

2-2 対策工

収集した 933 件のデータから、計画された対策工についてまとめると、全体で 62 工種が行われていた。その中で 200 件を越えた対策工を見ると土工、法面保護工、擁壁工、舗装工、排水施設工、防護柵工であった。特に土工は 9 割を越える工事で実施されていた。また、法面保護工、擁壁工、舗装工も全体の半数程度の箇所で計画されており、林道災害での主要な工種と言える。

対策工の中で、20 件を越えた 19 工種を以下の表及びグラフにまとめた。

表 2-2 工種別工事件数集計表

工種	件数
土工	878
法面保護工	537
擁壁工	502
舗装工	411
排水施設工	242
防護柵工	224
構造物撤去工	180
区画線工	126
仮設工	113
道路付属施設工	75
構造物取り壊し工	67
路盤工	63
産廃処分費	52
特殊盛土工	47
特殊盛土工	47
排水構造物工	39
取壊工	33
法面工	29
防護施設工	23

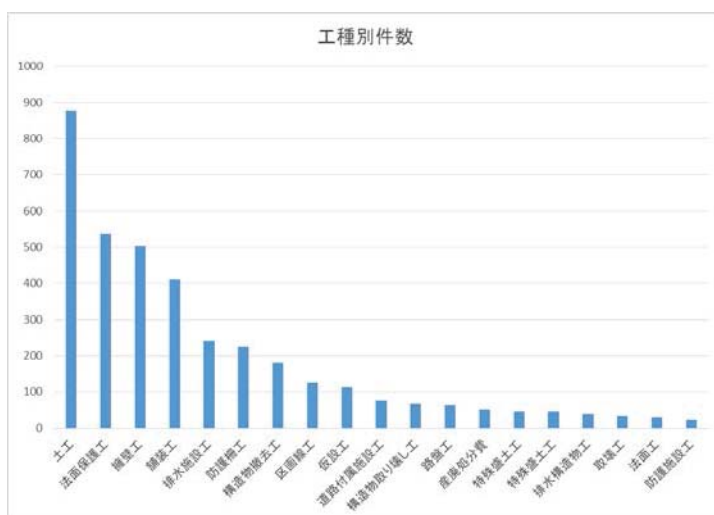


図 2-1 工種別工事件数集計図

本委託事業では、早期の被害額算定を目的としていることから、計画頻度の多かった土工、擁壁工、法面保護工の中で被害額の算定に大きく影響を与える擁壁工と法面保護工を取り上げ、その件数割合を取りまとめた。取りまとめる区分に当たっては、擁壁工と法面保護工を併用しているもの、擁壁工（法面保護工がない）があるもの、法面保護工（擁壁工がない）があるもの、擁壁工及び法面保護工がないものとし、件数とその割合を表 2-2 にまとめた。

表 2-3 主要工種別工事件数集計表

工種区分	件数	割合
擁壁・保護工併用	209	22.4%
擁壁工	293	31.4%
法面保護工	325	34.8%
擁壁・保護工なし	106	11.4%
総件数	933	

