

水砕スラグ材の一軸圧縮強度及び排水せん断挙動に関する一考察

神戸大学大学院	学生会員	寺岡由佳
神戸大学大学院	学生会員	亀川恵子
神戸大学大学院	学生会員	○中村恵子
神戸大学都市安全研究センター	正会員	吉田信之

1. 序論

締固め度の大小、混合水の種類、アルカリ刺激剤の有無が締固め水砕スラグの硬化及び排水せん断挙動に及ぼす影響を把握するため、種々の条件で作製した締固め供試体を用いて実施した一軸圧縮試験及び圧密排水三軸圧縮試験の結果について論ずる。

2. 試験概要

本研究で用いた水砕スラグの物理特性を表-1に示す。供試体は、空気乾燥させた水砕スラグにアルカリ刺激剤を混合する場合は質量比で5%のアルカリ刺激剤を添加してミキサーで十分混合した後、水を加えて含水比15%に調整して十分に練り合わせたのち、内径50mm・高さ100mmのモールドを用いて締固め度80%及び95%に締固めて作製した。これを所定の期間水中養生した後、端面整形して力学試験に供した。含水比調整で用いた水は蒸留水(pH=6.39)と海水(pH=8.02)で、養生水には混合水と同種のものを用いた。また、アルカリ刺激剤として普通ポルトランドセメントを用いた。一軸圧縮試験及び圧密排水三軸圧縮試験（有効圧密応力=50, 100, 200kPa；軸ひずみ速度=0.05%/min.）は、地盤工学会の定める試験法に従って行った。

3. 試験結果及び考察

一軸圧縮強度の経時変化を図-1に示す。試験は原則として一条件につき3回行っているが、図が煩雑になるためそれらの平均値のみをプロットしている。また、凡例の「蒸留水・無・80」は混合養生水が蒸留水・アルカリ刺激剤無し・締固め度80%を意味し、他も同様である。ところで、養生期間0日ではいずれの供試体も自立せず、また蒸留水混合養生でアルカリ刺激剤無しの場合は養生期間0～91日では自立しなかったため、これらについては一軸圧縮強度をゼロとして図中にプロットしている。

さて、図-1から、アルカリ刺激剤を混合していない蒸留水養生の場合、締固め度95%で180日養生でも一軸圧縮強度は43.1kPaと小さい。一方、海水養生では、締固め度80%の一軸圧縮強度は養生期間28日ではゼロであるが、91日で91.6kPa、180日で310.2kPaと養生とともに強度増加が認められる。95%締固め度の場合は、養生期間28日で78.7kPa、91日で442.3kPa、180日で648.5kPaと強度増加しており、その増加率は養生期間91日までは80%締固め度の場合よりも大きくなっている。これは、海水は弱アルカリ性であることから水砕スラグの潜在水硬性の発揮を促進させたものと考えられる。また、締固め度が高いと供試体の初期間隙比が小さくなるため水和反応物により間隙が埋まりやすいこと示している。次に、アルカリ刺激剤を混合した場合、混合養生水の種類に係らず、養生期間の増加に伴う強度増加が著しい。同じ締固め度で比較すると蒸留水養生と海水養生の強度増加傾向は同じであるが、養生期間が同じであれば海水養生の方が若干蒸留水養生よりも一軸圧縮強度が大きくなっている。また、養生期間の短い間の強度増加が大きいようで、締固め度が95%の場合にその傾向が際立っている。アルカリ刺激剤として用いたポルトランドセメントの水硬性の影響と海水の弱アルカリの相乗効果がこのような一軸圧縮強度の発現に反映されていると考えられる。なお、ここでは紙面の都合で示していないが、養生期間0～180日のpHの値は、アルカリ刺激剤がない場合で10.4～11.4、刺激剤を混合した場合で12.5～12である。さらに、電気導率は、アルカリ刺激剤がない場合蒸留水養生で7～30mS/m、海水養生で150～350mS/mであり、アルカリ刺激剤を混合した場合蒸留水養生で120～190mS/m、海水

