コンクリートの打重ねにともなう砂すじの発生機構に関する実験的検討

東京理科大学　学生員　○中島　裕幸　　東京理科大学　正会員　辻　正哲
東京理科大学　学生員　三田　勝也　　東京理科大学　学生員　田口　哲平

１．はじめに

近年，コンクリート構造物の早期劣化が問題となっているが，こうした問題の原因の一つに，施工の合理化にともなうコンクリートの軟練り化と打込み速度・高さの増大が考えられる．こうした合理化は，ブリーディングの発生を助長することが多い．

一方,ブリーディングが多くなると,コンクリートがポーラスになり早期劣化の原因となる他，材料分離に伴う欠陥も生じやすい．また，ブリーディングが著しく多くなると，構造物の表面に「砂すじ」と呼ばれる欠陥が発生しやすくなる．そのため,早期劣化が問題となっている構造物には，竣工当初からこうした欠陥が目立つといった漠然とした指摘もあった．こうしたことから，比較的容易に発見できる砂すじの目視試験によって，構造物の施工の良否を評価できる可能性がある．しかし，砂すじはその定義すら明確ではなく発生機構について検討された事例が殆ど無いのが現状である．

本研究では，透明な型枠を用いてコンクリート表面の撮影を行い，打重ね時に発生する不連続面および砂すじの発生機構について，実験的に検討を行った．

２．実験概要

コンクリートの配合は**表－１**に示すとおりである．使用した型枠は，**写真－１**に示した寸法が縦 500㎜×横 500㎜×高さ 450㎜ のアクリルケースであり，撮影面以外をコンクリート型枠用合板で補強したものである．撮影は，**図－１**に示したようにアクリルケースから約 300㎜ 離れた位置より行った．コンクリートの打込みは 2 層に分けて行い，1 層目にホワイトセメントを用いたコンクリートを高さ 120㎜ まで打ち込み，締固めを行い，所定の時間静置させた後に 2 層目に同一配合の普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートを高さ 240㎜ まで打ち込み，締め固める方法とした．締固めは内部振動機を用い，下層に内部振動機が達しない様にする方法(上層のみ)と，下層コンクリートの再振動締固め直後に，上層コンクリートを打込み，下層まで内部振動機を挿入して締め固める方法(再振動)の２種類とした．なお内部振動機の挿入箇所は，上下層ともに断面の隅角部４箇所であり，振動時間は各々3 秒程度とした．

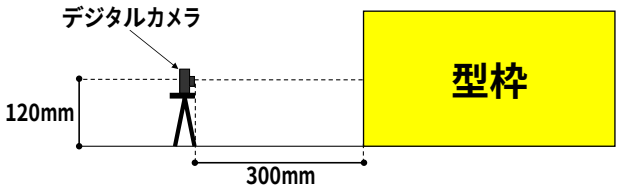
打重ね時間間隔は，2007 年制定の土木学会コンクリート標準示方書[施工編]における許容打重ね時間間隔に関する記載を参考に 30 分, 90 分および 150 分の 3 段階で変化させた．

表－１　示方配合

W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m^3)				混和剤(g/m^3)	
			W	C	S	G	Ad_1	Ad_2
55.0	12±2.5	4.5±1.5	180	327	773	1008	1047	3.27

※Ad_1：AE減水剤，Ad_2：AE剤

写真－１　透明型枠



図－１　撮影方法

３．実験結果および考察

３．１　砂すじ形成の様子

写真－２(a)～写真－２(d)に締固め終了後の打重ね部付近の様子を示した．上層のみ締め固めた場合，締固め開始直後に下層のコンクリートの上面に溜まっていたブリーディング水が，型枠側面に押し出され，セメントペースト成分を洗い流しながら，一気に上昇していく様子が確認された．その後も，コンクリート中から析出するブリーディング水が多く通過した部分に大きな水みちが形成され，その付近に砂すじが形成された．この傾向は，**写真－２(a)～写真－２(c)**に示したよ

キーワード　コンクリート，砂すじ，内部振動機，締固め，打重ね
連絡先　〒278-8510　千葉県野田市山崎2641　TEL：04-7124-1501(内線4054)　E-mail：saori@rs.noda.tus.ac.jp

うに，打重ね時間間隔が長いほど，顕著となった．しかし，再振動締固めを行ったものに関しては，**写真－2(d)**に示したように，このような挙動は見られなかった．

一方，上層のみ締め固めたものには，上層コンクリートの広い範囲で砂すじが発生し，また，継目を境に上下層のコンクリートが不連続的になっている様子が確認された．これに対し，再振動締固めを行ったものでは，砂すじはほとんど発生することなく，下層コンクリートのセメントペースト成分が上層コンクリートに混合されて上下層が連続的となっている様子が確認された．

これは，再振動締固め中に，ブリーディング水が軟らかくなったコンクリート中に均一に分散され，下層コンクリートのこわばりが解消され，上下層が一体化しやすくなるとともに，砂すじも発生しにくくなったと考えられる．

(a)打重ね時間間隔30分 (上層のみ)　(b)打重ね時間間隔90分 (上層のみ)

(c)打重ね時間間隔150分 (上層のみ)　(d)打重ね時間間隔150分 (再振動)

写真－2　締固め終了後の砂すじの様子

3．2　砂すじ発生面積率

表－2は，砂すじの発生面積率(砂すじの発生した面積の測定面上層全面積に対する百分率)を示している．

上層のみ締め固めた場合では，打重ね時間間隔が長くなるほど，砂すじの発生面積率も大きくなる傾向を得ることができた．このことから砂すじの発生には継目部に存在しているブリーディング水の量が大きく影響すると考えられる．

再振動締固めを行ったものでは，砂すじはほとんど発生しなかった．打重ね時間間隔がある程度長くなっても，次のコンクリートを打ち込む直前に先に打ち込んだコンクリートを再流動化させた後に上下層が一体となるよう締め固めることは，砂すじの発生防止および上下層の一体性確保のための有効な手段となると考えられる．

表－2　砂すじ発生面積率の比較

打重ね時間間隔※	面積率(%)	締固め※※	面積率(%)
30分	19.7	上層のみ	59.5
90分	35.3	再振動	0.467
150分	59.5		

※:上層のみ締固め

※※:打重ね時間間隔150分

4．まとめ

砂すじの発生メカニズムを実験的に検討した結果以下の点が明らかとなった．

(1)締固め開始と同時に，打重ね継目上のブリーディング水が型枠側面に沿って上昇する際に，表面のセメントペースト成分が洗い流される他，内部振動機による締固め中の圧力変動で，コンクリート中よりブリーディング水が型枠面に引き出され，型枠面付近に形成された大きな水みちを上昇する際に砂すじが発生する．

(2) 打重ね時に，継目部に溜まっているブリーディング水の量が多くなると，砂すじの発生面積が大きく深い砂すじが発生しやすい．

(3)下層コンクリートに十分な再振動締固めを行うことによりその流動性を回復させた後に，速やかに上層コンクリートを打ち込み，上下層ともに締め固めることは，砂すじの発生防止に効果的である．

参考文献

(1)赤津雅之，辻正哲：コンクリート表面に生じる砂筋の発生機構および目視試験による耐久性予測に関する研究，平成20年度土木学会全国大会第63回年次学術講演会

謝辞

実験を行うにあたり，東京理科大学の赤津雅之氏，村上栄基氏，磯祥太氏にご協力していただきました．ここに，感謝の意を表します．