

土木構造物における植生の効果と影響

常田賢一

1. はじめに

本文の動機は、2016年5月に島根県で発生した落石による死傷事故である。同事故後、島根県による落石事故再発防止検討委員会に参加する機会を得たが、落石の発生メカニズムを検討した結果、樹木の成長が岩塊の不安定化に影響したことが結論付けられた。

これは、樹木は斜面の安定に関してプラス効果があるとの一般的認識に対して、不安定化に関わるマイナスの影響があることを示唆している。

そのため、土木構造物の設計では、修景、緑化、法面保護などの効果を期待して、草本や木本による植生を取り入れることが行われるが、植生による落石の発生の他、樹木の倒木、流木化などの負の影響の認識も必要になる。

本文は、各種の土木構造物における植生の効果と影響の両視点の必要性に着目し、事例紹介を通じて現況を認識し、対応などを考察する。

2. 土木構造物における植生の活用

土木構造物における植生は、次のように例示できる多様な目的により、幅広く活用されている。

- (1)無機質な土木構造物に対して、生命力を感じさせる植生により修景すること。
- (2)土木構造物の空間の緑化により、グリーンゾーンを創出し、自然を再生・保全し、地球温暖化の抑制などに資すること。
- (3)日照・降雨・風などの影響を抑制し、安全で快適な空間を創出すること。
- (4)山腹・斜面の表面被覆による保水・侵食抑制、防潮、防風、流木の捕捉など、防災・減災に資すること。

本文では、樹木の効果と影響の両面に着目するが、樹木がプラスに作用する場合は“効果”とし、逆にマイナスに作用する場合は“影響”とする。そして、効果は利活用することが、他方、影響は低減・防止することが、植生に対する事業者

や技術者などの取り組みの姿勢になる。

さて、計画・設計段階において、植生の効果は植生の概ねの完成形を想定して評価されるが、影響は検討され難いと思われる。それは、植生に関わる樹木などは、経年により樹高、幹径、根系などが成長し、朽ちるなど、その形態が絶えず変化するためである。その結果、当初の想定とは異なった事象が発生し、影響として発現するが、この影響を本文では特に取り上げることにした。

3. 多分野で見られる植生の効果と影響

本章では、限られた事例ではあるが、効果の利活用と影響の低減・防止を前提として、植生の効果と影響に関して、その意味を考察する。

3.1 斜面の安定化と不安定化

通常、斜面の植生は、のり面被覆による表土流出や雨水の浸透の抑制などにより、斜面の安定性の向上に効果があるとされているため（写真-1）、切土や盛土において、緑化工などによる人為的措置が施されている。

しかし、2016年の島根県の落石事故では、樹木の根系の成長により不安定化していた岩塊が、強風により根系を介して揺動し、落下したことが原因であった¹⁾。これは、樹木にはマイナスの影響もあり、プラスの効果だけではないことを示唆する²⁾。写真-2は斜面にある岩塊の亀裂に根系が侵入している状況であるが、いずれ時間経過、言い換えると根系の成長により、亀裂が拡大し、岩



写真-1 植生で被覆された自然斜面

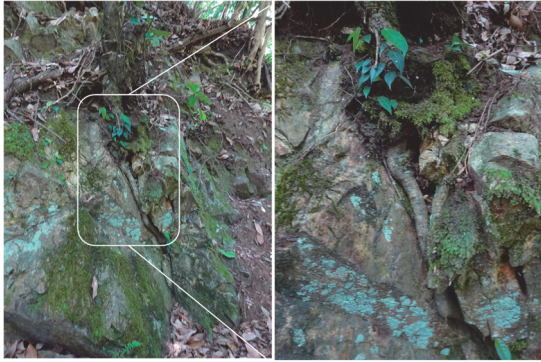


写真-2 斜面の岩塊の亀裂に侵入する根系：右は拡大

塊は剥離し、浮石、転石としての危険性を増大させる可能性がある。

このため、樹木の影響を低減・防止するためには、将来的に危険性が予想される樹木の除去が考えられるが、新たに改訂された落石対策便覧³⁾では、根の成長による不安定化に対する注意が喚起され、島根県⁴⁾では伐採工が明記された。

3.2 津波流の減勢と被害の増長

2011年東北地方太平洋沖地震では津波により甚大な被害が発生したが、沿岸部の保安林による津波流の減勢が見られた。写真-3は津波後の衛星写真であるが、残留した保安林の下流側の住宅が浸水深3.5mでも流出を免れた。これは、保安林による津波流の減勢効果であるが、保安林自身の残留要因は、保安林の海側にある河川堤防の裏法先に形成された落堀による流速低下である⁴⁾。