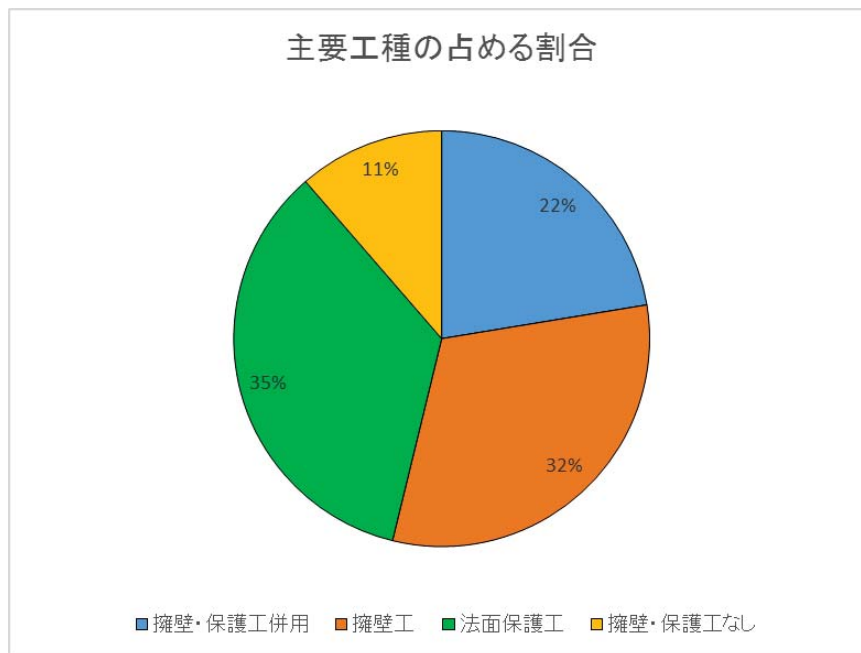


図 2-2 主要工種の占める割合

この結果、法面保護工と擁壁工を含む工種が全体の 9 割ほどを占めている、また、法面保護工と擁壁工は、ほぼ同様の割合を占めていることから、被害額の算定に当たっては、この 2 つの対策工を分析に用いる こととした。

2-3 被害延長

収集したデータから工事件数を被害延長区分別にまとめると以下の様になる。これによると、被害延長区分で10mから15mの件数が最も多く、その後延長の上昇とともに件数は減少傾向を示した。この傾向はおおよそ被害延長100mあたりまで見られるが、それ以上では、この減少傾向は少なくなり被害延長区分（5m単位）ごとに7件以下の分布が続いている。200mより長い箇所では、地震災害で発生した大規模被災地や豪雨災害で発生した路面侵食被害が多く見られた。

表 2-4 被害延長区分別件数集計表

被害延長区分	件数	被害延長区分	件数
10m以下	86	105～110m	2
10～15m	138	110～115m	4
15～20m	112	115～120m	3
20～25m	100	120～125m	5
25～30m	93	125～130m	4
30～35m	60	130～135m	7
35～40m	50	135～140m	6
40～45m	29	140～145m	0
45～50m	25	145～150m	0
50～55m	21	150～155m	4
55～60m	22	155～160m	6
60～65m	14	160～165m	1
65～70m	13	165～170m	6
70～75m	24	170～175m	2
75～80m	11	175～180m	3
80～85m	8	180～185m	3
85～90m	13	185～190m	4
90～95m	7	190～195m	2
95～100m	7	195～200m	0
100～105m	7	200m～	31

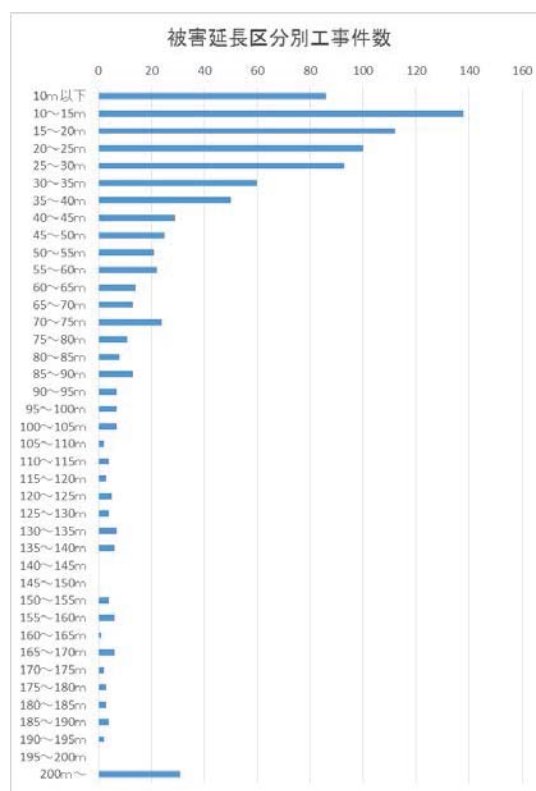


図 2-3 被害延長区分別件数集計図



写真 2-18 地震により発生した大規模被災地の状況

2-3 被害額

収集したデータから工事件数を被害金額区分別にまとめると以下の様になる。これによると、被害額区分で百万円から2百万円の件数が最も多く、その後金額の上昇とともに件数は減少傾向を示した。ただし、25百万円以上ではこの減少傾向はあまり見られなくなり、被害額区分（百万円単位）ごとに5件以下の分布が続いている。この傾向は400百万円以上についても同様であり、法面保護工や擁壁工などの一般的な対策工に加え、橋梁やアンカー工などコストの高い対策工が見られた。

