

中央構造線上の地すべりの土質力学的特性

愛媛大学工学部 正 矢田部龍一

1. まえがき

四国の中央構造線に沿って高速道路の建設が行われている。高速道路の建設に際しては中央構造線上の工事は極力避け、また、大規模な地すべりの発生が懸念される地点は路線の僅かな変更を行うことによって影響を最小限にするよう努力が払われている。しかし、全てを避けることは出来ず、図-1に示したように中央構造線沿いに50箇所を越える地区で地すべり対策工が施工済み或いは予定されている。この50を越える地すべり地の中でも中央構造線直上の大規模な断層破砕帯における地すべりは数えるほどしかない。今回の報告では、その中でも典型的な断層破砕帯における地すべりを紹介し、中央構造線直上の断層破砕帯における地すべりの土質力学的特性を明らかにする。

ところで、中央構造線は日本では第一級の活断層であり、過去数キロにも及ぶズレを生じており、その結果大規模な断層破砕帯が形成されている。当然のことながら今まで中央構造線の大規模な断層破砕帯は避けてきていたので、断層破砕帯に起因して発生する地すべりの土質力学的特性は殆ど調べられていないのが実状である。

2. 中央構造線直上の地すべりの事例

2.1 的之尾地区

的之尾地区は愛媛県伊予三島市に位置している。平面図を図-2に、縦断面図を図-3に示す。基盤は三波川結晶片岩類と和泉層群よりなり、古期崖錐堆積物と新期扇状地堆積物が覆っている。昭和55年4月よりトンネル掘削を始めたが、地すべり発生により11月には全面中止に追い込まれた。その後、押さえ盛土と抑止杭および排水ボーリングで地すべりを止めてトンネルの掘り換えを行っているが、僅か200m足らずのトンネルの施工に4年の歳月を要する結果となった。

図-4に動態観測結果を示すが、地すべり変動は収束傾向にある。

2.2 粒野地区

粒野地区の詳細は本発表会講演概要集第3部門の「中央構造線上の断層破砕帯における一地すべりの特性」に示してあるので参照されたい。

3. 中央構造線直上の断層破砕帯の粘性土の力学特性

3.1 試料、物性

的之尾地区および粒野地区のすべり面の粘性土と図-1に示す中央構造線直上の佐野上浦の破砕された粘性土を試料とした。的之尾、粒野、佐野上浦とも大半が和泉層群起源の破砕帯粘土である。そこで、断層運動履歴の影響が殆どないと思われる中央構造線近くの和泉層で発生した地すべり地（湯ノ谷地区、檜皮地区）の試料も比較のために試験した。母岩、物性、粒度の一覧を表-1に示す。

3.2 セン断試験結果

各粘性土に対して圧密非排水三軸圧縮試験とリングせん断試験を行い、せん断抵抗角を求めた。図-5、6にピークおよび残留状態に対応するせん断抵抗角 ϕ' 、 ϕ_r と I_p の関係を示す。比較のために中央構造線近くの和泉層で発生した地すべり地（湯ノ谷地区、檜皮地区）の試験結果も示してある。

これから、中央構造線直上の断層破砕帯の粘性土のせん断抵抗角は和泉層群の地すべり地のそれと比べて ϕ' で 10° 近く、また ϕ_r では 20° 近くも小さいことが分かる。理由は分からないが中央構造線の断層運

動履歴が影響していると思われる。

4. 強度特性からみた対策工のあり方

中央構造線直上の断層破砕帯におけるすべりと断層運動の影響が殆どないと思われる中央構造線近くの和泉層における地すべりではすべり面の粘性土の強度特性が異なることが明らかになった。すべり面の強度特性の違いは次の点で対策工に影響する。

1) 小さなせん断抵抗角 ϕ'

中央構造線直上の断層破砕帯の粘性土の ϕ' は 30° 前後と小さい。小さなせん断抵抗角しかないので緩やかな勾配でしか切土できない。急角度ののり面を施工するためには膨大な対策工を必要とする。また、 ϕ' が小さければアンカー工の効果も小さい。

2) ϕ' から ϕ_r への大きな低下

中央構造線直上の断層破砕帯粘性土のせん断抵抗角のもう一つの特徴として ϕ_r への低下量が非常に大きいということがあげられる。この場合の留意点は、まずのり面を変位させないということである。すべりを起こすとすべり面の粘性土のせん断強度は低下し、ますます危険になる。的之尾地区でトンネルの掘り換えを余儀なくされたのは、大きな強度低下を示すすべり面粘性土の特性も一因であると思われる。

ϕ' が大きく、 ϕ_r への低下量も小さい湯ノ谷地区と檜皮地区は地すべり対策工の効果があがりやすい。実際、湯ノ谷地区はトンネル掘削に伴って数 10 cm の変位が起こっているにも関わらず対策工の施工により地すべり性の変位は完全に止まっている。また、檜皮地区も地すべり性の変位はもともと数 cm と小さかったこともあるが、対策工で完全に変位は止まっている。特に、 ϕ' 、 ϕ_r とも大きいのでアンカー工による上載荷重の増加により、せん断強度 ($\tau = \sigma \tan \phi$) も大きく増加する。このような場合には待ち受け型のアンカーより、圧縮型のアンカーの方が土のせん断抵抗力を増すという意味で合理的である。

的之尾、粒野地区は ϕ' が小さく、 ϕ_r への低下量も非常に大きい。したがって、地すべり対策に多大な費用を必要とし、また、対策工によって完全に変位を止めることも難しいと思われる。実際、的之尾地区は対策工施工後 10 年近く地すべり性の移動が僅かではあるが継続している。粒野地区も地すべり対策には入念な調査・設計・施工が必要になるとと思われる。

