

## ヘリコプタによる施工を想定したコンクリート打設に関する試験

=富士山源頭部大沢崩れにおける施工を想定して=

国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所 中島一郎、圓清幸、遠藤久巳  
住鉦コンサルタント株式会社 西野文博、佐光洋一、○溝口裕也、山下伸太郎

### 1. はじめに

富士山源頭部の大沢崩れ末端部の標高 2,000m 付近において、約 20 年以上にわたり源頭域調査工事が行われ、高標高地で厳しい気象・地象条件下での施工性・対策の効果等を確認している。しかし、さらに高標高地の大沢崩れでは崩壊地が広範囲におよび頻りに崩落が発生し、地形も極めて急峻で、施工機械はもちろんのこと、人の介入も困難な条件下にある。これまでの検討において、厳しい諸条件下での大沢崩れの崩壊拡大の防止と土石流の発生を抑制するための工法として、コンクリートブロックスクリーン工が考案されている\*。コンクリートブロックスクリーン工は、コンクリートブロックを溪床に敷き詰め、ブロック流出防止のための横工構造物（コンクリート構造）からなり、スクリーンにより土砂と水を分離することで土石流の発生を抑制するとともに、堆積土砂により斜面脚部を固定することで崩壊の拡大を防止するものである。

考案されたコンクリートブロックスクリーン工は新しい工法であるため、施設の建設にあたっては施工性や対策効果の確認が必要であるとともに、将来の大沢崩れでの施工を想定した無人化施工技術を確認しなければならない。

本報告は、施設の計画を行う上で人の介入による品質管理を行わないヘリコプタでのコンクリート打設を想定し、締固め、レイタンス処理および基礎処理が行えない条件下でのコンクリート打設試験を行い、コンクリートの強度低下について考察した。

### 2. 試験ケースおよび方法

ヘリコプターによる無人化施工を前提としたコンクリート打設に関し、このことから派生する課題は、大別して「**施工条件**」と「**材料の条件**」に分けられる。「**施工条件**」に関しては、①締固めを行わないコンクリートの強度、②レイタンス処理を行わないコンクリート面の付着強度、③無処理基礎岩盤とコンクリートの付着強度についてそれぞれ試験を実施した。また、施工特性や現地の状況を踏まえ求められる「**材料の条件**」としては、①高流動モルタル(コンクリートとの比較)、②土石流堆積物を骨材としたコンクリート（高流動モルタルと混合）を考え、「**施工条件**」①～③についてそれぞれコンクリートのスランプ値を 5cm および 8cm とした試験を実施した。なお、コンクリートおよび高流動モルタルの配合は砂防構造物の施工で指定されている標準配合とし、コンクリート配合強度は 21N/mm<sup>2</sup>、高流動モルタルは 30N/mm<sup>2</sup>とした。

供試体の作成につきコンクリートの打設はクレーンによるバケット打設とし、ヘリコプタによる打設を想定し、一度打設面までバケットを下げ、下部を開放してから序々に引上げ、急な荷重減少に伴うバランス保持の悪化や打設時の材料分離を極力避ける方法で行った。打設後は締固めやレイタンスの除去は一切行わないものとし、試験期間が 1～3 月と冬季間であり平均外気温が 4℃以下になることが予想されたため、練炭およびシートによる防寒養生を行った。

コンクリート及びモルタルのコアの採取にはコアカッターを用いるものとし、その能力からコア径を 12.5cm とした。

「**施工条件**」③については礫石の上にコンクリート打設し、礫石ごとコアを採取するものとした。

なお、今回の試験は『コンクリート圧縮試験』(JIS A 1108)に基づき行うものとし、材令 7 日強度（1 週強度）および 28 日強度（4 週強度）を把握した。なお、推定による 4 週強度は生コンクリート工場で定められた  $\sigma_{28} = 1.0\sigma_7 + 12.1$  により求められる推定値を用いた。

### 3. 試験結果

1) 締固めを行わないコンクリートの圧縮強度

表 1 よりスランプ 5cm より 8cm の場合の発現強度が大きいことが確認できた。この結果はスランプが大きいことで「締固めを行っていない」という施工条件を補っているものと考えられる。

