

無収縮高流動コンクリートのダム排砂管閉塞工への適用実験

Model Execution to Fill Up Work of Discharge Pipe with Shrinkage Compensating High Fluidity Concrete

石原誠一郎* 立松 和彦*
下西 四郎*² 山崎 順二*
森山 保彦*³ 山本 均*³

要 旨

コンクリートダムの堤体内に設けられている排砂管が不要となったために、その閉塞工に無収縮高流動コンクリートを適用することを目的として施工実験を行った。その結果、無収縮高流動コンクリートは排砂管を模した試験体内部に隙間なく充填され、高い水密性をもった閉塞が可能であることを確認できた。

キーワード：無収縮高流動コンクリート／逆打ち／アルミニウム／膨張／閉塞／排砂管

1. はじめに

近年、ダムに堆積した土砂の排砂に伴う下流域環境への影響やダムの維持管理上などの理由から、コンクリートダムの堤体内に設けられた排砂管が不要となり、閉塞が必要なものが出てきている。一般に排砂管の閉塞は図-1に示すようにゲートに近い部分をコンクリートで閉塞することが行われる。このような閉塞工には、漏水のない確実な閉塞および施工期間の短い工法が求められる。

排砂管をコンクリートで閉塞する場合、頂部が逆打ちとなるため、通常のコンクリートでは、確実な充填が困難となる。そのため従来の施工方法では閉塞部に締固めを行ないながら通常のコンクリートを打設し、未充填部分にモルタルを打設後、乾燥収縮がおさまった時点でグラウトを注入する非常に手間のかかる方法がとられている。

そのため最近では、閉塞に高流動コンクリートを用い、管内での苦渋な締固め作業を解消する試みも報告されている。しかしながら、高流動コンクリートは比較的収縮が大きいことから、水密性を保持するためにはコンクリートを長期間養生し、乾燥収縮がおさまった時点でグラウト注入を行う必要があり、工期が長くなる問題があった。

筆者らは、材料分離抵抗性および流動性が良好で優れた充填性能を持ち、さらに適切な沈下・収縮補償性能を有する無収縮高流動コンクリート（フィルクリート）の開発を行ってきた。今回、この無収縮高流動コンクリートをダム排砂管の閉塞工に適用するための実大施工実験を行った。本報告では、この適用実験および充填性確認のために行った注水試験の結果について述べる。

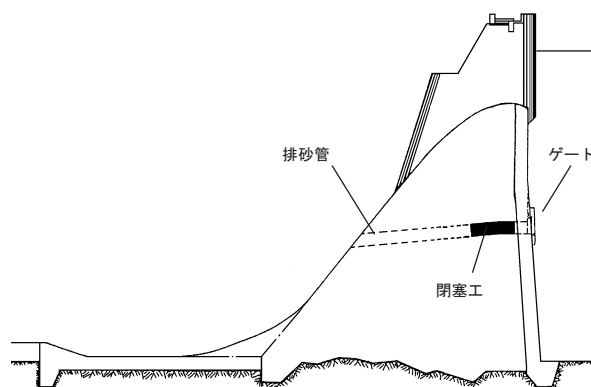


図-1 ダム排砂管の概要図

2. 実験概要

実験では、排砂管を模擬した試験体としてヒューム管を採用し、このヒューム管に無収縮高流動コンクリートをポンプ車により圧入した。約2ヶ月養生後、ヒューム管の内側に設置した注入ホースによる注水試験を行ない、ヒューム管内面と無収縮高流動コンクリートとの打継ぎ界面の水密性を確認した。さらに、試験体の頂部からコアを採取し、打継ぎ界面の状況を目視により確認した。

2.1 試験体

排砂管を模擬した試験体の概要を図-2に示す。試験体には内径1000mmのヒューム管を使用した。注水試験用の注入ホースを試験体の内側頂部2ヵ所（圧入口側とゲート側）に設置した。ヒューム管の内側表面はほぼ平

*建築工法・材料研究室 *²土木本部技術部 *³大阪本店土木技術工務部

滑なため、実際の工事仕様に準じてハンドブレーカーにより深さ20～30mmの目荒しを行った。ただし、注入ホースを設置する部分は写真－1に示すように目荒しを行わなかった。

