

# 報告 砂すじ, あばたの発生要因と低減方法に関する実験的検討

片野 啓三郎\*1・川西 貴士\*2・近松 竜一\*3

**要旨:** コンクリート構造物の美観を損なう不具合事象として、「砂すじ」および「あばた」を対象とし、これらの発生に及ぼす影響要因について実験的に検討し、その低減対策の効果を検証した。その結果、鉛直面に発生する砂すじを防止するにはブリーディングを少なくし、型枠の継目に発生する砂すじを防止するには隙間を生じさせないこと、あばたの低減には各種の器具を用いたスペーシング処理や透水型枠の使用が効果的であることを確認した。

**キーワード:** 出来ばえ, 砂すじ, あばた, ブリーディング, 透水型枠, スペーシング

## 1. はじめに

打放しコンクリート構造物における美観を損なう不具合事象として、砂すじ、あばた、打重ね線、色むらなどが挙げられる。

これらの事象は、いずれもコンクリートの表面あるいは表層部に発生し、その発生要因としてはコンクリートの品質や施工方法に関わるものなど多岐にわたる<sup>1),2)</sup>。一般には必ずしも構造物の機能や性能を左右するものではないが、これらの不具合の発生を防止あるいはできるだけ低減することにより、美観を保つとともに表層部のコンクリートを緻密にし、かぶりの耐久性を高めることができる。

著者らは、これまでに豆板、コールドジョイント、かぶり不足などの耐久性に影響を及ぼす不具合事象について、その発生を防ぐために事前に施工計画を照査する手法について検討を進めてきた<sup>3)</sup>。しかし、コンクリート表面の出来ばえを左右する各種の事象については、経験や施工実績に基づいて適宜対策を講じているのが実情である。

そこで、本報告では、これらの事象のうち、「砂すじ」と「あばた」を対象とし、それらの発生要因について実験的に検討したうえで、その対応策の効果を確認した。

## 2. 砂すじの発生と防止に関する実験

### 2.1 砂すじの種類と発生要因

砂すじは、自由水やセメントペースト、モルタルなどが流れ出し、コンクリート表面に細骨材が縞状に露出したものである。

砂すじには、コンクリートが接するせき板などの表面において鉛直方向に発生する場合(写真-1 (1))と、鉛直面に限らず、型枠などの継目において発生する場合(写真-1 (2))がある。



(1) 鉛直面に生じた砂すじ



(2) 型枠の継目に生じた砂すじ

写真-1 砂すじの事例

せき板などの鉛直面に発生する場合には、打重ね時に下層コンクリートに溜まったブリーディング水が、上層コンクリート締固め時に型枠に沿って水みちを形成しながら瞬時に上昇する際にコンクリート表面を洗い流すことで形成されるといわれている<sup>4)</sup>。型枠面を浮上するブリーディングが主要因として考えられる。

一方、型枠の継目に発生する場合は、型枠の継目からモルタルあるいはペーストが流出することが主な原因であり、継目の隙間の大きさが重要な要因になると考えられる。そこで、本報告では、これらのブリーディングおよび型枠の継目の隙間に着目した実験を行った。

\*1 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 工修 (正会員)

\*2 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部副課長 工修 (正会員)

\*3 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部担当課長 工博 (正会員)

## 2.2 鉛直面に発生する砂すじに関する実験

ブリーディングが砂すじの発生に及ぼす影響を確認するために、幅 600mm×高さ 600mm×厚さ 200mm の壁モデル試験体を使用した。この型枠の中にコンクリートを 2 層に分割して打ち込み、下層コンクリート上に溜まったブリーディングの上昇が砂すじの発生に及ぼす影響を実験的に検討した。

実験には、水セメント比を変化させることでブリーディング量を変えた 3 種類のコンクリートを使用した。実験に用いたコンクリートの配合および品質を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は山砂、粗骨材は碎石を使用した。配合 1 については、ブリーディング量を増加させるために単位水量を 180kg/m<sup>3</sup> に増加した。また、これらのコンクリートのブリーディング試験結果を図-1 に示す。

ブリーディングが型枠の表面に沿って上昇する状況を確認するために、下層コンクリートはあらかじめ顔料を混ぜて着色しておいた。下層コンクリートを締め固めた後、30 分間静置し、ブリーディングが下層コンクリートの天端に溜まった状態で、上層コンクリートを打ち込み、締め固めた。コンクリートの締め固めは、上層、下層のコンクリートとも型枠中央部に φ30mm の内部振動機を挿入し、10 秒間振動を加えた。

