

## 2009年台風MORAKOTによる台湾水・土砂災害

藤田正治

### 要 旨

台風MORAKOT(8号)は2009年8月7日に台湾東部に上陸し、7日から9日にかけて、3日間雨量が世界記録にほぼ匹敵するような豪雨をもたらした。中南部を中心として甚大な土砂災害や洪水災害を引き起こした。死者は700人にもものぼる大惨事であった。積算雨量が極めて大きいこの台風により、高雄県甲仙郷小林村では、表層崩壊、深層崩壊、土石流、天然ダムの形成と決壊が連続して発生し、一夜にして村が壊滅した。気候変動により降雨の極端現象が増加すれば、我が国でもこのような複合土砂災害は増加すると思われる。早急に対策を考えておく必要がある。本報告は、土木学会と砂防学会の調査団による台湾における台風MORAKOT災害の調査結果を取りまとめたものである。

**キーワード：** 台風Morakot, 台湾, 台風災害, 土砂災害, 洪水災害, 小林村

### 1. はじめに

台風MORAKOT(8号)は2009年8月3日に発生し、8月7日23時50分ごろ台湾東部の花蓮県に上陸、その後ゆっくり台湾を横断し、8月8日14時ごろ北部の桃園県から台湾を抜けた。その結果、7日から9日にかけて、3日間雨量が世界記録にほぼ匹敵する豪雨をもたらした。中南部を中心として土砂災害や洪水災害が発生した。台湾では八八水災と名付けられている。10月14日現在の死者は698人、行方不明者は59人、農業損害額165億元を超える大惨事である。土木学会と砂防学会は調査団を結成し、2009年12月21日から12月30日の間、国立成功大学防災研究センター（センター長謝正倫教授）の協力のもとに合同調査を実施した。Fig. 1は調査地域を示したもので、高雄県の高屏流域、台東県太麻里流域、知本流域、南投県陳有蘭流域、台南県曾文流域、屏東県平野部において、土砂災害、洪水氾濫災害、橋梁被害、流木被害などについて調査した。土木学会調査団は、藤田正治（団長、京都大学）、関根正人（早稲田大学）、中北英一（京都大学）、檜谷治（鳥取大学）、石野和男（大成建設）、片田敏孝（群馬大学）、堤大三（京都大学）、堀田紀文（砂防学会調査団兼任、東京大学）、張浩（京都大学）、中川一（オブザーバー、京都大学）、砂防学会調査団は、宮本邦明（団長、筑波大学）、原義文（土木研究所）、権田豊（新

潟大学）、地頭園隆（鹿児島大学）、今泉文寿（筑波大学）、藤本将光（京都大学）からなる。本報告は、これらのメンバーによる災害調査結果を取りまとめたものである。

### 2. 気象条件

Fig. 2は台風MORAKOTによる総降雨量の分布を示したもので、最も濃い地域が2,600～2,800mmの降雨量である。強い雨域は台湾中南部の阿里山脈、玉



Fig. 1 Investigation Basins

山山脈，中央山脈の西側に集中している。Fig. 3は高雄県茂林郷御油山における降雨強度の変化を示したもので，降雨継続時間は約90時間，その間の平均降雨強度は約30mm/hrであり，高強度の降雨が極めて長い時間続いたことがわかる。Fig. 4は積算雨量の変化を示したもので，総雨量は2,558mmに達している。嘉義県阿里山郷阿里山では総雨量が2,884mmに達し，3日間雨量は2,748mmであり，成功大学防災研究センターの解析では2,000年以上の確率降雨量と見積もられている。これらの図には台湾での主な台風や伊勢湾台風のデータも示されているが，今回の台風は伊勢湾台風よりはるかに多量の降雨をもたらし，2004年の台風AEREが連続して2つ来襲したような規模である。Fig. 5は様々な時間スケール毎の降雨量の世界記録と台風MORAKOTによる降雨量を比較したものである。短時間雨量では世界記録に及ばないが，3日間雨量ではほぼ世界記録に匹敵している。

このように，降雨特性として，高強度の豪雨が広範囲に長時間継続し，きわめて多量の降水量をもたらしたことがあげられ，これが後述のように複合土砂災害の原因となり，災害情報の把握や救援活動にも支障を与えた大きな要因と考えられる。

### 3. 災害の概要

前述のような異常豪雨によって，南投県，嘉義県，台南県，高雄県，屏東県，台東県（位置はFig. 1参照）にわたる広範囲な地域に多様な災害が起こった。Fig. 2は災害地域を大きく4つの地域に分けたときの主な災害形態を示したもので，南投県，嘉義県，高雄県，台東県の山地部では土砂災害，台南県，屏東県では氾濫災害が発生した。土砂災害の地域と総降雨量800mmの領域はほぼ一致していることがわかる。

