

III-9 鉄道斜面沿いの崩壊予測と危機管理体制

応用地質（株） 正会員 ○高柳 朝一
 応用地質（株） 土肥 清
 土佐くろしお鉄道（株） 細川 光

1. はじめに

変状斜面の崩壊予測は、従来から地表面の観測結果を元に、斉藤の式、福園の式、林の式等があり、豊富な現場事例もある。今回、筆者らは高知県西部を走る土佐くろしお鉄道中村線の背後斜面に生じたクラックに対して、伸縮計等による観測及び斎藤の崩壊予測式により、崩壊土量約 5,000m³ の大崩壊を事前予測し、崩壊直前に列車運行停止を行い、人的被害を未然に防ぐことができた。

本報文では、変状確認後の危機管理体制、崩壊へ至る経緯を中心に報告する。

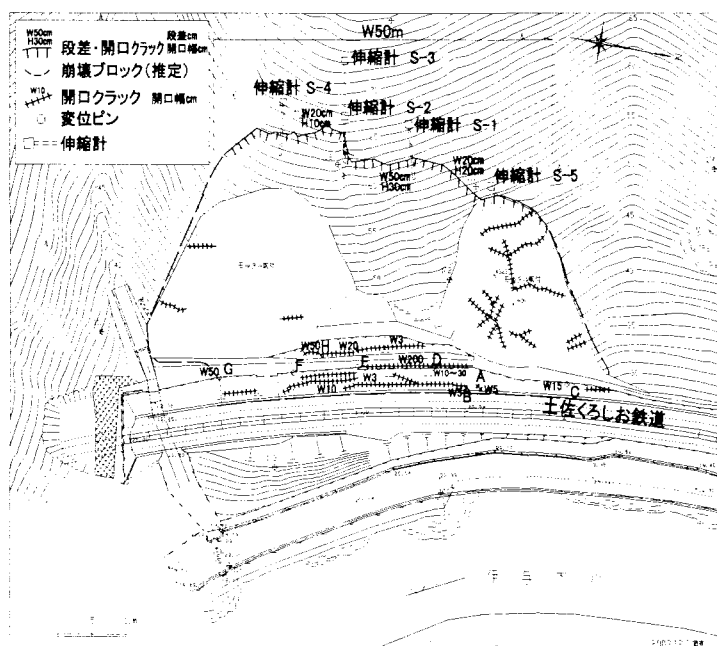
2. 現地概要

土佐くろしお鉄道中村線は、高知県窪川町と中村市とを結ぶ営業キロ 43km の第 3 セクター路線であるが、中村市と高知市や岡山市とを結ぶ特急列車が 9 往復運行されるなど、地域社会にとっては必要不可欠な路線である。現地の地形は、標高 250～300m、傾斜 35～40° の低山地が続く丘陵地である。地質は、四万十帯の砂岩が主体で頁岩を挟在するが、全体に風化が激しく、流入粘土を挟在する開口割れ目が発達する。

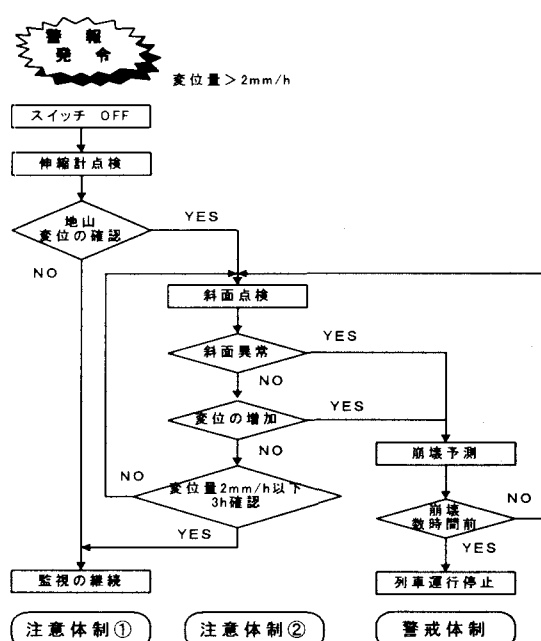
3. 変状確認と危機管理体制

現地は、平成 15 年 11 月 27 日～29 日にかけて、この時期としては異例の連続雨量 541mm、最大時間雨量 62mm の豪雨に見舞われた。急きょ、保線係員による路面点検を行った所、土留擁壁上部の傾倒や開口クラックが確認された。よって、斜面全体に渡って調査を行った結果、延長約 50m、段差 10～30cm を有する開口クラックが確認された（図－1）。このため、12 月 2 日に伸縮計 5 基や変位ピン 8 箇所を設置し、変位量を計測しながら、列車運行を行うこととした。斜面監視体制は、伸縮計の変位量が 2mm/h 以上となった場合、警報が鳴るシステムとした（図－2）。また、線路脇には 2 名の見張り人を 24 時間体制で配置し、列車の運行は斜面に振動を与えないように最徐行運転とした。

