

各種骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮について

岩手大学 学生員・佐伯 清臣
正 員 藤原 忠司

1 まえがき

Pickett¹⁾は、コンクリートの乾燥収縮ひずみに関して次式を提案している。

$$S_c = S_p(1 - V_a)^{\alpha} \quad \alpha = 3(1 - \lambda_c) / (1 + \lambda_c + 2(1 - 2\nu_a)E_p/E_a) \quad (1)$$

ここに S_c , S_p はコンクリートおよびペ-ストの乾燥収縮, V_a は骨材の体積含有率, λ_c , λ_p はコンクリートおよび骨材のポアソン比, E_c , E_a はコンクリートおよび骨材の弾性係数である。Pickett は、実験により α を定数(7)とすることができるとしている。この説に従えば、 S_p および V_a が一定の場合コンクリートの乾燥収縮は骨材の如何にかかわらず同一となる。しかしこの点は経験的に是認し難く Pickett の提唱理論には大いに疑問が残る。

本実験では、この点を確認するため骨材の種類のみを違へ他の全ての条件を同一にしたコンクリートを作成し骨材の性質の違いがコンクリートの乾燥収縮におよぼす影響を調べてみた。

2 実験概要

上記の目的を達成するために、角材を骨材として用いた場合、角材には各種性質が入り混じって構成されているので骨材の種類の影響を正しく抽出できない。そこで本実験では普通骨材用としては白色の均一な岩石を砕いて用いることにした。岩石の種類は計38種類であり、それぞれ若干量ずつ採取した。これらの岩石をジョ-フラッシャーを用いて砕き、粗骨材(5~15mm) および細骨材(0.15~0.5mm)を作製した。作製に際し骨材の粒度分布がすべて同一となるよう考慮した。また、作製した試料は角ばりを有するため、この角ばりが乾燥収縮に影響を及ぼすことが懸念されるが、この点に関しては別途に実験を行ない、たところ²⁾、その影響は少ないことが判明した。そこで砕いたまま使用しても差し支えないと思われるが、Pickett の式の α が骨材を球と仮定しているためこの式の適用を考慮し角ばりをある程度落すことにした。角ばりは骨材をロサンゼルス試験法に入れ鋼球を用いて1万回回転させ落した。なお比較のため人工軽量骨材も種類もあわせて使用した。

配合は全て表-1の通り

表 - 1

粗骨材の 最大寸法 [mm]	スランパ の範囲 [cm]	空気量の 範囲 [%]	水セメント 比 w/c [%]	細骨材率 S/a [%]	単 位 量			
					水 w [kg/m ³]	セメント C [kg/m ³]	細骨材 S [%]	粗骨材 G [%]
15	5	3.2	59	48.9	214	362	313	327

材の種類は計38種類であり、骨材の体積含有率 V_a は64%である。供試体は4×4×16cmの角柱2本とし、打設後水中(20℃)で28日間養生の後、20℃、RH 60%の恒温恒湿室内に静置し、長さ変化を転倒式コンパレータ-により測定した。また同じ水セメント比のペ-ストも作製し、上式中の S_p を求めた。Pickett の式を厳密に検討するためにはさらにコンクリートおよび骨材の弾性係数を求めておく必要がある。そこで骨材の弾性係数およびポアソン比は、岩石をコアリングしたφ2×4cmの試料で一軸圧縮試験機を用いて求めた³⁾。ひずみの測定は抵抗線ゲ-ジによった。またコンクリートの弾性係数は次式を用いて計算した。

$$E_a > E_p \text{ のとき } E_c = \frac{1}{\frac{1}{E_p} + \frac{V_a}{E_a}} \quad (2) \quad E_a < E_p \text{ のとき } E_c = (1 - V_a)E_p + V_aE_p \quad (3)$$

コンクリートの終局ひずみの推定には次式を用いた。 $S = \frac{t}{A + Bt} \quad S_{\infty} = \frac{1}{B} \quad (4)$
ここで S は終局ひずみ, A , B は定数, t は乾燥期間。

3. 結果および考察

表 - Z

表-Zに、骨材の種類、絶対比重、打設時の含水量および弾性係数、ならびにコンクリートの推定弾性係数、終局ひすみの推定値およびPickettの式を用いて計算した終局ひすみを示した。

前述のようにPickettは理論式中の指数 α を定数と仮定しているが、本実験結果では定数とはならず各供試体間に著しい差が見受けられる。そして、全ての供試体はPickettの求めた $\alpha=1.7$ を大きく下回っている。したがって、 α を定数とするには無理があるようである。Pickettの式から明らかのように各供試体間で α が異なるのは骨材の弾性係数が材質の違いによって大きな差があるからであり、複合理論でコンクリートの他の性質を説明する場合もこの骨材の弾性係数の多様性には注意を要する。