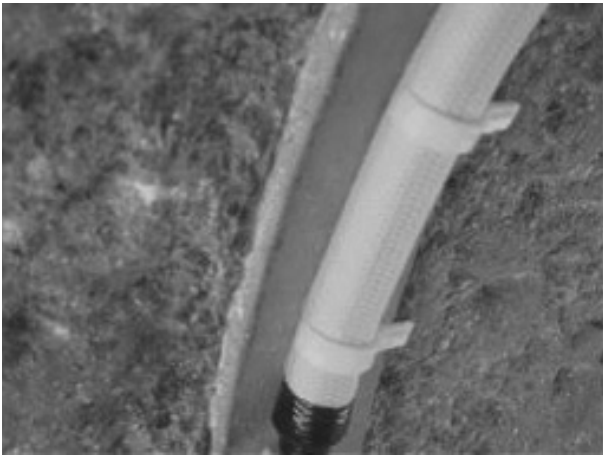
試験体への無収縮高流動コンクリートの打設にはポンプ車による圧入工法を採用した。圧入口側の上下2ヵ所にスライドバルブを設置し、コンクリートを上部の圧入口から圧入した（図－2参照）。さらにゲート側頂部には、空気溜りが発生しないようにL字形の空気抜き管を設置して完全な充填が行われるようにした。試験体内の

空気は、この空気抜き管を通り型枠外に排出される。

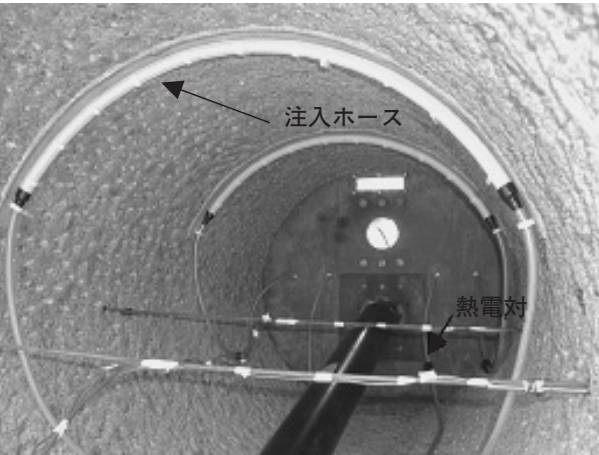
コンクリート打設前の試験体の内部状況を写真－2に示す。図－2に示す試験体の中央とゲート側の各中心部（A1、B1）と端部（A2、B2）で、無収縮高流動コンクリートの硬化に伴う内部温度の経時変化を計測した。

2.2 無収縮高流動コンクリートの製造

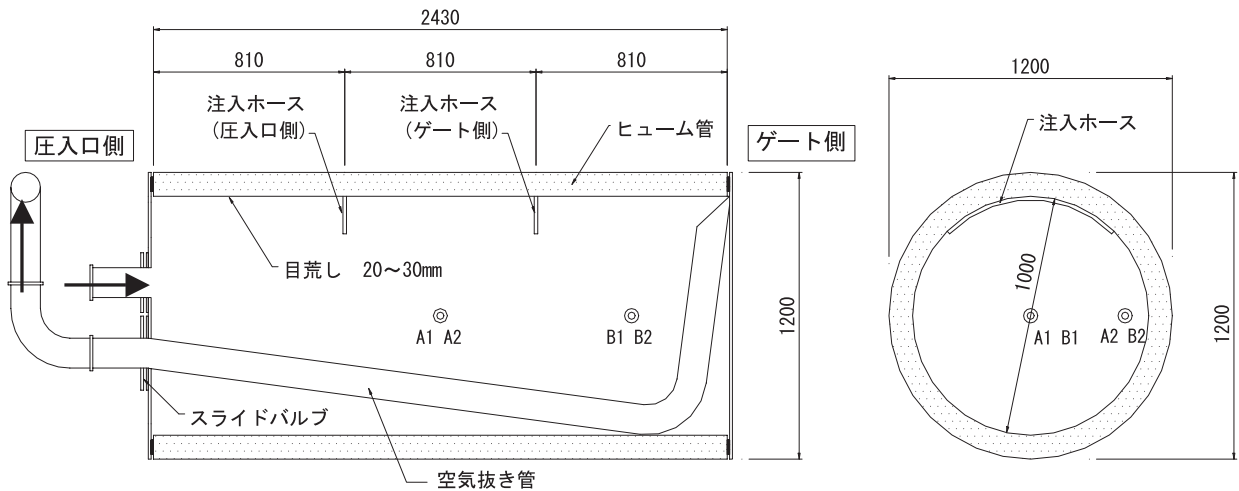
無収縮高流動コンクリートの使用材料および調合を表－1に示す。無収縮高流動コンクリートは、まずイニシャルコンクリートをプラントにて練混ぜ、運搬後に試験場にてアルミニウム粉末およびその他の無収縮高流動コン



