河川堤防と河道計画

(財)河川環境管理財団
河川環境総合研究所所長
山本 晃一

山本です。この研究会に出てから、どうも委員は何かしゃべらなきゃいかんということになっているらしくて、ちょっと困ったなと思っていました。というのは、私は河川の堤防そのものを直接、自分で研究したことがないんです。大体、私の周りでいろんな人が堤防の仕事をしていました。

今から20年ぐらい前だと思います。堤防の設計論を確立しようということで、国土センターが事務局になって検討が始まりました。そのとき、私はちょうど河川の室長でしたので、河川構造物の担当ということもあって、一緒に仕事させていただきました。そこでは土質基盤工学的な情報が、出てくるわけで、あのころ三木さんがやっていたかな、それで何となく土質のことも少しずつわかってきたというのが実態です。

ただ、河川の堤防の研究というのは、土木研究所ではかなり古くからやっていました。1960年代の中ごろが多分、初めじゃないかなと思います。土研にいました、東大にいった福岡先生が、高分子材のシートを堤防にかぶせて、それによってどのくらい破堤までの時間を遅らせることができるかと、そんな実験的研究をやっていました。それはそのままそれで終わってしまって、研究がうまく継続しませんでした。

長良川の破堤(1976年)があった、私が赤羽にいたときに、堤防の研究が豊島支所長の命令で始まりました。私は研究担当ではありませんでしたが。どういうことかというと、堤

防をあふれても壊れないようにしたらいいのではないか、天端を舗装したりすればどれだけ破堤時間を延ばせるのだろうと、そんな研究をやれということになりました。1971年か2年ごろだったと思いますね。

それで全国の堤防越流事例を、アンケートをとったりして、かなり一生懸命データは集めました。実験的研究も小さな堤防をつくって、越流すると、流体力が一番大きくなるのはどこか、流速はどのぐらい出るかなどの検討を始めました。

ところが、1976年の長良川での破堤後、裁判になってしまって堤防の研究がそれからちょっと止まってしまいました。それで情報が出せなくなってしまい、破堤事例も、ある意味ではマル秘文書になって、ロッカーに入ってしまったという時期がありました。そのときは土質力学的な観点から堤防の研究をやっていたわけじゃないので、どっちかというと水理学的な観点から、破堤現象というのは何だろうかなというようなことをやっていました。

もう一度、堤防の研究が始まったのが、1980年代の中ごろだったと思います。私はそのころ総合治水研究室の室長をやっていました。総合治水研究室と河川研究室でチームをつくって、耐越水堤防の研究というのが始まります。そこではかなり大きな、高さ何メートルかな、２メートルくらいの堤防をつくって、まずは土の堤防で越流させるとどんな現象が起きるのかというような観察的な検討を始めました。

その後､少し耐越水を頑張ろうということで､いろんな構造の表面被覆材料で被覆して、実験的に調べました。越流深、たしか10cmか15cmぐらいだったと思います。それはなぜそんな数字にしたかというと、過去の実態から、そのくらいの越流深になるということで、実験条件を設定した記憶があります。それは河川研究室がメインに担当していて、藤田さんが主に実験をやっていました。そのころ耐越水堤防とは言わなくて、アーマーレビーと言っていました。

いろいろやってみたのですが、うまくいかなかったですね。玉石張りでは、ごろごろっと壊れちゃうんです。連節ブロックを置いたらどうなるかというと、連節ブロックはすべっちゃうんです。結構、耐越水堤防をつくるって難しいなということになって、また福岡先生の方式に変わっていきました。高分子材を少し堤防の表面の下に入れて。それでも、水が下に入っちゃうと、揚圧力が働いて浮いてしまい、それをどう対処するとか、いろいろ工夫しながら、一応アーマーレビーの設計基準というようなものを藤田さんが主執筆者となって報告書として書き上げています。

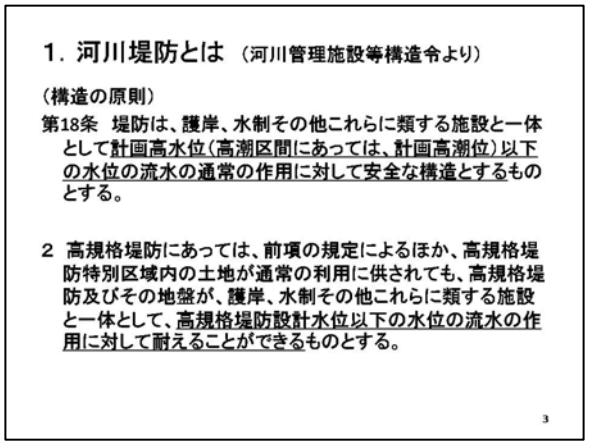
私のほうは総合治水ですから、氾濫現象というものをどう考えるかと。氾濫って何だろうかと、氾濫水の広がりってどうなるのかを検討しました。そのころ氾濫水の計算を、京都大学でやっていて、そういうものを参考にしながら氾濫現象をどうシミュレートするかというようなことを始めたのがそのころですね。それも私が担当していたわけじゃなくて、末次さんが実質的な検討を行っていました。

