

卒業論文の書き方に関する一考察

愛知工業大学土木工学科
地盤研究室 成田 国朝

1. まえがき

ここ数年、卒業論文指導をしていて、学生が如何に日本語が書けないかを痛感した。大学生に文章能力がないことは以前から分かっていたことであるが、特に最近の低落傾向には嘆かざるを得ない。卒研のレジメ作成の指導に際してまず感じることは、文章の善し悪し以前の問題として、論文や報告書といったものの構成の仕方や書き方に関して全くと言っていいほど無知である。加えて、文章が稚拙であるから、何を言いたいのか、理解するのに多大な労力を必要とする。しかし、批判するだけでは教員・学生ともにイライラが募るだけで、生産的なことは何も生まれない。

本文は、卒業論文の書き方、特に章・節の構成や文章書式に関して、一つの提案を行うものである。論文の書き方には人それぞれの好みがあるので、本文が模範になるなどとは考えていない。ただし、標準的には相通ずるところがあると思われるので、参考資料としていただければ幸いである。具体的には、以下の項目について議論を進めていきたい。

- 1) 論文の全体把握と章・節の構成
- 2) 図表の描き方・提示方法
- 3) 文章・書式に関する細部注意事項

2. 論文の構成

1つの論文は、①序文・研究目的、②研究方法、③研究成果、④成果に対する考察、⑤結論で構成されると考えてよい。

①は、「1. はじめに」とか「1. 序文」として、まず本研究に関わる情勢や研究の背景・動機を書き、次に本研究の目的を明示する。研究目的は、前文に加えて、考察項目を幾つかに分割して箇条書きにすると理解し易い。

②は、「2. 実験（解析）概要」として、本研究の実験・解析の方法・内容等を整理する。実験的研究では、実験装置、実験方法・手順、試料の性質、実験内容等について説明する。解析的研究では、解析手法・手順、解析モデル、設定数値、計算内容等を説明する。

③と④は本来分割した方がよいが、両者を機能的に説明するためにはかなりの文章能力を必要とする。したがって、通常は両者を一体にして、「3. 実験（解析）結果と考察」などとして結果を表示しながら考察を述べていく方が平易で効率的である。

最後に⑤結論は、「4. 結論」として前章で述べた考察をまとめる。前章に使った文章を再度使用して良いから、①の研究目的と対応するように、箇条書

きで端的に整理するように努める。研究論文は、①の研究目的と⑤の結論を読んだだけで内容が50%以上理解できるように書くのが原則である。

3. 図表の描き方と解説方法

図表は現象の解釈を手助けする重要な要素であるが、得てして図表を描いただけで満足してしまい、その説明を疎かにする例が多々見られる。卒研指導をしていて最もイカンと感じることは、何らかの例を参考にして、とりあえず図表を描いておいて、後から文章を付け加えるといった態度である。これは全く逆の姿勢であって、論文構成（ストーリー）をまず構築しておいて、次にそれに沿った適切な図表を描くのである。”Story is the first”である。

さて、図表を描いてまずすべきことは、この図表は何と何の関係で、どのような趣旨で、何を説明するために描いたのか、といった図表の性格を明らかにすることである。これが適切でないと、図表は全く死んでしまう。次に、この図表を用いて現象説明をする訳だが、このときも図表のどこを見て説明を理解すればよいかを確実に示唆するような文章であって欲しい。ここら辺は論文の心臓部であるから、文章をケチらず、懇切丁寧の気持ちを忘れないで欲しい。

4. 文章・書式に関する注意事項

論文等の作文は段落（話のまとまり）の組み合わせで構成される。1つの段落は互いに関連する複数の文章から成り、1連の話を形成する。新たな段落は改行で区切られ、先頭行に1文字の空白を置く。

稚拙な作文の最たる例は、まず主語・述語といった文法上のミスが目立つ文章である。これを防ぐには、何はともあれ文章を何度も読み返すことである。1つの文章（。まで）を書いたら即読み直し、その積み重ねで1つの段落ができたなら再度読み直しといったしつこさが欲しい。次に、同じ文言・表現が何回も連続して現れる文章も稚拙である。これを防ぐには、例えば1つの段落内には同じ表現を二度と使わないといった拘りの気持ちが必要である。

