

今月は論文集第 85 号 (37 年 9 月発行) 登載論文として次の 3 編を紹介いたします。なお 10 月号で紹介する第 86 号登載予定論文は、下記の 4 編です。

近藤和夫・小松定夫・中井 博：鋼床版桁橋の有効巾に関する研究

芳村 仁：曲線直交異方性変厚扇形平板の曲げについて

日野幹雄：成層流体中への forced plume の噴出(英文)

米谷栄二・岡野兼夫：精密スタジアの問題点について

飽和粘土のせん断における間げき水圧の挙動について

赤井浩一・山本順一・小沢良夫

粘土の強度特性がせん断速度によって変化することは、従来から認められている。しかしこの現象を試料内に発生する間げき水圧の面から検討したものは非常に少ない。この研究では、土のせん断強度におよぼす間げき水圧の効果を重視し、ひずみ制御型の三軸試験によってその挙動を精密に調べた。同時に土のせん断において採用すべき破壊規準や back pressure などについても検討を試み、土の強度試験法に対して新たな提案を行った。その結果を要約すると次のようである。

(1) 土の圧縮やせん断における応力-ひずみ間の非弾性応答を調べるには、従来行なわれてきたような全応力での整理は無意味であって、応力としては有効応力をとらねばならない。

(2) せん断試験における土の強度も有効応力に対して定義せねばならないが、この場合の破壊規準として $(\sigma_1' - \sigma_3')_{max}$ および $(\sigma_1'/\sigma_3')_{max}$ のいずれをとるかによって、得られるせん断強度に違いがあり、その相違はせん断速度の増加とともに大きくなる。

(3) 圧密非排水型の三軸試験における back pressure u_b の効果を検討した結果、 u_b が大きいほど破壊時の間げき水圧が大きくなり、一方破壊時の主応力差もまた u_b の増大につれて増加してゆくという傾向が見られた。これらを総合すると、back pressure を全然与えないでせん断を行なう従来の試験法では、現地の状態のものよりかなり小さい強度常数が得られている疑いのあることがわかる。

(4) せん断速度による強度特性の変化については、飽和粘土では変形速度の増加とともに破壊時の主応力差は大きくなり、間げき水圧は逆に減少する。この間げき水圧の挙動について、破壊時の間げき圧係数 A_f を用いて整理すると図-1 のよ

図-1 間げき圧係数 A_f と変形速度の関係

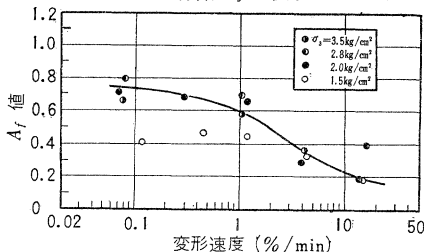
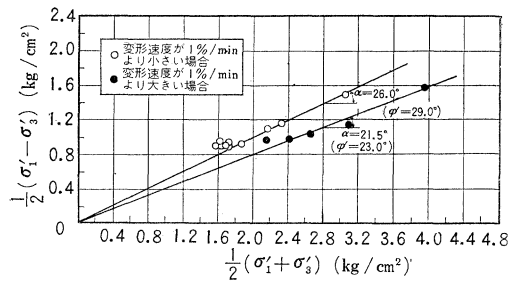


図-2 変形速度による土の内部摩擦角 ϕ' の変化



うになり、これによりわかるように、変形速度が大きくなるにつれて A_f は減少するが、変形速度が約 0.5~1%/min の点を境にして、それより大きいところでは減少の度合いがゆるしい。また有効応力で表わした飽和粘土の内部摩擦角 ϕ' は、せん断速度の小さい場合の方が大きくなることも知られた(図-2 参照)。

(5) したがって、圧密非排水型の三軸試験における適当なせん断速度としては、この種の土質に対しては毎分供試体初期高さの約 0.5% が限度であって、それより速度の大きいところでは、せん断時の間げき水圧を満足に測定することができず、正しい強度常数が得られないということが結論される。

筆者：赤井；正員 工博 京都大学教授工学部土木工学科
山本；正員 道路公団名神高速道路第一建設局
小沢；正員 京都大学大学院工学研究科学生

防護フィルターに関する二、三の 実験的研究 (英文)

