

[40] セメント量低減のための練りませ方法の研究

正会員 ○福 沢 公 夫 (茨 城 大 学 工 学 部)
 正会員 清 田 章 二 (日 本 コ ン ク リ ー ト 工 業 技 術 開 発 部)
 正会員 伊 東 幸 雄 (日 本 コ ン ク リ ー ト 工 業 技 術 開 発 部)

1. まえがき

コンクリートの練りませ方法は、セメント、細・粗骨材、水および混和剤の全材料を、同時にミキサに投入して一定時間練りませる方法（以下全材料同時投入法という）が、原則とされている¹⁾。これに対し、材料の投入順序を変えることにより、同一配合のコンクリートであっても、スランブを増大させることができるとの報告がある^{2),3),4),5)}。その練りませ方法の中には、セメントと骨材とのから練りを行い、その後水および混和剤を同時に投入して練りませる方法²⁾（以下から練り法と略す）あるいは、セメント、骨材および水によりあらかじめコンクリートを練りませておき、混和剤のみを遅れて添加して練りませる方法^{3),4),5)}（以下遅れ添加法という）がある。

これらの練りませ方法を用いれば、同一スランブとするための水量を減じることができ、その結果、同一スランブでかつ同一強度を得るためのセメント量を低減できるものと思われる。この考えが、妥当であるかを確認することを目的として、(1) から練り法あるいは遅れ添加法のスランブ増大量に関する実験、(2) セメント低減量を求める実験を行った。

2. 実験方法

実験に用いたコンクリートの練りませ方法を、表-1に示す。

この中で、A-1およびA-2法が、から練り法である。A-1法とA-2法では、粗骨材の投入時期が異っており、A-1法ではセメントおよび細骨材とともに最初に投入してから練りするのに対し、A-2法では、から練り後に水および混和剤とともに投入する。また、Bが遅れ添加法であり、Cが全材料同時投入法である。なお、A-1、A-2およびC法では、混和剤はあらかじめ水に溶かして投入し、B法では、混和剤の原液を直接投入した。

練りませ時間は、実験の目的により変化させているので、各実験結果の図表中に示した。その場合、AおよびBの方法については、○分+○分という表わし方をして、2回の練りませに対応するものとする。なお、実験には、容量100ℓのパン型の強制攪拌式ミキサを使用し、1回の練りませ量を40ℓとした。

使用材料は、表-2のとおりである。実験期間が長いので、材料の入手が数回行われたため、実験を通じて同一のものを使用することはできなかったが、各々の実験には同一の材料を使用している。細骨材は、表面乾燥飽水状態あるいは、それに近い状態として用い、粗骨材は、気乾状態で用いた。混和剤は、主としてナフタレン系の高性能減水剤（以後Nと表わす）を使用し、実験の目的により、ほかに3種類の減水剤を用いた。なお、混和剤の添加率は、セメントに対する重量比で表わすものとする。

コンクリートの配合は、セメント量が360~440 kg/m³、水セ

表-1 練りませ方法

方 法	投 入 順 序
A-1 から練り1	
A-2 から練り2	
B 遅れ添加	
C 全材料同時投入	

(注) C:セメント, S:細骨材, G:粗骨材,
W:水, A:混和剤

表-2 使用材料

項 目	種 類	備 考
セメント	普通ポルトランドセメント	比重 3.17
粗骨材	鬼怒川産玉石砕石	Gmax 比重 F.M. 20mm 2.61 6.64~6.95 25ヶ 2.61 6.64~7.22
細骨材	鬼怒川産川砂 (旧河川敷より採取)	比重 2.59 F.M. 2.50~2.76
混和剤	主として、ナフタレン系の高性能減水剤(N)	比重 1.2 状態 液状

メント比が30~40%の高強度コンクリートパイプに用いるものであり、その詳細は、各実験の結果とともに説明する。練りまぜられたコンクリートは、直ちにスランプを測定し、必要に応じて圧縮強度試験用供試体を作成した。供試体は、JIS A 1136に規定される直径20cm、高さ30cm、厚さ4cmの遠心力締め円筒形のものであり、成形後最高温度65℃の常圧蒸気養生を行って翌日脱型し、その後最高温度180℃、保持時間3時間のオートクレーブ養生を行い、材令3日にて圧縮試験を行った。なお、1回の試験につき3個供試体を用いた。

