

ポリビニルアルコール PVA を添加したセメント改良土の強度特性

基礎地盤コンサルタンツ 正会員 ○三上武子
 千葉工業大学 正会員 金田一広
 広島大学大学院 正会員 畠 俊郎

1. はじめに

ポリビニルアルコール（以下 PVA と記す）は酢酸ビニルの重合体であるポリ酢酸ビニルを加水分解して得られる合成樹脂で、鹼化度、重合度によって異なる性質を持つ。接着剤や洗濯糊などの日用品の他に、人体に無害であることから化粧品にも利用されている。コンクリートの分野では、PVA の界面活性作用と増粘効果によってワーカビリティが改善されることから混和剤として利用されてきた。このとき、混和剤としての取扱いやすさから部分鹼化型（鹼化度 90%以下）の PVA が選択されてきたが、硬化後の強度増加が期待できないことや耐水性に劣るなどの欠点があり、用途が限定的であった¹⁾。一方、完全鹼化型（鹼化度 98%以上）の PVA は耐水性を有し強度増進効果があるとされており、セメント改良土に添加することでセメント量を減らせる可能性がある。また、透水性の低下が期待され、結果として耐久性に優れた材料になる効果が期待できる。しかし、PVA を添加したセメント改良土の強度特性等について調べた事例はほとんどない。そこで、PVA 溶液濃度を変化させてセメント改良土を作製し、一軸圧縮試験およびせん断波速度測定を行い強度特性について調べた。

2. 実験方法

実験試料として瑞浪珪砂 7 号 ($\rho_s=2.642\text{Mg/m}^3$, $\rho_{\text{dmin}}=1.202\text{Mg/m}^3$, $\rho_{\text{dmax}}=1.591\text{Mg/m}^3$, $D_{50}=0.19\text{mm}$, $U_c=2.2$) を用い、普通ポルトランドセメントと完全鹼化型の PVA（鹼化度 98.0~99.0%、顆粒状）を添加して供試体を作製した。実験条件・配合表を表 1 に示す。供試体サイズは直径 50mm、高さ 100mm、供試体作製数は各ケース 3 供試体ずつであるが、一部のケースでは脱型時の剥離などにより欠損が生じた。セメント添加量は 75, 100kg/m³ の 2 種類、PVA 溶液濃度は 0, 5, 10, 15, 20% の 5 種類を設定した。ここで、試料の質量は相対密度 $D_r=90\%$ に相当する。また、PVA 溶液の添加量は最適含水比相当とした。ただし、PVA 溶液を添加しない Case1 および Case6 については、PVA 溶液濃度 10%と同量の水を加えた。

供試体は以下の手順で作製した。まず、所定の濃度になるように水道水に粉体の PVA を加え、攪拌機で攪拌しながら約 80℃で湯煎して PVA 溶液を作成した。次に、所定の珪砂とセメントをソイルミキサーで 1 分間混合し、さらに PVA 溶液を加えて 5 分間（ミキサー混合 2 分+手練り 1 分+ミキサー混合 2 分）混合した。ただし、高濃度の PVA 溶液濃度 20%（Case5）は混ざり難かったため、さらに手練り 1 分+ミキサー混合 2 分を追加した。その後、混合土をプラスチックモールドに 3 層に分けて棒で突固めながら充填した。なお、配合表には 1 供試体当たりの質量を示したが、全量をプラスチックモールドに充填することはできなかった。充填後、表面をラップで覆って 20℃の恒温室で 28 日間湿潤養生して一軸圧縮試験に供した。一軸圧縮試験のひずみ速度は 1%/min とし、その他は JIS A 1216:2020 に準拠した。せん断波速度は、一軸圧縮試験前の供試体を用いて JGS 0544-2020 を参考に測定した。キャ

