

高炉水砕スラグの固結に及ぼす要因について（その1：各種要因の影響）

（独）港湾空港技術研究所 正会員 高橋 邦夫 菊池 喜昭

（財）沿岸開発技術研究センター 正会員 尾島 啓介

鉄鋼スラグ協会 正会員 星 秀明 ○篠崎 晴彦

1. はじめに

高炉水砕スラグ（以下、水砕）は、水と反応して固結する性質（潜在水硬性）を有することが、既に多くの文献によって示されている。¹⁾ この潜在水硬性に与える諸条件については、間隙比、アルカリ等、個々に調査された研究事例はあるが、総合的に調査した事例は少ない。

そこで、本論文では含水比、温度、粒度、圧力、pH の5つの条件が固結に与える影響について、室内試験にて調査した結果について報告する。尚、粒度については別途（その2）で詳細に論ずる。

2. 水砕の室内固結試験概要

今回の試験ではA,Bの2種類の水砕を用いた。試験は、図-1に示すように、プラスチック製容器(φ50mm, h87mm)に相対密度60%で充填後、不透水性シートにて密閉した供試体を所要の温度の恒温水槽内で養生して実施した。各供試体には表-1に示す試験条件を種々与えて、それらの影響を評価した。

表-1 試験条件

要因	試験条件
水分	絶乾、含水比10%、飽和、固液比(260~290%)※1
粒子破碎	原粒度、破碎粒度
温度	20℃, 80℃
アルカリ添加	なし、消石灰5%添加
圧力	0, 98kN/m ²

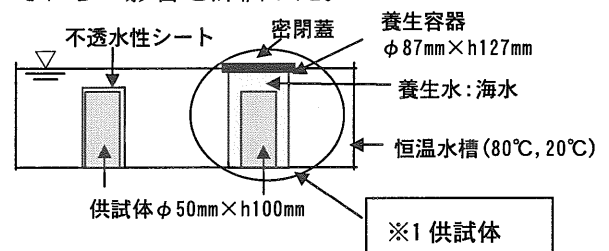


図-1 供試体及び養生方法

※1：固液比の定義

$$\text{固液比(\%)} = \frac{\text{供試体の間隙水を含む容器内の全水量}}{\text{水砕の乾燥重量}} \times 100$$

水分の条件は絶乾(含水比0%)、含水比10%、飽和(含水比：A水砕48%, B水砕39%)のケースと、反応水が非常に多い条件での影響を評価する目的で、図-1に示す※1のケースを加えた。(固液比：A水砕290%, B水砕260%) 粒子破碎の影響については、原粒度の水砕をロサンゼルスすりへり試験機で破碎し、平均粒径D50を原粒度の場合に対して60%程度にまで小さくした試料を用いて供試体を作製した。アルカリ添加については水砕乾燥重量の5%の消石灰を混合した試料を用いて、上述のように供試体を作製した。尚、養生時間は80℃の養生温度の場合、10日、20日、30日、56日、20℃の場合には30日、90日とそれぞれ設定した。固結の程度は一軸圧縮強さで評価した。

3. 一軸圧縮強度試験結果

図-2.に水分条件の異なる各ケースにおける一軸圧縮強さの経時変化の一例として、80℃養生温度での結果を示す。飽和(含水比39~48%)または、含水比10%のケースは10~20日以降、一軸圧縮強さを発現しているが、絶乾状態、固液比260~290%のケースは供試体が自立せず、試験できなかった。

これより、水砕の固結には水分が必要となるが、反応水が多すぎても固結しにくいことが分かった。

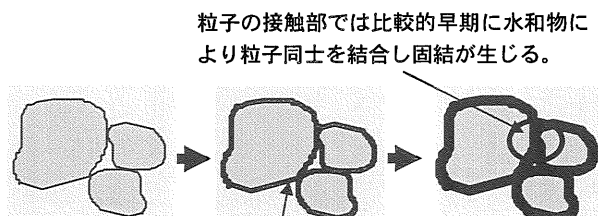
キーワード：水砕スラグ、固結、水分条件、温度、粒度、圧力、アルカリ

鉄鋼スラグ協会：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2-12-5 Tel：03-5643-6016 Fax：03-5643-6018

図-3 はそれぞれ原粒度と破碎により粒度を小さくした場合の養生温度の影響を示している。図から一軸圧縮強さに及ぼす温度の影響が顕著に現れており、原粒度の場合には、80℃で養生したものは20日で既に一軸圧縮強さを発現しているが、20℃で養生したものは、90日経過後も自立できるほどの一軸圧縮強さは発現していない。粒子破碎したものについても同様に養生温度が高いほど一軸圧縮強さが比較的早期に発現している。尚、粒子破碎した水砕の方が原粒度の水砕よりも早期に一軸圧縮強さが発現し、その値も大きいことが分かった。図-4 はアルカリ添加の影響を示したもので、消石灰を添加して強制的に pH を高めることによって、早期に一軸圧縮強さが発現する。尚、今回の試験では圧力の違いが一軸圧縮強さに及ぼす影響については観察されなかった。

