

(特-2) 6 月末豪雨による六甲山系の災害と将来の災害予想

神戸大学工学部教授 正員 工博 田 中 茂

§ 1 緒 言

本年 6 月末に降った集中豪雨による六甲山系の災害は昭和 13 年 7 月の同じ地方のそ減に比べれば規模ははるかに小さいものであつたが、降雨期間を通じての全降雨量は神戸ではほとんど同じであつた。今回の災害では、宅地造成中の土地に生じたものが目立っていた関係で、報道関係においても大きく取り上げられた。従つて今回のものは全く人災であるとかあるいは、そうでないとかの論が正しい土木工学的な根拠に立脚せずに行われているきらいもあるので、政治的考慮などを一切ぬきにした純学問的立場から 6 月災害の特性や原因などを究明して将来に備えることは大切なことと考えるので、筆者は独自の立場からこの災害の調査研究をなし、さらに将来の豪雨による災害予想をもある程度行つたので、ここに御報告して各位の御批判を仰ぐ次第である。

§ 2 今回の災害と昭和 13 年災害との比較

1) 降雨特性 今回と前回の豪雨の降雨特性を比較すると、神戸海洋気象台における降雨期間中の総雨量は今回 472.1 mm、前回 461.8 mm、となつている。また今回は、2 日目の明け方に小さいピークを示す降雨量がありその後は 2 日目にはたいした降雨量はなく、3 日目の明方に 40 mm/hr に達する大きなピークがあり、これをはさんでかなりの降雨量があつた。この時期に斜面崩壊などの災害が各所で発生した。3 日目の午後は約 10 時間休み 4 日目の朝に再び 45 mm/hr に達するピークをはさんで集中豪雨が降つてやんでいる。前回は、休止がほとんどなく、初日、2 日目を通じて 17 mm/hr 前後のピークがほぼ等間隔で続き、3 日目は降雨強度は大きくなり、最後の 5～6 時間で特に大きな 48 mm/hr というピークがあらわれてその前後に集中して降り、これで終つている。この最後の仕上げの豪雨で前回は山腹斜面の各所で大崩壊が続発した。

つぎに、いま問題にした降雨に先き立つ前期降雨についてみるに、今回は空梅雨といわれていた位でこれは問題にならなかつたが、前回では、これが 12 日間で 100 mm 以上にもなつていた。

第 3 に、海拔高による降雨量の変化という点であるが、今回は、このような変化はほとんど

なく、低い土地の降雨量の方が高い土地のそれよりも大きい時もあつた。前回は、明らかに平地より山地、しかも海拔高の大きい山地の方が降雨強度が強く降雨量も大きかつた。

2) 被害の特徴

a. 山地崩壊について 昭和13年では、六甲山系の各河川の山地流域で多数の山地崩壊があり、その崩壊箇所もほぼ均等にしかもかなり密に分布し、1ヶ所あたりの崩壊土砂量の平均も1500m³を超過し、全崩壊土砂量も10河川の流域で500~700万m³というような大きいものであつた。これに対し今回は、崩壊箇所数、1ヶ所あたりの崩壊土砂量は少く、その崩壊の生じた場所の地理的分布も比較的まばらで、1溪流沿いで1箇所の崩壊土量1000m³以上の斜面崩落の分布は極めて疎である。前回は1ヶ所の山腹斜面の崩壊により溪流をせきとめ、いわゆる「天然ダム」が形成せられ、このようなダムが1溪流において100m~200mの間隔でほとんど時を同じうして生じたものと考えられ、これらが順次上流から決壊を起し、「土石流」となつて崩落土砂防ダムが殆んどなかつた溪流を流下して市街地に到達した。ところが今回は1ヶ所あたりの山腹斜面崩壊土砂量が少なかつたため上記のような「天然ダム」が形成せられた場所はほとんどなく、1溪流で数ヶ所に生じても、土石流が天然ダム下流の砂防ダム付近で消滅するため、下流にはこの影響が及ばなかつた。今回の豪雨では、河川や溪流などにおける崩落土砂石の移動は洪水の運搬作用による形式をとり、移動砂礫の多くは既設の砂防ダムの背後に貯溜せられ、市街地まできたものは殆んどなかつた。