表 1 実験条件・配合表

実験ケース		実験条件		配合表 (1 供試体当たり)					
		セメント添加量 (kg/m ³)	PVA 溶液濃度 (%)	試料 (g)	セメント (g)	PVA (g)	水 (g)	W/C (%)	PVA/C (%)
Case1	1-75kg/m ³	75	—	302.58	14.73	—	38.94	264	—
Case2	2-75kg/m ³ -5%		5			2.16	41.11	279	15
Case3	3-75kg/m ³ -10%		10			4.33	38.94	264	29
Case4	4-75kg/m ³ -15%		15			6.49	36.78	250	44
Case5	5-75kg/m ³ -20%		20			8.65	34.62	235	59
Case6	6-100kg/m ³	100	—	19.64	—	38.94	198	—	
Case7	7-100kg/m ³ -10%		10		4.33	38.94	198	22	

W/C : 水セメント比, PVA/C : PVA セメント比

キーワード セメント改良土, PVA, 強度増加, 一軸圧縮強さ, 破壊ひずみ, せん断波速度
 連絡先 〒263-0001 千葉県千葉市稲毛区長沼原町 51 基礎地盤コンサルタンツ (株) 技術本部 TEL 043-298-5231

ップ、ペDESTALに供試体を挟み、キャップに内蔵された圧電素子に電圧を加えてパルス波を共振し、ペDESTALに内蔵された加速度計で受振した。

3. 実験結果

材令 28 日で実施した一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線を図 1 に示す。また、一軸圧縮強さ q_u と PVA 溶液濃度の関係を図 2 に、破壊ひずみ ϵ_f と PVA 溶液濃度の関係を図 3 に示す。図 2 より、セメントに PVA を添加することで強度増加が認められ、セメント添加量 75kg/m^3 では、PVA 溶液濃度 15%までは濃度の増加とともに強度が増加する。ただし、濃度 20%では強度が低下していることから、PVA 溶液濃度と強度増加の関係には閾値があることが示唆される。破壊ひずみもばらつきはあるものの、図 3 より PVA 溶液濃度の増加とともに大きくなるが、図 1(a)の応力-ひずみ曲線の初期の傾きにはあまり変化がないように見える。そこで、圧縮ひずみ $\epsilon=0.4\%$ のときの割線変形係数 $E_{\epsilon=0.4\%}$ を求め、PVA 溶液濃度との関係にまとめて図 4 に示す。ここで、 E_{50} ではなく $E_{\epsilon=0.4\%}$ を採用した理由は、圧縮ひずみを統一して変形係数を評価するため、 $\epsilon=0.4\%$ は破壊ひずみ以下であることと一軸圧縮試験での変位測定の精度を勘案して選定した。セメント添加量 75kg/m^3 の $E_{\epsilon=0.4\%}$ は、PVA 溶液濃度 5~15%の範囲においてやや右肩下がり傾向を示すものの、ほぼ一定とみなすことができる。PVA の添加は、変形係数をあまり変化させずに破壊ひずみを大きくする、すなわち粘り強さを付加する効果があるのかもしれない。ただし、セメント添加量 100kg/m^3 では、PVA の添加により変形係数も大きくなっている。充填方法など供試体作製の問題が考えられるが、実験ケースが少ないため断定できない。今後の課題である。せん断波速度 V_s から算出した初期弾性係数 $G_0 (= \rho_t V_s^2)$ と PVA 溶液濃度の関係を図 5 に示すが、同様の傾向となっている。

図 1(a)の応力-ひずみ曲線の初期の傾きにはあまり変化がないように見える。そこで、圧縮ひずみ $\epsilon=0.4\%$ のときの割線変形係数 $E_{\epsilon=0.4\%}$ を求め、PVA 溶液濃度との関係にまとめて図 4 に示す。ここで、 E_{50} ではなく $E_{\epsilon=0.4\%}$ を採用した理由は、圧縮ひずみを統一して変形係数を評価するため、 $\epsilon=0.4\%$ は破壊ひずみ以下であることと一軸圧縮試験での変位測定の精度を勘案して選定した。セメント添加量 75kg/m^3 の $E_{\epsilon=0.4\%}$ は、PVA 溶液濃度 5~15%の範囲においてやや右肩下がり傾向を示すものの、ほぼ一定とみなすことができる。PVA の添加は、変形係数をあまり変化させずに破壊ひずみを大きくする、すなわち粘り強さを付加する効果があるのかもしれない。ただし、セメント添加量 100kg/m^3 では、PVA の添加により変形係数も大きくなっている。充填方法など供試体作製の問題が考えられるが、実験ケースが少ないため断定できない。今後の課題である。せん断波速度 V_s から算出した初期弾性係数 $G_0 (= \rho_t V_s^2)$ と PVA 溶液濃度の関係を図 5 に示すが、同様の傾向となっている。

