

河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説
—Ⅱ．堤防編—

平成 19 年 3 月

国土交通省河川局治水課

河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説
—Ⅱ. 堤防編—

平成19年3月

国土交通省河川局治水課

目 次

1. 総 則.....	1
1.1 適用の範囲.....	1
1.2 用語の定義.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 耐震性能.....	2
2.2 地震の影響.....	2
3. 耐震性能の照査.....	3
3.1 一 般.....	3
3.2 耐震性能の照査方法.....	3
3.3 堤防の限界状態.....	3
4. 静的照査法による耐震性能の照査方法.....	4
4.1 一 般.....	4
4.2 液状化の影響.....	4
4.3 耐震性能の照査.....	4

1. 総 則

1.1 適用の範囲

本編は、盛土による堤防の耐震性能の照査に適用する。ただし、本編は高規格堤防については適用対象外とするものとする。

本編の適用の範囲を明らかにしたものである。ここで、本編は高規格堤防については適用対象外とした。これは、高規格堤防においては高規格堤防特別区域内の土地が通常の利用に供され、高規格堤防に必要とされる耐震性能は一般の堤防の場合とは異なるためである。なお、本編に規定していない事項については、次の資料を参考にしてよい。

建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編（平成9年10月）

1.2 用語の定義

本編に用いる用語の定義は、次のとおりとする。

- (1) レベル1 地震動
河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動
- (2) レベル2 地震動
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
- (3) 耐震性能
地震の影響を受けた河川構造物の性能
- (4) 限界状態
耐震性能を満足し得る河川構造物及び各部材の限界の状態
- (5) 液状化
地震動による間げき水圧の急激な上昇により、飽和した砂質土層がせん断強度を失うこと
- (6) 静的照査法
静的解析を用いて耐震性能の照査を行う方法

(1)に規定したレベル1 地震動の定義中の河川構造物の供用期間とは、耐震性能の照査において想定する供用期間であり、特に、土構造物である盛土による堤防に対しても他の河川構造物と同等とする。

2. 基本方針

2.1 耐震性能

堤防の耐震性能は、地震後においても、共通編2.2に規定する耐震性能の照査において考慮する外水位に対して耐震性能照査上の堤防としての機能を保持する性能とする。ここで、耐震性能照査上の堤防としての機能とは、河川の流水の河川外への越流を防止する機能とするものとする。

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られるものであり、治水上重要な機能を有している。特に、堤内地盤高が外水位よりも低い地域では、地震により被災した堤防を河川の流水が越流した場合、二次的に浸水被害を引き起こす可能性もある。また、盛土による堤防（土堤）については、その構造上、地震に対して損傷をまったく許容しないことは不合理であるとともに、一般に、地震による損傷を受けても短期間での修復が可能である。このような堤防の特性を踏まえて、堤防の種々の機能のうち、地震によりある程度の損傷が生じた場合においても、耐震性能の照査において考慮する外水位に対して河川の流水の河川外への越流を防止するという耐震性能照査上の堤防の機能を保持することを堤防の耐震性能としたものである。この堤防の耐震性能は、他の河川構造物では、地震後においても河川構造物としての機能を保持するという耐震性能2に相当するものである。

また、以上より、耐震性能の照査の観点からは、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高い地域では、堤防の耐震性能は自動的に満足されることになる。

2.2 地震の影響

堤防の耐震性能の照査においては、原則として、地震の影響として液状化の影響を考慮するものとする。

堤防の耐震性能の照査において考慮すべき地震の影響の種類を規定したものである。堤防（土堤）の地震時挙動は、地形、地盤条件、堤体材料等の種々の要因の影響を受けるが、中でも、基礎地盤の影響を強く受ける。特に、堤防の既往の地震被害のうち、大規模な変状が生じた被害は堤防の基礎地盤の液状化に起因するものであり、本編では、原則として、地震の影響として液状化の影響を考慮するものとした。なお、例えば、泥炭上の堤防等では地下水位以深の堤体の下部が液状化した事例もあり、基礎地盤に加えて堤体自体の液状化についても考慮する必要がある場合がある。