写真－1 注入ホースの設置状況



写真－2 試験体内部状況



図－2 試験体概要図

表－1 調合表

空気量	水結合材比	最大粗骨材の寸法	細骨材率	単位水量	質量(kg/m ³)				質量(kg/m ³)			[使用材料]
					セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	収縮低減剤	分離低減剤	ニアウルミ粉末	
(%)	(%)	(mm)	(%)	(kg/m ³)								セメント：低発熱ポルトランドセメント 細骨材：山砂 粗骨材：碎石 混和材料：膨張材、高性能AE減水剤、分離低減剤 乾燥収縮低減剤、アルミニウム粉末 他
3.0	35.0	20	51.1	180	479	35	795	840	10	0.36	0.029	

クリート用混和剤をトラックアジテータ車の投入口から添加し、ドラムを高速回転させ攪拌して製造した。なお、フレッシュ時のコンクリートの目標自由膨張率は2%とした。

2.3 試験項目

フレッシュコンクリートおよび硬化後のコンクリートについて行った試験項目を表-2に示す。各試験はそれぞれJIS試験法および「フィルクリートの調合・製造および施工ガイドライン¹⁾」に準拠して実施した。注水試験では打継ぎ界面に取付けた注入ホースから注水し、高い水圧をかけて水圧の低下および漏水の有無を調べた。

3. 実験結果

3.1 無収縮高流動コンクリートのフレッシュ性

イニシャルコンクリートおよび無収縮高流動コンクリートのフレッシュ性状を表-3に示す。荷卸し時のスランブが20.5cmのイニシャルコンクリートに無収縮高流動コンクリート用混和剤を添加することで、スランブフロー63.0cm×61.5cmの無収縮高流動コンクリートが製造された。試験体に無収縮高流動コンクリートを圧入後、筒先から採取した無収縮高流動コンクリートのスランブフローは71.0cm×68.5cmであった。また、無収縮高流動コンクリートのブリーディング量は0cm³/cm³であった。

無収縮高流動コンクリートのアルミニウム粉末の発泡による自由膨張率の経時変化を図-3に示す。最大自由膨張率は2.27%（打設から約4時間後）であり、その後、少し膨張率が低下したが、目標膨張率の2%をやや上回る程度となった。

3.2 無収縮高流動コンクリートの圧入施工

写真-3に示すようにポンプ車からの圧送管を試験体の上部スライドバルブの圧入口に接続し、無収縮高流動コンクリートを圧入した。圧入された無収縮高流動コンクリートは試験体内ではほぼ水平を保った状態で打ち上げられ充填されていった。空気抜き管内の空気を完全に押出すのに十分な量の無収縮高流動コンクリートが排出されたのを確認した後、圧入口と空気抜き管のスライドバルブを閉めた。

3.3 無収縮高流動コンクリートの硬化性状

無収縮高流動コンクリートの硬化に伴う内部温度の経時変化を図-4に示す。低発熱セメントを使用したことにより、コンクリートの内部温度は最高52.2℃であった。標準水中養生した供試体の圧縮強度は、材齢1週で26.4N/mm²、材齢13週で58.2N/mm²であった。

表-2 試験項目

区分	試験項目	試験内容
フレッシュ時	スランブフロー	JASS 5T-503による
	空気量	JIS A 1128による
	ブリーディング量	JIS A 1123による
	自由膨張率	鋼製型枠φ10×20cmを用いた円柱供試体の鉛直方向の膨張変位を計測する
硬化後	圧縮強度	JIS A 1108, JIS A 6202 参考2による標準水中養生