5. あとがき

中央構造線直上の断層破砕帯の粘性土の土質力学的特性を調べた結果、細粒化が進んでおり、せん断抵抗角が小さいことがわかった。したがって、断層破砕帯につきものの地下水の問題だけでなく、土の強度特性も十分検討して工事を行う必要があることが分かった。しかし、対策工の設計に際して土のせん断特性が調べられることは非常に少ない。

せん断試験結果から推定できる次の結論だけでもせん断試験の必要性和り難さは十分認識して戴けることと思います。的之尾地区と粒野地区は対策工事が大変であり、通常的设计に基づく対策工では将来に渡って地すべり性の移動が継続する。それに対して湯ノ谷地区と檜皮地区は対策工の効果があがりやすく、通常的设计に基づく対策工で十分に地すべり性の移動を止めることができる。

本研究を行うに際して日本道路公団高松建設局にお世話になった。また、研究経費の一部は（社）土木学会中国四国支部の研究助成金ならびに（財）砂防・地すべり技術センターの研究開発助成金の補助を受けた。記して感謝致します。

参考文献

1. （財）高速道路技術センター：高松建設局管内道路設計・施工検討（その4）、1994.
2. 宮本、八木、矢田部、丸山：中央構造線上の断層破砕帯における一地すべり地の特性、土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集、1995.

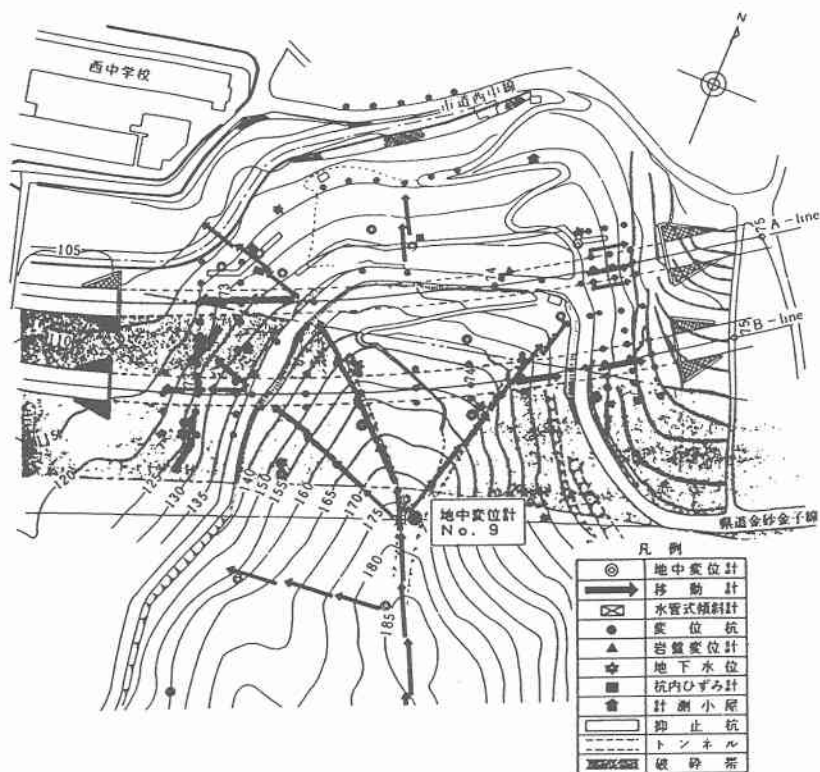


図-2 的之尾地区の平面図

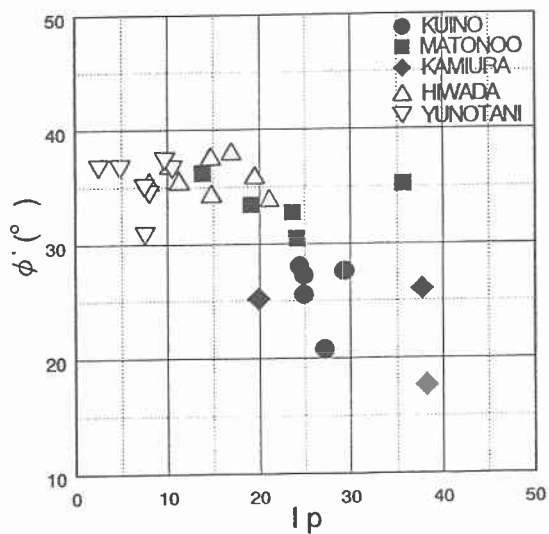


図-5 ϕ' と I_p の関係

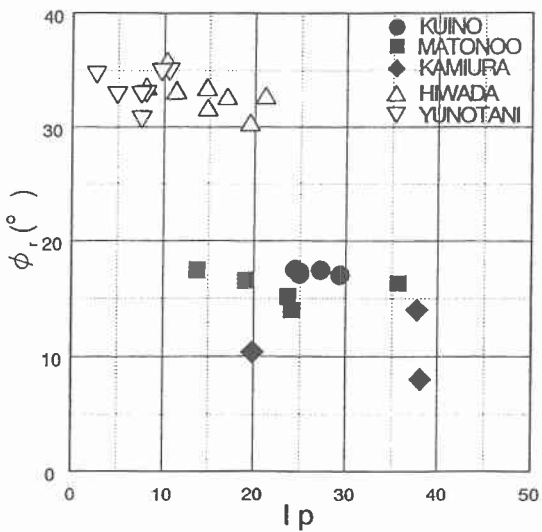


図-6 ϕ_r と I_p の関係