3. 耐震性能の照査

3.1 一般

堤防の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動によって生じ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ことにより行うものとする。ここで、耐震性能の照査に用いる地震動としては、原則として、レベル2地震動を考慮すればよい。

堤防の耐震性能の照査の原則を規定したものである。堤防の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動によって堤防に変形、沈下等が生じた後の状態が堤防の限界状態を超えないことを照査することにより行うものとした。

本指針(案)では、共通編4. に規定するように、耐震性能の照査に用いる地震動として、レベル1地震動及びレベル2地震動の2種類の地震動を考慮している。堤防以外の河川構造物については、2種類の耐震性能の照査に用いる地震動に対して異なる耐震性能を確保することとしているが、堤防については2.1に規定するように、1種類の耐震性能のみを考慮している。これは、レベル1地震動とレベル2地震動の2種類の地震動に対して、堤防に異なる耐震性能を付与することは、現状、十分なデータの蓄積もなく、合理性が認められないこと、また、レベル1地震動とレベル2地震動を受けた場合の堤防の変形、沈下等の損傷状況は異なるものの、修復性には顕著な差異が認められないことによるものである。以上のような理由により、堤防の耐震性能の照査においては、原則として、レベル1地震動とレベル2地震動のうち厳しい結果を与えるレベル2地震動のみを考慮すればよい。

3.2 耐震性能の照査方法

堤防の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動及び堤防の限界状態に応じた、適切な方法に基づいて行うものとする。ただし、4. に規定する静的照査法により耐震性能の照査を行えば、本規定を満足するとみなしてよい。

耐震性能の照査方法は、構造物の地震時挙動を動学的に解析する動的照査法と地震の影響を静学的に解析する静的照査法に大別される。土構造物の地震時挙動や地震による変形に関しても、近年、種々の動的解析法及び静的解析法が提案され、実務に適用されている方法もある。ここで、堤防は比較的単純な構造物であり、静的照査法により耐震性能の照査を行うことが可能なため、条文のように規定した。

3.3 堤防の限界状態

堤防の限界状態は、地震により堤防に変形、沈下等が生じた場合においても、その変形が共通編2.2に規定する耐震性能の照査において考慮する外水位に対して耐震性能照査上の堤防としての機能を保持できる範囲内になるよう適切に定めるものとする。

堤防の限界状態は、地震により堤防に変形、沈下等が生じた場合においても、その変形が河川の流水の河川外への越流を防止するという耐震性能照査上の堤防の機能を保持できる範囲内に抑えられるように定めたものである。

4. 静的照査法による耐震性能の照査方法

4.1 一般

静的照査法による堤防の耐震性能の照査は、4.2の規定により液状化の影響を考慮した上で、4.3の規定に基づいて行うものとする。

2.2の規定により、堤防の耐震性能の照査においては、原則として、地震の影響として液状化の影響を考慮することとしているため、静的照査法により堤防の耐震性能の照査を行う場合には、まず、4.2の規定により砂質土層の液状化の判定を行い、液状化の影響を考慮することとした。次に、その結果に基づき、4.3の規定により堤防の耐震性能の照査を行うこととした。

4.2 液状化の影響

砂質土層の液状化の判定は共通編6.2の規定により行うものとし、液状化が生じると判定された砂質土層（以下「液状化層」という。）については、共通編6.3の規定により土層の物性の変化を適切に考慮するものとする。また、液状化層の上部に液状化が生じると判定されなかった土層（以下「表層非液状化層」という。）が存在する場合には、表層非液状化層についても土層の物性の変化を適切に考慮するものとする。

砂質土層の液状化の判定は、共通編6.2の規定に従うものとし、液状化が生じると判定された場合は、共通編6.3の規定により土層の物性の変化を考慮することとした。

また、液状化した砂質土層（液状化層）の上部に液状化しない土層（表層非液状化層）が存在する場合には、表層非液状化層についても液状化層の過剰間隙水圧の影響等により土層の物性が変化し、堤防の変形に寄与することが知られている。そのため、このような場合には、表層非液状化層の土質定数の変化についても適切に考慮する必要がある。表層非液状化層の土質定数の低減方法については種々の方法が提案されているが、実測若しくは実験結果との整合性が確認されている方法を用いるか、又は、表層非液状化層に引張り応力が生じないようにせん断剛性を低減させるのがよい。

