

講演会

「河川堤防の災害と現状認識について」

講師 山村 和也 氏

平成8年11月5日

貸出用

(財) 国土開発技術研究センター

「河川堤防の災害と現状認識について」

1. 日 時 平成8年11月5日(火) 17:00～19:00
2. 内 容 河川堤防の災害と現状認識について
講師：山村 和也 先生(日本大学生産工学部教授)
3. 聴衆者 建設省職員及び当センター職員
4. 場 所 (財)国土開発技術研究センター第1会議室
東京都港区虎の門 2-8-10 第15森ビル

○司会 本日、河川堤防に関して山村先生から、「河川堤防の災害と現状認識について」と題しまして御講演をいただくことになっております。国土開発センターでは、昭和51年の長良災害以降、堤防の浸透、あるいは地震に関しての技術的問題について取り組んでおり、現在も河川堤防の強化手法について勉強会を開いて、皆さんの知恵を拝借しながら、よりよい河川堤防づくりに向けて検討しているところでございます。

きょう講演していただきます山村先生におかれましては、建設省、国土開発センター、及び日本大学に行かれてからも河川堤防について研究されており河川堤防の第一任者であります。先生の方に相談しましたところ、先生の方で勉強されたこと、あるいは現在考えている問題点等について、こういう場でご講演いただけるというようなご返事をいただきまして、こういう場を設けさせていただきます。

それでは山村先生、よろしくお願いたします。

講演

それでは、これから大体1時間ぐらい河川堤防のお話をさせていただきたいと思っております。題目を災害と現状認識の題にしましたが、きょういろいろと整理しまして、いくつかのスライドを用意いたしました。どちらかという、私は建設省へ入って以来、ずっとタッチした主な堤防に関する事項をたどりながらお話しするというような形になるかと思っております。私のやったこと、あるいは考えたことがその中に入って、皆様方に多少なりともおわかりいただければ大変ありがたい、こんな気持ちでございます。

私は随分昔、もう40年前でしょうか、建設省に入ったわけですが、スタートは土研ではございませんで、東北地建でございます。東北地建に最初の4年間籍を置いたわけですが、そのときにたまたま堤防問題に出会ったわけでございます。入った当初は、私は江合鳴瀬両川工事事務所という事務所に籍を置いたんですが、その当時はもちろん道路の事務所というのはほとんどございませんで、もっぱら河川の工事ばかりで、江合鳴瀬両川工事事務所というのが東北一の大事務所でございます。盛んに河川堤防の工事をやったんですが、最初の1年ちょっとは模型実験をやろうと言われてまして、江合鳴瀬の合流点の模型実験を事務所の庭につくりまして、直営で実験をやりました。

翌年の秋ごろになったら、恐らく福岡先生がヨーロッパから帰って見えただけでしょう。新しいテーマを起こして直轄技術研究会の、指定課題として、堤防並びに堤防地盤の問題を研究することになったから、おまえは東北地建の担当者として論文をつくるよという指示がありました。私は現場の事務所におったんですが、そのときまで堤防の土質については全く考えてませんで、大学時代も土質のことはほとんどやっておきませんでしたので実際困ったんですね、何を研究していいか、全く問題意識がございませんでした。本当に困りましてね、何から始めたらいいのか。

今現在はコンサルタントがたくさんございまして、立派な仕事をやっておられますから、そういうところへお願いしたりすればいいんですが、当時はコンサルタントは全くございませんで、自分自身で考えて、自分でやらざるを得ない。全く孤立無援、課長がいるんですが、その人がやれと言ったら、あとは自分で考えてやればいいんだという調子で、全くノーサポートでございまして。

それで、しょうがないのでダムが上流にあった関係で倉庫に岩盤用のボーリング機械がありましたから、それを引っ張り出したり、サウンディング機械を自分で考えて、自分で設計してつくってもらって現場に持って行って作業をするよといったことから始めたわけですね。なかなか先が見えないわけですね。どういう成果を出して、どういうふうにしたらいいのか。なかなか先が見えませんでした。

それで一つとしまして、堤防に多孔管と水圧計程度の計器を埋設して、堤防に4測線、計器を据えつけて観測を始めました。そんなこともボーリング調査をやりながら実行していたわけでありまして。ただ、洪水というのはそうしょっちゅう来るものではありませんし、課の連中は、こんなことやって、あんたは2、3年で転動して役に立たないかという批判もありましたが、何かやらないと論文になりませんで、測線をつくって、その準備もしておりました。

ところが、たまたまそういう準備をしておりましたら、間もなく、本当にまれな洪水がやってきたんですよ。昭和32年に台風がやってきました、かなりの雨が降りました。大雨が降ったので、計器を埋設してますから、その現地に徹夜で詰めて、とにかく観測しようよ、若いのを連れて現地に行っておりました。大雨が降る中をいろいろ浸潤線を測ったり、水圧を測ったりやっておりました。夜半になりましたら堤防の斜面がすべりまじりまして、観測ができないんですね。長靴が全部すべりまして、斜面が歩けない。それで仕方ないので、近所のお百姓の家に行って梯子を借りてきて、斜面に立てかけて観測をした。ところが、夜中の12時ごろ、堤防の小段に、あるいは天端にクラックが入り出して、滑り出したんですね。そのときに初めて問題点の所在がわかったような気がしました。目からウロコが落ちるというんですかね、そ

んな感じがしました。堤防というのは大雨が降って水を含むと容易でないな、弱いなということを身にしみて感じたわけでありませう。

それが私の研究のスタートなんですが、そういうものとの出会いがあったことが、それ以降30数年間、堤防と付き合う一つの契機になったと私は思っております。何かやっぱりものとの出会いというのが非常に大きなインパクトを与えるものだと私は思っております、私の堤防との付き合いというのはそれがスタートであります。

それでいろいろデータがとれましたので論文を直轄技術研究会に出したんです。データもありますし、いろいろ解析して出しましたが、福岡先生が認めてくれたのかどうか知りませんが、現場で研究をやるよりも土研に来いというような話をもってこられまして、それで私は東北地建から土研に移ったわけです。私の一生の一つの転換期だったと思っております。土研に行ったのも、堤防の調査を始めて、そういう災害に遭ったこと、それが私の一生をかなり大きくシフトさせたのではないかと思っております。

そういうことをちょっと前置きにいたしまして、これから幾つかの話をしたいと思っております。

まず最初に、これは昭和51年の長良川の破堤の写真であります。これはよくご存じのとおりでありまして、この程度の水位ですね。かなり余裕を持って状態が破堤したわけでありませう。このときは51年ですから私も約20年、堤防との付き合いもしてございまして、堤防の強度、安全性、かなりわかっていたつもりでございますが、このような災害が発生するとは思いませんでした。結構、まだ水位が低いにもかかわらず堤防がすべて破堤を起こした。この件についてはその後起こった裁判にも長くかかわり合ひまして、いろいろ思い出もあつた。それはさて置いて、このときの状態をもう一遍見ていただきたいと思っております。



スライド 1

これは破堤が起こる約6時間ぐらい前でございますが、堤防の裏小段に、若干のすべりが発生した。それで付近の水防団の人が出て見とるんですが、まだそれほど切迫感はございません。



スライド 2

通常の水防活動のために杭を打って、あとを針金や竹で絞るんですが、箆止めというんですかね、そういう工法をやっております。かなり堤防が軟らかくて、こういう杭が中に入ったというふうに聞いております。



スライド 3

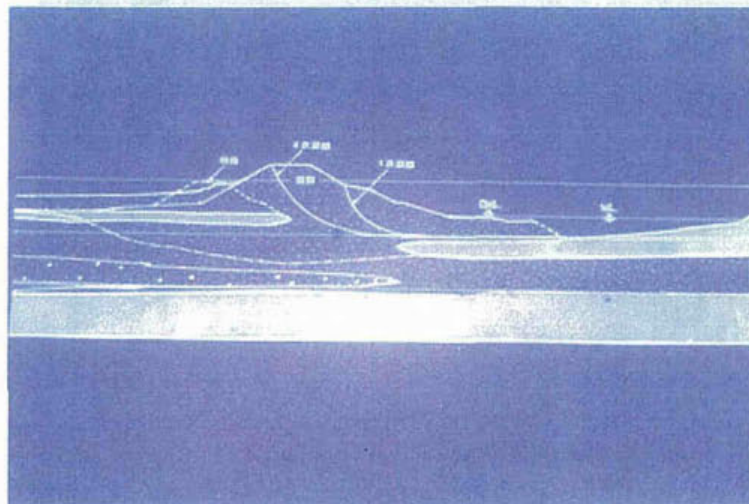
これはもう最終的に破堤した状態であります。その前に、ここにちょっと見えにくくなっておりますが、一次崩壊が小段の付け根に発生したわけでありまして、この一次崩壊が突然起こったわけです。水防活動をやっている人を乗せたまますべりが発生したというふう聞いております。そのときの人の話を聞くと、ちょうどエレベーターに乗ってる調子で下がりましたということをおっしゃっていましたから、かなり速くすべったようであります。



