

座談会

フィルダム*・堤防**・水路**

問題点をめぐって(4)

招待者

東北大学工学部	河上 房義氏
建設省土木研究所	福岡 正巳氏
農林省農地局	中本誠一郎氏
司会	高瀬編集委員長

編集委員会

はじめに

高瀬 今日「土と基礎」No. 69の「問題点をさぐる」に掲載しました「フィルダム」と同じくNo. 71の「水路・堤防」という二つのテーマを一緒にして、ひとつその道の権威の先生方から、さらに問題点を深く、また広く討論していただきたいと存じます。編集委員会として、これらのテーマを一括したのは、フィルダム、河川堤防、水路、海岸堤防、干拓堤防がいずれも「水を止めるための盛土構造物」という共通点をもっている点に注目したからであります。もちろん、それぞれに相違点もあるのですが、ごく大ざっぱに言って、次のような比較ができるんじゃないかと考えております。

種類	堤高	堤長	水	水の作用	基礎	材料	盛土工事
フィルダム	高	短	淡	満水時・波浪	堅い	選べる	転圧
河川堤防	中～低	長	淡	洪水時・流速			
水路	中～低	長	淡	常時・流速	軟弱	砂シルト	水締め
海岸堤防	中～低	長	海	常時・波浪			
干拓堤防	中～低	長	海	常時・波浪			

No. 69とNo. 71を主として執筆しましたのは、フィルダムが農林省(高瀬国雄)、愛知用水公団(野田健二)、河川堤防が建設省(山村和也)、水路が農林省(中原通夫)、海岸堤防が建設省(岡田睦也)、干拓堤防が農林省(増本新)という分担でした。

順序としてまず止水構造物の共通点として、設計上の最も基本的な問題である漏水とか締固めの問題について、お気づきの点をお願いしたいと思います。



河上氏

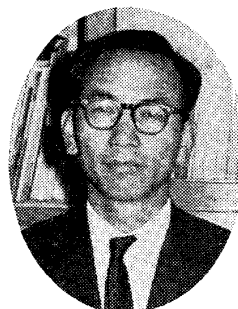
漏水対策と締固め

河上 No. 71のp. 35の右側の欄のまん中ごろに「矢板打ち」は止水壁工法の代表的な工法であります」と書いてありますが、アースダムの基礎土の場合

でも、一般にシートパイルというものが、止水工法として信頼されすぎているという感じがします。たとえばパイピングを防止するというような点では非常に効果があると思いますが、浸透水を防止するという面になりますと、あまり大きな効果は期待できないように思います。

山村 私の方でも最近、鋼矢板の実験をやりましたが、矢板をうっても結局、浸透路長を5m延ばしたくらいにしか相当しないので、実質的にはあまり意味がないと思っています。

増本 干拓堤防では、とくに漏水がありますと、それが直接干拓地の塩害ということにつながるものですから、漏水防止ということには非常に気を使っておりますが、ご指摘のようになかなかいい方法がないわけです。しかしごく最近、八郎瀨でビニール矢板を施工した例がありますが現在のところ非常にいい成果をあげています。堤防全体をみまして、 10^{-4} cm/secくらいの程度の透水性であったものが、ビニール矢板の施工後はだいたい 10^{-6} cm/secくらいまで落ちています。(詳細はp. 35参照)ただ心配なことは、耐久性の問題、およびこれは堤防の中に一つ異質のものが入ったことになりまから、地震があった場合にその止水壁の前とあとの振動周期などが違ってだんだんずれていくようなことにならないかと思っています。



福岡氏

福岡 堤防の締固め、これは非常に大きな問題点だと思います。締固めた堤防では万一その上を水が越流をしても、そうとう抵抗性が強いのではないかと思います。歴史をふり返ってみますと、昔は締固め機械などはなかったのですが、土の堤防は十分に締固められているようです。昔武田信玄が造った「信玄堤」から始まって、明治時代の利根川、あるいは淀川の堤防などもよく締固められております。ところがその後あまり締固めしなくなってきました。それは、一つには締固めなくてもいい程度

* 「土と基礎」69号

** 「土と基礎」71号参照

問題点をめぐって

の大きな断面をとるようになったからということもあるのでしょう。そしてそういう時代は現在までずっと続いているように思います。今後は再び締固めるという方向に向かってゆくかもしれませんし、または締固めるよりはむしろ弱いところをカバーした方が得策だということになるかも知れません。

それから、次に小断面の堤防の堤体漏水防止工法については川側斜面をコンクリートではって止水した方がいいのか、あるいは陸側斜面に砂レキをおいて、出てきた水をスムーズに処理した方がいいのかという問題があります。

高瀬 堤防を越流しても河川堤防はくずれないのでしょいか。

福岡 時間によりますね。結局十分固まっておれば、なかなかくずれないということです。たとえば利根川の栗橋のちょっと上流の東村というところで破堤したことがあります。あのときなどは昔の堤防がよく締固めてあったので、1 m 程度の越流に対して2時間くらいもったのです。その決壊口をみますと、堤防盛土は20 cm くらいのきれいなシマになっていて実によく締固めてあるのです。昔の締固め工法ですから密度はあまり大きくないかもしれませんが。