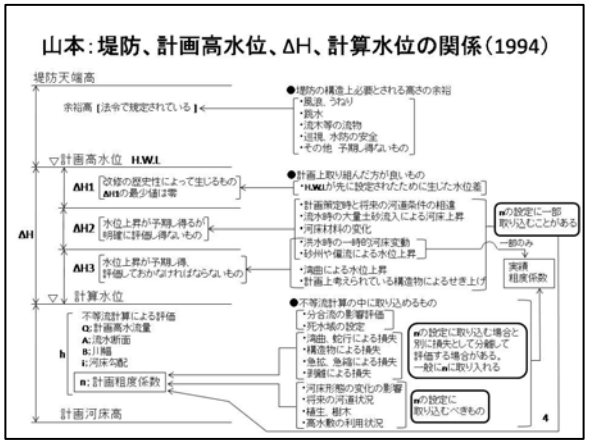
それから私は外に出向してしまいました。戻ってきたのが昭和の終わり、平成の初めころです。また河川研究室に入ったわけですが、ちょうどそのころ堤防の設計をちゃんとやろうじゃないかというような気運があって、検討が始まったんですね。それ以前は、どちらかというと定規断面方式で、施工だけの世界で堤防を作っていました。堤防設計を土質工学的に真剣に検討を始めたのが、1980年の終わりぐらいになりますね。国土センターが事務局を担当していましたから、センターの人のほうがよく覚えていると思います。

それで私は河川室長という立場で、いろいろ議論はやりました。堤防の浸透崩壊については、土質研究室のほうで一生懸命やっていましたから、私のほうは、設計外力とはそもそも何かとか、それを検討する立場に置かれました。その話を今日はお話ししたいと思います。

皆さんはどちらかというと土質系の人が多いので、あまり興味がないのかもしれませんが、堤防について、河道計画と書いてありますが、設計外力をどう考えるかということについて、お話ししてみたいと思います。

堤防はある設計外力に対して耐えられるように構造設計するわけですが、そもそも外力って何でしょうか。一番問題になるのが、要するに計画洪水位(H.W.L.)って何だろうかねという問題です。一応、H.W.L.が設計の外力条件になりますから、それって何だろうか、どう考えたらいいんだという問題です。当時、洪水時にどんな水位になるかというのはそれほどよ





くわかっていなかったと思いますね。

もう一つ、余裕高ってそもそも何だろうかということですね。余裕高というのはH.W.Lより上にある。盛るんですけど。H.W.L.より高くなっています。重要堤防だと2.5mぐらいあるのかな。最低60cmぐらいは必要ですねということになっている。そういう問題をどう考えるのかなと。それは、H.W.L.ってそもそも何かなということにかかわってきます。

それからもう一つ、堤防には浸透水とか水圧だけじゃなくて、流速という剪断力が働きます。それに対して堤防をどうするかという問題がありました。要するに堤防とはどういうことかというと、3つの課題について、1980年代の終わりくらいから設計論として考えざるを得なくなったと言うことです。

これはまた堤防設計論だけじゃなくて、ちょうどそのころも河道計画のあり方をどうするのかということが課題として検討し始めた時代で、もうちょっと後かな。1990年代中ごろ平成9年に河川法の改定があって、環境の機能をちゃんと河川の機能として評価して河川を管理していくという時代になりました。そういう時代状況の中で、もう一度、余裕高とは何かとか水位とは何かというのが問われるようになったんです。これは堤防だけの話ではなくて、河道のつくり方論とも当然絡んできます。そんな話の中でちょっと考えたことをお話ししていきたいと思います。

河川管理施設等構造令に書いてある構造の原則は、「堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位以下の水位の流水の通常の作用に対して安全な構造とするものとする」としています。これは今も変わっていませんね。ここで考慮しなければならないのは、堤防は護岸、水制と一体になっている施設ですということです。それから、流水の通常の作用って何だろうかということです。この辺をしっかり定義づけしなければ、この構造の原則を理論化、技術化できないですね。

その後、高規格堤防というのが出てきます。俗にスーパー堤防と言われていますけれども、構造令には「高規格堤防設計水位以下の水位の」……、高規格堤防には高規格堤防設計水位というのがあるんですね。計画高水位とはちょっと違います。これをどう決めたかというのは、何か議論したような気がしますけれども、最終的に決めたときには私はタッ

チしていませんのでよくわかりません。ただ、周辺の人に聞いたら、「計画堤防高プラス15cmか20cmくらい」というような話をしていました。

それで、そもそも堤防に働く力、H.W.L.とはそもそも何だろうかねというようなことが議論になりました。「H.W.L.というのをもう一回整理してくれませんか」と言われて、自分なりに整理したのがこの図面です。

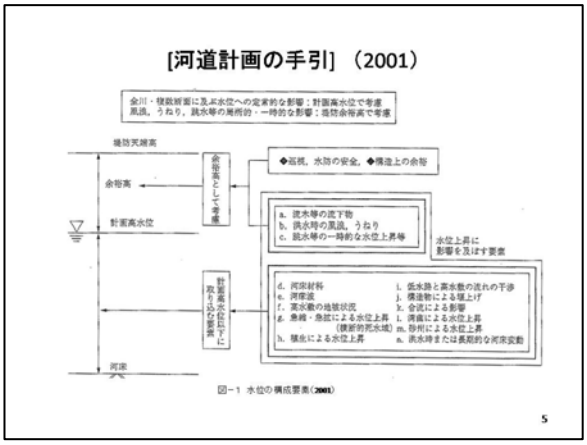
法令で規定されている余裕高って何ですかね。構造令の解説書によると、堤防の構造上必要とされる高さの余裕で、風浪、うねり、跳水、流木等の漂着、巡視、水防の安全、その他予期しないものとなっています。今までの堤防は、設計で外力として、これらを量的に評価していませんでした。これをどう考えるのかなということですね。風浪ってどのくらいあるのとか、跳水ってどのくらい大きいものになるのと。流木等の漂着というのは、これは大した話じゃないと思うんだけど、その他予期しないものなんていうのは、わからないものは予期できないので、あまり意味がないんだけれども、これをどう考えるのかなということですね。

また、計画高水位というのは、大体、工事実施基本計画で決まった水位が今でも大体踏襲されていて、ほとんど動かしていません。堤防を含む河道は、計画高水位流量が流れたときに、計画高水位以下になるように設計しなければなりません。計画高水位以下になっていない箇所は当然、改修して河積を増やしていくわけですが、現実には計画高水位以下で流れちゃう河川がありましたね。それをどう位置づけていくんですかというようなことが少し議論になりました。

