

東日本大震災による河川堤防の被災状況について

Report about the damage of river levees by the Great East Japan Earthquake.

牛腸宏¹・橋本信仁²・椎木貴敏³・宮武晃司⁴・藤田浩⁴・菊田勇平⁵

Hiroshi GOCHOU, Nobuhito HASHIMOTO, Takatoshi SHIIKI,
Koji MIYATAKE, Hiroshi FUJITA, Yuuhei KIKUTA

1 正会員 前国土交通省 関東地方整備局 河川計画課(〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1)

2 正会員 国土交通省 関東地方整備局 河川管理課(〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1)

3 国土交通省 関東地方整備局 河川工事課(〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1)

4 正会員 (財)国土技術研究センター 河川政策グループ(〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-12-1)

5 正会員 前(財)国土技術研究センター 河川政策グループ(〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-12-1)

By the Great East Japan Earthquake, river levees more than 2000 received damage in the wide area of the Kanto district from the Tohoku district.

For the examination of prioritization and method of future earthquake-resistant, we analyzed suffering factors and forms about levees damages in rivers which Kanto Resional Development Bureau manages.

In addition, we compared these suffering points of the Great Kanto Earthquake of 1923. As a result, we understood that a suffering point almost accorded.

Key Words : Great East Japan Earthquake, damage of river levees, liquefaction, Report, Kanto Resional Development Bureau

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では、東北地方から関東地方の広範囲にわたって河川の堤防が被災し、被災箇所は2,000箇所を超えた。この中には、堤防機能を失するような大規模な被災も含まれている。この地震による河川堤防の被災は、過去の地震による堤防の被災と比較して、範囲も規模も甚大であった。これらの被害の発生メカニズムを解析し、その発生要因や条件などを分析することで、今後の耐震対策を実施するにあたって、その優先順位や対策工法を検討する基礎資料が得られると考える。

本論文では、関東地方の国直轄管理河川において発生した堤防被災箇所について、治水地形分類、基礎地盤の地質及び地表面での地震加速度との関係や、被災要因と被災形態との関係を分析し、その傾向を大まかにとりまとめた。¹⁾

2. 被害の発生状況

土構造物である堤防の被災は、液状化の影響を大きく受ける。今回の地震は、規模が大きく地震動継続時間

が長かったこともあり、液状化を広範囲に発生させ、堤防の被害を大きくしたものと推測される。

堤防の被災が、出水期あるいはその直前に発生していたとすると、その後の降雨による二次災害の危険も高まり、堤体や基礎地盤内の地下水位も上昇し、さらに大きな堤体の被災となったと推測される。

なお、地震時の河川水位は平水位程度であり、地震前1ヶ月の累加雨量は、表-1のとおり利根川水系で約150mm程度、那珂川水系、久慈川水系で約80mm程度であり、過去5年の同時期の降雨量と同程度であった。

表-1 主要被災河川における降雨量(2/11~3/11、過去5年に関し)

河川名	観測所名	年(西暦)				
		2011	2010	2009	2008	2007
利根川下流	取手	164	133	102	30	68
那珂川	水戸	86	101	104	31	48

堤防の被災は図-1のとおりで、利根川水系を中心に4水系で発生している。

また、気象庁の発表によると7月末までに震度4以上の余震が188回、震度5以上が39回と余震回数が非常に多く余震による被害の増大が図-2のとおり確認された。

被災規模の比較的大きい箇所では、堤体や基礎地盤

那珂川水系
(130箇所)

久慈川水系
(113箇所)

利根川水系
(674箇所)

荒川水系
(23箇所)

神奈川水系

栃木県

茨城県

埼玉県

東京都

千葉県

【凡例】
括弧内の数字は各水系の被災箇所数
丸印は大規模被災箇所の位置

※関東管内の被災箇所数(累積)

