

# 熊野川長殿地区河道閉塞緊急対策工事

## Urgent Prevention Works for Landslide Dam in Nagatono

齋藤 泰信\*1      荒川 淳二\*1      寺西 克彦\*1  
Yasunobu Saito      Junji Arakawa      Katsuhiko Teranishi  
財田 孝巳\*1      宇都本 彰夫\*1      先森 昭博\*2  
Takami Takarada      Akio Utsumoto      Akihiro Sakimori

### 要旨

平成 23 年 9 月の台風 12 号の大雨により、奈良県の十津川村長殿谷では、約 675 万 m<sup>3</sup> もの土砂が崩落して土砂ダムが発生した。本工事は、土砂ダムの崩壊を防ぐために堤頂部ならびに堤体斜面部に仮排水路を築造する緊急工事であり、作業員や建設機械が容易に近づくことのできない非常に危険性が高い場所での作業であった。本論文では、工事の最大の特徴である「物資や人員のヘリコプター輸送」、「バックホウの無人化施工」、「コンクリートの長距離圧送」について報告する。

キーワード：ヘリコプター輸送 無人化施工 コンクリートの長距離圧送

### 1. はじめに

平成 23 年 8 月 30 日から 9 月 4 日にかけて、台風 12 号の停滞に伴って激しい雨が続き、紀伊半島全体に大きな被害をもたらした。山間部を中心に総雨量が 1000mm を超える箇所が多数発生し、それが未曾有の土砂災害、洪水災害をもたらすこととなった。

奈良県の十津川村長殿谷では、約 675 万 m<sup>3</sup> もの土砂が崩落して土砂ダムが発生した。さらなる大雨によって土砂ダムの堤体が崩壊すると、土石流となり下流域に甚大な被害を及ぼす恐れがある。本工事は、緊急対策として、土砂ダムの堤頂部ならびに堤体斜面部に仮排水路を築造する工事であった。また、国道 168 号線からの工事用道路の設置工事も併行して実施した。

### 工事概要

工事名称	熊野川長殿地区河道閉塞緊急対策工事	
工事場所	奈良県吉野郡十津川村長殿地先	
発注	国土交通省近畿地方整備局	
設計・施工	(株) 鴻池組	
工期	平成 23 年 10 月 8 日～平成 24 年 6 月 30 日	
構造・規模	1) 準備工	一式
	2) ポンプ排水設備設置	一式
	3) ヘリポート	約 30m <sup>2</sup>
	4) 重機搬入組み立て	一式
	5) 防護土堤設置	約 75m
	6) 仮排水路掘削	約 420m
	7) 仮排水路護岸工等	約 420m
	8) 工事用道路	約 1,450m
	9) 工事用道路(渡河)	約 100m



図 1 土砂ダム発生位置

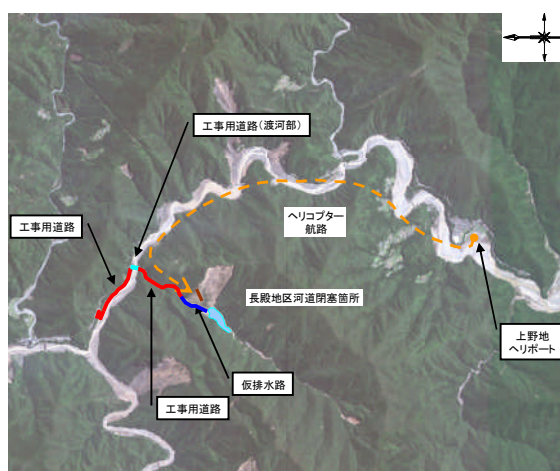


図 2 航空写真および工事概要

\*1 大阪本店 土木部      \*2 土木事業本部 技術部

## 2. 仮排水路の設計

仮排水路は、恒久対策工事までの対策として2年確率規模の流量を確保できるよう設計を行った。設計にあたっては、仮排水路の早期設置を第一の目標とし、資材および施工機械の調達、現地発生土の有効利用等の現地施工条件を考慮した。