スライド 4

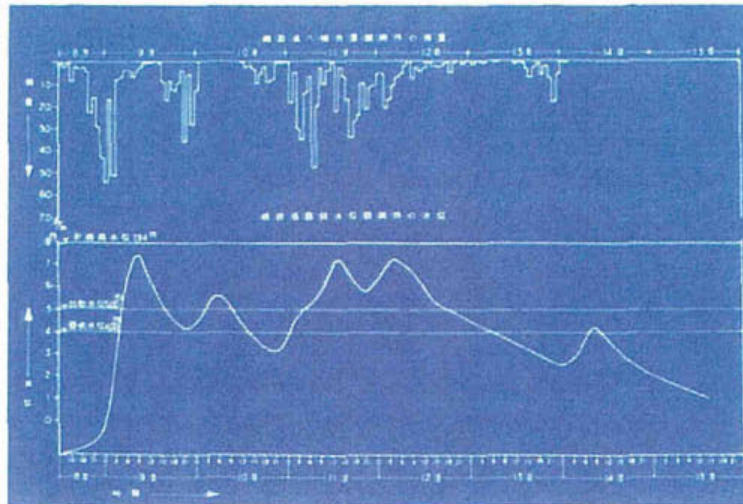
一次崩壊が起こった後、しばらくして二次崩壊が発生しました。このとき、堤防の上に消防自動車が出たんですが、その消防自動車を巻きこんで下へすべりました。そのとき、消防自動車に乗っていた消防団1名の方が、亡くなられたという事故が発生したわけでありまして。

二次崩壊が起こった後、しばらく三角の部分ですね、水はちょうどあそこを書いてある線の位置でありますから、堤防が若干残ったんですが、数分以内に三角の部分も水の浸透で崩れて破堤が発生したわけです。最終的には80mぐらいの幅の堤防が流されて、安八町、墨俣町一帯を水びたしにしたという災害が51年の長良川災害でございます。



スライド 5

このときの雨量と、河川水位の時間変化を表したのがこのグラフです。上が雨量でございまして、このとき、トータル1,000mmぐらいの雨が一遍に降ったと言われております。それから、川の水位がハイウォーターにはいかないんですが、1回、2回、3回、4波繰り返しました。大変長時間に、これは警戒水位ですかね、計画高水位までいかないんですが、かなり長い間、高い水位を持続した。それで、1、2、3、4、切れたのが4番目のピークあたりでありますから、もうちょっと頑張れば、水害にはならなかったんです。最後の最後、ここで堤防が壊れてしまった。ほんの際どいところで災害が発生したわけでありまして。大変長時間、高い水位が持続した、こういう災害が起こったわけでありまして。



スライド 6

この災害を少し頭に入れておいていただいてこれから私の話を聞いていただきたい。これから少し、私がやってきた過去のいろんなことを、年代をたどりながらお話をさせていただきます。

これは51年の長良川災害が起こったときの他の場所の状況であります。何力所かの堤防が破堤寸前の状態にまで変型をしたという報告がございまして、そのときの写真でございまして。これも全川にわたって法崩れが発生いたしまして、斜面崩壊が各所に発生した。あるいは漏水が各所に発生したという報告がございまして。



スライド 7

阿武隈川に配属になったときに、私の堤防の調査が始まったわけであります。堤防に計測器を設置して洪水の来るのを待ってたら、たまたま運よく洪水が来て斜面崩壊が発生した。主に小段から下でございますが、夜中に私が観測作業をやっていると、堤防がずぶずぶになった。それで、天端と小段に亀裂が入った。ところが、朝起きてずっと見わたしますと、自分のところだけではなくて、ほとんど全線にわたって斜面崩壊が起こっております。これは私の観測した場所のすぐ横なんですけど、このように小段から下がすべった。場所によっては、このようにやはり水防活動がやられております。小段から下がすべった。こういうような堤防の災害が発生いたしました。



スライド 8

これも同様ですが、阿武隈川の堤防の小段から下、堤防の天端にもかなり亀裂の入ったところですよ。特に小段の亀裂が全線にわたって発生いたしました。幸い、河川水位がそれほど高くなりませんでしたので全面的な崩壊にはならなかったんですが、大雨が夜降って、朝になって徐々に水位が上がりました。水位がずっと上がったんですが、水位が上がってくると斜面崩壊のすべりがもう少し進行した、そういう経過をたどりまして。



スライド 9

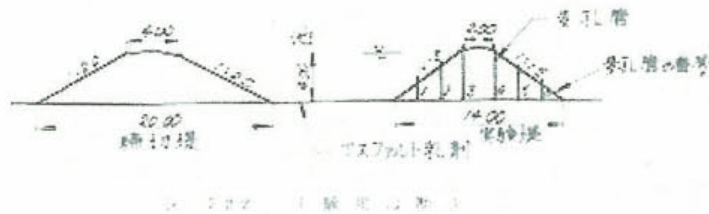


スライド 10



スライド 11

阿武隈川の経験をして私は土研にかかわりました。土研へ来たら、どこかの地建で協力をいただいて実物大の実験をやったらどうかというような話を福岡さんの方で持ってみえまして、それじゃ淀川の現地でやろうかということになりました。淀川の枚方の河川敷で初めてやった大型模型堤防の実験であります。



スライド 12

これは昭和35年にやったわけですが、縮切堤と実験堤、実験堤の高さは4m。そこに水を溜める。あるいは雨を降らせて堤防の斜面崩壊を調べてみた一番最初の実験であります。

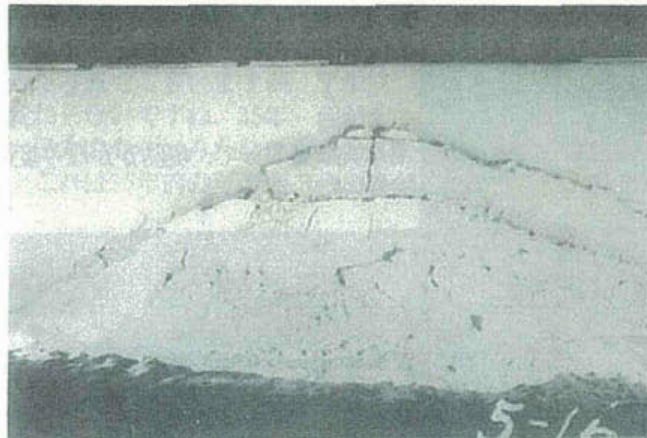


スライド 13

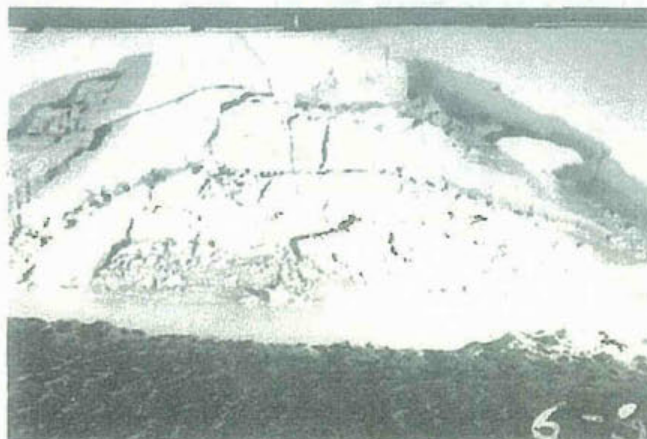
これは試行錯誤でやったんですが、なかなかすべらないですね、すべらそうと思うと。ものすごく最初は苦勞いたしました。普通の施工をやったらなかなかすべりません。非常にルーズに盛らないとすべらないということがわかったんですが、その前にいろいろ予備実験を行いました。小さい、厚さの本当に薄い盛土なんですが、その向こうに池がありまして、浸透によって本当に破壊が発生するか試してるんです。これは今お見せしました実験堤をつくる前に、本当に浸透してすべるかどうかの実験であります。これはうんと厚さは薄いんですが、こういうのをやってみると実際に浸透が進みますと、すべりがどんどん拡大して崩壊する。こういうことも事前に確かめた上でやったわけであります。



