

1.2 諸外国のダム設計洪水流量に関する調査

研究年度：令和4年度

研究分野：ダムの計画及び操作に関する調査研究

調査研究名：諸外国のダム設計洪水流量に関する調査

研究者名：箱石憲昭、竹村雅樹、松井剛志、田中晶生

【要約】

諸外国においては、ダム設計洪水流量算定にあたり、決壊時の下流被害を考慮して設計洪水の確率年を設定する考え方や、ダム設計洪水流量をダムの機能確保とダムの安全確保の2段階に分けて設定する考え方が導入されるようになってきている。そこで、海外のダムの設計基準について資料を収集し、ダム設計洪水流量の規模と算定方法、異常豪雨に対するリスク評価において重要と考えられる余裕高について調査した。

【キーワード】

ダム設計洪水流量、PMP、PMF、余裕高

【背景・目的】

1980年代後半以降、諸外国においてはダム設計洪水流量算定にあたり、決壊時の下流被害を考慮して設計洪水の確率年を設定する考え方や、ダム設計洪水流量を2段階（Design Flood:ダムの機能確保と、Safety Check Flood:ダムの安全確保）に分けて設定する考え方が導入されるようになってきている。

このような状況を踏まえ、海外のダムの設計基準について資料を収集し、諸外国におけるダム設計洪水流量の規模と設定方法、異常豪雨に対するリスク評価において重要と考えられる余裕高の設定方法について調査した。

【令和4年度の研究成果】

(1) ダム設計洪水流量の設定事例資料収集

国内外におけるダム設計洪水流量の設定手法に関して、以下に示す資料を収集した。

○文献 No.1: 一般社団法人日本大ダム会議ダム設計基準調査分科会洪水WG 報告、2020年

- ・国内外のダム設計洪水流量の設定方法等について整理されている。
- ・国内のダム設計洪水流量の設定手法について参考とする。

○文献 No.2: Flood Evaluation and Dam Safety, ICOLD, Bulletin 170, 2018.

- ・諸外国のダム設計洪水流量の設定方法等が整理されている。
- ・Appendix A DETERMINATION OF THE INFLOW DESIGN FLOOD (IDF) SUMMARY OF GUIDELINES BY COUNTRY も含め、諸外国のダム設計洪水流量の設定手法について参考とする。

(2) 用語の定義

海外におけるダム設計洪水流量に関する用語について、文献 No.2 の Bulletin 170 に基づく定義は以下のとおりである。

IDF (Inflow Design Flood)

洪水吐きや放流管路の諸元、サーチャージ容量、ダム高など、ダムの機能や諸元を決定する際に使用される洪水 (Design Flood)

SCF (Safety Check Flood)

ダムにある程度の損傷が発生したり、安全率の低下が発生するものの、ダムが決壊することはない異常洪水 (Check Flood)

LOL (Loss of Life)

ダム決壊時に想定される死亡者数

PAR (Population at Risk)

ダム決壊時に想定される被災者数

PMP (Probable Maximum Precipitation)

特定の範囲において、与えられた継続時間に対して理論的に実現し得る最大の累計雨量 (可能最大降雨)

PMF (Probable Maximum Flood)

PMP を入力データとして流出解析を行うことにより求められる洪水 (可能最大洪水)

(3) 文献 No.1 の内容整理

国内ダムの現行のダム設計洪水流量の設定方法

文献 No.1 において、国内ダムの現行のダム設計洪水流量の設定方法は以下のとおり整理されている。

ダム設計洪水流量は、

- a)200年につき1回の割合で発生するものと予想される洪水流量
- b)当該地点において発生した最大の洪水流量
- c)当該ダムに係る流域と水象もしくは気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水

水に係る水象もしくは気象の観測の結果に照らして当該地点に発生するおそれがあると認められる洪水流量（一般にクリーガー曲線により求められる流量）

のうち、いずれか大きい流量としている（フィルダムに関しては、当該流量の1.2倍流量で設定）。

海外ダムにおけるダム設計洪水流量

文献No.1において、海外ダムにおけるダム設計洪水流量の規模等が整理されている。その概要を以下に示す。

- ・ ダム型式は日本と同様に、フィルダムとコンクリートダムを分けて設計基準を定めている国が多く、大多数の国では日本とは異なり、居住戸数などの流域の重要度や被害レベルに応じた潜在危険度別にダム設計洪水流量の確率年を規定している。
- ・ 潜在危険度が高いダムでは、1,000年超過確率流量やPMFを採用している。
- ・ Check floodについては、PMFを与える国が多いが、IDFの1.5倍流量を与える国もある。

国内ダムにPMFを適用した場合の試算

文献No.1では、諸外国で設定されているPMFを国内ダムに適用した場合の試算を実施している。その概要を以下に示す。

- ・ 国内の多目的ダムおよび発電専用ダムの合計4ダムを対象にPMFによる試算を実施している。
- ・ 試算対象としたダムは、現行基準に基づいて設計された3ダムおよび現行設計基準施行前に建設された1ダムとしており、型式は重力式コンクリートダムとロックフィルダムである。
- ・ PMFの算出方法は、浸水想定作成等のための想定最大外力の設定手法にならってダム地点の流域面積から算出された想定最大雨量（PMPと想定）および、海外で一般的な算出方法であるHershfield法から雨量を算出し、PMFを設定している。
- ・ PMFのピーク流量は、ダム設計洪水流量の1.2～2.4倍程度となることが確認されている。