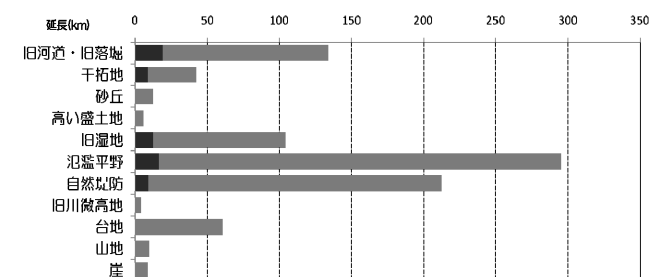
日付	被災箇所数(累積)	震度
H23.3.11	718	三陸沖 M9.0 (本震)
H23.4.2	721	茨城県南部 M5.0
H23.4.7	770	宮城県沖 M7.4
H23.4.12	788	千葉県東方沖 M6.3
H23.4.13	875	福島県浜通り M5.8
H23.4.16	906	茨城県南部 M5.9
H23.4.21	920	千葉県東方沖 M6.0
H23.9.21	940	茨城県北部 M5.3

から3.25まで

関東地方では、9/21時点で、被災箇所は940を数え、そのうち亀裂や陥没が明らかに計画高水位（H. W. L）以下となる変形や堤防全体に及ぶ損傷を受けた「大規模な被災箇所が55箇所」、H. W. L以下に達しない損傷や部分的にH. W. L程度の損傷を受けた「中規模な被災箇所が149箇所」、さらに比較的軽微な損傷だった「小規模な被災箇所が736箇所」となっている。大規模な被災箇所の内14箇所ですべての液状化が発生したことが、被災後の土質調査等で推定された。

②基礎地盤の液状化

- 364 -



治水地形分類	区間延長 (km)①	被災延長 (km)②	被災率 ②／①
旧河道・旧落堀	137.4	19.4	14%
干拓地	42.1	8.8	21%
砂丘	13.0	0.0	0%
高い盛土地	6.2	0.2	4%
旧湿地	110.2	12.5	11%
氾濫平野	308.3	16.5	5%
自然堤防	237.8	9.4	4%
旧川微高地	4.0	0.0	0%
台地	61.8	0.1	0%
山地	9.7	0.0	0%
崖	8.4	0.0	0%

