

# レベル2地震動に対する高規格堤防の耐震性能規定の考え方 Seismic Performance Regulations of Super Levee for Level-2 Earthquake motion

森 洋  
Mori Hiroshi

## 1. はじめに

従来の土構造物の耐震性評価では、震度法による円弧すべり法での極限釣合安定解析が採用されてきたが、地震により変形しても直ぐには大規模な破壊には至らないとした靱性を期待できる構造物であつて、コンクリート構造物等を代表とする人工構造物とは異なり比較的短期間で応急復旧が可能である。そのため、レベル2地震動対応では土構造物が本来持っている性能を考慮した変形量照査に対する予測解析法の研究が近年盛んに行われており、仕様規定型の設計体系から性能規定型の設計体系への移行が期待される（Table1を参照）。しかし、それらの設計体系を確立するためには、耐震性能を評価できる解析手法の確立と、各土構造物毎で要求される耐震性能規定値を定めなければならない。例えば、構造的観点からの実際のフィルダムでの照査規定の考え方においては、「変形に伴う沈下が貯水の越流を生じるおそれがないほどに小さく、かつ地震後において浸透破壊を生じるおそれがない場合には、ダムの貯水機能は維持されるとしてよく、かつ修復可能な範囲にとどまる場合には、所定の耐震性能は確保されるとしてよい<sup>5)</sup>」と記載されており、具体的な性能規定値までは明確に示されていない（示されない）のがほとんどである。このことは一見自由度が高く、最新の知見の導入が容易に出来ると考えられる反面、最終的には設計者自身の自己責任の下での判断に多くを委ねることに注意を要する。

本論文では、既に規定されている高規格堤防に対するレベル1地震動対応での安定性評価手法を考慮しての、レベル2地震動対応での耐震性能規定設定の考え方の一つを紹介する。尚、過去の河川堤防における地震時での甚大な変形量被害を引き起こした主な原因は、液状化による場合が多いことから<sup>3)</sup>、ここでは液状化対象地盤を対象とする。

## 2. 高規格堤防に求められる耐震性能

高規格堤防は、一般堤防の後背地側（堤内地側）に盛土することで、通常の利用が供せられる河川空間（高規格堤防特別区域）を伴っている構造であり（Fig.1を参照）、同時に、耐浸透機能や耐越水機能を持たせた超過洪水対策のための堤防である。また、堤防本来が持つ治水機能に加えて、後背地側では宅地の機能も併せて持たせておく必要があるため、一定程度の宅地造成地盤としての機能等を確保するために、軟弱地盤では地盤改良による耐震対策を行っている。現行マニュアル<sup>4)</sup>での耐震性評価はレベル1地震動を対象としており、所定の設計水平震度（0.18）による安全率（1.2）等を確保した基での耐震対策断面に対して、所定の許容変位量（河川堤防部：50cm、高規格堤防特別区域：20cm）を評価できる（動的）変形解析でダブルチェックを行っている。

以上のように、高規格堤防は堤防としての治水機能と宅地を代表とするような通常の利用の観点の両方を考慮することと、変形量評価による性能設計の流れを勘案しての耐震性能規定（案）の考え方をTable2に示す。高規格堤防の性能機能を三つの定義（安全性・供用性・修復性）で示しており、高規格堤防の河川堤防部は一般堤防と同様な治水機能を確保するものとしている。また、高規格堤防特別区域でも治水機能に関しては河川堤防部と同様な機能を確保するが、通常の利用の観点から見れば、レベル1地震動では地盤の変状により通常の利用に支障

Table1 Comparison of seismic design method

種類	震動規模	評価手法	評価規定
鉄道盛土 <sup>1)</sup>	レベル1	円弧すべり法	安全率
	レベル2	変形解析 (Newmark法)	変形量
道路盛土 <sup>2)</sup>	レベル1	円弧すべり法	安全率
一般堤防(土堤) <sup>3)</sup>	レベル1	円弧すべり法	安全率・変形量
高規格堤防 <sup>4)</sup>	レベル1	円弧すべり法・変形解析	安全率・変形量
ダム(国土交通省) <sup>5)</sup>	レベル2	変形解析	変形量
ダム(農林水産省) <sup>6)</sup>	レベル1	円弧すべり法・変形解析	安全率・変形量
	レベル2	変形解析	変形量
宅地盛土 <sup>7)</sup>	レベル1	円弧すべり法	変形量
	レベル2	円弧すべり法・変形解析	安全率・変形量

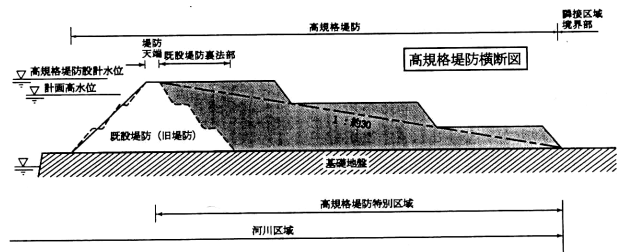


Fig.1 Super Levee

を来たさないこととし、レベル 2 地震動では土地利用者の人命を損なうことがないような安全性について確保するものの、供用性・修復性については確保しないこととしている。Table3 は、Table2 を受けての具体的な耐震設計指標となる性能規定値を示す。

### 3. 動的変形解析結果

Table3 に示した耐震性能規定値の適用性を検討するため、

Fig.2 には高規格堤防の標準断面モデルによる耐震性評価を行った計算事例を、それぞれの地震動レベルにおける地盤改良幅に対する地表面変状の関係として示した。液状化層厚は高規格堤防整備区間（6 河川）の全河川で分布しており、なお且つ安全側と判断して 10m としている。また、液状化強度（ $R_{L20}$ ）は淀川、江戸川、荒川での液状化試験結果を整理した基での下限値（0.16）を採用しており、堤防断面形状は兵庫県南部地震において甚大な被害を受けた淀川・西島地区を対象としている。

