

砂防堰堤の越流部構造の変化過程に関する一考察

筑波大学大学院生命環境科学研究科 (現 (株)ダイヤコンサルタント) ○亀澤奈央
筑波大学大学院生命環境科学研究科 西本晴男、尾関信幸

1. はじめに

地域の土砂災害防止と発展に重要な役割を担ってきた砂防堰堤は、古く江戸時代から造られており、海外の技術者による技術の導入や築造材料の変遷などの社会的背景を踏まえ、その構造は変化してきた。本研究では、砂防堰堤が登場した江戸時代から近代までの砂防事業を取り巻く状況の変化をふまえて、砂防堰堤の構造(形状、材料等)の変遷過程を分析し、今後の砂防堰堤構造の方向性について考察を行った。

2. 社会的状況の変遷

わが国の砂防が法制化されたのは 1666 年の山川掟の令に始まる。江戸時代に社会が安定するにしたいが、急激に人口が増加し、森林の開墾が森林や燃料の採取がすすみ、土砂災害が増加し砂防の重要性が高まってきた。

江戸時代までの砂防工事は、国土が備える資源、すなわち国土から生み出される生産物の保護を目的としており、主な対象は水源地・農地といった生産に係る場所であった。

明治期には国が発展するうえで国土保全の重要性が高まり、ヨーロッパの技術を取り入れた砂防工事や、砂防法の制定、土砂災害による被害の大きい地域では、国による直轄工事が行われるようになるなど、砂防施設の整備を重視した砂防が行われるようになった。

昭和後期には、砂防の目的に人命・財産の保全が含まれるようになり、従来のハード対策に加えて、新たにソフト対策が重要視されるようになってきた。

3. 砂防堰堤構造の変遷

3. 1 砂防堰堤材料の変遷

江戸時代から明治期にかけては、石や土といった材料が主に使われていた。明治期にはこれらに加えて、竹蛇籠も堤体材料として用いられていた。大正期には、1916 年に日本初のコンクリート製砂防堰堤が造られ、以降戦後にかけては粗石コンクリートが主な堤体材料として使われるようになった。戦後は施工技術の向上やセメント価格の低下に伴い、粗石コンクリートから純コンクリート製の砂防堰堤が造られるようになった。昭和後期から平成にかけては鋼製材料を使用した砂防施設が登場し、1974 年には L 型鋼を用いた鋼製自在枠砂防堰堤やワイヤーネットを用いた砂防堰堤が開発された。1976 年には鋼管を用いた鋼製透過型砂防堰堤、1983 年には鋼矢板を用いたダブルウォール堰堤などが登場し、現在では鋼製部材を用いた砂防堰堤が多く造られている。

3. 2 砂防堰堤形状の変遷

江戸時代から明治の初期に関しては空石積みの砂防堰堤や練石積みの砂防堰堤が多く造られていた。明治の中期あたりからは前面が階段状の石積みの砂防堰堤が造られた。また明治後期からはオーストリアの砂防技術が流入し現在のような堰堤が作られるようになった一方で、たとえば福井県のアカタン砂防堰堤群(明治 30 年代)や鬼谷砂防堰堤(1897 年)などのように日本独自の技術で造られたと考えられる砂防堰堤も存在し、日本独自の技術と海外の技術とがそれぞれ共存していた時代であると考えられる。大正時代には、堤体材料にコンクリートが登場し、芦安堰堤(1916 年)が造られた。それに伴い、現在のコンクリート砂防堰堤とほぼ同様な形状が採用されるようになり、昭和 33 年の河川砂防技術基準の制定以降形状が定型化してきた。また、重力式不透過型砂防堰堤から透過型の砂防堰堤が広く普及し、従来の「止める砂防」だけでなく「流す砂防」という考え方が登場した。

4. 越流水処理工法に関わる変遷

常時流水や土石の流下にさらされる砂防堰堤にとっては、施設の長寿命化や施設破損による災害を防止するためにも越流水処理が重要である。越流水処理工法については下流法勾配、水通し部正面形状、天端幅、天端保護工、副堰堤、水叩き工を検討する必要がある。