スライド 14



スライド 15



スライド 16

これは第1回の降雨実験です。このときの実験で思い出すのは、この実験をやりますと、やはり報道陣が来まして取材をしたんですが、ルーズな堤防をつくらないとなかなか破壊を起こさないということがわかっていましたのでルーズな堤防をつかって実験をやりましたら、結構クラックが入ったんですね。それが新聞に出ました。ところが、これをやってる翌日、朝早く、河川部長さん、参議院の上田先生が飛んで来られまして、私はえらい怒られました。土研から来て変な実験をやって、堤防は弱いなんて新聞に出るとはとんでもないことをやってくれた。堤防は丈夫だというようなことを宣伝してもらわないと困るといって、えらい怒られたことを記憶いたしております。まだ、朝早い、本当に暗いうちから上田先生が飛んで見えまして、がみがみ言われたことを今も思い出します。



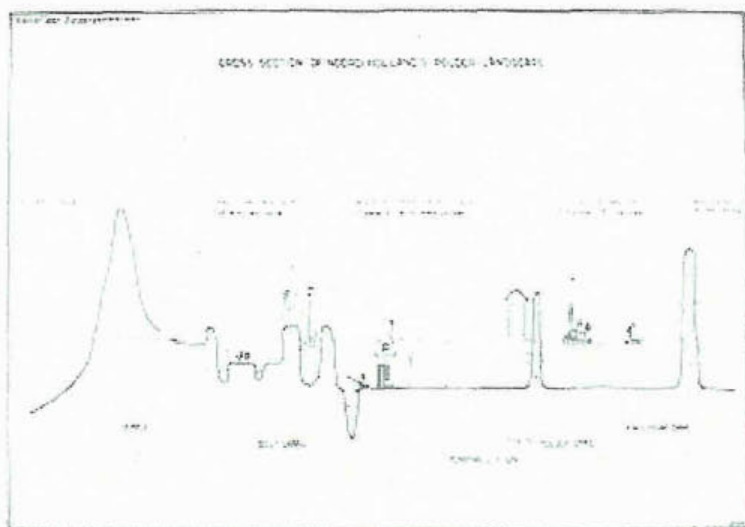
スライド 17

こういうようなクラックが入りました。あと、潜水実験をやって、堤防がかなり変形した写真もあったんですが、きょう探したらありませんでしたので、除外いたします。



スライド 18

その後、私はオランダへ留学いたしました。オランダはご存じのように海面以下の土地が国土の5分の1ぐらいいるといって、国内にはたくさんキャナル——運河がございます。運河でございますから、絶えず水が高い位置まで上がっている。そういう状態で堤防はどうかというようなことを私も興味を持ちましていろいろ見たわけでございます。



スライド 19

これは皆さん方、よく知っている大締切り堤防でございます。これは35年前に撮った写真でございますが、アルファの写真というのは色が変わらないですね、35年、色がそのままになっております。日本のやつはみんな色が変わっちゃってだめなんです、これは35年前の写真がそのままでございます。



スライド 20

この当時、日本は本当に貧しかったんで、この大工事を見まして、私は大変感銘を受けました。すばらしい大工事だなと思って、非常に印象深く見ましたので、ちょっと写させていただきました。これは記念碑なんですけど、現地にも行って見ました。



スライド 21

それからあと、国内をいろいろ見学旅行に行きました。これはキャナルを小さい船で観光したときに撮った写真です。結構小さい堤防で、しかも向こうの畑はかなり低いんですね。低いんですが、結構、この小さい堤防、割合に天端すれすれ、船の波が天端に乗るぐらいの低い堤防にもかかわらず、結構安定してるんで、私はちょっと驚きました。こういうような箇所がたくさんございます。



スライド 22

オランダでいろいろ堤防のことは見たり、いろいろディスカッションして帰ってきたわけです。これは昭和36年、木曾三川(長良川)で起こった災害でございます。このときもかなり大きな雨が降りまして、木曾三川の堤防がかなりすべりました。



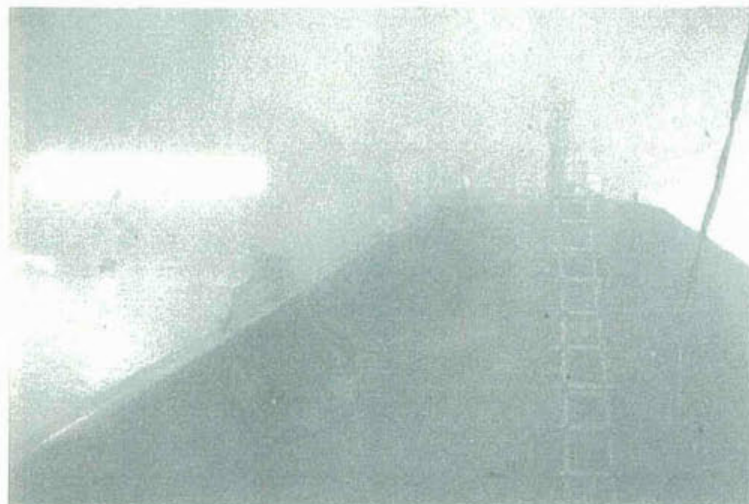
スライド 23

早速現地を調べて検討しろと言われまして検討したんですが、やはり大雨が降ると堤防がすべる。これは阿武隈川で経験したのと全く同じような状況が木曾三川で発生したわけでございます。木曾三川の写真はいっぱいあるんですが、幾つか選んで持ってまいりました。



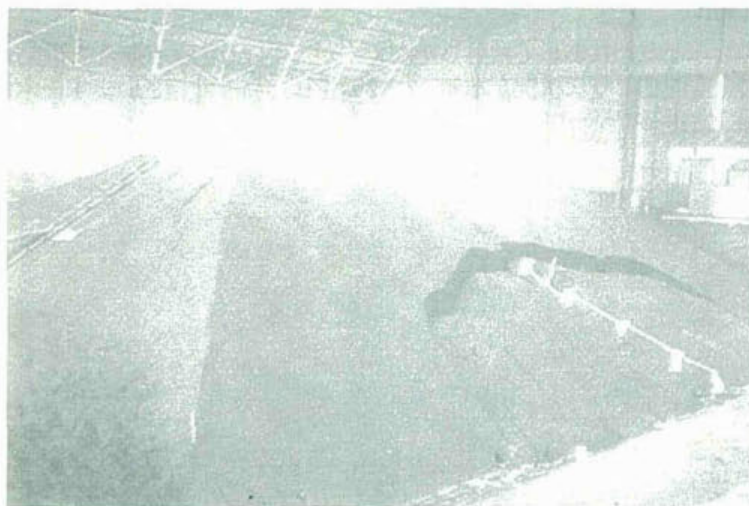
スライド 24

その後、千葉の土研に盛土の実験槽をつくりまして実験を始めました。降雨によって堤防の斜面が崩れる現象を調べるために、大型の盛土実験を開始いたしました。これは昭和37、8年ごろだと思いますが、一番最初の実験でございます。