改修の歴史性、余裕があるからと言って計画高水位を変えようかということはできないですね。現実に、社会的には。要するに計画高水位という概念があって、周辺の構造物がこれで規定されているわけですね。橋の高さなんかもそうだし、道路や周辺の地域計画も計画高水位を見ながらいろんな構造物が規定されるわけですから、これを簡単に変えるわけにいかないですね。流下能力が上がったからこれを下げようという世界には多分ならないだろう、現実的にあるこの差分をどうするのか。歴史性としてはっきり位置づけてしまったらどうかなと、私はそのときそう思ったのですが。他にもいろんなものがあって、これらをどうしていくのかな、つまり、量的にどう評価していけばいいのか、当時の私には整理がつきませんでした。この後、整理を少しずつやっていきました。

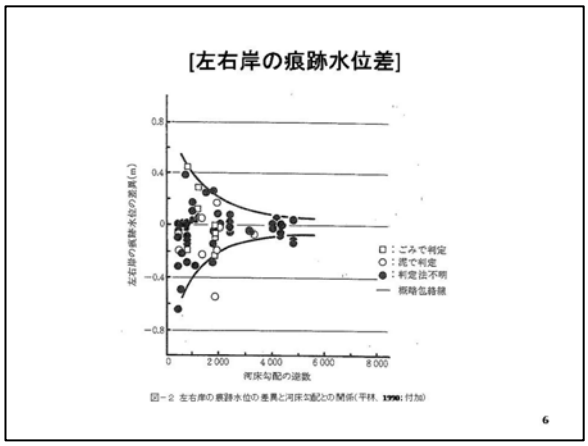
その成果が今の河道計画の手引きになっていて、あれは2001年にできたんですかね。国土センターが編集しました。

そこでは、基本的な整理はこの図のような整理になっていて、私がいろいろ何か変だなと思ったようなことはすっぱり切ってしまったんですけれども、従来から言われている形で絵がかかれています。余裕高は、先ほど言った構造令で規定されるような書き方になっている。しかし計画高水位以下に取り込む要素というのをしっかり規定した。これがかなり重要だと思います。これを量的に評価せざるを得なくなって、そのとき持っている情報の中であえて評価してしまったというのが現実です。

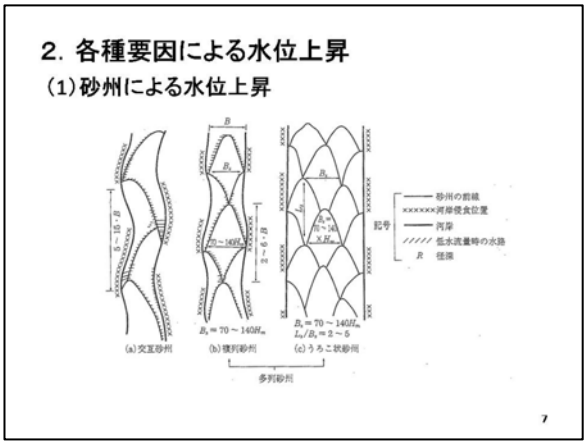


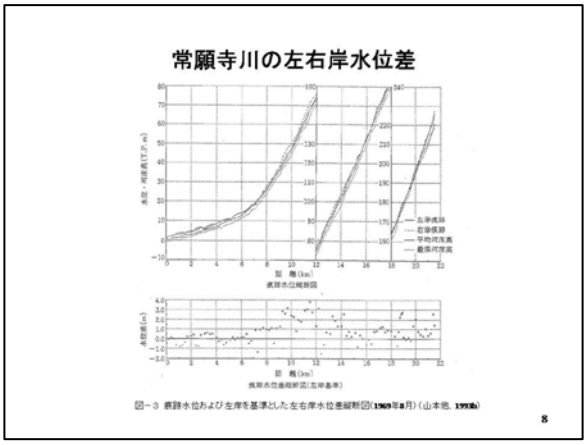
水位に影響する要素の量が規定されないとH.W.L.が決まらないので、どうしても必要な情報なのです。それが従来、整理されていなくて、計画論として完成していないというか、穴があいていて、それを少ししっかりやりましょうというようなことを、1990年代の中ごろから5年ぐらいの間でやっていて、それの成果がこの河道計画の手引の中に入っています。この河道計画の手引で規定されたH.W.L.が堤防の設計の外力条件になっていくという形に一応今のところなっています。

堤防って、洪水のときにはどういう水位になるんだろうなと。右岸と左岸ではどうも水位が違います。どのくらい違うんですかねというようなことをまずは始めました。これは左右岸の痕跡水位差です。これはどちらかというと河道が真っすぐなところで、湾曲なんかしていないところのデータをとって、横軸に河床勾配の逆数、縦軸に左右岸の水位差。左右岸というのは、右と左を比べて、どっちを正にしたか忘れましたけれども、要するに右岸と左岸の水位差です。これは1990年にやった資料です。これでいくと勾配がきつくなると、どうも左右岸水位差が大きくなってしまう。何で大きくなってしまうのか、正確なところよくわかりません。ただし、これが実態です。これをどう計画論に入れるんですかねというようなことが１つの課題になりました。



