

○鳥取大学 正員 阪田 憲次
鳥取大学 正員 西林 新蔵
鳥取大学 正員 木山 英郎

1. まえがき

硬化したコンクリートの強度、弾性係数などの力学的性質は、コンクリートを構成している材料によってかなり異なったものになる。とくに、セメントの種類、配合条件、養生条件などによって種々変化するセメントペーストならびに骨材とセメントペーストとの境界面の状態は、硬化コンクリートの力学的性質を支配する主要な因子であり、二つらの特性を十分に把握することによって硬化コンクリートの強度や変形特性に関連する機構を解明することが可能になると考えられる。

著者らは硬化コンクリート中に生成される空げきに注目し、二の空げきと強度および変形特性との関係を実験的に検討した結果、セメントペーストにおいては、配合条件や養生条件が異なってもペースト中のキャビラリー空げき率によって強度・変形特性は一義的に表わされ、両者の間には比例関係が存在すること、モルタルにおいてはペーストで見られるような明確な比例関係はみとめられず、むしろ水セメント比との関係の方が支配的であること等の結論を得た。¹⁾

本研究は、ペーストおよびモルタル中の空気の影響を明らかにするため、ペーストおよびモルタルに種々の量のAE剤を添加して空気を人為的に連行し、空気量と空げき率さらに空げき率と強度および変形特性との関係を検討することを目的として行なったものである。

2. 実験概要

実験に使用したセメントは普通ポルトランドセメント、

表-1 実験条件

細骨材は豊浦標準砂、さらにAE剤はベンゾルであり、実験条件を表-1に示す。なお、AE剤の添加量はセメント重量に対する百分率で示した。

測定項目	セメントペースト		1:2 モルタル	
	W/C (%)	AE剤添加率(%)	W/C (%)	AE剤添加率(%)
空げき率	30	0.02	50	0.02
比重		0.04		0.06
圧縮強度	40	0.06	60	0.10
引張強度		0.08		
弾性係数	50	0.10	70	0.14

ペーストおよびモルタルの練り混ぜは、強制攪拌式モルタルミキサーを用いて行ない、締め固めは棒突き法によった。供試体は打設後直ちに恒温恒湿室(20℃±1deg., 90% R.H.)に搬入して保存し、打設後24時間後に脱型した。その後は所定の枚令まで標準水中養生を施した。強度(圧縮強度、引張強度)、弾性係数測定用の供試体は、中10×20cmの円柱供試体と、空げき率、比重測定用の供試体は、中10×20cmの円柱供試体をコンクリートカッターで厚さ10±1mmに切断した円板状のものを用いた。なお、空気量の測定は容積法(JIS A 1118)で行なった。

空げき率ならびに比重を算定するためには供試体の水中重量、表乾重量および絶乾重量を測定する必要があるが、本実験においては、所定の枚令で水中より取り出した供試体の表面を乾いた布でふいた状態で測定した重量を表乾重量とし、その供試体を110℃の電気定温乾燥炉に入れ、ほぼ一定重量となるまで(約7日間)乾燥し、その時の重量をもって絶乾重量とした。以上のような方法で水中重

量、表乾重量および絶乾重量を測定し、次式により空げき率および比重を算定した。

$$\text{空げき率}(P_t) = \frac{W_b - W_a}{W_b - W_c} \times 100 + b \quad (\%) \tag{1}$$

$$\text{比重}(\rho) = \frac{W_a}{W_a - W_c} \tag{2}$$

ここに、 W_a ：絶乾重量(g)、 W_b ：表乾重量(g)、 W_c ：水中重量(g)、 b ：空気量(%)である。

3. 実験結果と考察

セメントペーストおよびモルタルにおけるAE剤の添加量と空気量との関係を図-1、2に示す。セメントペースト、モルタルいずれの場合も、AE剤の添加量が増加するにつれて空気量は直線的に増大する。また、セメントペーストにおいては、水セメント比が40%の場合に空気量が最大の値を示しており、モルタルの場合は水セメント比が小さくなるにつれて空気量は多くなる。

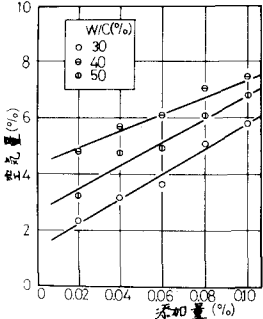


図-1 AE剤・添加量と空気量との関係 (セメントペースト)

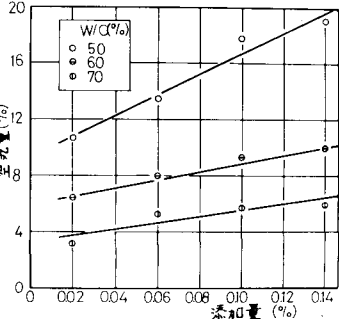


図-2 AE剤・添加量と空気量との関係 (1:2モルタル)