表 2-4 被害額区分別件数集計表

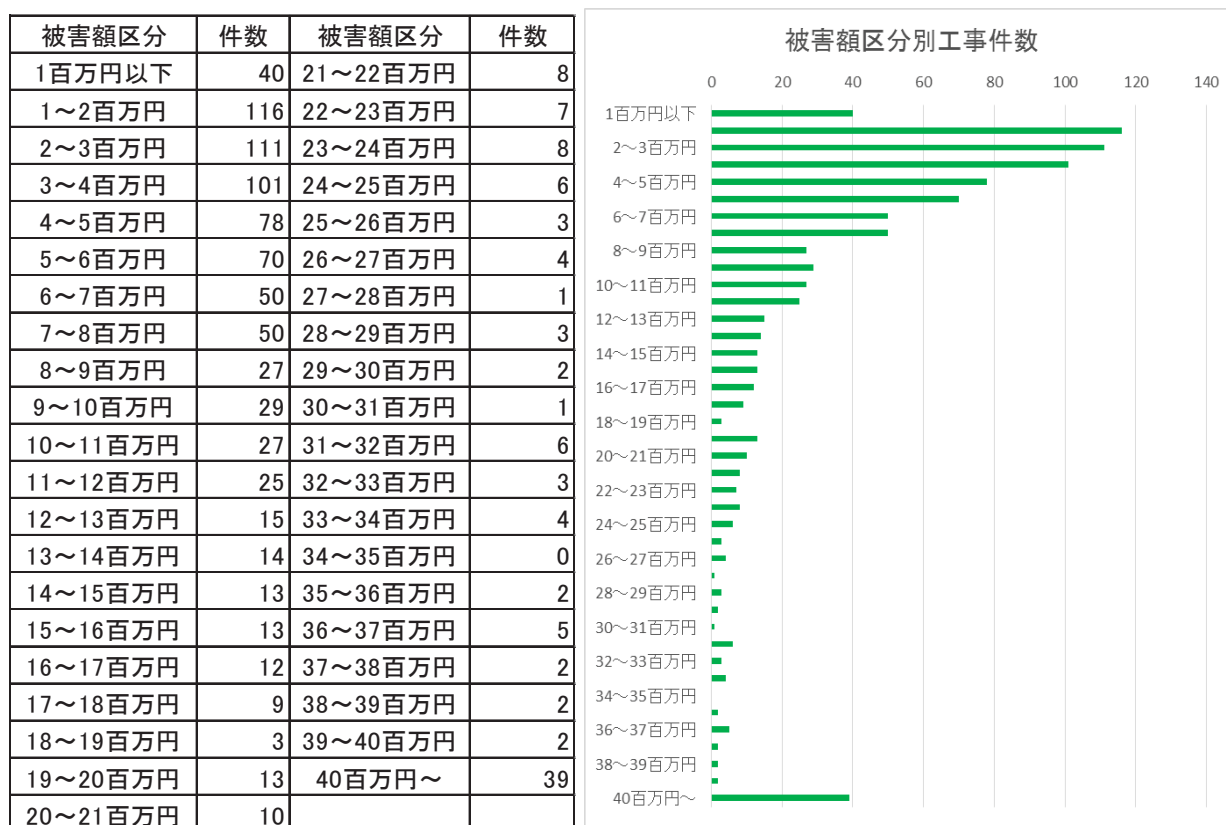


図 2-4 被害額区分別件数集計図

2-4 まとめ

対策工としては、大きく法面保護工と擁壁工が主体で、その他土工、舗装工、排水施設工などが見られる。法面保護工と擁壁工を行わない工事は全体の11%で、全体の89%でどちらか、もしくは両方の工種が計画されている結果となった。

