

コンクリートの一体性に及ぼすブリーディング特性および打重ね処理の影響

Effect of Bleeding Characteristics and Placing Process on Union of Concrete

室蘭工業大学大学院 ○学生員 谷野 淳 (Jun Tanino)
室蘭工業大学 正 員 菅田 紀之 (Noriyuki Sugata)

1. はじめに

近年、コンクリートの剥落事故が相次ぎ、その原因の一つとしてコールドジョイントが挙げられた。コールドジョイントは短時間の打込み中断においても発生する場合があるといわれている。また、打込み中断時にブリーディングが発生するとブリーディング水およびレイタンスが打重ね面に上昇および付着する。これらはコンクリートの一体性を損なうコールドジョイント形成の主要な原因になると報告されている。

そこで本研究ではブリーディング性状の異なる 3 種類のコンクリートに対して、打重ね時間と打重ね処理を変えた供試体を作成し、コンクリートの一体性に及ぼす影響を曲げ強度により評価した。また、コールドジョイントの発生には凝結が影響するともいわれており、施工現場においてコンクリートの凝結状態を把握することが望ましい。そこでコンクリートの凝結を簡易に判定できる方法についても検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究のコンクリート製作に使用した材料および配合を表-1 および表-2 に示す。製作したコンクリートは 2 種類の普通コンクリートと粉体系高流動コンクリートであり、水セメント比は 52 % である。普通コンクリートではブリーディング性状が異なるように単位水量を 160 kg/m³ および 146 kg/m³ とした。単位水量 160 kg/m³ でスランプ 12 cm のコンクリートを O12、単位水量 146 kg/m³ でスランプ 8 cm のコンクリートを O8 と表す。高流動コンクリートの単位水量は 160 kg/m³、水粉体比は 33 % であり、粉体として石灰石微粉末を用いた。高流動コンクリートは HF と表すこととする。なお、すべてのコンクリートとも空気量が 5 % 程度になるように AE 剤を添加した。

2.2 供試体

実験に用いた供試体の形状を図-1 に示す。普通コンクリートの供試体は次のように作製した。型枠の下半分に下層コンクリートを 100 mm ずつ 2 層に分けて打込

み、各層を棒状バイブレーターを用いて 2 秒間振動締固めを行う。打重ね間隔を 0, 2, 4, 6 時間として上層コンクリートを下層コンクリートと同じように打込み 100×100×400mm の角柱に仕上げる。

高流動コンクリートの供試体は次のように作製した。型枠の下半分に下層コンクリートを 1 層で打込む。その際、振動締固めを行わない。打重ね間隔が 0 時間および 2 時間の場合には上層コンクリートを下層コンクリートと同じように 1 層で打込む。しかしながら、打重ね間隔が 4 時間および 6 時間では上層コンクリートの自己充填性が失われていた為、普通コンクリートと同様に、2 層に分けて打込み、各層を棒状バイブレーターで 2 秒間振動締固めを行った。上層コンクリートは、下層コンクリートと同時に練ったものであり、打重ねまで 30 分間隔でミキサーを用いて 90 秒練り返したものである。

2.3 打重ね処理

打重ね処理としては表-3 に示すように、処理なしの他、7 種類の打重ね処理を行った。処理 A の上下層間の締固めとは上層コンクリートを打重ねてから棒状バイブレーターの先端が下層コンクリート表面から深さ 100 mm に達するまで挿入し、約 5 秒間締固めたものである。処理 B のブリーディング水・レイタンス除去（以下ブリーディング水処理）とは下層コンクリート表面のブリーディング水およびレイタンスを 1 時間毎にウェスで吸い取ったものである。処理 C の下層コンクリート

表-1 使用材料

セメント	C	普通ポルトランドセメント
細骨材	S	白老産陸砂（比重 3.15）
粗骨材	G	白老産砕砂（比重 2.69）
混和材	Ls	石灰石微粉末（比重 2.65）
高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系（比重 2.73）
AE 剤	AE	天然樹脂酸塩

表-2 コンクリートの配合

記号	目標スランプ またはフロー	目標 空気量	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (%)	AE (%)
						W	C	Ls	S	G		
O12	12 c m	5%	52	—	44	160	308	—	819	102	—	0.01
O8	8 c m					146	281		846	106		0.01
HF	65 c m			33	49.4	160	308	177	834	841	1.5	0.01

