

水砕スラグの硬化特性に関する考察

岡山大学工学部	正員	河野伊一郎
(株)川崎製鉄	正員	二町宣洋
岡山大学工学部	正員	○遠藤 隆
日本通運(株)	正員	井ノ口哲生

1. まえがき

鉄鋼生産の過程で生産される高炉水砕スラグ（以下、水砕スラグという）は、いわゆる人工砂であり、その外見は天然砂と極めて似ているが、軽量であること（単位体積重量 $1.0 \sim 1.4 \text{ t/m}^3$ ）、透水性が大きいこと（透水係数 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ）、潜在水硬性、などの特性を有する。こうした特性を生かした土質材料としての利用が、近年増大している。本報告はとくに水砕スラグの硬化特性に注目して、いくつかの実験を行い、水砕スラグの硬化の条件、硬化後の強度、せん断変形特性及び透水特性を示したものである。

2. 硬化反応

水砕スラグ粒子は、製造過程において熔融状態の高炉スラグに水を吹きつけ、急冷して得た一種の過冷却体ともいえるもので、化学的には非結晶状態で反応性に富み、その主成分はポルトランドセメントに類似している。水砕スラグの硬化のメカニズムは必ずしも明らかではないが、スラグ粒子の破損（締固めなどで水砕スラグの一部を破碎する）と、アルカリ刺激剤添加による場合との2種類がある。粒子破損による硬化は水砕スラグがその粒子内に含有している Ca(OH)_2 、 Al_2O_3 などの水硬性物質が溶出し、水砕スラグ全体がアルカリ性雰囲気になり硬化が促進するものと考えられる。これがセメントと同様な自硬性であるが、必要なアルカリ性雰囲気を得るまでには一般に数ヶ月のように長時間を要する。アルカリ刺激剤による硬化は、ち密であったガラス質層をアルカリ刺激剤により粗くし、層を切断することにより内部の水硬性物質が露出し水和反応の進行を可能にするものと考えられる。これはアルカリ刺激剤により、水硬性の能力を目覚めさせられたものであり、自硬性と区別され、潜在水硬性と呼ばれる。

3. 硬化の条件

水砕スラグの硬化条件を調べることを目的として、高さ50cm、直径20cmのモールドに、締固め回数、各種添加剤の添加率を変えて数種類の供試体を作成し、養生日数、水分条件（真水、海水水中養生）を変えて、硬化の有無を調べた。その結果を図-1に示す。養生日数（days）をx軸、y軸にとり、乾燥密度をx軸、y軸より 45° 傾いた軸にとる。水分条件、各種添加剤の添加率により8ケースに分類し、硬化した領域をハッチングして示した。同図に示されるように何れの条件の供試体も養生日数が長くなると硬化するが、早期に硬化を期待する場合には、アルカリ刺激剤添加と十分な締固めが必要

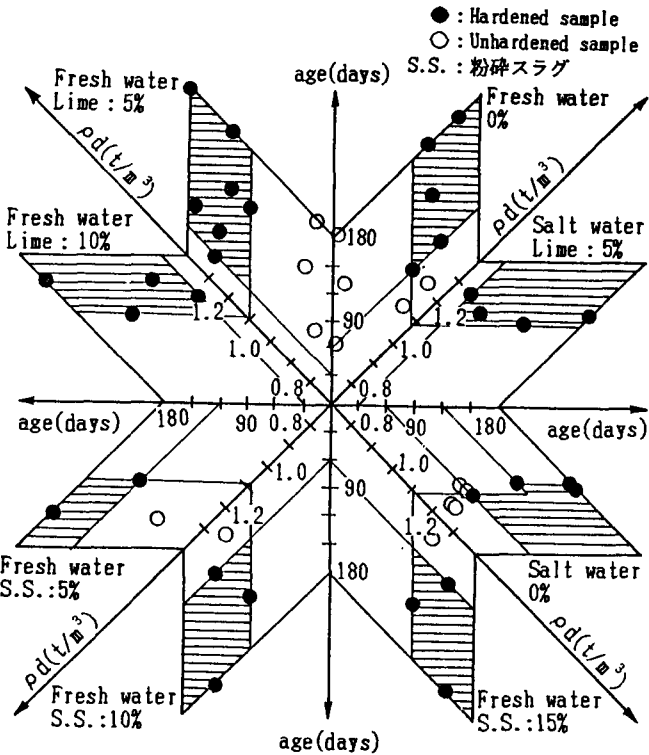


図-1 硬化の条件

であることが解る。

4. 硬化と強度、せん断変形特性

硬化した水砕スラグの三軸圧縮試験結果の一例を図-2に示す。硬化していない水砕スラグ試料は、ゆるずめ砂の場合のようにピークが現れない。硬化した水砕スラグはピークが明確に示され、2~3%のヒズミでせん断破壊が生じる。せん断破壊後、強度は徐々に減少するが、この応力-ひずみ曲線は硬化していない試料の最大圧縮強度と同じ値に収束するものと推測される。また、一軸圧縮試験を行った結果、石灰、セメントいずれの添加剤も材令が60日でほぼ一定になっており、強度増加は材令60日付近でほぼ停止するものと思われる。

