

1. まえがき

筆者らは、セメントに水を2回にわけて加え、練りまぜるセメントペーストの製造法によって、フリージングの少ないセメントペーストを作ることが出来ることを報告した¹⁾。そして、この方法で練りまぜることをDouble-Mixing (DM)とし、これによって生じる効果をDM効果として定義した。これに対し、従来の水を1回で投入して練りまぜる方法をSingle-Mixing (SM)と称した。セメントペーストのDM効果についてまとめると次のようになる。

- (1) 一次水(W_1)投入後のセメントの攪拌トルク値、単位容積重量が最大となり、かつ二次水添加後の練り上がったセメントペーストのフリージングが最小となる最適 W/C が存在する。
- (2) この最適 W/C は、セメントのフレン度によって異なり、フレン度の高いセメントペーストの場合、上昇する。
- (3) 水の表面張力を低下させても最適 W/C 21%のDM効果はかわりない。
- (4) 減水剤はDM効果を低下させ、むしろ分離を引き起こす。
- (5) 加圧フリージングによる脱水速度も W/C 21%が最低となる。

以上の現象は、セメントと水と混合直後のフレッシュなセメントペーストの界面化学的な性質が関与していると考えられる。フリージングの測定は、練りまぜ初期から硬化するまでのまだ固まらない状態での水和セメント粒子の水との分離沈降の試験である。この時の水和セメント粒子は、初期の急激な水和反応を終了した反応休止期にあたり、化学的に不活性でフレン度も変化なく、水和粒子表面は+電位、内部は-電位をもった水和セメント粒子のモデルが考えられている。すなわち、この時期の水和セメント粒子は、土-水系の粒子と同様な特性を有しており、またその粒径も土の物理性を左右する細粒部分に近いものである。一次混練時のトルク値・単位容積重量が最大となる水量は、土-水系と考えた場合、土の物理性を示す固体-(収縮限界)-半固体-(塑性限界)-塑性体-(液性限界)-液体のどこか含水比を示すが、土の試験法に準じて水和セメント粒子の液塑性性限界を測定した。

2. 実験方法

土の液塑性性限界は土の細粒部分の特性を明らかにすることを目的としているため、 420μ 以下の粒径で試験が行なわれている。セメント粒子も 420μ 以下であり、土のように粘土部分は存在していないが、シルト程度の粒径であるので、土質試験法に²⁾準拠して試験を行った。

塑性限界はJISA1206で、液性限界はJISA1205で行った。セメントは、普通ポルトランドセメント、早強セメント、コロイドセメント、高炉セメントB種を用い、一般に使用されている普通ポルトランドセメントについて、高性能減水剤(メラニンスルホン酸塩系複合物)の影響を検討した。

3. 結果および考察

表-1に、各種セメントのフレン度、攪拌トルク値の大きいフリージングの少ない最適 W/C 、塑性限界、液性限界を示す。水和セメント粒子の塑性限界はほぼ最適 W/C と一致し、フレン度の高いセメントになるほど塑性限界も高まる。普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種の場合、塑性限界と液性限界に差異はみられな

いが、フレーン度の大きい早強セメント、コロイドセメントとなると塑性指数（早強セメント4.6%、コロイドセメント8.0%）が得られ、塑性体の領域が広がる。しかし、普通ポルトランドセメントぐらいのフレーン度の場合は、塑性体の領域がほとんどなく、塑性限界からわずかな水量の増加で液性を示す。この塑性限界値付近がセメントペーストの塑性体の性質をもつ唯一の水量であることがわかる。この塑性限界値と最大トルク値との関連を検討する。セメント粒子と水は、練りまぜによって完全にぬれていなければ練りまぜエネルギーはセメント粒子にかかわるからトルク値は低い。完全にぬれるとすぐ液体状となるため練りまぜエネルギーは水にかかわるからトルク値は低くなる。したがって、最大トルク値は、セメント粒子と水が完全にぬれた状態、すなわち塑性限界時の水量の状態の時に発生すると考えられる。

表-2は、普通ポルトランドセメントの液塑性限界に及ぼす高性能減水剤の影響について示したものである。この結果に示すように、塑性限界が高性能減水剤の増加につれてわずかではあるが低下するのに対し、液性限界は変化しない。これは高性能減水剤によって、水和セメン

ト粒子界面の+電位、一電位の不均一性が改良され練り上がり後配向構造をとるため塑性限界は低下する。一方、無添加の場合水和セメント界面の+、一電位が不均一となるため粒子は相互端で接触する（+、一電位によって粒子端部で互いに引きあう）綿毛構造となる。したがって、最適W/Cでタフルミキシングを行いフリージンスが最小となることは、最適W/Cの一次混練がセメントの塑性限界の水量で練られ綿毛構造が形成され二次水添加後も後も綿毛構造がこわれないためフリージンスが最小となるものと考えられる。

高性能減水剤添加の場合は、一次水の添加で配向構造をとるほどセメント界面が均一となり、二次水添加後も綿毛構造は形成されず、このため水とセメントの分離が生じ、DM効果が低下すると考えられる。

4. まとめ

タフルミキシングでセメントペーストを製造する場合、もっともDM効果の出る最適W/Cは、セメントの塑性限界の一次水量とほぼ一致する。なお本研究に当り、広島大学土木工学科田沢栄一教授には種々の御指導をいただいた。ここに深甚なる謝意を表します。

5. 参考文献

1) 田沢、松岡、金子、伊東；タフルミキシングで作製したセメントペーストの諸性質について 第4回コンクリート工学年次講演会議演論文集 p125~128 1982
2) 土質工学会編；土質試験法 p117~122 1980

表-1 各種セメントの液塑性限界

	フレーン (cm^2/g)	最適 W/C (%)	塑性限界 (%)	液性限界 (%) ()回数
普通ポルトランドセメント	3240	21	23.0	23.4 (6~8)
早強セメント	4370	24	23.0	27.6 (8~9)
コロイドセメント	8820	35	32.0	40.0 (10)
高炉セメントB種	3700	—	22.5	24.4 (4~5)

表-2 普通ポルトランドセメントの場合の液塑性限界におよぼす高性能減水剤の影響

	高性能減水剤 添加量* (%)	塑性限界 (%)	液性限界 (%) ()回数
普通ポルトランド セメント	0.46	23.0	24.0 (8)
	1.25	22.5	24.0 (8)
	2.20	22.0	23.5 (7)
	3.24	21.6	23.0 (8~9)
	4.89	21.2	23.0 (8)
	8.40	21.0	23.0 (7~8)

* セメント重量に対しての添加割合