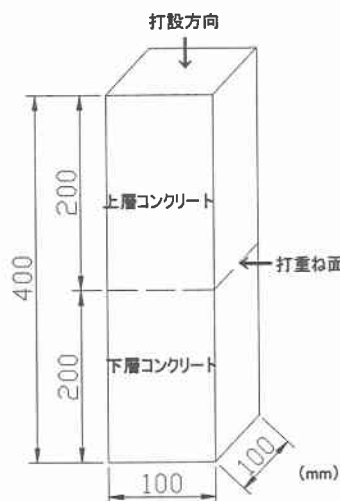


図-1 供試体

表-3 打重ね処理

記号	処理
N	処理なし
A	上下層間の締固め
B	ブリーディング水・レイタンスの除去
C	下層コンクリートの再振動
AB	締固めとブリーディング処理
AC	締固めと再振動
BC	ブリーディング処理と再振動
ABC	すべての処理

の再振動とは上層コンクリートを打重ねる直前に、下層コンクリートの底まで棒状バイブレーターを挿入し、2秒間の再振動を3回行ったものである。

3. 実験結果および考察

3.1 ブリーディング性状

図-2 にブリーディング試験を行った結果を示す。スランプ 12 cm の普通コンクリート (O12) では試験開始からブリーディングが発生し、4 時間まではほぼ一定の割合で増加している。その後、少量のブリーディングが発生し、6 時間でほぼブリーディングが終了し、ブリーディング率は 12 % 程度となっている。スランプ 8 cm の普通コンクリート (O8) は試験開始から 3 時間程度までブリーディング率が増加し、その後、少量のブリーディングが発生し 5 時間後にブリーディング率が 6 % 程度で終了した。両コンクリートとも開始から 1 時間まではほぼ同様なブリーディング性状を示すが、その後、異なる性状を示している。一方、高流動コンクリート (HF) は試験開始から 1.5 時間までブリーディングは見られなかったが、その後、6 時間程度まで少量であるがブリーディングが発生し 2 % 程度となった。

3.2 凝結性状

プロクター貫入抵抗試験および突き棒落下貫入深さ試験を行った結果を図-3 および図-4 に示す。突き棒落下貫入深さ試験とはスランプ試験に用いる先端が半球形の突き棒 (L=500 mm, ϕ = 16 mm, W=770 g) を鋼製パイプを導管として型枠に詰めたコンクリート表面に