α を定数とせず、各供試体に固有な α を用いてPickett式に従って計算した収縮ひすみと実測した収縮ひすみの相関係数は0.714でそれほど良好とは言えない。これを普通、軽量両コンクリートに分けて相関係数を求めてみると、普通コンクリートが0.757、軽量コンクリートが0.659で軽量コンクリートの相関がとくに悪い。このようにPickett式が実際の現象をよく表示し得ないのは、コンクリートの収縮に関連する他の要因、たとえば骨材自体の収縮等を考慮に入れていないためと考えられる。したがって、収縮の複合機構を表示するためにはさらに厳密な理論の展開が望まれる。

次に収縮ひすみの実測値に着目してみると、普通コンクリートに関しては骨材の含水量とにある程度の相関が見受けられ、含水量の大きいものほど収縮も大きいようである。しかし、これに軽量コンクリートを含めると含水量では収縮を説明することが全く不可能である。すなわち軽量コンクリートは含水量の大きさに反し収縮は予想外に小さい。このようにコンクリートの収縮に関する複合機構はきわめて複雑であり、今後の重要な研究課題であると考えられる。

<参考文献>

① Pickett, G.: Journal of ACI, V. 52, No. 5

② 椎子, 倉谷, 藤原: 本講演要集

③ 藤原, 椎子: 昭和50年度東北支部技術研究発表会講演要集

No	骨 材			コンクリート			
	種 類	比重	含水量 (%)	弾性係数 (kg/cm ²)	推定弾性係数 (kg/cm ²)	推定終局ひすみ (mm)	実測終局ひすみ (mm)
1	花崗岩	2.62	0.76	66.9	45.4	574	1280
2	"	2.27	6.72	66.2	44.0	963	1306
3	閃緑岩	2.85	0.47	83.3	49.7	681	1216
4	斑岩	2.82	1.08	83.4	49.7	691	1216
5	輝緑岩	2.74	0.96	63.3	44.3	1042	1306
6	斑岩	2.67	0.39	94.3	52.0	636	1180
7	流紋岩	2.08	2.08	16.8	21.2	839	1687
8	"	1.83	12.21	14.6	19.7	2054	1739
9	安山岩	2.49	4.06	45.2	37.6	1164	1403
10	"	2.46	3.46	20.2	23.3	996	1619
11	"	2.56	2.20	69.9	46.3	612	1267
12	"	2.08	10.81	1.7	11.5	1592	3172
13	"	2.59	2.41	66.5	45.3	631	1280
14	"	2.45	3.47	49.6	39.4	739	1375
15	"	2.74	1.54	76.1	47.9	727	1241
16	"	2.51	3.54	32.7	31.2	1013	1492
17	石英安山岩	2.47	3.85	17.4	21.5	958	1586
18	玄武岩	2.94	2.05	58.1	47.6	1424	1320
19	"	2.47	5.86	35.1	32.6	1428	1477
20	変成岩	2.44	1.14	40.6	35.4	880	1432
21	"	3.03	0.57	51.9	40.3	874	1361
22	"	2.66	0.60	60.6	43.4	675	1320
23	"	2.95	0.47	42.8	38.7	696	1389
24	結晶質石灰岩	2.68	0.40	15.6	20.4	697	1721
25	石灰岩	2.72	0.36	69.4	46.1	543	1267
26	"	2.67	0.57	87.6	50.6	595	1192
27	輝緑凝灰岩	3.00	0.63	123.6	56.7	508	1098
28	"	2.89	0.81	75.8	47.8	702	1241
29	"	2.39	2.76	1.3	11.2	2589	3344
30	凝灰岩	2.15	8.69	28.7	28.8	1307	1529
31	安山岩凝灰岩	2.39	5.52	15.4	20.3	1533	1721
32	"	2.96	0.54	121.9	56.5	434	1098
33	石英安山岩凝灰岩	1.74	14.83	2.4	11.9	3160	2928
34	凝灰岩	1.61	21.41	6.2	14.3	3814	2222
35	砂岩	2.26	6.17	32.8	31.3	1138	1492
36	"	2.17	7.60	16.9	21.2	930	1687
37	礫岩	2.70	0.71	89.2	50.9	618	1192
38	"	2.27	6.39	7.9	15.5	1586	2069
39	人工造粒 M	1.27	19.3	13.0	18.7	871	1793
40	非造粒 M	1.24	24.4	14.1	19.4	829	1757
41	造粒 B	1.25	12.4	9.3	16.4	870	1766
42	" J	1.34	9.6	15.9	20.6	499	1721
43	" S	1.36	5.4	17.2	21.4	636	1687
44	ア - ス ト					28.9	4230