

## “重力堰堤に作用する地震力の影響”

### なる一連の論文について

(土木学会誌 36 卷 10, 11 号及び論文集 6 号所載)

正 員 田 中 清

畑野氏の御努力に敬服いたしております。

かつて問題について 2, 3 の計算を試み多くの疑問を懐いておりますので、私考せるところを述べさせていただきます。

1. この一連の論文における解は総て強制振動項のみであり、実際の地震の衝撃作用は自由振動項も加えて初期条件からの過渡現象として考えるべきは明らかで、複雑になりましようが Operation 法などを用いて何とかならぬものでしょうか。正解と言うのはまだまだ早過ぎると信じます。

2. ダムの空の時の振動(註(1))を簡易化のため Beam 振動として取扱つてありますが、応力分布状態からもダムのような Massive な三角形のものには困難でも弾性力学的な振動を吟味してみる必要があると思います。Beam 振動として取扱つても、曲げと Shearing 振動とを別々に分けずに同時に 1 つの式に入れて計算する方がよいのではないかと思います。Timoshenko 流に  $\frac{\partial^4}{\partial t^4}$  の Shearing 項を入れてコンクリート Beam の固有振動について曲げと Shearing との卓越振動の限界を略算してみますと、その厚さが約 10~15m 程度となりました。ダムでは上部は曲げ振動が、部材の厚い下部では Shearing 振動が卓越するのではないかと思います。

3. 寒天によるダムの模型振動実験(註(5))について真の相似則を得ることは難かしいでしょうが、簡単に

$$\sqrt{\frac{E_1}{\gamma_1} \frac{T_1}{L_1}} = \sqrt{\frac{E_2}{\gamma_2} \frac{T_2}{L_2}}$$

( $E$ : 弾性率,  $T$ : 時間,  $L$ : 寸法,  $\gamma$ : 材料の比重)なる相似関係より考えますと、寸法縮尺は極端に小さく 1/1000 程度であり、材料としては弾性の良過ぎる寒天が用いられておりますので時間縮尺は 1/100 程度となり実験はほとんど困難に達すると思われます。しかるに本実験では相似関係を全く無視した長週期の振動が用いられており、これでは曲げ振動となるのは当然であり、ダムの地震振動とは関係のない実験のよう

な気がいたします。

4. 地震時動水圧の計算(註(3) 84 頁, 註(4) 11 頁)に  $j_m < c$ ,  $k_m' < c$  の時、級数  $\sum_{m=1}^r$  までの項の表わす波の伝播速度が水中音速より大きくなるので  $\sum_{m=1}^r$  までの項を捨てるとありますが、数学的に  $\sum_{m=1}^r$  までの項を入れておいても不合理はなさそうで、 $\sum_{m=1}^r$  までの項を捨てると、数学的像と物理的像との間に対応性が失われ、固有函数の完全系の中から数項を捨てるのは余りにも作為的で半信半疑であります。そして  $\sum_{m=1}^r$  までの項を捨てると、

a)  $k_m' \tan k_m' h = -\omega^2/g$  式から、水深が浅い程、圧縮性の影響がよく現われ、水深が深くなれば深くなる程、圧縮性の影響が現われ難くなるという矛盾さえ生じます。

b) ダム後方の水量が無限大の時には、ダムと水との共存体系の固有振動週期は、ダムを剛体として水だけの系の固有振動週期と一致してずれはないと思います。 $\sum_{m=1}^r$  までの項を入れて計算しますと両者の週期が一致します。しかし  $\sum_{m=1}^r$  までの項を採用すればその解釈が困難となり、 $e^{i(\omega t - j_m x)}$  なる波を単なる圧縮波と考えずに、圧縮性の影響が入った表面波の一種で分散性のものとする道もありますが、普通の表面波も伝播速度は音速を越えるはずありませんから、やはり Paradox が残ります。結局この解法自体に何か欠陥があるか、条件が不十分なのではないかと迷っております。これと全く同じ問題が大気波動の計算にもあり Lamb の Hydrodynamics. 6ed p. 542 では  $j_m < c$  に相当する項をも採用しております。

5. 満水時のダムの振動(註(3))は前に私も計算したことがあり、最も疑問のある共振点の存在いかんを除いてはダムを剛体として取扱う程度でよいのではないかと思います。

