

水圧による山留擁壁被災の原因とメカニズムに関する一考察

豪雨災害、擁壁、水圧

(株) 第一コンサルタンツ 正会員 岩瀬誠司
(株) 第一コンサルタンツ 芝田和仁

1. はじめに

平成 30 年 4 月 23 日から 25 日にかけての豪雨により山留擁壁が被災した。山留擁壁はせん断破壊を起し、倒壊することなく保たれていた。また、被災前日までの累計雨量は 152 ミリであった。これと同等程度もしくはこれ以上の雨は、これまでも経験しており決して多い雨量ではない。

現地調査から山留擁壁の被災原因を水圧と特定し、被災メカニズムの考察を行った。

2. 被災状況

被災現場は延長約 20m の山留擁壁である。擁壁高は約 10m であり、高さ 1m 毎に打継ぎ目がある。擁壁背面の周囲には岩が露頭していることから、岩着で施工されていると推測できる。全面勾配は 1:0.3 であり、壁厚は擁壁をくり抜いたコアから等厚で 55 cm であった。擁壁終点部がトンネル坑口との取付けになっている。擁壁とトンネル坑口の間は谷地形が尾根まで約 500m 続いている。そのため終点部から約 1.5m 起点側、擁壁背面は空洞となっている。谷からの流水は、擁壁背面を抜け、暗渠により道路地中から貯水池へと排水される。

山留擁壁は、起点から約 5m の地点まで高さ 2m の打継ぎ目で前に孕みだしている。そこから縦に亀裂があり、高さ 1m の打継ぎ目は起点から約 15m の位置まで前に孕みだしている (写真 2)。

周囲に岩が露頭していることから、擁壁変状の要因として斜面の不安定化が挙げられる。現地踏査を行ったところ、切土面の吹付けコンクリートにひび割れ、滑落崖はなく、擁壁以外の路面、周辺道路構造物にも変状はなかった。

被災した擁壁は、以前から降雨の度に、水抜き孔、擁壁打継ぎ目から多量の排水が確認されている (写真 3)。被災直前も累計 152 mm の降雨があり、排水が確認されている。これほどの排水量は、水圧が作用していると推測でき、山留擁壁の被災は、水圧の作用によるものと考えられる。

3. 現地調査

山留擁壁の被災要因を水圧による作用であると筆者は考えている。しかし、擁壁が岩着で施工されているのであれば、岩盤からの湧き水がない限り水圧は作用しない。そこで浸透水の発生源と山留擁壁の詳細な調査を行った。

擁壁とトンネル坑口の間には谷があり、擁壁背面は空洞になっている。谷からの水が排水される暗渠の出口を確認すると、流木及び土砂が堆積していた (写真 4)。また、擁壁背面の空洞をスタッフで計測したところ、土砂が約 4m 堆積していた。また、擁壁天端より斜面約 10m の所には谷止工が施工されている。谷止工には流木止が設置されており、流木及び土砂が堆積していた。これらのことから、谷からの流水が、擁壁背面の空洞と暗渠の流木及び土砂の堆積によって、貯水池へと排水されず、擁壁背面空洞の水位が上昇し、被災した擁壁全体の背面に水が浸透したことが考えられる。



写真 1 被災現場の様子



写真 2 被災擁壁の変状



写真 3 水抜き孔からの排水状況

A study of causes and mechanisms of the earth retaining wall damage by water pressure.

Seiji Iwase, Kazuhito Shibata (Daiichi Consultants Co.,Ltd.)