### 2.1 堤頂部仮排水路の設計

長殿地区の崩壊土砂は、礫を豊富に含んでいたため、現地発生土を有効利用できるかごマットによる仮排水路を選定した。

現地発生土をスケルトンバケツバックホウおよび人力によりふるい分け、15~20cm程度の栗石を現地発生栗石として採取し、キャリアダンプで運搬した。

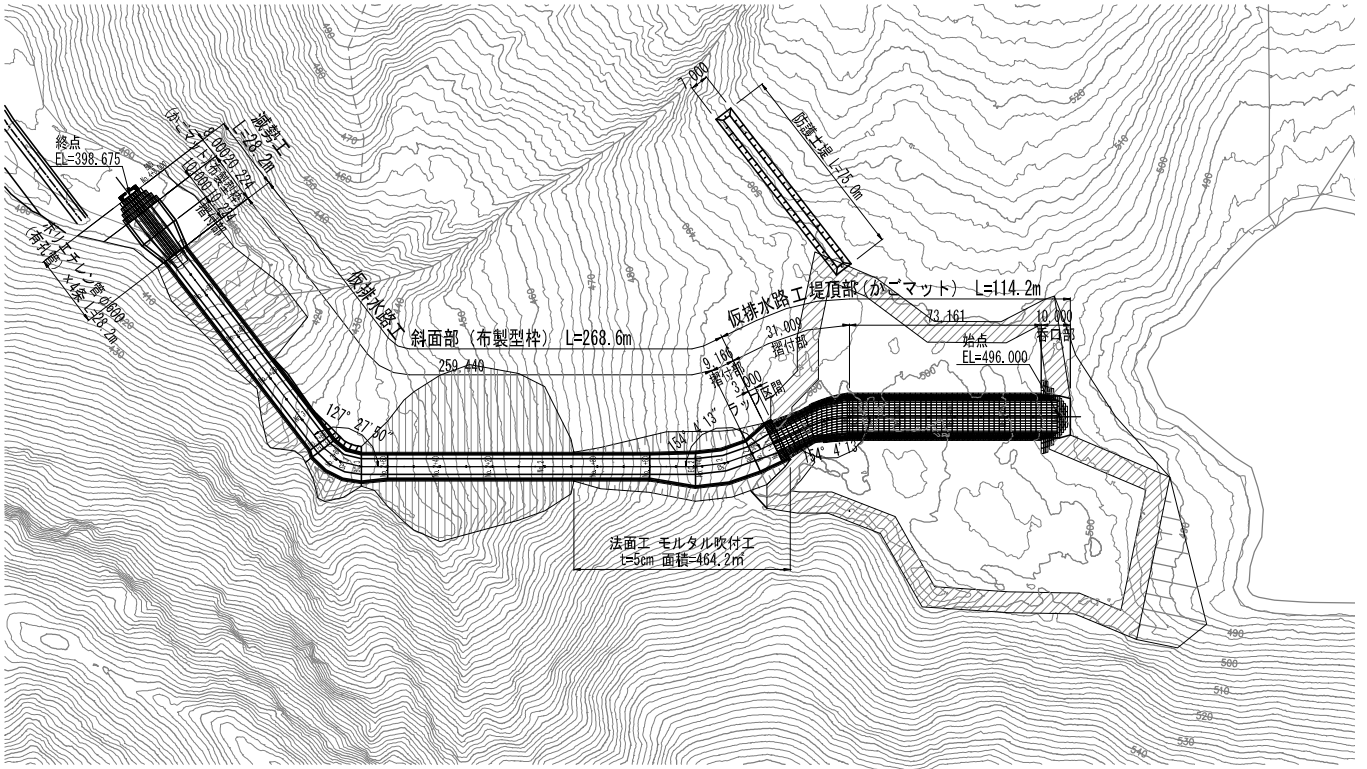


図3 仮排水路平面図

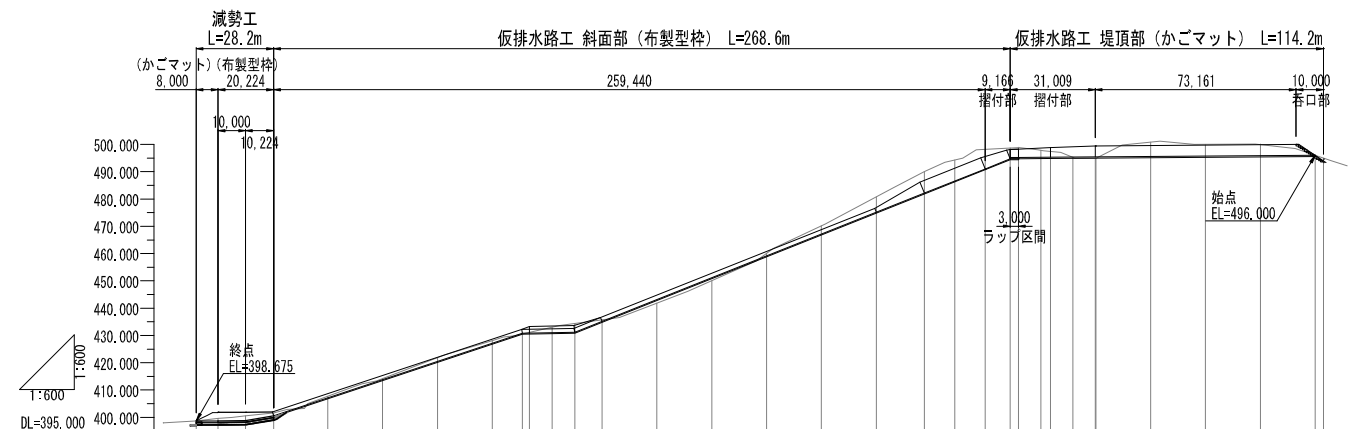


図4 仮排水路縦断面図

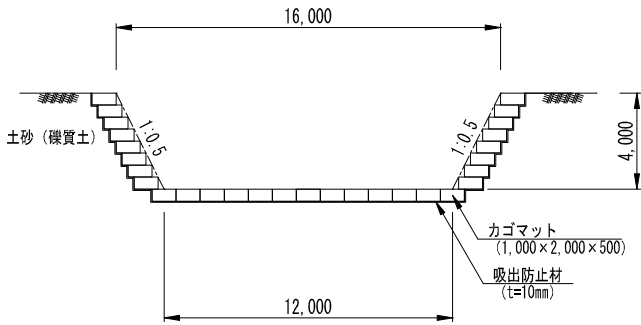


図5 堤頂部仮排水路断面図

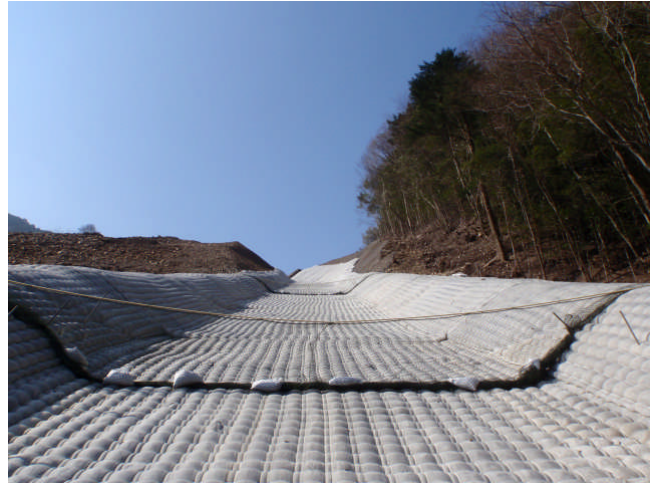


写真2 斜面部仮排水路完成写真



写真1 堤頂部仮排水路完成写真