箭内 寛 治

1. の緒論では防護フィルター(以下単にフィルターと略称する)に対する簡単な解説、およびこの研究の目的を述べている。すなわち、フィルター材料として具備すべき条件は、透水性が良好で、かつ基層の土砂(以下、基層材料と略称する)がフィルター内へ貫入しない粒度構成を有することなどであり、フィルターの設計については、すでに K. Terzaghi, G.E. Bertram, U.S.W.E.S., および河上・江刺の研究があり、大筋としては以上の諸氏の成果で、ほぼ実用には差し支えないと考えられている。しかし基層材料がいく層もある場合、フィルターの耐久性が特に重要である構造物の場合などに対する考慮は不十分であり、また基層材料とフィルターとの間げき比の関係については不明確な点が少なくないことを指摘し、以上の問題に対する二、三の提案を行なったものである。

2. 実験装置は前記 Bertram の用いたものを改良して使用したが、大別すると透水試験に用いる脱気水の製造装置とフィルター透水試験そのものの装置とからなる。直径 5 cm, 長さ 100 cm の真空合成樹脂円筒中(約 550 mmHg)を室温より約 5~10°C 高い温水を霧状に落下せしめ、かくして得られた脱気水を使用して透水試験中の気泡の発生を防止する。脱気水はさらに基層材料と同じ粒度の空気を過層をとり、直径 10 cm, 厚さ 12 cm (基層、フィルターそれぞれ 6 cm 厚)につめられた透水試験用合成樹脂円筒内に導入され、所定の動水圧まで高められる。動水圧は、動水傾度で最高 6、時間で連続 1 時間を標準とした。フィルター材料はラッカー染色を行ない、透水試験

後の基層材料のフィルター内への貫入を 定量確認するに便ならしめた。

3. の実験結果は3節からなっている。(1) 従来の報告によれば、基層材料に対しフィルターの 15% 粒径が規定されているのみであるが、われわれの得た結果(図-1)によれば、次の範囲はフィルターが不安定になる可能性のあることを示している。

$$\frac{F_{15}}{B_{15}} \geq 9, \text{ および } \frac{C_{uf}}{C_{ub}} > 1 \text{ (ただし } \frac{F_{15}}{B_{15}} < 5 \text{ を除く)}$$

ここで、 F_{15} 、 B_{15} : それぞれフィルター、基層材料の 15% 粒径、

図-1

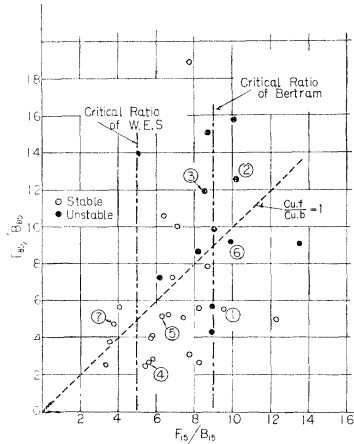


図-2

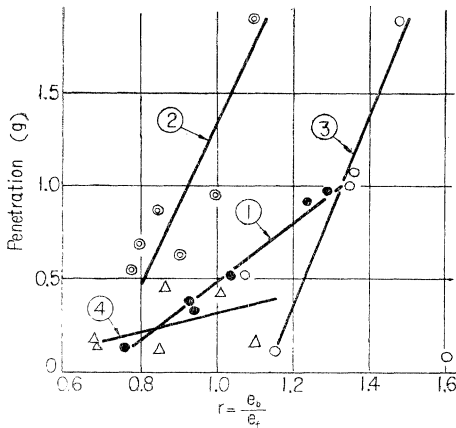
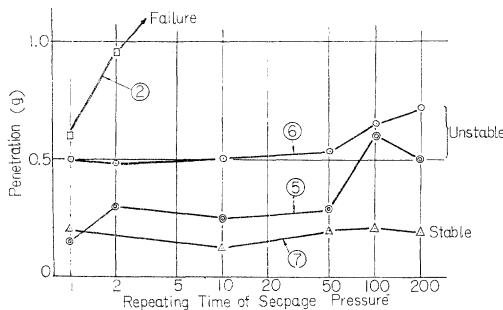


図-3



C_{uf} 、 C_{ub} : それぞれフィルター、基層材料の均等係数、したがって W.E.S. の安定条件を完全に満足せしめ得ないとき(換言すると一種のフィルターでいく層もの基層材料に対応する場合など)は、フィルターは基層材料よりも均等係数を小さくすることが重要な条件となる。(2) 図-1 のうちから4種のフィルター、基層材料の組合わせを選び、ともに間げき比を変えて透水試験を行ない貫入量を測定した。その結果(図-2)によると、 $r=e_b/e_f$ が大きくなると基層材料のフィルター内への貫入量が増加する。