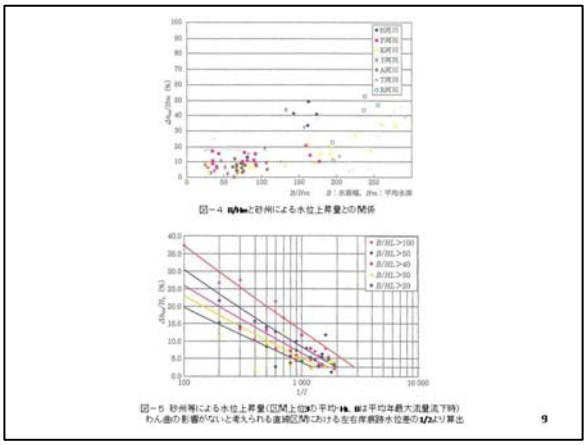
なぜ右岸と左岸で水位の差がつくんだと。勾配がきつい河川ほど右岸と左岸で水位がつきますよ、それはなぜなんだろうかねということですが、河川というのは、川底は平らじゃないんです。直線状の河道のところでも川底は凸凹、かなり大きな凸凹していまして、これを砂州と言います。瀬とか淵という概念とリンクしています。砂州が自然にできちゃうんです。洪水時でも流れが少し蛇行します。凸凹していますから。深いところと浅いところは当然、何か水面の形として水位の違いが横断方向に出てきてしまいます。それによる水位差というのが非常に大きいということがわかりました。





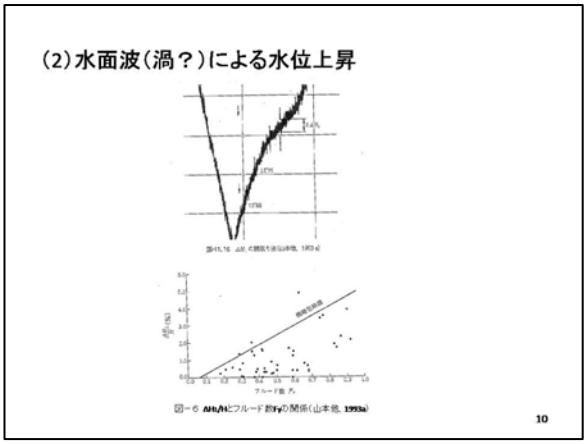
どのくらいあるんだろうと。特に問題になったのは扇状地河川ですね。扇状地河川、痕跡水位を各工事事務所に頼んで、記録をいただいてきました。それを見ると、勾配が150分の1ぐらいの河川だと、大体1.5mぐらい左右岸の水位差がつきます。こんなに水位差がついちゃうんだ、これをどうするんだろうと、これを予期しないとは言えないので、これはちゃんと設計論に入れなきゃいけませんねというようなことにしました。

その後、河道計画の手引をつくるときに、もうちょっとデータをしっかり集めようということで、全国からもう一回、痕跡水位のデータを取り寄せて整理したものがこの図面です。これによると、非常に大変な話なんです。勾配100分の1の河川ですと、平均水深に対して左右岸の水位差が30%ぐらい出てきちゃうねという世界ですね。扇状地河川、100分の1の勾配の河川というと水深はそんなに深くなくて、計画高水位流量でも2.5mぐらいですから、2.5mの3割というと、70cm、80cm、1m近く出ますねということになりま

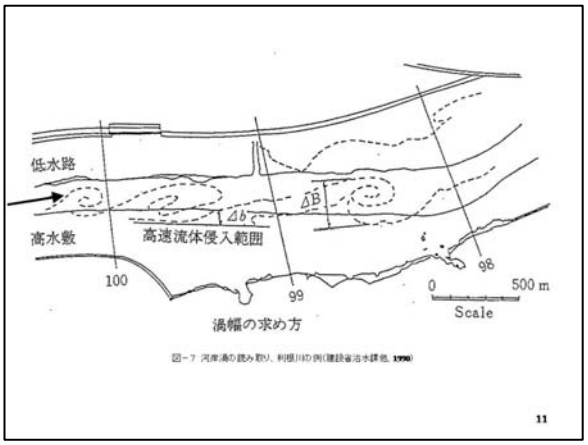


すね。理論的ではないんだけれども、実績としてこうなっているので、これはこれで計画論の中に入れたらどうかということで、砂州による水位差というのは、H.W.L.を評価するときにちゃんと入れましょうねという形にしました。

それから、砂州というのはかなり大きくて、1つの長さが500mとか600mとか、もっと長いと、800mぐらいある、そういう非常に大きなスケールの現象です。ところが、水位観測所のデータをいただいて記録を見たとき、水位のデータがふらふらしているんですね。これは何だろうかねということになりました。皆さん、洪水のときに、よくテレビなんかで見る山の中の洪水を見ると、水面、ものすごく乱れているんです。どうも水面というのは、ある流量が来たらある一定の水位になるんじゃなくて、表面が乱れている。その乱れた水位がこの観測所の水位計にどうもあらわれているねということです。



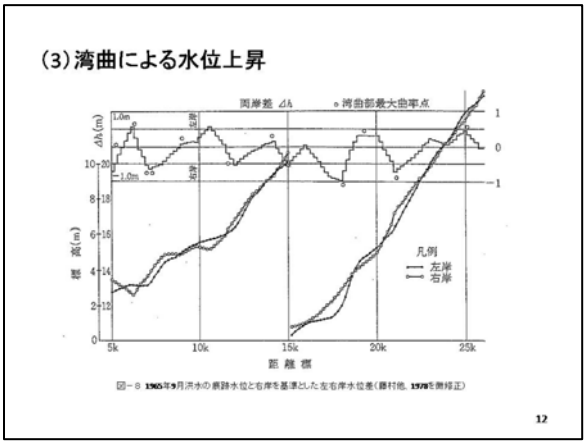
この波長は結構長くて、1秒とか2秒という周期を持つ波長じゃありません。要するに導水管でつながれているので、小さな波が消されているような波ですね。この波の高さをどう評価するのかなと。これもしょうがない、いろいろなデータ、観測所のデータを集めてきて、その変動幅をチェックして、変動幅と何かの関係性がないかなというようなことを調べたのが図-6ですね。