表-3 フレッシュコンクリートの試験結果

コンクリート種類	イニシャルコンクリート		無収縮高流動コンクリート	
	出荷時	荷卸し	混和剤投入後	圧入終了後筒先
試験時間	10:00	10:30	10:45	11:45
スランブ(cm)	21.0	20.5	—	—
スランブフロー(cm×cm)	31×31	32×31	63.0×61.5	71.0×68.5
空気量(%)	2.8	3.5	3.0	—
コンクリート温度(℃)	23.0	24.1	24.9	—
ブリーディング量	—	—	0	—

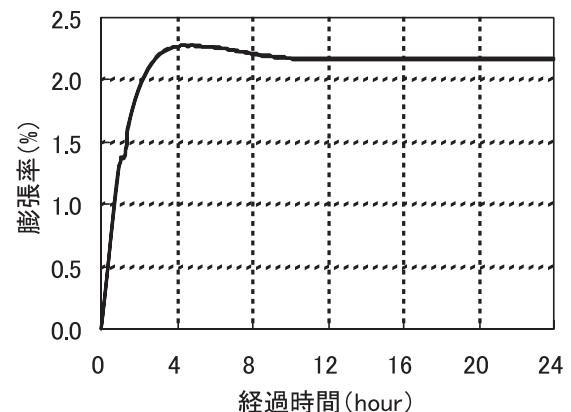


図-3 自由膨張率の経時変化

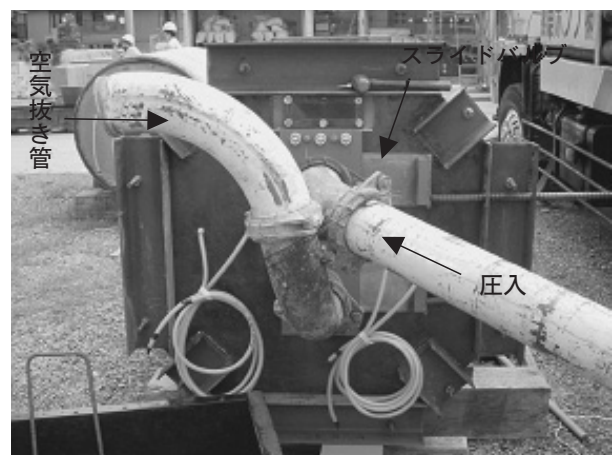


写真-3 試験体の圧入治具と空気抜き管

材齢1週時に試験体の圧入口側の鋼製型枠を脱型した。もう一方の型枠は、通常水面下にあるダム排砂管ゲート側を模擬しているため1回目の注水試験前に脱型した。脱型された試験体の端面には、空隙もなく無収縮高流動コンクリートが試験体内に完全に充填されていた。

4. 注水試験

注水試験は、コンクリートの乾燥等による収縮がほぼ収束したと考えられるコンクリート打設から約2ヶ月後に2回行った。

4.1 1回目注水試験

写真-4に示す装置を用い、まずゲート側の注入ホースに0.1MPa、0.2MPa、0.3MPaと段階的に5分間ずつ水圧をかけた。0.3MPaは水頭30m時にかかる水圧である。試験の結果、図-5(a)に示すように注水量が変化した。注入ホースは図-6に示すように、中空の硬質プラスチックのコアと、内圧・外圧に対して逆止弁の機能をもつネオプレンゴムの連続弁から構成されており、図-5に示すWaは、水圧をかけたことによる注入ホースの開閉弁の変形により注入した水量と、試験体から加圧ポンプまでの露出されたホース部分の水圧による膨張により増加した水量である。従って、Waは注入ホースの構造上、注水試験を行うたびに必ず注水される。Wbは、図-6に示すように、打継ぎ面と円形の注入ホースとの接する部分にある僅かな未充填部と、コンクリートに埋設された注入ホース近傍のコンクリートに吸収される水量と考えられる。従って、Wbは最初に注水した際に必ず注入される。

圧入口側の注入ホースには、図-5(b)に示すようにまず0.3MPaの水圧をかけたところ、注水量は94ccで、ゲート側の試験時に注入されたWaとWbの合計量とほぼ同量であった。そのまま5分間0.3MPaの水圧をかけたが注水量は変化せず、さらに10分間同じ水圧をかけたところ、コンクリートの吸水と考えられる注水が18ccほどあったが、その後5分間、注水量は変化しなかった。試験終了後、注入ホースの圧力を開放した。