Key Words： 水砕スラグ、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、排水せん断、降伏面

連絡先：神戸市灘区六甲台町1-1、神戸大学都市安全研究センター、078-803-6031、078-803-6394

養生で240～460mS/mである¹⁾。

図-2に、一例として、海水混合で養生期間0日及び91日の場合のアルカリ刺激剤有・無の締固め度80%の供試体で行った圧密排水三軸圧縮試験で得られた軸差応力-軸ひずみ-体積変化関係を示す。養生0日の場合は、アルカリ刺激剤の有無に係らず同じ傾向を示しており、全ての有効圧密応力において軸ひずみの増加とともに軸差応力が漸増している。体積変化については、アルカリ刺激剤のない場合は程度の差はあるものの概して体積収縮を示すが、刺激剤を混合した場合は有効圧密応力50kPaの時せん断初期に体積収縮を示すが軸ひずみ3%ぐらいから体積膨張に転ずる傾向を示す。91日養生では、アルカリ刺激剤の有無に係らず軸差応力は0日養生の時よりも大きくなり、体積変化も正のダイレイタンス傾向を示すようになる。また、軸差応力-軸ひずみ曲線の初期勾配が大きくなっている。アルカリ刺激剤の有・無で比べると、刺激剤有りの方が軸差応力が大きく、緩やかなひずみ軟化傾向を示し、またダイレイタンスも大きくなっている。負から正へのダイレイタンス移行はピーク軸差応力を境にして生じている。

海水混合の場合のアルカリ刺激剤有・無の締固め度80%の供試体で得られた降伏応力を p' - q 面にプロットしたものを図-3に示す。図中には、プロット点を内挿した曲線(以降、降伏曲面と称す)も描いてある。プロット数が少ないが、養生期間の増加とともに降伏応力が増大し、従って降伏曲面も拡大する傾向が見られる。アルカリ刺激剤を混合した場合、養生初期における降伏応力の増大が著しい。

4. 結論

締固め度が大きいほど、また蒸留水よりも海水混合の方が水砕スラグの潜在水硬性を活性化するため締固め水砕スラグの一軸圧縮強度も大きくなる。さらに、アルカリ刺激剤としてポルトランドセメントを質量比で5%混合することによってさらに強度をもたらし、圧密排水三軸圧縮試験で得られた応力-ひずみ関係や降伏応力の経時変化にも同様の効果が認められる。今後、条件を変えて作製した供試体でも実験を行うとともに、応力比一定のせん断試験も行って降伏特性の把握に努める所存である。

表-1 水砕スラグの物理特性

含水比	w	%	6.31
土粒子密度	ρ_s	g/cm ³	2.635
均角係数	U_c		2.8
曲率係数	U_c		1.0
最大間隙比	e_{max}		0.910
最小間隙比	e_{min}		0.745
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm ³	1.386
最適含水比	w_{opt}	%	4～20
液性限界	w_L	%	23.5
塑性限界	w_p	%	NP

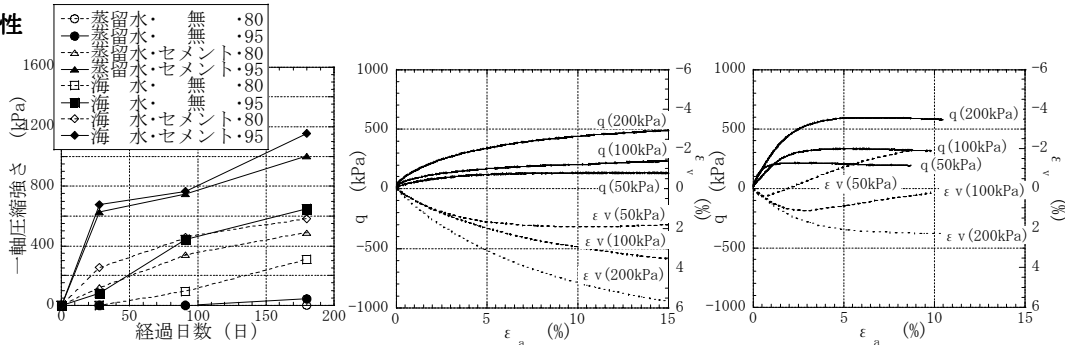


図-1 一軸圧縮強度の経時変化

海水・無・80・0日養生

海水・無・80・91日養生

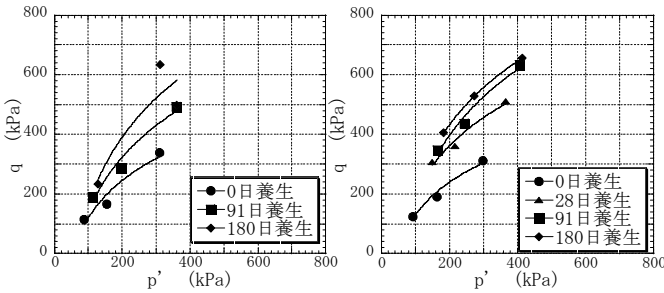


図-3 降伏応力

海水・無

海水・セメント

海水・セメント・80・0日養生

海水・セメント・80・91日養生

図-2 軸差応力-軸ひずみ-体積変化

参考文献 1) 寺岡・亀川・中村・吉田：水砕スラグ材の硬化及びせん断挙動に関する一考察，第36回地盤工学研究発表会講演集，2001，投稿中。