## 2.2 斜面部仮排水路の設計

斜面部の仮排水路勾配は、施工土工量を少なくするため、現況斜面勾配に準じて1:2.5から1:3.0とした。

水路形式は、急斜面での施工実績がある布製型枠による水路被覆工法を選定した。急斜面であることから流速が早くなり、その流動力による滑動対策として鉄筋杭を打設した。

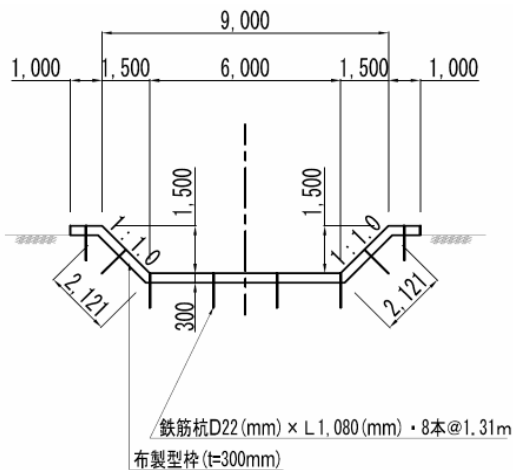


図6 斜面部仮排水路断面図

## 3. ヘリコプター輸送

工事箇所は、作業員や建設機械が容易に近づくことのできない場所であり、ヘリコプターにより作業員や資機材を輸送した。

### 3.1 作業員の輸送

工事関係者はヘリコプターで土砂ダム堤頂部と往復した。定員が4~5名のため、毎朝(夕)には往復5便程度運行した。

気象変化が激しい山間部での作業のため濃霧が急に発生することも多く、この場合、ヘリコプターの飛行が困難となる。そのため、現場では緊急避難を常に念頭に置き作業を行った。