山地部では斜面崩壊や土石流がいたるところで起

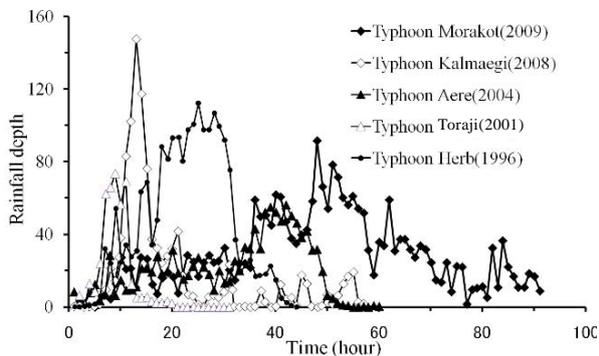


Fig. 3 Change of rainfall intensity with time in Maolin Township, Kaohsiung County (Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, et al., 2009)

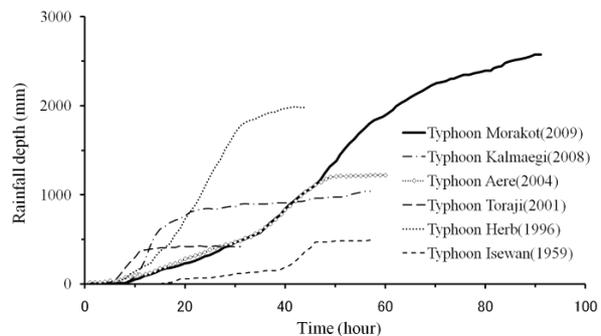


Fig. 4 Change of cumulative rainfall with time in Maolin Township, Kaohsiung County (Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, et al., 2009)

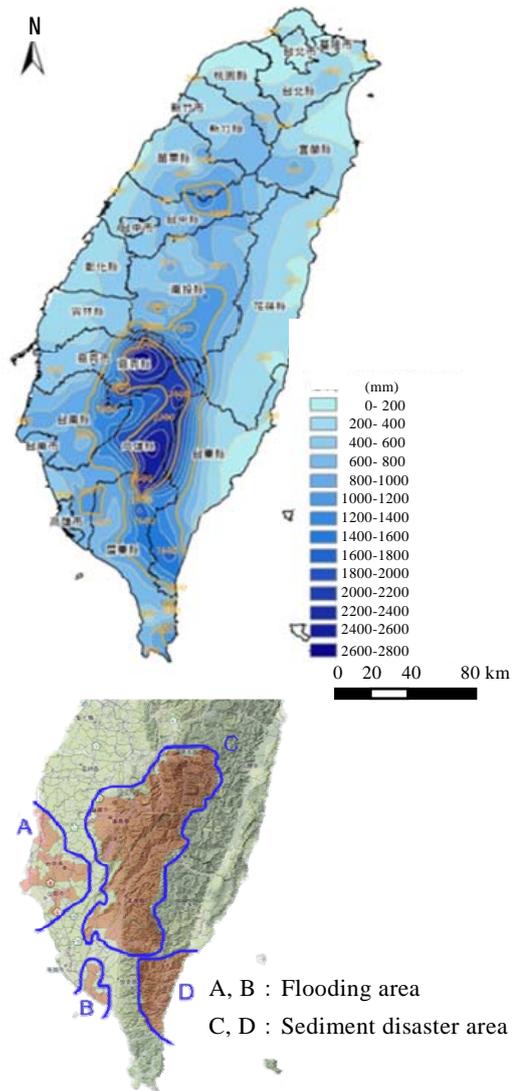


Fig. 2 Cumulative precipitation during 4 days from 10 a.m. 8/6 and flooding and sediment disaster area (Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, et al., 2009)

こり、総降雨量が極めて大きいため、深層崩壊の発生がたくさん見られ、16個の天然ダムが形成された。9個のダムは自然に決壊し、現在7個の天然ダムが残存している。高雄県六龜郷では、台風通過後の晴天時に天然ダムの決壊による洪水災害が発生している。支川からの大規模な土石流の流出により本川河道が閉塞され、その上流側に細粒土砂が堆積した後閉塞の解消によって堆積土砂が侵食されたと思われるような痕跡も多くみられ、洪水期間中に大規模で複雑な土砂動態があったことが推測される。土砂災害発生地域の崩壊面積率は災害前の1.27%から5.52%に増加し、12億 $m^3$ の土砂が生産され、4億 $m^3$ が河道に堆積、8億 $m^3$ がまだ斜面に残存していると見積もられている。