(4) 文献No.2の内容整理

着目点

文献No.2における各国のダム設計洪水流量等の設定方法等について、以下の点に着目して整理した。

- 設計洪水流量の段階区分（IDFとSCFの区分に着目）
- 設計洪水流量規模の考え方、設定方法
- 余裕高の考え方、設定方法

調査対象の国と地域

文献No.2の調査対象は表-1のとおりであり、合計27の国や地域を対象としている。

表-1 調査対象とした国と地域

No	国名	No	国名
1	オーストラリア	16	ノルウェー
2	オーストリア	17	パナマ
3	ブラジル	18	ポーランド
4	ブルガリア	19	ポルトガル
5	カナダ	20	ルーマニア
6	カナダケベック州	21	ロシア
7	中国	22	南アフリカ共和国
8	チェコ共和国	23	スペイン
9	フィンランド	24	スイス
10	フランス	25	トルコ
11	ドイツ	26	イギリス
12	インド	27	アメリカ
13	アイルランド		
14	イタリア		
15	ニュージーランド		

設計洪水流量の段階区分

1980年代後半以降から、ダム設計洪水流量をIDFとSCFの2段階に分けて設定する考え方が導入されている。今回調査対象とした国や地域のうち、この考え方を適用しているのは、ノルウェー、ロシア、南アフリカ、スペイン、ドイツ、中国、スイス、トルコ、ポーランドであり、27の国や地域のうち9ヶ国である。

ダムの分類

日本では、高さ15m以上をダムと定義し、ダム設計洪水流量を設定するに際し、フィルダムではコンクリートダムの1.2倍とし、ダム型式によって区分している。一方、諸外国の多くの事例では、ダム決壊時の下流被害規模やダム諸元を指標とし、ダムを日本よりも細分類している傾向にある。中国、フランス、ポーランドが特に分類数が多い。

ダム設計洪水流量の分類指標として、ダム諸元についてはダム高や貯水容量、ダム決壊時の被害につ

いては経済被害やLOL、PARが多く採用されている。

ダム設計洪水流量の規模

諸外国の事例をみると、13の国や地域で設計においてPMFを考慮している。

日本のダムにおいては、フィルダムのダム設計洪水流量が最も規模が大きいIDFであり、文献No.2では「生起確率は算出されていないものの1000年確率程度と考えられている」とされている。IDFとSCFの2段階設定していない国におけるIDFあるいはSCFの確率年の最大値は、最も小さい国で3000年である。日本が1000年確率だとすれば最も小さい規模となる。SCFとIDFの2段階設定している国におけるIDFの確率年の最大値は、最も大きい国で1000年である。日本が1000年確率とすれば同等である。

日本では、ダム設計洪水流量に対して波形を設定せず、貯留効果を見込まないことを基本とし、当該流量を放流しているときの貯水位に対して余裕高を設定するものとしている。IDFの規模はSCFを設定していない諸外国と比較して小さいものの、「ダム設計洪水流量に対しては、貯留効果を見込まない」ことで安全側の設計手法をとっているといえる。

ダム設計洪水流量の設定にあたり、コンクリートダムとフィルダムの区分している国についてみると、コンクリートダムでPMFを考慮している事例はなく、最大でも10,000年確率規模（トルコ・高さ25m以上）である。一方でフィルダムではPMFを採用している事例があり、コンクリートダムとフィルダムの差別化がなされているといえる。

ダム設計洪水量を2段階で設定している国では、IDFは200年から1000年確率規模の範囲、SCFは5000年確率規模からPMFまでの範囲となっており、両者の規模は明確に差別化されているといえる。

余裕高の設定

余裕高については日本よりも小さい事例が多く、日本はIDFの規模の不足を余裕高でもカバーしているといえる。ただし、イタリアの大規模フィルダムのように、IDFと余裕高の双方を日本よりも高く設定している事例もある。

地震による波浪高を考慮しているのは日本のみであり、日本における地震発生頻度の高さを配慮したものと考えられる。日本と同様に当該国の特徴が反映された事例として、フィルダムの余裕高として凍結深を採用しているフィンランドが挙げられる。

ダム設計洪水流量と同様に、余裕高についても決壊時の被害規模に応じて分類している事例が多い。

オーストラリアニューサウスウェールズ州や、カナダケベック州、中国、トルコなどは、日本と比較して余裕高を小さくとっているが、一方で、最大でPMF相当の規模を想定している。

ノルウェーでは、条件付きではあるものの、決壊時の被害が小さいダムについては越流を許容している。

イタリアのフィルダム（90m以上）は、3000年確率規模の出水に対して、3.5mの余裕高を確保するとしており、日本のフィルダムよりも安全に対する配慮が大きいといえる。

スイスのフィルダム（40m以上）は、PMF相当の出水に対して2mの余裕を見込むものとしており、イタリアと同様に日本のフィルダムよりも安全に対する配慮が大きいといえる。

スイスやイタリアの大規模フィルダムの事例などを除くと、日本のダムの余裕高は、諸外国よりもやや大きい傾向にあり、IDF規模の不足を余裕高でもカバーしているといえる。

【結果とりまとめ】

- ① ダム設計洪水流量をIDFとSCFの2段階に分けて設定する考え方が導入しているのは、調査対象とした27の国や地域のうち9ヶ国である。
- ② 諸外国の多くの事例では、ダム決壊時の下流被害規模やダム諸元を指標とし、ダムを日本よりも細分類している傾向にある。
- ③ 日本のIDFの規模はSCFを設定していない諸外国と比較して小さいものの、「ダム設計洪水流量に対しては、貯留効果を見込まない」ことで安全側の設計手法をとっているといえる。
- ④ スイスやイタリアの大規模フィルダムの事例などを除くと、日本のダムの余裕高は、諸外国よりもやや大きい傾向にあり、IDFの規模の不足を余裕高でもカバーしているといえる。

【謝辞】

本研究は、国土交通省水管理・国土保全局治水課からの受託業務の成果の一部であり、記して謝意を表す。