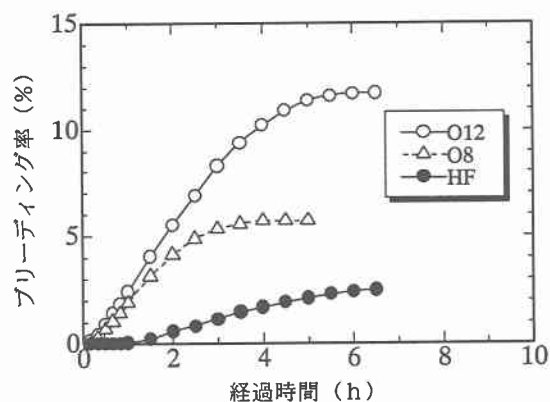


図-2 ブリーディング性状

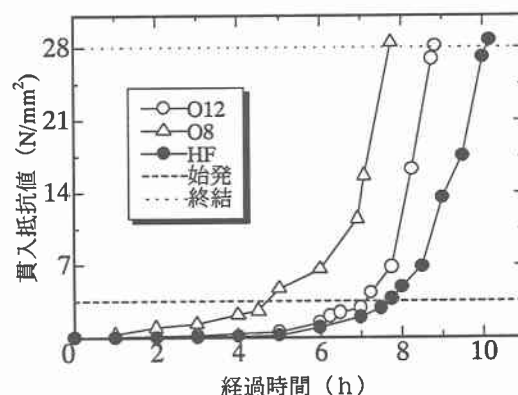


図-3 プロクター貫入抵抗値

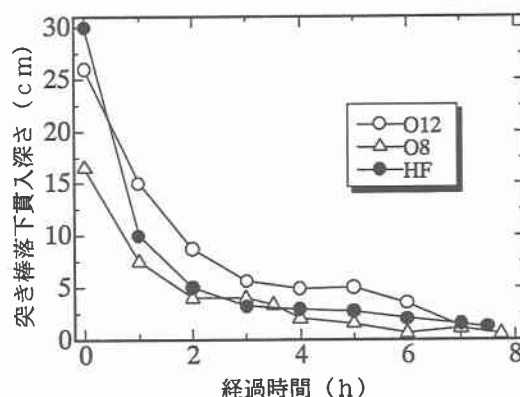


図-4 突き棒落下貫入深さ

自由落下 (落下距離= 750 mm) させ、その貫入深さを測定するというものである。図-3 に示したプロクター貫入抵抗値試験の結果から、コンクリートの始発時間 (貫入抵抗値=3.5 N/mm²) はスランプ 12 cm の普通コンクリート (O12) で試験開始から 7 時間、スランプ 8 cm の普通コンクリート (O8) で 5 時間、高流動コンクリート (HF) で 7.8 時間であった。また終結時間 (貫入抵抗値=28 N/mm²) は O12 で 8.8 時間、O8 で 7.7 時間、HF で 10.25 時間であった。以上の結果から、実験に用いた 3 種類のコンクリートはブリーディング性状および凝結性状が異なるコンクリートであるといえる。図-4 に示した突き棒落下貫入深さ試験の結果から、突き棒貫入深さはプロクター貫入抵抗値があまり変化し

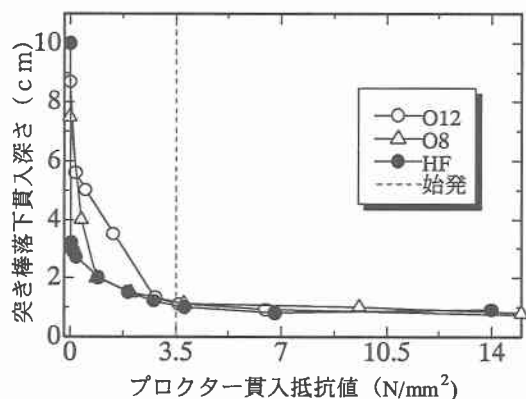


図-5 プロクター貫入抵抗値と突き棒落下貫入深さの関係

ない 4 時間以前の時間帯においても大きく減少していることがわかる。図-5 は突き棒落下貫入深さとプロクター貫入抵抗値の関係を示したものである。プロクター貫入抵抗値が 3 N/mm^2 程度まではコンクリートの違いにより貫入深さが異なっているが、それ以上の貫入抵抗値の値に対しては同様な値になっている。始発の値 (3.5 N/mm^2) では、すべてのコンクリートで突き棒貫入深さが 1 cm 程度になっていることがわかる。始発後の貫入抵抗値の増加に対しては、貫入深さは若干減少するのみである。以上のことより、貫入深さが 1 cm 程度になったときに始発と判断することができるといえる。また、この突き棒落下貫入深さ試験は、始発以後の凝結性状の把握には適さないといえる。

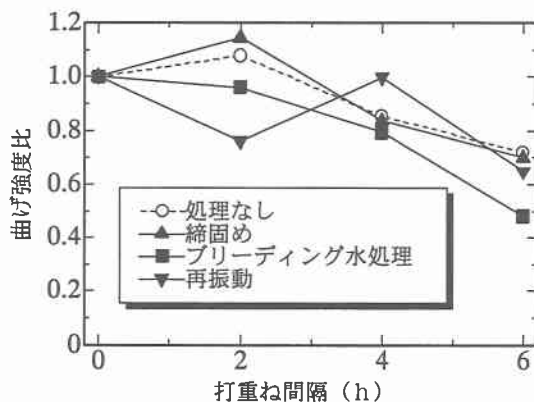
3.3 曲げ強度

本研究ではコンクリートの一体性の検討を曲げ強度を基に評価した。曲げ強度試験は、材齢 28 日の供試体を用いて 3 等分 2 点荷重方法で行った。試験におけるスパンは 30 cm である。