(1) 式によって算定した空げき率(P_t)と圧縮強度、引張強度および静弾性係数(破壊強度の $1/3$ 割線弾性係数)との関係を図-4～9に示す。なお、二つらの図においては、水セメント比、材料およびAE剤の添加量をいっさい考慮することなく、種々の条件下における空げき率と強度および弾性係数をすべてプロットしたものである。また、図中の○印は空げき率を1%間隔に分割し、各々の範囲に含まれる供試体の強度および弾性係数のばらつきが正規分布するものと仮定し、正規確率紙によって推定した、各空げき率に対する強度および弾性係数の平均値を示したものである。図-3にその一例を示す。すなわち、空げき率が30～31%の範囲にある12個の供試体の圧縮強度を横軸にとり、縦軸にそれぞれの破壊確率をとってプロットすれば、図-3のような直線が得られる。この直線が破壊確率50%の線と切る点における横軸の値が、空げき率30～31%における圧縮強度の平均値となるのである。

図-4～6によれば、セメントペーストにおいては、空げき率と圧縮強度(σ_c)、引張強度(σ_t)および静弾性係数(E_s)との間にはほぼ直線的な関係が認められ、配合条件、養生条件にかかわらず、空げき率が求めればセメントペーストの強度および弾性係数は一義的に決定することができると考えられる。しかしながら詳細に見れば、いずれの場合も空げき率40%を境にして、若干異なった様相を呈している。(1)式によれば、フレッシュな状態においてAE剤によって連行された空気によ

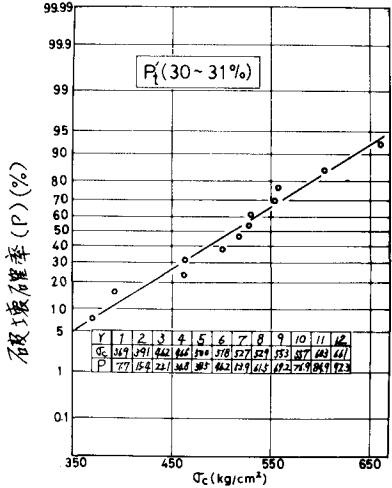


図-3 正規確率紙による平均値の推定

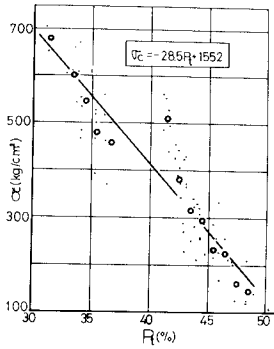


図-4 圧縮強度と空げき率との関係(セメントペースト)

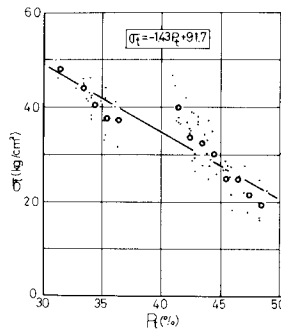


図-5 引張強度と空げき率との関係(セメントペースト)

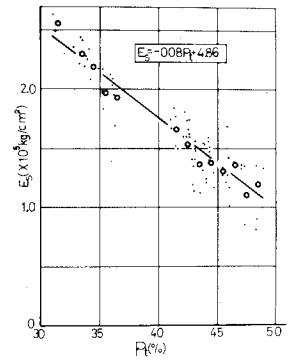


図-6 静弾性係数と空げき率との関係(セメントペースト)

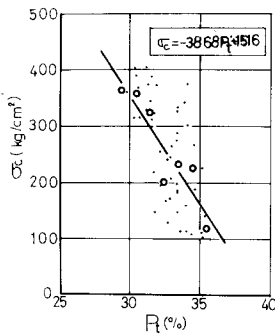


図-7 圧縮強度と空げき率との関係(1:2モルタル)

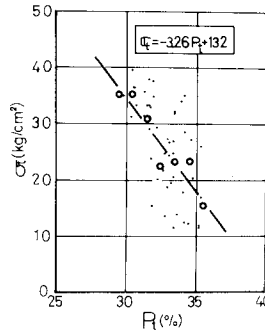


図-8 引張強度と空げき率との関係(1:2モルタル)

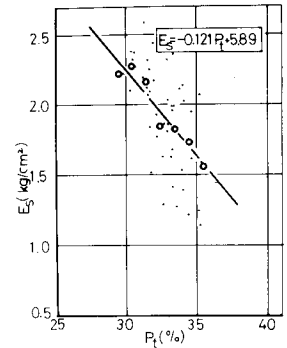


図-9 静弾性係数と空げき率との関係(1:2モルタル)

