

コンクリート表層部に発生する砂すじおよび砂縞の発生メカニズムに関する研究

東京理科大学 学生会員 ○三田 勝也
 東京理科大学 学生会員 佐々木憲明
 東京理科大学 学生会員 佐々木 彬

東京理科大学 正会員 辻 正哲
 東京理科大学 学生会員 赤津 雅之
 東京理科大学 学生会員 広瀬 泰之

1.はじめに

コンクリート構造物の長寿命化にあたり、維持管理の重要性が幅広く認識されるようになってきた。そして、その維持管理における点検の位置付けもコンクリート標準示方書などで明確になってきた。しかし、点検結果に基づいて、劣化進行状況と性能低下を評価する方法については、未だ技術者の経験に頼っている部分もある。特に、初期点検で発見される砂すじや砂縞については、その評価方法に不明な点が多く残されている。

砂すじの場合、日本非破壊検査協会規準「コンクリート構造物の目視試験方法 (NDIS3416:2005)」では、「細骨材が筋状に露出した状態」で、「ブリーディングの多いコンクリートの浮き水を取り除かないで打ち重ねた場合や軟練りコンクリートを過度に締め固めた場合に発生する。」と記述されている。

一方、砂縞については日本コンクリート工学協会<ビデオ教育講座シリーズ>「良いコンクリート・悪いコンクリート」(1983~1996年製作)では、「型枠の継目からの水漏れが原因で発生しやすい。」と解説されている。このように、砂すじおよび砂縞については、それらの状態や発生しやすい条件は示されているものの、発生機構や定義上の両者の相違も明確になっていないのが現状である。

本研究では、砂すじおよび砂縞が発生した場合の劣化予測の一助となるように、透明型枠を用いて砂すじおよび砂縞の発生の様子を捉え、その発生機構について検討した。そして、砂すじおよび砂縞の相違は見た目だけではなく、発生機構にも相違点があることを明らかにした。

2.実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、骨材には鬼怒川産川砂および山梨産砕石を用いた。混和剤には AE 減水剤と AE 助剤を使用した。コンクリートの配合は表-1 に示したとおりである。スランプおよび空気量は、それぞれ $12.0 \pm 2.5\text{cm}$ および $4.5 \pm 1.5\%$ の範囲にあった。また、各配合でブリーディング試験 (JIS A 1123) を行った。

2.2 透明型枠の概要

今回使用した型枠は、高さ 30cm の 1.5ℓペットボトル (直径 8.8mm) の上部 10cm を切り取った高さ 20cm の写真-1 に示した形状のものである。砂縞の発生機構を調べる試験では、さらに底面から 7cm, 12cm, 18cm のところで型枠側面に (100 円程度の文具用) カッターを用いて水平に約 90mm のスリッ

表-1 示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				Ad (ml/m ³)	
		W	C	S	G	AE減水剤	AE剤
55	44	180	327	762	1027	981	327
		170	309	780	1051	927	309
		160	291	798	1075	873	291
	47	180	327	814	972	981	327
		170	309	833	994	927	309
		160	291	852	1017	873	291

※砂すじの試験に W=180 (kg/m³)、s/a=44%の配合のみ用いた。



写真-1 下層打込み後のビデオカメラによる撮影状況



(a) 締固め直後の砂すじの様子



(b) 締固め直後より約 10 秒後の砂すじの様子

写真-2 砂すじの様子 (打重ね時間間隔 90 分)

トをいれ、型枠からの水漏れを再現した。

2.3 打込み・締固め方法

コンクリートは各層 10cm として 2 層に分けて打

キーワード コンクリート、砂すじ、砂縞、ブリーディング、初期欠陥

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 番地 東京理科大学理工学部土木工学科 TEL04-7124-1501

E-mail : saori@rs.noda.tus.ac.jp

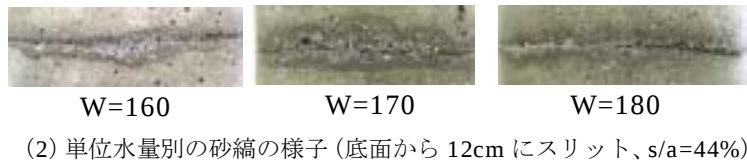
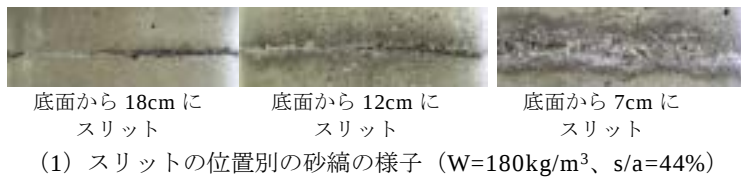


