

# 高吸水性樹脂の添加量の違いがコンクリートの強度に与える影響に関する基礎的研究

日大生産工(院) ○新澤 光 日大生産工 澤野 利章 日大生産工 水口 和彦  
日大生産工 野口 博之 日大生産工 山口 晋

## 1. はじめに

高吸水性樹脂(Superabsorbent polymer:以下、SAPとする)は、自重の数十から約千倍の水を吸収し保持する能力を有した高分子であり、一旦吸水すると圧力をかけても離水しにくいという特徴がある。一般的には紙おむつなどの衛生材料分野や保冷材等に幅広く用いられている<sup>1)</sup>。土木分野では、水分を多量に含んだ泥土の改質等に使われている。泥土は水分を多量に含んでいると運搬や保管が困難となり、コスト面において課題を残している。しかしながらSAPを改質材に使用することにより、現場で素早くダンプカーなどで運べる硬さまで改質することで扱いやすさと運搬性が向上する<sup>2)</sup>。この泥土の改質と同様の要領でコンクリートの練り混ぜ水をSAPに吸収させ持ち運びやすい硬さまであらかじめ改質させることで運搬性や扱いやすさを向上させることが可能になる。

一方で、SAPをコンクリートに添加した既往の研究では養生の簡略化やひび割れ抑制が期待できることが報告<sup>3)</sup>されている。また、SAPの添加量によっては、強度に影響を及ぼす可能性も報告<sup>4)</sup>されており、コンクリートへの適用性を十分に検討する必要がある。

そこで、本研究では、SAPを使用して改質した水を練り混ぜ水としてコンクリートを作製し、SAPの添加量の違いがコンクリートの強度に与える影響について明らかにした。また、SAPを添加したことによるコンクリートへの養生の簡略化の効果についての確認も行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料およびコンクリート配合

本実験で使用した材料を表-1に示す。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、骨材には千葉県富津市産陸砂および最大骨材寸法が20mmの東京都青梅産砕石を用いる。ま

表-1 使用材料

材料	物性
セメント	普通ポルトランドセメント (密度3.16g/cm <sup>3</sup> )
細骨材	千葉県富津市産陸砂 (表乾密度2.60g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.85%, 粗粒率2.40)
粗骨材	東京都青梅産砕石2005 (最大寸法20mm, 表乾密度2.67g/cm <sup>3</sup> )
混和材	AE減水剤 (リグニンスルホン化合物とポリオールの複合体) AE剤 (アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)

表-2 コンクリートの配合

G <sub>max</sub> (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位置量(kg/m <sup>3</sup> )				AE (ml)	Ad (ml)	目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)
			W	C	S	G				
20	50.0	44.8	168	336	787	996	840.0	20.2	10±1.5	5.0±0.5

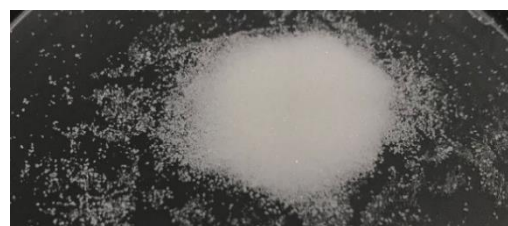


写真-1 SAP(吸水前)

た、混和剤にはリグニンスルホン化合物とポリオールの複合体が主成分であるAE減水剤とアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤が主成分であるAE剤を用いる。

コンクリートの配合を表-2に示す。水セメント比は50%とし、目標空気量は5±0.5%、目標スランブは10±1.5cmとする。

使用するSAPは主成分がアクリル酸ナトリウム重合体であり、純水では自重の約500倍、水道水では約300倍の吸水性能を有する粉末状の樹脂である。また、吸水後にはゲル状となる。ここで写真-1に吸水前のSAPを示す。このSAPは、簡易トイレや泥土・軟弱残土等の改質剤などに用いられ、一般に市販されているものである。本研究では、SAPに水道水を添加し、

## Study on the Effect of Variation in Superabsorbent Polymer Volume to Concrete Strength

Hikaru SHINZAWA, Toshiaki SAWANO, Kazuhiko MINAKUCHI, Hiroyuki NOGUCHI and Shin YAMAGUTI

しばらく静置して吸水させたものを使用する。

## 2.2 供試体の作製方法

コンクリートの練り混ぜは、実機公称容量100Lのミキサで行い、1回の練り混ぜ量を65Lとする。コンクリートの練り混ぜ水には水道水と、SAP 1gに対して水道水を100g、300g、500g吸収させた状態のSAP添加水をそれぞれ用いる。写真-2に各倍率のSAP添加水を示す。倍率の低いSAP添加水ほどSAPの単位体積重量が大きく、また硬く、流動性が低い性質となる。