図-4 治水地形分類毎の管理延長と被災延長

b) 地表面加速度との関係

利根川の下流85km区間について、地表面加速度と被災区間の分布を河川流下方向に縦断的に図-5にとりまとめた。

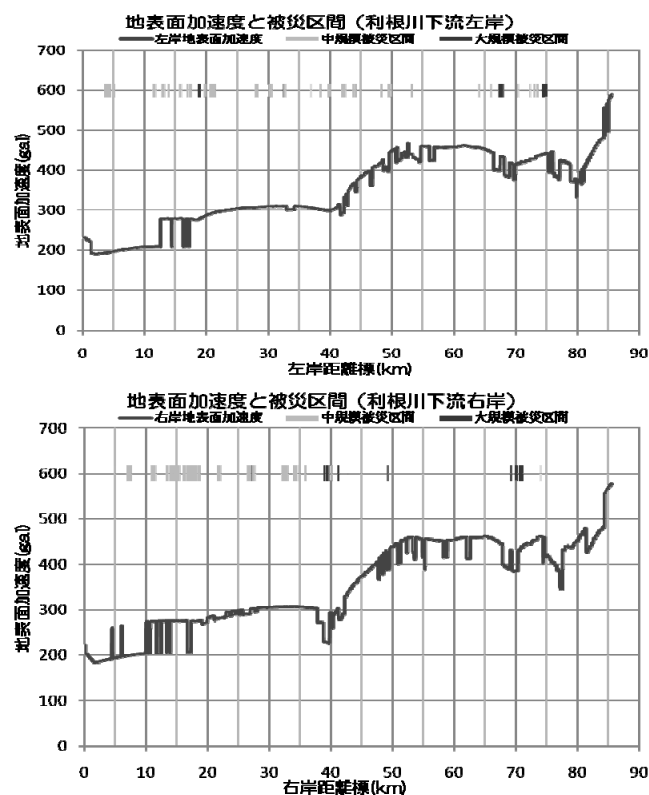


図-5 地表面加速度と被災区間（利根川下流）

また治水地形分類毎に地表面加速度と累積被災延長の関係を図-6にとりまとめた。地表面加速度と被災発生との関係は明確ではないものの、旧河道・旧落堀及び旧湿

地では、300galを上回る程度で被災延長の7～8割の被災が発生したことが分かった。

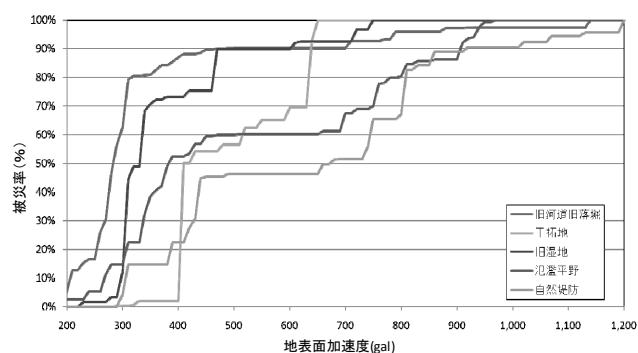


図-6 治水地形分類毎の被災発生率（利根川下流）

c) 既往対策工の効果

過去の地震被害による耐震対策工や耐浸透対策として漏水矢板やドレーン工等の対策工を実施していた区間では、被災が無いがあっても小規模であり、既往対策が今回の地震に対して一定の被害防止効果を発揮していることが図-7(1)～(3)から確認された。