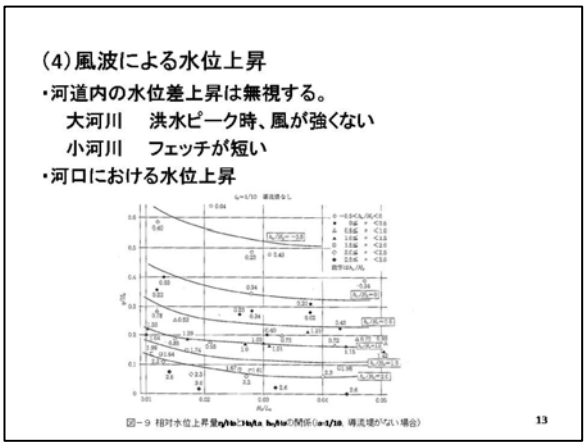
どうもフルード数と関係がありそうです。フルード数が1に近くなると、どうも表面に、水面に波が生じる。その波がどうも結構ありそうだねというようなことがわかってきました。これも少し計画論の中に取り込もうねと。勾配ごとに、ある勾配以上だったら最低15cm入れようとか、そんなふうに決めたような記憶があります。

勾配が緩い河川でも水面変動があるんです。洪水のときに利根川へ行って、洪水のときの流れを見ていると、川幅いっぱいぐらいの大きな渦ができているんですね。そういう渦によって、どうも水位の変動は生じるということだと思います。だから勾配が緩いからっ

て変動がないかというとそうでもなくて、ある程度、何か15cmぐらいはどうも変動しているようです。



あと、左右岸の水位差で問題になることは湾曲ですね。湾曲は遠心力によって水位差がつくわけですけれども、遠心力だけじゃなくて、水がぶつかるというような要素もほんとうは入っているんですけれども、湾曲による上昇も当然考えなきゃいかんので、それを入れましょうということにしました。これはなるべく単純なもので、水位差$\Delta H=mBV^2_m/gr_c$というような簡単な式にしてあります。それによって湾曲による上昇量を押さえるということにしました。



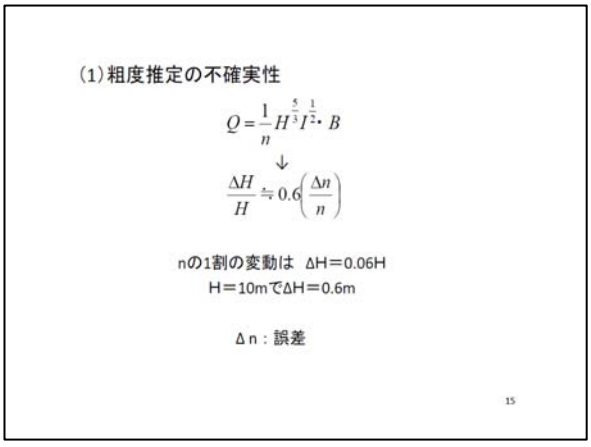
それから、風波というようなことが出てきて、ちょっと計算してみると大したことないので、あんまり風波のことは考えなくていいんじゃないのかなというのが答えなんです。基本的には考えないでいいよということに今なっていると思います。ただし、河口部は波浪によって水位が上がっちゃうことがあるんです。特に中小河川は河口の水深があまり深くないので、波浪が来るだけで河口付近の水位が上昇してしまいます。これについての配慮は今のところ入れていません。通常、小さな河川だと河口砂州ができちゃうので､河口砂州高は波浪による打ち上げに規定されてしまうので、河口砂州があるところはあんまり関係ないんです。導流堤をつくって河口部の水深で2mぐらい出すと、4mぐらいの波が来るとかなり水位が上がってしまうということで、それを評価して、河口部の堤防設計のところには設計外力として入れないとまずいなというようなことを検討しましたが、これは入っていなかったと思います。基本的に直轄の場合には高潮区間があるからあんまり問題ないんです。中小河川の河道計画を考えるときに、あるいは堤防の高さを考えるときには定義づけできませんでした。配慮しないとまずい上昇量ですね。

次に余裕高の問題です。余裕高ってそもそも何なのかなと最後まで定義づけできませんでした。私自身は、構造令に書いてある余裕高というのは何か変だなという気がしていて、我々、自然の中で起こる現象って完全に予測できないということも、もっと素直に、わからないところ分だよぐらいのことでいいんじゃないのかなという気がしているんです。

例えば粗度係数一つにしたって、今は、低水路の粗度係数と高水敷の粗度係数をちゃんと評価して、それを使って水位計算しましょうねというやり方をしていますが、粗度係数を決めるとき、それがどのくらいの誤差を持つのか。1割の誤差はあるというのが実態だと思います。その差異を含めて、粗度係数を大き目にとって設計するべきなのかと。工実の世界ではどっちかというと大き目にとってきた河川が多いんですが、どうも恣意的なので、私はなるべく恣意的にやらないで、そのときの知のレベルで、多分これがいいんじゃないというような値を使ったほうがいいんだろうかと思います。それでも、さっき言ったようになかなか粗度係数は一定値に決まりません。

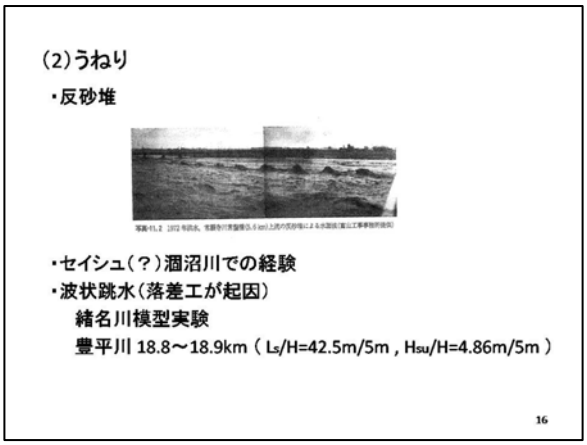
そういう何か誤差みたいなものを余裕高と考えたほうがいいんじゃないかなと私自身は思っています。そういうふうな考えで余裕高を設定している国もある。例えばドイツなんか、どうもそういう考え方で余裕高を決めているようです。