それから英国の海岸堤防が1953年の2月ごろ非常にたくさんやられたことがあります。そのときにもこういうことがあったと書いてありますね。

それから話は変わりますが、最近われわれの方では、河川堤防を造る技術という面において、ちょっと進歩した面があります。これはハイドロリックフィルの河川堤防で、つまり中心が砂で表と裏が土でできているというものです。この工法はあらかじめ土のバンクを両側に送っておいて、その中へ長さ方向にサンドポンプで吹くのですから非常に安いというのが特徴です。

高瀬 そのハイドロリックフィルは、中心が砂で両側が土なんですね。アースダムの場合には、反対に中央がコアになるようにするんですが。そうすると浸潤線は上流側の土でドロップしてしまうわけですか。

福岡 そうです。そうして裏側には水のぬけやすいようにドレーンをところどころに造っておくわけです。



中本氏

高瀬 河川堤防としては、そういうやり方は前からあるのですか。

福岡 昭和30年ごろからでしょうね。

中本 私たちの干拓堤防ではあまりにも地盤が悪いので、締固めるということは現在では考えられない。しいて考えると

でも、そのための基礎処理に大変な費用を要するので、締固めの必要性は感じますけれども、それをするのが、はたして得策かどうかは大いに問題があります。

築堤材料について

高瀬 築堤材料という点についてどうぞ。

河上 No. 71 の p. 36 の 2.5 のところに「粘土分を10% 前後含むローム質土は堤防の用土として最も悪い」と書いてありますが、アースダムの場合などですと、粘土分が10% 程度の土は比較的扱いやすい部類に入ると思います。

もちろん締固めが不十分だと水を通しやすいし、水を含んで強さが落ちるということではありまじょうが、施工法を無視してこういう土は全然だめといってしまうのは言いすぎのように思います。

山村 たしかに粘土分10%の土というのは、見た目では非常にいい土で、こういうものがなぜ斜面崩壊を起こすのかと実は私も疑問に思っているのです。私は阿武隈川の斜面崩壊の現場で土質試験を担当したのですが、やはり同じようにローム質土の、みたくには非常に取扱いやすいような土が、全面的に斜面崩壊を起こしているのです。これに反して粘土質の土は、施工は非常にむずかしいけれども、ひとたび堤防を造ってしまうと、あとは水がしみ込みにくくて、 10^{-4} cm/sec より透水係数が小さければ、だいたい破壊が起こらないのじゃないかと私は考えています。

中本 有明海の堤防は、ほとんどあそこ特有のヘドロ層を築堤に用いていたので、でき上がったものは乾燥されて非常にかたいわけです。そしておもしろいことには、決壊する時には背後地のポケットの大きさによって、その決壊の1カ所の幅がだいたい30~80 m、深さ7~15 m くらいという相場が、統計的にだいたい出ているのです。しかしそれが最近サンド・ポンプ船が発達してきて、築堤材料も砂質がかったものに変えたために、たしかに施工進度は早くなってきたが、その代わり決壊をした場合には、そのような決壊にとどまらない。場合によっては深さは浅くなるが、決壊の幅は非常に広いものになりやすいのではないかと思います。そういうことから最近では昔やっていた泥、粘土の築堤が多く欠点をもっていたために、きらわれているようですが、反面多くの長所も持っているのであるから、今後検討の余地はあるがまだ完全に捨てるというところまでいかないのじゃないかという気がするのです。

増本 粘土分が多いと、すぐ敬遠するのです。どっちかという、築堤をするつもりよりか機械を使うつもりになって、この砂だと機械を使うのに不便だからよそうなどという。ほんとうは築堤が目的なのだけれども、

問題点をめぐって

機械を使う方が目的になってしまっているような傾向もないとはいえないですね。

山村 ですから粘土質の土でも施工の問題さえ解決できれば、完成した堤防は水が通りにくくて、なかなかこわれなと思いますね。

中本 伊勢湾台風の約 10 日前、34 年 9 月 16 日でしたか、九州を襲った台風があって九州の有明海沿岸の干拓堤防が決壊しました。その時にもかなりの高潮位があり、私どものやっております背後地の堤防では海水が完全イツ（溢）流したところがあるのですが、あとでみますと堤体自体はなんの洗掘もうけていなかった。それほど堅かったというようなこともあるわけです。

河上 さっきのお話の決壊の幅ですが、それは 1 カ所で、180 m も決壊するのですか。

中本 そうです。ああいう地帯は堤防線が現在の第 1 線……少なくとも 3 線くらい残っているわけです。そういうところですから、決壊したときに背後地の海水が浸入してきます。背後地のポケットが小さいために、内水位の上昇が短時間に外水位といっしょになるようなところでは大きな決壊はしておりませんが、有明干拓のような 1,200 ha くらいのポケットをもった場合では、だいたい決壊幅が 170 m くらい、それから深さが 13 m から 15 m 程度で、これは大きな方です。それから 5~60 ha くらいですと、だいたい 30 m から 50 m くらいの幅で、深さが 7 m くらいというように、だいたい相場がまわっています。

河上 決壊したところを流れていく時間が長ければ、決壊がどんどん進むということですね。

中本 ええ、それで、それがちょうど釣合ったところでとどまっちゃうのですね。

福岡 さっき河上先生が、堤防は現地の土を使う点に特徴があるといわれたのですけれども、道路の方では高速道路の場合には、今捨て土をやっているのです。捨て土限界というのがあって、それを越えた悪い土は捨てるわけですね。それも、やはり工事を早くやるためなのです。

