

現場避難実験による土石流発生時の避難時間に影響を及ぼす要因の検討

独立行政法人産業安全研究所 正会員 豊澤康男 堀井宣幸 玉手聡
株式会社ジオデザイン 正会員 丸山憲治 橋爪秀夫

1. はじめに

土石流が発生した場合、現場作業員の労働災害を防止するために、土石流の早期検知、作業員への確実な通知、作業員のすみやかな避難などが重要な項目として挙げられる。この中で、作業員の避難に関しては、現場の地理的状況、施工状況、作業員の構成などを加味して現場の施工計画、特に土石流安全対策計画書を作成する段階において避難時間を把握することが重要である。したがって、避難時間を事前予測するためには、各要因が避難時間に及ぼす影響を解明するための基礎的データを取得することが必要である。

そこで、地理状況、避難経路、作業員構成などを変化させ、これらの要因が避難時間に与える影響を把握することを目的として土石流災害防止のための現場避難実験を行った。

2. 実験条件

現場避難実験の実験場所は「神奈川県内の土石流危険河川敷き内」とした。その現地状況を写真-1に示す。現場避難実験は対象者を現場作業員10人（平均48.7歳）とし、大きく分けて平坦部、斜面部、はしご部の3つについて実験を行った。平坦部においては地盤条件・作業人数・道幅・距離・歩き方の要因を変化させ、表-1に示す条件で実験を行った。斜面部においては斜面角度（斜面A,B,C）・作業人数・道幅・斜面の登・降の要因を変化させ、表-2に示す条件で実



写真-1 現地状況(斜面部)

表-1 平坦部の実験条件

| Case | 地盤条件 | 作業人数 | 幅 | 距離 | 歩き方 |
|------|------|------|----|---------------|-------|
| 平1 | 礫 | 1人 | 1m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平2 | 礫 | 5人 | 1m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平3 | 礫 | 5人 | 2m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平4 | 礫 | 5人 | 3m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平5 | 礫 | 10人 | 1m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平6 | 礫 | 10人 | 2m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平7 | 礫 | 10人 | 3m | 10,30,60,100m | 普通に歩く |
| 平8 | 礫 | 1人 | 1m | 100m | 急ぎ足 |
| 平9 | 平坦 | 1人 | 1m | 100m | 普通に歩く |
| 平10 | 平坦 | 1人 | 1m | 100m | 急ぎ足 |

表-2 斜面部の実験条件

| Case | 斜面角度 | 作業人数 | 幅 | 斜面の登・降 |
|------|-------------------------------|------|----|---------|
| 斜A-1 | 斜面A27.8° (L=7.3m,H=3.4m) | 1人 | 1m | 登・降 |
| 斜A-2 | | 5人 | 1m | 登・降 |
| 斜A-3 | | 5人 | 2m | 登・降 |
| 斜A-4 | | 5人 | 3m | 登・降 |
| 斜A-5 | | 10人 | 1m | 登・降 |
| 斜A-6 | | 10人 | 2m | 登・降 |
| 斜A-7 | | 10人 | 3m | 登・降 |
| 斜A-8 | | 1人 | 1m | 急ぎ足で登・降 |
| 斜B-1 | 斜面B23.4° (L=19.8m,H=7.9m) | 1人 | 1m | 登・降 |
| 斜B-2 | | 5人 | 1m | 登・降 |
| 斜B-3 | | 10人 | 1m | 登・降 |
| 斜C-1 | 斜面C11.9° (L=50.1m,H=10.3m) | 1人 | 1m | 登・降 |
| 斜C-2 | | 5人 | 1m | 登・降 |
| 斜C-3 | | 10人 | 1m | 登・降 |

