

I - 652

スイス産砂利をクッション材として用いた落石衝撃実験について

金沢大学工学部 正 榎 谷 浩
 スイス連邦工科大学 F. Descoedres
 スイス連邦工科大学 C.-A. Schmidhalter

1. まえがき

スイスは、国土の大部分が山岳地帯であるため、雪崩や落石に関して厳しい環境である。そのため、日本と同様に様々な防護対策がなされてきている。現在、落石と雪崩防護構造物の設計のためのハンドブック作成のためのワーキンググループの活動の一つとして著者らは衝撃力の算定に関する実験を行っている。ここではスイスの典型的な砂利を用いた実験結果の一部について報告する。

2. 実験方法

実験は スイス連邦工科大学（Lausanne）の土木工学科の土質、岩盤および基礎研究室の実験室で行った。Fig.1は実験施設の概略を示したものである。実験は、実験室に掘られた深さ8 mのホールの底部にロックシェットの屋根部のモデルである鉄筋コンクリート板（縦横3.4m、厚さ20cm）を4点支持で設置した。なおコンクリートの圧縮強度は 32.2MN/m^2 、縦弾性係数は 29700MN/m^2 である。

ローヌ川およびレマン湖内で浚渫された砂利（氷河砂利）をクッション材として用いた。なお、コンクリート板の上には圧力測定のために10cmの厚さで細骨材（砂）を敷き、その上にこの砂利を90cm厚で敷いた。Fig.2にその粒径加積曲線を示す。

落石としては鋼殻にコンクリートを充填した直径42cmで質量100kgの重錘を用い、2.5m、5m、7.5m、9.84mの高さから落下させて実験を行った。落石衝突実験では、落石の加速度、コンクリート板上での圧力、コンクリート板の変位、支点での反力を測定した（Fig.3）。なお静的載荷試験も行っている。

3. 実験結果および考察

Fig.4に荷重50kNでの静的試験結果より得られた、鉄筋コンクリート板の変形状態を示す。図中にはクッション材を敷かない状態での結果とクッ

ション材を敷いた状態の結果を示した。砂利をクッション材として用いた場合には荷重状態が異なるもの、結果として剛

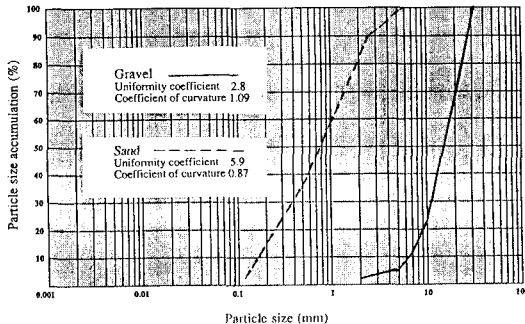


Fig.2 Particle size accumulation curves

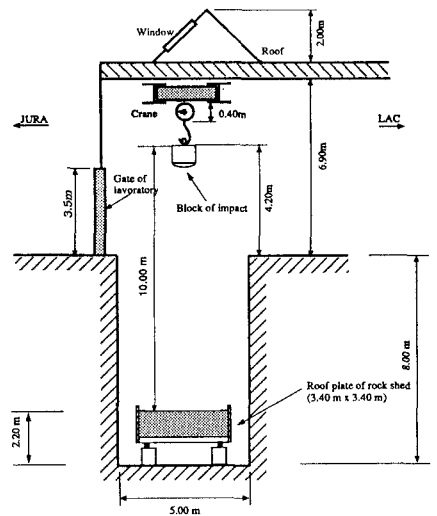


Fig.1 Set-up for the impact test

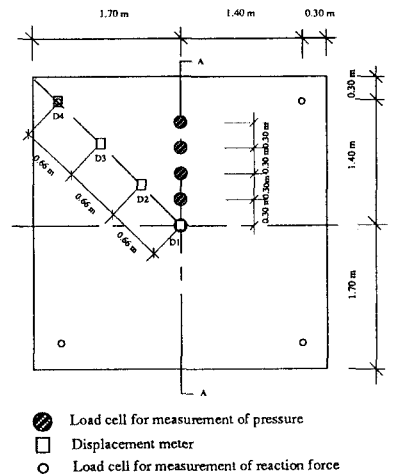


Fig.3 Measurement items of the plate

性が非常に大きくなっている。これは、砂利の噛み合わせの影響と考えられる。Fig. 5は荷重50kNにおけるクッション材底部での圧力分布を示したものである。載荷板の大きさを無視すると分散角は45度、板の大きさを考慮すると分散角60度程度であることがわかる。

