

論文

[1023] 高品質PCグラウトの配合選定と練りませ方法

正会員 辻 幸和 (群馬大学建設工学科)

正会員○浦野真次 (群馬大学大学院)

正会員 池田正志 (群馬大学建設工学科)

正会員 橋本親典 (群馬大学建設工学科)

1. はじめに

PCグラウトは、プレストレストコンクリート構造物において、緊張材とコンクリートを一体化させ、また緊張材を腐食から保護する役割をもつため、注入作業時の流動性、充てん性および強度等の品質が要求される。これらの品質条件を満たすため、高性能減水剤の使用は効果的であったが、一括練りませ方法によると、PCグラウトに要求される品質を満足させる配合の範囲は、狭いものであった[1]。

本研究では、PCグラウトの要求品質を満たす配合の範囲の拡張を目指し、ブリージングの低減に効果のあるとされている分割練りませ方法[2]を採用して、最適とされる一次水セメント比で一次練りませを行い、その後高性能減水剤を二次水と一緒に混入して二次練りませを行って製造するPCグラウトについての実験結果を報告するとともに、分割練りませ方法の採用によるPCグラウトの流動性の改善効果および高性能減水剤の使用量が及ぼす影響を主体に検討する。

2. 実験概要

(1) 使用材料

PCグラウトを構成する材料として、セメントは、比重が3.16、ブレン値が3230cm²/gの普通ポルトランドセメントを使用した。混和剤としては、主成分がアリスルホネートの高性能減水剤と反応遅延性のアルミニウム粉末を主成分とする膨張剤を用いた。練りませ水は、上水道水を用いた。

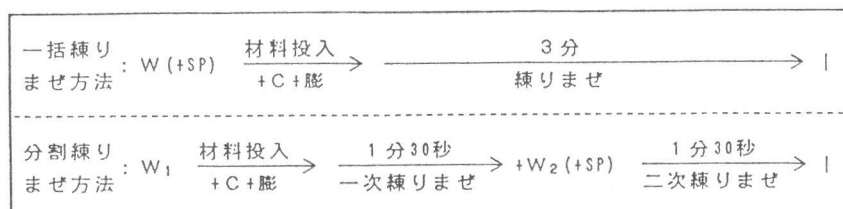
(2) 配合

実験では、水セメント比と高性能減水剤の使用量が、フロータイム、ブリージング率、膨張率および圧縮強度に及ぼす影響を検討するため、膨張剤の添加率を0.008%にして、水セメント比を29%から44%の範囲で6ケースに、高性能減水剤の添加率を0%から3.0%までの4ケースにそれぞれ変化させ、合計24種類の配合を用いた。

1バッチ当りの量は2.0ℓで統一した。なお、高性能減水剤および膨張剤の使用量は、セメントに対する重量比の添加率で表す。

(3) 練りませ方法

PCグラウトの練りませには、万能混合攪拌機を使用し、パドルは葉脈状羽、練り鉢はステンレス製で、



C: セメント SP: 高性能減水剤 W: 水 膨: 膨張剤

図-1 練りませ方法

最大容量が 4.5 ℓ のものを用いた。

一括練りませ方法と分割練りませ方法を図-1に示す。練りませ時間は、一括練りませ方法の場合を3分間とし、分割練りませ方法の場合は一次練りませと二次練りませをそれぞれ1分30秒、一次水セメント比は22%とした。

(4) 試験方法

コンシステンシー（ロートによる流下方法）の経時変化、ブリージング率および膨張率（ポリエチレン袋とメスシリンダーによる体積方法）、および強度（おもり拘束によるφ5×10cm円柱型枠を用いた材令28日の圧縮強度）の試験は、土木学会規準「PCグラウト試験方法（JSCE-1986）」に準拠した。ただし、ロートはJロート、J₁₄ロート、JAロートの3種類を用い、膨張率はφ5×10cmの円柱型枠を用いたマイクロメータによる測定も加えて行った。

