

大規模地震に対する河川構造物の耐震性能照査指針の整備

独立行政法人土木研究所 正会員 ○杉田 秀樹
正会員 田村 敬一

1. はじめに

河川構造物は、一般堤防（土堤）等の盛土構造物と、主たる構造部材がコンクリートや鋼材であるコンクリート等の構造物に大別される。さらに後者は、護岸、水制、床止めといった堤防や河床に付属する工作物と、水門、樋門、堰、揚排水機場といった構造物群に分類される。これら多種多様な河川構造物の耐震設計は「建設省河川砂防技術基準（案）同解説、H9」に準拠しているが、設計地震動としてはレベル1地震動（中規模地震）のみが考慮されており、レベル2地震動への対処が喫緊の課題であった。このため国土交通省では、H16より「河川構造物の耐震検討会（座長：佐々木康広島大学名誉教授）」を設置し、H19.3に「河川構造物の耐震性能照査指針（案）同解説」を策定した。本稿では、「河川構造物の耐震性能照査指針（案）同解説（以下、指針案と呼ぶ）」の骨子を報告するものである。

2. 河川構造物の耐震性能照査指針（案）

(1) 適用範囲

指針案は、堤防、自立式構造の特殊堤、水門・樋門および堰、揚排水機場の耐震性能の照査に適用する。

(2) 耐震性能照査の基本的考え方

河川構造物の耐震性能の照査においては、河川構造物の耐震性能および地震動を適切に設定するとともに、適切な照査方法を用いる。本指針案では実務上の簡便性を考慮して、主として静的照査法について規定している。耐震性能の照査において考慮する外水位は、原則として、平常時の最高水位とする。これは、地震と洪水が同時に発生する可能性は低く、従来の耐震点検等で考慮されてきた外水位を踏襲したものである。ただし、河口部付近では朔望平均満潮位および波浪の影響を考慮する。また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合は、津波高も考慮する。

レベル1地震動は、河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動とし、震度法による従来の耐震設計で考慮されていた地震動のレベルを踏襲するように定めることとした。レベル2地震動は、対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動とする。レベル2地震動としては、プレート境界型の大規模な地震を想定したレベル2-1地震動、および、内陸直下型地震を想定したレベル2-2地震動の2種類を考慮し、「土木構造物の耐震設計ガイドライン（案）、土木学会地震工学委員会耐震

基準小委員会、2001.9」や「土木・建築にかかる設計の基本、国土交通省、2002.10」等を参考に定めた。

(3) 必要とされる耐震性能

各種構造物及び構造部位に必要とされる耐震性能は、構造物の治水・利水上の重要性、当該構造部材が構造物の骨格をなす主要な構造部位か否か、代替措置が可能か否かに基づいた図1のフローに従い、表1に示すように定めた。ここに、耐震性能1は河川構造物としての健全性を損なわない性能、耐震性能2は耐震性能の照査において考慮する外水位に対して河川構造物としての機能を保持する性能、耐震性能3は損傷が限定的なものとどまり河川構造物としての機能の回復が速やかに行ない得る性能、である。

3. 耐震性能照査の一例～堤防（土堤）

(1) 基本方針

堤防は一般に、河川の流水が河川外に流出することを防止するために設けるものであり、堤内地盤高が外水位より

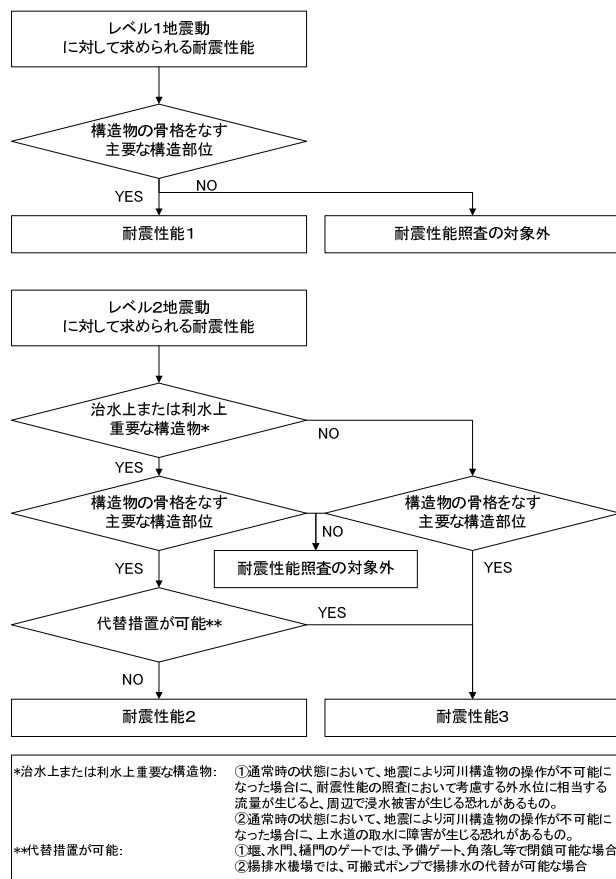


図1 耐震性能の基本的考え方

キーワード

河川構造物、耐震基準、耐震性能照査、レベル2地震動

連絡先

〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6770

表1 河川構造物に必要とされる耐震性能

構造物	構造物形式	治水・利水上の区分	L1照査	L2照査
堤防 (土堤)	土堤	※	対象外	耐震性能2
		それ以外の地域	対象外	対象外
自立式 特殊堤	コンクリート 擁壁	※	耐震性能1	耐震性能2
		それ以外の地域	耐震性能1	耐震性能3
	自立式矢板	※	対象外	耐震性能2
		それ以外の地域	対象外	耐震性能3
堰	引き上げ式 ゲート	治水上or利水上重要	耐震性能1	耐震性能2
		それ以外	耐震性能1	耐震性能3
	鋼製転倒ゲート (鋼製起伏堰)	治水上or利水上重要	耐震性能1	耐震性能2
		それ以外	耐震性能1	耐震性能3
水門 樋門		治水上or利水上重要	耐震性能1	耐震性能2
		それ以外	耐震性能1	耐震性能3
揚排水機場		治水上or利水上重要	耐震性能1	耐震性能2
		それ以外	耐震性能1	耐震性能3