去年の 10 月から 3 月にかけて非常に雨が多かったので関東ロームは使えないわけです。ですから、それは捨ててしまっ、山砂をもってきてそれで施工しているのです。

締固めができないくらいならまだしも、施工機械が全く入らないわけです。

圧密沈下と斜面保護

高瀬 次に堤防の圧密沈下とか斜面崩壊、その対策などについてお話しできませんか。沈下といえば、やはり一番問題になるのは、軟弱地盤上に築堤するという宿

命を負っている干拓堤防でしょうね。

中本 農林省で今取扱っております干拓堤防は、河川堤防や海岸堤防が原則的には、かなり地盤のいいところ、あるいはすでになんらかの形で古い時代にそういうものがあつたようなところに造られているのが多いのに比べ、全く新しい地盤上に堤防を築かなければならないということが、かなり違っている点だと思います。また海面でもかなり沖の方にでるというようなことから、高さについては数 m から 20 数 m にも及びます。

それからいま一つは、私たちの干拓というものの目的が、農地をつくるということになっております。農地というからには土壌が肥よくでなければなりません。

ところが、そういうような土壌は、だいたい土木施工の面からいうと工学的性質が思わしくない土なのです。

つまりほとんど非常に悪い基礎地盤上で築堤しなければならないという特殊事情があるわけです。次に湖面干拓の場合、八郎瀉干拓などはこの例であります。築堤が終わりますと、ポンプで中の水をぬいて干陸し、新しい土地を造成するわけですが、そうしたときにだんだん内外水位差がついてきて、それが往々にして堤防の不安定をきたし、いろいろな障害を引き起こすことがあります。

特に水門、ポンプ場などという異質の構造物と堤防との接続部が問題です。たとえば水門構造物の基礎を完全な支持グイとしたために、長い年月の間にそのスラブの下の土がコンソリデーションを起こし、その下に空ドウ（洞）が発生し、それが漏水の原因になってその水門が倒壊したという事例もありますので、そういうものの基礎処理についても、もう少し考えてみなければいけないのじゃないかと思えます。つまり沈下を許してもいい堤防のような構造物と、ポンプや水門部のように基礎の沈下を許してはならない構造物とによって、設計条件は変えるけれども、関連してどういう事態が起こるかを同時に見きわめなければならないと思えます。

福岡 斜面保護ということをもう少し土質工学の面からも検討する必要があるのではないかと。たとえば斜面の芝刈りをやる必要があるのかないのかということを検討して、もしやる必要があるとすれば、今までのように人力でやらずに機械化していくべきじゃないかと思えます。そうしますと、その芝刈りに適当な斜面傾度はどれくらいかという問題も出てくるでしょう。

斜面に大きな芝や、いろいろな異物があつたりしたために、越流した際に洗掘されて、この部分が非常に大きな破堤の原因になったこともあるので、やはり刈った方がいいのじゃないかとは思っておりますけれども。

それから施工の面ですが、堤体の方は締固めなくとも少くとも斜面はみんな締固めているわけです。今は、ま

だ手でやっているという状況なので斜面締固め機械というようなものが、研究されるべきだと考えます。

中本 建設省関係の海岸堤防あるいは河川堤防では、被覆の問題を、どのようにお考えですか。

うちの干拓堤防の場合には、いわゆる軟弱層が 20 数 m くらいあるのがいくらでもあるのです。そのようなところに築堤をして、一応完成断面にもっていても、その基礎地盤そのものの沈下、それも不等沈下が継続的に行なわれるので、上についていくフェーシングにしても、やはり完全なものではないわけです。

福岡 被覆の問題には、私たちも実際弱っているのです。堤防の圧縮沈下だとか地盤の沈下で、だんだん下がってくるから、裏がすくのでしょろが、コンクリート被覆の場合、問題の一つはコンクリートの盤の大きさですね。4 m くらいに切ってみたこともあるし、あるいはブロックばりにしてみたこともあります。どのくらいの大きさにすれば、一番フレキシブルになるかという問題です。

それから目地を完全に水密にしておくか、あるいは水密にしない方がいいのか。

それからテンバが非常に問題になりまして、結局アスファルトか、なにかで一応カバーしておいて、沈下したら、その上にコンクリートをやればいいのか、あるいはコンクリート・ブロックを先に並べておいて、一応の沈下が終わったら、こんどはアスファルトにしたらいいか。

最近アスファルトに関する経験が豊かになってきましたが、その場合でもやはり目地の問題は残りますね。

中本 オランダの文献を読みますと、草などの突き出るのを完全に防ぐためには、アスファルトの場合は 30 cm 程度の厚さが必要だといっておりますが、われわれのところでは経済的になかなか望めませんので、やっております。先ほどお話がでたように、実際に、アシ、ヨモギの類が非常に出てくるわけです。

最近私の方ではアスファルトのフェーシングをかなり実施しておりますが、道路舗装と違ひまして、交通量がほとんどなく、したがって老化そのものも非常に激しいわけです。そういうことから石炭系のレキ（歴）青材のブロックと比較しますと、石炭系の方は工場製品のため比較的均質の密度が高いものが得られたということと、原材料の違い（石油系統と石炭系統）があるせいとか、わずかに 4 cm の厚さなのですが、それから草が突き出ている事例は今までのところないようです。

40 cm 角のブロックなのですが、そのジョイント材に比較的柔らかいものを使って、そっちの方で沈下になじませるようにして使っているところもあるのです。むしろその方が、場合によっては結果がいいというようなど

