

車籠埔断層, 雙冬断層および水裏坑断層における流体移動・摩擦特性と1999集集地震時における断層すべり運動の考察

Transport and frictional properties of Chelungpu, Shuangtung and Shuichangliu faults and their implication for fault motions

谷川 亘 [1]; 曾根 大貴 [2]; 野田 博之 [3]; 嶋本 利彦 [4]

Wataru Tanikawa[1]; Hiroki Sone[2]; Hiroyuki Noda[3]; Toshihiko Shimamoto[4]

[1] 京大・理・地鋳; [2] 京大・理・地質学鋳物理学; [3] 京大・理・地球惑星; [4] 京大・院・理・地惑

[1] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ; [2] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ.; [3] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ;

[4] Dept. of Geol. & Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

1999年の台湾集集地震 ($M_w=7.6$) は、北部と南部において地震挙動に大きな違いが認められた。北部はすべり速度および滑り変位量が大きく、南部は小さい変位と大きな加速度を示した。また地震断層である車籠埔断層の北部と南部において浅部断層掘削が行われ、断層帯の内部構造において、北部と南部で非常に顕著な違いが認められた。そのため断層岩の物性の違いにより地震挙動の違いが引き起こされた可能性が高い。また地震発生域近郊に位置する台湾油田地帯の地下深部において高間隙水圧が観測されており、この高間隙水圧により断層帯の浸透係数の上昇および強度低下が起こることから、地震時のすべり挙動に大きな影響をあたえることが予想される。

そこで本研究では、集集地震発生域における断層岩の流体移動特性と摩擦特性を調べ、その結果をもとにした地震すべりに伴う断層の強度低下挙動の推定を行った。車籠埔断層の北部と南部の違いおよび深部方向における断層帯の性質の違いを調べるために、北部と南部の違いおよび深部方向における断層帯の多様性を調べるために、車籠埔断層北部と南部浅部掘削コア、および車籠埔断層、雙冬断層および水裏坑断層の地表断層露頭を研究対象とした。また広域的に発達する高間隙水圧の地震滑り挙動への影響についても考察した。

北部のコアの断層岩の浸透係数は深度1~3 kmにおいて $10^{-16} \sim 10^{-18} \text{ m}^2$ を、南部は $10^{-15} \sim 10^{-17} \text{ m}^2$ を示し、北部は南部に比べて一桁ほど小さい値を示した。地表露頭における断層帯の浸透係数については、断層ごとに顕著な違いが現れた。車籠埔断層の断層岩は $10^{-15} \sim 10^{-16} \text{ m}^2$ の高い値を示すのに対して、水裏坑断層は $10^{-16} \sim 10^{-17} \text{ m}^2$ 、さらに雙冬断層は $10^{-17} \sim 10^{-19} \text{ m}^2$ という非常に低い値を示した。一方、比貯留量は断層ごとによる顕著な違いは認められず、いずれの断層においても $10^{-9} \sim 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ であった。断層ガウジを用いた高速摩擦実験は乾燥下、速度 1.03 m/s 、垂直応力 $0.6 \sim 0.9 \text{ MPa}$ で行った。断層ごとにおける顕著な違いは認められず、摩擦係数はすべり始めと同時に急激に上昇してピーク時には $0.67 \sim 1.08$ を示した。その後緩やかに下がり、最終的に $0.15 \sim 0.22$ の定常値に達した。すべり軟化距離、 D_c については $6.4 \text{ m} \sim 13 \text{ m}$ を示した。以上の結果をもとに、断層滑りによる摩擦発熱に伴う間隙水圧の上昇に起因する断層の強度低下 (thermal pressurization, TP) の解析を行った。南部の車籠埔断層についてはTPによる強度低下が全く起こらないのに対して、北部ではTPによる強度低下が認められた。さらに雙冬断層はTPが強く働き、急激な強度低下が起こった。またそのときの D_c 値は深度3~6 kmにおいて $0.3 \sim 1 \text{ m}$ を示した。水裏坑断層についてもTPによって強度低下が促進されるものの雙冬断層に比べるとその効果は小さい。雙冬断層の物性が車籠埔断層の深部物性を表しているものと仮定すると、車籠埔断層深部では急激な強度低下が起こった可能性が示唆される。ただし集集地震発生域における一次元の堆積盆圧密解析の結果によると、地下深部では高間隙水圧の存在が予想され、その結果TPの効果は幾分弱められることが予想される。

高速実験と同一ガウジを用いた低速摩擦試験の結果、低速摩擦特性は断層ごとに顕著な違いを示し、摩擦係数は車籠埔断層南部コア、北部コア、雙冬断層、水裏坑断層の順に小さくなった。またいずれも含水ガウジは乾燥ガウジに比べて非常に低い値を示した。また摩擦係数の速度依存性については、車籠埔断層南部ガウジは速度軟化を示したのに対し、北部ガウジおよび他の断層ガウジは速度硬化を示した。

TPの解析結果は集集地震挙動と調和的であるのに対して、低速摩擦実験の結果は滑り時の地震挙動と矛盾する結果を示している。このことは他の強度低下プロセスが働いている可能性を示唆する。また高速実験の結果とTPの解析から求めた D_c は、地震波解析から求まる D_c と非常に近い値を示した。