配合 3 における上層コンクリート締め固め後の状況を写真-2 に示す。上層コンクリートの打込みに伴い、下層コンクリートの上面に溜まったブリーディング水が、型枠際に移動し、締め固めに伴い上部へと上昇していく状況が確認された。

次に、脱型後のコンクリート表面の状況を写真-3 に示す。着色された下層コンクリートのブリーディング水が、型枠面に沿って上昇している様子が確認された。また、ブリーディング量が多い配合ほど、ブリーディング水の上昇の程度も増加することが確認された。

今回の実験では、ブリーディング量が多いほど型枠面に沿ってブリーディング水が上昇する様子が観察されたものの、硬化後に写真-1 に示すような顕著な砂すじ

表-1 コンクリートの配合および品質

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				品質試験結果			
			W	C	S	G	スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	ブリーディング率 (%)
1	60.0	41.0	180	300	725	1063	17.5	4.9	0.28	6.1
2	55.0	43.0	160	291	786	1062	9.0	4.9	0.15	3.6
3	40.0	48.0	160	400	834	921	9.0	4.7	0.03	0.6

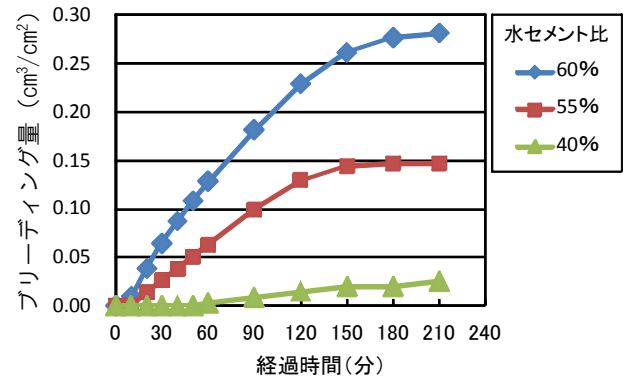


図-1 ブリーディング試験結果



写真-2 コンクリート締め固め後のブリーディング水の上昇 (ブリーディング量 0.28cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>)

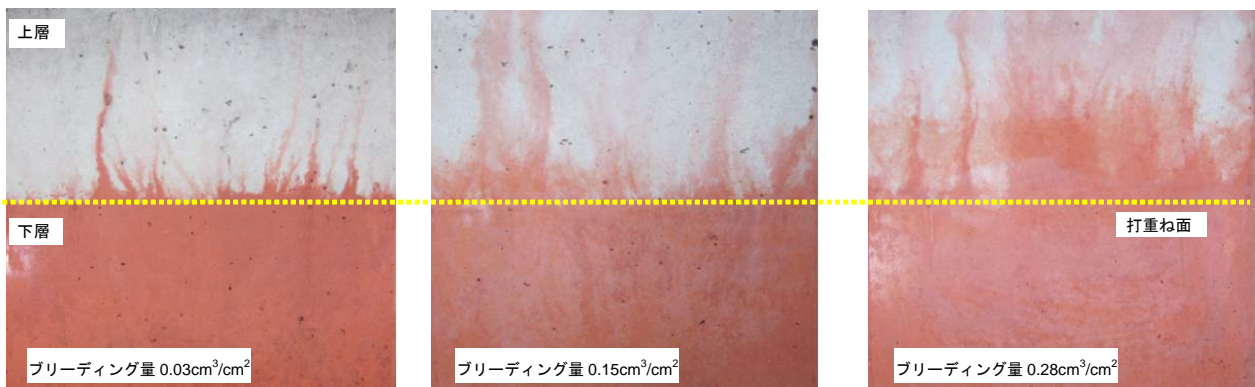


写真-3 脱型後のコンクリート表面

は生じなかった。しかし、ブリーディングが型枠面に沿って上昇することで砂すじが形成されやすい<sup>4)</sup>といわれており、施工条件によっては、ブリーディングが浮上する際に型枠際のコンクリートを洗い流し、砂すじの発生要因となり得ると考えられる。

### 2.3 型枠の継目に発生する砂すじに関する実験

型枠の継目に生じる砂すじは、継目の隙間の大きさが支配的な要因と考えられる。型枠の隙間から流出するブリーディング水やモルタルの影響を確認するために、ブリーディング量および型枠の隙間の大きさを変えて実験を行った。実験には、表-1に示す配合1および2のコンクリートを使用した。型枠の継ぎ目部の隙間は、0mm, 1mm, および 2mm の3種類で実験を行った。実験ケースを表-2に示す。

