

高炉水砕スラグにおける荷重分散角の算定に関する研究

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎・竹下祐二
川鉄鉱業(株) 正会員 昆野功・戸川准一
岡山大学大学院 学生員 ○福田英靖

1. はじめに

従来より天然資材に変わる新しい土工用材として産業廃棄物である水砕スラグの有効利用に関する様々な研究が行われてきた。そしてその結果、かなりの量が土工用材として利用されるようになってきたが、土木材料としての性質が未だ明確にされていないため、セメント原料やコンクリート用細骨材として用いられているのが大部分である。

本研究では、水砕スラグおよび比較材(天然砂)を盛土材料として用い、それに鉛直方向の等分布荷重を加えた場合の土中応力の分散範囲を計測し、荷重の分散範囲、つまり、荷重分散角の評価方法を明確にするために、実施工を対象とした盛土実験を行い、水砕スラグと天然砂の荷重分散特性を把握、対比し、水砕スラグの土工用材としてに有効利用法を検討しようというものである。

2. 土中応力算定式

(1) 等分布荷重による土中応力 1

載荷面からの圧力分布勾配は直線的で、かつ同一深さの断面における鉛直応力の大きさは分布範囲中どこでも同一と仮定した場合、地表からの深さ z における点の長方形等分布荷重による鉛直土中応力は式(1)によって与えられ、通常 θ は $26.5^\circ \sim 35^\circ$ の範囲で定義されるが、水砕スラグを盛土用材として用いた場合、設計、施工実績による推定値として 45° が採用されている。しかし、その根拠が不明確なため、今回の研究により明確にしようとするものである。

$$\sigma_z = \frac{qBL}{(B+2z\tan\theta)(L+2z\tan\theta)} \quad (1)$$

σ_z : 鉛直土中応力(tf/m²) q : 鉛直分布荷重(tf/m²)

z : 地表からの深さ(m) B : 荷重面の短辺長(m)

L : 荷重面の長辺長(m) θ : 荷重分散角($^\circ$)

(2) 等分布荷重による土中応力 2 (長方形分割法)¹⁾

等方均質な半無限線形弾性体の表面に長方形等分布荷重が作用した場合、隅角点の直下の点で生じる鉛直応力は式(2)で与えられる。また長方形の隅角点以外の任意な点の直下での鉛直応力を求めるには、図-1に示すように長方形を4個に分割して、式(2)を用いて計算し、加減すればよい。すなわち、図-1の場合、式(3)のようにすればよい。

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi} \left[\frac{BL(B^2+L^2+2z^2)}{(B^2+z^2)(L^2+z^2)\sqrt{B^2+L^2+z^2}} + \sin^{-1} \frac{BL}{\sqrt{B^2+L^2}\sqrt{L^2+z^2}} \right] \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{z, I} &= \sigma_{z, AEIH} + \sigma_{z, EBFJ} + \sigma_{z, IFCG} + \sigma_{z, HIGD} \\ \sigma_{z, J} &= \sigma_{z, EBFJ} - \sigma_{z, EAGJ} - \sigma_{z, HCFJ} + \sigma_{z, HDGJ} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