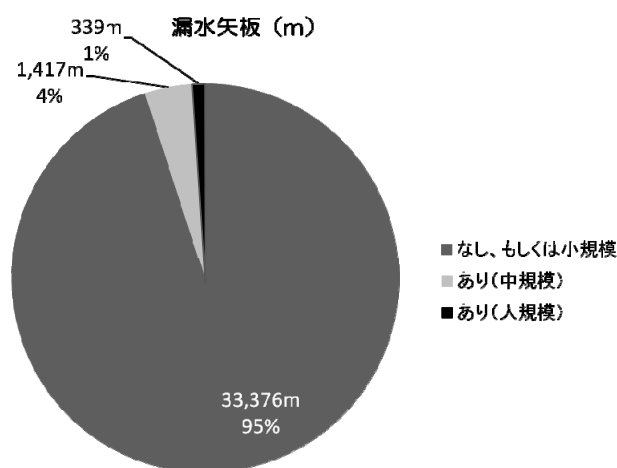


図-7(1) 既往の対策工(漏水矢板)施工箇所における被災状況

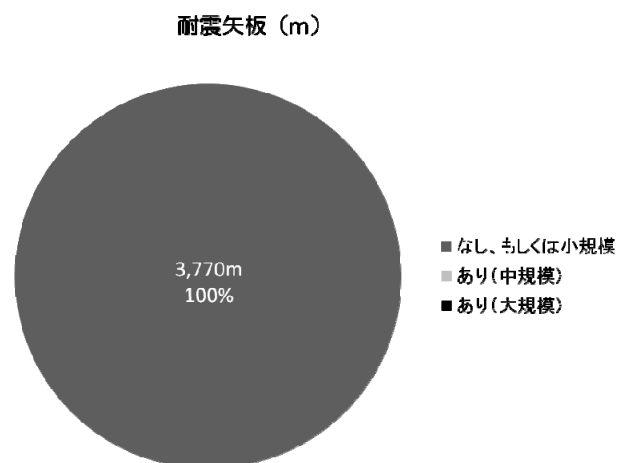


図-7(2) 既往の対策工(耐震矢板)施工箇所における被災状況

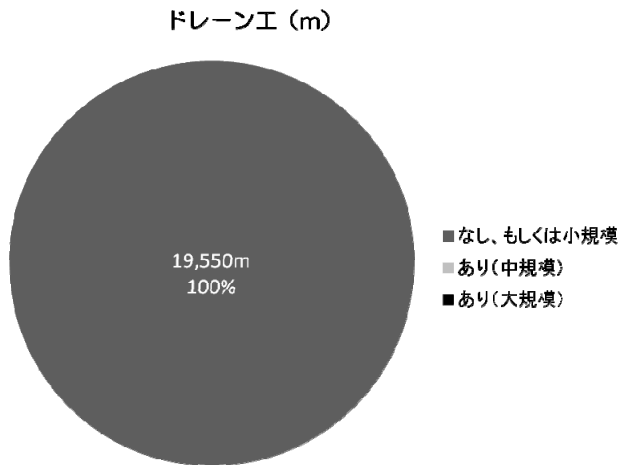


図-7(3) 既往の対策工(ドレーン工)施工箇所における被災状況

なお、分析対象とした堤防区間は、今回被災を受けた那珂川、久慈川、霞ヶ浦(常陸利根川)、利根川下流、小貝川、江戸川の関東地方整備局全管理区間約790kmとした。その約3%(約21km)で大規模被災、約4%(約35km)で中規模被災を受けている。

(2) 被災程度の分析

a) 基礎地盤の地質と沈下との関係

基礎地盤の地質(表層)が液状化層の場合、図-8では層厚が大きいと沈下量も大きくなる傾向が見られたが、沈下量が液状化層厚を上回ることはなかった。また基礎地盤の表層が非液状化層の場合、図-9では層厚が大きいと沈下量が小さくなる傾向が見られ、層厚5mを超える箇所では被災による沈下は発生していなかった。

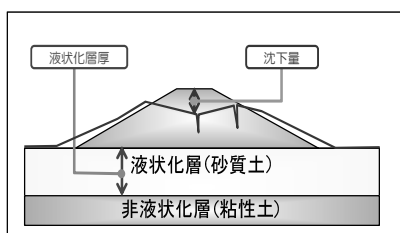
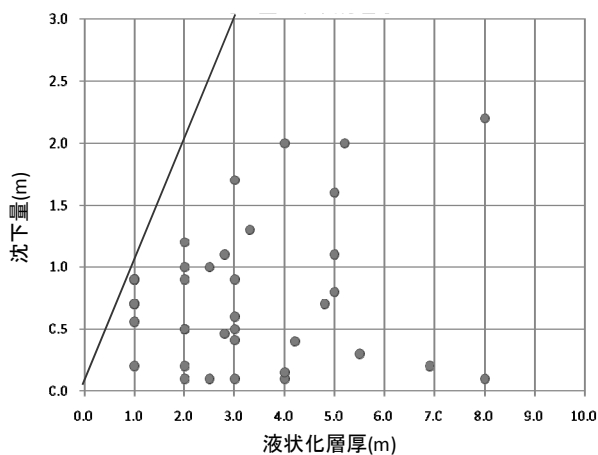


図-8 液状化層厚と沈下量

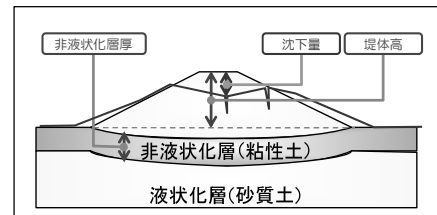
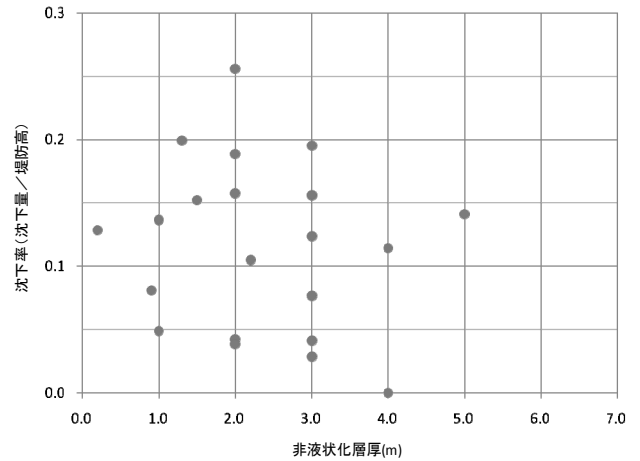


