

各種媒質の表面張力がセメント硬化体の圧縮強度に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 取違 剛 フェロー 松下 博通 正会員 鶴田 浩章
正会員 佐川 康貴 学生会員 尾上 幸造

1. 目的

硬化コンクリートの強度と含水量は非常に密接な関係があり、養生条件や強度試験時の供試体の乾湿状態の違いがコンクリートの強度に影響を与えることはよく知られている。堀¹⁾は、セメント硬化体の強さを表面エネルギーの面から検討し、異なる表面張力を有する数種類の媒質中において曲げ強度試験を行い、媒質の表面張力が增大するほど曲げ強度が直線的に低下することを報告しているが、これまでに媒質の表面張力と圧縮強度との関係を報告した例は見当たらない。そこで本研究では、含水状態の違いが硬化体の圧縮強度に与える影響（試験1）について検討を行い、さらに数種類の媒質に浸漬させた供試体の圧縮強度試験により、硬化体中の空隙を飽和する液体の表面張力と圧縮強度の関係（試験2）について調べた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

試験1、試験2ともに使用したセメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）であり、細骨材には海砂（表乾密度 2.57g/cm^3 ，吸水率 1.60%），粗骨材には碎石 2005（表乾密度 2.89g/cm^3 ，吸水率 1.10%）を用いた。また、混和剤としてリグニンスルホン酸系の AE 減水剤およびアルキルアリルスルホン酸系の空気連行剤を使用した。コンクリートおよびモルタルの配合をそれぞれ表-1、表-2 に示す。また、試験2においては、コンクリートを腐食させない有機溶媒を使用し、その有機溶媒中でモルタルの強度試験を行った。表-3 に本試験で用いた有機溶媒および表面張力（20℃）を示す。

2.2 試験方法

(1) 試験1

コンクリートおよびモルタル供試体は $\phi 7.5 \times 15\text{cm}$ の円柱供試体とした。脱型後直ちに水中養生を開始し、材齢 7 日、28 日、91 日で圧縮強度試験を JIS A 1108 に従って行った。この際、供試体を表乾状態（水中養生直後の状態）および絶乾状態の 2 通りに調整した。なお、ここでの絶乾状態とは、所定の材齢に達した時点で 110°C の乾燥炉に投入し、一定質量になった状態をいう。

(2) 試験2

モルタル供試体は $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の角柱供試体とし、圧縮強度試験は JIS R 5201 に従った。媒質として水を用いる場合については所定の材齢で試験を行ったが、空気中での場合は、供試体を絶乾状態にした後に試験を行った。また、その他の媒質（有機溶媒）を用いる場合については、絶乾状態にしたモルタルを各々の媒質に浸漬させ、内部に十分含浸した時点で媒質中において試験を行った。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE 減水剤 (g/m ³)	AE剤 (ml/m ³)
		水 W	セメント C	海砂 S	砕石 G			
					5~10 (mm)	10~20 (mm)		
40	45	168	420	756	419	628	1575	8.40
50	45	168	336	787	436	654	1050	6.72
60	45	168	280	808	447	671	875	5.60

表-2 モルタルの配合

試験方法	水セメント比 W/C (%)	砂セメント比 S/C	単位量 (kg/m^3)		
			水 W	セメント C	海砂 S
試験1	40	1.9	275	687	1305
	50	2.6	275	550	1416
	60	3.2	275	458	1491
試験2	50	2.4	284	567	1361

表-3 有機溶媒の表面張力（20℃）

使用溶媒	表面張力 (dyn/cm)
空気	0
ジエチルエーテル	16.5
ヘキサン	18.4
エタノール	22.3
シクロヘキサン	25.5
ベンジルアルコール	39.0
ベンズアルデヒド	40.0
水	72.8

キーワード：含水量，圧縮強度，表面張力

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-641-3131 (内線 8654) FAX 092-642-3271