※ 堤内地盤高が耐震性能の照査において考慮する外水位よりも低い地域

低いゼロメートル地帯等においては、堤防の被災が浸水被害を引き起こす可能性がある。一方、土構造物である土堤に対して損傷を全く許容しないことは不合理である。こうした堤防の特性を踏まえて、堤防の耐震性能は、地震により損傷しても、耐震性能の照査において考慮する外水位に対して、流水の河川外への越流を防止できることとした。

堤防の耐震性能の照査では、地震の影響として液状化の影響を考慮する。堤防の地震時挙動は、地域、地形、地盤条件等の種々の要因の影響を受けるが、既往地震被害のうち大規模な変状が生じたケースのほとんどは、堤防の基礎地盤の液状化に起因しているためである。

(2)耐震性能の照査

堤防の耐震性能の照査では、地震動による堤防の状態が堤防の限界状態を超えないことを照査する。耐震性能の照査方法は、堤防が比較的単純な構造物であることを鑑み、静的照査法により行なう。静的照査法による耐震性能の照査では、まず設計水平震度を算定し、砂質土層の液状化の判定を行なう。次に液状化の程度に応じて堤防の変形を静的に算定し、地震後の堤防高が耐震設計上考慮する外水位を下回らないことを照査する。地震による堤防の変形を簡便かつ精度良く静的に算定する方法としては、液状化による土層の剛性低下に応じて堤防が変形するものと仮定し、その変形を有限要素法により算定する方法、及び、液状化した土層を粘性流体と仮定し、地盤の流体的な変形を算定する方法等がある。

(3)堤防の地震時変形解析例

有限要素法を用いた自重変形解析の事例を示す。解析対象とした堤防の断面と諸元を図2及び表2に示す。堤内地と堤外地の地盤種別はいずれもⅢ種地盤であり、レベル2-1地震動およびレベル2-2地震動の設計水平震度の標準値を、

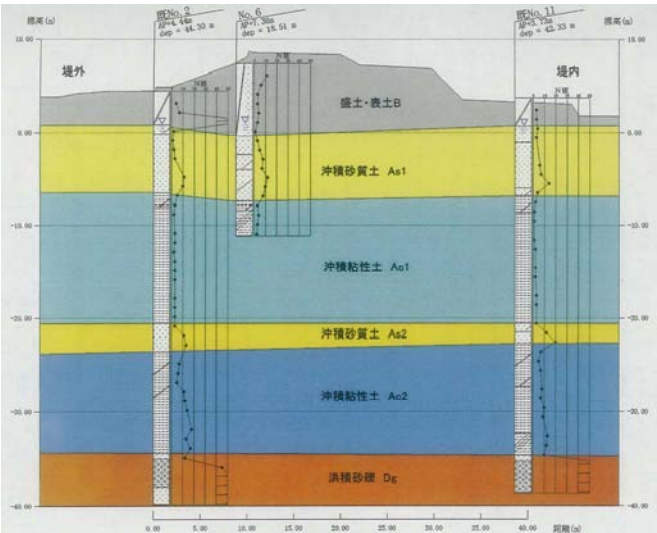


図2 解析対象断面

表2 解析対象断面の諸元

堤内側堤防高	堤外側堤防高	天端幅	堤敷幅
6.9m	5.2m	9.0m	55.4m
法勾配（堤内）	法勾配（堤外）	天端標高	朔望平均満潮位
1:1.6	1:2.0	AP+8.7m	AP+2.1m

各々0.40 および 0.60 と設定した。液状化判定を実施した結果、沖積砂質土層 A_{s1} の全層が液状化するものと判定された。本解析法は、液状化による土層の剛性低下に応じて堤防が変形するものと仮定し、その変形を有限要素法により算定するものである。本検討では、液状化層の剛性低下については、液状化に対する抵抗率 F_L および繰返し三軸強度比 R_L と低下剛性との関係式をもとに設定した。なお、本解析法では、液状化層に発生した過剰間隙水圧が地震後に消散することにより生じる体積圧縮に伴う変形は考慮されないため、液状化層の体積圧縮に伴う堤防の沈下量については別途考慮する必要がある。本解析ではレベル2-2地震動の方が堤防天端の沈下量が大きく、自重変形解析による堤防天端の沈下量は 171.4cm、液状化層の体積圧縮に伴う沈下量は 38.3cm、合計沈下量は 209.7cm であった（図3参照）。

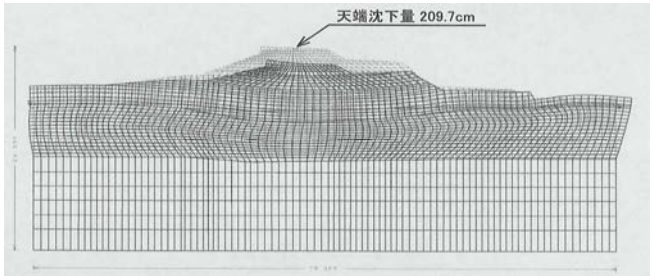


図3 自重変形解析による堤防の変形（レベル2-2地震動）

4. おわりに

河川構造物の最新の耐震基準の概要を示した。今後新設される構造物は本指針案に従って構築され、既存構造物で耐震性能の不足するものは、治水上または利水上重要なものから順次耐震対策が進められる予定である。