b. 宅地造成地などの災害について、造成中の宅地の災害が今回は目立つたが、民間の中小業者が市街地に近接して手をつけていたところで、斜面や擁壁の崩壊、大規模な土工機械の使用により弛緩状態にされた広い面積の表土の流出、流域変更などによる排水流量の増加に伴う既設水路の機能麻痺とこれに起因する道路の破壊と家屋の浸水、などに基く被害を下手の土地や建物などに対して与えたものである。この災害の根本原因は平地の工法をそのまま傾斜した六甲山系の土地に適用したことである。

c. 山岳道路などの災害について 前回は表六甲ドライブウェイなどが寸断される大被害を出したが、今回は、ここでは数ヶ所を除いてはたいした被害はなかつた。

その他の山岳道路も各所でその上手と下手の斜面崩壊により被害を受けたが、致命的なひどいものはほとんどなかつた。これらの原因は排水施設や擁壁などの構造上の欠陥に起因することが多い。

d. 未改修河川と排水溝の不備による災害について

未改修河川であるがために護岸がやられ、これに伴うひどい浸水をひき起したのは今回は、

明石川の上流、伊川谷、櫛谷などであつた。市街地のものとしては新湊川の下流、宇治川の下流の暗渠部である。その他、小局部的に護岸がやられて浸水を起したものとしては妙法寺川の下流、福田川の下流などがある。また宅地造成地などからの土砂流出のため河床が著しく上昇し、溢水または溢水の危険があつたものは天神川、大日川、その他である。市街地の排水溝も土砂によつて埋められたり閉塞したりして、溢水をひき起したところや、従来よりも大きな流量が生じた結果排水機構を果しえなかつたものがあつた。

§ 3 山地斜面の崩壊原因

1) 集中表流水の浸食作用に起因するもの 地表面の等高線が低い方に向つて凹状をなしている所は表流水の流線が収斂する故に集中した流れが起る。表流水が集中して急勾配斜面上を流下すると、斜面上の弱点がさきに洗掘せられる結果、跳水や渦などの作用により、巾広緩勾配断面と巾狭急勾配断面とが交互に連続した縦みぞが発達して次第に深掘れを生ずる。この作用による崩壊は天然斜面の場合は普通巾は非常に狭いが長さは長いものとなる。盛土斜面の時は、土質、雨水の集中の規模や状態により広い巾の斜面がひどく被害を受けることがある。

2) 浸透水流の作用に起因するもの 雨水が斜面の表面から表土層に浸透する時、筆者は先行条件の影響を強く受ける第1段階の浸透と境界条件のそれを強く受ける第2段階のそれとに分けて考えるが、前者においては前期降雨の有無やその特性などにより、降雨直前の表土中の土壌間隙残存空気の圧縮の影響により毛管水が重力水にいはやく変化する状況が非常に異なる。前期降雨が相当にあつた場合は続いて降る集中豪雨の際に浸透が第1段階より第2段階へ速やかに移る。

表土を取り除いた時にあらわれる不透水層や不透水性母岩の表面が低い方に向つて凹状をなしている所は第2段階の浸透流の流線が収斂してくる故、斜面の下手へいく程浸透水面が上昇しやすい傾向がある。斜面の境界条件如何により豪雨時に浸透水面が地表面に顔を出す位置が異なる。六甲山系の斜面の多くのものではこのように浸透水面が地表面に顔を出す位置近くの水面勾配が 20° を超過する時に「パイピング現象」が生じ、それに空洞が発生する結果、その上手の大きな土塊の崩落を誘発しやすい。この時には浸透水面を境としてこれより上の土塊が崩落するのであり、六甲山系天然斜面の崩落の多くはこのような原因や機構によることが多い。