粗度係数がどのくらい違うとどのくらい水位差が生じるんだろうか。nが1割、粗度係数が計画上、0.025にしましたが、実態は0.027でしたというときに、どのくらい水位は上がるんですかねということです。簡単に計算すると、1割違うと、水深の6%の差異が出てきます。Hが10mで60cmです。Hが10mといったら、大体、大河川の1/5000の河川がこのくらいの水深になると思いますが、nが1割違うと60cm違うんだと。そういう中で我々は川を管理しているんだよということなんだと思います。



不確実性というものをどこに担保するのかなということなんですけど、土の設計に使っている物理ファクター、例えばc,φでもいいんだけど、透水係数でもいいんですけれども、１割どころじゃどうもなさそうですねというのがあって、それは安全率という概念の中で担保していると思いますが、河川の計画の中のH.W.L.には安全率の概念はありません。その安全率に近いところが多分、余裕高という概念になっているのかなという気がしていて、そういう不確実性、我々が持っている知というか、自然に対してどれだけ正確に知を持っているのかというところの不確実性みたいなものを余裕高と言っているよと言ったほうが何か説明しやすいなと私自身は今でも思っています。何かあまり難しく言わないほうがいいんじゃないかなと。

次は、うねり、セイシュ、わかっていないことがたくさんあります。私は涸沼川で、洪水観測をかなり長い間やりました。勾配はそんなきつくない河川ですよ。河床は粗砂、砂利まじり粗砂という河川で、勾配が1/600くらいの河川です。右岸と左岸の水位が数分で揺れるんです。流速もすごく変わっちゃうんです。右岸側に何かわっと寄ってきたとき、ものすごい流速を出すんですけど、ふーっと引いてしまうと流速がほんとうにゼロに近くなる。ゼロじゃないんですけど、非常に遅くなるという。それでふらふらしているんです。そのとき、ちょうど夜中の1時か2時だったので、ほんとうは計っておけばよかったんだけど、ぼうっとしていて、せっかくおもしろい現象をとらえていたんだけど、計っていなかったんですね。もったいないことをしたと思うんですけれども、そういう何かよくわからないことが結構あります。結構真っ直ぐなところですよ、それなのにほんとうに10cm以上のオーダーの水位差がつくわけですね。それが右へ行ったり左へ行ったりする。何なんでしょうね、これ、何でこんなものができるのかなと、今でもよくわかりません。セイシュですかね。



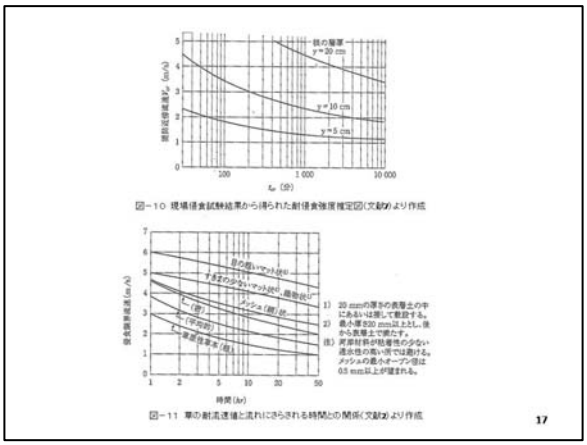
あと、波状跳水というのがありますね。落差工の下流で、これは結構知られていることですけれども、跳水が起きます。緒名川で床どめを入れる実験をやりました。床どめ下流でものすごい波が立って、メートルのオーダーの波が立ってしまった。豊平川で現実に4.85mの波ができた。平均水深5mくらいなんですけど、ものすごい波が出たと。そんなものが

起きたらどうするのかなと。こんなもの設計論じゃなくて、そこだけの話なんだけど、５波長ぐらいあったんですね、あれね。こんなのどうしたらいいのかなとか、水位一つにしても、まだまだよくわからないことがあります。

床どめをちょっと工夫すれば波は消えると思いますが、いろんなことがあるんですね。こんなこともわかっていなかったのかと、土質の人たちに言われそうな気がしますが、まじめにこういう話を河川工学として取り込んでこなかったんですね。それでたまたま、ここ10年、20年の間で堤防の設計論だとか、あるいは河道計画の考え方をもう一回見直そうねということで検討が始まったわけです。河川の技術というのは非常に保守的な技術で、一旦決めちゃうと動かないんですね、少なくとも平成以前は特にそうだったと思います。

それは河川技術というのが内務省の技術で、閉じた体系だったということが大きいと思います。新しい現象に関する知見をなかなか計画論の中に取り入れないというのかな、取り入れないんですね。こういうことがあるんだけど、こうしなきゃいけないんじゃないかというような意見を言っても、なかなか取り入れてくれないという世界があって、非常に保守的な技術だったと思います。それが平成の時代になってきて改まってきて、よくなってきたと思います。その原因は河川の技術の担い手が大きく変わっていったということが大きいと思います。

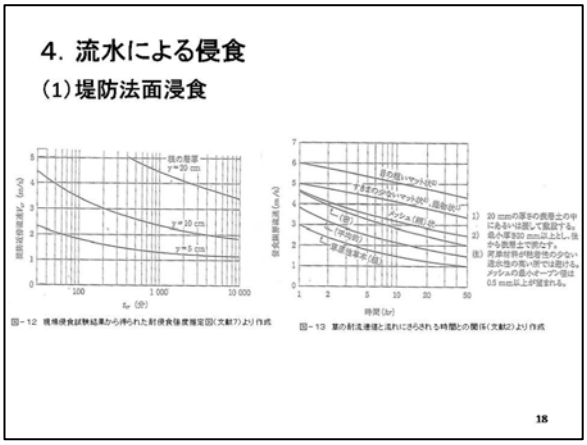
もう昔の内務省技術には多分、河川の技術は戻れませんから。ただし、問題は川の研究をする人がいなくなってしまう、生態の研究をする人は増えたんだけれども。つまらない話だけど、水面形一つにしてもよくわかっていないというようなところがあって、こういう話はだれが担うのかなとちょっと心配です。