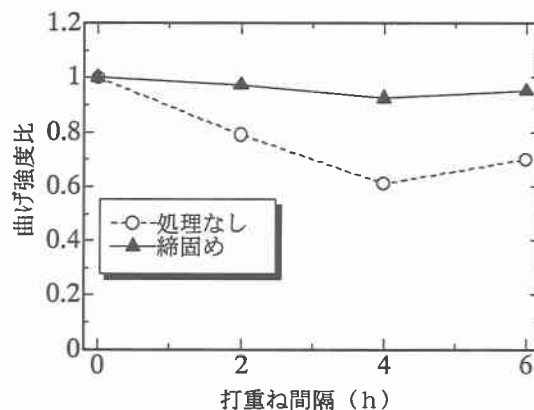
(1) 単独処理を行った場合

図-6 に打重ね時間間隔と曲げ強度比の関係を示す。ここでいう曲げ強度比とは打重ね間隔 0 時間の一体コンクリートの強度を基準として求めたものである。打重ね処理を行わなかったケースの検討を行うと、強度が低下するのはスランプ 12 cm の普通コンクリート (O12) の場合、打重ね間隔が 4 時間からであり、スランプ 8 cm の普通コンクリート (O8) および高流動コンクリート (HF) では、打重ね間隔が 2 時間からである。O12 の強度が低下する打重ね間隔 4 時間の貫入抵抗値は 0.1 N/mm^2 、O8 および HF の強度が低下する打重ね間隔が 2 時間のときの貫入抵抗値はそれぞれ 0.92 N/mm^2 、 0.04 N/mm^2 であった。凝結性状が打重ね部の強度低下に関係するといわれているが、貫入抵抗値から強度低下等の発生の有無を判断することは難しいと思われる。しかしながら、強度低下時における突き棒落下貫入深さは、O12 で 5 cm 、O8 で 4 cm 、HF で 5 cm となっており、突き棒落下貫入深さが 5 cm になった場合、打重ね部の強度が低下すると判断できる。

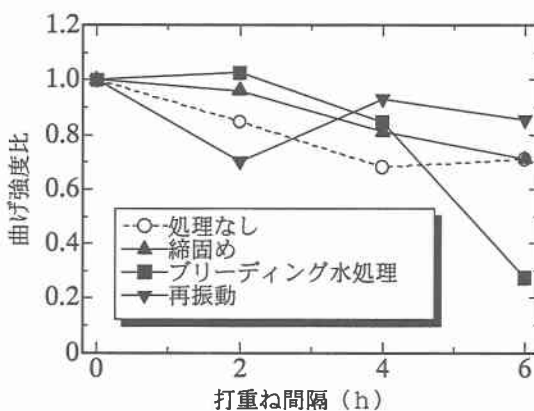
打重ね間隔で検討を行うと打重ね間隔が 0~2 時間では、下層コンクリートの再振動を行ったものと O8 およ



(a) O12



(b) O8



(c) HF

図-6 単独処理と曲げ強度の関係

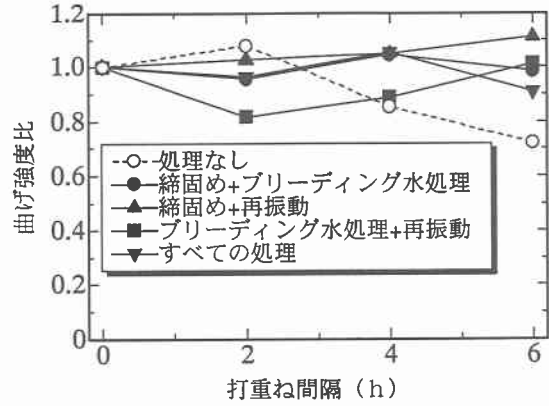
び HF の処理なしのケースにおいて強度が一体コンクリートの 80%以下に低下している。打重ね間隔が 2~4 時間では、O8 の締固め処理と再振動を行ったケースにおいて強度が一体コンクリートの 90%以上になっているが、他の処理では強度の低下がみられる。打重ね時間間隔 4~6 時間では O8 の締固め処理と HF の再振動を行ったもの以外のケースで強度が一体コンクリートの 80%以下に低下していることがわかる。

処理方法別に検討を行うと、上下層間の締固め処理を行ったケースでは O12 の場合、処理なしの強度低下とほぼ同様の傾向であり、打重ね間隔が 4 時間から強度が低下していることがわかる。これは打重ね部を棒状バ