実験には、前節の砂すじに関する実験と同様に、幅 600mm×高さ 600mm×厚さ 200mm の壁モデル試験体を用いた。コンクリートは2層に分けて打ち込み、φ30mmの内部振動機を用いて10秒間締め固めた。

各ケースの脱型後の状況を写真-4に示す。また、各ケースにおける型枠の隙間からのモルタルの流出量の比較を図-2に示す。さらに、モルタルの流出量と砂すじ面積の関係を図-3に示す。

隙間がないケース (Case-1, Case4) については、砂すじの発生は認められなかった。一方、型枠の継目の隙間が大きい場合ほど、モルタルの流出量も増大し、広範囲にわたって砂すじが生じることが確認された。

図-3より、モルタルの流出量の増加に伴い、砂すじの面積率が増加する傾向が確認された。しかし、ブリーディング量 (Case-1~3とCase-4~6) で比較すると、ブ

表-2 実験ケース

ケース No.	W/C (%)	ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	型枠の隙間(mm)
Case-1	60	0.28	0
Case-2			1
Case-3			2
Case-4	55	0.15	0
Case-5			1
Case-6			2



W/C 60%, ブリーディング量 0.28cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>  
Case-1 隙間 0mm      Case-2 隙間 1mm      Case-3 隙間 2mm



W/C 55%, ブリーディング量 0.15cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>  
Case-4 隙間 0mm      Case-5 隙間 1mm      Case-6 隙間 2mm

写真-4 型枠の継ぎ目位置における砂すじの発生状況

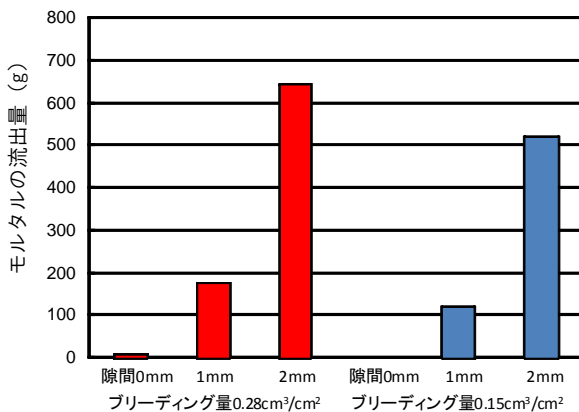


図-2 型枠の隙間からのモルタルの流出量

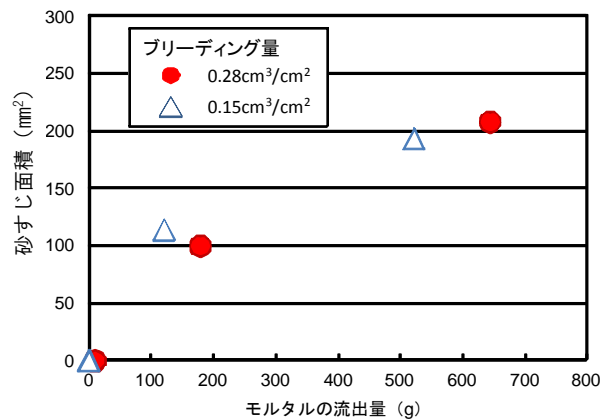


図-3 モルタルの流出量と砂すじ面積の関係

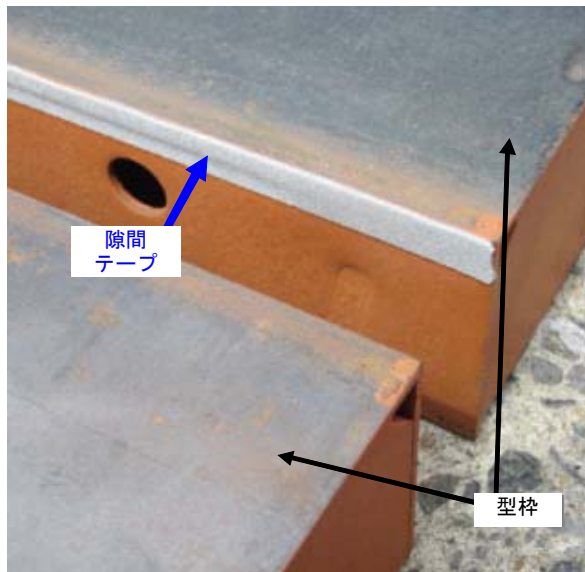


写真-5 隙間テープ

リーディング量が砂すじの程度に及ぼす影響は比較的小さかった。したがって、型枠の継目に発生する砂すじは、ブリーディングの影響より型枠の隙間の大きさの方が支配的な要因となることを示すものといえる。