5. まとめ

卒業論文は、この1年間に自身が行った研究の成果を皆にお披露目する重要な手続きである。それをなおざりにしたら自分にいったい何が残るのか、もう少し考えてもらうために、次頁以降では実際の論文の抜粋を参考例に示し、文章・表現・書式のより良き姿を提案したいと考えている。

越流に伴う堤体の破壊現象に関する研究

余白：上 20mm、下 20mm
右 22mm、左 14mm

表題は大きめの活字 (12pt) で中央配置

206001 愛知 太郎
206002 土木 次郎
206003 地盤 三郎

題目はMS明朝太字

本文は (10.5pt) MS明朝

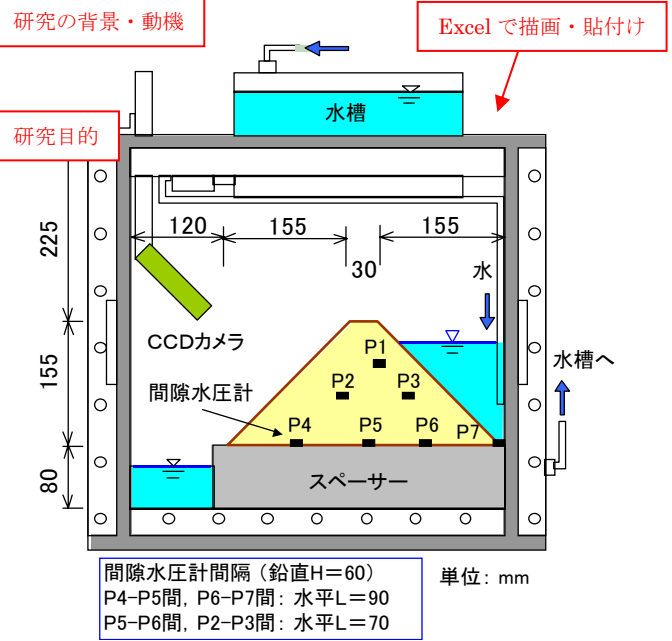
1. はじめに

ダムや堤防を用途とした盛土構造物が台風や集中豪雨時の洪水に伴って越流を起こすと、その崩壊は極めて短時間に、かつ破局的に生じることが実例として幾つか報告されている。しかし、越流崩壊時に堤体内でどのような浸透作用や応力・変形挙動が起こり、それが破局的な崩壊に如何に結びつくかなど、崩壊の状況やそのメカニズムに関しては未だ十分に議論が進んでおらず、その防護策についても殆ど検討されていない。

規定箇所越流が生じるように、天端面の一部に幅 50mm 程度の浅い溝を削って越流部とした。模型堤体の作製後、土槽コンテナを遠心載荷装置に搭載し、各種計器の接続や CCD カメラの設置等の準備を経て遠心実験に入る。

本研究は、ダムや堤防等の盛土構造物が異常洪水時に越流崩壊する現象を実験及び解析的に明らかにし、その防護策を検討するための基礎資料を得ようとするものである。具体的には以下の項目について議論を進める。

- 1) 遠心模型実験による越流崩壊現象の再現性、及び貯水位の急激な上昇に伴う堤体内の間隙水圧挙動と浸透破壊の観察
- 2) 越流破壊現象に対する有限要素浸透解析の適用性、並びに堤体内の間隙水圧挙動に関する模型実験結果との整合性の検討
- 3) 有限要素解析による堤体内の浸透状況や破壊様相の追求、並びに越流崩壊メカニズムに及ぼす各種要因の影響