5. 硬化と透水性

図-3に、材令と透水係数の関係を示す。試料の作成は、水砕スラグに5%の消石灰及びセメントを添加した後、相対密度 $D_r = 40, 60, 80\%$ に締固め、水中養生したものである。水砕スラグの透水係数は、硬化とともに初期の材令において一桁オーダー近く減少することもあるが、それ以後は、ほとんど透水係数の低下はなく、 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/sec のオーダーを保っている。これは、締固めたときの空隙が硬化後ももとの状態であり、強度が増大してゆくのは、土の場合のように空隙が密に詰ってせん断力が増大するといった過程とは異なり粒子間の接触部が固結していったことによると考えられる。

6. 結論

本報告は、水砕スラグの硬化特性を調べるために種々の実験を行ったものである。その結果を要約して以下に述べる。

- 1) 水砕スラグの硬化挙動を、自硬性、潜在水硬性に分けて、水砕スラグの硬化特性を考察した。
- 2) 短期間で水砕スラグを硬化させるには、アルカリ刺激剤数%の添加、十分な締固め、約15%の自然含水比が必要である。
- 3) せん断変形特性として、硬化していない水砕スラグの場合にはピークがみられず、硬化したものはピークが明確に現われ、その残留強度は硬化していない場合の強度と考えてよい。
- 4) アルカリ刺激剤を添加し硬化させた後も透水性は大きく、排水性の良い材料といえる。

〔参考文献〕1) 河野、西垣、井ノ口、二町；水砕スラグの工学的性質に関する2, 3の実験, 学術講演会一般講演概要, 1981.5,

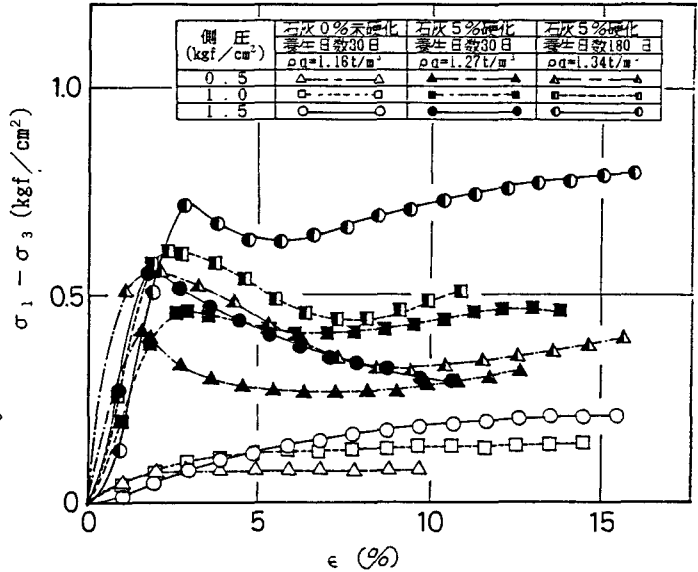


図-2 三軸圧縮試験結果の一例

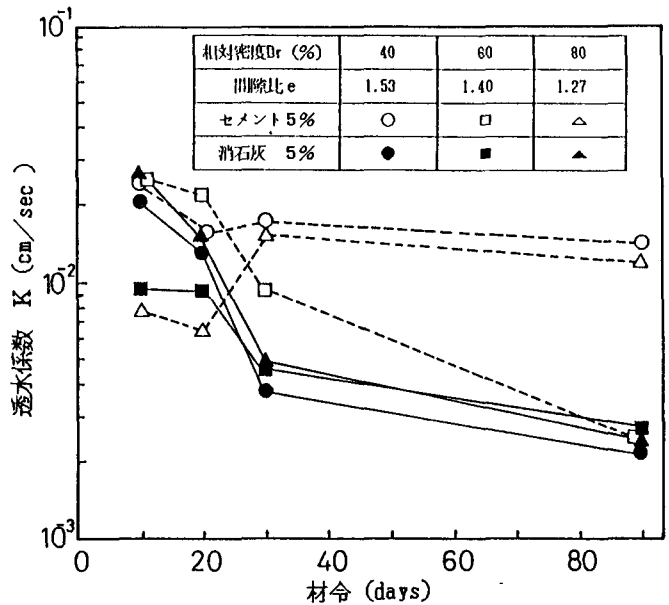


図-3 材令と透水係数の関係