現行マニュアル（安全率評価）で試算した地盤改良幅は 12m で、レベル 1 地震動（八戸波：150gal）での所定の許容変位量（20cm）を満足させるための地盤改良幅は 8m となる。また、西島地区での照査外水位を朔望平均満潮位+2m から想定した場合、レベル 2 地震動（八戸波を基に道路橋示方書<sup>8)</sup>に示されている標準的な加速度応答スペクトル等にフィッティングさせて策定したタイプ I 波形：322.6gal）での許容変位量は約 4.0m となることから、地盤改良幅が 8m とした場合でも河川堤防部の供用性は満足しており、レベル 1 地震動対応での耐震対策規模と同じになる。今回想定したレベル 2 地震動は、長周期が比較的卓越し、なお且つ加速度が大きいいため液状化層全体で完全液状化に達しており、堤防表法尻部に設置する一般的な耐震対策位置ではほとんど効果がないことが分かる。

### 4. まとめ

レベル 2 地震動対応による高規格堤防の耐震性能規定（案）の考え方を示したが、実際の性能設計に対応すべく動的変形解析による評価を行った結果、既に規定されている現行マニュアルでのレベル 1 地震動対応で得られる耐震対策規模と同じ値になった。今後は、実際の設計断面に対応させた試行検討を行い、レベル 2 地震動対応での性能規定値の目安を設定していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所 (1999)：鉄道構造物等設計標準・同解説。
- 2) 日本道路協会(1999)：のり面工・斜面安定工指針(道路土工)。
- 3) 日本河川協会 (1997)：建設省河川砂防技術基準(案)設計編。
- 4) リバーフロント整備センター (2000)：高規格堤防盛土設計・施工マニュアル。
- 5) 国土交通省河川局 (2005)：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説。
- 6) 農林水産省農村振興局 (2003)：土地改良事業計画設計基準・設計・ダム・技術書【フィルダム編】。
- 7) 都市基盤整備公団 (2003)：宅地耐震設計マニュアル(案)。
- 8) 日本道路協会 (2002)：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編。

Table2 Seismic Performance Regulations

<定義>

- ・安全性：人命を損なわないようにする性能
- ・供用性：地震後においても堤防の治水機能を確保する性能
- ・修復性：洪水が同時期に発生しないとした短期的な応急復旧が容易にできる性能

	河川堤防部			高規格堤防		
	安全性	供用性	修復性	安全性	供用性	修復性
常時	・河川堤防の損壊により人命を損なうことがないようとする	・背後地を浸水被害から防御	—	・高規格堤防特別区域(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点は河川堤防部と同様	・通常の土地利用が可能	—
レベル 1	・河川堤防の損壊により人命を損なうことがないようとする	・耐震性能の照査において考慮する外水位に対して、背後地を浸水被害から防御 ・堤防が外水位以下に沈下しない性能が必要	・土壌は治水機能を確保するための修復が容易	・高規格堤防特別区域(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点は河川堤防部と同様	・通常の土地利用が可能 ・通常の土地利用可能な許容変位量(例えば、20cm)とする	・短期的には建物の機能回復のための地盤の修復を必要としないが、長期的には地盤の軽微な修復とする
レベル 2	・河川堤防の損壊により人命を損なうことがないようとする	・耐震性能の照査において考慮する外水位に対して、背後地を浸水被害から防御 ・堤防が外水位以下に沈下しない性能とする	・土壌は治水機能を確保するための修復が容易	・高規格堤防特別区域(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点(高規格堤防特別区域)内での治水機能確保の観点は河川堤防部と同様	・地盤の変状により日常生活に支障を来たさないという供用性の確保は困難であり、確保しないものとする	・土地利用の観点から、建物の修復性を求めないため、地盤の修復性も確保しないものとする

\*) 高規格堤防特別区域内での土地利用上の法面や擁壁等によって人命を損なわない安全性の確保は別途必要

Table3 Performance Regulations for Seismic design

地震規模	河川堤防部	高規格堤防特別区域
レベル 1	—	通常の土地利用が可能な許容変位量 (20cm)
レベル 2	堤防が照査外水位を下回らない	—

\*) 安全率（仕様規定）評価は性能規定評価の流れで削除

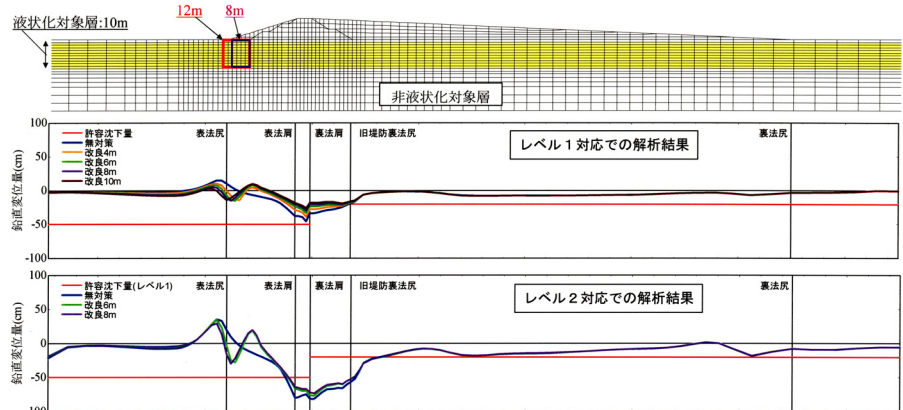


Fig.2 Results of analyses