3. 各種要因のスランプに及ぼす影響

高強度コンクリートパイプに用いる配合は、一般に高性能減水剤を多量に使用している。このようなコンクリートについて混和剤の遅れ添加を行う場合にスランプが増大することは明らかとなっている^{3), 4)}。しかし、から練りを行う場合についての報告は、見当たらないので、ここでは、から練り法についてスランプ増大効果に及ぼす要因の影響を検討した。

図-1は、減水剤の種類およびから練り時間を変化させる場合のスランプについて比較したものである。実験に用いた減水剤は、高性能減水剤Nのほか、メラミン系の高性能減水剤(以後Mと表わす)、リグニン系の減水剤(以後Lと表わす)およびヒドロキシカルボン酸系の減水剤(以後Hと表わす)それぞれ1種類ずつである。高性能減水剤を用いたコンクリートは、粗骨材最大寸法25mm、細骨材率40%、水量143kg/m³、セメント量430kg/m³、減水剤の添加率は、Nで1.5%、Mで3.1%であり、から練り0分の場合(C法)のスランプが5±2cmとなる配合である。減水剤LおよびHを用いる場合は、水量158kg/m³、減水剤添加率0.25%という点が異なっているが、その他の点は、高性能減水剤の場合と同一である。なお、添加率を0.25%としたのは、LおよびHの遅延作用が強いためこれ以上添加するのは、実用的ではないと考えたからである。

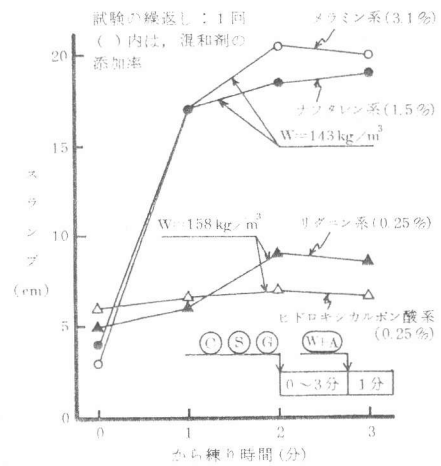


図-1 混和剤の種類を変化させる時のから練り時間のスランプに及ぼす影響

図-1より、どの減水剤を用いた配合もから練りを行うことにより、スランプが増大していることがわかる。しかし、その増大量には差があり、Hのスランプ増大量が最も小さく、次いでL、NおよびMの順で大きくなっている。とくに顕著なことは、高性能減水剤N、Mを用いる場合のから練りによるスランプ増大量の著しく大きいことがあげられる。たとえば、Mを用いた配合では、から練り0分の場合(C法)にスランプ3cmであるものが、から練りを1分間行うとスランプ17cmとなっている。ただし、それ以上から練りを行ってもスランプ増大量は、あまり変わらない。

図-2は、高性能減水剤Nを用い、その添加率を0~2.25%と変化させる場合のから練り時間とスランプとの関係を示したものである。コンクリートの配合は、減水剤の添加率が1.5%の場合は、図-1における高性能減水剤を用いた配合と同一であり、その他の添加率については、から練り0分でスランプが5±2cmとなるように試し練りを行ってそれぞれの水量を定めた。図-2より、添加率の大きいほど、から練りによるスラン

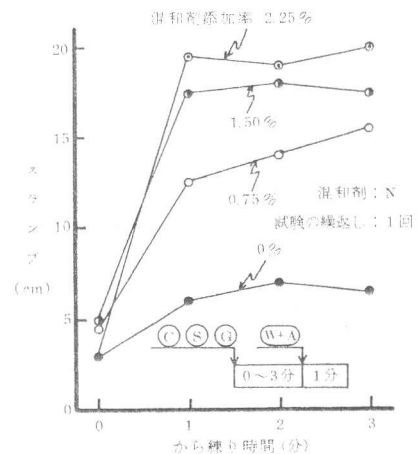


図-2 混和剤添加率を変化させる時のから練り時間のスランプに及ぼす影響

スランプ増大効果の大きいことが確認された。このことは、高性能減水剤を用いて、遅れ添加を行う場合と一致する⁴⁾。

混和剤の遅れ添加によりスランプが増大するのは、セメントを水でぬらすことにより、セメントによる減水剤の吸着量が少なくなるためと説明されている⁵⁾。から練りを行う場合についても、骨材の表面水が、遅れ添加法における練りませ水と同様の作用をするためであるという説がある²⁾。しかし、実験回数が少なく、断定できないが、細・粗骨材の両方とも気乾のものを用いても、から練りによりスランプが増大することを経験しており、から練りによりスランプが増大する理由については、今後更に検討する必要があるものと思う。

