

現場発泡ウレタンの重錘落下衝撃実験

ウレタン土木技術研究会 正会員 中村和弘 正会員 三田部均
信州大学工学部 ○天野 俊 正会員 大上俊之

1. はじめに

落石による衝撃力の緩衝を目的として落石覆工上には、一般に砂、砕砂、山土などが敷かれている。しかしながら、これらの砂材は、十分な緩衝効果を得るためには死荷重が増加する、架設後に発生した設計荷重以上の落石に対し効果的に対応できない等の問題点が指摘されており、効果的な緩衝材の開発が望まれている。

現場発泡ウレタンは、材料が超軽量であることや自立性、耐水性、施工性の良さから、道路拡幅工事等の軽量盛土材の 1 つとして最近注目されており、その特徴は緩衝材としても有効に利用できるものと考えられる。

今回、現場発泡ウレタンの衝撃に対する基礎データの収集を目的として実物大の重錘落下衝撃実験を実施した。ここにその概要を報告する。

2. 実験概要

実験は、厚さ 25cm のコンクリートスラブ基礎上に設置した 3 種類の大きさのウレタン供試体 (A: 縦 3.0m×横 3.0m×厚さ 0.5m, B: 縦 3.0m×横 3.0m×厚さ 1.0m, C: 縦 3.0m×横 3.0m×厚さ 1.5m) に対し、重錘を電磁石による落下装置を用いて 5m, 10m それぞれ 2 種類の高さから落下させ、衝撃時の供試体の挙動を計測した。用いた重錘は質量 1 t, 四角柱形状であり、重錘上部に重い吸着面が配置されるため重錘先端部に回転防止用にウェイトを設置した。ウレタン供試体の物性は、基準密度 = $36\text{kg} \pm 4\text{kg/m}^3$, ヤング係数 = $3,980\text{kN/m}^2$, ポアソン比 = 0.05, 吸水量 = $2\text{g}/100\text{cm}^2$ 以下, 降伏強度 = 166kN/m^2 である。

計測した項目は、重錘内に設置した加速度計(東京測器製 ARJ-1000AS)による重錘の加速度、供試体固定基礎の上面・側壁面に設置した土圧計による供試体の底面土圧、側方土圧である。重錘落下点より 50cm または 40cm 間隔に 13 個の底面土圧計(KDA-500kPa)をコンクリート基礎上面と同一高さとなるように設置し、底面から 25cm の位置に側面土圧計(KDA-100kPa)を 2 個配置して、それぞれ重

錘落下時の衝撃土圧を計測した。加速度計、底面土圧計、側面土圧計からの信号は計測器から動ひずみ測定器(DRA-107A)に入力され、パソコンに取り込んでいる。動ひずみ測定器の計測サイクルは 0.5msec とし、衝撃力の減衰が終了してから 60sec 間データ採取を行った。実験概要、実験状況を図 1, 写真 1 に示す。

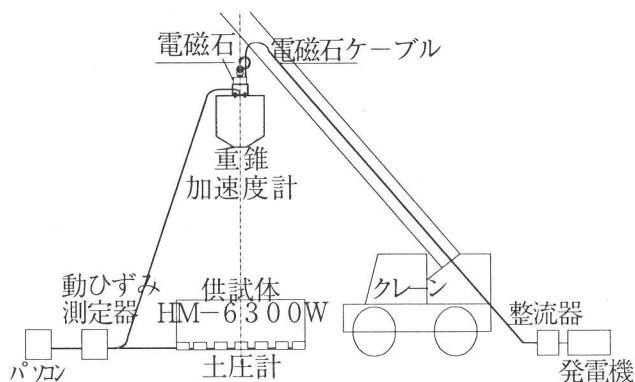


図 1 実験概要図



写真 1 実験状況

3. 重錘衝撃力と貫入量

重錘衝撃力 $P(t)$ は、衝突時の重錘に発生する加速度 $\alpha(t)$ に重錘の質量を乗じて評価される。また、重錘の貫入量 $C(t)$ は、重錘がウレタン内を貫入しているときの速度 $V(t)$ が

$$V(t) = V_0 - \int \alpha(t) dt \quad (1)$$

と得られることより、 $V(t)$ を積分して

$$C(t) = \int_0^t V(t) dt \quad (2)$$

となる。ここに、 V_0 は重錘の衝突時の速度

$$V_0 = \sqrt{2gH} \quad (3)$$

であり、 g は重力加速度、 H は落下高さである。

図2、図3は、落下高さ $H=5\text{m}$ 、 10m について実験結果から算定した重錘衝撃力と貫入量との関係をウレタン厚さ $h=0.5\text{m}$ 、 1.0m 、 1.5m に対して比較したものである。ウレタン厚さ 0.5m は重錘が貫通した場合のもので重錘衝撃力が増大しているが、ウレタン厚さが 1m 、 1.5m の貫通しない場合では重錘衝撃力の最大値はほぼ同じとなっている。