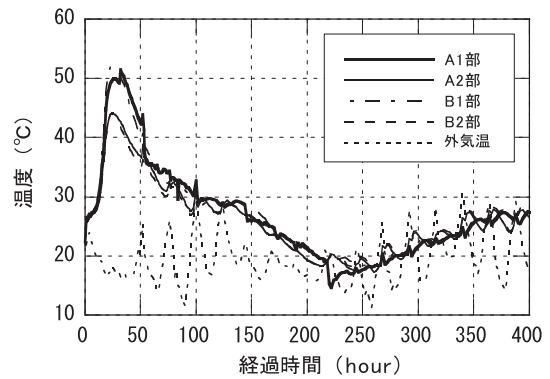
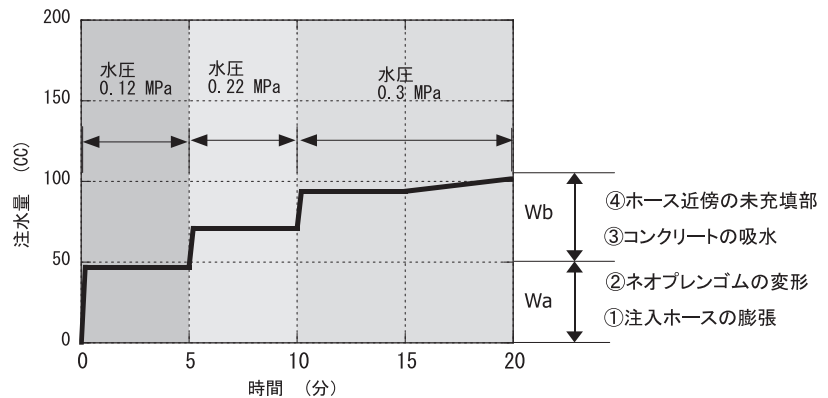