図-9 非液状化層厚と沈下率

b) 堤防形状と沈下との関係

堤防高、堤体幅と沈下率の関係を図-10、11にまとめ分析した。堤防高に対する沈下率はこれまでの地震による堤防被害傾向と同様に75%を超えなかったこと、堤防高や堤体幅が大きくなるにつれて沈下率が減少傾向を示すことが確認された。

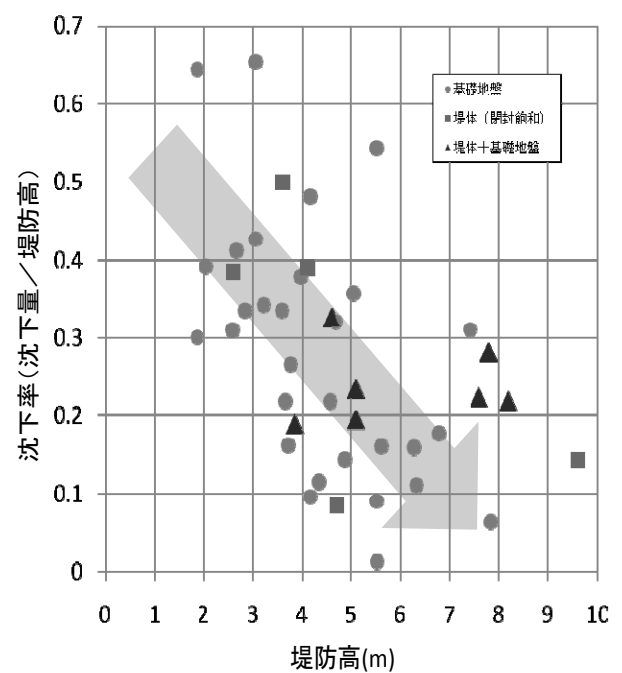


図-10 堤防高と沈下率の関係

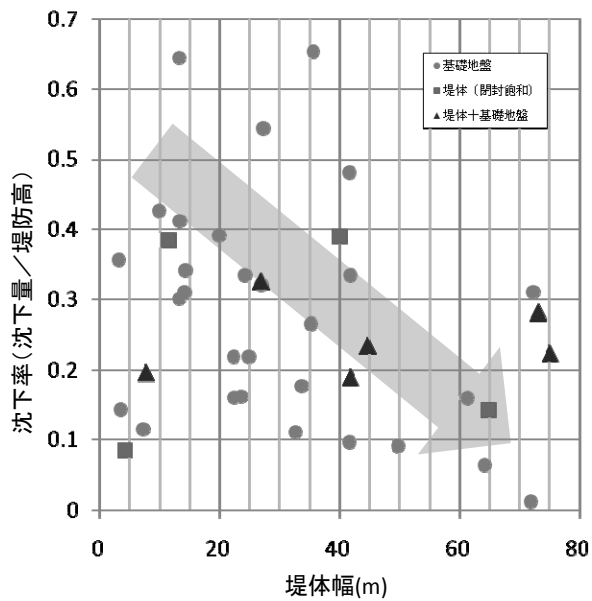


図-11 堤体幅と沈下率の関係

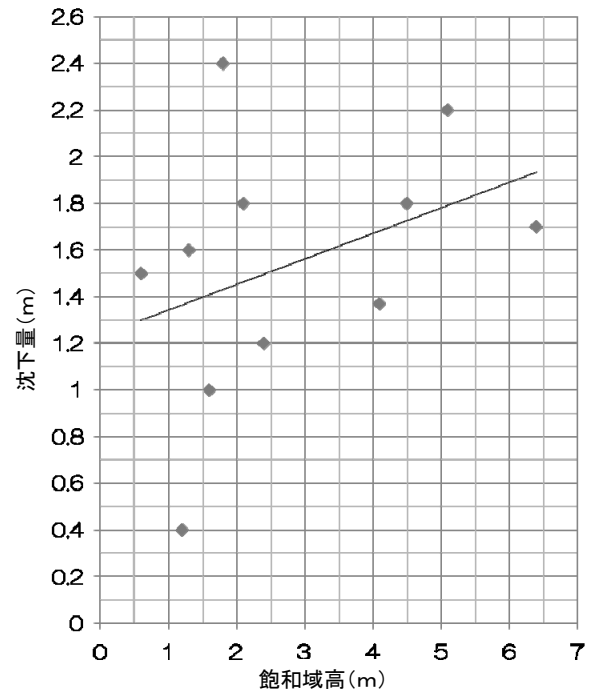


