

Ⅲ—20

砂の密度と強度との関係に及ぼす礫率の影響

東北大学工学部 正 ○柳沢 栄司
 同 上 正 須藤 良清
 同 上 正 佐々木 静男

1. はじめに

土の強度と密度との間には密接な関係があり、従来から様々な実験的研究および理論的研究がなされて来ているが、特に粒度の異なる二種の土が配合された場合の強度の変化については、まだ明白な知見が得られていない。ここでは、比較的均等な粒径を持つ砂とレキを混合して得られる試料についてC B R試験を行い、密度と強度の関係について考察を行ったものである。

2. 礫と砂の混合物

砂あるいは礫がそれぞれ最大あるいは最小間隙比をもち、ある特定の間隙比で存在するとして、この二者が混合した場合の密度が幾らになるかは、推定がなかなか困難である。実際、混合した試料は、独自に最小間隙比と最大間隙比を持つので、必ずしも理論的な推定が正しいとは限らない。礫と砂の混合物の密度（比重）は、砂粒子の密度 ρ_s と礫粒子の密度 ρ_G との線形和で表わされるとすれば、混合物の粒子の合成密度 ρ_{MIX} は、礫の混入率を p として

$$\rho_{MIX} = \rho_G p + \rho_s (1-p) \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。図—1は、密度と混合率の関係を示したものであるが、ほぼ理論曲線を満足していることが知られる。

仮に密度 ρ_s の砂に少量の礫が $p\%$ 混入されたとすると、砂の密度は最密状態でも最緩状態でも存在し得るので、混合物の密度は砂の密度 ρ_s に依存することになる。礫粒子は砂の中に個別に浮いている状態であり、礫が多くなって粒子が互いに接触するまではこの状態である。この場合の混合体の密度 ρ_{mix} は

$$\rho_{mix} = \frac{1}{\frac{p}{\rho_G} + \frac{1-p}{\rho_s}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

である。更に礫が増した状態になると礫粒子が構造を造り、砂がその空隙を充填する状態になるものと考えられる。この場合、礫の密度が最密から最緩まで変化することが考えられ、また空隙に含まれる砂の密度も最密な状態から最緩の状態まで変化し得るので、混合物の密度は礫の密度と砂の密度の両方の影響を受けるものと考えることができる。この時、混合物の密度は

$$\rho_{mix} = \frac{1}{\frac{p}{\rho_g} + \frac{1-p}{\rho_s}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。ここに ρ_g は礫の密度で緩い場合と密な場合で別な値をとり、また礫の空隙に入る砂の密度 ρ_s も詰まり具合によって変化する。図—2は、実際に名取川砂に標準砂を等量混ぜた人工砂に粒径約5mmの礫を混合率 $p\%$ で混合した場合の、混合体の密度の実験値を示したものである。図中の曲線は理論的に予測される混合体の密度である。実験値と比較的よく合致する理論曲線は、礫粒子の密度と砂の最大および最小密度を考えた場合であり、礫の最大あるいは最小密度を仮定した場合は実験値に合わないようであり、礫の最大および最小密度と砂粒子の密度を考えた場合がむしろ良いのかも知れない。なお、ここで用いた砂の比重は2.642、礫の比重は2.678である。

一方、混合体の間隙比は、

$$e_{mix} = \frac{1}{\left(\frac{p}{\rho_g} + \frac{1-p}{\rho_s}\right) [\rho_g p + \rho_s (1-p)]} \dots\dots\dots (4)$$

で表わされる。ここで礫および砂の最大および最小密度をそれぞれ考えれば、混合体の最小および最大間隙比が理論上求まることになる。

図-3は礫の混入率とCBRの関係を表わしたものであるが、ここでは明瞭ではないが混入率が約70%で最もCBRが小さい状態になる。これは、砂とシルトとの混合物の静的および動的強度の関係でも同様であり、ギャップグレードの特徴とも考えられる。

図-4は相対密度とCBR値との関係を示したものであるが、CBR値はおおよそ相対密度Drのべき乗の関数として表わすことは可能であり、ある程度強度の予測は可能かも知れない。

3. あとがき

ギャップグレイディングの場合、混合率30%付近で最も密度が大きくなる傾向が認められた。これは理論的にも予測ができることであり、相対密度を一定とすると強度もこの付近でもっとも小さくなることが液状化試験でも明らかにされている。この理由付けはなかなか困難であるが、実験的には確かめられているので、論理的な説明が要求されている。今後、もう少し論理的な展開を考えて見たい。

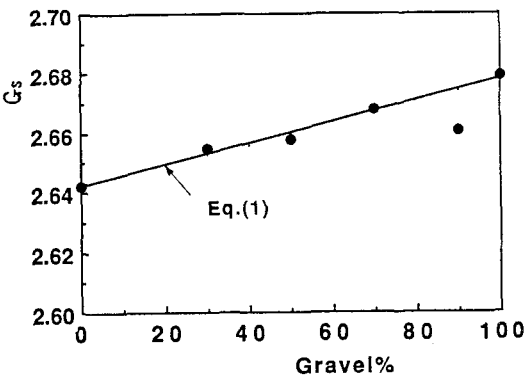


図-1 礫の混入率と比重の関係

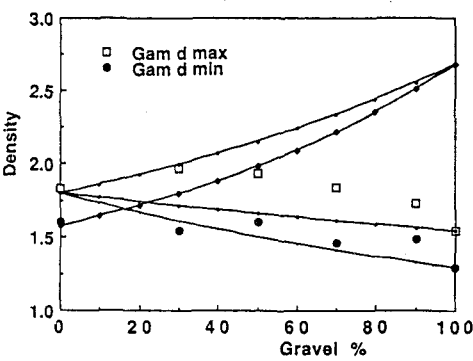


図-2 礫の混入率と密度の関係

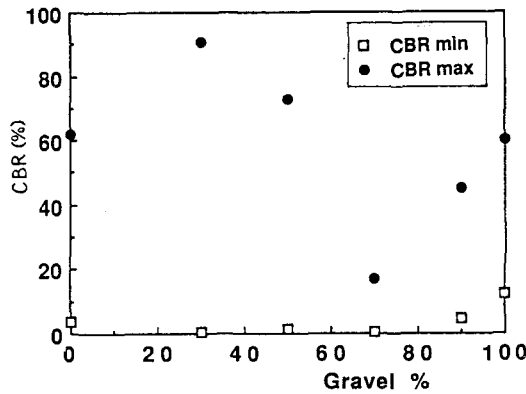


図-3 礫の混入率とCBRの関係

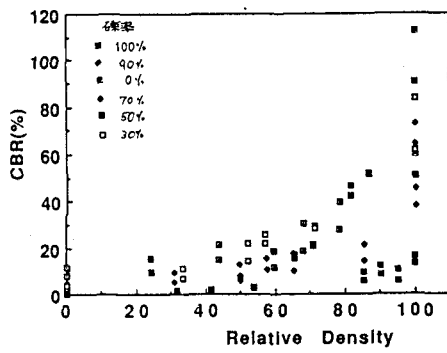


図-4 相対密度とCBRとの関係