

Ⅲ-511 混合補助材料を用いるセメント安定処理の配合設計について

和歌山工業高等専門学校 正員 ○久保井利達
関西大学 正員 西田 一彦

1. はじめに

軟弱土をセメントで安定処理する場合、碎石粉を混合補助材料として有効に利用するために、その最適混合比を理論的に明らかにするものである。そのため、碎石粉の物理的、化学的性質を明らかにし、また、安定処理した混合土の主要素である碎石粉・セメント・軟弱土・水の関係について、それらの最適混合比を理論的に究明したものである。

2. 安定処理における改良土の構成モデルについての考察

軟弱土を安定処理するには石灰やセメントなどを添加し、固化する方法が一般的である。また、混合補助材料を添加して地盤の含水比の低下を図る方法も採られている。一般的に、安定処理土の一軸強度が対象土の含水比とセメント添加量に支配されている。

軟弱土をセメント安定処理する場合、コンクリートに用いられる配合設計方法を適用できるのではないかと考え、その方法の適用について考察する。ただし、軟弱土がコンクリートと異なる点は、次の点である。コンクリートの骨材がセメントとの硬化反応に寄与していないと想定しているが、軟弱土の土粒子表面やその一部分はセメントとの硬化反応に寄与すると考えられる点である。このことから、軟弱土の土粒子と混合補助材料量とに拘束される水と、セメントの水和反応に寄与する自由水との2種類の水の量があると考ええる。

初期含水比 ω の軟弱土に含水比 $\omega=0$ の混合補助材料、セメントを混入する場合、その拘束水のとらえ方として、軟弱土と混合補助材料の ①塑性限界値を用いた水分量 ②吸着水分量 ③比表面積と水膜厚さから計算される水分量などが考えられる。そして、ここで用いる水セメント比は改良土を構成する自由水とセメントの比を採用する。

軟弱土を混合補助材料を用いてセメントで安定処理する場合、改良土のモデル構成を図-1に示す。

この図は軟弱土の単位体積： $V=1\text{ m}^3$

軟弱土の単位体積中の土と水の重量： W_G, W_w

軟弱土と混合補助材料の拘束水分量： $W_{WG}=a W_G, W_{WR}=b W_R$

拘束されない自由水分量： $W_{WW}=W_w-W_{WG}-W_{WR}$

混合補助材料の混合量： $W_R=c (W_w+W_G)$

セメント添加量： W_C

改良土の全重量： W

軟弱土の含水比： $\omega=W_w/W_G$ である。

a, b は軟弱土と混合補助材料の拘束水分の拘束係数、 c は混合補助材料の混合係数とする。

セメントとの水和反応に必要な水分としての自由水分量を求める。

$$W_{ww} = \{ \omega - a - b \cdot c (1 + \omega) \} W_G \quad \text{条件式 (1)}$$

いま、セメントとの水和反応に必要な水分としての自由水分量を改良土の重量の10%とする。

$$W_{ww} \leq 0.1 \{ (1 + c) (1 + \omega) W_G + W_C \} \quad \text{式 (1)}$$

水セメント比は70%以下に設定するため $W_{ww}/W_C=10/15$ とする。

$$W_C = 15/85 (1 + c) (1 + \omega) W_G \quad \text{式 (2)}$$

式 (1)、(2)から

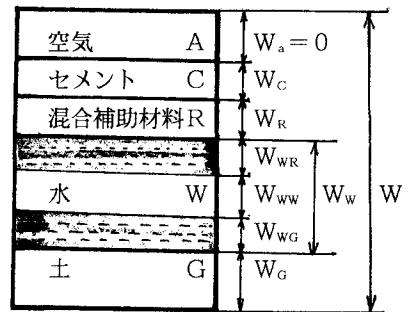


図-1 改良土の構成モデル

$$W_{ww} \leq 10/85 (1+c) (1+\omega) W_G \quad \text{----- 条件式 (2)}$$

条件式 (1)、(2)から

$$\text{混合補助材料の混合係数: } c \geq \{ \omega - a - 10/85 (1+\omega) \} / (10/85 + b) (1+\omega)$$