ころも出ております。

それからもう一つ。たとえば八郎潟では地盤が悪いため、地盤の一部を砂に置換えて築堤をする。そうすると堤防の安定度はたしかによくなるのですが、透水量は増大するわけです。八郎潟の場合などは堤防延長が 50 数 km もあるのですから、透水量を排除するポンプの規模に影響されてくる。だから単に築堤の安定という問題だけから基礎処理を考えるだけでは、いけない場合があるんじゃないかと思うのです。

福岡 堤防にしろアースダムにしろ、いわゆる水理構造物の軟弱地盤の基礎処理方法ですが、今の置換え法のほかに、最近サンドパイルを使うようなものがでてきています。ことにアースダムでも、サンドパイルを使うというようなケースが出てきております。サンドパイルが非常に能率よくきくという場合には問題はないのですが、その土に対してどの程度の効果があるか、はっきりわからない場合でも、知らずに使っているようです。この辺の関係を、土質工学会全体としても、もう少し研究しなければならぬんじゃないかと思ひます。

最近ペーパー・ドレーンなど導入されて、非常に早いスピードで工事ができ、しかも工費も安くなるわけですが、この際適用範囲について皆でよく勉強する必要があるかと思ひます。

地震力と堤体の安定

高瀬 つい最近に東京で開かれた日米合同科学委員会「ダムに及ぼす地震力の影響」というテーマがとりあげられ、日米両国の科学者、技術者が協力して、この問題にあたることになったようですが、この点について一つ河上先生にお願いします。

河上 地震時の計算をどうやるかは、いまフィルダム設計の上でも、おそらく最大の問題の一つではないでしょうか。今までは水平加速度の項を入れるというだけだったのですが、実際は間ゲキ水圧のある場合には、いわゆる「動間ゲキ水圧」というものも考えられますし、逆にまた抵抗力の方でも内部摩擦角や粘着力というものも、静的なものとは違ひますから、単に水平震度だけを考へてその他は静的計算法のままにしておいていいかどうか。

福岡 私もとくにアースダムについては地震の問題が非常に大きいと思ひます。地震の取扱いにつきまして、長年にわたって検討されておりますが、まだ決定的なものがないにも出ていません。ただ水平震度を 0.2g にとるとか、垂直震度を 0.1g にとるとか、そういうふうなことしかできていないんじゃないかと思ひます。ことに貯水した場合の上流面の安定などということについては、全然手掛りも得られておりません。少なくともダイ

問題点をめぐって

ナミックな考え方で安全性をチェックするという程度にでも、早くならないものだと思うのですが。ここ 10 年くらいでは、とてもむりじゃないかという感じがしますね。

河上 No. 69 の p. 40 の右側の欄に、地震時に現われた卓越地震が基盤ではいくら地表面ではいくら、ダムの固有振動周期がいくらというふうに書いてありますが、私が外のことで小さなアースダムでやっておりますと、ダムの固有振動周期というのは、ダムの各部分によって違いますから、これから共振現象が発生しないだろうと断定するのは少し早いように思います。(p. 37 参照)

私が固有振動周期を測っていますのは常時微動で出していますから、実際の地震とは違うのですが、こういうところは非常に基盤の影響をうけて、堤頂のまん中は値が非常に違っております。もちろんテンバと基盤の振幅比などですと、一番堤頂の中央が大きいのですが、そこが安全というわけではないのです。共振だけの問題になりますと中央以外のところで共振を起こすところが出てくることもあるのじゃないかという心配があるのです。

高瀬 愛知用水の牧尾ダムと東郷ダムでも地震計をいくつか設置しておりますが、現在までに加速度 5 ガル以上の地震動を 6~7 回キャッチしております。(p. 37 参照) これによると、牧尾ダムでは堤体周期は 0.3~0.4 秒で上下部ともほとんど変わらないのに対して、加速度は堤頂部が基礎部の 2~3 倍の数字を示しています。東郷ダムでもやはり堤体周期はほとんど変わらないのに、堤頂部は基礎部と比べて、変位が 2~3 倍、加速度が 1.5~2 倍という記録を示しています。まだこれくらいのデータでは、全然だめでしょうが、観測を続けてゆくうちに、牧尾ダムでは模型実験などもやっていますので、それらを合わせて、だんだんわかってくる可能性はあると思います。

河上 今のような地震の計算法というのは、たいへん問題があると思います。フィルタイプダムのうちのロックフィルダムはよく知りませんが、アースダムの地震被害をみておきますと、貯水したときに斜面が崩れているのももちろんありますが、地震から数時間後、あるいは半日くらいたってから決壊するというものが、かなりあります。これは地震時に堤体に堤軸方向のクラックが生じて、そしてそのために浸透水が急にふえて、そしてある時間たってから崩壊するわけです。

もう一つは、アースダムというものは、地震時にはかなり弱いものです。先ほど福岡先生から現在のいろいろの堤防の強さ判定というお話がありましたけれども、だいたいマグニチュードにして、V くらいになりますと、一度に崩壊することはありませんけれども、クラックや

斜面崩壊の害は必ず出てまいります。ですから、そういう意味からいくと、もし貯水していれば、危険性が高いということが、いえると思います。そういう意味からいって、今のいわゆるスベリ面の安定計算だけではいけないのじゃないか。