6. 地震時動水圧の模型実験(註(6))は単なる長波 Long waves の不完全反射による水位変動を測定せられたに過ぎぬと思われ、しかも相似性の全くない

週期の長い波を用いてあります。波浪計算では水深 10m でもまだ圧縮性などは考慮いたしません。水深 40cm の浅い水深ではエネルギーは全部、水表面に逃げてしまつて普通の表面波が長波となり、圧縮性の影響なぞ現われるはずもなく、原理的に現われたとしても余りにも微弱で測定は不可能としか思えません。水の圧縮性による動水圧は実際のダムで水深数 10m の所に測定器を取付けて実測するか高压タンクで実験するより他よい方法も考えられず、浅い水槽で週期の極端に短い振動を用うれば圧縮性は現われましようが今度は Cavitation の実験になつてしまつてしまうでしょう。長

波の実験ではこの解式の Check にはならないと思います。

結論として氏の御研究により、ダムの地震振動、動水圧の問題は疑問、難点がさらに大きく、多くなつたようで、現在の段階ではまだまだ普通に静力学な震度を考え、ダムの方にも水の方にも重力を加減しておく程度より仕方がないと思われます。

説明が足りずお分り難い点も多く、失礼の言も多々あつたことと思います。学問のため切に御寛容をお願いいたします。

著 者 畑 野 正

拙文に対し多くの有益な御批判をいただいた事感謝いたします。ダムの震動と云う様な極めて複雑困難な問題は色々な角度から綿密に考察しなければならない事は云うまでもない事でありまして、耐震計算を一応納得の行く程度までにまとめ上げるには、多数の人々の大変な努力と日時を要することと思います。2次元的な振動をすると云う極めて粗雑な仮定をただけでも、拙文中にも触れましたが多くの困難が残り、又もつと根本的に地震動そのものにつき不明の点が多い様です。従つて著者が触れた如き範囲のものによつて問題が解決した等とは考えも及ばぬ事でありまして、各方面の問題が一つ一つ次第に解かれて行かねばならぬことと思います。著者が非力を顧みず、この問題に触れましたのも、以上の意味で従来極めて遠観的に震度によつて表現されておりました地震の影響の取扱い方を、何かしら発展させる道はないか、それにはどんな問題があるのか、震度とは如何なる意味をもつものであろうか等の点を考えるのが大きな目的でありました。2次元振動の仮定のもとに於てさえ、討議者も云われる様に疑問難点が多く現われた訳ですが、そうかと云つて問題が後退した等とは考えられませぬ。単に問題が提出されただけの結果に終つたものとしても、それで充分に意味のある事だと考えております。

1. 2. に対して ダムの2次元振動と仮定した場合の振動様式に就ては、実物のダムにつき米国に於て自己週期の2,3の観測が行われたのが、寡聞な著者の知る僅かの材料でしたが、これによると曲げ振動の週期と大体合つている様です。著者が一番簡単なビームの曲げ振動の式を用いたのも、計算の第一歩として大なる誤差はないのではないかとのお考えからでした。御提案の点を入れて、この問題を発展させる事は是非必要な事今後何人かによつてこれが実現される事を切望

して止みませぬ。又一方実物ダムの振動観測も必要な事だと思ひます。

3. に対して 著者の実験は拙文中にも述べました様に著者の曲げ振動の式を実証する為に行つたものでありました。実験室内の小規模実験では実物との相似性を保つ事は中々困難であります。即ち実験の目的からも、実現の困難さからも初めから相似性は考えておらなかつたのであります。地震振動の実験になる否かは前述振動様式の如何によるものでありましよう。

4. に対して 討議者の非常な蘊蓄を御教示いただいた訳で深く感謝いたします。この問題の如きは討議者の如き有能の士によつて、よき結論が得られねばならないのでありまして、今後とも御検討の程を願ひたいものであります。

5. に対して 地震動週期が自己週期よりも小さい場合があると考えられる以上、共振点附近以外は剛振動とし取扱つてよいと云う事は理解の出来ない事あります。又1. 2. に於て討議者自身が提案された事とも矛盾する様に考えられます。又共振点については、4. に述べられた問題が解決されなくても、少くも自己週期附近の振動並に水の圧縮性に起因する最初の共振点附近の振動は考慮すべき事だと思ひます。

6. に対して 討議者は著者の云う動水圧に対して誤解をされている様に感ぜられます。著者の式は圧縮性を考慮して解いてありますが、 $\rho$  の値を 0 にとれば考慮しない場合の圧力、波高を与え安藏教授の解となります。Westergaard 教授の解も共振点附近を除けば云い換えれば簡易式を使用している範囲に於ては、前述の圧縮性を考慮しない場合の圧力の値と大差はない様です。圧縮性を考慮しなければならないのは 0.2sec 程度の週期を考えても数 10m 以上の水深の場合で、水深が浅い場合は短い週期でも考える必要はないでし