3. 分割練りませの影響

3.1 流動性

分割練りませと一括練りませの各方法により造ったPCグラウトの流動性の一例として、水セメント比が35%の配合におけるJロートでの練りませ直後の流下時間を図-2に示す。一括練りませ方法によると、流下時間は、高性能減水剤添加率が1%で約23秒、2%で約11秒、3%でも10秒程度である。ところが、分割練りませ方法によると、高性能減水剤添加率が0.5%で9.5秒、0.75%で7.8秒、1%~3%ではいずれも約6.5秒程度で流下している。ここで、一括練りませ方法の流下時間の値は、図-2に示すように、同一の材料および練りませ方法にて異なる実験者が実験してもほぼ等しい値となり、分割練りませ方法による値が、ばらつきの範囲ではないものと思われる。また、水セメント比が44%の配合において、高性能減水剤を添加しない場合のJロートによる流下時間は、一括練りませ方法で20.7秒であったものが、分割練りませ方法によると、6.3秒で流下している。すなわち、高性能減水剤の遅れ添加の効果もあると思われるが、分割練りませ方法によると、PCグラウトの流動性を良くしていることが認められ、特に高性能減水剤の添加率の少ない配合で大きな影響を与えていることが判る。

同じく水セメント比が35%の配合について、Jロートでの流下時間の経時変化を、図-3に示す。一括練りませ方法による場合、高性能減水剤添加率が1%では、30分間の経過時間で23秒から

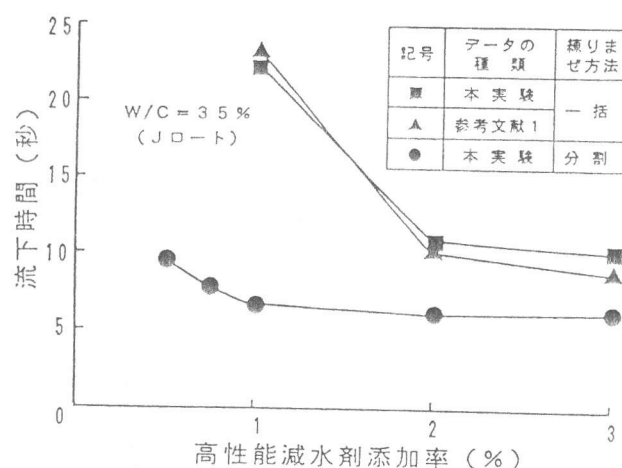


図-2 高性能減水剤添加率と流下時間の関係

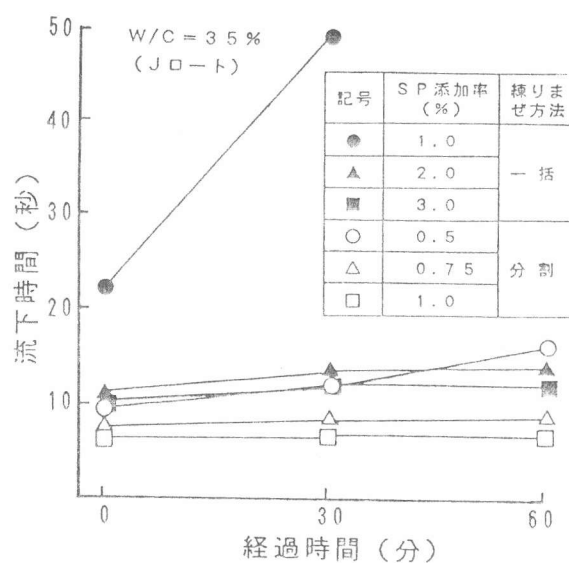


図-3 流下時間の経時変化

49秒に流下時間が増加し、60分後にはつまりが生じてしまった。これに対して、分割練りませ方法による場合、添加率が1%~3%ではほとんど流下時間に変化はなく、添加率が0.75%で1秒程度、0.5%でも7秒の増加となっており、分割練りませ方法は練りませ直後のみのPCグラウトの流動性を良くするものではないことが判る。