注：L:斜距離,H:高さ

験を行った。はしご部においては作業人数・はしご本数・はしごの昇・降の要因を変化させ表-3に示す条件で実験を行った。

3. 実験結果および考察

図-1は斜面部の代表的な例（道幅1m,斜面角度27.8°,登）の作業人数と避難速度の関係を示したもので、図中に個人毎の最小・平均・最大速度を示している。この場合、平均と最大速度の差が大きいことにより速度の速い人より遅い人の方が人数が多いことがわかる。よって、最大又は最小速度（10人中最も速い人と遅い人）ではデータが片寄ることが考えられるため、以下平均速度を避難速度とする。平坦部における実験結果を図-2～図-4に示す。作業人数と避難速度の関係（道幅1m）を図-2に示す。距離10,30,60,100mの順で避難速度が増加することから、距離が長くなると避難速度も増加し、距離30m以下（既往の研究のアンケート調査により平坦部の避難距離が30m以下の頻度が多い）では作業人数1人の避難速度は1.2m/sとなることがわかる。また作業人数が増加すると避難速度が減少し、道幅1mの場合では距離10m,作業人数10人

表-3 はしご部の実験条件

| Case | はしご高さ | 作業人数 | はしご本数 | はしごの昇降 |
|------|-------|------|-------|--------|
| は1 | 4.2m | 1人 | 1 | 昇・降 |
| は2 | 4.2m | 5人 | 1 | 昇・降 |
| は3 | 4.2m | 5人 | 2 | 昇・降 |
| は4 | 4.2m | 10人 | 1 | 昇・降 |
| は5 | 4.2m | 10人 | 2 | 昇・降 |

のときで約3割避難速度が低下することがわかる。図-3に作業人数が5人の場合の道幅と避難速度の関係を示す。道幅が増加すると避難速度は増加し、距離30m以下では道幅が1m 3mに増加すると約1割避難速度が増加することがわかる。図-4に地盤状況と避難速度の関係を示す。地盤状況が礫から平坦になると約1.4割避難速度が増加することがわかる(急ぎ足の場合も同程度)。また、歩き方を急ぎ足にすると約3割近く避難速度が速くなる。

斜面部における実験結果を図-5~図-7に示す。図-5は作業人数1人、道幅1mとしたときの各斜面角度と避難速度の関係を示したものである。これにより、斜面角度が増加すると避難速度は減少し、斜面角度30°で避難速度が登:約0.6m/s・降:約0.7m/s, 斜面角度10°で登:約1.1m/s・降:約1.3m/sとなることがわかる。また、斜面角度27.8°において歩き方が急ぎ足になると登・降両方とも約2倍近く避難速度が増加する。図-6は道幅1mにおける各斜面角度の作業人数と避難速度の関係を示したものである。作業人数が増加すると避難速度は減少し、道幅1mの場合ではいずれの斜面角度においても作業人数が10人になると登で約2~3割程度避難速度が減少する。図-7は斜面角度27.8°, 作業人数10人における道幅と避難速度の関係を示したものである。道幅が増加すると避難速度は増加し、作業人数が10人のとき道幅が1m 3mになると登で約2.5割避難速度が増加する。

はしご部における作業人数と避難速度(個人)の関係を図-8に示す。この図より作業人数1人の避難速度は昇で0.4m/s 降で0.35m/sとなり、作業人数が増加すると避難速度(個人)は増加することがわかる。これは作業人数が複数の場合、前の人が完全に昇り終わらない段階であっても次の人が安全であると判断して昇り始めたため、避難時間が短縮されたからだと考えられる。また、作業人数が複数の場合、はしごが1本から2本になっても個人の避難速度はほぼ変わらないという結果となった。

4. おわりに

現場避難実験結果から、次のような避難速度をおおよその基準とすることが妥当と考えられる。作業人数1人、幅1mのとき、平坦部で距離30m以下の時1.5m/s、地盤条件が礫の時1.2m/s、斜面部では斜面角度30°のとき登:0.6m/s・斜面角度10°のとき登:1.1m/s、はしご部においては昇:0.4m/s・降:0.35m/s。ただし避難速度は作業人数および道幅によって変化するため、これらの要因によって避難速度を変化させる必要がある。