研究目的は箇条書きが良い

図-1 遠心実験の概要図

MSゴシック

2. 実験概要

図-1 に遠心模型実験における模型堤体及び計測機器の配置概要を示す。内寸法 460×460×200mm のアルミニウム製の土槽コンテナ内に、両側 1 割勾配の斜面を有する高さ 155mm の模型堤体を作製し、これを遠心加速度 20G まで加速した状態 (実物にして 3m 程度の盛土を想定) で上流側に注水して浸透・越流破壊実験を行った。模型堤体内には破堤前後の間隙水圧の変動を調べるために、堤底部と中高部に合計 6 個の間隙水圧計を配置し、上流側には更に貯水圧を測定するための水圧計を設置した。堤体の崩壊状況の観察については、下流側の図示の位置に CCD カメラを設置して斜面全面を俯瞰するようにしたほか、遠心載荷装置の外に取付けた CCD カメラによりコンテナ前面の透明板を通じて横断面内の挙動も追跡できるようにした。

表-1 模型堤体試料の性質

粒度	粒度組成	粗砂	61%
		細砂	26%
		シルト	2%
		粘土	11%
特性	最大粒径	2mm	
	平均粒径	0.55mm	
	均等係数	217	
締め固め特性	最大乾燥密度	1.90g/cm ³	
	最適含水比	12.7%	

模型堤体の作製に用いた試料は、細粒分を若干含む SM に分類される砂質土であり、その粒度組成や締め固め特性を表-1 にまとめた。土槽内に中空鋼鉄製のスペーサーを設置し、その上に間隙水圧計を埋設しながら試料土を一定条件 (約 3cm×5 層) の下で締め固めて模型堤体を作製する。なお、堤体の

本論文では、空虚状態から貯水位を急激に上昇させて越流破壊に至らしめた場合 (case. A) と、定常浸透状態から水位を更に上昇させて越流破壊に至らしめた場合 (case. B) の 2 つの実験結果について報告する。前者は施工中のフィルダムが洪水時の急激な出水により越流破壊した場合を、後者は河川堤防が洪水時の水位急上昇により破堤した場合を想

定している。実験では、遠心加速度 20G 一定の下で空虚状態及び定常浸透状態を再現した後、上流側に一定速度で注水して越流破壊に至らしめた。なお、両ケースとも、模型堤体の締め固め度や初期飽和度を幾つか変えて実験を行い、それらの要因（堤体の初期状態）が堤体内の浸透挙動や越流崩壊に及ぼす影響についても考察を加えた。

3. 実験結果と考察

3.1 越流による堤体の破壊形態

コンテナ土槽の CCD カメラで観察した越流時の一連の崩壊過程を図-2 に模式的に示した。(a)越流の初期段階では、下流側斜面の表面に越流水の浸食作用で生じた幾つかの浅い溝（ガリ浸食）が現れ

