

崖くずれの発生予知と避難基準について

呉市消防局警防課長

大 森 健 三

1. 呉市の風土的特長

呉市の地形は、前面を海に、背後三方を急峻な山に囲まれ平坦地の少ないすり鉢状の地形で、明治35年人口6万人で市制を施行し、その後海軍の隆盛とともに人口は急激に増加し、市街地は拡大され、昭和18年には40万人を超える人口を擁する東洋一の軍港、日本一の工廠として発展してきました。

このような人口増加のため市街地の拡大は、山を切り、谷を開き、川の流れを変えながら山裾から高地部へと急傾斜地に宅地が造成され、山腹一帯に住宅地帯が形成されてきました。

呉市一帯の地質は、一部に粘着力に富んだ石英斑岩系統であるのを除き、その大部分が花崗岩系統のものでこれらの花崗岩類の風化状態をその進行度合で分類すると、岩石が完全に真砂土と化した部分と、岩石の組織は残存しているが軽い打撃によって容易に崩壊する部分に区分され全体的には脆弱な地質を基盤とした市街地が形成されています。

このような地質的な特質と、軍港の設置に伴う急速な開発によって拡大形成された呉市は、常に風水害による崖くずれ等の土砂災害発生危険を潜在的に秘めています。過去においても終戦直後の昭和20年9月19日、枕崎台風によって死者1154名を出し、昭和42年7月

9日には集中豪雨によって死者88名を出す大災害が発生しています。ひとたび降雨があると各地で崖くずれが頻繁に発生するため消防局としても限られた人員の中でいかに効率よく災害に対応するかが従来から大きな問題となっています。特に、このような状況になれば水防体制の強化を図るため非番職員の召集時機をいつにするか、住民に対する避難勧告、避難指示の発令をいつ進言するかなどについては重要な課題であります。この課題を克服するために我々の先輩は独自に色々な方法を考察し研究してきました。その中でも特に当時警防課長であった沖林仁郎氏が中心となって研究した崖くずれ発生予知方法（呉市消防局では「沖林方式」と呼んでいる。）は優れており現在でも多量の降雨が予想される場合にはこれを欠かすことができません。

2. 崖くずれ発生予知方法

(1) 崖くずれの発生時機

大雨が降れば崖くずれが起こります。崖くずれは、当日の雨量の多少が大きな要因となります。しかし、これは当日の雨量だけでなく、前日、前々日と過去に降った雨、すなわち、先行雨量も一つの因子になっています。この先行雨量は土中に沈み込みあるいは流れて土層を湿らせます。この湿り具合、すなわ

ち、保水の度合いを表現するのに気象学上用いられている実効湿度の概念を引用した訳です。

実効湿度は、今日及び今日以前のそれぞれの湿度に重みをつけて平均湿度を求め、木材、その他の繊維質の含水量を計り、火災対策資料として利用していくもので地中の保水度合いもこの実効湿度と同じように、今日及び今日以前の降雨量に重みをつけてこれを合計し、積算実効雨量とし、これが土中に保水されている雨量と考えこの雨量と当日雨量との和をもって崖くずれに影響する雨量としている訳です。

その試算式は次のとおりです。

$$R = I + I_0$$

$$= I + KI_1 + K^2I_2 + K^3I_3 + \dots + K^nI_n$$

R = 崖くずれに影響ある雨量

I = 当日の雨量

I₀ = 積算実効雨量

I_n = n日前の降雨量

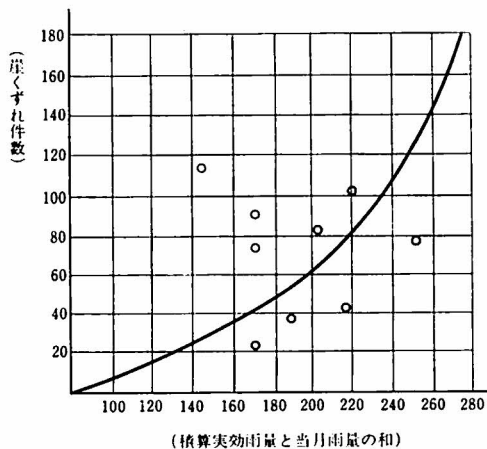
K = 定数(呉市の場合は、0.9を用いる。)

この式で問題となるのがKの値で、この値は次の理由から定めています。

呉市は、昭和42年7月9日の大災害以後、10月中旬までまったく降雨がなく連続して異常乾燥が続き、消防としても治水対策に悩みました。この時の状況は山林の樹木が枯れたような現象を示し、土中の含水量も全くない状態となりました。ところが中旬になって降雨がありその降雨も1時間に約10mm以内の極めて静かな雨が連続して続き、その降雨量が93mmを示したとき、初めて第1回目の崖くずれが発生しました。このことから土中の乾燥した状態から崖くずれに至るまでの雨量は90mm前後であると考えられる訳です。

そこで、過去10年間に発生した崖くずれについて90mm前後であればという見解からこの式を用いてKの値を0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9等の数字をあてはめて計算してみたところ、0.9の値が80~100mm範囲内に入り適切な数値であると判断しました。土中が乾燥した状態から第1回目の崖くずれが発生するまで93mmであったこと。また0.9の数値を用いて過去の災害にこの式をあてはめてみた場合、80~100mmの範囲内に比較的まとまった形を示していることから呉市の場合0.9の値を採用することが適切であると判断した理由です。