図-13 飽和域高と沈下量

c) 被災要因と堤防変状との関係

図-12に示すように、堤防の沈下・陥没等による断面減少量とはらみだし等による断面増加量との関係において、被災要因（液状化層が堤体内か基礎地盤かで分類）別に関係を見たところ、堤体が液状化した場合の方が、断面増加量と減少量が近くなる傾向が見られた。

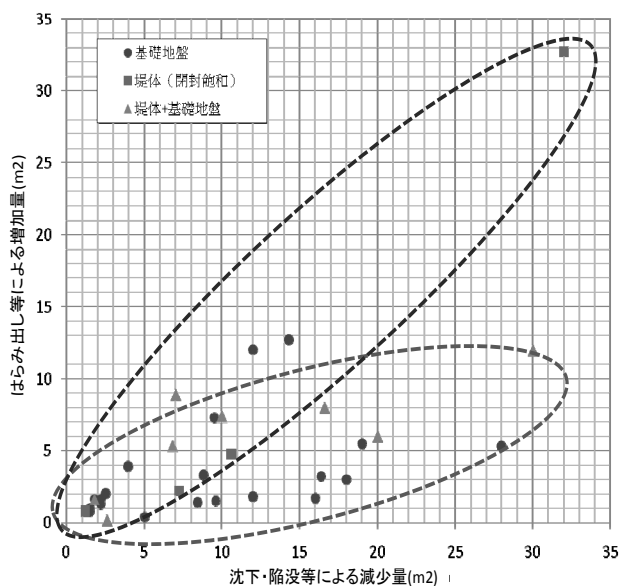


図-12 被災要因と堤防変状との関係

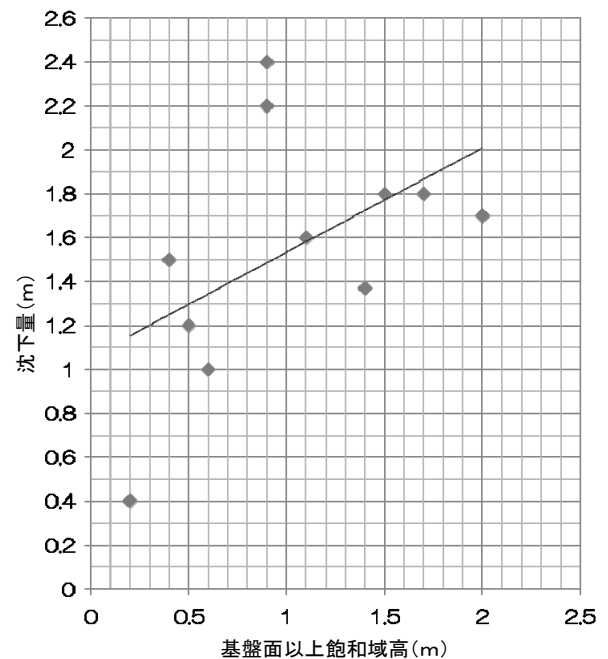
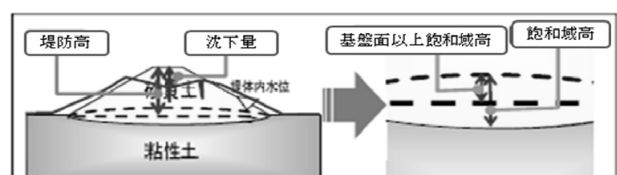