から練りによるスランプ増大効果が確認されたので、から練りの圧縮強度に及ぼす影響について実験した。コンクリートは、高性能減水剤Nを用い、粗骨材最大寸法 20 mm、水セメント比 34.6 %、細骨材率 43 %、セメント量 430 kg/m³、減水剤添加率 1.4 % という配合である。実験結果は、図-3 のとおりであり、から練り時間が多くなると、コンクリートの圧縮強度は、ほぼ一定か若干増加する傾向にある。から練りの効果により、コンクリートのスランプが増し、遠心力締固めによる脱水作用が容易となるためと思われる。

から練り法は、練りませ時間が長いからスランプが増大するのではないかとの懸念が持たれた。そこで、C法における練りませ時間を長くとり、A-1法の練りませ時間と一致させる場合のスランプを、図-3の実験と同一の配合を用いて試験したところ、表-3が得られた。表-3より、C法において練りませ時間を2.5分とすると、1分の場合と比べてスランプが増大するどころか、減少しており、A-1法に比べて著しくスランプが小さいことがわかる。同様の現象は、材料の投入順序の詳細は明らかではないが、やはり高性能減水剤を多量に用いた配合について確認されている⁶⁾。この種配合は、スランプの経時変化に伴う減少が大きい配合であるが、必要以上に攪拌されることによりスランプロスが急激に起こるものと思われる。

図-4は、投入順序を若干変化させ、粗骨材を水および混和剤とともに、から練り後投入するA-2法および混和剤の遅れ添加効果を利用したB法との比較結果である。用いた配合は、高性能減水剤Nを用い、粗骨材最大寸法 20 mm、水セメント比 33.7 %、細骨材率 43 %、セメント量 430 kg/m³、混和剤添加率 1.6 % というものである。練りませ時間は、A-1、A-2およびB法については、1分+1分の合計2分であり、C法の場合は1分である。

図-4より、A-2法およびB法も、A-1法と同様にC法に比べてスランプが増大していることがわかる。とくにA-2法は、A-1法とほぼ同等のスランプが得られている。したがって、から練り法におけるスランプ増大効果は、主としてセメントと細骨材とのから練りに起因するものと言えよう。また、B法は、から練り法に比べて、スランプ増大量が小さかった。

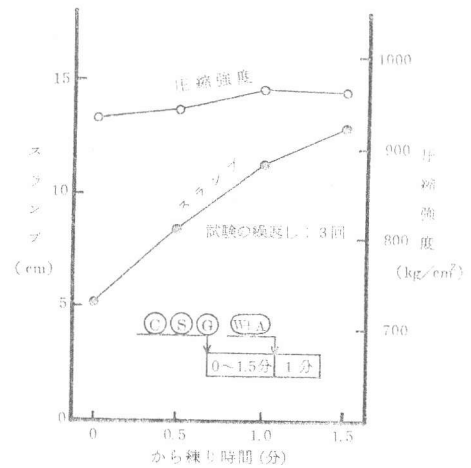


図-3 から練り時間とスランプ・圧縮強度の関係

表-3 A-1法とC法とのスランプの比較

番号	練りませ方法	練りませ時間 (分)	スランプ (cm)
1	A-1	1.5 = 1.0	13.5 14.0 } 平均 13.8
2	C	1.0	5.0 6.0 } 5.5
3	C	2.5	2.0 2.5 } 2.3

(注) 試験の繰返し: 2回

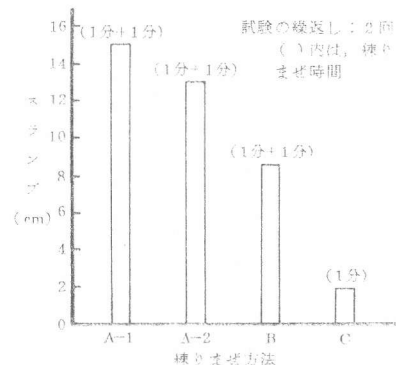


図-4 各種練りませ方法とスランプの関係

4. 改良練りませ法によるセメント低減量の検討

3で述べたように、から練り法あるいは遅れ添加法によりスランプが増大することが確認できた。そこで、それらの効果により、全材料同時投入法よりどの程度のセメントが低減できるかを、同一スランプ、同一圧縮強度という条件で実験的に求めることとした。