高雄県甲仙郷小林村では、小規模な土石流や浸水による被害から始まり、降雨イベントの最終段階で積算降雨量が限界に達した時に深層崩壊に襲われ、村が壊滅的な被害を受け、今回の台風による死者の約7割の440人以上の方が亡くなられた。このように、豪雨が長時間継続したことにより、異なる規模や形態の土砂移動現象が連続的に発生し、複合的な土砂移動現象により大規模な土砂災害が起こった。このような複合土砂災害は、気候変動により降雨条件が厳しくなれば、我が国をはじめ多くの国で問題となるものである。

洪水規模も大きく、台南県や屏東県の平野部では破堤による水や土砂の氾濫、40ヶ所の橋梁の流失、堤防の侵食などによる建物の倒壊などの多くの河川災害が発生した。また、天然林の山地で多数の崩壊が発生したため、多量の流木が流出し、橋梁被害だけでなく漁港などにも流木被害が出ている。

## 4. 土砂災害

### 4.1 高屏河流域（高雄県，屏東県）

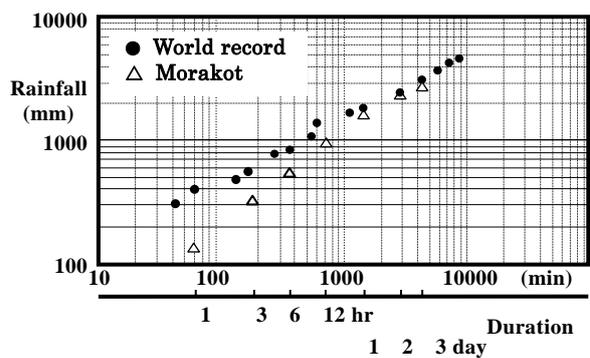


Fig. 5 Precipitation for different time scale by Typhoon Morakot and the world records (analyzed by DPRC, National Cheng Kung University)

### (1) 概要

高屏溪は、台湾最高峰の玉山（3,952m）を源流とし、南南西に流れて台湾海峡に流れ込む河川で、流路延長171km、流域面積3,257 $km^2$ の台湾第2の大河川である。上流域および下流の西側（右岸側）は高雄県、下流側の東側（左岸側）は屏東県に位置する。河口から約60kmの管理区間内の河床縦断図を見ると、最下流域では1/5,000、15kmから40kmにかけては1/750、それより上流では1/100の急流河川となっている。Fig. 6は高屏溪の上流域と下流域を示したもので、西側に旗山溪、東側に荖濃溪の二つの支川が流れている。この流域では特に降雨量が大きく、崩壊面積率は台風前の1%程度から8%に増加した。河川水位は、7日から徐々に上昇し、最下流では8日9日の0時頃に洪水がピークに達しているようである。

### (2) 甲仙郷小林村の複合土砂災害

Fig. 6の⑦に位置する高雄県甲仙郷小林村（旗山溪流域）は200年以上の歴史を持つ村であるが、裏山の深層崩壊によって170軒近くあった家屋のうち、2軒



Fig. 6 Kaoping River Basin (Left: Upper reach, Right: Lower reach, Map by Google Earth)

を残し壊滅し、47名が生存したが500名近くの命が失われた。Photo 1は2008年11月に撮影された小林村である。Photo 2は災害調査時点の小林村の被災地の様子を撮ったもので、斜面の下に集落があった。Photo 3は深層崩壊のすべり面を示したものである。地質は砂岩と泥岩からなり、砂岩をすべり面として風化した泥岩（頁岩）が40～50mの深さで滑ったものと考えられる。この深層崩壊は集落を襲っただけでなく、一部は本川河道を閉塞し天然ダムを形成した。深層崩壊は頂上付近から発生しているが、斜面の下部にも小崩壊が発生したと見られている。大小の崩壊を含めた一連の崩壊プロセスについては現在検討中である。

Fig. 7は小林村の平面図を示したものである。旗山溪に合流する支川には橋がかかっており、下流側から8, 9, 10号橋と呼ばれている。小林村の直上流側には南豊橋が本川にかかっており、ここでは水位計測が行われていた。これらの橋は小林村の住民にとって村外へ通じる重要な避難路の一部である。Photo 4は災害直後の小林村の様子を高雄県消防局が撮影したものである。手前に見える流れは9号橋がかかっていた溪流である。

