

加圧ブリーディング試験による各種グラウトのブリーディング特性について

関東学院大学 正会員 ○河内 令子
 関東学院大学 正会員 山口 征伸
 関東学院大学 正会員 出雲 淳一

1. はじめに

プレストレストコンクリート (以下、PC と呼ぶ) 用グラウトは、PC 鋼材とシースの間の空隙を埋めてコンクリートと一体とするとともに、PC 鋼材の腐食を防ぐ働きをしており、PC の強度や耐久性の面で重要な役割を果たしている。現在はグラウトの信頼性を高めるために、ノンブリーディングタイプのグラウトが用いられるようになった。しかし、数 10m~100m に及ぶグラウト施工においては、グラウトは加圧力状態にありブリーディングの発生が懸念される。一方、加圧ブリーディング試験方法が、米国 Post-Tensioning Institute¹⁾ (以下 PTI 規準と呼ぶ) の規準において定められているが、日本ではまだ加圧ブリーディング試験方法が定められていない。本研究は、PTI 規準による加圧ブリーディング試験方法について検討するとともに、遠心分離機試験および鉛直管試験によるブリーディング試験方法について比較検討することを目的としている。

2. 実験方法

2.1 配合および練混ぜ方法

グラウトにはセメントと水とで構成されるもの (CW シリーズ)、プレミックスタイプの超低粘性グラウト (H シリーズ)、高炉スラグを使用した超低粘性グラウト (S シリーズ)、粘性グラウト (MN シリーズ)、高粘性グラウト (MH シリーズ) と、普通ポルトランドセメントを使用し、混和剤としてメラニンスルホン酸系ノンブリーディング型を用いたグラウト (G0 シリーズ)、メラニンスルホン酸系ノンブリーディング粘性型のグラウト (G1 シリーズ)、メラニン系ノンブリーディング高粘性型のグラウト (C シリーズ) を製造することにした。CW シリーズのグラウトの場合、水セメント比を 38%、40%、45% の 3 通りに変化させ、その他のグラウトの場合、各社が推奨する配合でグラウトを製造した。各グラウトの配合を表-1 に示している。本試験では 1 バッチ当り 5 リットルとし、回転数 1300rpm の高速ハンドミキサーを使用し 3 分間練混ぜを行った。

2.2 加圧ブリーディング試験

加圧ブリーディング試験には、PTI 規準で使用されている装置 (図-1 参照) を用いることにした。PTI 規準では、装置にグラウトを入れて 10 分間静置してから加圧する方法を採用しているが、今回の試験では装置にグラウトを入れてから静置することの影響を調べるために、装置にグラウトを入れてから 10 分間静置してから加圧する場合と、装置にグラウトを入れてから、直ちに加圧する場合の 2 通りの加圧試験を行った。試験装置シリンダー部の下端部にガラス繊維濾紙を敷き、グラウトを 200ml 入れ、窒素ポンプを用いて加圧した。加圧力は 0.1~0.5MPa の 5 通りの圧力を採用することにし、加圧開始後 3 分、5 分、10 分、15 分経過して流出したブリーディング水をメスシリンダーで測定し、ブリーディング率を求めることにした。

表-1 グラウトの配合

No.	シリーズ番号	W/C (%)	Ad (P×%)
1	CW-38	38	0
2	CW-40	40	0
3	CW-45	45	0
4	H-31 (超低粘性)	31	0
5	S-36 (超低粘性)	36.5	0
6	MN-40 (粘性)	40	0
7	MH-40 (高粘性)	40	0
8	G0-45	45	1.0
9	G1-45 (粘性)	45	1.0
10	C-45 (高粘性)	45	1.0