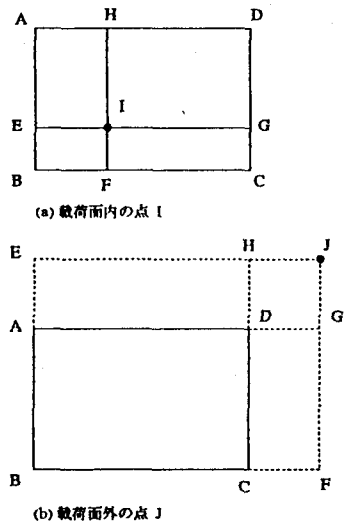


図-1 長方形等分布荷重の分割法

3. 水砕スラグによる盛土実験

実験装置の概要を図-2に示す。盛土形状は土中応力が最も均一に分散される形として底面を正方形とし、盛土底面には鉛直方向に変位しないようコンクリートを打設した。荷重計は埋設型ロードセルを用い、ロードセルの受圧板表面はコンクリート面と同一高さとし盛土材料による荷重計への干渉を防止するため、受圧板表面にグリースを塗布し、塩ビシートを貼り付けた。さらに、土中応力の分布範囲を計測するために、荷重計は荷重載荷直下点より1.25mの範囲に一直線に11個設置した。また、各ロードセルについて事前にブランクトテストを実施した。土中応力の計測は載荷時、除荷時ともに各3回ずつ行い、その平均値を用いた。載荷荷重は、0.1tf, 0.16tf, 0.2tf, 0.26tf, 0.3tf, 0.36tf, 0.4tf, 0.46tf, 0.5tf, 0.56tfの10段階の段階載荷とした。また、水砕スラグの潜在水硬性の発現による土中応力への影響を調査するため、施工直後、1週間後、3週間後の3回について経時変化を計測した。

4. 実験結果および考察

図-3に長方形分割法により計算した水砕スラグにおける土中応力と載荷荷重との関係を、図-4～6にそれぞれ施工直後、1週間後、3週間後の土中応力と載荷荷重との関係の経時変化を示す。施工直後、1週間後、3週間後と時間が経過するに従って、土中応力は徐々に低下してきている。これは、水砕スラグの潜在水硬性の発現により、実験盛土が弾性体から硬化体へと変化してきているためと思われる。次に、図-3の理論値と図-4～6の実験値とを比較すると、セルNo.0とセルNo.1の理論値と実験値の挙動が異なっているが、その他のロードセルでは理論値、実験値ともに、ほぼ同様の挙動を示している。また、荷重分散角 45° となる点は、載荷板中央より0.75mの点であり、セルNo.6がそうである。しかし、土中応力はそれより離れた点でも計測されており、これにより、水砕スラグの荷重分散角は 45° であるといえる。

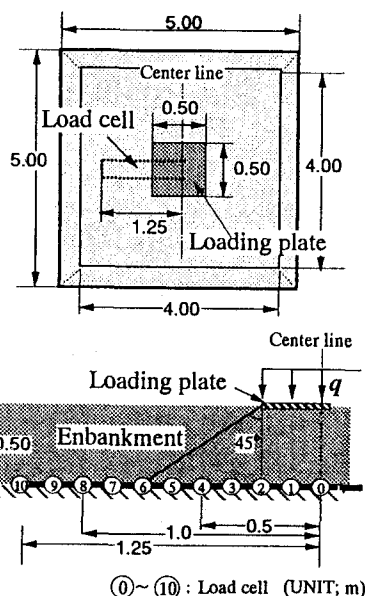


図-2 実験装置

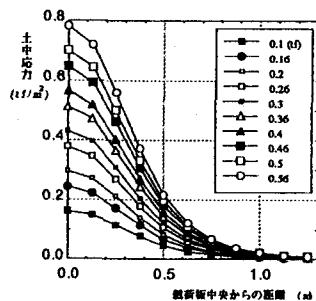


図-3 長方形分割法

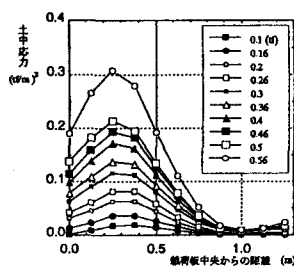


図-4 施工直後

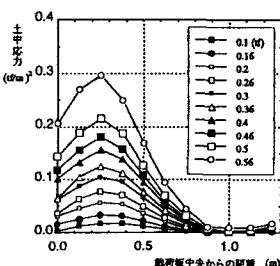


図-5 1週間後

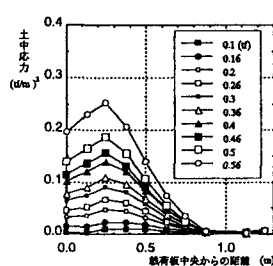


図-6 3週間後

5. おわりに

今回の盛土実験では、水砕スラグの荷重分散角は 45° 以上であることが確認された。また、今後の課題として天然砂など、他の盛土用材との比較を行う予定である。

参考文献 1)河野一郎、八木則男、吉国洋：土の力学、技報堂出版、p.81～83、1990