

九州大学 工学部 水野高川
 “ “ “ 磯 鉄 三

まえがき

最近の川砂利の枯渇にともない、コンクリート骨材として碎石の利用が盛んである。この場合の碎石の規定として、碎石の比重、吸水量、すりへり減量、安定性試験は決められているが、形状、角ばり度 (Angularity)、表面組織などについては何管決められていない。碎石粒の形状は球形または立方形に近いものが望ましく、うちつぺらまたは細長いものは空げき率が大きくなり所要のワークビリターのコンクリートを造るために多量のセメントペーストが必要となる。また角ばつてゐるものは空げき率が大きくなるとともに骨材粒間のまきつが增加するので、セメントペーストの量を増加しないとワークビリターのよりコンクリートを造ることができない。

この Angularity を簡単な試験方法で数値的に表示できるならば便利であると考えられる。

これは英国の Shergold の「つめ固められた砂利の Angularity 測定としての空げき百分率」として発表された試験方法を我が国の碎石の Angularity 測定に応用して試験した一部分の報告である。

Shergold は砂利の Angularity の程度を表現するのに最もよい方法は、規定された方法によつてつめ固められた単一け法の砂利において、空げきの割合を測定することであり、その空げきの割合は適当な丸味のある海砂利で約 33 %、大変角ばつた岩石において約 45 % となることを見出した。

その結果を次のように表現している。

$$\text{"Angularity number"} = \text{空げき率} - 33$$

Shergold はまた締め固め係数測定装置を使用して求めた骨材の空げき率と前記のつめ固められた骨材の空げき率の間に相互関係のあることを示している。

この報告は Shergold 提唱の Angularity 試験による空げき率と締め固め係数試験装置を用いての落下試験より求めた空げき率を Shergold の結果と比較したものである。

試料は手許にあつたもので、石灰石、変性安山岩、角閃岩、熔岩、黑色変岩、角閃岩の 6 種類である。

試験方法

器具

(1) つぎのような内側け法を持つ約 2830 cm^3 の容量の金属製の円筒

直径 “ “ “ “ 15.2 cm

高さ “ “ “ “ 15.5 cm

(2) 直径 16 mm 、長さ 60 cm のまつすぐな金属製の突き棒、片側の先端は、 25 mm の長さにあつて勾配がつけられ小銃弾の形のように先端がにぶく丸められ、その重量は $900 \sim 950 \text{ g}$ である。

(3) 最大7kgの秤量で精度1gの天秤

(4) 約20×11×5cmの鉄製のシャベル(約1600cm³の山盛容積のもの)

(5) 締めの固め係数測定装置図-1に示すような寸法と形をもつもの

円筒の容積の測定

円筒は温度15～25℃で円筒を満たすに必要な水の量を1gまで測定して検定する。

使用すべき骨材の量

骨材は下に見られるような適当なサイズのフルイでフルイ分けたうち10kgを準備すれば充分である。

この試料はB.S.孔あき鉄板フルイの適当なサイズの間にこぼった骨材から成り立っている。孔あき鉄板フルイは次のものである。

19 ^{mm}	と	12.7 ^{mm}
12.7	と	9.5
9.5	と	6.4
6.4	と	4.8

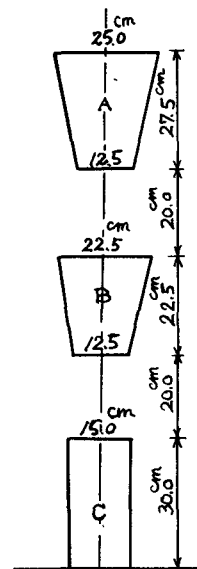


図-1 締めの係数試験装置

試験される骨材は100～110℃の温度でよく換気された炉の中の浅いパンで最低24時間乾燥し、冷し、炉から取り出した後3時間を越えないうちに試験しなければならない。

実験方法

骨材をシャベルに山盛りにみだし、できるだけ最小な高さからシャベルを静かに傾けて骨材を円筒の中に入れる。

円筒中の骨材に1秒毎に約2回の速さで突き棒で100回の打撃を与える。各打撃は骨材の表面上先端を5cm離れて突き棒を垂直に保ち突き棒を自由落下させることによって各打撃を与える。この100回の打撃は骨材の表面上均等に分布されねばならない。あるいはおのづかのシャベルの骨材について上にも述べたものと全く同じ方法でくり返す。おのづか層はつき固める前、円筒の天端を満たすに充分な骨材で満たされていなければならぬ。おのづか層がつき固められたならばその後円筒は骨材で山盛りに満たされる。そして骨材は突き棒を直定規のように使って円筒表面の骨材をな