供試体の寸法はφ100×200mmの円柱とし、各材齢においてそれぞれ3本ずつ作製する。供試体の作製は、JIS A 1132に準じて行う。また、養生方法については気中養生(20°C, 60%RH)と水中養生(20°C)の2条件において検討を行う。

そこで、材齢1日で脱型後、10分間水中浸漬(散水)した後にそれぞれの養生条件を実施する。

なお、供試体名称はSAP無添加をA-養生条件(水中(W), 気中(D)), SAPを添加したものをB-養生条件(水中(W), 気中(D))-吸水倍率とする。

各配合のスランブ試験、空気量試験の結果はそれぞれAが12cm, 4.9%, B-100が10.5cm, 5.0%, B-300が11.5cm, 5.8%, B-500が11.5cm, 5.5%であった。

## 2.3 試験方法

コンクリートの圧縮強度の測定は材齢1日, 3日, 7日, 14日, 21日および36日において、JIS A 1108に準じて行う。また、静弾性係数の測定は、圧縮強度試験と同様の材齢においてJIS A 1149に準じて行う。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 圧縮強度

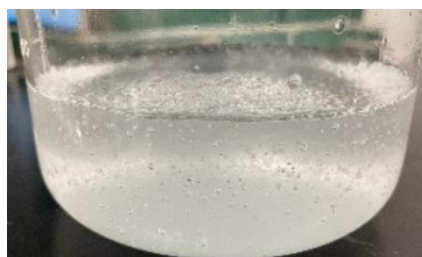
材齢と圧縮強度の関係を図-1に示す。また、材齢7日, 36日の各養生条件での圧縮強度の比較を図-2に示す。なお、各材齢のデータは供試体3本の平均値である。

#### (1) 水中養生

水中養生にて作製した供試体の圧縮強度と材齢の関係を図-1 (1)に示し、材齢7日と36日の圧縮強度の比較を図-2(1)に示す。材齢7日, 36日におけるA-Wの圧縮強度はそれぞれ29.2N/mm<sup>2</sup>, 36.2N/mm<sup>2</sup>である。最初に100倍のSAP添加水を用いた場合について考察する。B-W-100の材齢7日は22.4N/mm<sup>2</sup>であり76.6%の強度であった。また、材齢36日における圧縮強度は31.0N/mm<sup>2</sup>でありA-Wの85.5%の強度であった。材齢36日において強度の低下率は小さくなるものの、この他の全ての材齢においてA-Wの



(1)100倍



(2)300倍

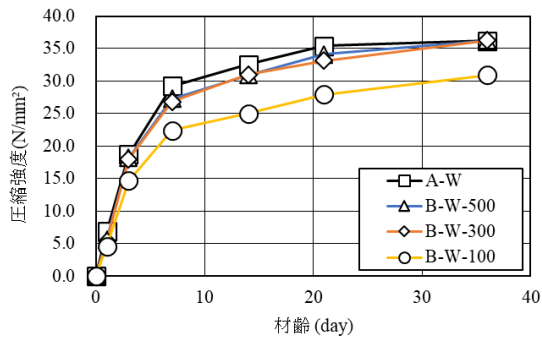


(3)500倍

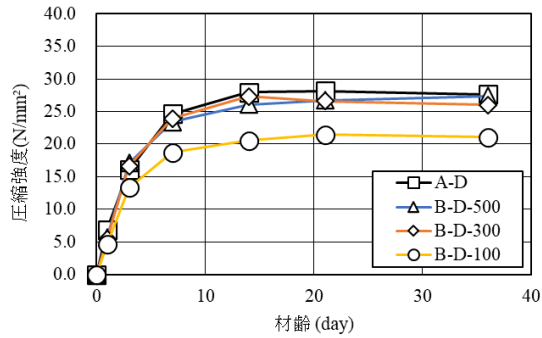
写真-2 SAP添加水

強度を大きく下回っている。これは、SAP添加水の流動性が悪く、単位体積あたりのSAP添加量が多いほどコンクリート内部でSAPが多く水を保持した状態になるため練り混ぜ時およびその後の養生期間中においてセメントとの水和反応が阻害されたためと推察される。

次に300倍, 500倍のSAP添加水を用いた場合について考察する。材齢7日, 材齢36日におけるB-W-300の圧縮強度はそれぞれ26.8N/mm<sup>2</sup>, 36.3N/mm<sup>2</sup>となり強度比は91.7%, 100.2%であった。また、B-W-500の圧縮強度はそれぞれ27.3N/mm<sup>2</sup>, 36.3N/mm<sup>2</sup>と強度比は93.4%, 100.1%であった。B-W-300, B-W-500では、強度発現の過程における材齢においてはA-Wの強度を下回っているものの、最終的な材齢36日強度は同程度でありSAPの添加量による大きな影響は確認されなかった。このことから水の吸収率が300倍以上のSAP添加水については流動性が確保され水和反応の進行に大きな影響を及ぼさないと推察される。よって練り混ぜ水としての利用が可能であると考えられる。