3) 含水による土壌の性質の変化などに起因するもの 斜面を形成している土壌が飽和に近く水を含むことにより、内部摩擦角や粘着力の減少をひき起し、また流動化をみることなどによる斜面崩壊の発生しやすいが(1)、(2)の原因によるそれより大きい場合は特定の場所を除く

とあまりないようである。

4) 溪流、河川などの水流や土石流などの洗掘作用に起因するもの 豪雨時に溪流や河川が水嵩を増して流れ、特にこれらが屈曲して水勢が強く受ける岸が、六甲山系では崩積層とか断層などが露出している場所などのように弱いと、洗掘作用を受ける結果、その上方に続く山腹斜面が山脚をけずり取られて安定を失い崩落するもので、このような機構による斜面の崩壊は巾が長さの割に大きい。

なお、原因(1)によるものは垂水、舞子などの丘陵地における崩壊に多く、原因(3)によるものは氷室町、夢野萩野目町、車、などの地上り地帯や特に粘土層が地面下に存在する場所に発生する。また今回は山腹や山頂に広場などを造成した結果、(1)、(2)の原因でその上手下手の斜面が崩壊を起した例が諸所でみられた。

§ 4 切土斜面、盛土斜面の崩壊

擁壁を設けない上記斜面の崩壊は宅地造成地、山腹道路、土取場その他でみられ、この崩壊原因は§3で述べたもののうち(1)、(2)にほとんどが属する。擁壁の崩壊による斜面のそれも今回は極めて多く「石垣災害」という人もある位である。擁壁倒壊その他の擁壁に関する問題点は多いが一般講演でお話する予定である。

§ 5 豪雨による災害の将来の予想

筆者は6月以降の苦勞を伴う現地調査と災害後の撮影による航空写真の立体鏡による検査の両作業により、第1に、6月末豪雨で崩壊した場所につき、崩壊の位置、寸法、土量、原因などを明らかにした。つぎにこの調査結果にもとづき、筆者がさきに述べた原因別による斜面崩壊の発生しやすいと予想される場所とその崩壊の寸法などと実際に生じている崩壊のそれらとがどのように合致しているかを検討した結果、発生を予想される場所以外では今回の崩壊がほとんど起つていなかったことが分つたし、位置が予想と実際とで合致したものでは寸法なども予想と実際とであまり大きな相違はなかつた。勿論、予想した場所でも今回は崩壊が起らなかった場所もかなりあつた。予想は地表面の状態や不透水層、透水層などの状態は勿論、過去の崩壊が生じた場所か否かの履歴、地被植物や土質の特性などを明らかにして§3で説明した原因に含まれている重要な要素を各型の崩壊について頭において行つた。さらに予想を立てる時に大事なことは降雨特性と斜面土壌の先行条件などをどのように仮定するかということである。筆者はさきに神戸市長に「将来豪雨時にくずれなどの危険性ある箇所」を調査報告したが、

この時には、一応、先行条件として前期降雨が約1週間ばかりあり、この間に約総雨量100mm位がしとしとと降るものと想定し、つぎに降る集中豪雨の特性としては前回の災害当時のものと同型で降雨末期に平均40mm/hr程度の雨が5、6時間降り、その間のピーク時には80mm/hr程度のものがあると仮定した。集中時の降雨強度とその継続時間の大小は崩壊の有無、規模等に大きくひびく。前期降雨の影響もまたそうである。

宅地造成地などの工事については、工法の抜本的改良、山地の土木工事や防災に関する研究の実地への応用、良心的な施工者、信頼しうる監督者、防災工事に惜しみなく費用をかける専業主、厳正有能な監督官庁の技術者等の諸条件が将来具備されてくれば、この程工事の災害は最小限度に軽減または防止されるようになるだろう。

未改修河川などにおこる災害については、将来一時もはやく合理的な工法にもとづく改修を行えば、この種の災害もほとんどなくなるであろう。排水溝などの不備なものや下水道の完備も豪雨時のこの種災害の防止に有効である。