さて、台風MORAKOTによってPhoto 4のようになるまでのプロセスが様々な情報をもとに解析されている。まず、8月7日17時および23時に土石流に対する注意報、避難警報が発令されている。8月8日の19時には8号橋が土石流で流されたという目撃情報がある。8月9日6時ごろには9号橋が土石流により流失し、その後村が浸水した。その時点で、9号橋と8号橋の間の住民は裏山に避難した。結果的にはこの方々は生き残った。その後、深層崩壊、天然ダムの形成と決壊が起こったが、このタイミングは次のようなデータより時間が特定されている。まず、Fig. 8は小林村下流20kmにおける水位観測データであるが、8月9日7時ごろ急激な水位の低下がみられる。また、この地域に設置された地震計が8月9日の6時20分ごろ顕著な揺れを記録している。さらに、南豊橋に設置された水位計は6時ごろで記録が止まっている。これらのことから、深層崩壊は6時20分ごろ発生し、小林村を来襲するとともに、南豊橋から下流にかけて堆積し、天然ダムが形成されたと考えられる。その後、Fig. 8の水位変化から、7時ごろ天然ダムが決壊したものと考えられる。

以上のことから、Fig. 9に示すスネーク曲線上で、災害のプロセスを概観する。まず、土石流に対する避難警報が出た後、8日の19時に降雨強度がピークに達したころ、小林村下流の8号橋が土石流によって破壊された。この橋は今回被害のなかった小林村の南地区に通じるものである。その後時間雨量40mm程度



Photo 1 Siaolin village in November, 2008  
(Photographed by DPRC, National Cheng Kung University)



Photo 2 Siaolin village wiped out by multi-modal sediment disasters



Photo 3 Sliding surface of the deep landslide attacked Siaolin village

の強い雨が一晩中降り続き、夜明けごろ、9号橋に土石流が発生し、9号橋が破壊されるとともに村が浸水した。多分、この土石流により地形が変化し、流れに影響を及ぼした結果だと思われる。このとき積算雨量は2,000mmを超えていた。そして、積算雨量が深層崩壊発生 of 極限に達した8日6時20分ごろ、深さ40～50mの深層崩壊が発生し、小林村を襲った。一部の崩土は南豊橋直下流の河道を閉塞し、天然ダムを形成したが、40分後に決壊、洪水が発生したと見られる。その結果、Photo 4の様な状況になり、2軒を残して村は壊滅した。

積算雨量が2,000mmに達していなければ、8号橋が破壊されるだけで済んだと思われるが、長時間高強

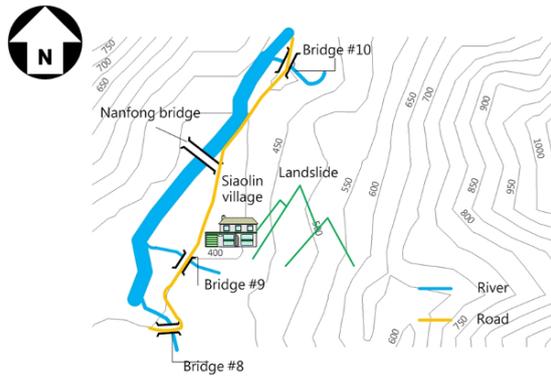


Fig. 7 Map of Siaolin village (Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, et al., 2009)



Photo 4 Disaster area in Siaolin village immediately after the typhoon passed (Photographed by Kaohsiung Fire Department)

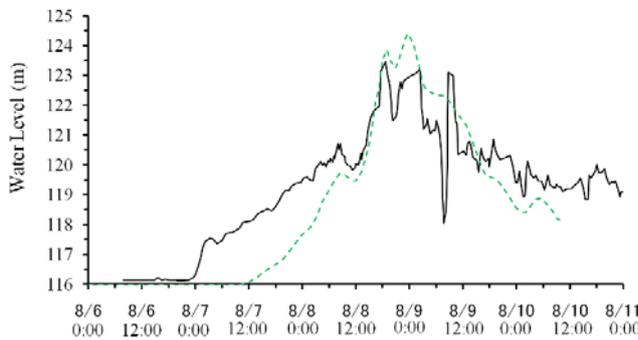


Fig. 8 Change in water level 20km downstream of Saolin village (The data was collected by DPRC, National Cheng Kung University)