4. 1 下流法

堰堤の下流法勾配は明治時代に造られていた空石積み構造の頃は1~2割勾配であったが、その後徐々に急になり、コンクリートの堰堤では当初から2~3分が望ましいとされるようになった。摩耗対策のみ考えるならば下流法の勾配を直にすることが最も効果的であるが、反面、堰堤の断面積が大きくなってしまい、コンクリートを多く必要とし不経済になる。こういったことから、2分勾配というのは堰堤の耐久性と費用対効果を考えたときに優れた勾配であると考えられる。

下流法勾配は1920年以降に施工された砂防堰堤では、勾配2分のものが現われてきたが、これは1917年に諸戸によって著された理水及砂防工学(工事編)に「下流法勾配2分を原則とする」と記述されたことによるものではないかと考えられる。その後コンクリートが砂防工事に使用されるようになって以降、河川砂防技術基準ができた直後までの砂防堰堤の下流法勾配は2分~4分の堰堤が多く造られていた。堤高と下流法勾配との関係としては、堤高が高いものほど下流法勾配が急な堰堤が多く作られ、堤高の低い堰堤においては下流法が2分よりも緩勾配のものが多く造られていた。しかし、河川砂防技術基準制定以降は2分勾配が一般化してきた。

4. 2 水通し天端幅

砂防堰堤の天端幅は1920年頃は2~4mのものが造られていたが、1930年代以降では、2~3m内外に落ち着いた。また、堤高と天端幅の間には特に関係性は見られなかった。こうしたことから、1920年代には天端幅3m以上の堰堤も造られたが、1930年代には2~3m程度の天端幅があれば、堰堤の機能には影響がないとされたと考えられる。

4. 3 水通し正面形状

明治期の砂防堰堤の正面形状は袖がなく直線形状のものや曲線形状のものなど堰堤によって様々であるが、経年的な変化は不明である。また昭和に入ると、これまでの曲線的な形状から直線的な形状のものが多く造られるようになり、袖の勾配がつけられるようになっていった。袖の勾配に関しても、当初は2割勾配程度と緩やかだったが、次第に急勾配になっていき、現在では河川砂防技術基準によって砂防堰堤の袖勾配は5分とされている。

袖勾配が徐々に急になった理由としては、越流水や土石の影響を強く受ける袖部の摩耗を防ぎ耐久性を向上すること、堆砂時期内の土砂の堆積状況によって変化する偏流による砂防堰堤下流部の洗掘の防止のためなどの理由が考えられる。

また、水通し部の正面形状は、なだらかな曲線状のタイプから機能性重視の堰形式をとるようになってきたが、近年は自然景観との調和といった側面から曲線部を有する構造がとられるようになってきている。

5. おわりに

砂防堰堤は、時代背景や材料などの要因によって構造を変化させていき、現在の技術に定型化なされた。しかし、河川砂防技術基準制定当時と比べ、現在は砂防を取り巻く状況が大きく変化してきている。したがって、今後は画一的な設計を行うのではなく、それぞれの溪流の荒廃状況や土砂流出状況、地域特性に合わせた砂防堰堤の設計を行うことが重要であると考えられる。

参考文献

- 土木学会 (1973) : 明治以前日本土木史, 岩波書店
- 遠藤隆一 (1958) : 砂防工学, 共立出版株式会社
- 池谷浩 他 (2001) : 砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック
- 伊藤武夫 (1928) : 砂防工学, 白楊社
- 砂防フロンティア整備推進機構 (2005) : 歴史的砂防施設の工法とその変遷に係わる技術資料
- 砂防鋼構造物研究会 (2001) : 「鋼製砂防構造物」ガイドブック
- 浦孚 (1937) : 砂防工学, 工業図書株式会社
- 全国治水砂防協会 (1981) : 日本砂防史
- 諸戸北郎 (1919) : 理水及砂防工学(工事編)
- 建設省 (1958) : 河川砂防技術基準