

高炉水砕スラグ・海砂混合材料の強度・透水特性

復建調査設計株式会社 正会員 ○来山 尚義
山口大学工学部 正会員 松田 博
長棟興産有限会社 正会員 中野 恭夫

1. まえがき

銑鉄の生成過程において生産される高炉水砕スラグは、強度・透水性に優れ、大量に生産されることから地盤工学の分野での有効利用が期待される。しかしながら、高炉水砕スラグでは時間とともに硬化する潜在水硬性という大きな特徴を有しており、この潜在水硬性が発現すると、強度は増加するが透水係数は減少することが知られている。¹⁾このため、高強度は必要としないが透水性を長期的に確保したい場合等の利用に制限が生じる。そこで、ここでは潜在水硬性を抑止することを目的として高炉水砕スラグに海砂を混合して水中で長期間養生を行い、強度および透水性の変化について調べたので報告する。

2. 試料および試験方法

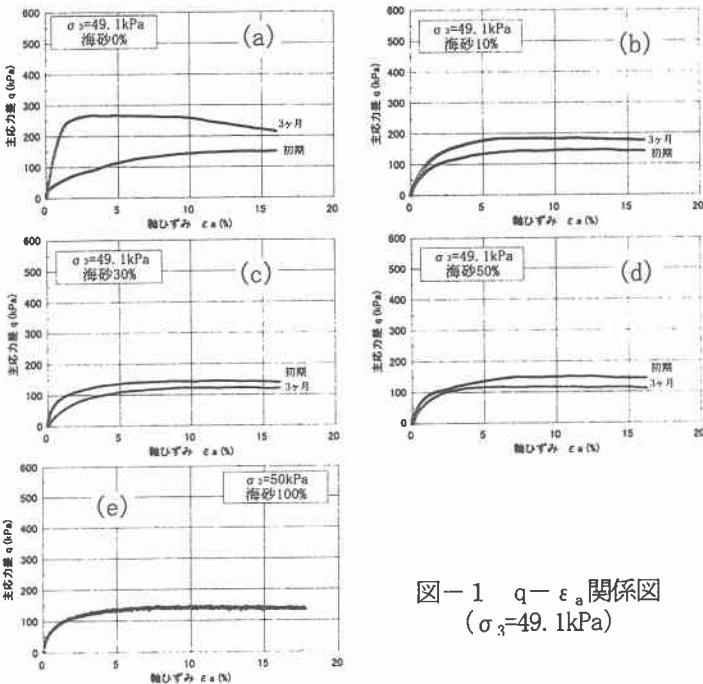
試験に使用した高炉水砕スラグ、海砂および混合後の試料の物理特性を表－1 に示す。試料は、高炉水砕スラグに海砂を乾燥重量比で 1 0 %、3 0 %および5 0 %混合して作成した。なお、海砂は玄海産の試料を使用した。混合した試料は、相対密度が6 0 %となるようにモールド（三軸圧縮試験用：直径5 c m、高さ1 0 c m、透水試験用：直径1 5 c m、高さ1 5 c m）に詰め、広島湾で採取した海水と一緒に養生容器に入れて密封して放置した。そして、所定の期間経過後に圧密排水三軸圧縮試験および透水試験を行った。

表－1 試料の物理特性

海砂混合率		0%	10%	30%	50%	100%
土粒子の密度	ρ_s (g/cm ³)	2.720	2.714	2.701	2.688	2.656
最小間隙比	e_{min}	0.937	0.905	0.809	0.741	0.549
最大間隙比	e_{max}	1.416	1.358	1.251	1.107	0.839
最大乾燥密度	ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.520	1.551	1.571	1.619	1.726
最適含水比	w_{opt} (%)	16.8	16.8	15.5	14.6	12.8

3. 試験結果

図－1 は拘束圧 49.1kPa の時の主応力差 $q \sim$ 軸ひずみ ε_a 関係を示したものであり、図－1 (a), (b), (c), (d), (e) はそれぞれ海砂混合率 0 %, 1 0 %, 3 0 %, 5 0 %, 1 0 0 % の結果である。図中にはそれぞれ初期と 3 ヶ月放置後の結果を示している。なお、図-1(e) においては拘束圧 50kPa で初期のみの結果を示している。初期状態においては、海砂混合率 0 % の初期接線勾配がやや小さい程度で、最大主応力差もほぼ同じであり、海砂混合率による強度の違いはほとんど見られない。3 ヶ月経過後は、海砂混合率 0 % においては潜在水硬性発現によって強度が 2 倍程度に増加し、1 0 % においてもやや強度増加の傾向が見られる。しかし、3 0 % および 5 0 % においては強度増加が見られない。これは、高炉水砕スラグと海砂を混合することにより、潜在水硬性の発現が抑止されたものと考えられる。



図－1 $q-\varepsilon_a$ 関係図
 ($\sigma_3=49.1\text{kPa}$)

図-2は拘束圧49.1kPaの時の体積ひずみ ε_v ～軸ひずみ ε_a 関係を示したものである。初期状態においては、海砂混合率0%では体積ひずみは収縮傾向にあるが、海砂を混合すると次第に膨張傾向に向かい、30%以上では大きな変化が見られなくなる。これは、高炉水砕スラグの粒子破碎の影響を受けているとも考えられる。3ヶ月経過後は、海砂混合率0%で膨張側に变化して、10%でもその傾向が見られる。しかしながら30%および50%では初期状態と大きな違いは見られない。高炉水砕スラグが潜在水硬性により硬化すると、体積ひずみは膨張傾向を示すことが知られていることから²⁾、0%および10%では潜在水硬性の影響を受けているものと考えられる。

