

フロー試験およびV漏斗試験の力学的考察

福島工業高等専門学校 学生員○菊地 卓郎
 福島工業高等専門学校 学生員 赤間 隆広
 福島工業高等専門学校 正 員 緑川 猛彦

1. はじめに

高流動コンクリートの自己充填性を満足させるためには、コンクリートの粘性と降伏値をバランス良く両立させることが必要である。コンクリートの粘性や降伏値を容易に判定する方法として、V漏斗試験やスランプフロー試験が一般的に用いられているが、これらの試験は高流動コンクリートの開発段階において、実験結果を参考に試作され導入に至った試験方法である。したがって、実際に高流動コンクリートを製造する場合においては有効な試験方法であるが、「これらの試験結果が本質的に何を測定しているのか」については不明な点が多い。

これらのことを背景に本研究は、フロー値およびV漏斗流下時間の物理的意味を力学的観点から考察することとした。

2. 実験方法

フロー値 $250 \pm 10\text{mm}$ 、V漏斗流下時間 10 ± 1 秒としたモルタルの配合を基準に、水粉体比および高性能減水剤添加量を前後に変化させ、フロー試験及びV漏斗試験を行った。モルタルの配合は、細骨材容積率（比重2.59、吸水率1.1%）を40%とし、作製量は2リットルとした。練混ぜはJIS R 5201に規定されているモルタルミキサーを使用し、セメント、細骨材、水、高性能減水剤（ポリカルボン酸エステル系）投入後、低速1分、かき落とし後低速5分とした。

モルタルのフロー試験は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に定めるモルタルのフロー試験を準用し、フローテーブルの代わりに水平に設置したガラス板上で行い、振動を与えないモルタルの広がりをフロー値とした。V漏斗試験は、図-1に示すモルタル用V漏斗を用い、漏斗に満たしたモルタルがすべて流下するまでに要する時間を測定し、これをV漏斗流下時間とした。

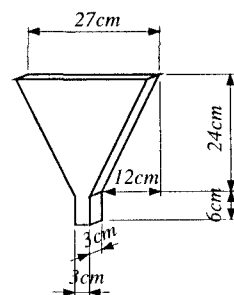


図-1 モルタル用V漏斗の形状

3. 結果および考察

フロー値 $250 \pm 10\text{mm}$ 、V漏斗流下時間 10 ± 1 秒となるモルタルの配合は、水粉体積比 $w/p=0.87$ 、高性能減水剤添加量 $SP=1.7\%$ であった。この配合を基準とし、 w/p および SP を変化させて求めたフロー値とV漏斗流下時間の関係を図-2に示す。

水粉体比を変化させた場合と高性能減水剤を変化させた場合では、フロー値とV漏斗流下時間との関係に大きな違いが見られた。 $SP=1.7\%$ とし w/p を変化させた場合には、水量の増加にともないフロー値が増大し、かつV漏斗流下時間も早くなる傾向を示した。一方、 $w/p=0.87$ とし SP を変化させた場合には、減水剤添加率の増加にともないフロー値は増大するが、V漏斗流下時間はあまり変化しない傾向となった。したがって、モルタルのフレッシュ性状に及ぼす水と高性能減水剤の働きは異なるものと推察され、水はフロー値およびV漏斗流下時間に影響を与え、高性能減水剤は主にフロー値を改善する働きがあるものと考えられる。

一般的に水量の増加は、フロー値を増加させかつV漏斗流下時間を低下させる。粒子間に作用する力学的観点からは、水を加えることで粒子間距離が増加し、粒子間引力を低下させるためであると考えら