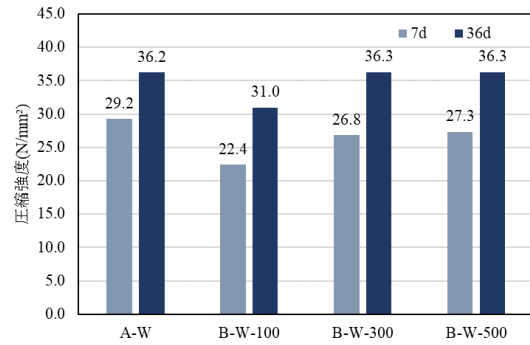


(1)水中養生

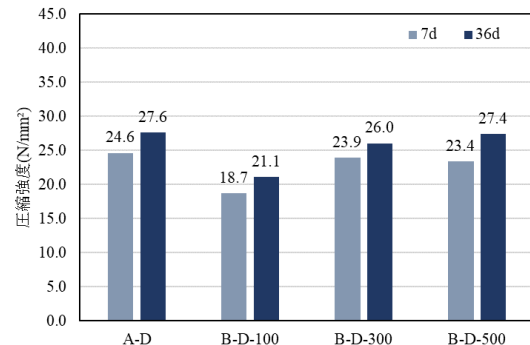


(2)気中養生

図-1 材齢と圧縮強度の関係



(1)水中養生



(2)気中養生

図-2 圧縮強度の比較(材齢7日, 36日)

## (2) 気中養生

気中養生にて作製した供試体の圧縮強度と材齢の関係を図-1 (2)に示し、材齢7日と36日の圧縮強度の比較を図-2(2)に示す。材齢7日、36日におけるA-Dの圧縮強度はそれぞれ24.6N/mm<sup>2</sup>、27.6N/mm<sup>2</sup>である。最初に100倍のSAP添加水を用いた場合について考察する。材齢7日におけるB-D-100の圧縮強度は18.7N/mm<sup>2</sup>であり75.9%の強度であった。また、材齢36日における圧縮強度は21.1N/mm<sup>2</sup>であり76.3%の強度であった。その他の材齢においてA-Dの強度を大きく下回っている。これは、水中養生の場合と同様の理由によるものと推察される。

次に300倍、500倍のSAP添加水を用いた場合について考察する。材齢7日、材齢36日におけるB-D-300の圧縮強度はそれぞれ23.9N/mm<sup>2</sup>、26.0N/mm<sup>2</sup>と強度比は97.1%、94.2%であった。また、B-D-500の圧縮強度はそれぞれ23.4N/mm<sup>2</sup>、27.4N/mm<sup>2</sup>と強度比は95.0%、99.2%であった。B-D-300では、全ての材齢においてA-Dの強度に近似した値を示しておりSAPの添加量による大きな影響は確認されなかった。B-W-500では、強度発現の過程における材齢においてA-Dの強度を下回っているものの、最終的な材齢36日の強度は同程度でありSAPの添

加量による大きな影響は確認されなかった。これらのことから、水中養生水と同様に吸収率が300倍以上のSAP添加水については十分な流動性が確保され水和反応の進行に大きな影響を及ぼさないと推察される。よって練り混ぜ水としての利用が可能であると考えられる。

## (3) 養生簡略化に関する検討

材齢7日、36日における圧縮強度はすべて水中養生を施した場合が大きくなっている。

ここで、材齢3日に着目する。図-3には、材齢3日における水中養生と気中養生の圧縮強度の比較を示す。A-Wの圧縮強度は18.7N/mm<sup>2</sup>であるのに対して、B-W-300、B-W-500はそれぞれ、18.0N/mm<sup>2</sup>、18.2N/mm<sup>2</sup>であり、強度比は97.3%、96.4%であり、材齢3日においてもSAPを添加することによってA-Wの強度を下回っている。しかし、材齢3日におけるA-Dの圧縮強度は16.1N/mm<sup>2</sup>であるのに対して、B-D-300、B-D-500はそれぞれ16.6N/mm<sup>2</sup>、17.1N/mm<sup>2</sup>であり、強度比は103.4%、106.3%となり気中養生において唯一A-Dの強度を上回っている。材齢3日においてSAPの添加により水中養生では強度の低下が見られる一方で、気中養生による強度の低下が抑えられている。また、同倍率のSAP添加水を用いたときの水中養生と気中養生の強度差が小さくなっている。これは無添加と比