4. まとめ

PVA の強度増進効果を確認するため、PVA 溶液濃度を変化させてセメント改良土を作製し、一軸圧縮試験およびせん断波速度測定を行った。得られた知見を以下に示す。

- PVA 溶液濃度が高いほど強度増加も大きい。ただし、PVA 溶液濃度と強度増加の関係には閾値があることが示唆される。
- PVA を添加すると、変形係数はあまり変化せずに破壊ひずみが大きくなり、粘り強い供試体になったと考えられる。

今後は実験ケースを増やすとともに、三軸圧縮試験や透水試験、繰返し三軸試験などを実施して耐水性や耐震効果の確認も行う予定である。

謝辞

本研究の実験は、千葉工業大学の島田丈司氏、小路哲平氏、石上瑛氏および小林丈真氏に実施していただきました。また、基礎地盤コンサルタンツ(株)の平松登史樹氏、黄瀬氏にはアドバイスをいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 田村他：水溶性ポリマーによるコンクリートの高機能化に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1139-1144，2003。

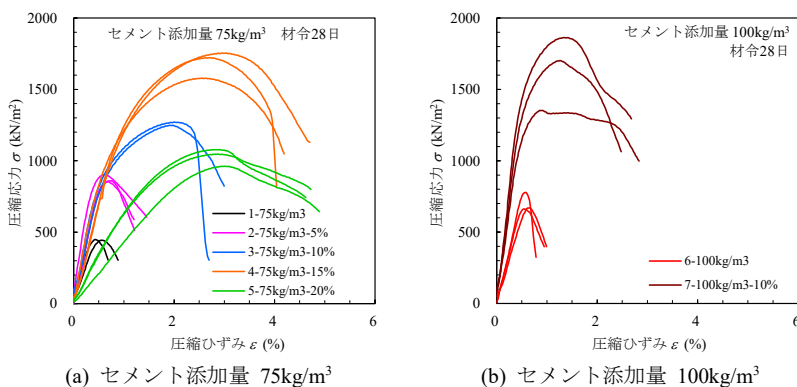


図 1 応力-ひずみ曲線

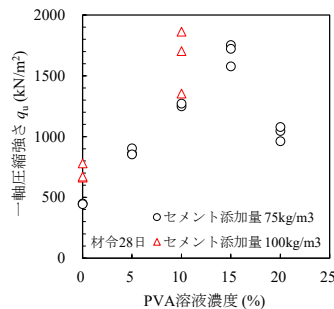


図 2 一軸圧縮強さと PVA 溶液濃度の関係

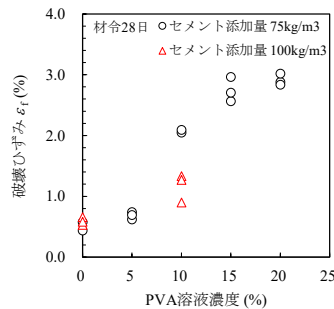


図 3 破壊ひずみと PVA 溶液濃度の関係

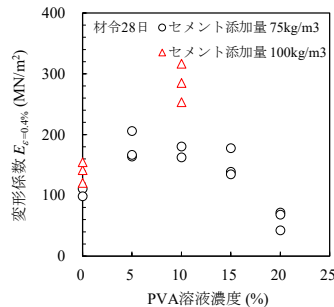


図 4 変形係数と PVA 溶液濃度の関係

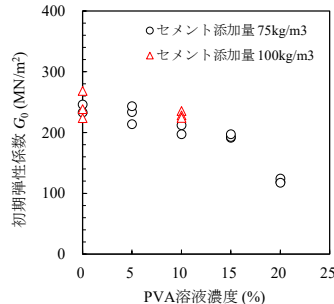


図 5 初期弾性係数と PVA 溶液濃度の関係