$$\text{混合補助材料の混合量: } W_R = c (W_w + W_G)$$

$$\text{セメント添加量: } W_c = 15/85 (1+c) (1+\omega) W_G$$

混合補助材料の混合係数の決定方法は条件式(1)、(2)の直線の交点であるから、図上から求められる。

以上の軟弱土を混合補助材料を用いてセメントで安定処理する場合、混合補助材料とセメントの最適配合量が決定できる。

3 混合補助材料を用いる軟弱土の安定処理配合設計例

軟弱土を混合補助材料として産業廃棄物である碎石粉を用いてセメントで安定処理する場合、その条件を示すと次ぎのとおりである。

$$\text{①水セメント比} \quad 0.4 \leq W_{ww}/W_c \leq 0.7$$

$$\text{②自由水分量} \quad 0.07 W \leq W_{ww} \leq 0.1 W$$

$$\text{③セメント量} \quad 0.1 W \leq W_c \leq 0.15 W$$

含水比 $\omega=50\%$ の軟弱土を改良する場合

いま、軟弱土と碎石粉の拘束水分の拘束係数の値を吸着水の値を用いることにする。

$$a=24.6\%, b=17.3\%$$

水セメント比を $10/15$ とする。

自由水分量を改良土の 10% する場合

条件式 (1)、(2) から

$$W_{ww} = (0.254 - 0.260 \cdot c) W_G \quad \text{--- 式 (3)}$$

$$W_{ww} \leq 15/85 (1+c) W_G \quad \text{----- 式 (4)}$$

式(3)、(4)に対し水セメント比の逆数を乗じたものを式(5)、(6)とする。

$$W_c = (0.381 - 0.389 \cdot c) W_G \quad \text{--- 式 (5)}$$

$$W_c \leq 22.5/85 (1+c) W_G \quad \text{----- 式 (6)}$$

次に自由水分量を改良土の 7% とする場合

$$W_{ww} \leq 10.5/89.5 (1+c) W_G \quad \text{--- 式 (7)}$$

$$W_c \leq 15.75/89.5 (1+c) W_G \quad \text{--- 式 (8)}$$

式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)を図に示すと図-2に示すとおりである。図に示す自由水分量の式(3)、(4)と式(3)、(7)の直線の交点から、碎石粉の混合係数が求められる。また、セメント量を決めるには式(5)、(6)と式(5)、(8)の直線の交点から、セメント添加係数が求められる。セメント添加係数は式(5)、(6)における W_G に対する値である。自由水分量を 7% と設定した場合、混合補助材量の碎石粉混合量を多くすることができ、セメント添加量を減らすことができる利点がある。しかし、自由水分量をこの値より小さくすると、セメントの水和反応に寄与する水分が不足する恐れが生じる。また、施工上のワーカビリティが悪くなり施工しにくくなる。このことを考慮すると図-2に示す斜線部分内に収まる碎石粉混合係数、セメント添加係数を使用することが望ましいと考えられる。

4. まとめ

本配合設計方法を適用すれば、対象となる軟弱土、用いる混合補助材量の種類が異なっても式の係数調整が可能であり、これからの配合設計には好都合である。この配合設計方法が一つの指針となれば幸いである。

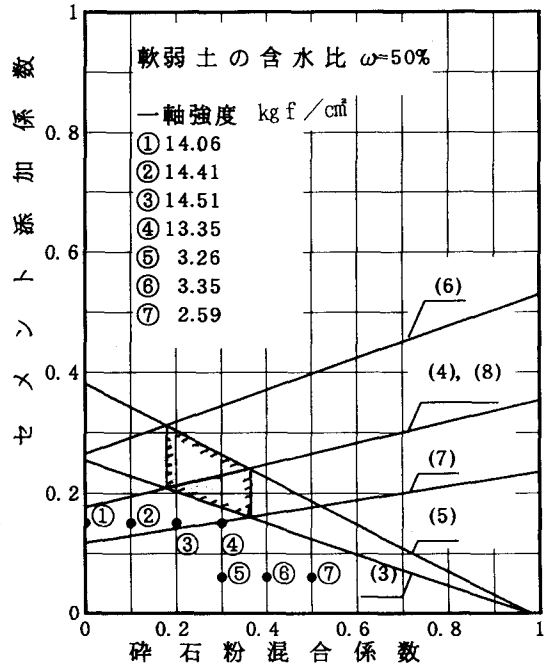


図-2 セメント添加係数と碎石粉混合係数の関係

図中の番号は式を示す