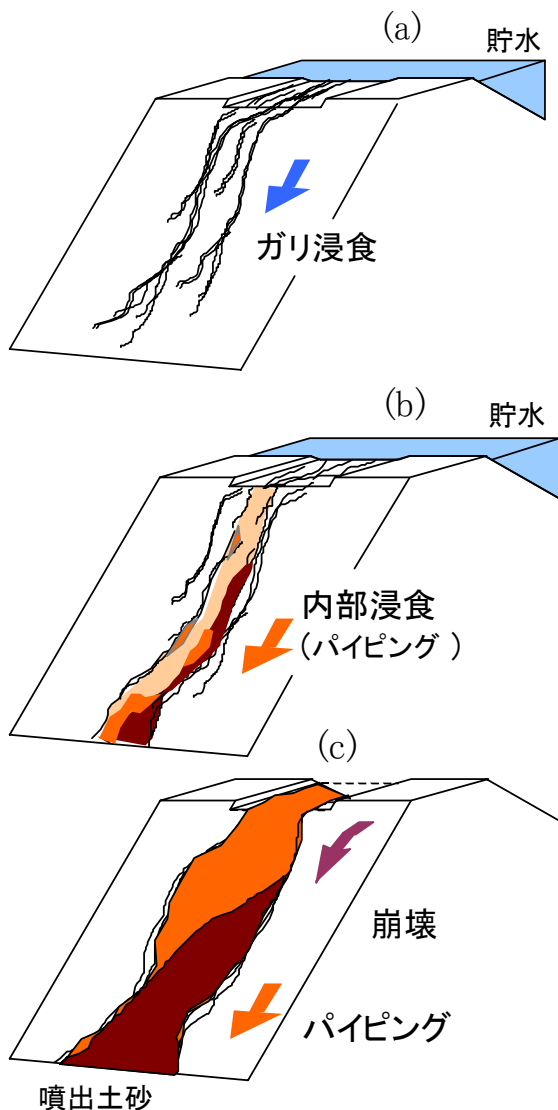


図-2 越流崩壊過程の模式図

る。(b)越流が継続すると、ガリ浸食が深部に達して堤体が徐々に削られると同時に、斜面中腹部から下部にかけて内部浸食による多量の土砂噴出(パイ

ピング破壊)が認められる。この時点では天端部は法肩を含めて浸食作用がほとんど見られない。(c)更に時間が経過すると、パイピングは上流側へ、また堤体上部へと進展し、最終的に天端部が下流方向に崩れ落ちるように流亡して堤体は全体的に崩壊する。これらの崩壊状況やその進行過程は、多少の差はあれ、今回行った全ての遠心実験でほぼ共通する特性として見られた。

以下、途中省略

4. 水位変動に伴う非定常浸透流のFEM解析

(1) 浸透解析概要

飽和・不飽和領域においてダルシー則が成立し、かつ間隙水圧の変化による水の圧縮や間隙の変化はないものと仮定すると、飽和・不飽和領域の浸透流を支配する基礎方程式は次式で示される。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial \phi}{\partial x_j} + k_{i3} \right) = c \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (i, j = 1, 2, 3)$$

ここに、 k_{ij} は透水係数テンソル、 ϕ は圧力水頭、 c は比水分容量、 t は時間である。初期条件および境界条件を与えて基礎方程式の解を求めるための有限要素法による定式化には Galerkin 法による重み付き残差法を採用した。時間項には中央差分法を適用し、各時間区間に対して許容収束条件を満たすまで反復計算した。

図-8 解析堤体 (省略)

解析堤体は図-8に示すような遠心実験模型堤体に対応する実物堤体とした。以下では、(2)で実物堤体に対し遠心実験との整合性を調べたケース、

(3)で湛水前の堤体内初期含水量分布(堤底付近が乾燥側の状態か、ほぼ飽和の状態か)が貯水に伴う堤体内浸透に及ぼす影響を調べたケース、及び(4)で締め固め度D値の差(透水係数の差に概略対応)が乾燥堤体と湿潤堤体の浸透に及ぼす影響を調べたケースの解析結果について報告する。堤体の要素分割は、上面～下面(天端面～底面)間を32分割、上流法面～下流法面間を48分割した。これによって解析領域は1536節点、1457四辺形要素で構成される。堤体材料の不飽和透水特性は得られていないので図-9のような関係を仮定して用いた。

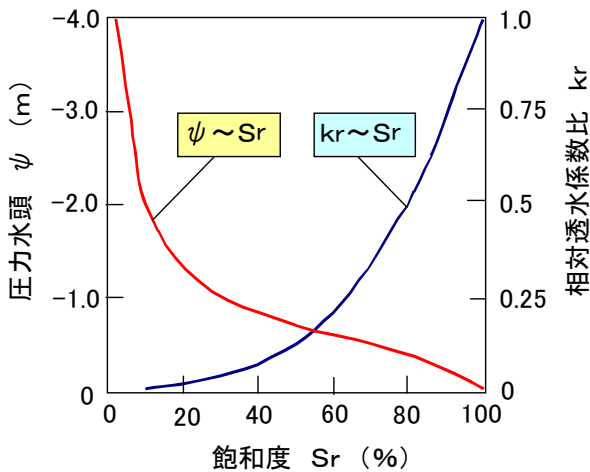


図-9 不飽和部の透水特性 (仮定)

