

細、粗骨材の実積率に基づく最適細骨材率の選定方法

鹿島建設株式会社 正会員 ○外山和仁

首都大学東京 フェロー 國府勝郎、正会員 上野敦、正会員 宇治公隆

1. 目的

細骨材率(s/a)は、全骨材に対する細骨材の絶対容積比であり、この値は所要のワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量が最小になるように定めることが原則とされている。しかし、この条件を満足する最適細骨材率(s/a_{opt})を決定するためには、 s/a を変化させた試験練りが必要とされ、これには多くの人手やコストがかかる。このため s/a は経験的に選定されているのが実状である。

一定の W/C の下で単位水量が最小となる条件はペースト量が最小であることから、細粗混合骨材の実積率が最大となることを意味している。このような考えから、本研究では、粗粒と細粒との混合における仮想間隙比曲線に基づいて、細骨材率の最適条件(s/a_{opt})を実積率の観点から論理的に誘導することを試み、実験によってこれの検証を行った。

2. 実験概要

2. 1 仮想間隙比曲線を用いた s/a_{opt} の誘導

仮想間隙比曲線は細骨材率を変化させたとき、その間隙比 e (骨材の絶対容積に対する間隙体積)がどのように変化するかをグラフ化したもので、図-1 のように示される。細粒子に粗粒子を、また粗粒子に細粒子を混合したときの両グラフの交点での混合率において、混合骨材の間隙比が最小値となることから、そこから s/a_{opt} を実積率により論理的に決定することができる。

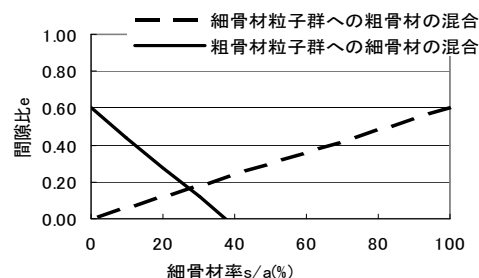


図-1. 仮想間隙比曲線

しかし、実際のコンクリート中では、湿潤状態の細骨材の膨潤、および粗骨材粒子間に細骨材粒子が介在する干渉充填作用がある。この細骨材の膨潤と粗骨材の干渉充填の影響係数を実験によって求めることとした。

2. 2 スランプおよび締固め完了エネルギー (E99.5) に基づく s/a_{opt} の検討

実積率の異なる細、粗骨材それぞれ2種類

表-1. 骨材の物性

を用い s/a を変化させたコンクリートを作製し、静的にはスランプ、動的には締固め完了エネルギーE99.5 (締固め度が99.5%となるま

種類	密度(g/cm^3)		吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/L)	実積率 (%)	粗粒率 F.M
	表乾	絶乾				
砕砂1	2.63	2.6	1.01	1.71	65.7	2.76
砕砂2	2.7	2.66	1.35	1.69	63.4	3.13
砕石	2.64	2.61	1.15	1.54	59.0	6.63
川砂利	2.64	2.61	1.32	1.67	64.2	6.66

でに要する仕事量¹⁾の極値に基づき、 s/a_{opt} を実験により定めた。用いた骨材の品質を表-1に示す。

3. 実験結果

3. 1 仮想間隙比曲線の補正

(1) 湿潤下における細骨材の膨潤に関する補正係数

$W/C=0.5$ 、混和剤なしの配合条件の下で、細骨材量一定でペースト量を変化させたモルタルを作製し、単位容積質量試験を行った。

単位容積質量と配合から細骨材実積率を逆算した結果を図-2に示す。湿潤状態においてモルタル中の細骨材量が最大となる実積率から、細骨材の膨潤を表す係数(α)を算出した。

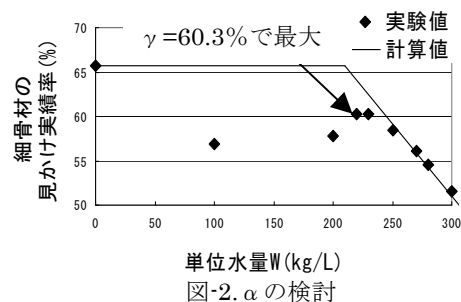


図-2. α の検討

キーワード: 細骨材率、実積率、仮想間隙比曲線、スランプ、締固め完了エネルギー

連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京都市基盤環境コース TEL042-677-2775

(2) 細骨材による粗骨材の干渉充填に関する補正係数

W/C=0.5、混和剤なしの配合条件の下で、粗骨材量一定で(1)で定めたモルタル量を変化させたコンクリートを作製し、図-3に示す単位容積質量の試験結果が得られた。この結果から、単位容積質量が最大となるとき粗骨材実積率に基づいて、粗骨材の干渉充填を表す係数(β)を算出した。