図-5は、セメント量を380~410 kg/m³に、またA-1法におけるから練り時間を0~1.5分と変化させる場合について、どの組合せに対してもスランプが16±2 cmとなるよう試し練りにより水量を定めて圧縮強度を比較した結果である。コンクリートは、高性能減水剤Nを用い、粗骨材最大寸法25 mm、細骨材率43%、混和剤添加率1.5%という配合である。なお、各から練り時間におけるコンクリートの単位水量は、実験を行ったセメント量の範囲では一定であり、その値を図中に示した。

図-5において、セメント量が410 kg/m³でC法(から練り時間0分)で練りませる場合のコンクリートの圧縮強度は、平均で862 kg/cm²である。これと同等の強度は、から練りを45秒行う場合には、セメント量380 kg/m³で得られている。したがって、A-1法で、から練りを45秒行えば、セメント量を30 kg/m³低減することが可能であり、から練り時間を更に増加させれば、さらに多くのセメントを低減できるものと思われる。

図-6は、A-2法およびB法によってもセメントを低減できることを確認するために行った実験の結果である。実験は、C法による場合のコンクリートを、セメント量410 kg/m³、スランプ16±2 cm、高性能減水剤Nの添加率1.6%とし、A-2法およびB法による場合には、同一スランプ、同一水セメント比となるように試し練りによってセメント量および水量を求めた。その結果、A-2法では、360 kg/m³、B法では370 kg/m³のセメント量となった。圧縮試験の結果は、図-6のとおりであり、セメント量を50 kg/m³低減したA-2法およびセメント量を40 kg/m³低減したB法による圧縮強度は、C法と比べて同等以上であり、A-2法およびB法によってもセメント量を低減できることが確認された。

5. 結 論

高性能減水剤を多量に用いた富配合コンクリートでは、セメントと細骨材とのから練りあるいはセメントと細骨材とのから練りを行うことにより、全材料を同時に投入して練りませる場合よりも、スランプを著しく増大させることができる。また、その程度は、混和剤の遅れ添加によるスランプ増大効果と比べ同等以上である。

また、から練り法および遅れ添加法を用いれば、全材料同時投入法による場合に比べて、セメント量を30 kg/m³以上低減することができる。

<参考文献> 1) 土木学会RC示方書109条(1980年)、2) 宮地、中島、セ技年報22,344(1968年)、3) 出光、高山、江本、セ技年報31,203(1977)、4) 葛城、窪山、地頭菌、セ技年報33,429(1979)、5) 服部、山川、今村、鈴江、東、江尻、セ技年報30,254(1976)、6) 小玉、橋、セ技年報31,333(1977)

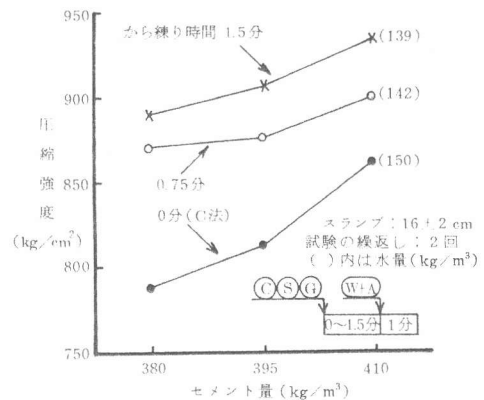


図-5 から練り時間を変化させる時のセメント量と圧縮強度の関係

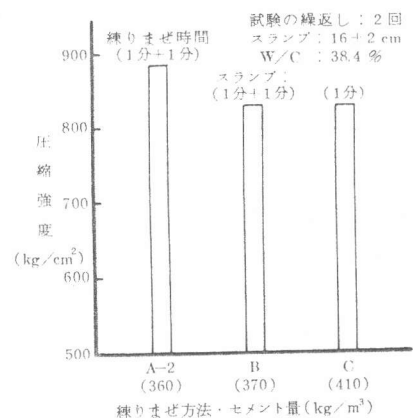


図-6 同一セメント比における各種練りませ方法における圧縮強度の比較