但し、押え盛土工等の応急対策工は、現地状況から列車を運行しながらでは不可能であった。



図－1 変状発生状況平面図



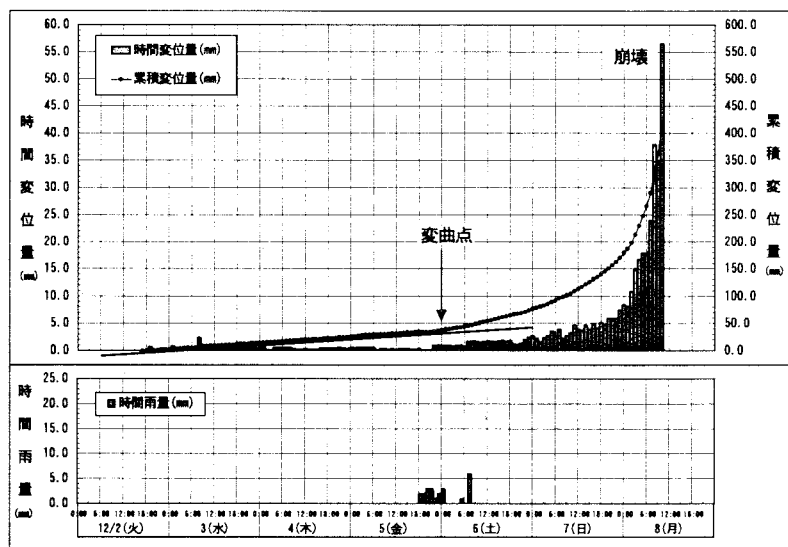
図－2 斜面監視体制フロー

4. 崩壊までの状況

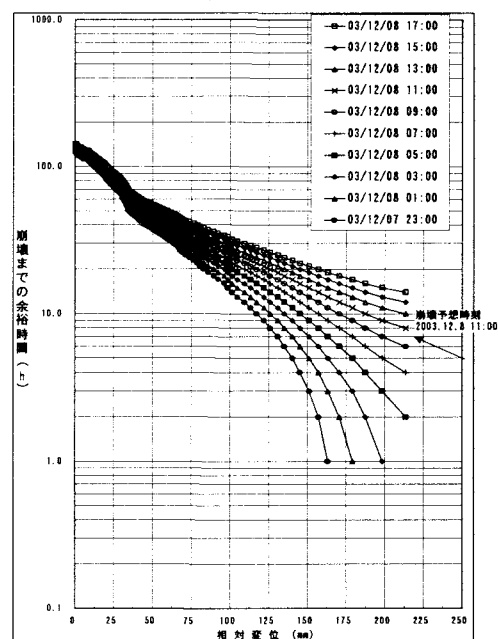
伸縮計設置直後の変位量は、0.4～0.5mm/h でほぼ一定値であった（図－3）。これは、開口幅 20～70cm のクラックが連続することを考慮すると仕方のない値であった。

伸縮計の変位速度は、12 月 5 日までは一定であったものの、5 日夕方から 6 日未明にかけて 23mm の降雨があり、変位量は急増した。6 日 4:30 に変位量が 2mm/h を越えたことにより、伸縮計の警報が鳴った。その後も変位量は増加傾向にあり、7 日 11:00 には 4.7mm/h となり、この時点での斉藤の式による崩壊予測解析による崩壊予想時刻は 8 日 11:00 であった。但し、斜面に明瞭な異常は認められなかったため、列車の運行は継続した。その後も変位量は増加し続け、8 日 6:00 には 18mm/h となった。この時点での崩壊予想時刻は、8 日 11:00 であった（図－4）。すでに斜面には小規模な土砂の崩落音が生じるなど、危険な状態となった。このため、やむなく列車の運行停止の処置をとり、その後は斜面の監視を継続し続けた。その後、小規模な落石や変状が生じ（表－1）、そして、11:03 に無風・快晴の中で斜面は大崩壊した。

崩壊の規模は、すべり面傾斜約 45°、すべり面深度約 8m、崩壊土量約 5,000m³ であった（図－5）。



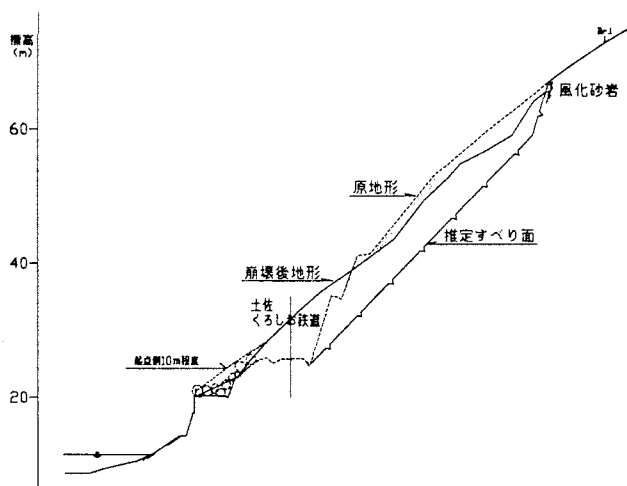
図－3 伸縮計観測結果経時変化図（S－2）



図－4 斉藤の式による崩壊予測図（S－2）

表－1 崩壊へ至るまでの斜面異常(12月8日)

回数	時刻	斜面の異常、崩落
1	1:40	小規模な土砂の崩落音
2	5:50	小規模な土砂の崩落音
3	6:15	小規模な土砂の崩落音
4	7:50	右側張コンクリートの破片落下
5	7:55	落石数個
6	8:04	右側張コンクリートの破片落下
7	8:10	土砂崩落 約0.2m ³
8	8:16	落石数個
9	8:37	右側張コンクリートの破片落下 70cm×30cm×20cm
10	9:45	落石数個
11	10:30	左側張コンクリートの破片落下
12	10:53	右側張コンクリートの左側部で崩落
13	11:01	右側張コンクリートの右側部で崩落
14	11:03	大崩壊 約5,000m ³



図－5 崩壊後断面図

5. おわりに

伸縮計設置直後の変位速度は、0.4～0.5mm/h と開口クラックの幅から見て余りにも小さかったため、斜面の変位は止まるかとも思えた。しかし、高々23mm の降雨により、変位量が急増し、その2日半後には崩壊した。本現場は、昭和 37 年の竣工後、大きな変状の無かったことを思えば、この間は余りにも短く、一方で人的被害の無かったことに安堵した次第である。