図－10 現場侵食試験結果から得られた耐侵食強度推定図(文献8)より作成
図－11 草の耐流速値と流れにさらされる時間との関係(文献8)より作成
17

それから、堤防の耐浸食の問題です。越流という意味じゃなくて、洪水時、堤防の前面は、当然、流速があるわけですね。流速が速いと浸食されてしまいます。通常、堤防は植生があって、それで守っているわけです。その植生がどのくらいの流速まで耐えられるのかというのが大きな技術課題です。これについては経験で、河床が砂の川ではわざわざ堤防に護岸を張るというようなことは特殊なところでしかやりませんでした。それでほとんど間違いなかったと思うんですけれども、実際どうなんですかねという

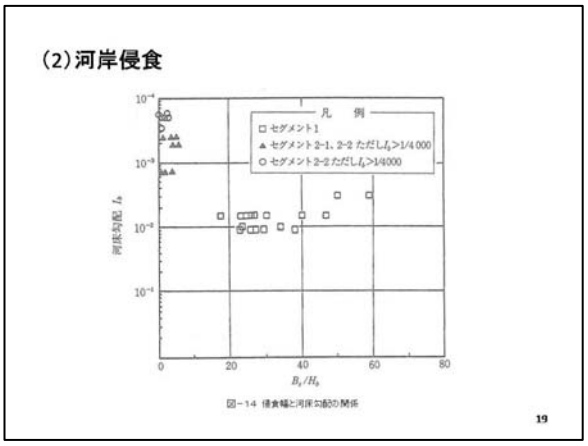
ようなことが、要するに技術的にちゃんとした検討が始まったのが、これもそんな昔の話ではなくて、25年ぐらい前ですね。土木研究所で少し始めました。どのくらいの流速で草がはげちゃうのかねと。そういう成果が出てきて、そういう成果も使いながら堤防の被覆のあり方、つまり緑があっていい堤防と、緑だけじゃどうも壊れちゃうねという堤防と、何かどこかで決めてやらないとだめですね。というのは、堤防というのは護岸、水制と一体になってと書いてあるんですから、当然、護岸も必要なところはつけなきゃいけませんねということになると思います。



それはどんなところでつけなきゃいけないのということになってきて、経験的には、少なくとも扇状地河川については護岸はできていますね。ほとんどの河川。できていない河川もありますが、直轄河川ですと大体できています。それで、何となく経験で学んでいて、草ではもたないということがわかっているので、そこは護岸にしていたんだと思います。それも少し力学的にほんとうにどうなのかなというようなことが検討されたのはそんなに昔でありません。護岸の設計法はなかったんです。20年前はなかった。護岸の力学設計法が刊行されたのが1999年です。そういう意味で、堤防だけではなくて、河川にかかわるいろんな技術体系がここ平成になって大きく変わってきて、新しい動きが始まりました。私自身は非常にいいときにいて、多少なりともいろんな研究成果が取り入れられてよかったんですが、そういう時代変化がないと、どうもその川の技術がワンランクアップしないという、そこが何となく気になるところです。現役のときからそう思っていましたが、新しい情報をどういう形で計画論とか、あるいは設計論の中にうまく組み込んでいって、新しい体系をつくっていくかという、そういうルーチンの仕事が、ルーチンというか、そういうシステムが今でもまだうまくできていなくて、どうしていくのかな、これからは？

それをやるのは学会という形になるのか、どうも財団法人はつぶされちゃいそうですから、どういうシステムをつくるかが何か早急に考えないとまずいんじゃないかなという気がしています。それは役所だけじゃなくて、学会も考えないといけないんですが、技術情報をどうやって実体化するというかな、実践化するか、そのルーチンを何かうまくつくっていかないとまずいなと思っています。

あと河岸浸食ですね。堤防というのは、堤防の前に高水敷があるとは限らないんですね。皆さんがいろいろ研究しているのは大体、砂の川ですから、大体、高水敷はありますが、その高水敷の持っている意味性をちゃんと考えないとまずいということです。低水路にメインの洪水が流れ、河岸が浸食されて、その浸食が堤防まで及べば堤防は壊れちゃいますね。じゃあ、どのくらいの幅の高水敷が要るんだと。切り代ですね。そういう概念が必要でしょうねということになってきました。



図－14 侵食幅と河床勾配の関係

それは河道計画の手引の中でも、堤防防護ラインという概念の中に生かされています。要するに堤防というのは河岸浸食に対しても耐えられるような堤防でなければなりませんねということです。ちゃんとした護岸をつくってしまえば高水敷は要らないんですが。河岸浸食がどのくらい生じるんだろうというようなことを整理する必要がありました。たまたま、土木研究所で、高水敷の位置づけ論をやったときに、そういうデータをとっていたので、そのデータを使いながら、河道計画のほうに生かしました。当然、堤防の設計論の中にも、堤防の前面の形がどうあるべきかということに生かされる形になってきたと思います。

砂の川であれば、過去の実績からみると、浸食されてもたかだか多くて20m、それ以上は行かない感じがしますね。だけど扇状地河川ですと100mぐらいの実績があります。一発の洪水で100mの高水敷がなくなってしまうというようなことが最近でも起きていますね。鬼怒川はちょっと前の洪水で100mくらい浸食されました。堤防の近くまで行って、ちょっと危なかったんです。そんなことも起きています。堤防の安全度を考えるときに、河岸の浸食というのをどう見積もってやるかということが大事なことですねということです。