圧縮強度はいずれも設計基準強度の 21N/mm<sup>2</sup>を上回っている。ジャンカは C5-2、C5-4 が最も多く、C5-6、C5-7、C8-2、C8-3、C8-4 では若干見られ、その他の供試体には見られなかった。

表 1 締め固めを行わないコンクリートの圧縮強度(単位: N/mm<sup>2</sup>)

材 令	供 試 体 番 号						備 考
	スランプ5cm			スランプ8cm			
	C5-1'	C5-2'	C5-4'	C8-2'	C8-3'	C8-4'	
$\sigma_7$	16.82	10.15	11.97	19.31	18.45	19.71	
推定 $\sigma_{28}$	28.92	22.25	24.07	31.41	30.56	31.81	推定式による
( $\rho_t$ )	22.47	22.23	22.05	23.04	23.09	23.01	kN/m <sup>3</sup>
材 令	C5-5'	C5-6'	C5-7'	C8-5'	C8-6'	C8-7'	
$\sigma_{28}$	20.98	21.90	18.71	24.65	26.76	23.98	
( $\rho_t$ )	22.33	22.44	22.53	23.02	22.99	22.78	kN/m <sup>3</sup>

2) レイタンス処理を行わない打継目のあるコンクリート圧縮強度 (圧縮強度は打継目の破断荷重)

表2よりスランプ5cmよりも8cmの場合の発現強度が大きいたことが確認することができ、その理由は主にコンクリートの流動性によるものと考えられる。しかし、スランプ8cmの場合の圧縮強度でも設計基準強度21N/mm<sup>2</sup>を大きく下回る。これはレイタンス処理を行わないことにより、コンクリートの接地面における付着が十分でなかったためであると考えられる。1週目から4週目にかけて通常のコンクリートでは見られる強度増加はなく、打継面での破壊が多く見られ、レイタンス処理を行わない影響が出ているものと考えられる。また、ジャンカはC5-4、C5-7、C8-6、C8-7で打継面に若干見られ、その部分が破壊面となった。

表2 レイタンス処理を行わないコンクリートの圧縮強度(単位:N/mm<sup>2</sup>)

材令	供試体番号						備考
	スランプ5cm			スランプ8cm			
	C5-1	C5-2	C5-4	C8-2	C8-3	C8-4	
$\sigma_7$	10.37	11.36	7.8	17.48	16.5	16.19	
推定 $\sigma_{28}$	22.47	23.46	19.9	29.58	28.6	28.29	推定式による
( $\rho$ t)	22.31	22.35	21.75	22.66	22.95	23.11	kN/m <sup>3</sup>
材令	C5-5	C5-6	C5-7	C8-5	C8-6	C8-7	
$\sigma_{28}$	<b>10.13</b>	<b>14.97</b>	<b>8.15</b>	<b>17.98</b>	<b>14.61</b>	<b>18.96</b>	
( $\rho$ t)	22.25	22.50	22.02	23.22	22.19	22.77	kN/m <sup>3</sup>

表3 無処理基礎岩盤とコンクリートの付着強度(単位:N/mm<sup>2</sup>)

材令	供試体番号								備考
	スランプ5cm				スランプ8cm				
	R5-1	R5-2	R5-3	R5-4	R8-1	R8-2	R8-3	R8-4	
$\sigma_7$	20.53	19.34	<b>20.42</b>	15.21	19.57	<b>15.44</b>	<b>13.71</b>	<b>14.52</b>	傾斜角補正
推定 $\sigma_{28}$	32.63	31.44	32.32	27.31	31.67	27.54	25.81	26.62	推定式による
傾斜角	15°	20°	19°	35°	18°	40°	0°	22°	
( $\rho$ t)	24.84	24.44	25.2	24.74	25.59	25.08	24.55	25.24	kN/m <sup>2</sup>
材令	R5-5	R5-6	R5-7		R8-5	R8-6	R8-7		
$\sigma_{28}$	13.70	22.79	<b>25.54</b>		23.87	29.62	<b>25.34</b>		傾斜角補正
傾斜角	25°	18°	20°		0°	5°	28°		
( $\rho$ t)	23.7	24.63	24.92		24.7	24.64	25.23		