つぎに生じる空孔は、硬化後も同じ状態にあり水で置換されないものと仮定し、硬化したペーストにおいて実験的に求めた空げき率に空気量を加えたものを全空げき率として算定している。一方、水中重量、表乾重量および絶乾重量より求めた空げき率は、一般に水セメント比が大きくなるにつれて増大する傾向がある。とこそが図-1より明らかのように、AE剤による連行空気量は水セメント比40%の場合に最も大きく、したがって水セメント比40%の供試体の空げき率は他の水セメント比のものよりもより大きく算定される結果、図上では測定が右に寄り、空げき率37~41%の範囲にギャップができたものと考えられる。

一方、図-7~9によれば、モルタルの場合にもセメントペーストの場合と同様に、空げき率と強度、弾性係数との間にはほぼ直線的な関係が成立する。また図-2からも明らかのように、AE剤によって連行される空気量は水セメント比が小さくなるにつれて増大しているため、セメントペーストの場合のように空げき率にギャップがでることもないようである。

つぎに、図-10~15にAE剤による連行空気量を考慮しないで算定した場合の空げき率(P_c')と圧縮強度、引張強度および静弾性係数との関係を示す。すなわち、AE剤によって連行された空気によってできる空孔は、他の空げき(ギヤローリー空げき、ゲル空げき)とは異なった挙動を呈するものと考え、次式によって空げき率を算定した。

$$\text{空げき率}(P_c') = (W_b - W_a) \times 100 / (W_b - W_c) \quad (\%) \quad (3)$$

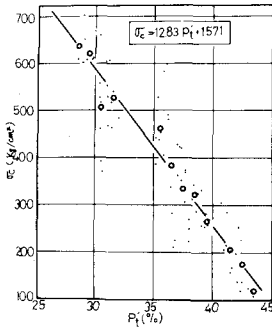


図-10 圧縮強度と空げき率(P_a)との関係(セメントペースト)

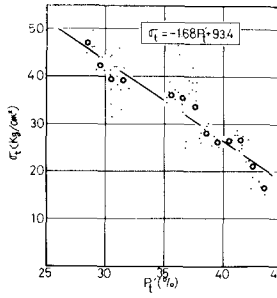


図-11 引張強度と空げき率(P_a)との関係(セメントペースト)

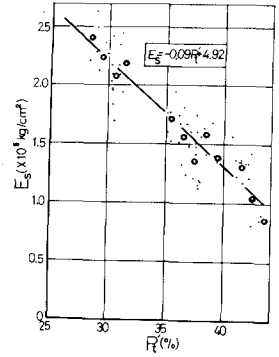


図-12 静弾性係数と空げき率(P_a)との関係(セメントペースト)

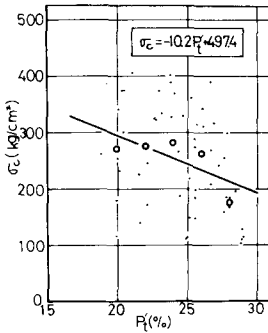


図-13 圧縮強度と空げき率(P_a)との関係(1:2モルタル)

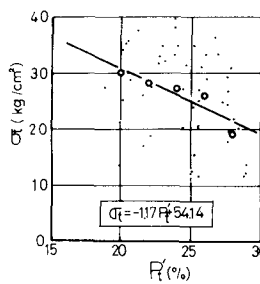


図-14 引張強度と空げき率(P_a)との関係(1:2モルタル)

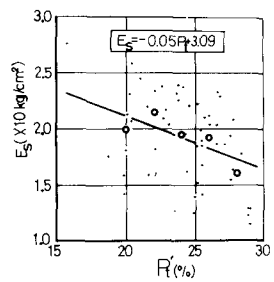


図-15 静弾性係数と空げき率(P_a)との関係(1:2モルタル)

図-10～12によれば、セメントペーストにおいては空げき率(P_a)と強度および弾性係数との間にはほぼ明確な直線関係がみとめられる。また、図-13～15によれば、モルタルの場合にも空げき率と強度および弾性係数との間には直線関係がみられるが、セメントペーストの場合ほど顕著なものではない。

以上を全般的に見れば、セメントペーストの場合は本研究において算定した空げき率(P_a 、 P_a')と強度および弾性係数との間には、ほぼ明確な直線関係がみとめられるが、モルタルの場合はセメントペーストの場合ほど顕著ではない。これはセメントペーストと骨材との境界面における空げきの挙動が、セメントペースト中の空げきとは異なった挙動をするためであると思われる。

また、フレッシュな状態において測定した進行空気により生成される空孔が、硬化後はいかなる状態にあり、また空げき率を算定する際にそれをどのように考慮すべきであるかということも、この種の研究を行なう上で重要な問題であると思われる。

＜参考文献＞

- 1) 藤村、阪田、木山、西林：硬化コンクリート中の空隙と強度ならびに変形特性、土木学会第25回年次学術講演会講演集、第5部、V-25