この式を用いて計算した場合、降雨前1週間位の雨量を考えて計算すればよいではないかという考え方の人もいますが、この試算式を用いると1週間はおろか幾日もさかのぼって計算するようになりますが、これは、毎日、前日までの積算実効雨量に0.9を乗じていき、当日降雨があればその値を加え、翌日に0.9を乗じていくような方法をとればいつでも崖くずれに対する危険度が極めて簡単な方法で



図一 崖くずれ発生状況表

表一 増加件数表

R (I + I ₀)	51~70	71~90	91~110	111~130	131~151	151~170	171~190	191~210
t	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
R (I + I ₀)	211~230	231~250	251~270	271~290	291~310	311~330	331~350	351~370
t	1.2	1.5	2.0	2.8	3.6	5.5	10.0	20.0

表二 死者の発生した状況表

発生年月日	死者数	R (I + I ₀)	崖くずれ件数	備考
昭和26年7月15日	14	230	369	
〃 29年7月14日	2	216	87	
〃 35年7月8日	2 1	172 232	177	
〃 40年6月20日	1	214	117	
〃 42年7月9日	88	383	1,563	

知ることができます。

(2) 崖くずれ発生件数の推定

崖くずれが降雨に反応して発生することになると、降雨量が多ければ多い程崖くずれ件数が多くなることは明らかですが、図一に示すように縦軸に崖くずれ件数を取り、横軸にRすなわち、積算実効雨量と当日の雨量の和をとっていくと○印で示すようにばらつきがありますが概ね表に示すような曲線が得られます。

この○印にばらつきがあるのは、時間雨量が20mmを超えると急激に崖くずれ件数が増加する特性があるためです。崖くずれは、降雨強度、すなわち、時間雨量（1時間当りの降雨量）の強度に比例して増大します。したがって増加件数は次の式で求めることができます。

$$\text{増加件数} = \text{時間雨量 (10mm以上)} \times t$$

上式における係数 t を事例に照らして求めた表が表一です。

故に、降雨量に対応する崖くずれ件数は、

図一でグラフによって推定した件数と増加件数の和で推定することができます。

(3) 死者の発生した崖くずれ

呉市において過去に死者の発生した崖くずれについて表二に示しています。

この表でRの値は死者の発生した時点の値です。死者の発生した崖くずれはRの値が200mmを超えた段階において発生しており、Rが200mmを超えると崩壊する土砂量も大規模となり大災害となります。

実際にこの時機になりますと、防ぎょ隊は出動しっぱなしで無線によって各地の被害状況が頻繁に水防本部に入り全職員が緊張します。しかしながら昭和35年7月8日の場合、Rが172mmで2名の死者が発生していますがこれは、前2時間の降雨量が72.5mmの強雨の結果このような状態となっていますので雨足の強さと、災害危険は隣り合せとなっていることを意識しておく必要があります。

3. 水防体制の発令時機

消防局では、水防体制を第1,第2,第3と3区分して対応するように計画しています。

水防第1体制では、気象注意報が発表され、水災の発生が予想される場合に発令し、その対応は、通常の勤務体制で情報の収集、水防隊の編成、警戒隊の派遣、水防資器材の点検整備、非番職員の自宅待機等の措置をとります。

水防第2体制は、警報が発令される等、重大な災害が起こるおそれがある場合で、非番職員消防団員の招集、水防本部の開設、監視警戒の強化等の措置をとります。

水防第3体制では、非常事態が発生することを予想して消防職員及び消防団員のほとんどを水防隊に編入します。

そこでこれらの発令時機は、Rが80mmの段階で水防第1体制、160mmで水防第2体制、180mmで水防第3体制を発令して対応することにしています。

4. 避難勧告及び避難指示の発令時機

避難指導ですが、過去においてRが200mmの段階から人的被害が発生しています。この時機になりますと崖くずれの現象が大きくなり、異常現象の発生、すなわち崖部からの地下水の噴出、石崖土砂崖の亀裂、樹木の倒壊等が発生してきます。この時点で危険箇所の住民に対して早めに避難するように指導しなければなりません。特に老人、子供には早めに避難させるよう、又、家の中においても崖部から離れた居間に移動する等、いつでも避難できるように準備させるにはRが170mmの段階から行うようにしています。

避難指示の時機は、過去の事例からしてR

が200mmでさらに降雨が予想される場合に発令すべきであると判断しています。

5. おわりに

呉市は雨に弱い街だと言われてきました。したがって我々消防職員は特に、梅雨台風シーズンになりますとこの崖くずれ発生子知方法によって災害を予想するとともに、各職場においては水防作業の危険性、限界、暗号等を再確認する等の研修を行います。しかし、今日ではこれらの対応策に加えて河川情報システム、広島県防災行政無線端末機等の導入によって順次近代的な情報を得ることが可能となってきました。

災害危険箇所については、急傾斜地崩壊対策事業の推進によって防災工事が施工され整備が着実に進められていますが、未だ数多くの危険箇所が残存しています。

災害対策基本法によれば、避難の勧告、指示等の権限は市町村長、警察官、海上保安官が有していますが、特に災害現場では消防職員が指示伝達して救命した例が多くあります。これからは、さらに的確な情報を得ていかに迅速な対応をするかにかかっていると思います。そのためには、先輩が研究して残してくれた崖くずれ発生子知方法を基礎として、先端技術を駆使した情報システムを導入し、さらに地域住民に対しては自主防災組織等を通じて土砂災害の危険性、避難の重要性を浸透させ、「人命の損傷だけは守る。」という立場にたつて総合的な警戒避難体制の充実強化を図らなければならないと感じております。