また、被害延長と被害額については、同様の傾向を示していることから、延長と被害額を基に簡易な被害額算定方法が導き出すことが可能と考えられる。

3 衛星・航空写真等の検討

ここでは、大規模な被災地を広域に判断する資料として、衛星写真、航空写真等を収集し、どのような情報を得ることが出来るか検討することとする。

3-1 衛星写真

衛星写真は、地球の軌道上に存在する人工衛星から撮影された画像で、現在多様な種類の画像を購入することが可能である。

3-1-1 衛星の選定

現在一般的に購入可能な衛星写真は多数有り、その撮影目的や解像度、センサー種類により分かれる。今回の調査では、光学センサーに限定して現在購入可能な衛星写真の一部を示すと以下の様になる。

GeoEye-1

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Maxar 社
軌道高度：681km センサー種別：光学 解像度：0.41m

QuickBird

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Maxar 社
軌道高度：450km センサー種別：光学 解像度：0.55m

WorldView-1

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Maxar 社
軌道高度：496km センサー種別：光学 解像度：0.50m

WorldView-2

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Maxar 社
軌道高度：770km センサー種別：光学 解像度：0.46m

RapidEye

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Planet Labs 社
軌道高度：630km センサー種別：光学 解像度：5.0m

SkySat

運用国：アメリカ合衆国 運用機関：Planet Labs 社
軌道高度：595km センサー種別：光学 解像度：0.72m

Pleiades

運用国：フランス 運用機関：CNES
軌道高度：694km センサー種別：光学 解像度：0.50m

SPOT-6/SPOT-7

運用国：フランス 運用機関：AIRBUS Defence & Space 社
軌道高度：694km センサー種別：光学 解像度：1.50m

ALOS-2

運用国：日本 運用機関：JAXA
軌道高度：628km センサー種別：光学 解像度：1～3m

取得する衛星写真は、大規模な被害が発生した箇所であり、被害発生後の比較的短い期間内に撮影されたものであることが望ましい。また、林道の被災状況を判断することから、解像度が林道幅（3.0m～4.0m程度）よりも小さいデータである必要がある。

以上のことを勘案して、本委託事業では前述した多数の衛星の中からフランス国 CNES 社により運用されている「Pleiades」が適していると判断し、この衛星により撮影された画像を基に、林道の被災状況等を把握することとした。

Pleiades

運用国：フランス 運用機関：CNES

軌道高度：694km センサー種別：光学 解像度：0.50m



図 3-1 人工衛星 Pleiades のイメージ図

（一般社団法人リモートセンシング技術センターHP より）

3-1-2 衛星写真の取得

衛星写真の取得に当たっては、対象となる災害の選定が必要となる。また、災害の選定に当たっては、衛星写真から得られる情報を判断するために、現地踏査により被災状況が確認できるものであることが望ましい。このことから、調査時点で最も直近に発生した令和元年 10 月の台風 19 号災害を対象とした。なお、対象地については、台風 19 号で記録的な豪雨を記録した丹沢湖から高尾山周辺までの多摩地区と芦ノ湖周辺の箱根地区の 2 箇所とした。

表 3-1 取得した衛星写真の諸元

エリア名	撮影日	フォーマット	スペクトルバンドコンピ	面積 (km2)
多摩地区	2019/10/13	GeoTiff	4 バンド 50cm ナチュラルカラー	872
箱根地区				213
計				1085