図-14 基盤面上飽和域高と沈下量

d) 閉封飽和域が液状化した場合の沈下と飽和域の関係

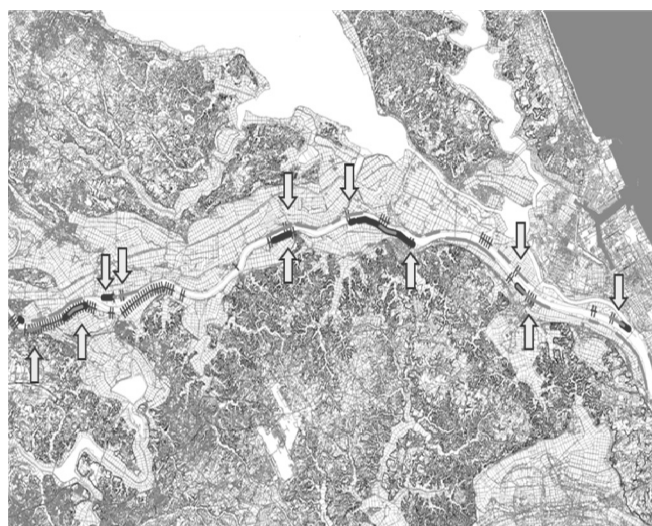
閉封飽和域が液状化したとされる11箇所について、沈下量と飽和域高及び基盤面上飽和域高の関係を図-13、14にまとめた。その結果、飽和域の高さが高くなるほど、堤防沈下量が大きくなる傾向が見られた。

(図-14、15の用語の意味)



5. 関東大震災の被災箇所との関係

土木学会がとりまとめた関東大地震の調査報告²⁾をもとに、利根川下流域について東北地方太平洋沖地震の被災箇所と関東大震災の被災箇所を重ね合わせてみると、概ね発生エリアが一致することが図-15 からわかった。これは、基礎地盤の特性によるものと考えられるが、被災は同様の箇所で繰り返起きうことが裏付けられた。



矢印の箇所が、関東大震災と東日本大震災で被害が重複する箇所

図-15 関東大震災被災箇所と今回の被災箇所の重ね合わせ図

6. 被災箇所の対策

関東地方の本復旧の工法選定においては、東北地方に比較して堤防断面を壊滅的に失った箇所がないこと及び次に示す被災要因以外の要因にも配慮した。

- ・地質調査を実施したうえで、被災メカニズムを十分検証する。
- ・緊急復旧等で行われた堤防の切返し（掘削・盛土）を活かす。
- ・堤防天端や小段の道路利用、堤防に近接する家屋等、周辺環境に与える影響に配慮する。
- ・今回の地震で効果が確認された既存対策工を極力活かす。
- ・経済性に十分配慮する。

上記を踏まえ対策工法を被災要因別に検討した結果、堤体の液状化対策は、ドレーン工を基本対策工としているが、液状化層の位置・範囲、地下水位（堤体内水位）、経済性等を考慮し、ドレーン工以外にサンドコンパクションパイル工、地盤改良工も選定した。また、基盤の液状化及び堤体・基盤の複合型の液状化対策は、鋼矢板工をそれぞれ基本対策工としているが、液状化層の位置・厚さや堤防の切返しの有無、経済性等を考慮し、地盤改良工も選定されている。

7. おわりに

本報告は、東日本大震災による関東地方の河川堤防被災箇所復旧の為に行われた被災状況調査、地質調査、被災メカニズム解析等の結果を分析しとりまとめることで、今後の大規模地震に備え実施する河川堤防耐震対策や同様な地震被害時の災害復旧対応の際に活用するための知見を得ることを目的として行った。

東日本大震災の復旧工事は鋭意進められているところであり、復旧工事で行われている堤防切り返し時の亀裂調査結果、堤防開削調査結果等、今後得られる新たな情報を加え、さらなる分析を試みていく必要がある。

参考文献

- 1) 河川堤防における地震対策の検討とりまとめ（平成23年9月関東地方河川堤防復旧技術等検討会）
- 2) 大正十二年関東大地震震害調査報告（土木学会）

（2012. 4. 5受付）