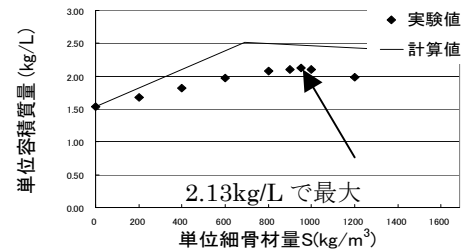


図-3. β の検討

(3) 仮想間隙比曲線の補正

α、β、および s/a_{opt} の算定式は次のようになる。

$$e1' = e_s' \times x = (1 + \alpha) \times e_s \times x \rightarrow \alpha = \frac{e_s'}{e_s} - 1$$

$$e2' = -\frac{e_g}{e_g'} \times (1 + e_g) \times x + e_g = -(1 + e_g - \beta) \times x + e_g$$

$$\rightarrow \beta = 1 + e_g - \frac{e_g}{e} \times (1 + e_a') \quad \text{ただし、} e' = (1 - \gamma') / \gamma'$$

$$e1' = e2' \text{ より、} \quad s/a_{opt} = \frac{e_g}{(1 + \alpha)e_s + 1 + e_g - \beta}$$

細骨材(砕砂1)、および粗骨材(砕石)の代表試料から求めた補正係数は、α=0.261、β=0.581となり、これを用いると仮想間隙比曲線は図-4のように補正される。

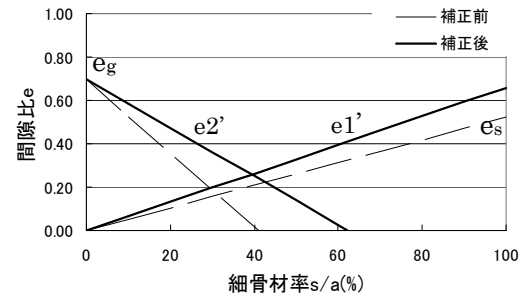


図-4. 仮想間隙比曲線の補正

3. 2 静的および動の実験による s/a_{opt}

s/a を変化させたコンクリートのスランプと E99.5 の関係の一例を図-5に示す。振動による仕事量 E99.5 が最小となる s/a と、自重で最大変形(スランプ)を示す s/a は同等の値となった。この値を s/a_{opt} とみなし、補正した仮想間隙比曲線から定まる値と比較検討した。

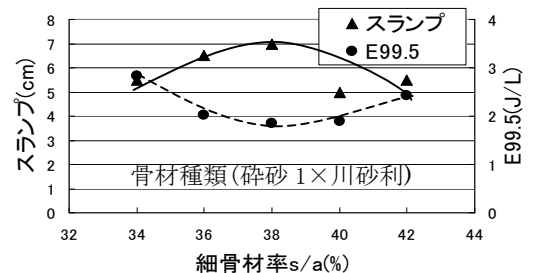


図-5. スランプ、E99.5 の実験結果

4. 計算値と実験値との比較

骨材の組合せを変化させたときの s/a_{opt} の実験値と計算値の比較を表-2に示す。計算値と実験値との差は、3.9～5.2%であり、実験値は計算値よりも4～5%大きな値となった。補正係数αおよびβは、特定の骨材から求めた値であること、また仮想間隙比曲線から推定した s/a_{opt} は、骨材が最も密に詰まる状態を試験した結果に基づいて補正係数を定めているため、細、粗骨材粒子相互の摩擦力が流動に影響すると考えられる。したがって、配合の選定にあたっては、仮想間隙比曲線に基づく s/a_{opt} 式から求まる値よりも、4～5%程度大きな値とする必要がある。なお、補正係数αおよびβは、細骨材の粗粒率による影響をさらに検討する必要がある。

表-2. s/a_{opt} の計算値と実験値の比較

細骨材	粗骨材	γ _s	γ _g	s/a _{opt} (計算)	s/a _{opt} (実験)	実験-計算
砕砂1	砕石	65.7	59.0	39.2	44	4.8
砕砂1	川砂利	65.7	64.2	34.1	38	3.9
砕砂2	砕石	63.5	59.0	37.8	42	4.2
砕砂2	川砂利	63.5	64.2	32.8	38	5.2

5. 結論

本研究により、仮想間隙比曲線に細骨材の膨潤作用と粗骨材の細骨材による干渉充填作用の影響を補正することで、適正な s/a_{opt} を論理的に推定することができた。本研究の補正係数はさらに検討の余地があるが、計算値よりも4～5%程度大きな s/a を採用するのがよいといえる。本研究によって、これまで経験に基づいて定められてきた s/a_{opt} を、論理的に選定することが可能となり、コンクリートの配合選定の合理化に寄与することができたといえる。

参考文献：1) 梁俊、国府勝郎、宇治公隆、上野敦：フレッシュコンクリートの締固め性試験方法に関する研究、土木学会論文集 E、Vol. 62, No. 2, pp. 416-427, 2006