ただし e_b 、 e_f : それぞれ基層材料およびフィルターの間げき比である。

また比較的安定度の高いフィルター、基層材料の組合わせにあっては、 r の変化に対して貫入量の増加がにぶいことも明瞭である。フィルター、基層材料の同一組合わせで、 r の変化に寄与するのは主として基層材料の間げき比であるから、フィルターの設置に当たっては基層を十分締め固める必要がある。

(3) 実際のフィルター構造物では長年にわたっていく回もの動水圧を受けると、基層材料の移動を生じ、その間げき比は変化することが予想されるから、フィルターの耐久性を確かめるには、くり返し透水試験による検討が必要となる。図-3 は 200 回までのくり返し被圧にともなう貫入量の変化を示し、図中の実験番号は 図-1 の同番号のフィルター、基層材料の組合わせを示すことは 図-2 と同じである。Bertram の限界線を越える組合わせである ② は、高々数回の動水圧で大きなボーリングを生じ破壊した。また ⑤、⑥ は被圧回数が増すにつれて貫入量が漸次増加し、⑦ は統計的にみて貫入量は常に実験誤差内であった。くり返し被圧に対して、フィルターの耐久性を確保するためには、W.E.S. の限界 $F_{15}/B_{15} < 5$ を厳守すべきことが再確認された。

【筆者：正員 山梨大学助教授 工学部土木工学科】

鉱物質微粉末がコンクリートの強度 におよぼす効果に関する基礎研究

山崎 寛 司

本文はポゾラン、岩石粉末などの 鉱物質微粉末がコンクリートの強度におよぼす効果について、鉱物質微粉末とセメント成分との化学反応以外の効果について、基礎的に試験を行なって研究した結果を述べたものである。

まず、潜在水硬性をもつスラグ粉末、ポゾラン活性をもつフライ アッシュおよびセメント ペースト中でほとんど化学反応をおこさないと考えられる 岩石微粉末を用いたコンクリートについて試験を行なった。その結果、セメント成分と微粉末との化学反応がおこる場合強度にいちじるしい影響があることはもちろんであるが、フライ アッシュを用いて、フライ アッシュのポゾラン反応の考えられない初期の材令でも、またセメント成分との化学反応の考えられない 岩石粉末を用いた場合でも、コンクリートの強度にかなりの影響があることが認められた。ことに、ウォーカビリチーを改善する目的で、単位セメント量を一定に保ちながら、骨材の一部を微粉末でおきかえると、セメント ペースト中で化学反応をおこさない微粉末でも、単位水量がいちじるしく増加しない範囲では、コンクリートの強度は増加し、その増加の程度は材令の初期ほどいちじるしい。たとえば、単位セメント量の 30% (単位細骨材量の約 8~10%) の

微粉末を骨材の一部とおきかえたコンクリートの材令 28 日における圧縮強度は、微粉末を用いない基本コンクリートの強度に対して、フライアッシュを用いた場合 120~150%、岩石粉末の場合 110~144% となった。

このような、微粉末がコンクリートの強度におよぼす効果は、従来、微粉末の使用によってコンクリートのブリージングが減り、コンクリート内部組織が均齊となるからであると説明されていたものである。

このことを確かめるために、まず、微粉末を用いないモルタルおよびコンクリートについて試験を行ない、材料および養生条件を一定とした場合のコンクリートの強度は、沈下終了時におけるセメントペースト部分の濃さによって決まることを確かめた。

すなわち、従来からコンクリートの空げきセメント比と強度との間に、ある程度の関係があることが明らかにされているが、打込んでからの空気量の変化、体積変化、ブリージングによる水量の変化などがペースト部分の濃さにおよぼす影響を無視することができず、空気量、ブリージング水量、沈下量などを考慮に入れて、沈下終了時の空げきセメント比（純空げきセメント比と呼ぶ）で整理すれば、各種配合のコンクリートの強度をほぼ一定の関係で示すことができ、合理的であることが認められた。