写真-3 砂縞の相違の様子

込み、突固めには直径 6mm の突棒を用いた。なお、下層上面に析出したブリーディング水の処理は一切行わなかった。

砂すじを観察する試験では、下層コンクリート打込み後の打重ね時間間隔を 30、60、90、120 および 180 分の 5 段階に変化させた。ブリーディング水の挙動を観察するため、上層コンクリート打重ね直前に墨汁を用いて下層上に溜まったブリーディング水を着色した。また、締固めは通常の 10 倍の回数に相当する各層 60 回突固めとしたが、上層打込み後は下層に届かないように上層のみの突固めとした。

砂縞を観察する試験では、各層 6 回の突固めとし、上層突固め時には突棒の先端が下層に達するまでとした。なお、打重ね時間間隔は一切設けなかった。

砂すじおよび砂縞どちらの場合も、ビデオカメラを用いて、欠陥形成の様子を記録した (写真-1)。

3. 実験結果および考察

写真-2 は、打ち重ね時間間隔が 90 分における打重ね直後とそれから約 10 秒後の砂すじの様子を示している。写真 (a) は突き固め直後の様子であり、赤○をつけた箇所は、上層コンクリートを供試体中心部から入れ始めたため、型枠に接する一部にまず空隙が形成され、その後のコンクリート打込み時にも空隙の大きさは若干小さくなるものの残存し、突固め時にその空隙内にこわばり始めた下層上面に溜まったブリーディング水が瞬時に流れ込んで発生した模様である。その後静置したにもかかわらず、赤○をつけた部分をブリーディング水が上昇し、写真 (b) のように砂すじが進展していった。この様子は、程度の差はあるが、打ち重ね時間間隔 30 分以上すべての場合に見られた。以上観察結果をまとめると、以下の①～③のようになる。

- ①打込み時直後に型枠面付近に空隙形成される。
- ②締固め直後に、その空隙にブリーディング水が速やかに流入する。その後の締固めによって水道が形成され、締固めが進むに連れてその水道を中心に水が上昇し、その付近のコンクリートが洗われる。
- ③締固め終了後も、水の上昇が続き洗い出されて砂すじとなる部分が広がる。

写真-3 に、スリット位置および単位水量別の砂縞の様子を示した。いずれの砂縞も、スリットからののろの漏れによって発生した。今回は型枠の剛性が低かったことおよびスリットが切り込みであったこ



写真-4 脱型後に発生する砂すじ

($W=180\text{kg/m}^3$, 底面から 18cm にスリット)

とが関係している恐れもあるが、スリットより上のコンクリートの打込み高さが大きいほどすなわち作用する圧力が高いほど砂縞は大きくなり、単位水量の影響はあまり受けないようであった。

写真-4 は、スリット部での砂縞と脱型時に表層部のペーストが剥離して砂すじの両方が発生した例である。こうした例は、 s/a が 47% と大きい配合でかつスリットが上部あるいは中部にある場合に見られた。また、砂すじは、スリットの上方にも発生する場合もあったが、スリットの下方に発生しやすいようであった。こうした砂すじは、打重ねの場合に発生した砂すじよりも、すじの深さは浅いようであった。以上のことと観察の結果より、スリットの上部あるいは下部のコンクリートから析出したブリーディング水は、型枠面に沿ってスリットから漏れ出すように水道を形成し、水道周辺に砂すじを形成したと考えられる。そのため、打重ね時に下層上面に溜まった水によって一気に洗い流されるのと異なり、砂すじの深さが浅くなったと考えられる。また、 s/a が大きいほど、型枠と接する部分でコンクリート中に捕獲されるブリーディング水量が多くなり、脱型に剥離する型枠と接する付近の脆弱な層が発生しやすくなったと考えられる。

4. まとめ

透明型枠を用いて、砂すじおよび砂縞の発生メカニズムを検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1、打重ね時に発生する砂すじは、下層コンクリート上面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、型枠に沿って水道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やすい。締固め後に、コンクリートから析出したブリーディング水が型枠面に沿って水道を形成しながら上昇あるいは型枠から漏れ出す際にも、砂すじは形成されるが、そのすじの深さは比較的浅い。
- 2、砂縞は、締固めの際に型枠の継目などからのろが漏洩することで形成されるため、その欠陥の程度は継目に作用する圧力が高いといったように、のろが流出しやすい方がひどくなる。

以上のことから、砂すじと砂縞の区別は、見た目よりも発生機構によった方がよいと考えられる。