

京都大・防災研究所 正員・柴田 徹
 兵庫県土木部道路課 正員 星野 満

まえがき

昨年の土木学会年次講演会において、粘土の降伏値に関する若干の考察結果を報告し、主として粘土の排水条件とクリープ強度、降伏値に対する時間効果等について述べた。今回はその継続研究による成果の一部であって、実験はやはり三軸スライス試験機¹⁾を用いて行なったものである。

重複の部分もあるが降伏値の概念について簡単に触れておくと、図-1において水平と ϕ' の傾斜をなす線は通常のせん断試験より求まる破壊線であるが、いま $\phi' > \phi'_m$ であるような ϕ'_m (モビライズされた内部摩擦角)を想定すると、 ϕ'_m の大きさによっていろいろの降伏値を定めることができる。その中でもここで ϕ_1 ・ ϕ_2 降伏値(ϕ'_1 , ϕ'_2)と仮称するものが代表的であって、 ϕ'_m が $\phi'_m < \phi'_1$ であればクリープ量はほぼ $\log t$ に比例して増加し、やがてクリープは飽和して安定する。したがってこの場合は粘土は破壊を生じることなく安定であり、 ϕ'_1 は粘土の長期強度に相当する。つぎに ϕ'_m が $\phi'_1 < \phi'_m < \phi'_2$ (ϕ_2 降伏値)の範囲にあれば偏差クリープは定常状態となり、いわゆるビンガム領域があらわれる。 ϕ'_m がさらに大きくなり、 $\phi'_m > \phi'_2$ ではクリープ破壊が顕著となる。

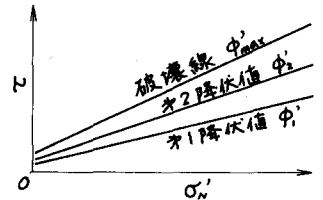


図-1 強度・降伏値

試料

実験に使用した試料の物性は表-1に示すようである。これらをL.L.以上の含水比で約半日間練り返したのち、試料作成用大型リング中で圧密し、0.5 kg/cm²で圧密が終了したものをパラフィンで包み、含水比の均一化をはかるために恒温室内で養生した。

表-1 試料の物性

試料 No.	LL %	PL %	PI %	<2 μ %	Activity
1	36.0	25.6	10.4	23.0	0.45
2	52.5	23.6	28.9	18.0	1.61

定常クリープの領域

粘土の種類によって、定常クリープが顕著にあらわれるものとそうでないものとがある。定常クリープ領域の範囲は、上述したように ϕ_1 , ϕ_2 降伏値 ϕ'_1 , ϕ'_2 の差で表現することができるので、使用した試料についてこれらを描くと図-2のようになる。すなわち試料No.1では $\phi'_1 \approx \phi'_2$ となり、定常クリープ領域はほとんど存在しないのに対しNo.2では $\phi'_1 \ll \phi'_2$ であり、実際にこの試料は3,000~5,000 min以上に渡って継続する顕著な定常クリープが観察されている。このように定常クリープが長時間持続するような粘土では、斎藤・上沢の研究³⁾にもみられるように、定常クリープの速度からクリープ破壊時間を推測することが可能であり、工学的にもすべり速度から

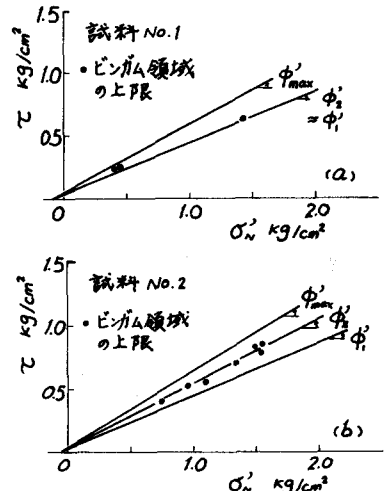


図-2 定常クリープ領域の範囲

すべり破壊を予知できるなど、利用すべき面は少なくな
い。しかし試料No.1のように定常クリープ領域があらわ
れない粘土では、急速に破壊現象と結びつく危険がある。

このように定常クリープ領域の大小と、粘土の他の物
性との関連性は全く不明であるが、例えば図-3にみら
れる特性の相違は何らかの示唆を与えるものではないか
と思われる。すなわちこの図は両試料のせん断試験にお
ける有効応力軌跡を示すものであって、No.1は τ_{max} を
過ぎてからは ϕ'_m の増加がみられない
のに対し、No.2では τ_{max} を過ぎてか
らも ϕ'_m の増加は続き、終局的な ϕ'_{max}
と $\phi'_{at \tau_{max}}$ とは約8度の差が生じて
いる。一方、 $\phi'_{at \tau_{max}}/\phi'_{max}$ の比は粘
土の鋭敏比が大きくなるほど低下する
ことが知られているので、定常クリー
プ領域の大小と粘土の鋭敏比の間には
密接な関係があるものと推察される。