一方、津波流の浸水により保安林が流出すると、流木として被害を増長する影響が顕在化するとともに、津波瓦礫としての処理問題も発生していた。

さて、不飽和状態の盛土は、難浸透性により短時間の津波の越流に対して侵食し難い⁴⁾。このような盛土のいわゆる粘り強さと樹木の減勢の機能

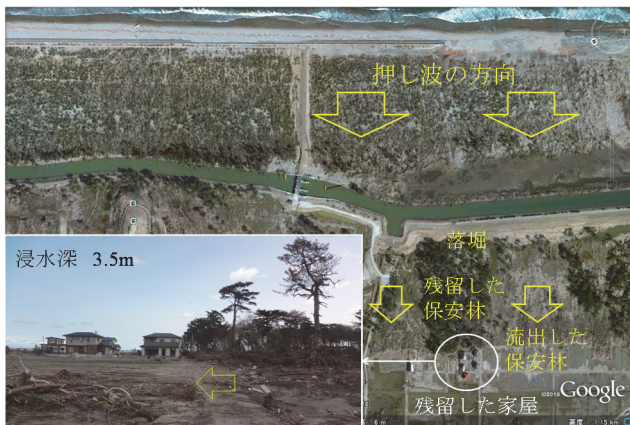


写真-3 保安林により流出を免れた住宅 (Google earth 20110406 に加筆)

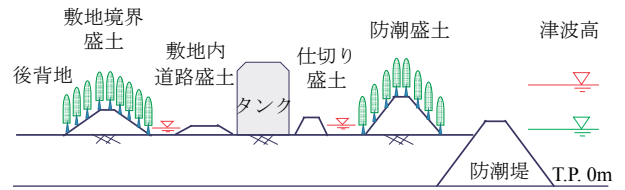


図-1 コンビナートの津波の狭域多重防御の概念

を組み合わせると、図-1のような沿岸部の埋立地の石油コンビナートなどにおいて、津波の浸水抑制、タンクの火災の影響および流出物の抑制に有効な多重防御の津波対策が考えられる。これは数kmの範囲を対象とする多重防御（広域多重防御と呼ぶ）に対して、数百mの範囲が対象であるので、狭域多重防御と呼んでいる⁴⁾。

なお、図-1は概念であるので、具体化に際しては、盛土の裏法での越流速の増加による樹木の流出などの影響を避ける植栽計画（樹種の選定など）が必要である。

3.3 浸水流の減勢と被害の増長

2015年関東・東北豪雨では、越流破堤が発生した⁵⁾。写真-4は、破堤開始から1時間40分が経過した堤内地の状況であるが、家屋とその上流側の2本の立木の関係が注目される。つまり、道路沿いの電柱は傾斜しているが、立木はまだ立っており、そのため流水は分流し、下流側の家屋を守護しているように見える。その後、家人が救助されたが、14:40には家屋が流出し、15:00には2本の立木で残っていた左端の高木が流出した。

この事象から浸水に対する立木の抵抗作用が推察されるが、その評価や活用は今後の課題である。また、破堤、破堤拡大に関わる立木の効用についても、現時点では明確ではなく、今後の課題である。



写真-4 浸水に対する家屋と立木の状況 (参考文献6の映像のカット写真に加筆：9/10 14:30頃)

土研センター



写真-5 堤内地の裏法尻の樹林帯



写真-7 歩道などの落葉の状況

る。しかし、“群”として存在する樹林帯（写真-5）は、流速の低減効果があるとされており⁷⁾、それによる氾濫量の抑制、破堤幅の拡大抑制、破堤口の氾濫流の流速低減などが期待できるので、幅広い活用が考えられる。

さて、2017年7月の九州北部豪雨では、大量の流木により被害が拡大した。ここで、流木に関わる樹木の効果と影響について、河道・河岸の樹木が流出すれば被害に繋がる影響になる。他方、洪水流の阻害要因であることを別にすると、樹木の存置は流木の阻止・係留の効果と見ることもできるが、不確実である。そのため、芥留杭・木留杭、透過型砂防ダム、貯木池などの人工的な流木捕捉工が採られている⁸⁾。一方、堤内地への流木の侵入抑制に対しては、水防林、樹林帯、桜堤など、樹木の活用方策も考えられる。

3.4 街路の修景・緑化と歩道の損傷、倒木

都市内の街路などでは、沿道に植樹が行われ、良好な景観の形成、車両の歩道への侵入抑制などの効果がある。一方、樹木の成長に付随する根系の成長により、歩道の舗装に不陸が発生し、通行阻害が見られ（写真-6）、老木化、虫害あるいは強風の影響により倒木し、通行の障害になる場合もある。さらに、落葉樹では落葉（写真-7）によ