またこれに関連して、No. 71 の p. 37 の終わりごろに、「T 地震が洪水と時を同じくして起こる確率は非常にまれで、出水時期と一致しなければ簡単に堤防の手直しを行なうことができるから」と書いてあるのですが、これが案外簡単ではないのじゃないでしょうか。クラックを直すためには、ある深さまで上の土をどけて、そしてまた盛り直して修繕しなければならないし、それにはかなりの時間がかかるはずで。だから堤防の修復中に洪水がこないという保証はないわけです。今のところ地震力の動的な設計にはまだほど遠いにしても、たとえばロックのような剛性のある材料を使うとか、いろいろな点で考えてみる必要があるように思います。粘性土では、クラックが起こる可能性が多いでしょうね。

高瀬 クラックを直すのにグラウトなどでやるというのではだめですか。

河上 河川堤防になりますと、長さからいいますと、量がたいへんだと思うのです。

高瀬 切りとって直すよりはいいでしょう。

山村 堤防の場合、震源地に平行の場合より直角の方が、クラックがはいたりやすいのですか。

河上 その関係は、あまり認められないようですね。

山村 とりつけ部ですとか、道路盛土と交わっているとか、そういった異質のものがあれば必ずといっていいほど、大きなクラックがあるようです。

河上 それはありますね。

堤防の老化現象

高瀬 盛土構造物の完成後、年がたつにつれて、その安定性なり漏水性なりというものは、良くなってくるものでしょうか、悪くなってくるものでしょうか。

河上 私はよくわからないのですけれども、アースダムとか河川堤防で、完成してからある時期までは、だんだん安全率が上がってくるといいますか、品質がよくなっていくことはあります。

震害などをみますと、できた年の堤防とか、できたあくる年の堤防というのは、非常に被害が大きい。しかし何年かたつとよくなります。しかし一方、時間がかかりたつと洪水のときの漏水なども多くなる。つまり土質構造物には、老化という現象もあるように思います。この辺はコンクリートやスチールなどが長く同じ安全率を保っているのに比べて、老化が早いようです。

高瀬 土の方がコンクリートよりも早く老化するとい

問題点をめぐって

うのですか。私たちの感覚では反対のように思いますが、土は地震などにはもちろん弱いのですが、放っておけば、弘法大師の満濃池など1,000年以上ももっていますね。

河上 私もよくわかりませんが、たとえば東北の河川堤防でも、これは年限がたって老朽化したのだというようにをいいますし、それから、これはほんとうに老朽かどうかわかりませんが、「老朽タメ池」という言葉もありますね。できたてのものは、もちろん老朽とはいわないし、そうかといって何百年も前のものでもない。だいたい何十年というようなオーダーのものに対して、老朽タメ池というような言葉を使って、手当てをしておられますね。そのくらいの年がたつと単に斜面がやせてきたというだけではなくて、なにか漏水が急にふえてきたとか、いろいろな問題が起こるように思うのです。

増本 老朽タメ池というのは、件数としてはそうとうあるようですね。

高瀬 農林省が昭和32年現在で調べたところでは、全国で27,751カ所、復旧総額608億円という数字が出ています。そのうち漏水によるものが、個所数で50%、金額では74%を占めています。(p.39 参照)

福岡 それで思い出しましたが、河川堤防でも老朽化するということはあるんですね。これは笑い話ですけども、利根川の堤防に裏小段というのがあって、われわれの知らないような堤防の漏水があって、裏小段の下に大きな空ドウがいつのまにかかかっている。そこを馬が歩いていたら、急にグッと足がはいったというようなことがありました。

それからこれも老朽化の一つだと思いますが、土を掘る動物、モグラかあるいはネズミかもしれません、これがそうとう穴をあけるといことはありますね。田中、菅生(スゴン)の遊水池というのが、34年でしたか35年でしたか、破堤したことがありました。後で行ってみますと、堤防の中にちょうど直径が5cmくらいの穴が数カ所あいていました。ははあ、こういうふうになって穴があくものかと思ったのですが。それから海岸付近の堤防であれば、ザリガニなどが穴をあけています。

高瀬 干拓堤防でも、そういうことはあるのでしょうか。

中本 ありますね。築堤完了後あまり年をたてずして、カニが穴をあけているのです。それがもとで決壊したという事例もありますが、そういうものが老朽化の中にはいるのでしょうか。最近ではフェーシングされているから、そういう現象はあまりなくなってきたのですが、要はスジ芝だとかそういうふうなもののために、当初設計施工した断面形が、だんだんやせていくとか、土以外の

施工材料が風雨にさらされて初期の強さ、機能を失っていったり、あるいは長い間の透水などのために土がもっていかれてやせたというようなのを、老朽化というのじゃないでしょうか。

増本 古い埋立て工学や河川工学の本を読みますと、「斜面防護にアシ根土を張れ」というようなことが書いてありますが、アシがほんとうに斜面保護になるのか、私は最近疑問をもちだしたのです。と申しますのは、厚さ10cmくらいのアスファルトだったら、アシがそれをつき破ってしまって5年もたてばアスファルトがあったのかどうかわからなくなってしまふ。形としてはアシ根土をはった形になるはずですが、そうなる前後では、漏水の量が格段に違う。とすれば、アシとか芝とか、なるほど斜面崩壊は防止するかもしれないが、浸透水に対してはプラスなのかマイナスになるのか、どんなものでしょうか。