3種類のロートでの練りませ直後の流下時間と水セメント比との関係を、一括練りませと分割練りませの両方法について、図-4にその一例を示す。この図からも明らかなように、分割練りませ方法による場合、高性能減水剤を1%添加することにより、一括練りませ方法では測定不可能であった硬練りのPCグラウトでも、測定可能な範囲にまで流動性を改善できた。

分割練りませ方法によると、一次練りませにおいて、セメント粒子の全表面が一様に濡れ、粒子が均一に分散し、それが二次練りませで高性能減水剤による分散作用により一層卓越するため[3]、PCグラウトの流動性が向上するものと考えられる。この理由により、分割練りませ方法によると、全ての配合においてPCグラウトの流動性を向上させるが、高性能減水剤を多量に使用すると、セメント粒子の沈降による材料分離を生じてしまう。

3.2 ブリージング性状

一次練りませ時の水セメント比が最適の場合、ブリージングは一括練りませ方法で製造したものより大幅に減少することが、これまでの報告により明らかにされている[2]。本実験においても、高性能減水剤を添加しない場合の水セメント比が大きい配合について確認することができた(図-5参照)。

高性能減水剤を二次水と一緒に混入する場合、高性能減水剤の後添加方法と添加量がブリージングに及ぼす影響については明らかでない。しかし既に述べたように、分割練りませ方法で製造したPCグラウトは、高性能減水剤の添加率が1%あるいは2%を超えると、材料分離が著しいため、過剰の添加は明らかにブリージングに悪影響を及ぼすことが判る。一例として、水セメント比が35%の場合の高性能減水剤添加率とブリージングとの関係を図-6に示す。この図からも明らかなように、0.5%の添加率では1%以下の

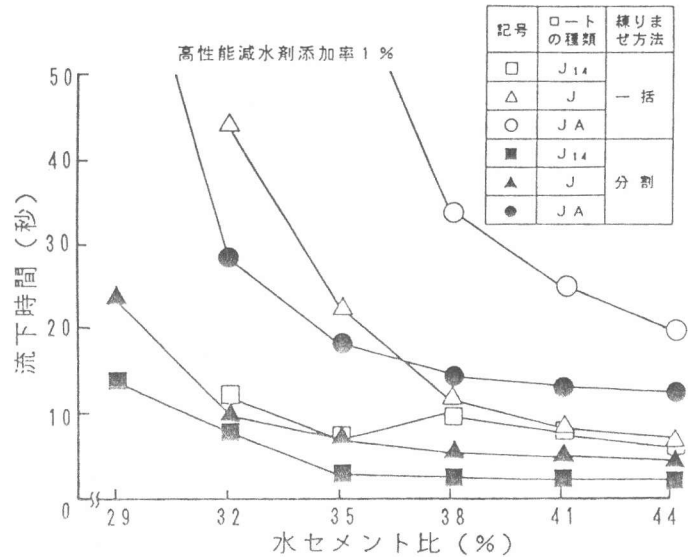


図-4 水セメント比と各ロート流下時間の関係

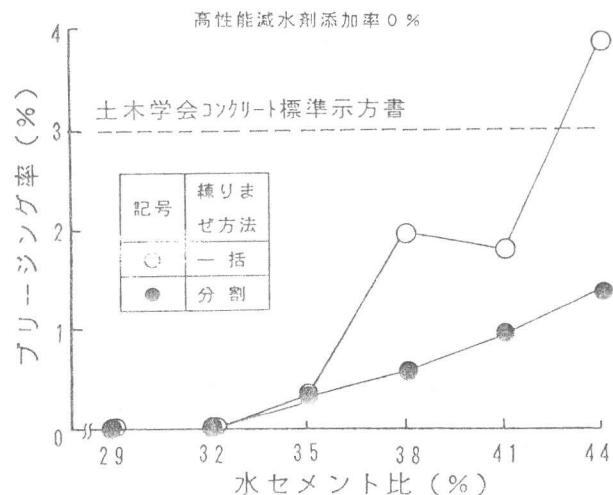


図-5 水セメント比とブリージング率の関係

ブリージング率であり一括練りませ方法による場合とほとんど変わらず、分割練りませ方法が特にP Cグラウトのブリージングを改善するものとなっていない。また1%以上の高性能減水剤を添加すると材料分離が著しかった。