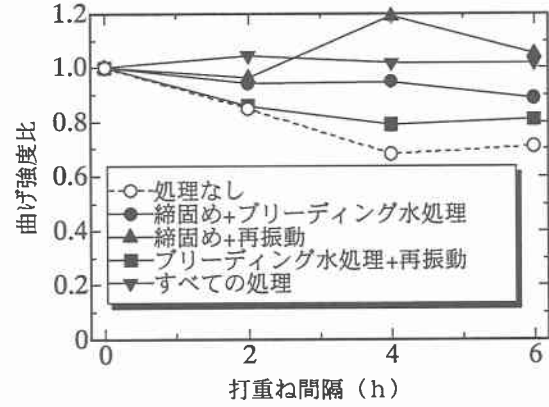
イブレーターで振動させることで打重ね部にブリーディング水が上昇し、脆弱体質なコンクリートが形成されるためであると考えられる。しかしながら、O8 のケースをみると、打重ね間隔が 6 時間になっても強度低下がみられない。これはブリーディングが少ないコンクリートであるため、イブレーターで振動させてもブリーディング水の上昇が少なく打重ね部の付着に影響を及ぼさなかったこと、また、レイタンスの量が少なく締固め処理で上下層間の付着が改善され一体となったと考えられる。以上の結果から、締固め処理はブリーディングの少ない普通コンクリートに対して効果があるが、ブリーディング量の多いコンクリートや流動性の大きな高流動コンクリートに対しては、効果が少ないのではないかと考えられる。ブリーディング水・レイタンス除去を行ったケースでは、打重ね間隔が 6 時間の強度低下が他の処理を行ったものに比べて大きい。これは 6 時間になるとブリーディングの発生が終了または極少量となるため、ブリーディング水を除去することで下層コンクリート上面が乾燥し、上層コンクリートとの付着が阻害されたためと考えられる。HF ではブリーディングの少ないことが影響し、強度低下が顕著であった。下層コンクリートを再振動させたケースでは、打重ね間隔が 2 時間で強度が 80 %以下に低下した。これは流動性がまだ大きいうちに再振動させたことで、ブリーディング水が大量に発生し、打重ね部に水セメント比の大きな脆弱なコンクリートができたためと思われる。しかしながら、打重ね間隔が 4 時間以降になると他処理と比べて強度が低下していない。これは 4 時間以降になると、再振動による再流動化を行ってもブリーディング水の発生が少量になり、下層コンクリート上面の乾燥防止の役目を果たし、そこに下層コンクリートが再流動化することで上下層間の付着が改善されて強度低下の低減につながったと考えられる。

(2) 併用処理を行った場合

図-7 に併用処理を行った場合の打重ね間隔と曲げ強度比の関係を示す。併用処理を行うことで、打重ね間隔が 6 時間のときでも一体コンクリートの 80 %以上の強度を保っていることがわかる。処理方法別に検討を行うと、上下層間の締固めとブリーディング水・レイタンス除去の併用処理を行ったケースでは、打重ね間隔 6 時間まで強度が 90 %程度を保持している。打重ね間隔 6 時間において単独で締固め処理を行った場合では、強度が一体コンクリートの約 70 %に低下している。同様に単独でブリーディング水・レイタンス除去を行った場合では、O12 で一体コンクリートの約 50 %、HF で約 30 %に強度が低下する。しかしながら、締固めを行うことでブリーディング水が上昇し、打重ね部に脆弱なコンクリートが形成されると前項で述べたが、ブリーディング水・レイタンス除去と上下層間の締固めを同時に行うことで、打重ね部の性能が改善されたと考えられる。上下層間の締固めと再振動の併用処理を行ったケースでは、下層コンクリートの流動性が低下していても、再振動させることで下層コンクリートが再流動化し、そこに上下層間の締固めを行うことで上下層が一体となると考



(a) O12



(b) HF

図-7 併用処理と曲げ強度の関係

えられる。ブリーディング水・レイタンス除去と再振動を行ったケースでは、打重ね間隔が 2 時間で強度が少し低下しており、4 時間から 6 時間にかけて O12 では強度が増加し、高流動コンクリートではそのまま一定の強度を保っている。これは再振動を単独で行ったケースで打重ね間隔が 2 時間の場合、再振動によるブリーディング水が発生し打重ね部が水セメント比の大きい脆弱なコンクリートになるが、同時にブリーディング処理を行ったため、再振動を単独で行った結果よりも強度低下はみられなかったと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 本研究で行った突き棒落下貫入深さ試験はコンクリートの凝結始発を割り出すのに有効であるが、始発以後の凝結性状の把握には適さない。
- 2) 打重ね処理を行わない場合、突き棒落下貫入深さが 5 cm になると強度低下をおこす。
- 3) ブリーディング性状の異なるコンクリートでは、同じ処理方法を行っても効果は異なり、処理が強度低下を促す場合もある。
- 4) 打重ね処理を併用して行うことで、コンクリートを一体性のあるものに改善できる。