福岡 浸透水に対しては、ああいうのがはえたら、よく水が通るようになりますね。これは事実です。裸地でペタペタとコラでもあてておけば通りませんね。前にちょっとやってみたことがあるのですが、土の表面に針で多数の穴をあけてやりますと、よく水が通るようになりますね。

高瀬 そのほか堤体の設計上の問題について何かありますか。

河上 間ゲキ水圧がやはり大きな問題だと思います。完成直後の間ゲキ水圧を求めるアメリカ開拓局の式がありますが、日本の気象の下で、日本の材料で、日本の施工法で、どのくらいに間ゲキ水圧が発生するのか、検討してみなければならぬ問題だと思います。

それから実際の斜面崩壊は、三次元的な形になっているので、今までのような二次元の解析だけでは不十分だと思います。

福岡 安定計算をやってみると、間ゲキ水圧というのは、非常に大きなファクターになってくる。間ゲキ水圧は、ただ測ってそれを計算に入れるというだけではなく、逆に、それをできるだけ減らす工夫もすべきだと思いますね。リリーフ・ウエルというものがありますが、なにか新材料、新工法を使って間ゲキ水圧をぬけないものだろうかという感じが非常にします。

安全率のバランス

高瀬 今までは土質工学としての問題点を主に話していただいたのですが、こんどはそれ以外との関連において、何か問題点がありましたら、お願いしたいのです。

福岡 河川堤防というものは、舗装などとは違いますが、非常に古くからあったもので、土質工学というもの

問題点をめぐって

のなかった昔には、経験だけを元にしてやったので、たびたび決壊して人命がそこなわれたと思いますが、それが少しずつ丈夫になってきた。経済力もついてきたし、土質工学が導入され、道具機械の類が発達してきたので、だんだんと機械土工が可能となり、それに伴って堤体断面もだんだんと大きくなってきたということじゃないかと思いますか。

しかし、土質工学の立場からいうと、その導入によって構造物が大きくなって不経済なものになってしまおうじゃ困ると思います。そうじゃなくて、やはり土質工学を導入したからには、それに今までの経験を生かしながら、しかも経験によって造ったものの安全率というのが、おそらく非常にアンバランスになっていたと思われる。それゆえに、ある部分は安全率を低め、ある部分は安全率を高めるというような処置によって、安全率の合理的な配分をすべきじゃないかと考えます。

それからもう一つは、われわれ土質工学技術者は、土質以外の材料、たとえばコンクリートとか石とか、あるいはスチールとか、その他の材料と一緒に組合わせて、土の弱い部分を補強しているわけですから、そういうものを有効に活用することが大切でしょう。

中本 私どもの対象としている干拓では、最終の目的は、海象に対してそれを防御するだけのしっかりした構造物でないといけない。つまり、その断面形が土質工学上単に土に対しては、安全であっても、それができ上がった後において、永久的に海象などの外的条件にさらされるのであるから、その海象などに対して不安全であるというようなことになっては困るわけです。そういうことから、私はあくまでも最終目標であるそういう外的な条件に対して十分抵抗し得る堤防断面形であって、そういう断面形の中で堤防が土に対して安全であるかどうかというふうな見方をすべきだと思います。

福岡 それからもう一つ。ライニングの問題は、土は強さが非常に弱いから、これを補強しなければならない。昔は波が当たるといふ部分だけに限ってライニングしていたわけですが、特殊堤がだんだんできますと、海岸堤防なみに全部被覆しなければならんんじゃないかということもでてくる。

河川堤防の場合は、越流の危険性があるならば、人命を守るという意味から計画洪水流量を直すべきじゃないかと思いますが、どういう場合であっても絶対に越流させないというような設計は、経済的な問題もあって、なかなかむずかしいと思います。そこで、あまり巨額の金をかけないで設計はできないものだろうかということをお前々から考えているわけです。たとえば、堅固な橋の上流側では、いろいろなものの上流から流れてきて、橋脚や橋ケタに引っかかり、せき上げによる越流が起こるこ

とがある。そういうところは人家が密集して、都会地をなしているところが多いので、たくさんの方が死ぬというようなことになります。そこでその部分だけ堤防を高めるか、または堤体全体を被覆して、海岸堤防なみに、越流しても平気であるというふうにしておくようなことは考えられないでしょうか。

今後の新しい問題

高瀬 そのほかに何か今後研究してゆくべき新しい問題といったものは、ありませんでしょうか。

河上 最近日本で河口ダムという問題が起こっています。主として工業用水道関係なのですが、用水源としてのダムを海の中に造るということがやられております。まだ数はそんなに多くはありませんが、貯水量をある程度もたせるといふことからいって、普通の干拓よりは、水深がかなり深いところに造られなければいけない。先ほど中本さんのおっしゃったように、干拓堤防で高さ20数mというようなものがかなりあるとすれば、それとは似たようなものになるかもしれませんね。この構造物は海面より下の部分は締固めができない。それから普通のアースダムというのは、水をためるといふよりは、安全に水を流すということですから、海水があまりはいってくると水質の問題がありますので、その辺はアースダムや干拓堤防とは違って、漏水を止めるという面も考えねばならないわけです。

