各強度について、

図-4 より粗骨材最大寸法におけるセメント水比と圧縮強度との関係については、セメント水比が 2.2 以下において強度の順位が最大寸法 40^{mm}、25^{mm}、15^{mm} となり、2.2 以上で最大寸法 15^{mm}、25^{mm}、40^{mm} と校令 7 日では

表-8

	M.S. (mm)	W/C (%)	W (kg)	C (kg)	W/C (%)	S (kg)	G (kg)	スランパ (mm)
砂	40	40	163	40.8	33.0	61.2	125.7	6.8
		50	160	32.0	35.0	67.8	122.3	7.7
		60	159	26.5	37.0	73.4	126.4	7.5
	25	40	172	43.0	36.1	65.5	117.2	6.2
		50	170	32.0	37.4	74.5	115.9	7.4
		60	169	28.2	42.0	81.6	114.0	6.3
石	15	40	192	48.0	48.6	83.5	89.4	6.2
		50	190	38.0	51.6	92.3	88.9	7.3
		60	188	37.3	53.6	100.1	87.7	7.4
	40	40	175	43.8	39.0	70.1	113.3	8.7
		50	174	38.8	42.0	78.8	112.5	8.4
		60	172	28.7	43.0	83.0	113.8	6.8
石	25	40	183	45.8	42.8	75.4	103.3	7.7
		50	181	36.2	45.5	83.9	103.3	7.7
		60	179	29.8	47.7	90.9	102.2	7.6
	15	40	203	50.8	50.6	82.3	84.5	8.4
		50	201	40.2	53.6	94.4	83.9	7.5
		60	198	33.0	55.7	101.9	83.2	8.0

なっているが、校令 28 日では、砂利コンクリートは、試験したセメント水比すべてで強度の順位が最大寸法 15^{mm}、25^{mm}、40^{mm} となり、碎石コンクリートでは、セメント水比 1.70 以下で 40^{mm}、15^{mm}、25^{mm}、1.70 以上では 15^{mm}、25^{mm}、40^{mm} となっている。以上校令 28 日においては、大体において各セメント水比とも、

粗骨材最大寸法の小さい方が強度が大きくなっており、各強度の増加の割合についても、最大寸法の小さい方が大きくなっていく。セメント水比が小さくなるほど強度差が大きくなる。曲げ強度も試験したセメント水比においては、校令7日、28日ともに強度順位は最大寸法15mm、25mm、40mmで粗骨材最大寸法の小さい方が大きくなっていく。増加の割合も最大寸法の小さい方が大きくなっていく。引張強度についても大体セメント水比が2.0以上において最大寸法の小さい方が大きくなっていく。

(4) 同一単位セメント量における各強度について

図-4より各単位セメント量について最大寸法の強度を推定し、各寸法による強度差を示したものが表-9である。

これら表より各強度とも、単位セメント量が増すほど、最大寸法による強度差は小さくなり、やがて強度差は逆になる。この傾向は、校令7日より校令28日において大きく、砂利コンクリートよりも碎石コンクリートの方が大きい。以上、単位セメント量一定の場合においては、各指定強度については、校令によって多少の違いはあるが、各強度とも使用単位セメント量が300kg/m³以下では最大寸法40mmが強度が大きい。単位セメント量が300kg/m³以上では最大寸法40mmより25mmの方が各強度とも大きい値を示している。さらに単位セメント量が450kg/m³以上となると最大寸法15mmが強度が大きい値になると考えられる。

4. まとめ

本実験結果を要約すると次の事柄が言える。ワーカビリティとの関係については、単位水量を増加させて同じジグ数にするのに、最大寸法の大きい場合には細骨材率をわずかに減さねばよい。同一単位水量で細骨材率を変えて最大寸法の大きい場合にはジグ数が大きく変わる。強度との関係については、セメント水比が同じ場合には、小さいセメント水比で最大寸法の小さい方が各強度とも大きく、単位セメント量一定の場合には、単位セメント量300kg/m³以下では最大寸法40mmが強度は大きい。単位セメント量が増すに従って25mm、15mmの方が強度は大きくなる。

図-4 セメント水比と各強度との関係

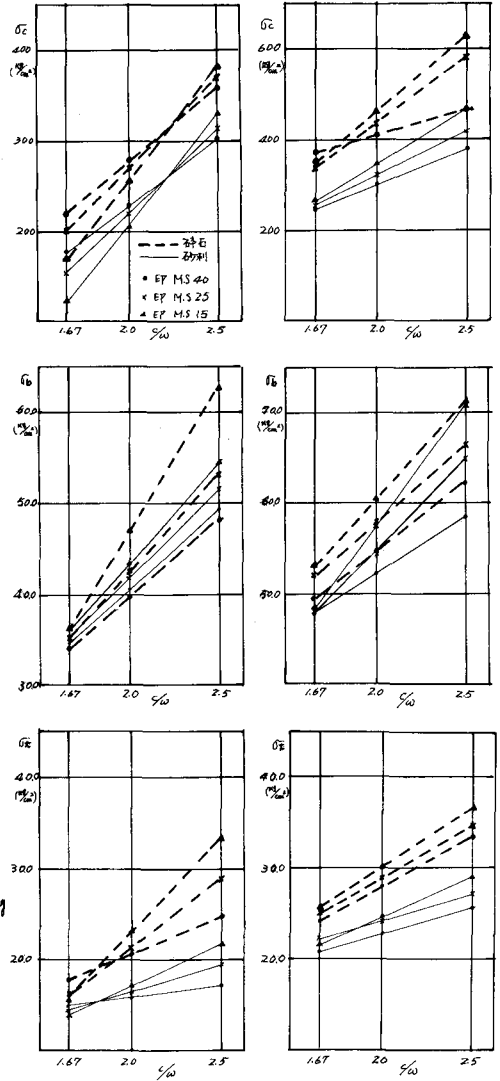


表-9

	校令	単位セメント量 (kg/m ³)	砂利コンクリート			碎石コンクリート		
			40-25	40-15	25-15	40-25	40-15	25-15
			強度差 (%)	強度差 (%)	強度差 (%)	強度差 (%)	強度差 (%)	強度差 (%)
圧縮強度	7日	300	25	10.1	7.6	3.4	—	—
		350	15	8.3	6.8	3.0	9.6	6.6
		400	6	6.2	5.6	2.2	8.4	6.2
	28日	300	-6	3.1	3.7	-4.8	—	—
		350	-16	1.4	3.0	-2	4.5	4.3
		400	-25	-6	1.9	-4.4	-2	4.2
曲げ強度	7日	300	0.2	3.7	3.5	0.7	—	—
		350	-0.2	3.2	3.4	-0.4	2.6	3.0
		400	-0.4	2.4	2.8	-1.6	-3.0	-1.4
	28日	300	-0.1	3.9	4.0	-1.4	—	—
		350	-2.4	0.9	2.3	-1.0	0.9	1.9
		400	-4.7	-2.7	2.0	-0.8	0.6	1.4
引張強度	7日	300	0.4	2.1	1.7	1.8	—	—
		350	-0.5	0.5	1.0	0.5	3.3	2.8
		400	-1.5	-0.5	0.5	-1.2	1.3	2.5
	28日	300	-1.1	0.7	1.8	0	—	—
		350	-1.1	0.2	1.3	0.5	1.4	0.9
		400	-0.8	0	0.8	0.8	1.3	1.1