

八幡化学工業株式会社 正員 阪本 好 史

1 はじめに

いわゆる No-Slump といわれる硬練りコンクリートのコンシステンシーの決定には、V₂B₂ 試験法による方法が最もよいと *Jour. of A.C.I.* の中に述べられている。しかしコンクリートの水量が少なくなってきて、水セメント比が変わらない時には単位セメント量も少なくなって、コンクリートはプラスチックでなくなる。このようなコンクリートに V₂B₂ の振動を加えると、一時に崩壊して、それ以後は振動しても V₂B₂ 試験板の内板は下らない。またスランプが 0 より硬いコンクリートでは、最初にスランプコーンに打込んだ場合に、突き棒の跡が残ること、コンクリートがバサバサのために規定通りに成形しても、内部に空隙が多いために、振動を加えて変形した後にも全体の体積が不足するなどのことが起り、V₂B₂ 値も正確には得られ難い。従って、このように硬いコンクリートのコンシステンシーをきめる単位水量の基準とする水量を、ワーカブルなコンクリートの水を次々にへらして行って、最初にスランプが 0 になる時、すなわちスランプが丁度 +0 の時の水量を予えることを考えた。そしてスランプが丁度 +0 になるような、換言するとコンクリートのスランプが 0 になるような最大の単位水量に対して、粗骨材の最大寸法、細骨材の粗粒率、細骨材率、および単位セメント量などの配合要因がおよぼす効果を調べたものである。

2 実験の方法

この実験では、要因として砂の質と粗粒率で、量をコンクリートから水とセメントと引いた残りに対する割合、即ち細骨材率で代表させた。粗骨材の質は粗骨材最大寸法で、量はコンクリートから水、セメントおよび砂と引いた残りとする。セメントは品種が変わらないので量についてのみ考えて、単位セメント量をとった。これらの要因について、次のような範囲に変化させて組合はせたコンクリートについて実験した。ただしこの実験には B 種高砂セメントを使用した。

粗骨材最大寸法	50, 40, 20 mm
細骨材の粗粒率	2.00, 2.40, 2.75, 3.00
細骨材率	30, 40, 50 %
単位セメント量	200, 250, 300 Kg

コンクリートのスランプが 0 cm 以上 1 cm 以下、および 2 cm 以上 3 cm 以下になるような単位水量を求めた。スランプおよび単位水量は変化の範囲がせまいので、この両者の関係が一次的であると考えて、スランプが 0 cm の場合の最大水量に相当する水量を外挿によって求め、改めて別のバッチで水量を確認した。

3 実験の結果と考察

実験によって求めた、スランプ +0 cm の時の単位水量は表 1 のようになった。スランプ +0 cm の時の単位水量と求める例を図 1 に示す。

実験の結果から、とりあげた 4 要因の個々に対して単相関分析を、また各要因を組合はせた場合に

対して、重相関分析を行った。解析の結果は表2に示す通りである。すなわち次のように考えられる。

(1) 個々の要因について

(i) 粗骨材最大寸法は、単相関は危険率10%で有意である。他の3つの要因の影響部分を除いた偏相関は危険率1%で有意である。粗骨材最大寸法が増すと必要水量は減る。

(ii) 単位セメント量は、水量に対して、他の要因の影響が大きいため単相関は小さいが、偏相関は高度に有意である。単位セメント量の大きいほうが、水量は小な傾向がある。

(iii) 細骨材の粗粒率も単相関は小さいが、偏相関は高度に有意と判定される。粗粒率が大になると、水量は小となる。

(iv) 細骨材率の影響は、他の要因に比べて単相関も偏相関も最も大きい。細骨材率が大になると、水量も小なる傾向がある。

(2) 重相関関係について

(i) 粗骨材最大寸法、単位セメント量、細骨材の粗粒率、細骨材率の4要因によって、スランブ+0cmの時の単位水量は精度よく推定出来ることが解る。すなわち、各要因の組合せを行なった場合の重相関係数が大きいこと、重相関係数の検定によると0.5%の危険率で有意と判定され、その時の回帰誤差(標準偏差で表現)は小さい値となっていること、奇手率の高いことなどから明らかである。