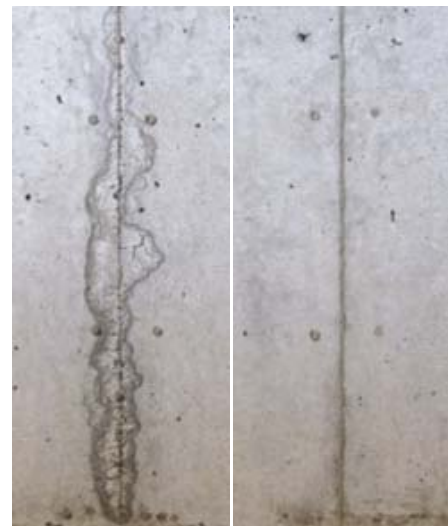
#### 2.4 砂すじを防止する対策の検討

砂すじを防止するうえで、コンクリートの品質面からは、ブリーディングを低減する必要がある。たとえば高性能 AE 減水剤の使用などによる単位水量の低減や、セメント量の増加、石灰石微粉末の使用または細骨材率の増加などによる粘性の増加が挙げられる。また、施工面からは、打ち重ねる前にブリーディング水を除去する、打上り速度や1層の打込み高さを低減するなどの対策が挙げられる。

型枠の継ぎ目に発生する砂すじを防止するには、型枠の隙間を低減することが重要である。打込み高さが大きい部材では、型枠に作用するコンクリートの圧力により、施工中に型枠の継目が開く場合が想定されるので、型枠および支保工を強固に組み立てることが重要である。また、型枠の隙間が開かないような工夫として、型枠を組み立てる際に継目に隙間テープを貼り付け、側圧が作用したとしても隙間が開くのを物理的に防止する方法が考えられる。

2.3の実験において、継目の隙間の大きさを2mm開けた Case-6 を対象として、アクリル系接着剤付きのポリウレタン製隙間テープを型枠端部に貼り付けることで隙間を塞いだ。隙間テープの貼付け状況を写真-5 に、また、脱型後のコンクリート表面の状況を写真-6 に示す。

写真-6 に示すように、隙間テープを設けることで砂すじは防止できることが確認された。なお、仮に、型枠を組み立てた後に隙間が見つかった場合には、シーリング材等で隙間を埋めるなどの方法も考えられる。



隙間テープなし  
(Case-6)

隙間テープ有り

写真-6 隙間テープによる砂すじの低減効果

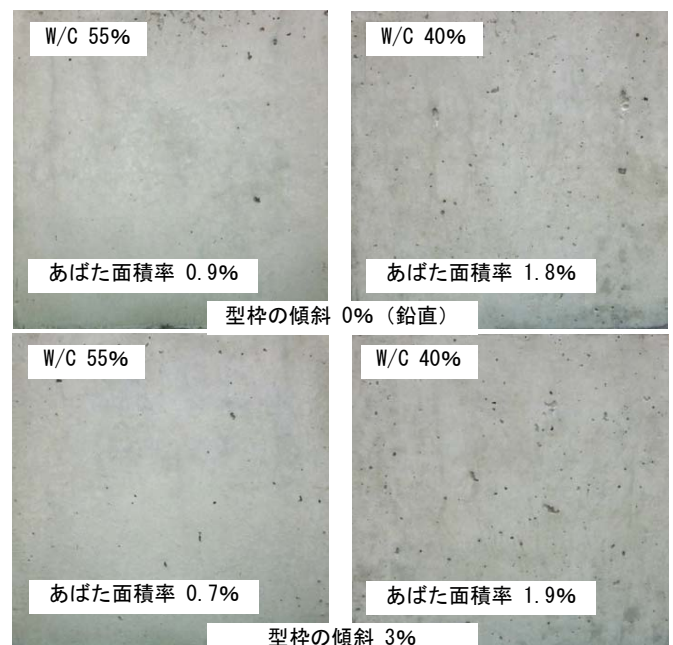


写真-7 あばたの発生に及ぼすコンクリートの粘性および型枠の傾斜角度の影響

### 3. あばたの発生と低減に関する実験

#### 3.1 あばたの発生要因に関する実験

あばたは、せき板に接するコンクリート表面に気泡が生じた状態で硬化したものである。コンクリートの打込み時に混入したエントラップトエアが、締固めに際して型枠の表面に移動し、そのまま留まった場合に発生する。