本実験の屋根部の応答量からある仮定のもとに価衝撃力あるいは等価伝達エネルギーを算定することができるが、ここでは、反力は直接等価衝撃力と考え、コンクリート板の変位からは荷重と変位に静的関係が成り立つと仮定してこれらも等価衝撃力を求めた。Fig. 6は、落下高さから実験から得られた衝撃力の関係を示したものである。図中には参考のために次式で表される落石対策便覧式を示した。

$$P = 0.097 \lambda^{2/5} m^{2/3} H^{3/5} \quad (1)$$

ここに、 λ はクッション材のLamé定数(kN), m は質量(kg), H は落下高さ(m)である。

図中に示されているLamé定数 $\lambda = 1 \text{ MN/m}^2$ は日本で設計によく用いられている値である。本実験で得られた土圧衝撃力は落石対策便覧($\lambda = 1 \text{ MN/m}^2$)とほぼ等しいことがわかる。しかし、等価衝撃力は土圧衝撃力より大きいことがわかる。これは、一般に動倍率により表される動的影響である。ロックシェッドの屋根に局部的に作用する力としては土圧衝撃力を、構造全体としては等価衝撃力を設計で考えることが合理的と考えられる。

4. あとがき

本研究では、落石による衝撃荷重算定のために行ったスイス産の代表的な砂利をクッション材として用いた落石衝撃実験結果の一部について報告した。この結果、この砂利を用いた場合、屋根部の剛性に大きく寄与し増加させること、得られた衝撃力は落石対策便覧($\lambda = 1 \text{ MN/m}^2$)に比べ大きいこと、屋根部の挙動より仮定した等価衝撃力は本実験内では土圧衝撃力より大きいことが明かになった。

謝辞

この研究は、スイスの落石および雪崩対策の委員会(Arbeitsgruppe 'Bemessung von Schutz gegen auf Steinschlagwirkungen')の活動の一つとして行ったものであり、関係者各位に深く感謝する。また、著者の一人は学振の特定国派遣の期間中にこの研究を行った。ここに、学術振興会に心から感謝する。

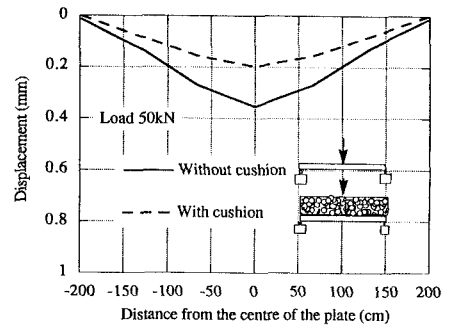


Fig. 4 Deformation of the plate of static test

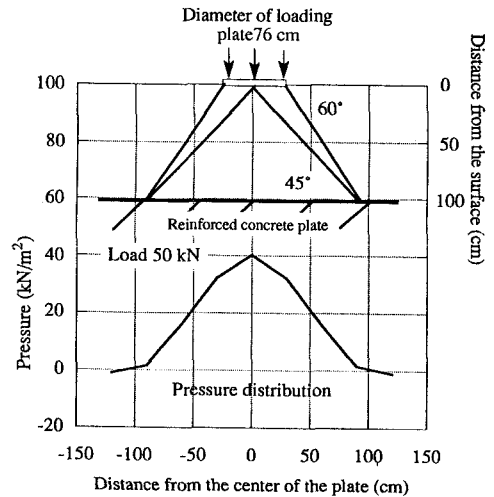


Fig. 5 Pressure distribution under the cushion of static test

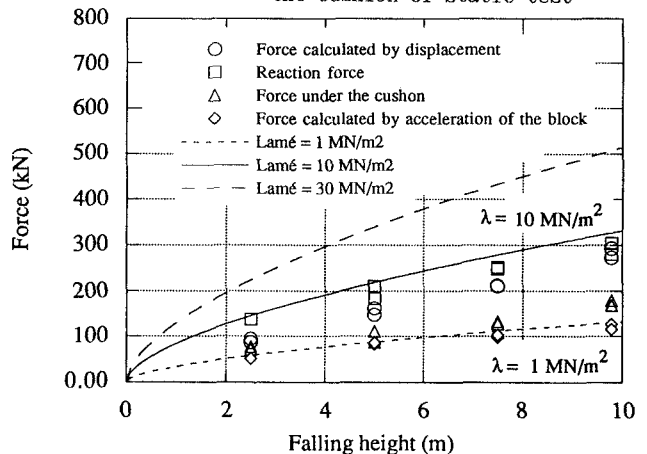


Fig. 6 Relationship between falling height and impact force