スライド 25

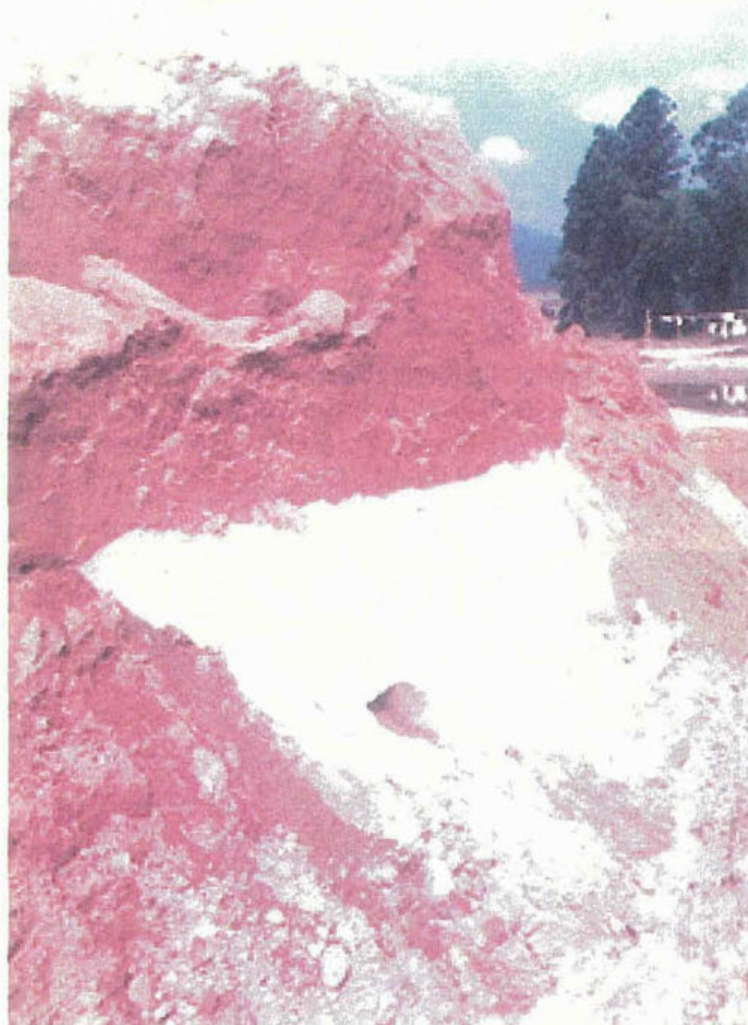
そのときの崩壊の写真であります。やはりこのような、割合きれいな形ですべらせるためには、いろいろテクニックが要るんですね。あまり締めてはだめ、できるだけ軟かく締めて、この中の浸潤線がある程度上がるとすべる。こういうことが何回かやってるうちにわかってまいりました。大体70cmぐらい上がるとすべるんですが、このような現象がわかってまいりました。



スライド 26

ちょっと飛びますが、これは加治川の災害のときの写真であります。加治川の切れた堤防というのは、砂丘の砂でアンコができておって、表面に土をかぶせた堤防でありました。この材質は私は非常に悪いと思ったんですが、裁判では幸い材質のことはあまり争点になりませんでした。中が砂丘の砂で外側に赤い土をかぶせている、こういう堤防は私の一番嫌いな堤防であります。加治川の破堤した堤防の断面を見ますと、このような状況がわかりまして、こういう堤防じゃ切れてもしょうがないなと思ったんで撮った写真であります。こちらが切れたんですが、前年に堤防が一遍切れたんですね。加治川は2年続けて災害があったんですが、2回目にまた同じ場所が切れたんです。復旧した堤防が、今言いましたように、砂丘の上に衣土を乗せた形の構造的に非常におかしい堤防がつくってあった。それが再度切れたわけであります。

私はよく、このような堤防は利根川にもありますよ、砂をポンプ船でふいて、上を衣土をかけた堤防はあるんですよと言うんですが、非常に粘着力のない細かい砂、これを私は堤防の材質としては、特に均質堤の場合にはあまり芳しくないんじゃないかと思っております。



スライド 27

これはその後ちょっと関係した米代川の堤防であります。あそこに水が吹いておるんですが、これは原因がよくわかりません。これは私が撮ったんじゃないんですが、事務所の人が見せてくれまして、原因はどうなんですかと。それから8ミリの映写機でも撮った写真がありまして、それを何遍も見せてくれまして、原因を判定してくださいと言われました。



スライド 28

このように土や水が吹き出して、最終的には局部的に切れたわけではありますが、私の見たところは、堤防の中に異物がある、古い樋管が私にはあったんじゃないかと思ってるんです。ところが、事務所の人はそんなものはない、一切そういうものはありませんと言うんです。私はやはり何かあったと思う。古い樋管の残骸、古い樋管があって、それを嵩上げするときに巻き込んでしまい、それで川の水が上がったときに、その古い樋管が水引きになって水が吹き出したと思います。



スライド 29

それで堤防がこのように陥没したと私は思うんですが、事務所の人は、そんなものではありませんと言うんで、結局はよくわからなかった。Oさんという人がおられましたよね、あの方に聞いたら、あの方が災害査定に行ったときに、樋管の残骸があったよと。それで急いで片づけさせたと、そんな話を後から私にするんですよね。

それで私はまた再度事務所に手紙を書いて、こういうことはないかと聞いたんですが、事務所は、そういうものではありませんと、最後までそういうふうに言っていましたから、真実はわからないんです。内部の人にも、もし本当のことを言わないとすると、なかなか水くさいなとは思いますがね。まあ、役所というところは問題があるときは内部にまで隠すのかなと、そういう不信感をこのときから若干持つようになりました。



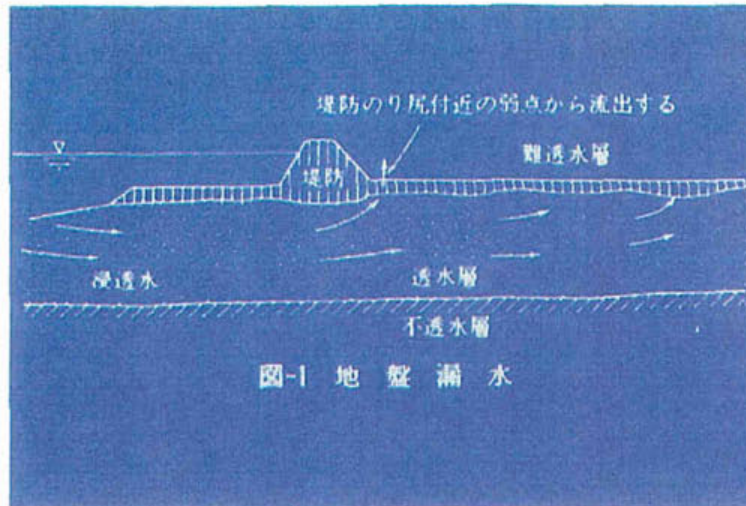
スライド 30

こういうような切れ方をするのは、やはり何か水みちがないと陥没して堤防が切れるようなことにはならないと思うんですよね。時々私が申し上げるのは、堤防の中に万一、昔の樋管のようなものが残ってたら、弱点になって堤防が壊れる原因になるんじゃないか。まずそういうものが残ってるか、残ってないか、検討する必要があるんじゃないでしょうかというのが、こういう経験に基づいているわけであります。



スライド 31

次に、堤防法尻の漏水。これも私が堤防の調査を始めたときに、問題点を何に絞るか。そのときにいろいろ地元の人に話を聞いたり、昔から事務所にいる管理をやっている人に聞いたら、漏水の問題が結構ありますよというような話から、漏水問題に私は最初から目を向けました。いろいろ調べますと、大体日本の下流部の堤防は、表層の下に透水層がございます。大体、どこもこのような透水層があるんですね。そして、洪水のときには法尻の弱点から水が吹き出す、これは当たり前であります、こういう現象が起こる。



スライド 32

これは洪水のときに表層が水圧によって持ち上げられた写真です。これは阿武隈川の写真ですが、このようになるわけでありませう。このように堤防の方が持ち上げられて、ぼこぼこになっています。



スライド 33



スライド 34

これは矢作川、これは私も40何年タッチした問題なんですが、ちょっと水が出ると漏水を起こすわけ
あります。



スライド 35

これは法尻の水路であります。手前が堤防で、そこから見ておりますが、水を吹くわけであります。



スライド 36

このようにたくさん吹くんですが、吹くとがたがたに裏法の石積みが壊れてしまいます。



スライド 37



スライド 38

どうしようかという相談を何遍か受けまして、私が提案した工事をやってもらったわけでありまして。同じ場所にドレーンをつけまして水を抜けば、砂の吹き上げは防止できるんじゃないかというんで、こうつけたんですが、矢作川は天井川なんですね。絶えず水が吹き出します。これは予想外のことでありましたが、お百姓が抗議に来た。冷たい水が流れ出て用水が冷たくなって、米の収穫に悪影響を及ぼしている、大変迷惑しているというような抗議を事務所の方に言ってきました。それで1年して結局撤去したんですが、水の吹き上げを防止しても他のマイナスが起こる場合がありますので、これも注意しなきゃいけない。特に最近私が気になるのは、地震対策にドレーンをいっぱい、河川の裏側、堤内側に打たれておりますが、下の砂層まで貫いてドレーンをやったことが、このような漏水の原因にならないかなと、いささか心配をいたしております。