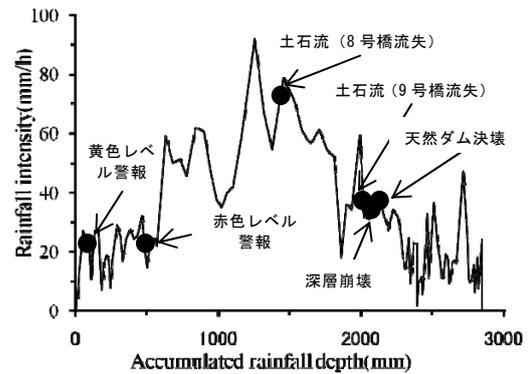


Fig. 9 Snake curve for rainfall by Typhoon Morakot

度の雨が続いたため、避難経路が断たれた状態で最終的に深層崩壊が発生した。このように、小規模な土砂移動から始まり、橋の破壊や浸水により避難が困難な状況になり、それに引き続いて深層崩壊、天然ダムの形成と決壊という大規模な土砂移動が起こった。このような連続した土砂移動現象による複合土砂災害が小林村での災害の特徴である。

### (3) 天然ダム

上流域を中心として数多くの斜面崩壊と土石流が発生し、多量の土砂が河川に流入している。また、この土石流によって、本川や支川では天然ダムが形成された。高屏溪流域では、Fig. 6に④で示した10ヶ所に大規模な天然ダムが形成されたことが確認されており、一部は決壊しないまま現在に至っている。

この天然ダムの決壊によって洪水被害が発生したケースが高雄県六龜郷寶來村(荖濃溪流域)で報告されている。台風が通過した8月11日の20時10分頃、上流側から洪水が段波のように流下し、上流側の橋梁の一部を破壊するとともに村内に流れ込んだ。地元の消防署の職員の話では、数秒間で急激に浸水し、数分後には水が引いたとのことである。橋脚に流木



Photo 5 Inundation due to flooding caused by collapse of a natural landslide dam

等が引っかかり、堰上げが起こったことで村内に水が浸入したが、すぐに橋梁が一部破壊されて堰上げが解消されたものと推察される。この洪水では最大1mの浸水が発生したが、人的被害はなかった。写真5は浸水した消防署内の洪水痕跡である。

### (4) 土砂の堆積・侵食

高屏溪支川荖濃溪の寶來村の上流の天然ダム地点より下流側の区間で、土砂の堆積、侵食状況を調査した。Photo 6の寶來村上流の写真はFig. 6の④の天然



Photo 6 Sediment deposition and erosion in Kaoping River

ダム直下流の区間で撮影されたものであり、河床上昇した様子が見て取れる。現地調査によると数10m上昇している。上述したように土石流による天然ダムが発生している区間であり、写真にみられるように堆積と侵食を繰り返した痕跡が河道に残されている。新發村周辺の写真は、Fig. 6の⑤の天然ダムの直下流区間で撮影されたものである。この区間でも10m程度の河床上昇が発生している。上流と同様に天然ダムの流入の影響により堆積と侵食が繰り返されている。

六龜大橋から高美大橋区間は水利局の管理区間の上流にあたり、河川勾配が1/100から急激に減少する区間である。そのため、写真に見られるように、上流域で生産され洪水で運ばれた土砂はこの区間で急激に堆積している。水利局では、計画河床が定められており、今回の洪水で計画河床高以上に堆積した土砂は、洪水後から緊急に河道外へ搬出されている。写真中には土砂運搬用に作られた河道内の道路が見られる。新威大橋はこの区間の中にあり、写真は災害2ヶ月後に撮影したものである。河道全体に土砂が平坦に堆積し、元河床から7m程度河床が上昇している。写真に見られるように災害後緊急掘削を行い新威大橋付近の通水断面の確保を図っていた。ここだけでなく、多量の土砂が堆積した箇所はたくさんあり、災害後の土砂の処理は当面の大きな課題である。

旗山溪合流点から下流区間では、輸送された砂礫成分が上流側で堆積するため、流下している成分は細砂あるいはシルト成分であると考えられる。写真は最下流の雙園大橋地点で撮影されたものであり、右岸側に大規模な側岸侵食や橋梁被害が発生してい

ることがわかる。橋梁被害は河床低下が原因であると考えられ、洪水時に河床低下が発生している可能性も考えられるが、河床変動に関する十分なデータは得られていない。

#### 4.2 濁水溪および支川陳有蘭溪流域（南投県）

濁水溪および陳有蘭溪はかつて度々土砂災害を受けた地域である。1999年の集集地震のあと、今回より規模の小さな台風TORAJIなどの台風でも、甚大な土砂災害が発生している。このときの土砂災害の特徴は、範囲は広いが小規模なものが多いことであった。集集地震後、一旦減少した土石流発生限界降雨量は増加し、今回の台風の前では、土砂災害に対して流域はかなり安定化していたと思われる。しかし、台風MORAKOTは異常な豪雨をもたらし、この地域に新たな斜面崩壊や土石流が発生した。集集地震後の斜面崩壊と異なり、今回の斜面崩壊の発生領域は狭いものの大規模なものが多いようである。また、台風TORAJIや台風HERBのとき土石流が発生した溪流では、今回はあまり土石流が発生しなかったようである。

