

関東地震時の大規模土石流と根府川海岸の侵食の関係

RELATIONSHIP BETWEEN LANDSLIDES DURING KANTO EARTHQUAKE AND EROSION OF NEBUKAWA COAST

宇多高明¹・高尾治海²・秋田和枝³・三波俊郎⁴・石川仁憲⁵

Takaaki UDA, Harumi TAKAO, Kazue AKITA, Toshiro SAN-NAMI and Toshinori ISHIKAWA

¹ 正会員 工博 (財) 土木研究センター理事なぎさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科 (〒110-0016 台東区台東1-6-4 タカラビル)

² 神奈川県小田原土木事務所 河川砂防第一課長 (〒250-0003 神奈川県小田原市東町5-2-58)

³ 神奈川県小田原土木事務所 河川砂防第一課 (〒250-0003 神奈川県小田原市東町5-2-58)

⁴ 海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉1-22 ローヤル若葉301)

⁵ 正会員 工修 (財) 土木研究センターなぎさ総合研究室 (〒110-0016 台東区台東1-6-4 タカラビル)

The Nebukawa coast is a typical shingle beach located on the east coast of Izu Peninsula, and therefore, its stability was believed to be stable. However, the coast has been eroded. To investigate the cause, the shoreline changes were investigated. It was found that large-scale landslides were triggered by the Kanto Earthquake occurred in 1923 in this area, and a large amount of sediment was supplied to the coast, forming a protruding contours. Since then, this coastline has been receded due to northward longshore sand transport. Thus, the beach erosion of this coast is deeply related to the long-term beach changes after the earthquake.

Key Words : Kanto earthquake, landslide, beach change, shoreline recession, Nebukawa coast

1. まえがき

神奈川県西部、小田原から湯河原に至る延長約15kmの海岸線は、真鶴半島を初めとして凹凸の著しい海岸線を有する岩石海岸であり、海岸には伊豆箱根火山帯を起源とする火成岩の礫が堆積している。根府川海岸は、図-1に示すように小田原の南約5kmに位置するが、海岸線近傍まで山地が迫り、狭隘な地域に東海道線と国道135号線が走っている。また典型的な礫浜である。根府川海岸周辺には沖向きに大きく突出した岩が散在し、それぞれの岩の南側にポケットビーチを形成させている。これは当地域が伊豆半島の東岸にあり、主に南東方向からの波浪の作用を受けるために、規模の大きな岩が北向きの沿岸漂砂を阻止していることによる。それぞれの岩が突堤と同様な効果を発揮するとともに、海岸が粒径の大きな礫で覆われているために、根府川海岸は安定した礫浜と思われた。しかし実際には侵食が進んできており、高潮対策として護岸や2基の人工リーフなども建設されている。しかし正確な侵食原因は特定されていない。このことから長期的な地形変化に注目しつつ文献を調べたところ、この地域では1923年

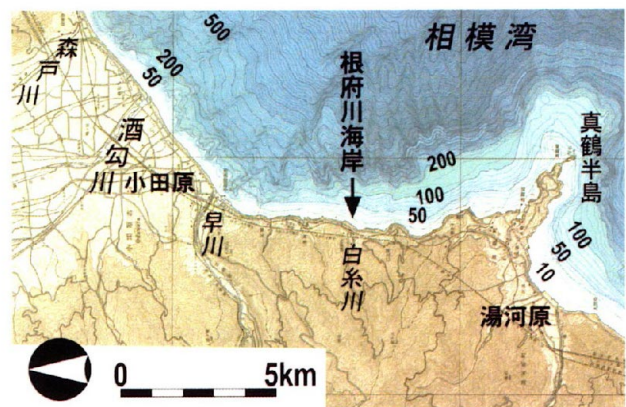


図-1 根府川海岸の位置

の関東地震により大規模土石流が発生し、海岸付近に大量の土砂が堆積したことが見出された。現在までに、地震後86年が経過しているのでそれに関連する地形変化はすでに収束していると一般には想像されるが、根府川海岸の侵食と大規模土石流の関係について検討した既往研究はない。そこで本研究では、根府川海岸における過去の土石流の堆積と海岸侵食の関係について検討し、侵食原因を明らかにする。