純空げきセメント比によって、微粉末を用いたコンクリートの強度試験結果を整理した結果、微粉末がコンクリートの強度におよぼす影響には、微粉末を用いることによって、コンクリートの空気量、水セメント比、沈下量などが変化する影響、すなわち微粉末の使用によるコンクリートの純空げきセメント比の変化の影響が明らかに認められるが、これらの影響のほかに、微粉末の特性にもとづくほかの物理的原因があることが認められた。

それで、さらに微粉末を用いないモルタルおよびコンクリートについて、その中のセメントの結合水量やセメントペースト部分単位容積中の固相部分（未水和セメント・セメント水和物およびゲル水）の容積（単位固相容積と呼ぶ）などを試験し、これらと強度との関係を検討した。その結果、一定の骨材を用いたプラスチックなモルタルおよびコンクリートの強度は、セメントの種類、単位水量および単位セメント量、空気量、AE 剤、分散剤、硬化促進剤などの使用、材令、などにかかわらず、一般に単位固相容積の関数としてつぎのような関係であらわすことができることが示された。

$$\sigma = A(V_{hc})^n$$

ここに σ : 強度, V_{hc} : 単位固相容積, A, n : 常数

たとえば、一定の砂を用いた各種モルタルについて行なったはり折片の圧縮強度と単位固相容積との関係は、セメントの種類、配合、材令、混和剤の使用などに関係なくつぎのようである。

$$\sigma_c = 2280 (V_{hc80})^4$$

ここに、 V_{hc80} は、ゲル水の近似値として相対湿度 80% に

おける吸着水量をとった場合の実例によって求めた単位固相容積である。

また、練り混ぜ方法の異なる場合や分散剤を用いた場合の試験結果も、前式の関係が通用でき、セメント粒子のプロキュレーションの状態が相違して、ペースト内部の構造が異なる場合でも、前記の関係は変化しないことが確かめられた。

つぎに、微粉末を用いたモルタル中のペースト部分について、結合水量および単位固相容積（使用した微粉末は強度に関係する固相とは考えない）を試験した結果、結合水量および単位固相容積が、微粉末を用いない場合に比べて大きいことが確かめられた。たとえば、セメント量の 10% ないし 20% に相当する各種粉末度のケイ砂粉末および石灰石粉末を骨材の一部とおきかえたモルタル中のセメントの結合水量は、基本モルタルの結合水量に対し、材令 3 日で 111~129%、材令 91 日で 101~109% であった。

すなわち、このような試験結果に、鉱物質粉末を用いると、たとえその微粉末がセメントペースト中で化学反応をおこさない場合でも、セメントの水和の程度を増加させる作用があり、そのために強度にかなりの影響をおよぼしていることが確かめられた。

このことは、コンクリートの断熱温度上昇試験の結果からも実証することができた。このようにセメントペースト中で化学反応をおこさないと考えられる微粉末によるセメントの水和の程度の増加は、セメントおよび微粉末粒子のプロキュレーションと、水和の進行にともなう水和物の折出状態とを関連させて考えることによって説明できる。すなわち、セメント粒子の連鎖または集団よりなるブロックの一部に微粉末粒子が入り込むことによって、セメント粒子周辺における水和物を折出できるスペースが広がり、そのためにブロックの内部の水和の限界に達するまで多くの水和物を折出することができ、そのために水和の程度が増加すると考えられる。

セメントペースト中で化学反応をおこさない微粉末でも、コンクリートの強度を増加させる作用があるが、その一つの原因として、微粉末によるセメントの水和の程度の増加をあげることができる。ボゾランの場合は、上記の影響のほかに、長期にわたるボゾラン反応が加わって、長期材令における強度の増加に寄与するのである。

セメントペースト中で化学反応をおこさない微粉末は強度を論ずる場合に、強度に関係する単位固相容積にふくめることはできない。このことは、電子顕微鏡による観察の結果、微粉末と水和物との間に明らかな境界層の存在があって、水和物と微粉末との付着が、水和物相互の付着と異なることから立証された。

ボゾラン反応のおこる場合は、ボゾラン反応による生成物の影響のほかに、未反応ボゾランも水和物と固く結合して強度に関係する固相となると考えられ、反応生成物がわずかであっても、強度におよぼす効果は大きいものと考えられる。

【筆者：正員 工博 日本セメントKK研究所】

土木工学論文抄録 第5集	A 4 判 378 頁	頒価：1200 円	会員特価：800 円	(〒120 円)
同 第6集	A 4 判 500 頁	頒価：2500 円	会員特価：2000 円	(〒120 円)