地震に対してはいいとしても、河川水位が上がったときに、かなりの水が出てきて堤内側に漏水を起こす。こういうことが起こる可能性がある場所があるんじゃないかと、若干心配をいたしております。これは平時でもそうなんです。矢作川は天井川でありますから、このように水が出ておりますね。地下水のぐあい、河川水位のぐあいによってはドレーンから水が当然出てまいります。そういう意味で、地震対策を考える場合も、水の吹き上げが起こる可能性があるかどうか、こういう検討が必要ではないかという気がいたします。



スライド 39



スライド 40

これは手前が堤防です。堤防の裏側に砂を吹き出した一つの例であり、江の川の写真であります。このような砂が吹き上げる場合がある。長良川の下流部についても、かなり砂を吹き上げた跡が災害の直後に行ってみますとありました。このように砂をたくさん吹き上げたら地盤に空洞ができますから、これこそ堤防が劣化してくる原因であると考えられます。したがって、このような砂の吹き上げのある箇所は何らかの対策を打たないと、洪水の度ごとに堤防が悪くなるという恐れがあると思います。



スライド 41



スライド 42

これは長良川の災害の起こった近傍ですが、堤防の裏側から砂が大量に流れ出ている写真でありまして、裁判でもこういう現象を地元の人にはうるさく指摘しておりました。



スライド 43

これがずっと遡りまして、江戸川で実施しました堤防実験であります。これはごらんいただいた方が多いと思うんですが、私が国土開発センターにいるとき、関東地建のサポートで実施したわけでありまして、実物大の堤防実験を実施することができました。非常に大きな堤防でありまして、従来4m程度が限度でありましたが、これは10m近い堤防であります。この堤防も非常に軟かくつくりまして、壊れるようにという設計をいたしましたので、雨を降らすだけで斜面崩壊が発生しました。このときの浸透に関するデータ等は現在いろいろ詰めております。このときはごくわずかの雨が降ったんですが、その前はかなり大きな雨が降っておりまして、実験のときはすぐすべったんです。その前の降雨がかなり効いてるらしい。そういうことも含めて、現在いろいろ検討しておるんですが、すべるように斜面をつくれればちょっとした雨でもすべらせることが可能です。



スライド 44



スライド 45

ここに付けているのはスプリンクラーです。このような斜面崩壊が発生いたします。



スライド 46



スライド 47

湛水実験も同時にやったわけでありませぬ。これは渇水期にやらなきゃなりませんので、冬にやった写真であります。非常に長時間、約200時間かけますと、堤防の浸透水が裏側に達して、小段にクラックが発生して、クラックがだんだん広がってすべりが進行する。こういう現象がかなり大きな堤防であっても再現できる。こういう実験をやって多くの人に理解をしてもらったわけでありませぬが、浸透水が来るとかなり大きな盛土であっても斜面崩壊が発生するということでありませぬ。

このときはたしか130時間、非常に長い時間がかかって浸潤線が裏側に到達したんです。この実験は渇水期でありますから地盤も割合渴いている、地下水もうんと下がっている。それから堤体自体も渴いている、そういう状態で浸透が起こっても、非常に浸透のスピードが遅いんですね。その浸透水はまず空隙の空気部分を埋めてから次へ進んでまいりますから、最初の初期含水比が低いと非常に長い時間がかかる。それから地盤の地下水がかなり下がってございましたから、特に下へ浸透水が落ち込んでしまう。そういうことから大変長い時間がかかってやっと法すべりが発生したわけでありませぬ。

実際の洪水のときには大雨が降る。長良川の場合には1,000mm近い雨が降った。地下水も河川水位が上がるとかなり上がってしまう。そういうふうになると、浸透水の進む速さは全く違います。それで、洪水の場合、どういう状態に堤防の内部の含水状態がなっているか、こういうのを研究しないとイケない。そういうことから、最近若干の調査をやっております。これは江戸川の事務所をお願いしまして、この1年間、ことしの8月まで堤防の年間の含水量の変化を直営で測定したんですが、かなり堤防の持っている含水量というのは変化するんですね。

この1年間の雨量というのは割合に少なかった。大体関東地方は1,500から1,600mmぐらいの雨が降るんですが、この1年間は1,000mmぐらいしか雨が降らなかった。それでも堤防の含水量というのは、中に含まれている水の量を雨量に換算すると300ミリを超える。もし平年並の雨が降るとすると、もっと大きな差ができるわけでありませぬ。洪水が来るとき、あるいは大雨が降る前に堤防がある程度渴いているとすると、その中にどんどん堤防自体が吸い取って、ある程度内部で消化できる。ところが満杯になったときに洪水が来ると、今度の入ってくる水はすぐ裏側までいってしまう状態になります。



スライド 48



スライド 49

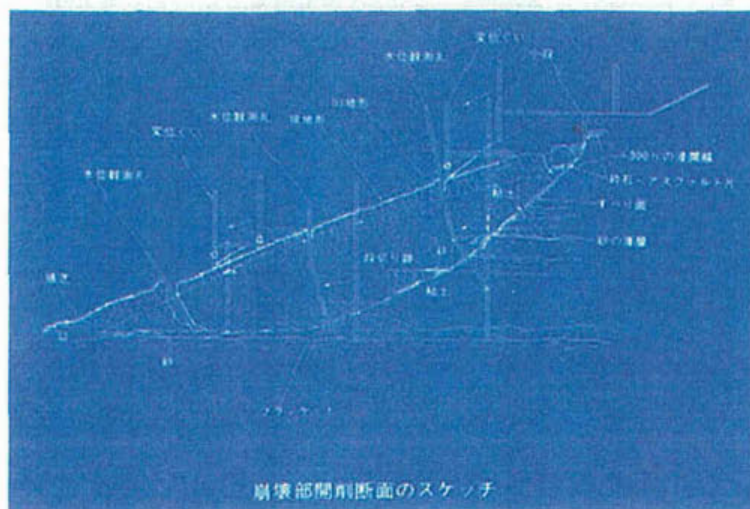


スライド 50



スライド 51

これがちょっとすべったときのスケッチであります。堤防の含水比の話は後からOHPを使ってお話ししたいんですが、私の持論として、堤防の構造というのは複雑です。時代を追って嵩上げが繰り返されてきました。