2. 海岸状況の観察

2008年9月25日、根府川海岸の概略の状況を理解するために、現地踏査を行った。図-2は、国道135号線から根府川海岸を見下ろして撮影したものである。



図-2 根府川海岸の全体状況



図-3 根府川海岸の礫浜

る。根府川海岸の中央部沖には人工リーフが設置されているが、被覆ブロックが散乱し、岸向きに打ち上げられている。汀線は沿岸方向に緩やかに突出しているが、これは人工リーフの消波効果により舌状砂州が形成されているためである。図-3は、海浜に降り立って前浜状況を観察したものである。前浜は粒径が20cm程度の礫により覆われており、前浜勾配はほぼ1/2と急である。また高いバームが形成されているが、海浜表面に堆積している礫の粒径はバームの上部ほど高く、汀線に接近すると小さくなるという特徴が見られる。このように根府川海岸は粒径の大きな礫で覆われており、細砂からなる海浜と異なり、海浜の安定性は高いと考えられるが、そのような海岸で侵食が進み、対策として人工リーフまで造る必要がなぜ生じたのか？という疑問を持った。

3. 空中写真の比較

前節の疑問に答えるために、まず空中写真を用いて海岸の長期的変遷について調べた。図-4は、1948～2007年撮影の根府川海岸の空中写真を示す。1948年の空中写真（図-4(a)）は分解能が他の空中写真と比較してやや低いですが、それでもいくつかの特徴を読み取ることができる。海岸線には南側から順に岩①～⑤が伸び、その南側に礫浜が広がっていた。とくに岩①と②は重合した漂砂阻止効果を発揮することによって、その南側の白糸川河口までの間400mにわたって幅30mの広い礫浜を発達させていた。地形的に見れば、いずれの岩にあってもその南側に礫浜を有することから、南東からの入射波の作用を受けて北向きの沿岸漂砂が卓越する条件にあったと推定で



図-4 根府川海岸の空中写真 ((a): 1948年, (b): 1973年)

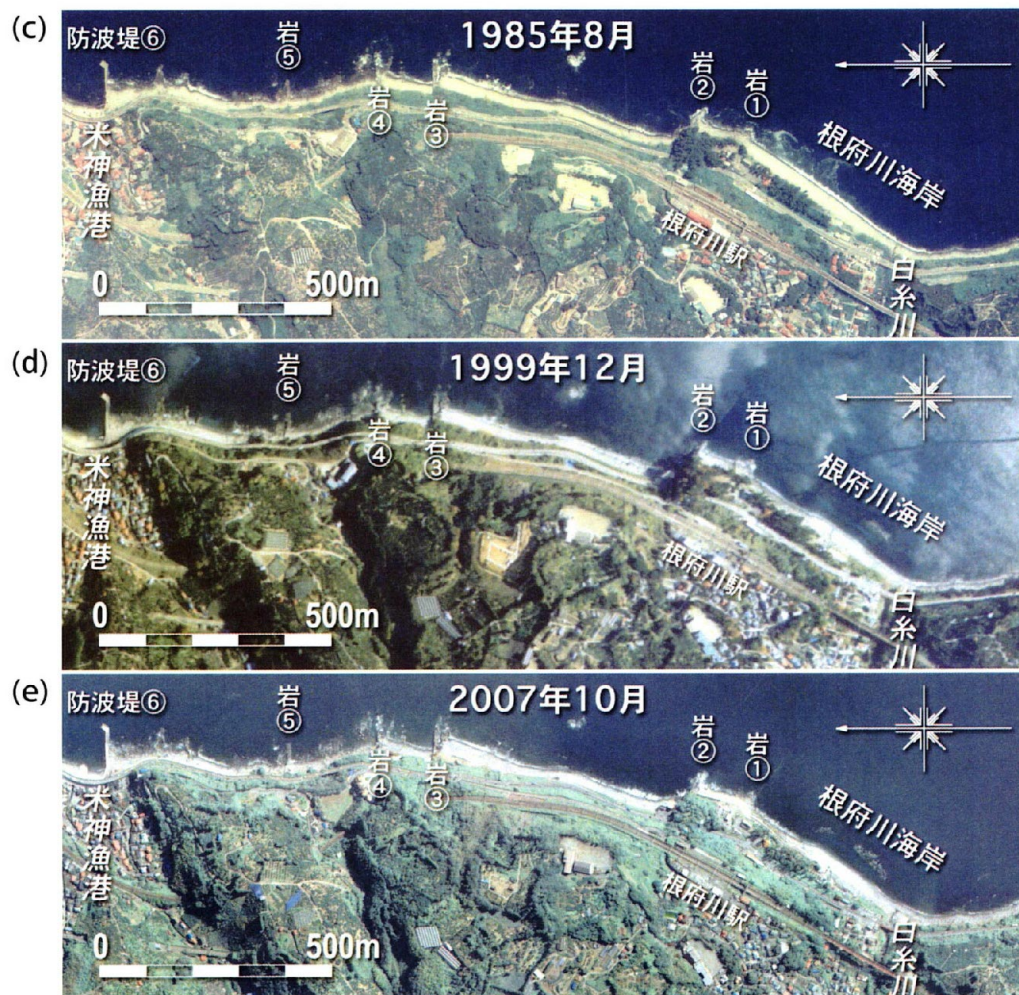


図-4 根府川海岸の空中写真 ((c): 1985年, (d): 1999年, (e): 2007年)