すなわち、分割練りませ方法において、高性能減水剤を二次水と一緒に混入する場合、P Cグラウトのブリージングはほとんど変化しないか、むしろ増加することが認められた。

3. 3 膨張性状

図-7には、高性能減水剤を添加しないP Cグラウトの水セメント比と膨張率の関係を示している。一括練りませ方法によると、水セメント比が大きくなると膨張率が減少している。分割練りませ方法による場合も、膨張率は水セメント比が大きくなると減少する傾向にあるが、その減少程度は小さい。これは、分割練りませ方法で製造したP Cグラウトは、セメント粒子の初期沈降の差がほとんどなく、粒子が均一に分散しているためと思われる。円柱型枠を用いた分割練りませ方法によるP Cグラウトの膨張率の値は、水セメント比が大きくなるほど減少している。これは、水セメント比の小さいものに比べ、P Cグラウトが硬化しないうちに膨張が生じ、上部からP Cグラウトが流出したためであり、正確な膨張率の値とは言えない。

図-8は、高性能減水剤を1%添加したP Cグラウトの水セメント比と膨張率の関係を示している。一括練りませ方法によると、高性能減水剤が無添加の場合と同様の傾向を示すが、分割練りませ方法

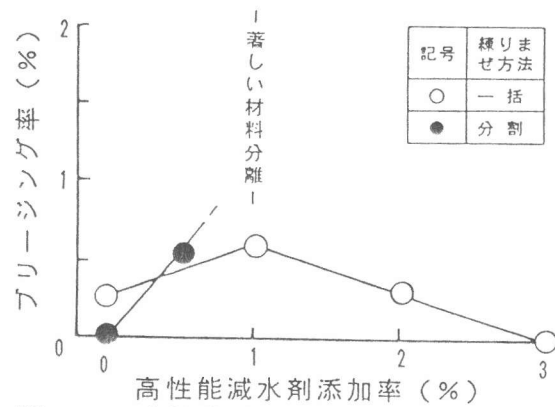


図-6 高性能減水剤添加率とブリージング率の関係

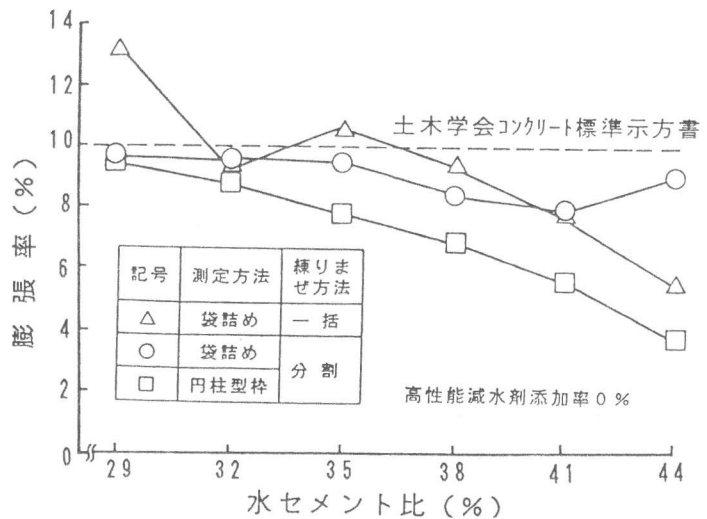


図-7 水セメント比と膨張率の関係 (高性能減水剤無添加)