擁壁の水抜き孔から、擁壁背面の状況を調査した。10 cm毎に印をつけた長さ 2m の鉄筋を水抜き孔から差し込み調査した。調査から、壁厚を上回る 55 cm以上鉄筋が挿入される箇所が見つかった。概ね擁壁下部の挿入幅は大きくなっている。また、挿入幅が大きい箇所と、降雨時の水抜き孔からの排水の大きい箇所が概ね一致する。鉄筋が挿入した幅を空隙と捉え平均空隙幅をまとめて図示したものが図 1 である。水抜き孔から土砂が確認できることから、岩盤が風化によって土砂化し、擁壁背面に水が浸透し空隙がつくられたと考えられる。擁壁背面と斜面との間の空隙間に水が浸透したことによって水圧が作用したと考える。



写真 4 暗渠の流木及び土砂堆積

4. 被災メカニズム

現地調査から、P. 0~P. 15 付近まで擁壁背面に空隙が見つかった。また P. 15~P. 20 擁壁背面は谷からの排水のために空洞になっている。空洞部分は暗渠が閉塞し、谷からの流水は貯水池へと排出されず、水位は 10m まで上昇し、空洞は滝壺状態になった。空洞に溜まった水は満水となり、擁壁天端から被災擁壁全体に水がまわり、擁壁背面の空隙に水が浸透した。図 1 の平均空隙幅から、P. 0~P. 15 付近までは水位が約 4m まで上昇したと考えられる。コンクリートは圧縮に強く、引張に弱い性質がある。擁壁背面の異常な水位上昇により擁壁に水圧が作用し、擁壁前面に引張応力が生じ、せん断破壊を起こした。表 1 は、現地調査から仮定した水位を設定し、引張応力の計算結果と擁壁の変状を図示したものである。許容値 0.225 を上回る数値の位置と、擁壁の変状が概ね一致することがわかる。写真 2 から大きく縦割れが生じている部分は、擁壁背面が空洞になっている部分であり、水圧が大きく作用した箇所である。擁壁が前に孕みだし横割れが生じている部分は、空隙に浸透した水圧作用した箇所である。

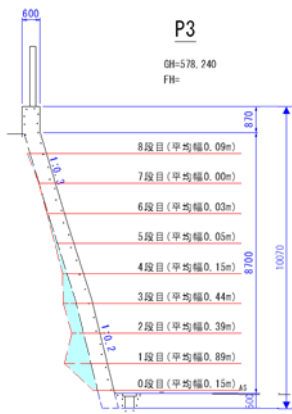


図 1 平均空隙幅



写真 5 擁壁背面調査の様子

表 1 擁壁に作用した引張応力と擁壁の変状

延長	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	山留擁壁															空洞			坑口前		
想定水位	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	10m	10m	10m	4m	4m	
擁壁高さ	10m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9.15m	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	-	-	-	0.010	0.010	
	8.5m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7.5m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.209	0.209	0.209	-	-
	6.5m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.832	0.832	0.832	-	-
	5.5m	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	2.060	2.060	2.060	0.090	0.090
	4.5m	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	4.087	4.087	4.087	0.255	0.255
	3.5m	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	7.108	7.108	7.108	0.491	0.491
	2.5m	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	11.317	11.317	11.317	0.701	0.701
	1.5m	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	16.909	16.909	16.909	0.694	0.694
0.5m(路面)	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	24.078	24.078	24.078	0.277	0.277	
0m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.314	28.314	28.314	-	-	

許容値0.225=コンクリートの設計基準強度18/80=0.225
引張応力が「-」の場合は、全断面圧縮状態による。

5. おわりに

今回の被災では、降雨時の水抜き孔からの排水状況と、被災擁壁の変状から水圧の作用による被災と仮定し、詳細な現地調査から被災メカニズムを考察した。しかし擁壁背面の空隙は、上部は小さく下部で大きくなっており、浸透水の水みちの特定はできなかった。今後同様の事案に関わることができたら、もう一步踏み込んだ詳細な調査と、被災メカニズムについてあらゆる可能性を探ることである。今回の調査では、浸透水の水みちの特定と擁壁背面の様子を直接確認することはできなかった。レーダー探査、暗視カメラ等を用いて、擁壁背面の様子を探る調査を試みたい。様々なアプローチから被災メカニズムについて検討することが今後の課題である。