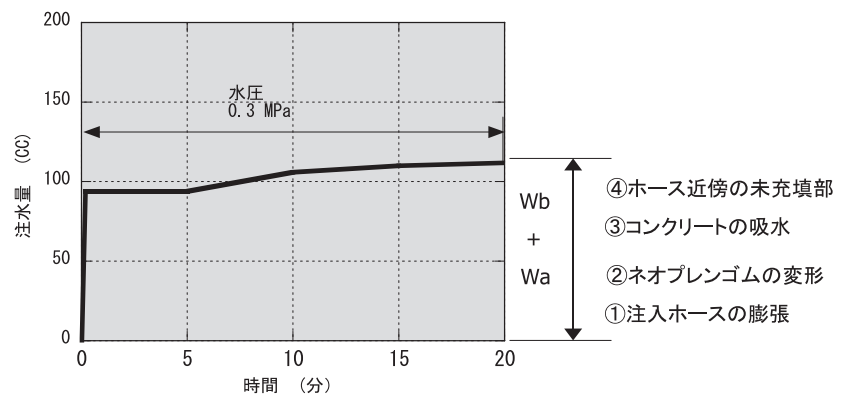
図-4 内部温度の経時変化



写真-4 注水試験状況

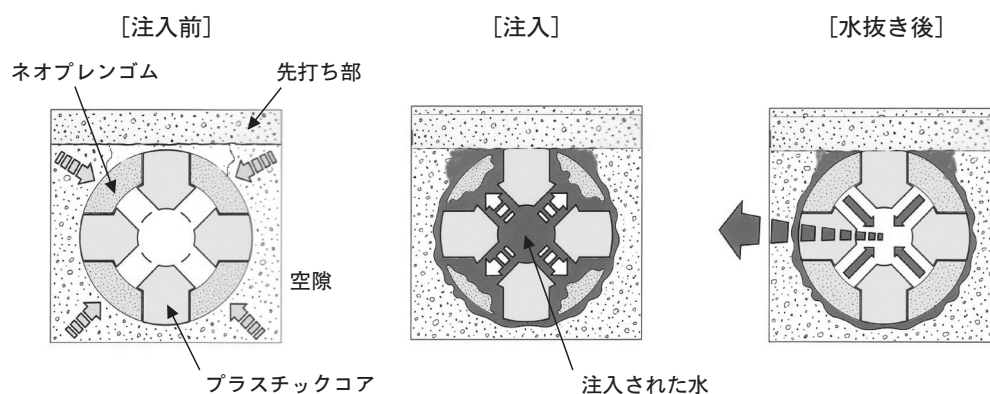


(a) ゲート側からの注水量



(b) 圧入口側からの注水量

図-5 1回目注水試験結果



図－6 注入ホースの注入メカニズム

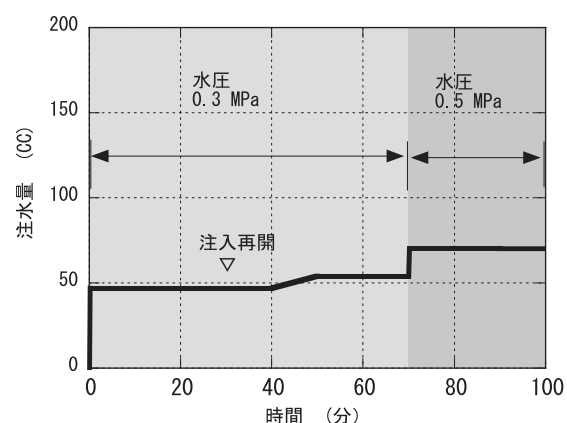
4.2 2回目注水試験

1回目注水試験から4日後に2回目の注水試験を行った。

まず圧入口側の注入ホースに0.3MPaの水圧をかけたが W_a に相当する水量が注水された後、10分間で3ccの注水があっただけでその後の変化はなかった。

次にゲート側の注水試験を行った。その結果を図－7に示す。注入ホースに0.3MPaの水圧を30分間かけたが、 W_a に相当する水量が注水された後は、全く注水量に変化が見られなかった。その後、注入ホースに0.3MPaの水圧を40分間かけたが、コンクリートの吸水と考えられる7cc程度の注水が見られただけで、その後は変化が見られなかった。そこで、注入ホースにかかる水圧を水頭50m時の水圧に相当する0.5MPaに上昇させたところ、その直後に16ccの注入があった。この注入された水は、水圧を増したことによる注入ホースのゴム製開閉弁の変形によるものと、試験体から加圧ポンプまでの露出されたホース部分の膨張などによると考えられる。その後、30分間0.5MPaの水圧をかけ続けたが、注水量は増加しなかった。

ゲート側および圧入口側のいずれの面からも漏水は全く見られなかった。



図－7 2回目注水試験結果（ゲート側）



写真－5 コア採取位置

5. 界面付着性確認のためのコア採取

逆打ちとなる試験体頂部でのヒューム管と無収縮高流動コンクリートとの付着性状を確認するために、写真－5に示す位置からコア（ $\phi 10\text{cm}$ ）を採取した。写真－6に示すように逆打ちであるにもかかわらず、打継ぎ目（打ち継ぎ目）が判らないほどヒューム管と無収縮高流動コンクリートとが完全に密着していることが確認できた。



写真－6 採取コア

6. まとめ

施工実験結果から、以下のことが明らかとなった。

- (1) 無収縮高流動コンクリートは圧入施工することで、試験体のヒューム管内に密実に充填できる。
- (2) コンクリートの乾燥収縮がほぼ終了するコンクリート打設から約2ヶ月後に注水試験を行ったが、無収縮高流動コンクリートとヒューム管との打継ぎ界面が、0.5MPaの水圧にも耐える高い水密性をもつことができる。

以上のことから、ダム排砂管を無収縮高流動コンクリートで充填することにより高い水密性をもった閉塞が可能である。

〔参考文献〕

- 1) 財団法人 日本建築センター：建築施工技術・施工審査証明報告書 無収縮高流動コンクリート「フィルクリート/FILLCRETE」、2001.12
- 2) 石原誠一郎、立松和彦、山崎順二、高見錦一、内井栄二：無収縮高流動コンクリートを用いた逆打ち工法の実大施工実験、浅沼組技術研究所報No.11、pp.57～64、1999
- 3) 石原誠一郎、三橋博三、立松和彦、山崎順二：無収縮高流動コンクリートで一体化した逆打ちコンクリートの打継ぎ部せん断性状、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21、No.2、pp.439～444、1999
- 4) 石原誠一郎、三橋博三、立松和彦、山崎順二：無収縮高流動コンクリートに関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp.375～376、1999.9
- 5) S.Ishihara, H.Mihashi, K.Tatematsu, J.Yamasaki, Fundamental Study on Shrinkage Compensating High Fluidity Concrete, International Workshop on Control of Cracking in Early-Age Concrete, August.2000