濁水溪流域では斜面崩壊や土石流による死者はなかったが、濁水溪の中流付近の水衝部で約500mにわたって堤防が侵食され、堤防上の2車線道路の川側の1車線がなくなった。Photo 7は侵食箇所の上流箇所から下流側を見た写真である。このため自動車7台が川に落下し、10名の方が亡くなられた。Photo 8は水里郷山村の河岸侵食により落下しそうになった住宅の状況を示したもので、この村で約30軒が被災した。現在、新山悦城村という建設会社が建設した仮設住



Photo 7



Photo 8



Photo 9



Photo 10



Photo 11



Photo 12

Photo 7 Erosion of river-side lane of a road in Zhuoshui River; Photo 8 Bank Erosion in Shuili Town, Nantou Country; Photo 9 Damage to elementary school in Hsinyi Town, Nantou Country; Photo 10 Deep landslide in the upper Taimali River; Photo 11 Landslide dam in the upper Taimali River; Photo 12 Channel for drain

宅に避難している。Photo 9は南投県信義郷陳有蘭溪の隆華国民小学校の被災の様子を示したものである。この小学校から本川上流数百メートルの地点で合流する頭坑野溪では、大規模な土石流が発生し、土砂が本川に堆積した。その影響で流水の方向が変化し小学校側の河岸を侵食した結果、Photo 9のように被災した。また、この小学校は支川との合流部付近にあり、以前にもその支川からの土石流により被災している。このように、濁水溪、陳有蘭溪流域でも崩壊や土石流、天然ダム、河岸侵食が発生した。この流域の土砂移動現象の規模は高雄県より小さいといえども、建物、道路、農地に甚大な被害が出ている。しかし、幸いにも死者がなかったことが特筆される。先にも述べたように、この辺りは台風常襲地域で、集集地震の後も台風MORAKOTより規模のかなり小さい台風TORAJIによって土砂災害が発生しており、土砂災害に対する住民の意識は高い。今回も行政や地域の長の指示に従って、早期避難したことが人的被害のなかった一因だと言われている。ただし、避難所となっているコミュニティーセンターは本川と支川の合流部付近の狭いスペースに建てられており、今回の災害では問題なかったが、今後も安全とは言えないような立地条件に建てられていた。

#### 4.3 太麻里溪（台東県）

太麻里郷大麻里溪流域では、2004年ごろまで、800mmから900mmの雨で裸地が発生していたが、裸地面積率は1%以下であった。2005年の台風HAITANGも900mm程度の雨であったが、裸地面積率が2~3%になり、年年裸地面積率が上昇し、2009年の台風MORAKOTの平均1,150mmの雨で崩壊面積率は急増した。

Photo 10は太麻里溪上流の深層崩壊、Photo 11はそれによって形成された天然ダムの調査時点での写真である。元の河床から40m程度土砂が堆積し、その上に高さ10m程度の天然ダムが形成されたが、Photo 12のような排水路を作り、10mの水位を6mまで下げることで現在安定している。

太麻里溪の扇状地では、洪水氾濫・土砂氾濫による被害が発生した。その過程についてPhoto 13を参照しながら説明する。

①太麻里溪が蛇行を繰り返しながら扇状地に出た地点(扇頂部)がPhoto 13の左端に相当する。河川上流部で生産された土砂がこの区域に堆積したことで河床上昇が生じている状況下で河川は水位を増し、図の青線の位置にあたる湾曲部外岸の堤防上を越水、さらには破堤が引き起こされることになった。

②河川から流出した水は鉄道の盛土により堰き止められ、輸送されてきた土砂は、その上流側に堆積した。ただし、盛土を横切るように上げられた開口部からは流出可能であったためここに流れが集中し、

その流れによって盛土の下流側(図の右側)には新たな流路が刻まれていった。その後、図中の赤線に相当する区間の盛土が流出し、流れはこの区間を通過するように固定化された。写真に見られる流路がそれである。流路の深さは2~3 mほどであった。