以上より、水砕が固結するための条件として、①水分、②温度、③粒子破碎、④アルカリの影響が大きいことが分かった。水砕の固結メカニズムを図-5 に示す。水砕が水と接すると、そのガラス構造から間隙水へ溶出したカルシウム、シリカ、アルミナ等のイオンが反応し、C-S-H(珪酸カルシウム水和物)等が粒子表面に形成される。このとき粒子接触点では、生成した水和物により、粒子同士が結合され固結が生じる。

以上が水砕の固結メカニズムと考えられているが、このメカニズムと試験結果から以下のことが考察できる。
① 水砕の固結には水分が必要であるが、水分が少なすぎる場合には固結するほどの水和物が生成せず、また多すぎる場合には溶出イオン濃度が高まらないため、水和物が生成しにくいと考えられる。②温度、④アルカリが高い場合には水砕からのイオン溶出及び水和物生成促進という化学反応が促進されると考えられる。③粒子破碎による強度上昇は比表面積の増大によって固結の起点となる接触点が増加するという物理的効果によるものと考えられる。この効果については、(その2)で詳細に考察する。



水砕から間隙水中に溶出したイオンが沈殿し、水和物を粒子表面に生成

図-5 水砕の固結メカニズム

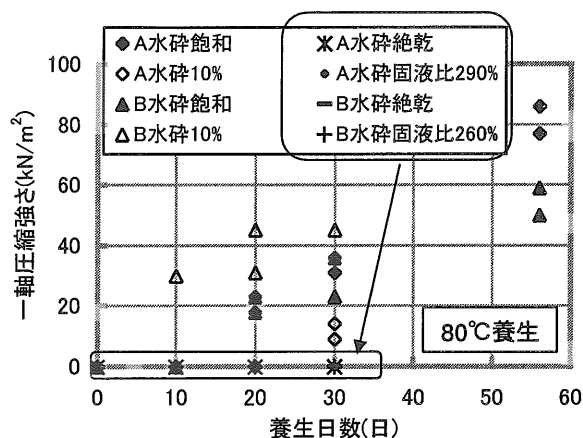


図-2.水分条件の影響

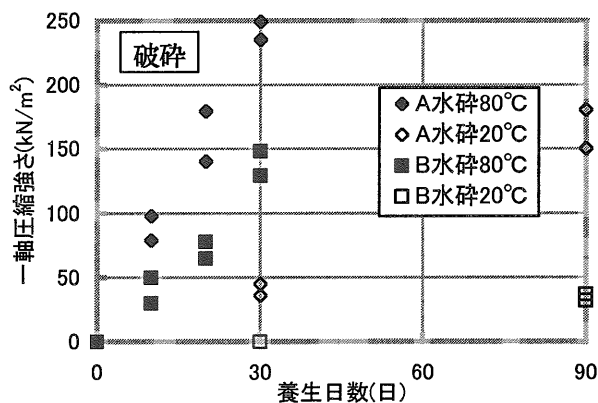
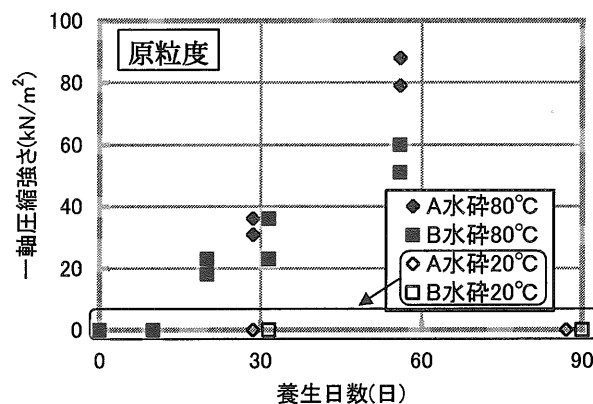


図-3 養生温度の影響

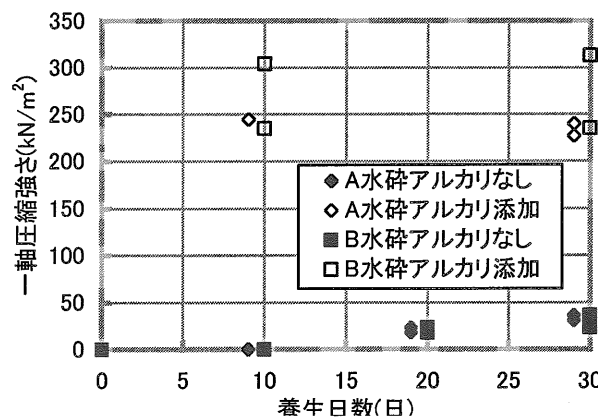


図-4 アルカリの影響(80℃)

【参考文献】 1)例えば、西 勝,佐藤 康文他：水砕スラグ地盤の土質特性土木学会第 36 回年次学術講演会論文集,Ⅲ
-355,P708-709,1981.