きる。また海岸状況を詳しく調べると、岩①、②および岩③の南側での海浜の発達は良好であったが、岩③以北では礫浜の発達は悪く、海岸線付近には露岩が目立っていた。これは南側からの沿岸漂砂が岩③までに阻止され、岩③より北側には礫が運ばれにくい状況にあったためと考えられる。

1973年では(図-4(b)), 1948年の空中写真と比較して分解能が高まっている。両者を比較すると、米神漁港と岩④付近において大きく回り込んでいた海岸線に沿った旧道の直線化が行われるとともに、その海側に新道が建設された。海岸線付近において根府川駅を通過してJRの線路に直交する測線Aを引くと、測線上では汀線が後退すると同時に背後地の松林の幅が1948年の75mから1973年の45mまで30mも狭まった。また米神漁港では防波堤⑥が延ばされた。1985年では(図-4(c)), 1973年と比較して岩①、②間の汀線の後退が始まった。しかし当時根府川海岸の浜幅は約40mと広がった。一方、防波堤⑥の南側隣接部の前浜は1973年当時と比較して広がったものの汀線前進量は小さく、岩で区切られているため北向きの沿岸漂砂量は少なく、各地先間の汀線はほぼ平衡状態にあったと考えられる。

1999年では(図-4(d)), 根府川海岸の岩①の南側隣接部の150m区間で汀線の後退が著しくなった。この主因はその南側に人工リーフが設置され、局所的に南向きの沿岸漂砂が生じたことによる。これらの変化を除けば岩②～⑤および防波堤⑥間の海岸線の変化は小さい。2007年(図-4(e))では、岩①を含んで岩②から南側250m区間で汀線の後退が著しくなり、とくに岩②の南側隣接部では礫浜が消失し、護岸が直接波に曝される条件となった。同時に岩①、②間でも造られた護岸も波に曝されており、1999年以前にあった礫浜は消失した。

4. 汀線と前浜面積の変化

1948年から2007年までの空中写真をもとに1948年を基準とする汀線変化を求めた結果が図-5である。岩①から米神漁港の防波堤⑥までの間での汀線変化量はほぼ10m以内と小さいが、岩①から南側の白糸川河口部では、2007年までに最大30mに及ぶ汀線後退が起きている。詳細に見れば白糸川河口付近では1973年までに大きな変化が起き、その後人工リーフ

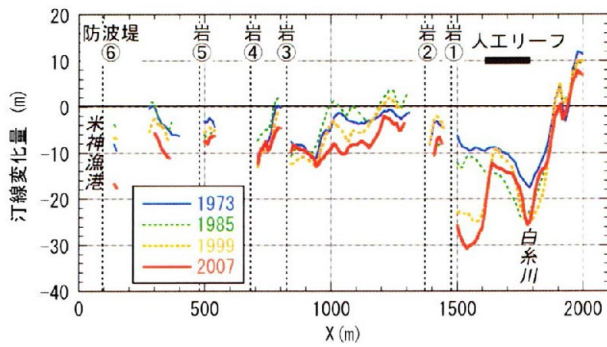


図-5 汀線変化 (1947年基準)

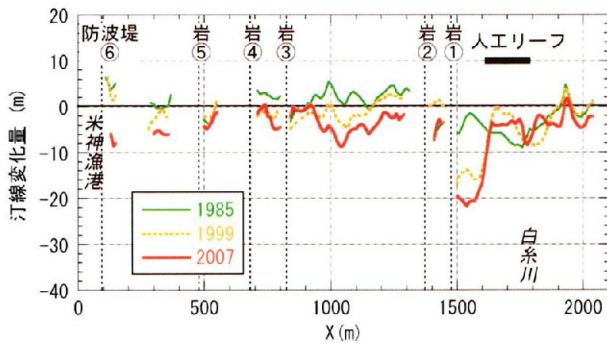


図-6 汀線変化 (1973年基準)

の建設に伴って汀線の反時計回りのrotationが起きた。このように根府川海岸の海岸侵食は1948年から1973年の間に既に始まっていたが、汀線後退を防止する目的で人工リーフが設置されたため、人工リーフによる波の遮蔽域外から内側へと局所的な漂砂が起きたことが分かる。