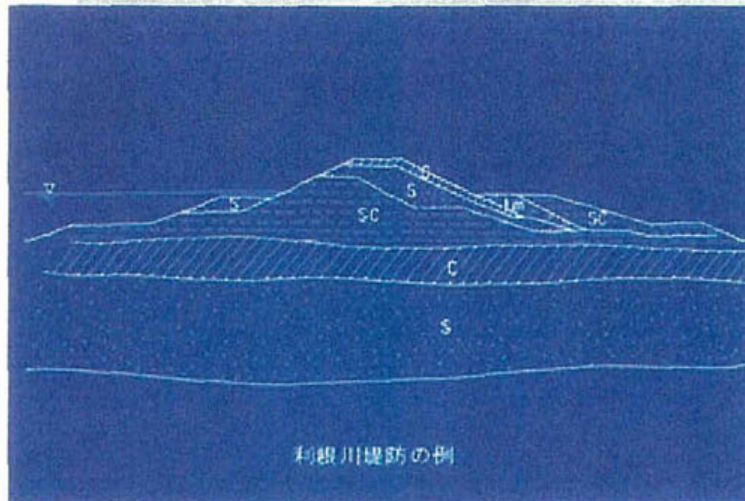


崩壊部開削断面のスケッチ

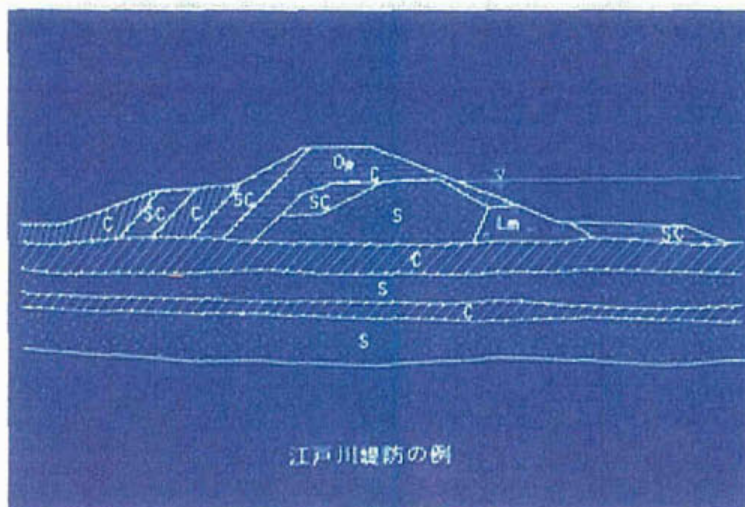
スライド 52

これまでにたくさんの掘削調査をやってまして断面がたくさんありますので、そのうちの一部をご紹介します。これは利根川の例であります。それからこれが江戸川堤防の例です。これらから、いろんな土を使った昔の堤防があって、それに嵩上げ、腹づけ、拡張、こういうのが繰り返された形跡を開削調査のデータから読み取ることができるんですが、非常に性質がばらばらなんですね。中に砂があったり、裏側に粘土があったり、周り側に砂があって裏側に粘土があるというのはよろしくないですね。ここに水が来たら、砂のところはさっと水が入って行って、中に水がいっぱいたまってしまう。いろんな状態の堤防が、場所によっていろんな違った構成を持っています。こういう堤防を強度的にどう評価して、どう強化するか。大変難しい。

私は個々の場所を全部正当に評価するのは難しかろうと思うんです。もう一つ、河川堤防というのは過去の洪水、こういう洗礼を受けて、そのときにどうであったか。例えば漏水を起こした、あるいは斜面崩壊を起こす。そういう危険なことがあったらすぐ対策をして断面を強化する。こういうことを繰り返しているわけですから、一応、洪水の洗礼を受けた堤防はある程度の安全性を持ってるとはなかろうかなと思うんです。先ほど言いましたように、異物があつたような特に悪い場所は別として、一般的には過去の洪水の洗礼を受けた堤防はある程度実物試験をやった経験から、その強度が確かめられていると私は思っています。まあ堤防というのは一応の強度を持った構造物であるだろうと思っております。したがって、どういふふう強化するかという考え方がありますが、もし現状の堤防が弱いとするならば、プラスアルファ、なかなか個々に、場所場所によって強度を判定して、それに対する工法を考えていくというのは不可能ですから、ある程度一様にプラスアルファの補強工事をして、堤防全体の平均値を上げるのが当面の対策かなという気もするんです。

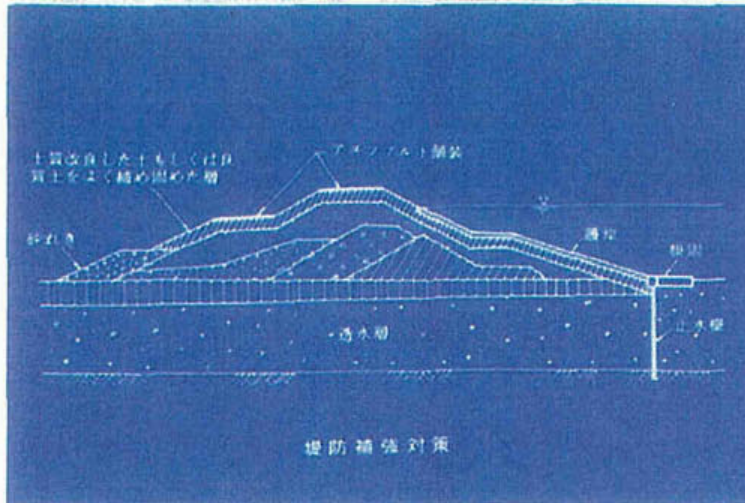


スライド 53



スライド 54

一つの私案として堤防補強工法というのを提出しておりますが、浸透水が堤体を弱体化する、こういう現象が発生いたしますので、表面だけでもある程度透水性の少ない、小ない土質でカバーするとか、あるいは平らなところは舗装するとか、そんなことをやって、水が中に入らないようにする。特に私は重要なのは、雨の影響ではないかと思うんです。それは洪水の来る前に雨がたくさん入っちゃうと、例えば長良川のように800mm以上の雨が事前に堤防の中にしみ込んでしまうと、堤防自体がざぼざぼな状態ですから、そこに洪水が来ると、前からの浸透水がすぐ裏側に影響を及ぼす。こういう状態になりますので、洪水が来る前に堤防がある程度濡いた、含水量の低い状態に保つことができれば、洪水だけの場合であるならば、中にまだ空気間隙がいっぱいあり、前から入った水はまず空気間隙をなくしながら進んでまいりますので時間がかかるわけですね、進むのに。したがって、ある程度堤防に嵩上げ堤防・・・と私は称しているんですが、こういうもので雨水の侵入を遮断しておけば、たとえ洪水が来ても堤防自体の安全性はかなり改善されるんではなからうかという気はいたしております。これは一つの私案であります。こういうふうなやり方もあるのではないかなという気はいたします。



スライド 55

これは小貝川の写真です。止水材を引いて、その上に連結ブロックを乗せて、さらにその上に土をかぶせる。こういうようなことをやれば、雨水浸透は防止できるような構造になって、かなり堤防強化に役立つのではないかなという気はして拝見させて頂いたんですが、こういう工法も一つの強化策かなという気がいたします。

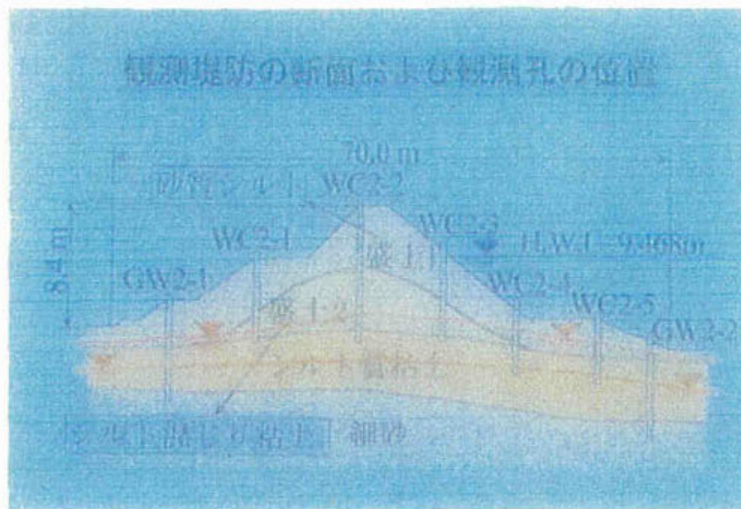


スライド 56



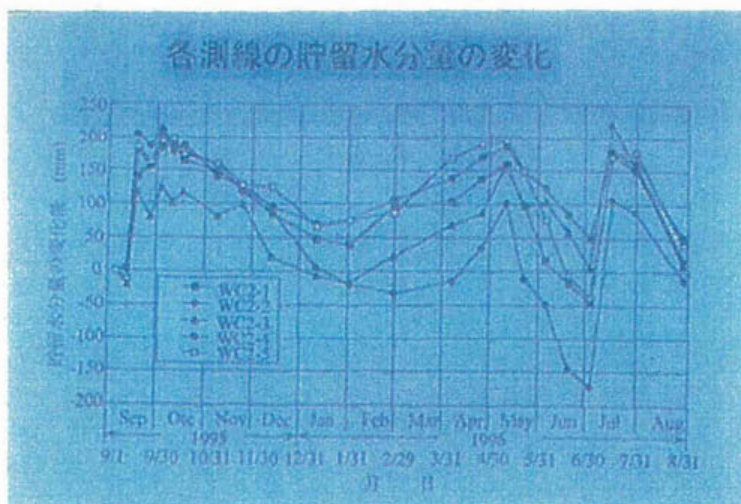
スライド 57

これは江戸川の25kmぐらいですから、松戸市のちょっと上流の堤防であります。左岸堤であります。このように堤防にたくさんパイプを埋めまして、RIのラジオアイソトープのヒートを使って堤防の含水量を1年にわたって観測いたしました。年間を通してこの含水量は変わるわけですね。それを観測いたしました。ここに一つの測定パイプがありますから、地下水以下は含水量は変わらない。ここから上が飽和領域も変わるし、地下水が上がれば含水量はふえるわけですね。