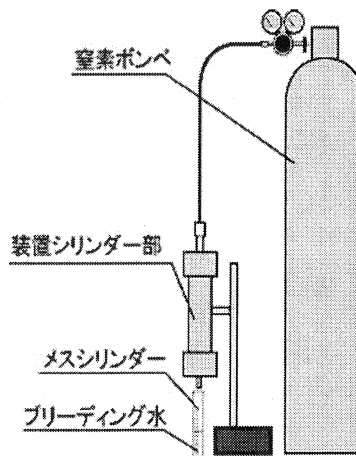


図-1 装置概要図



写真-1 遠心分離機

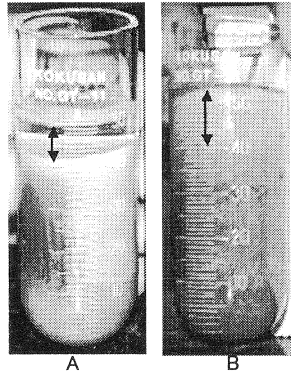


写真-2 ブリーディング状況

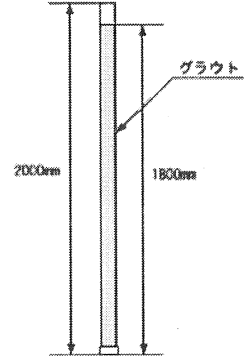


図-2 鉛直管試験装置

セメントと水とで構成される通常のグラウトの場合、加圧後 15 分以内にブリーディング水の流出が終了し、その後は圧縮空気が流出する状態になったためその時点で測定を終了することにした。

2.3 遠心分離試験

ブリーディングは、グラウトの材料分離の過程による沈降速度の差によって生じる現象ではないかと考え、遠心分離機(写真-1)を用いてグラウト水の分離状況を調べることにした。グラウト試料を試験管におよそ 50ml 採り、回転数 200, 500, 1000, 3000(rpm)でそれぞれ 3 分間グラウトを遠心分離機にかけた。その後、分離した水をブリーディング水とみなしてその量を測ることによりブリーディング率を求めることにした。CWタイプは2層に分離した上層の分離水をブリーディング水として採取した。(写真-2のA参照)しかし、ノンブリーディングタイプグラウトの場合、遠心分離機で得られる分離水は CW タイプほど明確ではなく、2 層に分離した白濁液が観察されたため、上層部に分離された液体部分をブリーディング水とみなしてブリーディング率を求めることにしてみた。(写真-2のB参照)

2.4 鉛直管試験

加圧状態のグラウトを想定して鉛直管を用いたブリーディング試験も行うことにした。管内部に鋼材を配置した場合、ブリーディング水が発生しやすいことが報告されているが、今回の実験ではグラウトとしてのブリーディング特性を比較するために、管内に鋼材は配置しなかった。図-2に示すような鉛直管(長さ 2000mm, 外径 38mm, 内径 31mm)にグラウトをおよそ 1800mmまで入れ、その3時間後のブリーディング水の体積をスポイトで採取して測定し、ブリーディング率を求めることにした。

3. 実験結果および考察

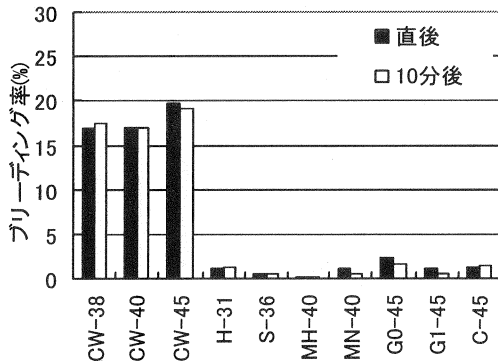


図-3 静置時間による比較

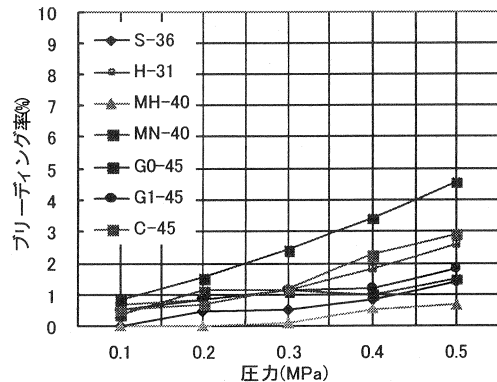


図-4 圧力とブリーディング率の関係

3.1 加圧ブリーディング試験結果

静置後 10 分間に加圧した場合、装置にグラウトを入れてから直ちに加圧した場合の 0.3MPa で加圧時の測定結果を図-3 に示す。静置後 10 分間に加圧した場合と、装置にグラウトを入れてから直ちに加圧した場合とのブリーディング率の違いは認めにくい。