人工リーフ建設後の汀線変化をより明らかにするために1973年から2007年までの空中写真をもとに1973年を基準とする汀線変化を求めた結果が図-6である。岩①の南側隣接区域では汀線が楔状に最大22mも後退したのに対し、人工リーフ背後では汀線の前進が見られる。なお汀線の前進・後退面積は均衡せず、侵食面積のほうが大きい。これは礫の堆積厚が沿岸方向に異なることによる。さらに岩②、③間においても時間経過とともに汀線の後退が進んでいる。この区域の礫量が減少するには岩③の先端を回り込むか、あるいはこれを越えて北向きに礫が流出しなければならない。1973年の空中写真によれば、礫浜は岩③の全長の1/2ほどあり、岩の先端まで達していないこと、また礫は前浜に堆積されつつ運ばれることを考慮すれば、岩③の基部で越波が起きた際、北側に運ばれたと推定される。その場合北側区域に堆積が見られなければならないが、北側の岩でも同様に越波時の礫の流出が起きたため礫の堆積が見られなかったと考えられる。

図-5、6に示したように、根府川海岸の岩②から白糸川河口付近の区域 (X=1.4~2.0km) では1948年以

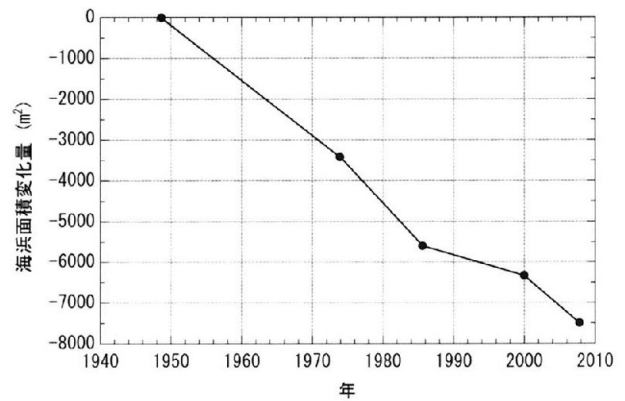


図-7 1948年を基準とした海浜面積の変化量 (X=1.4~2.0km)

降汀線の後退が続いてきた。これを海浜面積の変化から調べたのが図-7である。海浜面積は1947年以降ほぼ単調に減少し、1948年から2008年までに123m²/yrの割合で減少した。一方、図-6において岩②、③の間の汀線変化を調べると、当初やや前進傾向を示していた汀線が1985年から2007年まで経年的に単調に後退している。この区域の南端には岩②があって砂礫の移動が阻止されていること、またこの付近は礫浜であって礫は前浜に集中的に堆積しつつ移動することを考慮すると、この付近の海浜面積の減少は、岩③付近を通過して北側へと砂礫が流出したためと推定される。さらに、図-5、6において海浜面積の減少に見合った海浜面積の増加が対象区域で見られないことも、汀線に沿って北向きに砂礫が運び去られたことを強く示唆する。

5. 侵食原因の推定

汀線変化分析によれば、根府川海岸を中心として少なくとも1948年以降継続的に侵食が進んできている。根府川海岸の南端に流入する白糸川は流域面積が7.7km²と規模が小さいから、この川起源の流出土砂量が河川改修などによって減少したことを要因とはしにくく、何らかの別の要因が関与している可能性が高い。その場合、1948年から2008年まで60年間、単調に侵食が進んできていることが注目される。

1923年に発生した関東地震では、根府川海岸に流入する白糸川で大規模な土石流が起こった。その原因として、中央防災会議¹⁾によると9月1日の関東地震 (M7.9) による非常に大きな震動に加えて、前日の8月31日にかなりの降雨があったことが指摘されている。すなわち前日の降雨が白糸川上流での大規模崩壊や土石流発生の一因となった。このとき図-8のように根府川集落を土石流が襲ったが、この土石流は箱根火山の外輪山を構成する山体の一部が地すべり性崩壊を起こしたため発生したものである。こ