載荷速度と降伏値

ある一定の荷重を載荷したまま非排水状態で放置して
クリープ破壊に至らしめる場合、所定のクリープ荷重に
達するまでの載荷速度の大小によってオリ降伏値 ϕ' が
変動する現象がある。図-4は試料No.2について緩速載
荷と急速載荷に対するクリープ破壊現象を有効応力軌跡
で表わしたものであり、水平な線群の右端はクリープの
出発点、左端の×印は破壊点を示している。図によれば
急速な場合ほどクリープの出発点が右方に寄っているの
で、 ϕ' が低くなることなどがわかる。ただし緩速載
荷は所定のクリープ荷重に達するまでの各荷重段階にお
いてクリープがほぼ飽和するまで放置したものであり、
急速載荷は $0.08 \text{ kg/cm}^2/2 \text{ min}$ の割合である。図-5は強
度・降伏値ならびに $\log \tau \sim \log \delta$ プロットより求めた上
限降伏値 (ϕ'_u) 等をまとめたものである。これによると
 ϕ'_u と他の降伏値との大小関係には共通性がみられな
いが、 ϕ' は試料による差がなく、また $\tan \phi'_u / \tan \phi'_{at \tau_{max}}$ の比が共に約0.7となっていることは興味深い。

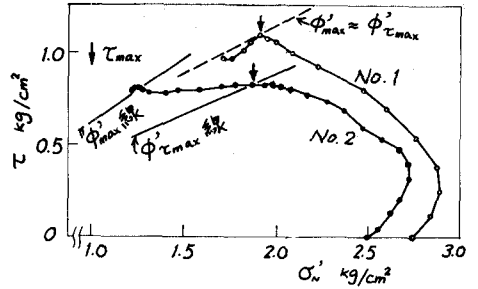


図-3 せん断時の有効応力軌跡

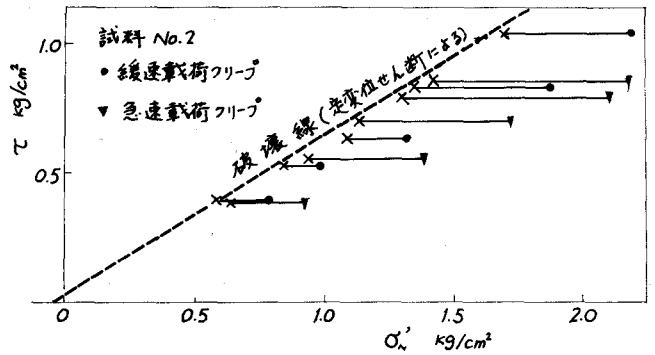


図-4 載荷速度とクリープ破壊

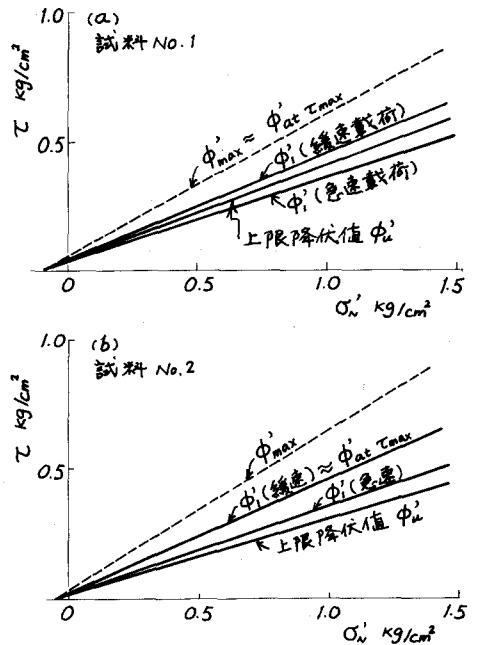


図-5 強度・降伏値の総括

- 1) 柴田, 星野: 第23回土木学会年次講演会, III, p. 83, 昭. 43.
- 2) 柴田, 星野: 土と基礎, 16-1, 昭. 43.
- 3) 斎藤, 上沢: 第5回国際土質力学会議, I, p. 315, 1961.
- 4) L. Bjerrum & N.E. Simons: NGI Publ. 35, p. 13, 1960.