福岡 これは最近起こった新しい問題ですが、河川堤防を利用してアパートを造ったらどうかという話が起こっているんです。東京付近では用地取得が非常に困難ですから、河川堤防をとって、そこへコンクリートのアパートを造る。それを擁壁にして止水したらどうかという考えです。河川堤防を道路と共用しようということは、非常に前からいわれているわけですが、河川堤防の側にたってみますと、いっぺん道路の舗装なりあるいは交通開放をしますと、なかなかかさ上げすることがむずかしいということで、許可していなかったわけです。都会地付近の堤防になりますと、ますますそのまま放置しておくのはもったいないということで、自動車道路をその上に造ってはどうかといふようなことを言われるわけです。そうしますと、その構造をどうするかということが、問題になってきます。

それからこれは海岸堤防も河川堤防もそうですが、伊勢湾台風の起こったのちに、四日市付近の堤防を復旧するに当たって、海岸に面したところにコンクリートの構造物を造り、それを倉庫に使ったらどうかというような話もありました。これは将来検討すべき問題じゃないかと思います。

東京都内の河川堤防をごらんいただければわかります

が、隅田川沿いの河川堤防は完全な特殊堤になっていて、断面も非常に小さいわけです。

高瀬 河川堤防を利用してアパートを造るというのは、河川堤防の上に建てるのですか。

福岡 どういう形で造るのかというのは、まだこれから検討しなければなりません、だいたい東京付近の河川堤防ですと、おそらく敷幅が 30~40 m くらいあると思います。そうすると、それをぜんぶ取りはらえば、幅が 30~40 m 程度の敷地がでてくるわけですね。しかしアパートというのは、おそらく 10 m くらいの幅でいいのじゃないでしょうかね。そうすると、前の方には土をもっておいて、後の方にだけ造るとか……。ただ道路と兼用するということとなりますと、どういう形がいいかということはいろいろありましょね。

基準化の方向

高瀬 最後に非常に類似点の多い河川堤防、海岸堤防、干拓堤防などについて、今までのようになにか共通の基準みたいなものができるのじゃないか、あるいは作るべきなのではないかというようなことについて、ご意見を伺いたいと思います。

河上 共通したというのは、いろいろな考え方があると思うのですが、広く考えればそういうことはある程度できないでもないと思うのです。けれども、あまり基準でしぼってしまうことには賛成できません。とくに、アースダムやロックフィルダムというような種類のものは、ダムのうちでもコンクリートダムのような、どちらかという、きまりきった形のものとは違って個々の条件に応じてエンジニアリングの活躍する面が非常に大きいんじゃないか。それは土構造物に共通な一つの特徴ですから、土質技術者が土質力学的な観点にたつて、個々の場合に十分力を振る余地を残しておくべきだ。またそうしないとほんとうのエンジニアリングは進歩しないのではないかと思います。

ただ設計者が非常に広く、たとえば全国にあるいは府県だとかいろいろなところにばらまかれているという意味では、こういうものを作ることは有効だとは思いますが、けれども、中央のお役所だったら、りっぱな技術者がたくさんおられるのですから、あまり一つのものでしぼるのはどうかと思います。しかしこれはあまり私の方は実際の仕事と関係がありませんから、実際おやりになる方々でお考えくだされば、いいのじゃないでしょうか。

高瀬 いま私たちの方で農林省のフィルダム設計基準を改訂する作業を進めているのですが、そういうものを作ろうとすると、どうしてもまず定義とか分類をきめる必要が出てきます。No. 69 の p. 36 に書いたフィルダムの定義とか分類とかいうのが、その一つの案なんです

が、これに対するご意見はいかがでしょうか。

河上 たしかに定義というのは必要だと思うのです。これまでのように、アースダムとロックフィルダムをはっきり二分しないで、高瀬さんの案のように、両方をひっくるめて、一つの大わくの中で考えるということは、非常にいいと思います。ただ、非常にこまかいことですが、「フィル」という言葉を使わなければならないかどうかというのには、ちょっと問題があると思います。

それから p. 36 の分類表ですが、アースダムとロックフィルダムを非常にわりきって、最大断面の 50% ということで区分しておられますが、このごろは河床の砂利などを使って、グラベル・フィルというようなものでできておりますし、古いところでは Saint Gabriel Dam のようなアースもロックもまぜたような式のもの、それが一体アースだかロックなのかわからないものもありますから、この辺はこの表のように、きれいにわりきれないのじゃないかと思えます。

もう一つ、「フェーシング」という言葉ですが、これもさっきの「フィル」と同じように、もう一度考え直していただいた方がいいのじゃないかという気がします。

高瀬 アースダムとロックフィルダムを断面 50% でスッキリ分けることが無理なことは重々承知なのですが、さる 1960 年に開かれたアメリカ土木学会のロックフィルダム・シンポジウムでも、分類するとすれば、こういう便宜的なものでやるしか方法はないとの結論に達しています。ですから、これはあくまで機械的に分類するための、一つの約束事にすぎないという怪しい意味なのです。

「基準化」とは、やはり若干の強引さと無理を必然的に伴うものなんではしょうね。

福岡 いわゆるスベリの計算方法だとか、あるいはその計算のときに使う諸数値とかいったものを、一定の JIS 規格とか、土質工学会というような権威の下にきめて、そういう方向に向かうということは、いいのじゃないかと思えます。

それから、圧密沈下の計算方法などをリコメンドしたり、透水試験の JIS 法の適用上の注意をしたり、そういう指針的なものをまとめるということは、非常にいいのじゃないかと思えますね。しかし、それ以外の細かい部分については、経験による部分がさうとう大きなウェイトを占めている現状ではないかと思えますので、なかなか困難が多いと思えます。