(2) 遠心実験との整合性

貯水位変動に伴う堤体内の非定常浸透挙動に関してFEM解析に基づく議論を進めるにあたり、まず遠心実験とFEM解析結果との整合性の評価を行う。評価方法は、図-4に示した実験のt=135秒時におけるP1~P6の6点の間隙水圧の実測値を、実物計算のt=15時間(135秒×202)時のものと比較し、両者の一致の程度を調べるものである。ただし、この比較計算では、6点の間隙水圧について実験値と計算値が一致するように透水係数(k)の値を変えて計算を繰り返し、整合が最適と思われるk=3.0×10⁻³cm/sとした場合の結果を採用した。解析の貯水位上昇は図-4のP7の値に相似則を合わせた。

	間隙率 n	初期飽和度 Sr0 (%) 底面~天端面	透水係数 k (cm/sec)	表示時間
実験 △	0.311	74	6.1 × 10 ⁻³	135秒
FEM ○	0.311	70~4	3.0 × 10 ⁻³	15時間

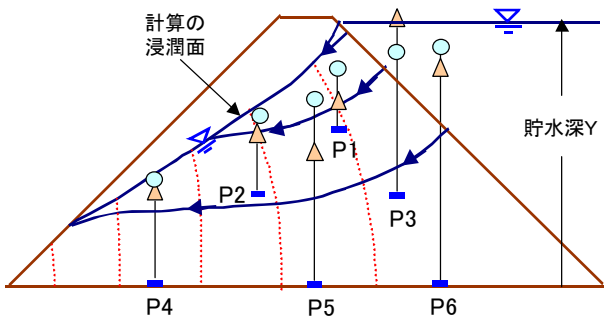


図-10 実験とFEM解析の水頭値の比較

図-10は両者の水頭値を比較したものである。実験値(△印)及び計算値(○印)のプロットは、6点の計器位置で得られた実測及び計算の間隙水圧値を水頭値に換算したときの鉛直高さを表している。流入面と下流法尻との水頭差を100%とした場合、実験と計算の水頭値の差は、P5を除いて10%程度以内であることが見てとれる。計算の透水係数

(k=3.0×10⁻³cm/s)が実験値(k=6.1×10⁻³cm/s)と合っていないことや、不飽和透水特性を仮定しての計算であること等、問題とすべき点もあるが、両結果は全体的には良好に一致していることから、本浸透問題に対する遠心実験とFEM解析は整合性があり、両結果の信頼性は十分にあると言える。

以下、途中省略

5. 結論

本研究で得られた主な知見を整理すると、以下のようである。

1) 堤体の越流破壊の形態として、2つの明瞭なパターンが観察された。一つは堤体が乾燥状態あるいは緩く締め固められた場合であり、越流により下流側斜面にガリ浸食が発生すると同時に、斜面下部から内部浸食が発生し、これが時間の経過に伴って上流側へ進展して堤体の全体破壊に至る。

2) 定常浸透状態や密に締め固められた堤体のように越流前に大きな飽和域が形成されている場合は、内部浸食よりも下流側斜面のガリ浸食が上流側に向かって徐々に進行するが、最終的には堤体下部でパイピングを併発し堤体破壊が生じる。

以下、省略

卒論執筆要領のまとめ

1. 用紙・活字・行数・頁数など

用紙：A4紙(縦297mm×210mm)
余白：上20mm、下20mm、左22mm、右14mm
活字：MS明朝10.5pt
行数：1頁53行(標準の文字数で)
字数：1段23文字(2段組、間隔7mm)
頁数：1論文、図表含めて4頁

2. 書式

題目：1行目の中央に12pt程度で表示
氏名：題目下1行空けて学籍番号・氏名
本文：氏名の下1行空けて書く
頁数：5-2など、班番号-頁数をフッタで表示
字画：数字・単位・数式表現には半角を使用
空白：章と章の間、図表のタイトルと図表、本文の間には1行の空白行を設ける

3. 図表・写真

横幅：図表は1段の幅または全段幅内に納める
作成：Excel等で作成して文書内に貼り付けると効果的(発表時のスライドにも使用)
活字：図表内の数値・記号は判読可能な程度に大きく書く
見出：図表にはそれぞれ連番号と題名を付ける
図のタイトルは図の下、表のタイトルは表の上に表示する