加圧力とブリーディング率の関係を図-4 に示している。圧力が高くなるにつれてブリーディング率が大きくなる傾向が認められる。また、ノンブリーディングタイプグラウトの種類の違いによって、ブリーディング率にも差が認められる。練混ぜ直後に圧力 0.3MPa で加圧した場合の加圧時間とブリーディング率の関係を図-5 に示す。加圧時間が長くなると共にブリーディング率が増加することが認められる。CW タイプの場合は 10 分以内にブリーディング水の流出が終了し、ノンブリーディングタイプのグラウトの場合は時間の経過とともに、ブリーディング率が増加する傾向が認められるが、15 分間加圧したブリーディング率は CW タイプと比べかなり小さい。

3.2 遠心分離試験結果

CW タイプのグラウトの場合の遠心分離試験の結果について、遠心分離時間を 3 分として回転数を変化させた場合のブリーディング率の変化を図-6 に示す。CW タイプについては、回転数が 1000rpm まではブリーディング率の増加が認められるが、回転数が 1000rpm 以上についてはほとんど変化がないことが認められる。すなわち、グラウトの材料分離に要する回転数として 1000rpm 以上必要であることが分かる。また、CW タイプを用いた遠心分離試験の結果について、回転数 1000rpm と一定として時間を変化させた場合のブリーディング率の変化を図-7 に示す。図より、時間の経過にともないブリーディング率が増加する傾向が認められるが、5 分経過するとブリーディングの増加はあまり認められず、ほぼ一定値に収束するように思われる。

3.3 鉛直管試験結果

水とセメントを用いたグラウトは水セメント比 (W/C) が大きい程、ブリーディング率も高くなる傾向が認められたが、ノンブリーディングタイプのグラウトの場合には、ブリーディングは生じなかった。また、鉛直管試験の場合の圧力は、式 (1) で算出することができる。

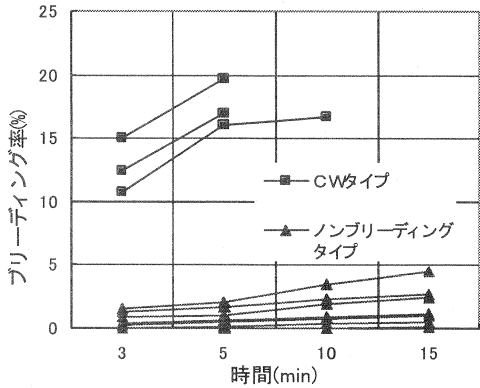


図-5 時間とブリーディング率の関係 (加圧ブリーディング試験)

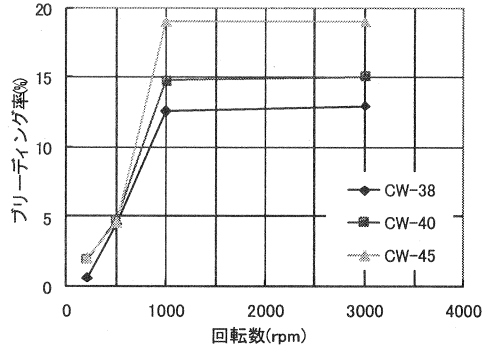


図-6 回転数とブリーディング率の関係 (遠心分離試験, 3分)