※ゴシック文字はコンクリートと岩盤が密着した供試体、それ以外は分離状態  
※混雑密度( $\rho$ t)は岩盤を含む値であるため参考値

3) 無処理基礎岩盤とコンクリートの付着強度

本試験では、施工時に基礎岩盤を掘削できない状況を想定し、溪床勾配を再現できるように使用する礫石を0°~40°まで角度を持たせた状態でコンクリートを打設し、水平に打設するコンクリートとの比較資料とした。

表3よりスランプ8cmが5cmに比べ岩盤と付着した供試体が多いことからスランプ8cmに着目すると、R8-2,3,4で接合面の傾斜角度が0°~40°と変化するに伴い、強度は増加する傾向にある。4週強度ではR8-7のみ岩盤と密着しており、接合面が分離していないコアサンプルが少ないため傾斜角度に伴う強度の変化は把握できないものの、推定式はほぼ成立する傾向にある。ジャンカはR8-3、R8-4で見られるものの、接合面ではなくコア上部に見られた。

表4 高流動モルタルの圧縮強度(単位:N/mm<sup>2</sup>)

材令	供試体番号							備考
	①モルタル				②モルタル+堆積物			
	MO-1	MO-2	MO-3	MO-4	MM-1	MM-3	MM-4	
$\sigma_7$	65.33	66.03	67.9	67.01	52.37	67.32	62.83	
( $\rho$ t)	21.61	21.65	21.69	21.71	23.24	23.34	22.47	kN/m <sup>3</sup>
材令	MO-6	MO-7			MM-5	MM-6	MM-7	
$\sigma_{28}$	64.06	64.82			<b>38.26</b>	<b>37.16</b>	58.96	
( $\rho$ t)	21.6	21.6			23.4	23.02	23.95	kN/m <sup>3</sup>

4) 高流動モルタルの圧縮強度

表4より材令4週の①モルタル強度は60N/mm<sup>2</sup>以上と、配合強度を大きく上回っている。また、②モルタル+堆積物についても配合強度を上回っており、モルタルで構造物の構築を行う場合、あるいは構造物の基礎(堆積物を固定する)として用いることが可能と考える。材令4週のMM-5及びMM-6に関しては、材令1週のものよりも圧縮強度が低い値を示した。この原因は、供試体にジャンカがあることから、それらが弱部となり強度が低下したと考えられ、モルタル強度の低下ではないと判断される。また②タイプでは強度にばらつきが見られるが、土砂との付着状況や粒度によるものと判断する。

4. まとめ

コンクリートではスランプ5cmよりも8cmの方が流動性に富むため、強度は高い傾向にある。

無人化施工を想定した条件下では、コンクリート自体の強度はそれほどの低下は無いと思われるが、レイタンス処理を行わないことから、打継面の付着強度低下は否めない。また、ジャンカの形成が強度低下に強く影響する傾向がある。

通常のコンクリートでは1週から4週にかけ強度増加が見込めるため、推定式により1週強度から4週強度を推定するが、締固めやレイタンス処理を行わないことから、推定式は成り立たないケースが多い。

今回の試験結果より、流動性に富んだスランプ8cmのコンクリートは使用できる可能性はあるものの、所々にジャンカが見られ、富士山の厳しい自然環境下において長期的にどのような影響がでるか(例えば、凍結融解による風化)、今後継続して試験を行っていく必要がある。

また、今回の試験だけで最適な配合コンクリートと判断するにはサンプル数が少なく、ジャンカや強度のばらつきを抑制する骨材やスランプ値など配合について試験を行い、最適配合のコンクリートを選定する必要があると考える。

参考文献

※ 阿部 聡 ほか：富士山大沢川源頭域における新しい溪床対策工の試み，平成17年度砂防学会研究発表会概要集，p228-229, 2005