O H P 1

それで、そのふえる含水量を、この水分量、水柱に換算して計算したものがこれなんです。これは一つの測線ですよ。これをごらんになって、水の水柱に貯留水分量というのは一つの測線で、この水分が雨がたくさん降るとふえるんですが、その量を水柱に換算したものであります。全体、こう波打ってるわけですが、最初はゼロ、去年の9月にスタートしましてどのぐらいふえたか。雨が降るとずっとふえるんですよ。波を打っております。これは平均値といたしますと、これは雨が少ないんで、200mmちょっとぐらいの差が出ておりますが、堤防の中に蓄える水の量が乾燥期と雨の多い時期ではかなり内部に蓄えている水分量が変わる。水分量が多いときに洪水がくると結構早く浸潤線も上がり、堤防全体が弱体化する。渴いてるときに洪水が来れば、なかなか裏側に浸潤線が来ないし、堤体自体が水を吸収する時間を稼いでくれますから、堤体が安全であるということが言えるわけです。



O H P 2

きょうは時間があればいろいろ解析した結果をお見せして、解析ではこうなりますと、これはシミュレーションをやるんですが、そういう結果もありまして、例えばこの地下水が上がった場合、あるいは特別な前期降雨があった場合、2回洪水が来た場合にどうなるかとか、そういうのをいろいろ検討しているんです。いずれにしろ、堤防の初期含水比が高いところへ洪水が来ると、非常に堤防が弱体化して危険な状態になります。しかも年間を通して非常に大きく水分量が変化していますというようなことをお示したわけで、もし堤防の設計を今後するとすれば、どういう状態を考えて、例えば浸潤線の成長の過程を予測するかとか、いろんな問題が発生してくると思います。こういうものに一つの資料としてお役に立てばと思ってお示したわけでありまして。これは大体堤防というのは下にシルト層の土質があって、上が盛土なんです、この江戸川の場合、地下水が上がったり下がったりするんですね。

質疑応答

○雨水が主として入ってきてくるんですか。

○山村 年間大体1,500~1,600mm雨が降って、蒸発散量が700mmくらいですけど、1,000mm近い雨が一方的に上から下へいきまして、堤防の中央はやっぱり高いんですね。

○堤防の下でこんもりと水位があるんですか。

○山村 ええ、こんもりとなっていますね。堤防地下水と我々よく言うんですが、昔はそう言ったんです、堤防地下水がこんもりとなっています。

これが2mぐらい、高いところと低いところと出てくる。先ほどの江戸川の実験は低いときにやっていますから、かなり出水期にやる実験とは趣きが異なるだろうと思います。こういうことで、実験をやるにしろ、計算するにしろ、初期条件をどう設定して、どういう計算をやるか、非常に難しい問題だろうと思います。

○細かい質問ですが、これすごくいい土壤材料の堤防で実験をおやりになっていますね。

○山村 この場所を本当に開削調査というのをやって断面を割って調べれば、もっと細かいやつがわかるんですね。幸いに60カ所ぐらいの開削調査のデータが土研にあるんですね。非常に悪い組み合わせにすると、非常に困ったことになりますよね。前側にたくさん砂利のようなものがあるのがあって裏側に水はけの悪い材料があると、水がどっと入ってきて中にたまっちゃいますよね。だから、それがどういう可能性があるかという確率の話かもしれないと思うんですね。そもそも設計せずにつくったものを突然設計にもっていきこうというのはなかなか難しい。従来はいわゆる動物が適当に土を盛り上げた。堤防というのは自然物じゃないかと私は思うんですね。考えずに動物が後ろ足で土をかき上げたようなものだと思います。自然物を今突然大変難しい計算をやって設計しろと言われても非常に難しいと思うんですね。

自然の斜面がありますね。これは道路斜面が主ですが、それを計算やって安全性をチェックしろと言われても、それは無理ですね。ただ、堤防は洪水という洗礼を受けて、大部分の堤防は安全性が一応チェックされているというような救いがあるんですね。安全性は一応まあまあいいということで、それ以上、計算をやって差を出せといっても至難の技で、場所によってかなり違うと思うんですね。先ほどのスライドで見せましたように、ここは非常に複雑ですから、ちょっと距離が違えば、また構成が違ってくる。私は自然物かなと思ってはいるんですが、それをもう一遍最初からやり直してちゃんとつくりなさいということで始めれば、それは立派なものができるでしょう。ただ自然に動物がつくったものをどうするかという話は難しいんじゃないかなと思うんですね。

○江の川で1mぐらい吹いた写真がありました。その地点では非常に大きな洪水があったために吹いた。その後の洪水も、それほど規模は大きくないと思いますが、二度とそういうことが起こってないのか、あるいは規模が小さいながら、やっぱり注意していても起こるものですか。

○山村 忘れますよね。私は長良川で水が吹いたのを見たんだけど、最近行って、どこで吹きましたかと現地の人に聞いてもですね、そんなことありませんかねなんてね、事務所の人を初めとして、みんな言いますからね。私は忘れると思いますよ。かなり吹いてましたよ。家の下から吹いているのを見ましたから、長良川の下流でもね。砂が出るというのは間違いなく地盤が弱体化していますからね、何回もやれば、最後はぐあいの悪いことになるでしょうね。

○今まで大体堤防は長年にわたって洗礼を受けてるからと言いつつも、エイジングで少しずつスカスカ、中身が出てますが、それは矛盾すると思うんですが。

○山村 それは矛盾もありますかね、吉川先生がよくエイジングと言われるけど、基本的には土というのは年月がたつと強くなるんですね。それは水みちができたらくあいが悪いけど、水もだんだん通さなくなる場合が多いですわね。濾過層だってそうですよ、だんだん水を通さなくなる。ですから水みちがあるとこがいけないんですね。だから、そういうところは手っ取り早く手を打つということをやれればいいんでしょうけど、堤防カルテをちゃんとつくって、どこでどういう要請がありましたと、ちゃんと控えてあげればいいんですけども、事務所に行って聞いてもわからないですよ、どこで吹きましたかと聞いても。

長良川は私は直後に行っているいろいろ見たんですが、相当吹いたところがありましたね。阿武隈川でも、もうちょっと水位が上がったら、先ほどアバタがいっぱいできましたが、もっと上がれば吹くでしょうね。矢作川は最近どうなってるか知らないんですが、あそこも随分吹くんですね。堤防自体がかなりがたがたになっちゃってる。だから、そういうのは必ずカルテをつくって、中洪水でどうだったかと、ちゃんと控えておいてもらえば病歴がわかって、必要な対策が考えられると思うんですが、人が最近代わりが激しくて、昔の記録が残ってない。残念ですね。

大洪水は減多に来ないですからね、阿武隈川は33年来て、それから60何年来ましたよね。

大きなやつ。早くても数十年に一遍ですよ。それだけなると昔のことは忘れてますわね。だからカルテを早くつくって、必要な箇所をはっきり後に残しましょうというお願いをしとるんですが、なかなか難しいですね。