る側溝の詰まりなどに対する除去・清掃、落下を防ぐための枝の剪定など、維持管理の手間、経費が必要になることがある。

3.5 橋梁の修景・緑化と橋脚の損傷

都市内の高架橋は、修景などに配慮したデザインがなされている。写真-8は橋脚の基部にツタを植栽し、橋脚を這わせて緑化・修景をしている事例であるが、その目的は果たされている。一方、写真-9は同じ高架橋の鋼製橋脚に這わせたツタを除去した状況であり、その基部などではツタを除去した跡が塗装面に残存している。なお、写真-8はコンクリート橋脚であるが、ツタにより橋脚天端が滞水し易くなる、法令に基づく定期点検において、部材の変状を直接確認できない等、構造の維持管理に与える影響が考えられる。



写真-8 高架橋の橋脚の緑化：コンクリート橋脚



写真-6 根上がりによる歩道の不陸



写真-9 ツタを除去した鋼製橋脚（左：全景、右：基部拡大）

写真-10 補強土壁の植生の繁茂¹⁰⁾

写真-11 樹木の伐採と接着工の措置の前後（左：前、右：後）：島根県による

本例では、修景・緑化の効果が期待される植生であるが、構造物の維持管理面からは、塗装やコンクリートの劣化などへの影響も考慮が望ましい。

なお、道路緑化技術基準⁹⁾では、点検や維持管理が困難な場所への植栽に留意し、樹木等の成長により他の構造物に影響しないように注意が喚起されているが、道路橋に関連する技術基準や道路橋の維持管理計画との整合も必要である。

3.6 補強土壁の植生繁茂

前節までは植生による構造物の性能への直接的な影響であるが、本節は構造物の不安定化に関わる植生の間接的影響について述べる。

補強土壁の不安定化は、盛土材や排水工に起因する盛土内の湿潤化を主要因とした補強メカニズムの喪失が原因であることが多い。写真-10は湿潤化により不安定化が懸念される補強土壁の植生繁茂の一例である。植生繁茂は補強土壁の不安定化と直接の因果関係はないが、通常外部から検知しにくい盛土内の湿潤化を検知することにつながるため、点検時の「着眼点」として有効である。

さらに、対策は不安定化の主要因である盛土材や排水工への措置が基本であるが、植生繁茂が不安定化の進行を促進する恐れもあるため、不安定化の進行の遅延や当面の危険性低下のための補助的対策として伐採等を講じることも有効である。

4. まとめと課題

本文は、土木構造物に深く関わる植生について、その効果と影響の二面性に着目し、身近な事例から現状を概観した。

他にも類似の事例は多数あると思うが、植生は時間の経過により成長、変化し、土木構造物に対する効果が増進する一方で、影響が顕在化してくることに注意が必要である。

また、植生による影響を低減・防止するためには、日常の適切な管理が必要であり、将来的に影響（危険性など）が増長する懸念がある場合は、適宜、除去・伐採することが望ましい（例えば、写真-11は樹木の伐採と岩塊の亀裂の接着）。

参考文献

- 1) 島根県土木部(落石事故再発防止検討委員会)：島根県で発生した落石事故に関する報告書、平成28年11月
- 2) 常田賢一：落石の発生と樹木に関する考察、地盤工学シンポジウム、平成28年12月
- 3) (社)日本道路協会：落石対策便覧、平成29年12月
- 4) 常田賢一、秦 吉弥：東日本大震災に学び 粘り強い盛土で減災、理工図書(株)、264p、平成28年4月
- 5) 常田賢一：平成27年9月関東・東北豪雨による破堤に伴う落堀に関する現地調査からの考察、第3回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム、1-1、平成27年12月
- 6) ANN NEWS 中継 栃木、茨城に特別警報 鬼怒川の堤防決壊 (2015/09/10)
<https://www.youtube.com/watch?v=4yJSOWqCcdw>
- 7) 河川管理施設等構造例施行規則第十四条二：最終改正：平成二五年七月五日
- 8) 財団法人河川環境管理財団：流木と災害発生から処理まで、技報堂出版(株)、273p、平成21年12月
- 9) (社)日本道路協会：道路緑化技術基準・同解説、丸善出版(株)、84p、平成28年3月
- 10) (一社)日本テールアルメ協会の資料

常田賢一



(一財)土木研究センター
理事長 工博
Dr.Ken-ichi TOKIDA