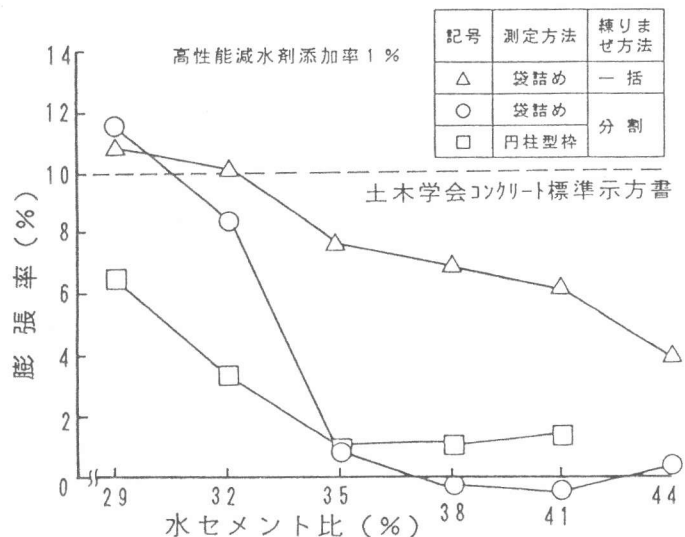


図-8 水セメント比と膨張率の関係 (高性能減水剤添加)

によるPCグラウトでは、水セメント比が大きくなると、膨張率は大幅に低下している。これは、水セメント比が35%以上になると、PCグラウトの材料分離が著しく、膨張剤であるアルミニウム粉末の多くが分離した水分中で反応を起こし発泡してしまったためと思われる。また、練りませ方法にかかわらず、膨張率の大きいものは強度を低下させることは明らかであるので、ブリージングを考慮した高性能減水剤の添加量を定める必要があると思われる。

3.4 圧縮強度

高性能減水剤の添加率と圧縮強度の関係を、図-9と図-10に示す。図-9に示すように、一括練りませ方法によって製造した供試体は、高性能減水剤添加率が2%程度までは、強度の低下は少なく、配合によっては高性能減水剤の添加によって多少強度が増加するものもある。これは、高性能減水剤により、セメント粒子がよく分散したためであると思われる。これに対し、分割練りませ方法で製造したものは、高性能減水剤を添加することによってかなり強度が低下している。これは、拘束型枠中で、材料分離したPCグラウトの上部が集中して膨張が生じ、強度の低下する箇所ができてしまったためと思われる。

膨張剤の添加量が増加すると明らかに強度は低下する。セメントに対する重量比の添加率を一定にした場合、水セメント比の減少とともに強度は増加するはずであるが、一括練りませ方法で製造したものや、分割練りませ方法で高性能減水剤が無添加のものは、水セメント比が小さくなるにしたがって強度が増加する傾向となっていない。また、高性能減水剤が無添加の場合、分割練りませ方法で作製したものの方が一括練りませ方法で作製したものよりわずかに圧縮強度が増加している。

PCグラウトは、材令28日の圧縮強度が200kgf/cm²以上であることが求められているが、研究も進みプレストレストコンクリートが高性能化している中で、PCグラウトに要求される品質

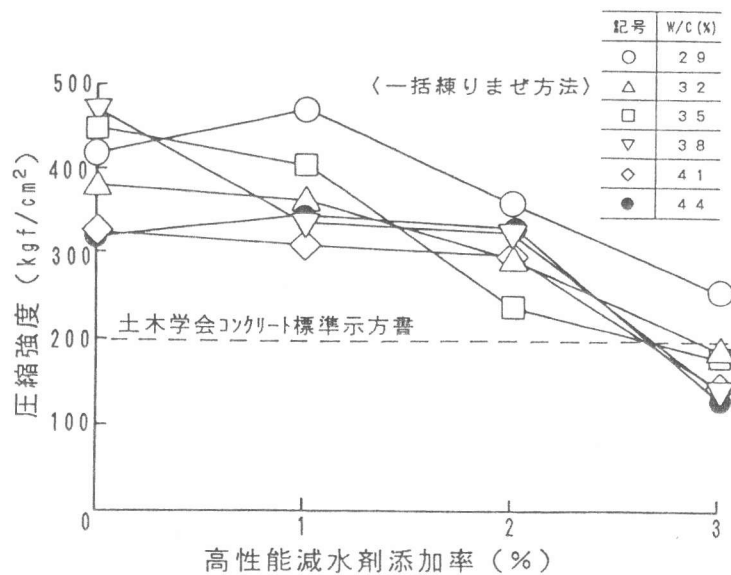


図-9 高性能減水剤添加率と圧縮強度の関係 (一括練りませ方法)