あばたは、粘性が高いコンクリートほど生じやすく、また、型枠が傾斜するほど発生しやすいことが知られている<sup>5)</sup>。スランブが同じコンクリートでも水セメント比が小さい場合ほど粘性が大きくなる。また、鉛直面の型枠であっても、施工誤差によって数%の傾きが生じる場合が想定される。そこで、これらの要因の水準を変化させ、あばたの発生に及ぼす影響について検討した。

表-3 スペーシング用器具の概要

器具の種類	概要と使用方法
楕状気泡抜き取り器具	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アルミ製の柄の先端にピアノ線を平行に配した楕状の器具</li> <li>・打ち込んだコンクリートに型枠に沿って小さく上下にゆすりながら挿入し、引き抜く</li> </ul>
回転式スペーシングロッド	<ul style="list-style-type: none"> <li>・らせん状のロッドがモーターで回転する機械。</li> <li>・打ち込んだコンクリートの型枠面にロッドを差し込み、回転しながら型枠面に押し当てるように移動する</li> </ul>
型枠振動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・型枠の外側から接触させてコンクリート表面を締め固めるタイプの振動機</li> </ul>
板状内部振動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・先端にヘラやパンチングプレートを装着した内部振動機</li> <li>・打ち込んだコンクリートに型枠に沿って挿入する</li> </ul>

実験には、粘性が相違するコンクリートとして、表-1 に示す配合 2 および 3 の 2 種類のコンクリートを用いた。また、型枠には鉛直に組み立てた傾斜のない場合および 3% 傾けて組み立てた場合の 2 種類を用いた。

試験体は、前述の実験と同様に、幅 600mm×高さ 600mm×厚さ 200mm の壁モデル試験体を用いた。試験体の天端面まで 1 層で打ち込んだ後、φ30mm の内部振動機により 10 秒間締め固めた。

脱型後のコンクリート表面の状況を写真-7 に示す。水セメント比を 40% としたコンクリートの方があばたの面積率が大きい結果となった。型枠の傾斜については、優位な差は認められず、3% 程度の傾斜では、あばたの発生には大きく影響しない結果となった。

### 3.2 スペーシングによるあばたの低減効果の検証

コンクリート中から気泡を取り除く器具については、物理的に気泡を抜くタイプと、振動を与えることにより気泡を集積し、気泡の径を大きくして抜き取るタイプの 2 種類がある。そこで、市販されている各種の器具を用いた場合のあばたの発生に及ぼす影響を確認した。

実験に用いたスペーシング用器具は、物理的に気泡を抜き取るタイプとして、楕状気泡抜き取り器具と回転式スペーシングロッドの 2 種類、振動を与えて気泡を集積しながら脱泡するタイプとして、型枠振動機と板状内部振動機の 2 種類を用いた。使用した器具の概要を表-3 に示す。また、比較として、木槌によるたたきのみを実施した場合も実験を行った。

試験体は、前節までの実験と同様に、幅 600mm×高さ 600mm×厚さ 200mm の壁モデル試験体を用いた。試験体の天端面まで 1 層でコンクリートを打ち込み、φ30mm の内部振動機締め固めた後、各種の器具を用いてスペーシングを実施した。なお、ここではスペーシング用器具の使用による過剰な締め固めを防止するために、内部振動機による締め固めは 5 秒間とした。実験には、表-1 に示す配合 3 のコンクリートを使用した。

結果を写真-8 に示す。木槌によるたたきのみを行った場合に比べ、各種の器具でスペーシングを実施することにより、いずれもあばたの発生を低減できることが確認された。したがって、あばたの低減には、内部振動機による締め固めのみでなく、スペーシングを行うことが重