③この間のいずれかの時刻に旧河道の堤防のほとんどが流出し、わずかな区間だけが図中の濃緑色の線として残っている程度となった。

④氾濫が生じた扇状地上では、新たな流路を除くほとんどの区域において堆積が生じ、その規模は1m未満とされている。

調査時には、旧堤防(図中のオレンジ色の破線)の位置に堤防が建設され、復旧が進められていた。しかし、洪水時にこの位置に河道を維持することは難しいと言わざるを得ず、付け替えが望ましいと判断される。なお、以上のプロセスは1日程度の短期間で生じており、その変化は極めて急なものであった。それにもかかわらず死者が6名と比較的少なかったのは、住民の避難が迅速であったためと推察される。

## 5. 洪水氾濫災害

台南県や屏東県の平野部では、破堤や越流により浸水被害があった。Fig. 10および11は成功大学防災研究センターの調査資料に基づき、屏東県と台南県の浸水深の分布を描いたものである。1m程度の浸水箇所が多いが、3、4mの浸水深の箇所もある。図中には破堤箇所や越流箇所も記している。Photo 14は屏東県での浸水や土砂氾濫の様子を示した写真である。鉄道橋での浸水と土砂の氾濫は、鉄道橋の高さが低いため流木がトラップされ、堰上げられた流水が右岸側に越流したために起こった。土砂の堆積厚さは2mにも及ぶ。台風前に堤防のかさ上げと鉄道橋の付け替えを行っていたが、今回の台風間に合わなかった。



Fig.10 Inundation depth in Pingdong Country



Photo 13 Situation after flooding and inundation

台南県の曾文溪でも何箇所かで破堤し、Fig. 11の様な浸水被害が生じた。上流には曾文ダムがあり、洪水調節によりピーク流量が低減されている。しかし、貯水位が上昇し堰堤を越流する危険が生じたため、途中で放流量を増加させた。洪水のピークカットはできているものの、下流の治水に十分な洪水調節を行うことはできなかった(Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, et al., 2010)。今後、このような異常な豪雨が発生した時の流域の治水を如何にするのかは、台湾だけでなく我が国でも重要な課題であろう。

## 6. 橋梁被害

高屏溪本川とその支川である旗山溪と荖濃溪に架かる29橋の橋梁の被害を調査し、被害等の特徴と日本の状況との比較結果を以下に示す。

①今回の水害は未曾有の水害で、橋梁設計では考慮されていない現象による被害であり、その中でも日本では見ることが少ない斜面崩壊や土石流に埋没した橋梁が6橋と多く見られた。

②日本に比べて橋台基礎の岩着部が弱く、これが主要因で壊れた橋梁が5橋と多く見られた(Photo 15)。

③未曾有の洪水流により河川が拡幅して取付部の

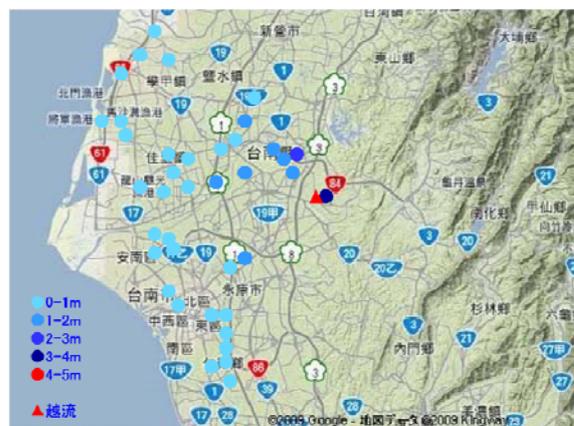


Fig.11 Inundation depth in Tainan Country



Photo 14 Inundation and sediment deposition in Pingdong Country (Left and center are provided by DPRC, Cheng Kung University)



Photo 15 A bridge whose pier is only broken



Photo 16 A bridge with broken abutment



Photo 17 Buckling of steel pipe pile pier



Photo 18 A bridge broken by local scouring

Note: Photo 16, 17 and 18 were provided by DPRC, Cheng Kung

土堤が流出したものが4橋と多く見られた(Photo 16)。

④桁上にコンクリート版製の高欄が設置されて洪水流の受圧面積が広い橋梁が多く見られ、桁のみが流出したコンクリート製の橋桁が3橋見られた。なお、コンクリート製の橋桁は、重量がトラスや合成桁よりも重くて、日本で桁のみが流出することは稀である。

⑤日本における橋脚は、岩盤において鋼管杭を施工することは稀であるが、台湾では、これが行われていて、鋼管が岩盤（軟岩）から剥れたり、座屈する現象が見られた(Photo 17)。