- 先ほどのオランダの堤防は、そんなに幅が大きいんだけどももってるというのはどういった構造になってるんですか。
- 山村 いや、構造はわかりませんよ、船の上から写真を撮っただけだから。ただ、余裕がほとんどないですね。日本の堤防はああいうふうになったらもたないですよ。全然もたないですよ。構造的に悪いですからね、何でも盛ってある、盛土ですから。
- オランダはもともと基盤地盤が砂ですから、砂の上に厚い粘土を引いて、そして粘土で堤防をつくっている。その辺の切れるところに排水をつくっている。
- 山村 江戸川の実験でも裏側で1mぐらい浸潤線が上がったらすべり出しましたよね、大きな堤防もね。1m上がったときすべりが発生いたしましたから、浸潤線が上がるとやっぱりぐあいが悪いですよ。
- 一番最後のグラフがありましたね、あれは単位がmmで、30cmの高さの単位で変化していると思えばいいんですか。
- 山村 いや、300mmの雨が堤防の中に蓄えられた。
不飽和ですからね。不飽和ですから、空気間隙率がずっと減るんですね。そこへ水が来ると、空気間隙がなければ、もうすぐこっちに行くわけですよ。空気間隙があれば、空気間隙を満たしながら進んでいきますから、容易に堤防の中に水が入っていかない。300mmぐらいの雨を堤防が蓄えてるわけですね。だから、雨の少ないときに洪水とか大雨降ってもへっちゃらだ。しかし水を蓄えたところへ大雨が降ると、堤防はダウンしてしまうわけです。
- その応答の時間スケールというのはどのぐらいですか。一雨で、例えば何週間ぐらいで……。
- 山村 いや、それはシミュレーションをやってるんですよ、いろいろね。ずっと下へ入ってくるんですね。5、6日かかるんじゃないですかね、下まで。
- 昔は締め固めが弱かったんですが、雨によって締め固められた状態というのは、必要とされる締め固めの程度にはならないんですか。
- 山村 絶対にならないです。軟らかいですよ。明瞭に差があるんですよ。昭和30年代以前の堤防というのは軟らかいですよ。棒を刺していくと固さが全然違いますよ。締めてないんですから。トロッコで持って行って、ひっくり返したただけですから。
ですから、そういう堤防がたくさんある現状において、それがどこにあるかわからないですよ。どこにそういう堤防があるかわからない。私は、かなりあると思っています。私が建設省に入ったころは、全く堤防を締めてませんでしたから。人夫は働くんですよ。1日に3立米ぐらいトロッコに積み込んで、小回りというのをやりましたからね。3立米なんか積むんですよ。それでひっくり返して、こう盛り上げて、それで終わりですから。2、3年してから、雨降って地固まると。固まったから成形して土羽打ち、表面だけね。女の人夫が叩くだけです。ただ、水を抜けば、かなり安全だということであれば、堤体の中はわからなくても、最低限、基盤の法尻にドレーンをいれるとか、そういうことをやる設計論はどうですか。
- それで、ある程度信頼度を持った堤防設計論にならないですか。
- 山村 いや、なると思いますよ。ある程度プラスになるでしょうね。
- 先生がおっしゃったように、中身がよくわからないということは確かなんでしょうけれども、平均的に上げるといのが回答になるのかわからないんですが、平均的に上げるといって、どこからやるかというような話になったときに、どこか過去に現象が起こったというような箇所は最優先だと思うんですがね。そのほかはどういうお考えですか。
- 山村 それとか、一番客観的には、水位の差が大きい所とか、堤防の断面がやせてる所とか、いろいろあるでしょう、客観的に。
- 計算というのはそういうのと同じレベル、あるいはそれをフォローするようなものとしては使えないんですかね。
- 山村 計算をやってもね、最初に答えがあるんじゃないかと思うんですよ。そんなにうまくいかないですよ、すべりの計算というのは、円弧すべりの計算なんていうのは。
- エイヤと、思い切りではあるんですけども、そういうものがないと、どの規模の応急対策をやったらいのかというのは、一応、割り切りでもいいから決まらないんですよ。感覚だけの世界だと。何かの割り切りというか、やり方がないと。補強をやるにしても何かのやり方が要る。
ただ、浸透流解析を河川の場合はかけるんで、そこが一番道路と違うところなんですけども、道路の場合はもう円弧すべりだけですから。
- 山村 だから、浸透流路解析も、本当にいいことをやっているかどうか私もよくわかりませんよ。現状やっているやつが。

- やっぱり動態観測なんかも併用しながらチェックして行って、将来、精度を上げていくということをやらないと、何か武器は、設計手法は要るということだとは思うんですね。何も無いともう経験だけということになる。
- いつも悩んでるのは、堤防の技術論というのが、長良川のときの井上陳述書的な経験論というところ考え方だけでいってしまうと、どうも先へいく道がなかなか見えてこないところがある。じゃあ何をすればいいんだと。
- ある程度、ストレートに堤防設計につながるかどうかは別にしても、堤防の安全性というのをどのように評価していけばいいのかとか、そういうことを勉強することによってある意味では技術の方向というもののが少しずつ見えてくるような努力をせにゃいかんのかなと思うわけです。
- 山村 いや、それはいいですよ、それは私も認めるんですが、道路だって鉄道だって標準断面があるわけですね。河川堤防は標準断面ではいけないんですか。
- それは大原則です。それは大原則で、その標準断面の中でも安全度の高いところ、低いところ、まちまちバラツキますね。弱いところはやはり相対的に強化していこうという方向なんです。
- 山村 だから一応、一応これなら安全で、普通だったら安全ですよという標準断面があつてね、悪いところはプラスするという考えならいいんですよ。
- 堤防の内部構造というのなかなかわからないところなんで、悩ましいところではあるんですけど。洪水を守る最後の線は堤防で、地域のいろんな方々が全部、自然物だと思ってもらえるかということ、なかなかそうはいかない。その狭間をどういふぐあいに埋めていけばいいのかということと悩んでるという状況かなと思ってるんですがね。
- 長良川の河口堰のときも多少低水位が上がるということに対して、詳細な浸透流解析と補強対策を決めて、それをオープンにしてようやく納得してもらったという、それしか説得のやり方がなかったというのはありますから、やはり説得の材料としては、合ってるか合っていないかは別にして何か要るんだろうという。
- 山村 ただね、円弧すべりの計算でうまくいくかどうか私は自信はないですね。一応標準断面というのは、まず最初に安全であるというものを考えてるでしょう。それで、どうも不安だという場所のみについて検討するという方向なんでしょう。
- 堤防の定規断面だけで安全にしようといっていないですよ。水制とか護岸、根固めその他相まって安全にすると、ここをどうやったら安全なのかという、物差しがない。それは設計論なのか評価論なのかわかりませんが、何らかの形で数字としてあらわしていかないと、どうも説得力がなくなっちゃうんじゃないか。
- 山村 相対評価で弱い場所を見つけて、その場所について説明が必要であれば、いろんな計算なり、あるいは解析なりをするということじゃないですかね。相対論、相対的にですよ。相対的に弱いところを見つけるのはいろんな情報を全部重ね合わせて、ここがどうも一番弱そうだというのを客観的なデータから定めていく。
- それで抽出されたところについて、補足的なことをやって、それで計算をやっていくと。
- 山村 そういう場所についてはね、ある程度、こういう面がどうも不安であるというなら、それについて検討するというような形がいいのかなあと。例えば漏水が心配であれば、漏水に対する検討をする。それはすべりというのがあるのかどうか私はわかりませんがね。
- 先生がおっしゃったのはある意味では堤防って意外と丈夫だということですか。
- 山村 いや、意外と丈夫なんですよ。何か特別なやつがあるとガサッといくな。だから、なかなか計算に乗らないんじゃないかと思うんですね。例えば変なものがあったとかね。地盤が特別に悪かったとかね。何かやっぱりあるんでしょうね。普通だったら容易に壊れないと思いますかね。
- 54、5年ごろ、ガンとか随分調べた記憶はありますが、今どうなってるかと言われるとちょっとあれですけど……。
- ちょっと質問なんですが、先ほどのスライドの中でも、堤防の法尻付近でブワッと出てるやつと、大分遠いところで出てるやつがありますね。脹らんでるところ。ああいうのはやっぱり、重要なのは近場のところなんですか。
- 山村 近場の方でしょうね。遠いところが盛り上がってるのは表層がすかすかですね。調査をやる人が現状を認識してないんじゃないかと思うんですね。どういうものであるかということ、全く見たことも考えたこともない人が調査をやるんじゃ、あまりいいものは出てきそうにないですね。
- 司会 こういう機会を持ちたいということ持てずに今まで来てしまったわけで、まだまだ山村先生の方も言い足りないところとか、あるいは地震についてのお話とか、まだいろいろございますので、こういう場をまた設けさせていただきたいと思っております。
- 本日は、どうもありがとうございました。

午後 8時50分閉会