図-3は拘束圧49.1kPaの時の応力比 q/p' ～軸ひずみ ε_a 関係を示したものである。ここに、 p' は平均有効主応力、 q は軸差応力でそれぞれ次式で与えられる。

$$p' = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3, \quad q = \sigma'_1 - \sigma'_3$$

初期状態においては、海砂の混合率が低いほど低ひずみにおける応力比は小さく、粒子破碎の影響を受けていると考えられるが、高ひずみにおいてはいずれも応力比1.5程度に収束する傾向を示している。3ヶ月経過後は、図-1および図-2と同様に、海砂の混合率が低いほど潜在水硬性による硬化の影響を受け、応力比が増加する傾向を示している。

また、透水係数は海砂混合率0%では時間の経過とともに透水係数は低下する傾向を示しているが、海砂を混合した場合、3ヶ月経過しても透水係数に大きな変化は見られない。

4. 結論

地盤工学において有効利用が期待される高炉水砕スラグの潜在水硬性を抑止する目的で、海砂を混合し、3ヶ月間養生して強度特性および透水特性の変化を調べた。その結果、高炉水砕スラグに海砂を混合した時の初期強度特性は海砂混合率による違いは小さいが、3ヶ月経過後の強度特性は海砂混合率が大きいほど潜在水硬性発現による影響は小さいことがわかった。また、透水係数にも同様の傾向が見られた。これより、海砂を混合することにより高炉水砕スラグの潜在水硬性発現を抑止できる可能性があると考えられる。

1) 松田、来山、是石、山根、中土井、中野：高炉水砕スラグの潜在水硬性に関する現地調査、地盤工学会第35回地盤工学研究発表会概要集、pp1127-pp1128、2) 来山、松田、是石、片山、中野：高炉水砕スラグの硬化に伴う強度特性の変化、土木学会第55回年次学術講演会概要集、Ⅲ-B264

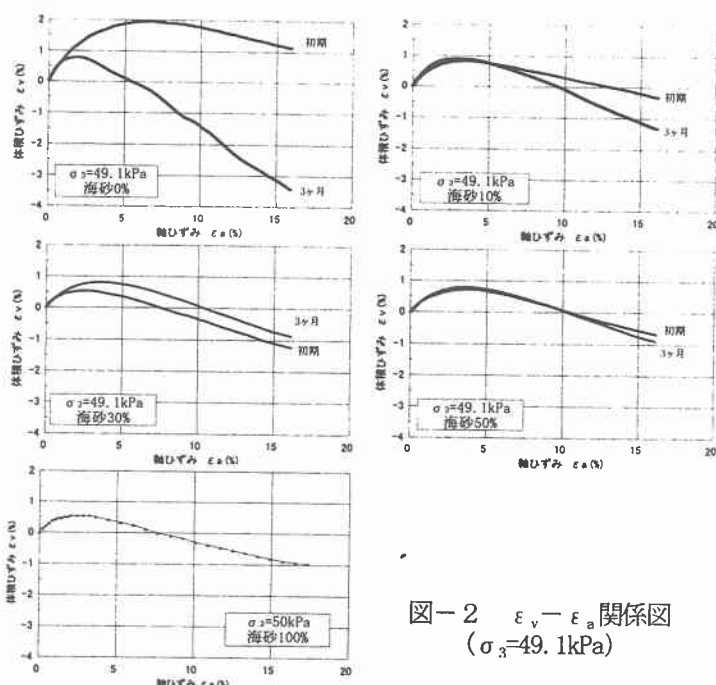


図-2 $\varepsilon_v - \varepsilon_a$ 関係図
($\sigma_3 = 49.1 \text{ kPa}$)

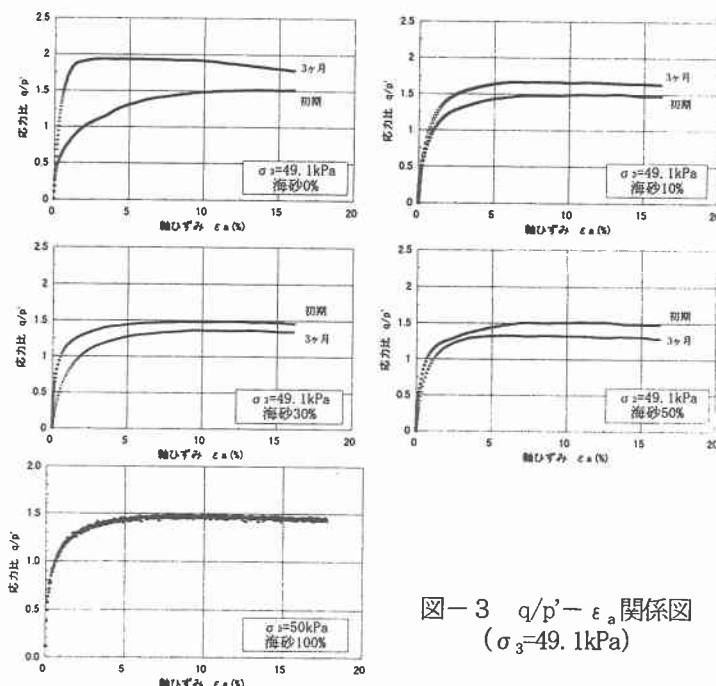


図-3 $q/p' - \varepsilon_a$ 関係図
($\sigma_3 = 49.1 \text{ kPa}$)