### 3.2 作業重機の輸送

現地作業を行うためには大型重機を持ち込まなければならないが、民間が利用できる物資輸送用ヘリは最大3トンまでしか吊り上げることができない。

そこで、大型重機を3トン以下の重量となるよう工場で分解し、これを現地で組み立てた。当現場で使用した最大の重機である1.0m<sup>3</sup>バックホウは、総重量約28トンであり、14分割して3トン以下の部品に分けて輸送した。

この1.0m<sup>3</sup>バックホウは、先の新潟県中越沖地震を受け、山間部での緊急工事対策用に分解対応型として開発されたものである。日本国内には国土交通省が所有している2台しかなく、この2台を近畿地方整備局より貸与を受け作業を行った。



写真3 重機空輸の様子



写真5 リモコンによる重機操作の様子



写真4 重機組立の様子

## 4. 無人化および情報化施工

### 4.1 無人化施工

現場は一度崩落している山なので、再び崩落や落石が発生する危険性があった。そこで、土工事中の安全性を確保するため、崩落の危険性がある斜面部に接する区間に防護土堰堤を築造する必要があった。しかしながら、この作業自体が大変危険な場所での施工であったため、無人化施工が可能な重機を用いることで対応した。

オペレーターがキャビン（重機操作室）にいなくてもリモコンで操作できるようになっており、約 100m離れた位置からこの重機をリモコン操作し、防護土堰堤を築造した。

### 4.2 情報化施工

崩壊斜面頭部では地山にクラックが残存しているため、この挙動を地盤伸縮計で計測した。これが変動を観測する

と3カ所の作業場所で警報が作動し、現場関係者の携帯電話にメールが届くシステムを構築した。さらに、作業中は崩壊斜面監視員を常駐させ、斜面部に異変があれば無線機などを用いて緊急避難連絡がとれるようにした。

その他、現地の気象情報が非常に重要であるため、雨量・水位を計測した。

## 5. コンクリートの長距離圧送

斜面部仮排水路の布製型枠工の施工は、最長約 1100m、最大高さ 155mの長距離かつ高所へのポンプ圧送によるコンクリート打設となる。長距離かつ高所への圧送であることから、コンクリートのフレッシュ性状には適切な流動性および材料分離抵抗性が求められた。また、圧送能力に優れたコンクリートポンプおよび圧力損失が少なく高圧力に耐えうる配管等の圧送設備が必要であった。施工にあたっては、事前に試験練り、試験施工を行った。

### 5.1 コンクリート打設方法（ポンプ圧送方法）

コンクリートの圧送設備の平面図および縦断図を図7に示す。堤体斜面下流側の沢部は崩壊土砂が堆積しているため地盤強度が弱く、早急に安定した仮設道路を施工することが困難であった。そのため、コンクリート打設には、仮排水路下端より約 1000m離れた既設砂防ダム地点にコンクリートポンプを設置し、最大高低差 155m、最長で約 1100mの距離をポンプ圧送する必要があった。

まず、コンクリートの圧送抵抗を軽減させるために、配管の全ジョイント部に凹凸の継手をカップリングで締め付けるインロータイプを使用することとした。インロータイプは、配管振動が少なく、継手部でのモルタルの吸収量が