図-8 根府川，米神付近の災害実績図²⁾

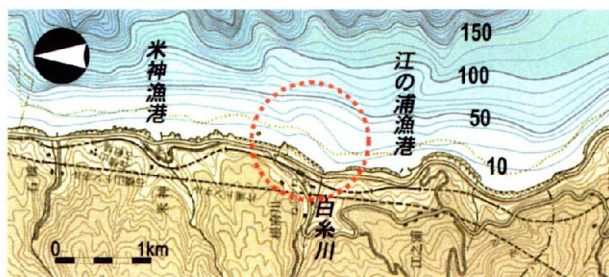


図-9 海底地形図

れにより，根府川集落は厚さ30m以上の土砂で埋没し，熱海線の根府川鉄橋は一部を残して弾き飛ばされた。これとは別に，熱海線根府川駅では駅の背後で大規模な地すべりが発生し，地すべり崩土が駅を襲い，停車中の列車（死者200名）と一緒に海中まで押し出すという惨事も発生した。図-9は，海上保安庁の海底地形図（1992年発行）をもとに作成した根府川海岸の海底地形図であるが，白糸川河口および根府川海岸を含む○印で囲む区域の水深分布を調べると，周辺海岸と比較して10，20mの等深線が大きく沖向きに突出している。等深線の突出区域を図-8の災害実績図と比較すると両者はほぼ対応している。すなわち，1923年に発生した関東地震に伴う大規模な土石流と地すべり崩土によって運ばれた土砂が沖合に堆積した結果等深線が突出し，その後浅海のほぼ-10m以浅の土砂は運び去られたが，波による地形変化の限界水深より深い-20m付近に堆積した土砂はそのまま残された結果，-20mの等深線が-10mの等深線より突出したまま残されたと考えられる。

図-10は，1923年発生に関東地震を挟む1916年と1933年作成の古地図より同一区域を切り取って示したものである。海底地形は明らかではないものの，関東地震前には根府川海岸の海岸線は南北方向に凹状を呈していたが，地震後白糸川河口以北において海岸線が大きく前進したことが見て取れる。海岸線の前進区域は図-9の海図に示す水深20mの等深線の突出区域ともよく一致している。1933年の古地図上に1916年の汀線位置を破線で示すが，白糸川河口から

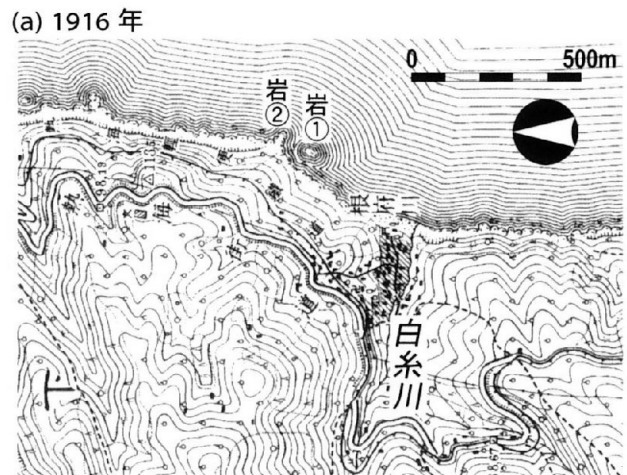


図-10 旧版地形図の比較（1916年 vs 1933年）

図-4に示す岩②までの範囲での海岸線の前進が著しい。この区間は，図-4において汀線後退が著しい場所と重なりを示す。

以上の分析結果より，根府川海岸では1923年の関東地震時に発生した大規模土石流と地すべり崩土が海岸に達して大量の土砂が堆積して海岸線が一時的に前進したが，その後の波の作用を受けて突出した海岸線が縮小しつつあると考えられる。根府川海岸の侵食は，一時的に突出した海岸線が土石流発生前の海岸線へと戻る過程と置き換えることができる。その場合，地形応答に長い年月を要するために，関東地震時の土石流と侵食とが独立した事象として捉えられたことが侵食原因の特定を妨げたと考えられる。

6. まとめ

本研究によれば，根府川海岸では1923年の関東地震時に発生した大規模土石流と地すべり崩土が海岸に達して大量の土砂が堆積して海岸線が一時的に前進したこと，その後の波の作用により冲向きに突出した海岸線が縮小しつつあることが明らかになった。安定な磯浜であると考えられるにもかかわらず

人工リーフが設置されたのもこのような長期的侵食が進んできたためである。大規模土石流の発生は現在から86年も前の事象であるが、根府川海岸が比較的遮蔽された海岸であること、また粒径の大きな礫浜であることなどにより、海浜変形速度が小さく、したがって応答時間が長かったと考えられる。今後の根府川海岸の保全においてはこのような長期的海浜変化の機構を十分理解することが必要である。

参考文献

- 1) 中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会：災害教訓の継承に関する専門調査会報告書，2006.
- 2) 神奈川県企画部企画総務室：土地分類基本調査，5万分の1，『自然災害履歴図』・小田原・熱海・御殿場 図幅，1987.