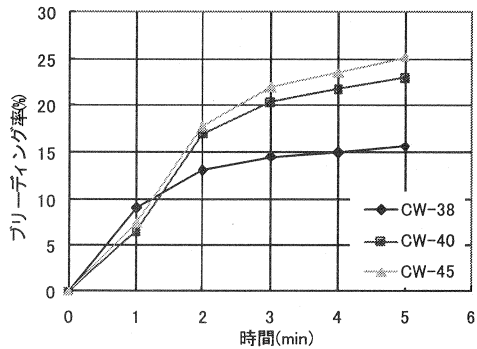


図-7 時間とブリーディング率の関係 (遠心分離試験, 1000rpm)

$$P = hg (\gamma_g - \gamma_w) \quad (1)$$

ここに、 h (m) : 鉛直管の高さ, g (m/s^2) : 重力加速度, γ_g (kg/m^3) : グラウト密度, γ_w (kg/m^3) : 水密度である。加圧ブリーディング試験と鉛直管試験について、CW タイプの場合の加圧力とブリーディング率の関係を図-8に示す。ブリーディング率は水セメント比の影響を受けると考えられるために、縦軸は各実験から得られたブリーディング率を水セメント比で割った値 (Bn) で表すことにした。

CW タイプのグラウトの場合 Bn と加圧力 P との関係は図-8で示すように対数で表すことができる。一方、ノンブリーディングタイプの場合には、各材料によってブリーディング率に差があるものの、ノンブリーディングタイプをまとめて取り扱った場合の Bn と加圧力 P との関係は線形で表わされることが理解される。

また図-9は加圧ブリーディング試験によるブリーディング率と遠心分離試験によるブリーディング率との関係を示している。CW タイプのグラウトの場合、加圧ブリーディング試験と遠心分離試験によるブリーディング率には相関関係が認められるが、ノンブリーディングタイプのグラウトの場合には遠心分離試験の方が加圧ブリーディング試験よりもブリーディングが発生する結果となっている。これらの試験から、CW タイプグラウトとノンブリーディングタイプグラウトでは、ブリーディングの発生機構が異なっていることが考えられる。またノンブリーディングタイプグラウトの分離抵抗性は加圧ブリーディング試験よりも、遠心分離試験の方がより顕著になると判断される。

4. まとめ

今回行った実験の範囲において、以下のような結論が得られた。

- (1) 加圧ブリーディング試験においてグラウトを入れてから 10 分後と直ちに試験を行うことによる影響は小さい
- (2) 加圧ブリーディング試験、鉛直管試験、遠心分離試験による実験からは、水とセメントによる従来のグラウトとノンブリーディングタイプグラウトではブリーディングの発生機構が異なる。
- (3) 加圧下のブリーディング試験は、従来のグラウトの場合には遠心分離試験と同程度の評価になるが、ノンブリーディングタイプの場合には、遠心分離試験よりも小さめの評価となる。

参考文献

- 1) POST-TENSIONING INSTITUTE : Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures, Feb. 2001

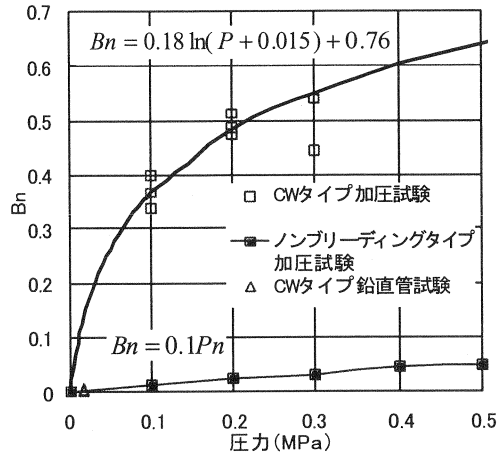


図-8 加圧力とブリーディングの関係

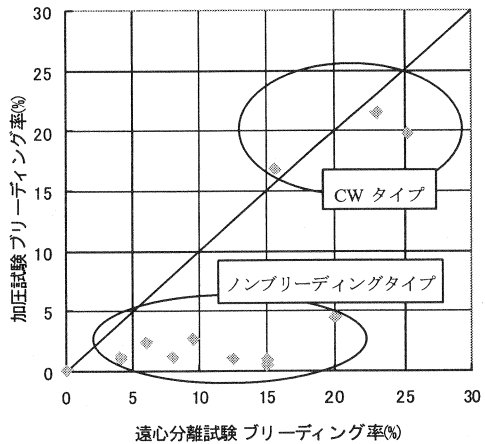


図-9 加圧ブリーディング試験と遠心分離試験との関係