⑥最下流で河積の阻害率が高く河床低下と洗掘により倒壊したと推察された橋梁が見られた(Photo18)。

⑦交通の要衝の重要な橋梁では、早くも、復旧工事が始められていた。設計方針が不明であるので考察は不可能であるが、現況復旧では問題がある橋梁

が見られた。

以上から、日本でも今回と同規模の洪水が発生すると、斜面崩壊や土石流により埋没する橋梁が多く発生することが危惧される。

## 7. 流木災害

高雄県や台東県の奥地は檜などの天然林が多いようであるが、十分発達した森林においても斜面崩壊が多数発生し、流木の流出も非常に多かった。台東県の太麻里溪の流域では数万トンに及ぶ流木の流出があり、台東県の富岡漁港に被害を与えた。流木による橋梁被害や橋梁部での洪水の疎通能力の低下による流水や流砂の氾濫も見られた。太麻里溪の流木の中には、紅檜の1級品が3,900トン含まれ、その価格は1億元以上である。Photo 19は流木の集積場のほ



Photo 19 Accumulation of driftwoods (Left: high quality, Right: low quality)

んの一部の様子を示したものであるが、どれも天然林の大木で、樹幹と根茎部分がなくなっているのが特徴的である。このような大木が流出し、根茎がなくなっていることから、今回の土砂移動現象の激しさが想像される。紅檜の一級品は家具や檜オイルとして林務局が売買したり、被災者の住宅建築には無償で提供されるそうである。

## 8. おわりに

我が国において、近年、降雨強度の大きな豪雨、連続雨量の大きな豪雨の頻度が高まっており、様々な時間スケールの降雨量の記録更新のニュースをよく耳にする。気候変動に伴って、降雨の極端現象が増加することが予想されている中、このような事実は土砂災害対策を考える上で考慮しなければならない。今回のような高強度、高継続時間、広範囲の豪雨が発生すれば、我が国でも複合土砂災害の危険性が高まり、その際、災害情報の収集、避難活動や救助活動に障害が生じることが予想される。現在の避難予警報は、降雨特性値が基準値を超えたとき災害の危険性を知らせる仕組みになっているが、小林村での複合土砂災害を考えると、最終的に降雨量はどうなるのかを予測し、どのようなプロセスで規模や形態の異なる土砂移動現象が発生するのかを推測し、

それに応じた避難を行うことが重要であると考えられる。今後、今回のMORAKOT台風災害を教訓として、大規模な複合土砂災害に対する警戒避難システムを構築することが肝要である。

最後に、本報告に用いたデータや図の多くは国立成功大学防災研究センター、中興大学水土保持学系陳樹群教授、高雄局消防局、NHK取材班から提供されたものである。また、本報告は土木学会調査団、砂防学会調査団の災害調査検討会で議論したものを著者が整理したものである。ここに記して、関係各位に御礼申し上げます。

## 参考文献

- Chjeng-Lun Shieh, Chun-Ming Wang, Wen-Chi Lai, Yun-Chung Tsang, Shin-Ping Lee (2009): The composite hazard resulted from Typhoon Marakot in Taiwan, *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, Vol.62, No.4, pp.61-65
- Chjeng-LunShieh, Chun-Ming Wang, Yu-Shiu Chen, Yuan-Jung Tsai and Wen-Hsiao Tseng (2010): An Overview of Disasters Resulted from Typhoon Morakot in Taiwan, *Journal of Disaster Research*, Vol.5, No.3, 236-244

## Sediment Disasters and Flood Disasters in Taiwan Triggered by Typhoon Morakot 2009

Masaharu FUJITA

### Synopsis

Typhoon MORAKOT (No.8) landed the Taiwan eastern part on August 7, 2009 and brought a heavy rainfall approximately equal to a world record for three days. It caused serious sediment disasters and flood disasters around middle and southern areas. The catastrophic disaster resulted in 700 dead people. By this typhoon with extremely large cumulative precipitation, a multimodal sediment disaster due to some shallow

landslides, a deep landslide, some debris flows, the formation and the collapse of the landslide dams took place occurred in Siaolin Village, Kaohsiung Country and the village was completely destroyed overnight. If extreme phenomena of the rainfall increase, it seems that such disasters occur frequently in our country, and it is necessary to think about measures for such a disaster immediately. This report gathered findings by the investigating group of Japan Society of Civil Engineering and Japan Society of Erosion Control Engineering.

**Keywords:** Typhoon Morakot, Taiwan, Typhoon disaster, sediment disaster, flood disaster, Siaolin village