べて樹脂を添加した場合は散水の効果が比較的長く続いたためと考えられる。この効果は、脱型直後の水中浸漬によってアルカリ領域となっているコンクリート表面にあるSAPが中性の水と接触し吸水することで、コンクリート表面をゲルが覆い封緘養生に近い状態となったことが要因であると推察される。

SAPを添加したことにより材齢3日の初期段階において養生の簡略化の可能性が確認されたが、今回の実験において確認された効果は低いと言える。したがって、散水養生などの適用が可能であると考えられる。

### 3.2 弾性係数への影響

静弾性係数と圧縮強度の関係を図-4に示す。データは、材齢7日から36日の全ての供試体のデータである。また、コンクリート標準示方書<sup>5)</sup>に準拠した圧縮強度とヤング係数の関係式については(1)～(3)式で与えられ、同図に曲線で併記した。

$$E_c = \left( 2.2 + \frac{f'_c - 18}{20} \right) \times 10^4 \quad (f'_c < 30 \text{ N/mm}^2) \quad (1)$$

$$E_c = \left( 2.8 + \frac{f'_c - 30}{33} \right) \times 10^4 \quad (30 \leq f'_c < 40 \text{ N/mm}^2) \quad (2)$$

$$E_c = \left( 3.1 + \frac{f'_c - 40}{50} \right) \times 10^4 \quad (40 \leq f'_c < 70 \text{ N/mm}^2) \quad (3)$$

ここで、 $E_c$ :コンクリートの静弾性係数(kN/mm<sup>2</sup>)  
 $f'_c$ :コンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

概ね示方書式付近にプロットされる傾向を示している。よってSAPが静弾性係数に与える影響はほとんど見られず、式の適用が可能であるといえる。

### 4. まとめ

- (1)樹脂倍率100倍のSAP添加水は流動性が悪く、水和反応を阻害していると考えられ、練り混ぜ水としての利用は難しいと言える。
- (2)SAPの添加量が多いほど圧縮強度は低下する傾向が確認された。しかしながら、樹脂倍率300倍以上のSAP添加水は材齢36日強度において、水中養生、気中養生ともに無添加供試体と同程度の強度発現が見られ、運搬性、扱いやすさの向上を目的とした利用は可能であると考えられる。

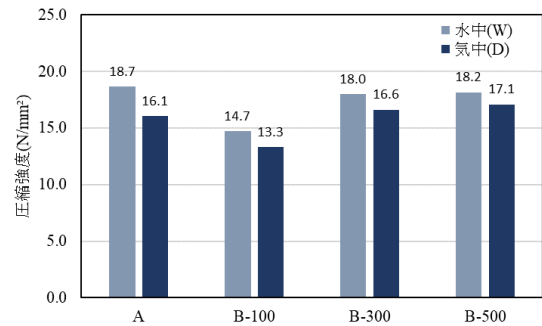


図-3 圧縮強度の比較(3日(水中, 気中))

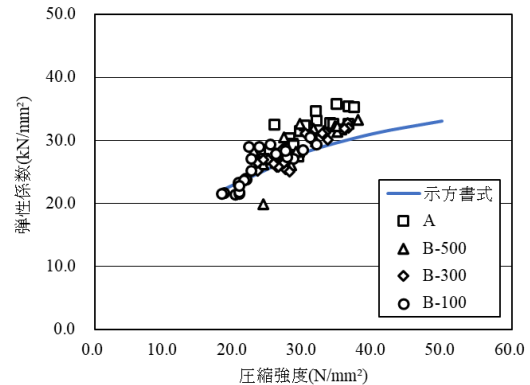


図-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

(3)SAPの添加により、材齢3日という初期の強度においてのみ僅かに養生簡略化の可能性が確認され、散水養生などの適用が可能であると考えられる。

(4)SAPの添加による弾性係数への影響はほとんど見られなかった。

### 参考文献

- 1) 増田房義, 高吸水性ポリマー, 共立出版(1997)
- 2) 緑興産株式会社, 泥土・軟弱残土を現場ですばやく改質できる高吸水性樹脂「CP-1」, <https://www.midori-kosan.jp/info/?p=29> (参照2021-09-29)
- 3) 辻正哲, 舌間孝一郎, 磯部大輔: 高吸水性高分子をコンクリート用混和剤として用いた場合における養生の簡略化, 初期ひび割れ抑制および漏水防止に関する基礎的研究, 材料, Vol.48, No.11, pp.1308-1315, Nov.1999
- 4) 一宮一夫: 高吸水性ポリマー混和によるコンクリートの養生の簡略化および初期ひび割れ抑制, 吸収建設技術管理協会, 平成22年度
- 5) 2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕, 土木学会, 2018, 3