

45 フェールセーフ型土石流検知警報システムの開発

独立行政法人産業安全研究所
飛島建設（株）
武蔵工業大学

○豊澤康男 堀井宣幸 梅崎 重夫 玉手 聡
大野陽子
片田敏行 末政直晃

1 はじめに

土石流による災害の防止のため、予知・予測から避難まで多岐に渡った様々な対策が実施されている。これらの対策のなかで、土石流災害を防止するために最小限必要な事項を挙げると次に示す3点に絞られる。

①発生した土石流を検知すること、②避難を行うように警報すること、及び③作業者が安全な場所に避難すること。

上記①及び②を確実に実施するための土石流検知警報システムの必要な要件について検討するとともに、その要件を満たすシステムを開発・試作した。

2 フェールセーフ型土石流検知警報システムフロー

危険検出型システムは、システムが正常であれば土石流発生時にこれを検知し、危険の情報と判断して警報を発する。従って、危険検出型システムが危険を通報しないときは、安全であると考えられる。しかし、これは必ずしも正しいとはいえない。なぜなら、例えばシステムの電源がOFFである場合や、危険を検出するためのハードが故障してしまった場合には、危険の情報を検知することができず、また通報することもできなくなってしまうからである。つまり、土石流が発生しても危険を検知できず、警報できない可能性があるといえる。また、土石流の発生を予測することは非常に困難である。しかし、危険検出型システムは、このようにいつ発生するかわからない危険に対しても、発生したときにだけ必ず動作しなければならない。つまり危険検出型システムは、危険時に確実に動作するということを常にチェックし、必ず動作するという確信がない限り、安全であるとはいえない。従って、危険を検出するだけの危険検出型システムでは、安全性において必ずしも十分であるとはいえない。

本来、土石流検知警報システムは、土石流が発生したときに必ず警報できるシステムでなければならない。土石流が発生したとき、つまり危険が生じたときのみシステムが動作するのではなく、土石流が発生していないことを常時確認し、安全であることを通報するようなシステムである必要がある。このようなシステムを、安全確認型システムという。安全確認型システムは、常時動作して安全を通報しているため、電源がOFFである場合や、ハードが故障してしまった場合でも、安全確認の通報がなされなくなることにより安全でないという情報が得られるシステムである。危険検出型システムが災害発生時のみ動作するのに対して、安全確認型システムは安全であるという情報を常に確認できるように常時動作しているシステムであるといえる。また、安全確認型システムは従来のシステムでは人の手によって定期的に行われていたメンテナンスを、常に安全を通報するという動作によって自動化している。従って、安全確認型システムは、従来の危険検出型システムより高い信頼性とメンテナンス性を有するといえる。土石流検知警報システムは、土石流の発生を見逃すことがないシステムである必要がある。そのためには、危険を検出して警報する危険検出型システムより、危険がないことを常に確認する安全確認型システムであることが望ましい。さらに、システムが故障した場合でも、これを起因として災害が発生することがないようなフェールセーフ型であることが重要である。

表1に、危険検出型システムと安全確認型システムの違いを示す。危険検出型システムは、安全状態にあるときは特に動作しておらず、不確定状態にあるときは何もしていない。また、危険状態にあるときは警報が鳴るはずだが、これはあくまでもシステム自体が正常であることが前提になければならない。システムに何らかの故障が生じてしまった時は、土石流が発生しても、警報を鳴らすことができない。一方、安全確認型システムは、安全状態の時も常に動作して安全確認を行っている。不確定状態、危険状態になると、安全が確認できないため警報を発することができる。以上から見ても、土石流による労働災害防止のためには、確実に土石流を検知・警報することのできる安全確認型システムであることが望ましい。

なお、フェールセーフとは、システム自体やシステムを構成する要素が故障しても、これに起因して危険が生じることのないように、故障の影響を安全側に固定する仕組みのことをいう。

本研究では、ワイヤセンサーを用いた土石流検知警報システムを安全確認型としてフェールセーフ化することについて検討した。図1のシステムフローに示すとおり、当該システムは次の4項目について常時確認している。