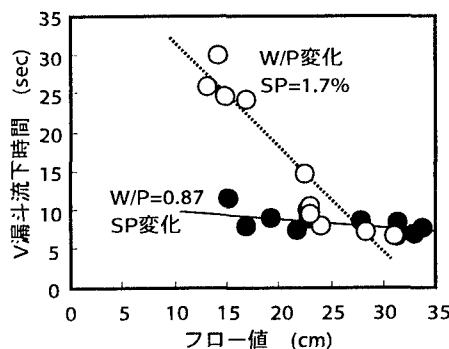


図-2 フロー値とV漏斗流下時間の関係

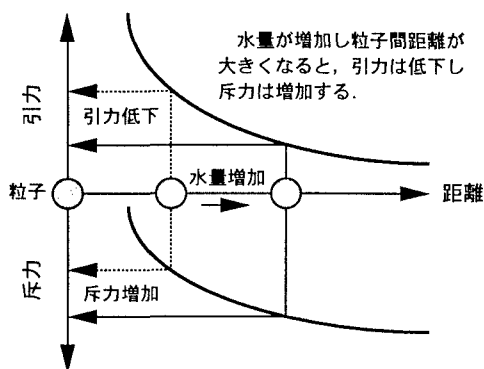


図-3 水量の変化による作用力の変化

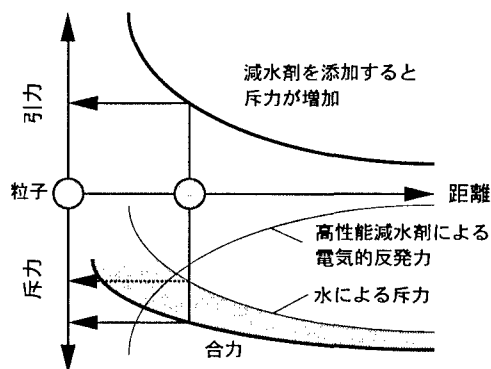


図-4 減水剤の添加による作用力の変化

れる。このことを考慮し、水量の増加がフロー値やV漏斗流下時間を変化させるメカニズムを考察した模式図を図-3に示す。粒子間にはVan der Waals力等による引力と電氣的斥力が複雑に作用しているものと考えられる。今、水量のみに着目すると、粒子に働く力は主に粒子間引力である。この引力は粒子の質量に比例し粒子間距離に反比例するため、粒子間引力は粒子が離れるほど小さくなる¹⁾。これは言い換えれば、粒子間距離が大きいかほど粒子間斥力が増加しているとも考えられる。水量の増加は、強制的に粒子間距離を増加させることを示すものであり、それにともない引力の低下および斥力の増加を生じさせ、V漏斗流下時間の低下やフロー値の増加を引き起こすものと考えられる。

図-4は減水剤の添加による粒子間作用力の模式図を示したものである。水粉体比が同じ場合、粒子間距離は高性能減水剤の有無に関わらず一定である。高性能減水剤は粒子の電氣的反発力を増加させることにより、凝集を抑えかつ流動性を改善させる働きをするものである²⁾ため、作用力は粒子間斥力のみを増加するものであると考えられる。したがって、減水剤を添加した場合粒子間に働く斥力は、水による引力の低下にともない発生した斥力と高性能減水剤による電氣的反発力が加算されることとなり、引力を増加することなく斥力のみが増大することとなる。高性能減水剤の添加により、V漏斗流下時間を低下することなくフロー値のみを増加させる現象は、粒子間引力を変化させずに粒子間斥力のみを増加するメカニズムにより生ずるものと考えられる。

モルタルの水粉体比や高性能減水剤量をさまざまに変化させるとそれに応じてフレッシュ性状も変化し、フロー値やV漏斗流下時間も異なることとなる。正確に粒子間に働く作用力の測定を行うことは非常に困難であるため、ある仮定の下でモデルを作成し考察を加えた。以上の結果からフロー値は粒子間斥力に関係しV漏斗流下時間は粒子間引力に関係しているものと予想され、水量や減水剤の変化に各作用力が対応しフレッシュ性状を変化させているものと考えられる。

4. まとめ

フロー値とV漏斗流下時間が意味する力学的意味をモルタルを用いた試験から推察した。本研究範囲内で得られた知見を以下に示す。

- (1) 本研究で提案したモデルで高性能減水剤や水がモルタルのフレッシュ性状を変化させるメカニズムを表現することができた。
- (2) フロー値は粒子間斥力に関係し、V漏斗流下時間は粒子間引力に関係すると推察される。水量の変化は斥力、引力ともに変化させるためフロー値やV漏斗流下時間が変化することとなるが、高性能減水剤の変化は引力を変化させずに斥力のみを変化させるためフロー値のみが変化することとなる。

参考文献

- 1) 日本粉体工業技術協会：微粒子工学-分散の基礎と応用-，朝倉書店，1994.6
- 2) 森山 登：分散・凝集の化学，産業図書，1995.7