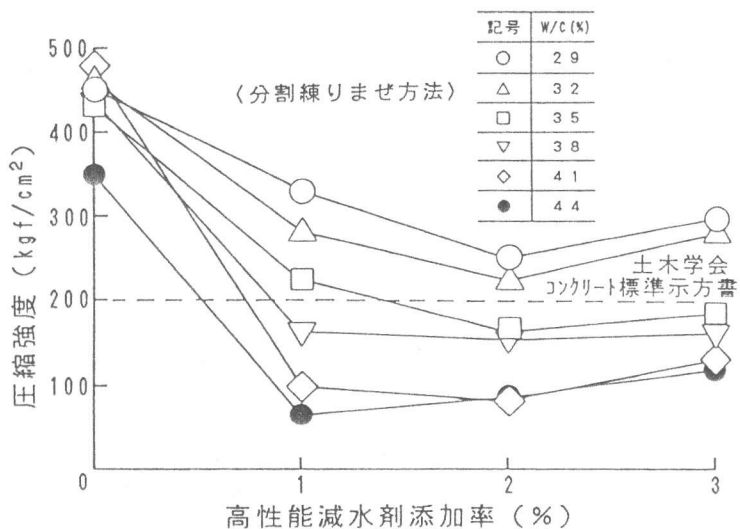


図-10 高性能減水剤添加率と圧縮強度の関係 (分割練りませ方法)

も向上しているので、今後の研究が必要である。

表-1 品質条件

項目	土木学会
コンシステンシー	施工に適した値 (参考: Jロート 6~12秒)
膨張率	10%以下
ブリージング率	3%以下
圧縮強度	200 kgf/cm ² 以上 (材令28日)
水セメント比	45%以下

4. 配合条件

土木学会によるPCグラウトの品質条件(表-1参照)を満たす配合を、表-2に示す。この表から明らかなように、分割練りませ方法を採用しても、PCグラウトの要求品質を満たす配合の範囲を拡張するには至らなかった。しかし、本研究において、分割練りませ方法は、セメント粒子の分散性を良くし流動性を向上させることにおいては改善が認められたので、水セメント比が小さく高性能減水剤の添加率が小さい配合でも、要求品質を満たすPCグラウトの製造が可能であると思われる。

さらに要求品質を満たす配合条件の拡張のためには、高性能減水剤の添加時期の影響に対する研究を進めなければならないものと思われる。

表-2 品質条件を満たす配合

S/P C (%)	W/C (%)					
	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
0.0					☆	★
1.0		☆	★	●	●	
2.0			○	○		
3.0						

○: 一括練りませ、ブリージング率1%以下
●: " " 1~3%
☆: 分割練りませ、ブリージング率1%以下
★: " " 1~3%

5. おわりに

PCグラウトの配合選定にあたり、練りませ方法を変えて実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 分割練りませ方法は、セメント粒子の分散あるいは凝集状態を変化させ、一括練りませ方法で製造した同一配合のPCグラウトよりも流動性を向上させる。特に高性能減水剤の添加率が小さい場合や、水セメント比の小さい配合において効果が大きい。

(2) 分割練りませ方法を採用すると、高性能減水剤を添加しないPCグラウトはブリージングが減少するが、高性能減水剤を添加すると、ブリージングは同程度か、増加し、過剰に添加すると材料分離が著しくなる。

(3) 分割練りませ方法を採用する場合、二次水とともに高性能減水剤を1%以上添加すると、材料分離の影響で膨張率が低下したり、強度が著しく低下するため、1%以下の添加率に制限することが望ましい。

参考文献

- 1) 辻 幸和・池田正志・高野秀理: 高品質PCグラウトの配合条件、プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp. 237~240、1990.
- 2) 田澤栄一・笠井哲郎: フレッシュセメントペーストのダブルミキシング効果、土木学会論文集、第396号/v-9、pp. 135~142、1988.
- 3) 笠井哲郎・田澤栄一: 三成分系のダブルミキシング効果、土木学会論文集、第402号/v-10、pp. 43~51、1989.