表-1 角ばり試験空ゲキ率(%)

試料名	試料寸法(mm)	円筒内の骨材の重さ(g)				空ゲキ率	角ばり度
		1	2	3	平均		
A	20~10	4422	4403	4425	4417	42.2	9
	10~5	4439	4429	4448	4439	41.9	9
B	20~10	4173	4156	4163	4164	44.3	11
	10~5	3963	3982	3965	3960	47.0	14
C	20~10	4637	4637	4656	4650	43.7	11
	10~5	4540	4555	4558	4551	44.9	12
D	20~10	4375	4379	4395	4383	41.8	9
	10~5	4115	4132	4134	4127	43.7	11
E	20~10	3968	3973	3976	3972	42.7	10
	10~5	3915	3942	3921	3926	43.4	10
F	20~10	4524	4528	4513	4522	42.9	10

表-2 落下試験空ゲキ率(%)

試料名	試料寸法(mm)	円筒内の骨材の重さ(g)				空ゲキ率	角ばり度
		1	2	3	平均		
A	20~10	6875	6845	6842	6854	52.1	19
	10~5	7002	6988	7022	7004	51.0	18
B	20~10	6523	6517	6503	6514	53.5	21
	10~5	6127	6134	6145	6135	54.2	23
C	20~10	7269	7248	7246	7254	53.1	20
	10~5	7215	7234	7239	7229	51.5	19
D	20~10	6997	6993	6986	6992	50.4	17
	10~5	6575	6589	6594	6586	52.0	19
E	20~10	6235	6224	6216	6225	52.1	19
	10~5	6121	6136	6158	6138	52.7	20
F	20~10	7096	7112	7116	7108	52.1	19

らし返さねばならない。それから骨材の一個、一個を加え突き棒を円筒の上端を横ぎつて転がすことにより表面に転入する。この仕上り方は突き棒が円筒のどちら側でも骨材によつて持ち上らないようになるまで続けられねばならない。骨材は下側に無理に押しこんだり、いかなる下向きの力も突き棒に与えてはならない。突き棒は円筒内側の天端に接触して転がうなければならぬ。

この仕上り方は5分間を越えてはならない。そして円筒中の骨材はその重さを1/8まで秤量する。3回この方法を行ない円筒中の骨材重量の平均値を計算する。もし一つの方法的結果が平均値より25g以上離れているならば尚3回の試験を行なつて、6つの試験結果の平均値を計算する。骨材中の空げき百分率は次式より求められる。

$$V = 100 \left(1 - \frac{W}{CP} \right)$$

こゝに於て—

V = 空げき百分率, W = 円筒中骨材の平均重量 (g)

C = 円筒を満たすに必要な水の重量 (g)

P = 乾燥状態の骨材の総体の見掛け比重

それと Angularity number = V - 33

表-3 人工的に丸められた砕石の落下試験空げき率

試料名	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
	1	2	3	平均		
C	0	4657	4637	4666	4650	43.7
	500	4992	4975	4992	4986	38.7
	1000	5065	5061	5065	5064	38.7
	1500	5170	5165	5163	5166	37.5
	2000	5218	5229	5207	5218	36.9
	4000	5221	5217	5229	5222	36.8

表-4 人工的に丸められた砕石の落下試験空げき率

試料名	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
	1	2	3	平均		
C	0	7269	7248	7246	7254	53.1
	500	7920	7904	7900	7908	48.9
	1000	8157	8154	8131	8147	47.4
	1500	8311	8327	8310	8316	46.3
	2000	8367	8355	8352	8358	46.0
	4000	8479	8477	8460	8472	45.3

表-5 自然に丸められた砕石の落下試験空げき率

試料名	ローゼンベルグ試験機 の回転数	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
		1	2	3	平均		
D	0	4375	4379	4375	4383	41.8	9
	500	4623	4645	4642	4637	38.4	5
	1000	4715	4676	4707	4706	37.5	5
	1500	4828	4850	4845	4844	35.7	3
	3000	4825	4831	4821	4826	35.9	3

表-6 自然に丸められた砕石の落下試験空げき率

試料名	ロゼツセルス試験機の回転回数	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
		1	2	3	平均		
D	0	6997	6993	6986	6992	50.4	17
	500	7367	7355	7363	7362	47.8	15
	1000	7488	7484	7486	7486	46.9	14
	1500	7717	7695	7702	7705	43.9	11
	3000	7841	7832	7835	7843	44.4	11