(ii) 要因を3つとして考える時は、4通りの組合せの中で、粗骨材最大寸法、細骨材の粗粒率、細骨材率を考える場合が、最も相関が大である。このことは偏相関係数($r_{x_2y \cdot x_1 x_3 x_4}$)が4つの要因の中で最も小さいこととも符合する。

(iii) 同様にして、要因2つについて考える場合には、粗骨材最大寸法、細骨材率の影響が大きいことが解る。

(3) 個々の要因が影響する程度

表1 スランブ+0cmのコンクリートの単位水量(kg)

単位セメント量(kg)	粗骨材最大寸法(mm)	細骨材の粗粒率	細骨材率(%)		
			30	40	50
200	20	2.75	131	153	176
		3.00	129	148	173
	40	2.75	135	145	165
		3.00	128	142	169
250	20	2.00	142	154	182
		2.75	142	151	175
	40	2.00	137	152	179
		2.75	130	142	165
300	20	2.40	138	151	167
		3.00	134	147	162
	50	2.40	127	136	161
		3.00	118	129	154

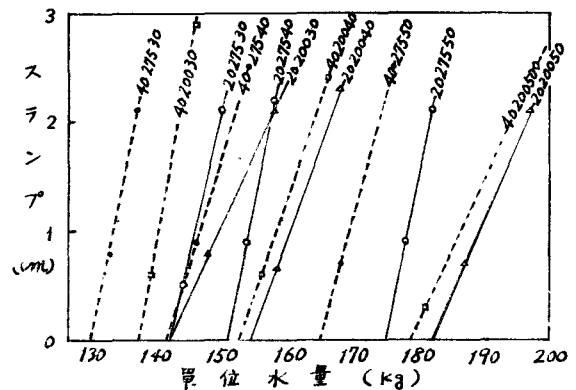


図1 スランブと単位水量 ($C=250 \text{ kg/m}^3$)

表2 (Y) スランジョの単位水量(kg)と(1)粗骨材最大寸法(mm), (2)単位セメント量(kg), (3)細骨材の粗粒率, (4)細骨材率(%)との関係

項目	相関係数	偏 回 帰 係 数				回帰誤差	相関係数の検定(E)	奇子率の推定	偏相関係数の推定 および検定
		B ₁	B ₂ × 10 ⁻⁴	B ₃	B ₄				
Y 1 2 3 4	.97132	-.35663	-.60978	-11.70687	1.82082	4.27969	129.32828**	.93617	
Y 1 2 3	.38896	-.35663	-.60978	-11.70687	.00000	16.32175	190149	.07172	
Y 1 2 4	.94061	-.37538	-.39558	.00000	1.82081	6.01451	81.88549**	.87394	
Y 1 3 4	.96064	-.39195	.00000	-10.26077	1.82082	4.92193	127.55445**	.91559	
Y 2 3 4	.93726	.00000	-.80006	-12.38888	1.82082	6.17651	77.09561**	.86706	
Y 1 2	.30425	-.37538	-.39558	.00000	.00000	16.61921	1.68318	.03757	
Y 1 3	.36144	-.39197	.00000	-10.26067	.00000	16.26688	2.47946	.07795	
Y 1 4	.93577	-.39778	.00000	.00000	1.82082	6.15152	116.21072**	.86813	
Y 2 3	.29375	.00000	-.80006	-12.38839	.00000	16.67679	1.55823	.03091	
Y 2 4	.90139	.00000	-.58328	.00000	1.82082	7.55435	71.50035**	.80114	
Y 3 4	.91749	.00000	.00000	-10.52193	1.82082	6.93954	87.79153**	.83220	
Y 1	-.28895							.05654	$r_{y_1 x_2 x_3 x_4}$ - .73114**
Y 2	-.14256							—	$r_{y_2 x_3 x_4}$ - .51724**
Y 3	-.22271							.02165	$r_{y_3 x_2 x_4}$ - .73641**
Y 4	.89005						**	.78608	$r_{y_4 x_2 x_3}$ - .96616**