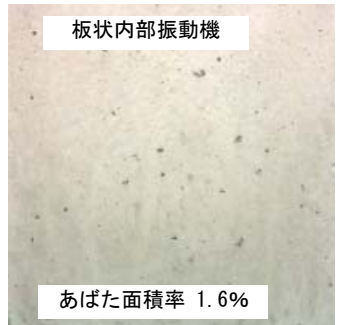
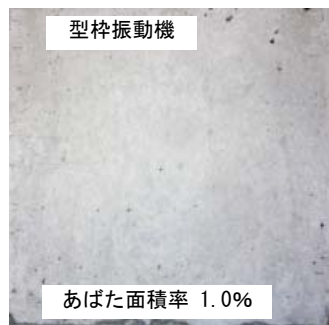
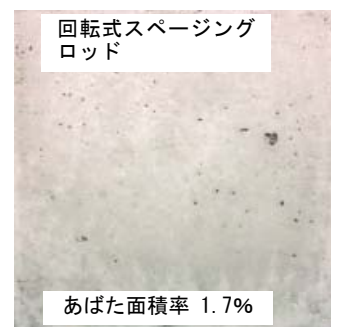
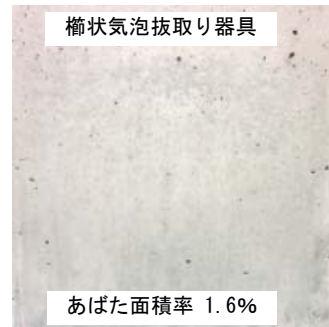
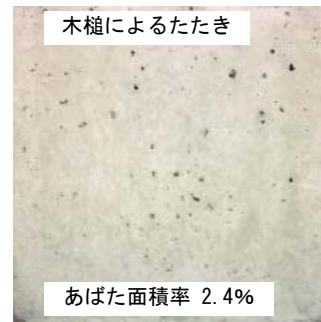


写真-8 スペーシングによるあばたの低減効果

要であることがわかった。

今回の実験では、型枠振動機が最もあばた面積率を低減する結果となったが、これらの器具の使用効果については、型枠表面に生じるブリーディング水の発生状況や作業の時期の影響によっても左右される可能性がある。これらの器具を用いた場合の適切な処理方法については今後さらに検討を進める予定である。

### 3.3 透水型枠によるあばたの低減効果の検証

型枠の傾斜が大きくなり、スペーシングによる対応が困難な場合、透水型枠を用いることでコンクリート表面のあばたを大幅に軽減することができることが知られている<sup>9)</sup>。そこで、実大壁モデルのハンチ部（縦 500mm



写真-9 透水型枠の使用によるあばたの低減効果

×横 500mm×幅 5000mm) を用いて、透水型枠によるあばたの低減効果を検証した。

実験では、型枠傾斜角度 45° の部位を対象とし、木製型枠および透水型枠を使用した場合であばたの発生に及ぼす影響を比較した。木製型枠は市販の化粧型枠を使用し、透水型枠は、余剰水と気泡を透過させるポリエステル製の透水シートと、透過したものを型枠外に排出させるポリエチレン製の排水ネットの二重構造のシートを木製型枠に貼り付けたものを使用した。実験に使用したコンクリートは水セメント比 50%、スランプ 8cm とした。結果を写真-9 に示す。透水型枠の使用により、あばた面積率が 6.0% から 0.1% にまで大幅に低減された。

#### 4. まとめ

本報告の範囲内で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) ブリーディングが多いコンクリートを使用すると、型枠面に沿って上昇するブリーディング水が増加し、砂すじを発生させる可能性がある。
- (2) 型枠の継目に沿って発生する砂すじを低減するには、型枠の継ぎ目の隙間を塞ぎ、モルタルやブリーディング水の流出を防ぐことが効果的である。
- (3) 施工誤差に起因する型枠の 3% 程度以下の傾きは、あばたの発生量に影響を及ぼさない。
- (4) あばたの発生を低減するために、各種の器具を使用し、表面付近の振動締めやスペーシングを入念に

行うことが重要である。また、傾斜の大きい部材においては、透水型枠が効果的である。

#### 参考文献

- 1) 和泉意登志：コンクリートの表現を生かす技術 コンクリートという素材を造る，建築技術，No.611，pp.102-107，2001.1
- 2) 和泉意登志：建築の立場から，コンクリート工学，Vol.40，No.5，pp.95-102，2002.5
- 3) 川西貴士，近松竜一，入矢桂史郎，十河茂幸：初期欠陥発生危険度によるコンクリート施工計画照査システムの開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1361-1366，2006.6
- 4) 辻正哲，三田勝也，赤津雅之，佐々木憲明：コンクリート表面欠陥の一種である砂すじおよび砂縞の発生メカニズムに関する研究，第 62 回セメント技術大会講演要旨，pp.294-295，2008.5
- 5) 社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術 [基礎編]，pp.14-16，2005.1
- 6) 牛島栄，酒井芳文，原田和樹：各種脱水型枠を用いたコンクリート表面性状および耐久性，セメントコンクリート論文集，No.47，pp.450-455，1993
- 7) 竹中寛，末岡英二，安田正雪：透水型枠工法を用いたコンクリートの表面品質の改善に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.955-960，2009.7