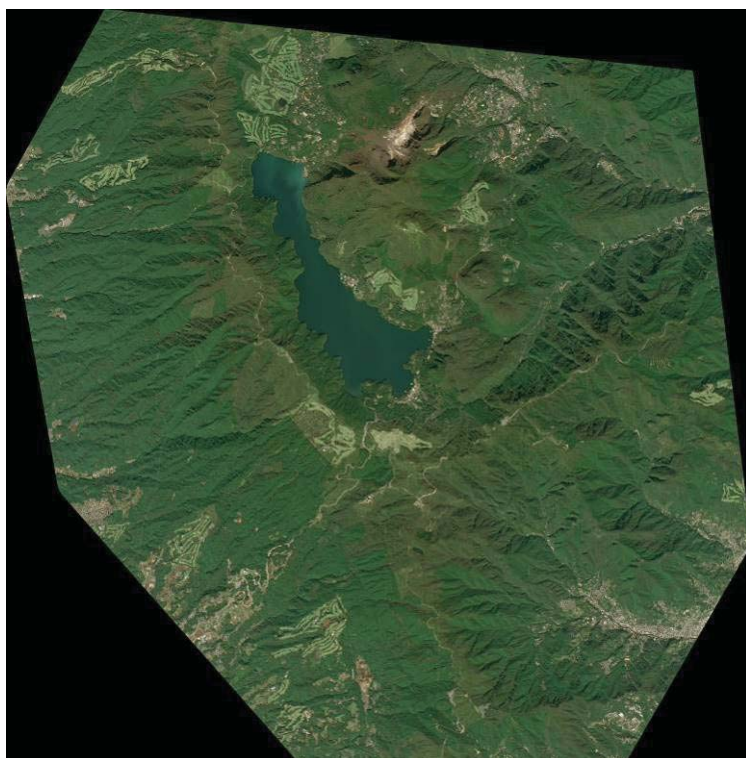


図 3-4 箱根地区の衛星写真

3-1-3 画像取得までの流れ

本委託事業により入手した衛星写真は、一般社団法人リモートセンシング技術センターから購入した。初回審査に1週間程度要したが、入金からデータ取得まで2日であった。以下に購入までの流れを示す。

- 2019/11/01・・・・・・初回問合せ：衛星の選択、対象地区、アーカイブの有無等の確認
- 2019/11/07・・・・・・見積書の提出：購入画像の決定と見積書発行の依頼
- 2019/11/13・・・・・・審査確認及び入金：審査通過後入金実施
- 2019/11/15・・・・・・画像発送：衛星写真の入手

今回の事例では、入金後2日でデータを取得することが出来たが、これはすでに撮影したデータがあったためであり、通常の災害発生時には撮影済みのデータが無い場合が多い。この場合、新規観測として、ほぼ倍のコストがかかるとともに、新規撮影が実施できるまで時間を要する。

新規撮影までに要する時間は、対象とする人工衛星の種類にもよるが、今回のPleiadesの場合は、1日1回は日本上空を通過するため、気象条件（一般的に雲量10%以上では撮影しない）が良ければ最短で2日程度で撮影データを取得することが出来るが、気象条件が悪いとデータ取得まで多くの時間を要する。

衛星データの取得は最短で数日で可能であるが、気象条件に影響を受ける

3-1-4 衛星写真で得られる情報

衛星写真から得られる情報の検討に当たっては、実際に被害を受けた箇所を対象として、その被災状況を把握することが可能であるか判断する必要がある。購入した衛星写真の範囲内には、台風 19 号による被災箇所が多数有り、この中から神奈川県足柄上郡山北町と神奈川県足柄下郡箱根町で発生した 2 箇所の被災箇所を選定した。

(1) 神奈川県足柄上郡山北町で発生した災害

本被災地は、溪流沿いに位置する林道において延長 40m 程の路肩決壊型の被害が発生した箇所である。



図 3-5 神奈川県足柄上郡山北町で発生した災害箇所位置図



写真 3-1 林道被害箇所全景



写真 3-2 林道被害箇所の路肩の状況



写真 3-3 林道被害箇所の溪流部の状況



図 3-6 衛星写真による被災箇所の状況

衛星写真による当該箇所の画像を拡大した場合、衛星写真では被災状況の確認は困難で、林道の位置も確認することが出来ない状況にある。この要因の一つとして、河川の左右で山腹斜面の解像度が異なっていることから、衛星の撮影方向が対象地に対して斜めであった可能性がある。衛星写真では、対象地の真上から撮影することが望ましいが、斜めから撮影した写真の場合、正射化（オルソ補正）を行うと、斜面の状況などにより期待する解像度及び地表物を撮影できない場合がある。

一方で、現地踏査時に撮影したドローン写真では、地上数十メートルの低空の場合であれば、

被災箇所を確認することは可能であるが、100mを越える高度では、被災箇所はおろか林道そのものを確認することが困難であった。これは、地形的に急峻であり林道が森林の樹冠等により隠れていることが影響している。



災害箇所

写真 3-4 ドローンによる低い箇所からの空撮画像



災害箇所

写真 3-5 ドローンによる高い箇所からの空撮画像