中本 いま福岡先生がおっしゃったのとだいたい同じですが、ただある計算方法だとか、解析方法だとか、そういうもの自体については、なるべく早く共通のものをつくり上げるということが、必要だろうとは思っています。しかし具体的には、建設省、運輸省、農林省という、そ

問題点をめくつて

それぞれの関係している仕事の性質や目的が違うわけですから、全体を共通の問題として取扱うということは、困難だろうと思います。けれども基本的なものについての計算方法だとか、あるいは調査した結果のデータの使い方とか、そういうものについては、早く共通のものができた方がいいのじゃないかと思えます。

技術と経済問題

高瀬 編集委員の方で、なにかご意見があったらお願いいたします。

渡辺 今日の座談会で経済問題にほとんど触れられなかったように思うのですが、やはり設計施工の問題である以上は、経済問題ともからみ合わせてお話ししていただければ、よかったのじゃないかと思えます。経済こそ技術の一つの重要な指標なのですから。たとえばフィルダムと水路では、土質力学のとり入れ方が非常に違いますが、土質力学がどの程度利用されているかというその程度は、なにか経済問題がからんでいるのじゃないか。フィルダムの方は、それを造ればそうとう収入も上がってくる。道路とか鉄道の盛土の場合も同様だと思います。けれども、それに対して河川堤防などは、そういう収入源にならないわけですね。そういうことが、施工の技術レベルを前近代的なものにとどめている一つの大きな原因になっているのじゃないか。そういう気がするのですが。

増本 そういう見方もあるかもしれませんが、私はまた別の見方をしております。私たち農林省関係の仕事では必ず少なくとも総事業費の 25% から、多い場合には 50% から 60% の農民受益者直接負担がかかってくる。そうすると完全な設計をする方法はわかっているけど、金が高くつくのでちょっと落ちるけれども安い方をとろうということになる。しかし河川の堤防というのは、少なくともそういう直接負担というものはないし、しかもそれが直接に国家としての民生安定という目的につながってくるので、比較的予算を自由に使う余地があるのじゃないか。そういう意味で私は、河川堤防などは前近代的であるというよりは、むしろ逆に思う存分、十分な設計ができる余地があってもうらやましいと思いたいのですが、どうでしょうか。

福岡 しかし河川だって地元負担金はありますから、同じだと思いますね。

岡田 それは工事規模の大小の問題じゃないですか。河川堤防だとか海岸堤防というのは、ダムだとか道路に比べて工事規模が非常に小さいものだから、簡単にできる方法、極端に言えば、トロッコを使ったり、もっと極端なのは人力を使ったりし大規模な施工機械を使うことが少ない。すなわち、工事の規模の方からやむなく前近代的な施工法に制約されているのじゃないかと思うので

すが、このあたりにも何か問題がありそうです。

高瀬 ところが水路などは一つ一つの規模が小さいと思っていいかげんで造っているけれども数量が多いので全事業量をトータルすれば、フィルダムなどよりずっと大きくなる。だから結局、国家のお金とか、個人や地元のお金とかを問わず、とにかく巨額のお金になるのに、一つの規模が小さいからといってないがしろにははいかないのじゃないかということですね。

岡田 要は工費の問題なんです。規模が小さいから、施工も粗末でよいという理由で大きい機械を使わないのではなくて、規模が小さいのに大きい施設をすると、非常に金がかかるためにそうなったのだと思います。つまり手軽な準備をやってする方が、全体的な工事としては安くなるからそうしているのだと私は思います。しかしそのために過大断面になっているとすれば、それはもちろん問題ですが。

高瀬 それではだいたい時間がきましたので、こちらで終わりにしたいと思います。いろいろ有益なお話を、長時間にわたって、どうもありがとうございました。(39.4.24)

この座談会にご出席の予定であった沢田敏男先生は、東海道本線事故のため、座談会には間に合わなかったのですが、後ほど下記のメモをお寄せくださいましたので、ここにあわせて掲載いたします。

1. フィルダム設計上の問題点
 - (1) 地震力の考え方について
 - (2) 間ゲキ水圧のとり方について
土質(用土)の試験値が間ゲキ水圧発生の状態下に得られたものかどうか。
 - (3) 浸潤線に関するカサグランデ法に対する3次元解析法
 - (4) 試験盛土による設計諸数値の検討
 - (5) 力学的、水理学的諸問題についての模型実験(地震の影響、余水吐や堤体浸潤線についての検討)
2. フィルダム施工上の問題点
 - (1) 施工管理の方法
現場透水試験、K値、CBR試験、埋設計器による測定(間ゲキ水圧計、土圧計、沈下計、地震計、傾斜計)
 - (2) 試験盛土による施工諸条件の検討
(施工機械と締固め状態、盛土と沈下の関係などについて)
3. フィルダム構築材料に関する問題点
 - (1) 止水用コア材料の研究開発
(ポリマ系統のもの、アスファルトキタール合材に関するもの、ブランケット材料)
 - (2) 砂、粘土地盤に対すグラウト工法の開発
 - (3) ロックフィルダム用、ロックの試験法の確立
4. フィルダム完成後の維持管理について
 - (1) 維持管理規定の確立
 - (2) 定期調査