一方、図4は、落下高さ $H=5\text{m}$ における最大底面土圧の経時変化を各ウレタン厚さについて示したものである。ウレタンの厚さが大きくなるにつれて底面土圧が低下しており、厚さによる衝撃力伝播の緩衝効果が見られる。

砂を緩衝材として用いた場合を想定した落石対策便覧式¹⁾

$$P = 2.108(mg)^{2/3} \lambda^{2/5} H^{3/5} \quad (4)$$

において、 $\lambda = 1,000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を代入して得られる衝撃力と重錘衝撃力の実験結果との比較を表1に示す。ここに、 m は落石質量 (t) である。落石対策便覧式では緩衝材の厚さを考慮していないため直接比較はできないが、実験結果はウレタンの厚さに関わらずいずれの場合も砂材より小さい衝撃力を示しており、ウレタンの衝撃エネルギー吸収効果が砂材に比べ大きいことが見出せる。

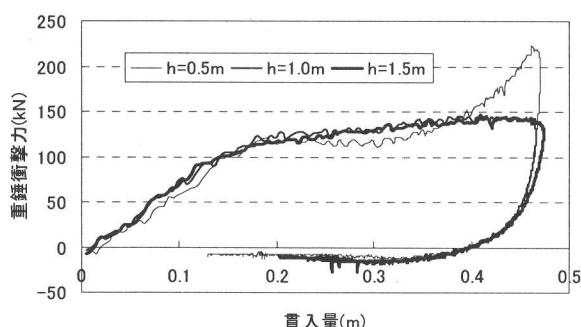


図2 重錘衝撃力－貫入量関係($H=5.0\text{m}$)

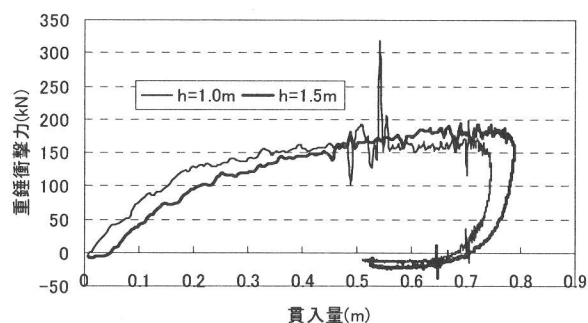


図3 重錘衝撃力－貫入量関係 ($H=10.0\text{m}$)

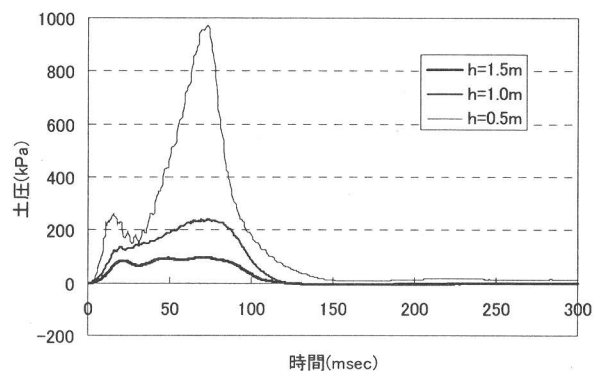


図4 底面土圧の経時変化($H=5.0\text{m}$)

表1 重錘衝撃力の比較

		$H=5.0\text{(m)}$	$H=10.0\text{(m)}$
$h=0.5\text{(m)}$	落石対策便覧式	401.86(kN)	—
	実験値	221.55(kN)	—
$h=1.0\text{(m)}$	落石対策便覧式	401.86(kN)	609.10(kN)
	実験値	145.95(kN)	171.15(kN)
$h=1.5\text{(m)}$	落石対策便覧式	401.86(kN)	609.10(kN)
	実験値	142.80(kN)	194.25(kN)

4. おわりに

落石に対する緩衝材として現場発泡ウレタンを用いた場合について実物大の重錘落下実験を行い、重錘衝撃力と貫入量の実験結果を示した。吉田らは、発泡スチロール (EPS) の緩衝効果について詳細な検討を行っており²⁾、落石に対する設計衝撃力を一軸圧縮試験の応力－ひずみ曲線から推定することを提案している。ウレタンにおいても同様の考えで設計荷重を推定できないか現在検討中である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，1983.
- 2) 吉田博，松葉美晴，法貴貫志郎，久保田努：発泡スチロールの落石に対する緩衝効果に関する実験的研究，土木学会論文集 第427号／VI-14，pp.143-152，1991.3.