この見積もりにおいて、もう一つ問題になるのは、河岸の高さということなんですね。砂の川は自分で自分の河岸をつくりますが、扇状地河川というのは、40年前までは単断面河道だったんです。50年前と言ったほうがいいのかな。今、扇状地河川はほとんど複断面化しています。これは河道掘削のおかげですね。河道掘削というのは堤防近くではやりませんので、必ず掘り残しができるんです。それが今の扇状地河川の高水敷幅になっているんですね。積極的に造成したという事例もあります。安倍川なんていうのは空間利用とい

う概念で、高水敷を造成して運動公園をつくったんです。

ただし、その高水敷化の天端の高さはどうするべきかという議論があまりされていなくて、私は扇状地河川の高水敷の高さというのは、どうせ造成するなら10年に1回以上、浸からないようにしようと。そのくらいしないと高水敷が傷んじゃうんです。高水敷を年1回程度の冠水頻度となるように造成すると、平時年最大流量時に低水路に働く掃流と同じぐらいの力が高水敷に働いちゃうんです。高水敷は必ず荒れちゃいます。それで、どう考えていくのかなと。高水敷をつくっても、それがほんとうに堤防防御という意味で生きる高水敷なのかと、そういうこともしっかり考えないとまずいですね。ついそういうことを忘れてしまって、高水敷をつくるとき、ワンドをつくったり、凸凹をつけたりと、違った概念で新しい川づくりが始まっていますから、何か危ないことをやっている事例がどうもありそうですね。いろんな意味でチェックシートが必要かなという思います。今はいろんな意味で環境という概念が非常に強くなって、環境の改善のためのいろんな事業が始まっていて、そのときに従前やってきたいろんな技術が持っていた重みも忘れられているところがあって、多々問題がありそうです。私はちょっと心配しています。

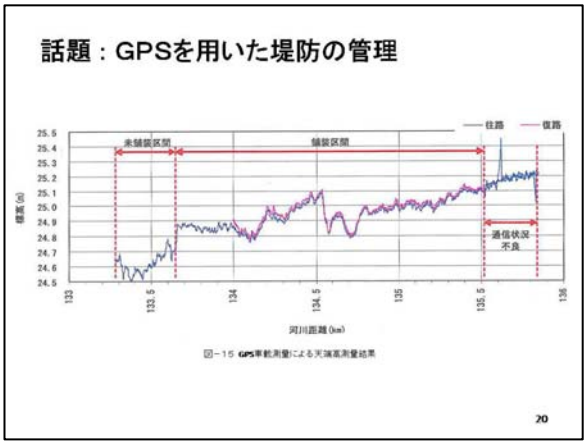
今、私は河川環境管理財団というところで働いていますが、堤防の研究もしています。堤防の構造設計をしているわけじゃなくて、堤防の植生ですね。安全の話と多少関係はありますけれども、堤防の植生、どんな草でもいいよというわけじゃなくて、それなりに必要な強度を持った草が生えてもらわないと困るんです。どうすれば河川管理上、必要な強度を持つ植生になってくれるんだろうかと。一方では河川の管理費が非常に逼迫していて、従前なら、直轄ですと年間に4回ぐらい除草していましたが、せいぜい2回という世界になっています。2回の中で堤防の植生をどう管理していくのかということが問われています。堤防植生をうまく望ましい植生に持っていこうと、どうすれば持っていけるのかなというようなことを、かなり精力的に検討しています。

昔は堤防をつくるというと芝を植えていましたが、芝の状態で維持管理しようとすると、年間5回以上刈っていないと芝のまんまでは残りませんね。そんなお金ないとなると、年2回で管理できるような草でいいものはないかねということになってきます。今はチガヤに遷移させようとしています。チガヤ堤に遷移させるようなうまい方法はないか、いつ刈ればいいのかねとか、どの時期がいいんだろうかとか。当然、いろんな植物が生えてきますから、競争しているわけですね。外来牧草なんかも入ってきたり、それから花粉症の、ネズミホソムギとかいろんな草が生えてきて、そういう草が生えて困るので、どうしてくれ

るんだとかクレームも来るわけです。ネズミホソムギじゃないチガヤ堤に移行させるいはどうしたらいいのかなと、そんなことの検討もやっています。

堤防の植生は、堤防強度管理と絡んでいるので、大事な仕事だと思っています。ここの研究会の話題ではないと思うので、今日は情報を持ってきませんでしたが、そんなことも財団ではやっています。

あと、堤防の管理ですね。天端の高さというのは、非常に重要ですね。それで、今は横断測量、利根川だと500mピッチですけれども、200mピッチぐらいでやっているところが多くて、200mごとにデータがとれるんですが、ほんとうにそれでいいんでしょうか。これは簡単なGPSではかれないかなとやった記録です。結構、GPSでしっかりしたデータがとれますね。これは利根川での事例です。結構、天端、凸凹しています。こういうでこぼこの中で、我々は堤防を管理しているんだと思います。



GPSでやると、車に載せてやれますので、かなり頻度が高くコストも安くできるので、こういうGPSを使った堤防管理というようなこともこれから考えていくべきではないだろうかなと思います。そんな難しい作業じゃないのでね。これを記録しておくだけで、堤防が下がっている、変形しているというのが読み取れるので、GPSを使った堤防の管理なんていうのもこれからの技術になってくるんじゃないかなと思っています。

これで私の話は終わります。非常に雑駁な話で、あまり研究的に見えない話ですが、物を決めるためには、エイヤと最後は決めざるを得ないので、エイヤの決め方はこんなふうにやっていますというところでお話しさせていただきました。