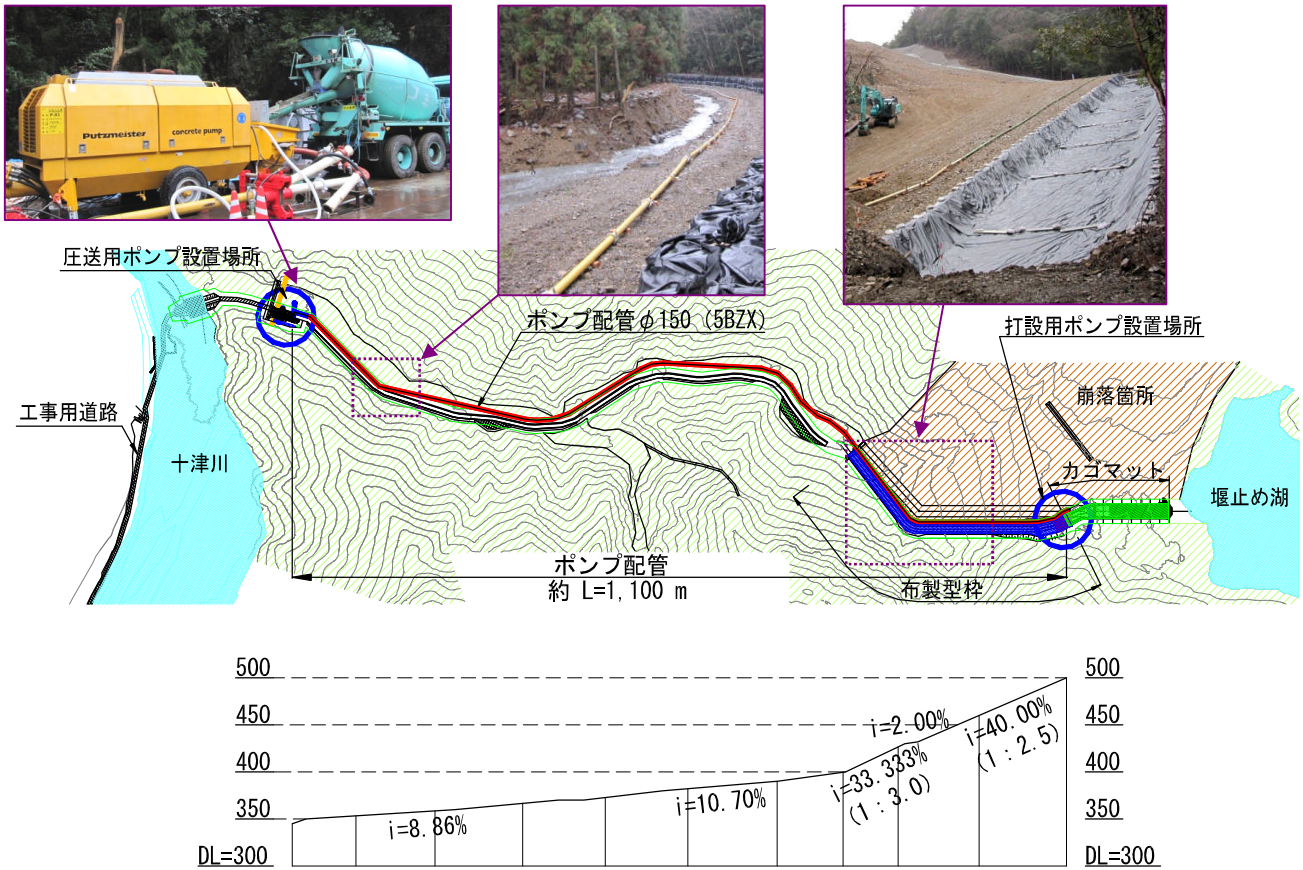


図7 コンクリート圧送概要

少ないため圧力損失が10%以上少なくなる<sup>1)</sup>というメリットがある。その反面、一般のワンタッチタイプのように伸縮・偏心・曲りの吸収ができない。そこで、配管設置部の地盤を出来るだけ平坦に均し、ベント管の個数を約15%低減した。これらの結果、水平換算配管は1164m、圧送負荷は14.2MPaになった。この条件に合った圧送ポンプとして、超高圧油圧式(最大吐出量;47 m<sup>3</sup>/hr、最大吐出圧力;22.0MPa)を選定した。

なお、本ポンプで直接打設するのではなく、圧送のオンオフや打設速度の調整を行い易いように、打設箇所です打設用ポンプ(最大吐出量;35m<sup>3</sup>/hr、最大吐出圧力;4.1MPa)に受け替える計画とした。また、急斜面での段取り換えを考慮し、キャタピラ式のものを使用した。

## 5.2 コンクリートの配合

布製型枠工法の配合条件を表1に示す。本工法は、ポンプ圧送によりコンクリートを型枠マット内に打込み、コンクリートの流動性により隅々まで行き渡らせることにより、均一なコンクリートの躯体を施工するものである。しかし、先述したように、長距離ポンプ圧送を必要とすることから、優れた流動性と分離抵抗性に加えて、スランプ保持性が重要となる。