- ①ワイヤーが断線していないこと
- ②警報器が正常であること

表-1 危険検出型システムと安全確認型システムの違い

区分	従来の土石流検知警報システム 危険検出型	フェールセーフ型 土石流検知警報システム 安全確認型
安全状態	警報が鳴らない	安全確認
不確定状態	警報が鳴らない	警報が鳴る
危険状態	警報が鳴る	

- ③バッテリーの電圧が正常であること
- ④コントローラや配線が正常であること

さらに、当該システムは、これら①～④の項目がすべてYESの信号を出した時に安全を通報する。また、①～④項目のいずれかがNOの信号を出した時は、それぞれ異なった警報表示をすることができる。従って、故障時でも故障箇所を瞬時に特定できるようになっている。

3 フェールセーフ型土石流検知警報システムの試作

試作したフェールセーフ型土石流検知警報システム（図2参照）の特徴は次のとおりである。

- ①土石流が発生していないことを常時動作して確認し、安全であること及びシステムが正常であることを通報する安全確認型システムである。
- ②図2に示すとおり、センサー部に2つの抵抗を設けて設けて一定の電圧をかけ、その電圧を主コントローラで監視している。電圧の値が一定範囲にある場合を安全とし、土石流発生時のワイヤーの断線や他の要因により一定範囲より外れた場合に警報を発する。
- ③コントローラを二重化することによってフェールセーフ化し、主コントローラが故障した場合でも警報することができる。
- ④定期的に警報器からチェック音（警報器の立ち上がり音）を鳴らし、マイクでその音を拾って、主コントローラで警報器音が正常に鳴ることを確認している。
- ⑤警報器に関しても二重化し、一方の警報器が故障した場合でも、予備の警報器で警報することができる。
- ⑥常時安全を通報することで維持管理を自動化している。従って、システムを容易に維持管理できる。

<参考文献>大野,豊澤ら,土石流による労働災害の防止対策に関する調査、第28回土木学会関東支部技術研究発表会,2001.

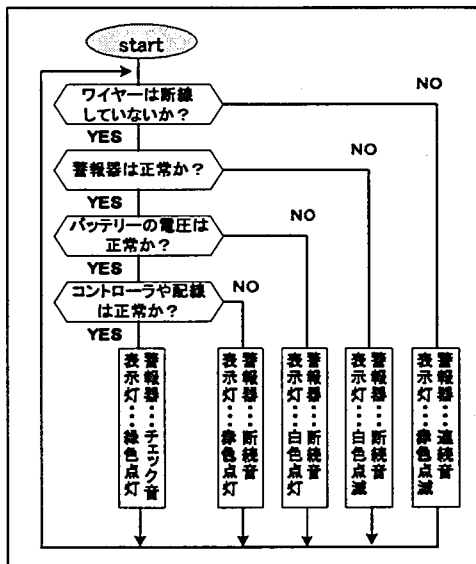


図1 フェールセーフ型土石流検知警報システムフロー

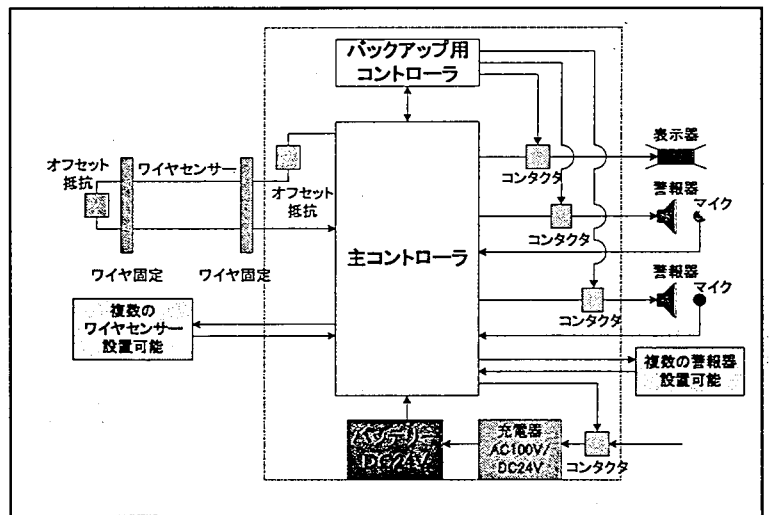


図2 フェールセーフ型土石流検知警報システム