4.3 耐震性能の照査

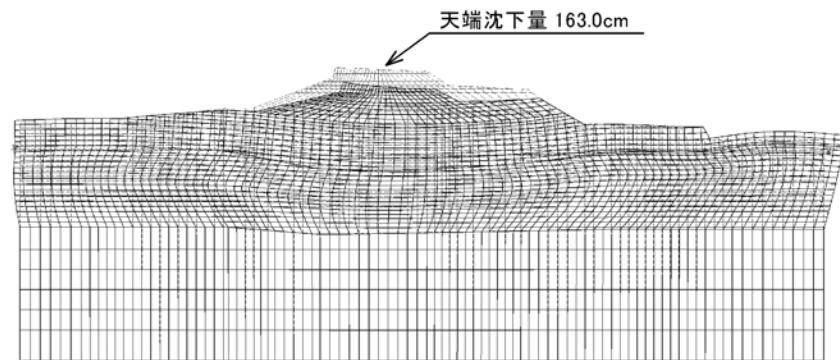
堤防については、液状化に伴う土層の物性の変化を考慮し、堤防の変形を静的に算定できる方法を用いて、地震後の堤防高が共通編2.2に規定する耐震性能の照査において考慮する外水位を下回らないことを照査するものとする。

従来の堤防の耐震設計及び耐震点検では、円弧すべり法により地震時安全率を算出し、算出された地震時安全率と堤防の沈下量との経験的な関係から、堤防の沈下量を評価していたが、近年、地震による液状化に伴う土構造物の変形を直接算定する種々の方法が提案され、実務にも供せられるようになってきた。このような背景を踏まえ、堤防の耐震性能の照査では、堤防の変形を静的に算定することとした。

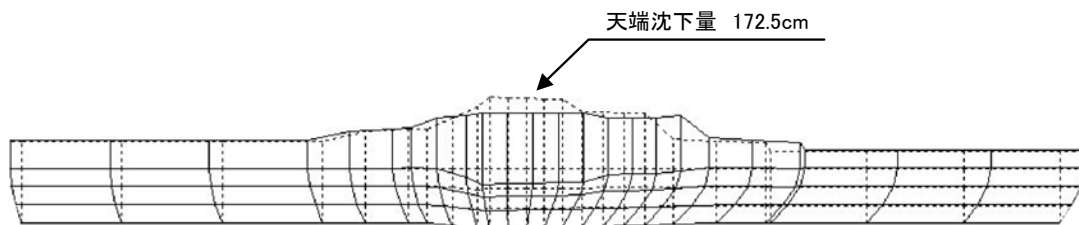
液状化に伴う堤防の変形を簡便かつ精度よく静的に算定する方法としては、液状化の発生による土層の剛性低下を仮定するとともに、土構造物としての自重を作用させ、その変形を有限要素法により算定する方法（有限要素法を用いた自重変形解析法）、液状化した

土層をせん断抵抗を有しない粘性流体と仮定し、地盤の流体的な変形を算定する方法（流体力学に基づく永久変形解析法）等を用いることができる。なお、いずれの変形解析方法も地震による堤防の損傷状況を完全に模擬するものではない点に注意が必要である。また、堤防高を算定する際には、解析から得られた堤防の特定の位置における変形や高さに注目するのではなく、例えば、堤内側のり肩、天端中央部及び堤外側のり肩の高さを平均するなど、地震後の堤防の変形状態を適切に評価する必要がある。

図-解4.3.1は、有限要素法を用いた自重変形解析法及び流体力学に基づく永久変形解析法による堤防の変形解析例を示したものである。図中の天端沈下量は、堤内側のり肩、天端中央部及び堤外側のり肩の3点における沈下量を平均したものである。また、有限要素法を用いた自重変形解析法及び流体力学に基づく永久変形解析法のいずれによっても、液状化層の体積圧縮に伴う沈下量については考慮されないため、それを別途算定し、合算する必要がある。



(a)有限要素法を用いた自重変形解析法



(b)流体力学に基づく永久変形解析法

図-解4.3.1 堤防の変形解析例