骨材が19.5mmより大きい場合および4.8mmより小な時の試験についての注意

19.5mmより大きな骨材の試験には円筒の容積は2830 cm³より大きくなければならぬ。4.8mmより小さな骨材の試験にはより小さい円筒が使用すべきである。この方法は2830 cm³の円筒のときと全く同様に行はれねばならない。たゞし締め固め効果の量(突き棒の重さ×落下高×突き数)は用いられる円筒の容積に比例しなけれはならない。

締め固め係数試験装置を使用しての空げき率の測定

装置は図-1に示すようなものである。まずホッパーAに骨材を入れ、底ぶたを開いて骨材をホッパーBに落とす。つぎにホッパーBの底ぶたを開いて、直径15cm高さ30cmの標準シリンダー型あくCに落とす。型あくCの上に盛り上つた骨材を前記の方法によつて取り除き表面を仕上げ重量をgの単位まで測定する。空げき百分率は Shergold の式によつて計算される。この落下方法による値が Shergold の値より大きくなるがこれは締め固め効果の

影響である。しかしながらこれらの2つの方法によつて得られた結果の間には後述するように相関関係がみられる。(図-2参照)

試験結果

試料は 20~10^{mm}, 10~5^{mm} の2種類とした。

Shergoldのフルイ分けとは異なつているが道路用砕石との関連を考慮して上記の2種類にした。

Shergoldによる Angularity 試験と落下試験によつて求められた空げき率の比較 図-2のEPで示す。表-1, 表-2は市販のまの試験値, 表-3, 表-4, 表-5, 表-6, 表-7, 表-8はロサンゼルス試験機を使用して磨耗した骨材の試験値である。

これらを図-2に●EPで図示した。500回だけボール10個を使用した。Shergoldの結果とよく一致している。図-2より分かることは落下試験と

Angularity 試験との間には相関関係があることである。この関係より落下試験により求めた空げき率より Angularity 試験の空げき率を求め、これよりつめ固められた砕石の Angularity number を求められる。このことは色々な制約のある Shergold の Angularity 試験の代りに落下試験だけを行なうことによつて間接的に Angularity number を求められる便利な方法である。この落下試験は個人誤差の介入が少ないことも測定方法として秀れていよと考えられる。

参考文献

F.A. Shergold: "The percentage void in compacted gravel as a measure of its angularity"

Magazine of Concrete Research Aug. 1953

M.F. Kaplan: "The effects of the properties of coarse aggregates on the workability of concrete"

Magazine of Concrete Research Aug. 1958

図-2 角ばり試験結果と落下試験結果との比較

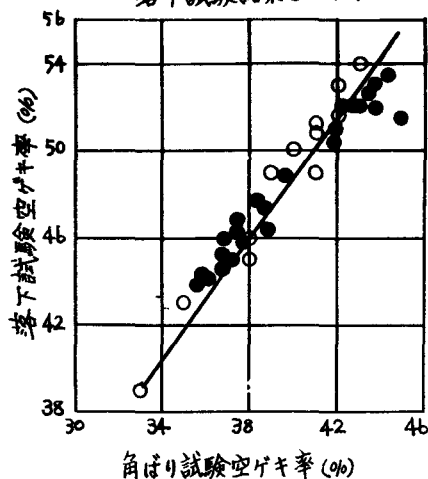


表-7 人工的に丸められた砕石の角ばり試験空げき率

試料名	サンゼルス試験機の回転数	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
		1	2	3	平均		
F	0	4504	4528	4513	4522	42.9	10
	500	4830	4845	4844	4841	38.9	6
	2000	4421	4438	4452	4437	37.7	5
	3500	4767	4767	4767	4768	37.3	4
	5000	5013	4977	5017	5009	36.8	4
	8000	5063	5074	5054	5064	36.1	3
	13000	5070	5088	5112	5096	35.7	3

表-8 人工的に丸められた砕石の落下試験空げき率

試料名	サンゼルス試験機の回転数	円筒内の骨材の重さ (g)				空げき率 (%)	角ばり度
		1	2	3	平均		
F	0	9096	9112	9116	9108	52.1	19
	500	7754	7777	7732	7755	46.4	13
	2000	8030	8032	8057	8046	45.8	13
	3500	8165	8170	8157	8164	45.0	12
	5000	8222	8223	8215	8220	44.6	12
	8000	8267	8282	8287	8279	44.2	11
	13000	8340	8306	8318	8321	43.9	11