3. 試験結果および考察

3.1 含水状態が圧縮強度に与える影響

図-1にコンクリートおよびモルタルの表乾状態および絶乾状態の28日圧縮強度を示す。水セメント比に関係なく、コンクリートおよびモルタルの圧縮強度は、表乾状態の方が絶乾状態よりも小さい値になっていることが分かる。この傾向は、材齢7日、91日においても同様であった。この理由として、クラックへの水分の浸入によるひび割れの成長促進が考えられる。Griffithによると、載荷によるひずみエネルギーは新しいクラックが発生されることでクラックの界面エネルギーとして消費される。ここで、界面エネルギーとは異なる2相間の境界に存在するエネルギーであり、硬化体中に存在するクラックの界面エネルギーは、固体の表面エネルギーからそれと接する媒質の表面エネルギーを差し引いたものとなる。表乾状態において供試体中の空隙を充たしているのは水であり、水分がクラックに浸入することでクラックの界面エネルギーが減少するため、クラックはさらに新たな破壊面を作ることで荷重に対して安定になろうとする。従って、水分が存在することでクラックの成長が促進され、破壊に必要な外部からの仕事量が少なくて済むことになり、結果として表乾状態の供試体の圧縮強度は絶乾状態の値より小さくなったと考えられる。

3.2 各種溶媒の表面張力と圧縮強度の関係

図-2にモルタルの圧縮強度比と各種媒質の表面張力の関係を示す。なお、圧縮強度比は水中における圧縮強度の値を基準として求めた。エタノールを除く媒質中におけるモルタルの圧縮強度は、表面張力が大きくなるに従い直線的に低下することが認められる。すなわち、曲げ引張力を与えた場合とはひび割れ進展の過程が異なるにも関わらず、圧縮力を与えた場合においても既往の研究¹⁾と同様に、媒質の表面張力と強度との間に相関が認められたこととなる。これは3.1で述べたクラックの界面エネルギーの減少に起因すると考えられる。液体において、表面張力は表面エネルギーと等価であるため、クラックに浸入する液体の表面張力が大きいほど、クラックの界面エネルギーが減少し、クラックの成長が促進され、外力の行うべき仕事量が少なくて済む。従って、見かけ上モルタルの強度は、硬化体中の空隙を飽和させる媒質の表面張力が大きいほど低下したと考えられる。また、エタノールの場合に直線関係から外れた原因については今後の検討課題である。

4. まとめ

- (1) コンクリートおよびモルタルの圧縮強度は表乾状態の方が絶乾状態よりも小さくなる。この原因として、水分の存在によりクラックの表面エネルギーが下げられたことが考えられる。
- (2) 供試体中の空隙を飽和させる媒質の表面張力とモルタルの圧縮強度には相関が見られた。

【参考文献】

- 1) 堀素夫：表面エネルギーから見たセメント硬化体の強さ，窯業協会誌，70 [7]，pp54-59，1958

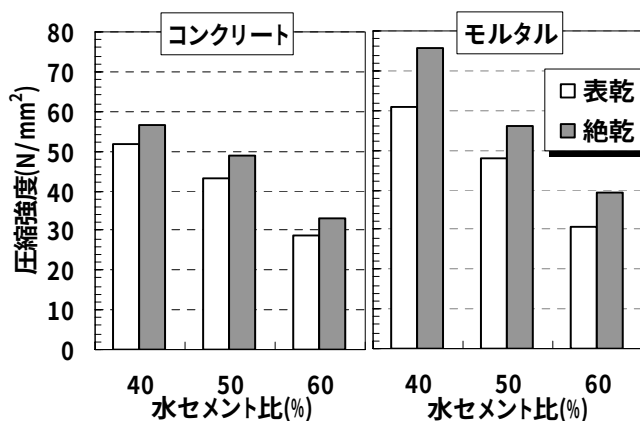


図-1 コンクリートおよびモルタルの圧縮強度（材齢28日）

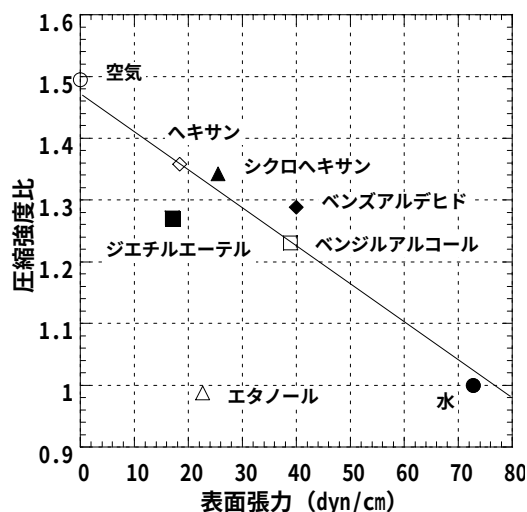


図-2 モルタルの圧縮強度比と溶媒の表面張力の関係