コンクリートの型枠マットへの充填性と長距離ポンプ圧送の実績から、スランプは21cm~23cm(スランプフロー値35cm~50cm)に設定した。また、工場からの運搬時間を40分、計画打設速度を20m<sup>3</sup>/hrとして圧送開始から打込みまでを約50分、および打込み位置の移動等に伴う中断時間を最大30分程度とし、その結果、必要スランプ保持時間を120分とした。

これらの条件の基に試験練りを実施し、決定したコンクリートの配合表を表2に、その使用材料を表3に示す。なお、経過時間に対するスランプ保持性は確保できたが、実施では約14MPaの高圧が作用することを考慮し、現場到着時にアジテータ車にポンプ圧送助剤を添加することとした。圧送助剤を無混和の場合の120分経過後のスランプロスが3cm(フロー値)であるのに対し、混和した場合のスランプロスは概ね0cmとなり、スランプ保持性を更に改善できることを確認できた。

表1 配合条件

項目	基準値
設計基準強度	18 N/mm <sup>2</sup>
スランプ(フロー)の範囲	21(40)cm以上
最大骨材寸法	25 mm

表2 配合表

最大骨材寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )							
			水 W	セメント C	細骨材		粗骨材		混和剤	
					S1	S2	G1	G2	SP	PA
25	48.0	52.0	185	384	441	441	409	406	2.688	0.125

表3 使用材料

種類	仕様	
C	セメント	普通ポルトランドセメント、密度3.16
W	水	
S1	細骨材(川砂)	十津川産、表乾密度2.59、F.M.=2.95
S2	細骨材(山砂)	御所市東佐味産、表乾密度2.64、F.M.=2.59
G1	粗骨材(2515)	十津川産、川砂利2015、表乾密度2.62
G2	粗骨材(1505)	十津川産、川砂利1505、表乾密度2.62
SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系
PA	ポンプ圧送助剤	オキシカルボン酸塩粉末(後添加)

### 5.3 コンクリートの打設状況

コンクリートの荷降ろし時の性状と圧送後の性状を表4に示す。圧送後のコンクリートは、荷降ろし時から約75分経過しているにもかかわらず、スランブロスが発生しなかった。これは、コンクリート温度が12℃と比較的低い状態であったことから、高性能AE減水剤およびポンプ圧送助剤のスランブ保持成分がよく機能していたためと考えられる。

強度についても、圧送前後の差は殆ど見られなかった。このことから、コンクリートが加圧された状況下においても、脱水などの分離を生じることなく安定した性状を保持していたと考えられる。

なお、施工中のポンプ圧送圧力の平均値は約13.5MPa、最大値で14.1MPaであった。この値はコンクリートポンプ施工指針案の式から算定される圧送負荷値とほぼ同等かそれよりやや小さい値であることが確認できた。

本コンクリート打設は、水平換算距離1164m、高低差155mの長距離ポンプ圧送を実施しなければならない困難な条件であったが、圧送ポンプ、配管構成およびコンクリートの性状を適切に設定したことで、長距離圧送に伴うコンクリートの流動性の低下を大幅に抑制することができ、充填性の良いコンクリートを打設することができた。

表4 コンクリート性状

	荷降ろし時 (圧送前)	打設ポンプ (圧送後)
経過時間(分)	0	75
スランブ(cm)	22.0	22.0
スランブフロー(mm)	40.0×38.0	40.0×38.0
空気量(%)	4.2	3.4
温度(℃)	13.0	12.0
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	7日	26.5
	28日	42.4
		30.9
		42.9



写真6 圧送後のコンクリート



写真7 コンクリートの打設状況

## 6. おわりに

本緊急対策工事は、工事用道路が整備されるまでは何を運搬するにもヘリコプターのみ、再度崩壊する危険性がある斜面の下での作業などの厳しい施工条件であった。また、設計と施工が並行作業で進められ、物資の調達など工程管理が難しい工事であったが、作業員全員が「一刻も早く安全・安心を確保する」という使命感のもと作業にあたり、工事を完了することができた。

本工事での経験をいかし、工程および安全管理を含めた緊急対策工事の施工技術について、さらなるブラッシュアップをしていく所存である。

### 参考文献

- 1) 土木学会：CL.100 コンクリートのポンプ施工指針[平成12年版]