実際には単位水量に対しては、これらの要因が複雑に絡みあつて影響しているのであるが、このような状態において、単位水量におよぼす各要因の影響する程度は、偏回帰係数から次のよう¹⁾に考えられる。

(i) 粗骨材最大寸法が1 mm だけ増減すると、コンクリートが丁度+0 cm のスランブを示す状態を維持するためには、単位水量で補正するときは0.36 kg だけ減増すればよい。

(ii) 単位セメント量が1 kg だけ増減するとき、単位水量は0.06 kg だけ減増するように補正すればよい。従つて、単位水量1 kg の補正とすることは、単位セメント量が約17 kg 変化した時とよく、他の要因に比べて、単位セメント量が単位水量におよぼす影響は小さいといひうる。

(iii) 細骨材の粗粒率は、0.1 だけ増減すると、単位水量は約0.2 kg 減増に相当する。

(iv) 細骨材率は1% だけ増減すると、単位水量は約0.8 kg 増減しなければならぬ。

以上の通りであるから、実際にはコンクリートの配合上、単位水量を一定に保つたまま、でスランブが丁度0 になるように調整する場合、細骨材率と変化させることが便利であると考えられる。

(4) 重回帰式の推定

重相関を保ち検討して、各要因の組合せの中で、相関の高いものをえらんで重回帰式を示すと次の通りである。

$$W_0 = 133.9 - 0.36 X_1 - 0.06 X_2 - 11.7 X_3 + 1.82 X_4$$

$$W_0 = 115.9 - 0.39 X_1 - 10.3 X_3 + 1.82 X_4$$

$$W_0 = 88.9 - 0.40 X_1 + 1.82 X_4$$

ただし W_0 : スランブ+0 cm の時の単位水量 (kg)

X_1 : 粗骨材最大寸法 (mm)

X_2 : 単位セメント量 (kg)

X_3 : 細骨材の粗粒率

X_4 : 細骨材率 (%)

4 お そ が

コンクリートのスランブが0 になる時の最大の単位水量を求めて、この水量におよぼす配合上の要因の影響を調べた。その結果粗骨材最大寸法、単位セメント量、細骨材の粗粒率、細骨材率によつて精度よく目的の単位水量と推定できることが解つた。また単位水量に対して、粗骨材最大寸法、単位セメント量、細骨材の粗粒率は負相関、細骨材率は正相関を示す。単位水量に対して、粗骨材最大寸法や単位セメント量よりも、砂の粗粒率や細骨材率の影響は大きいことが明らかにした。

この実験から、一般に材料の^性質が変化した場合に、スランブが+0 cm のコンシステンシーを得るための水量補正方法は、粗骨材最大寸法 ± 1 mm の変化に対して単位水量は ∓ 0.36 kg、単位セメント量 ± 1 kg に対しては ∓ 0.06 kg、砂の粗粒率 ± 0.1 に対して ∓ 0.2 kg、細骨材率 $\pm 1\%$ に対して ± 0.8 kg とする。またコンシステンシーを一定に保つために、水量を一定にしたままに補正するには、粗骨材最大寸法 ± 1 mm に対して細骨材率 $\mp \pm 0.4\%$ 、単位セメント量 ± 10 kg に対して細骨材率 $\mp \pm 0.33\%$ 、細骨材の粗粒率 ± 0.1 に対して細骨材率 $\mp \pm 0.67\%$ のように変えればよい。

1) Jour. of A.C.I. Vol. 62, No. 1, Jan. 1965, Recommended Practice for Selecting Proportions for No-Shump Concrete.