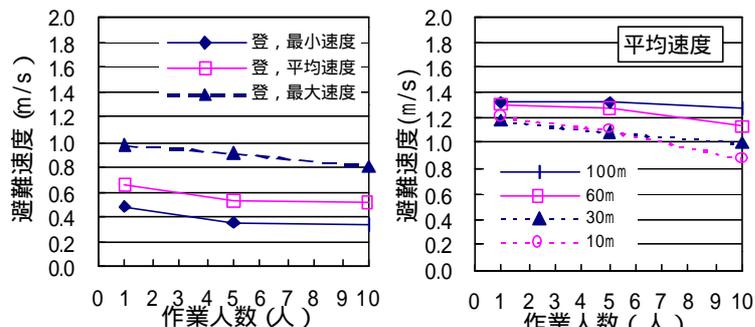


図-1 個人速度のばらつき(斜A-1,2,5登)

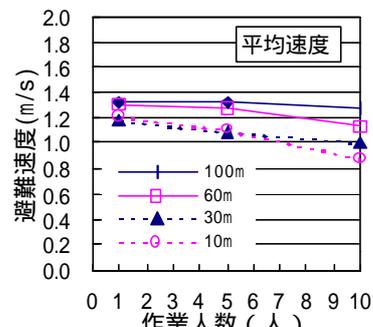


図-2 平坦の人数と速度の関係(道幅1m, 平1,2,5)

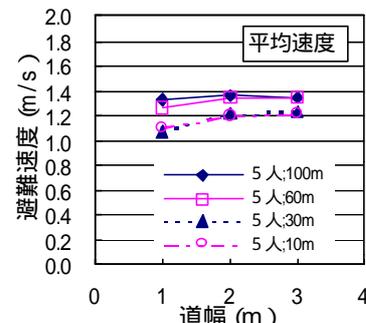


図-3 平坦の道幅と速度の関係(5人, 平2,3,4)

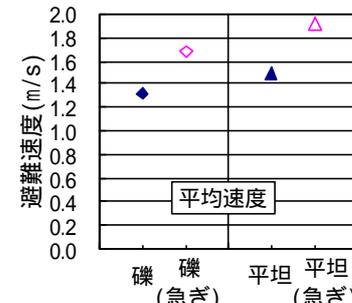


図-4 平坦の地盤状況の違い(幅1m・100m・1人, 平1,8,9,10)

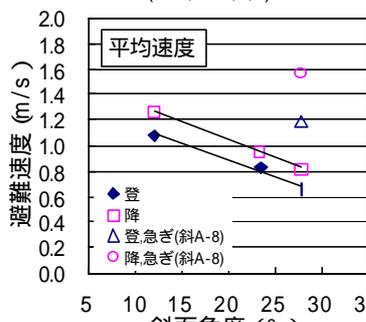


図-5 斜面の角度と速度の関係(斜A-1,斜B-1,斜C-1)

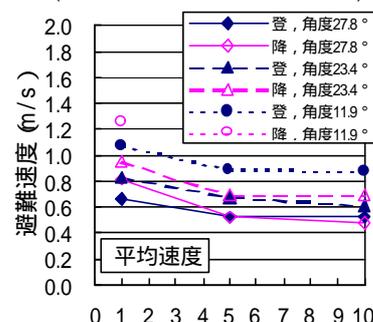


図-6 斜面の人数と速度の関係(斜A-1・2・5, 斜B-1・2・3, 斜C-1・2・3)

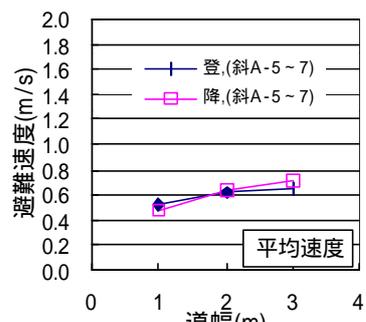


図-7 斜面の道幅と速度の関係(人数10・角度27.8°, 斜A-5~7)

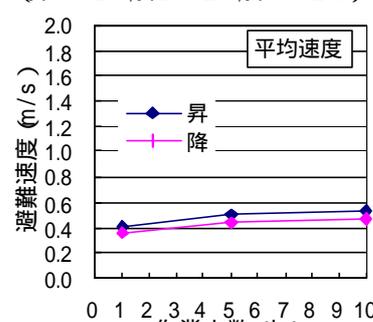


図-8 はしごの人数と速度の関係(はしご1,2,4)