

(I) 決壊時の状況 決壊地（岐阜県安八郡安八町森部）に最も近い水位記録と降雨記録を示すと図-1のようである。水位は墨俣における観測結果である。決壊時までの洪水継続時間は約80時間である。一方、堤防上に降った降雨は羽島市消防署（決壊位置より東へ2.5km）の降雨記録で示したが決壊時までの堤防上に降った総降雨量は595mmであった。キ裂発生から決壊までの状況を順を追って示すと次のようである：

- 1) 9月12日午前6時頃、洪水波の第4波目のピークと降雨のピーク（約25mm/h）が一致した。この25mm/hの降雨でキ裂が発生したと思われる。
- 2) 裏小段付近に堤防と平行に約80mの2条のキ裂を発見した（午前6時30分）。
- 3) キ裂の入ったノリ面がずり落ち、キ裂は一段になった様子を呈する。キ裂部分の落差は小さい所で10cm、大きい所で40cmあった（午前8時）。
- 4) 裏小段ノリ肩に沿って1段、その下に約2mはなしてもう1段のクイ打ちを開始（8時）。クイ打ち間隔は約1m、クイ打ち延長は1段約50mであった。したがってクイ打ち総本数は約100本である。クイ打ち作業には水防団員約50名、資材運搬その他に約70名が出動した。なおクイの長さは2.7mである。クイ打ち作業の途中で不気味な地鳴りがした。
- 5) クイ打ち終了直前（午前10時28分）、図-2の③部分が最初にすべり出し、図-3、図-4の①の部分（裏小段から裏ノリ先まで）がすべり破壊を起こした。この1次すべり破壊はキ裂断面が波うつように急激に発生し、左右に揺れながら池の方へ流動した。
- 6) この1次すべり破壊の約30秒後に②部分（天端部分）がすべり破壊を起こした。
- 7) すべり土塊①の停止位置は図-2のようであり、決壊後の水の流向は北西の方向となった。

(II) 決壊のメカニズム キ裂発生から決壊までの決壊プロセスを示すと次のようである：

- 1) 4日間にわたる堤防上への豪雨と約80時間にわたる高水位（洪水波ピークが4回発生）のため図-3、図-4に示した粘土コア上の粘土・細砂境界面付近は降雨による浸透水と河川からの浸透水によって間げき水圧が上昇し、そのために土のせん断強度が低下し、さらに粘土・細砂境界面上の飽和度が極度に増加し、砂の粘着力が急激に低下した状態にあった。
- 2) 図-1のように12日午前6時頃、第4波目の洪水波ピークと降雨ピークが一致し、この時の豪雨（25mm/h）でキ裂が発生し、かなりの雨水がキ裂中に侵入したと思われる。このピークの一一致した時点から数時間後は堤防裏ノリ先付近で間げき水圧が急激に増大し、土のせん断強度と粘着力が極度に低下するので最も危険である。
- 3) 午前8時頃に、キ裂の入ったノリ面がずり落ち、キ裂が一段になった様子を呈したことはキ裂部分から裏ノリ先までの部分①がすでにすべり破壊を生ずる極限状態にあったと考えられる。水防団関係者によると、キ裂に測量用ボールを入れたところ何の抵抗もなしに入ったとのことである。
- 4) このようなすべり破壊が発生しようとしている極限状態における裏小段へのクイ打ちは、クイが

堤体基礎地盤（粘土層）に達していないので、すべり止めにもならず、最もすべり破壊を誘発、促進する位置で実施されたことになる。また、このクイ打ちを行った水防団員約50人の重量と約100本のクイの重量はすべり破壊を誘発する外力として作用し、小段部分の表層部分はかなり緊密であったので100本のクイ打ち振動もかなり大きく、この振動もすべり破壊に対して、その破壊応力の増大にかなり寄与していたと考えられる。クイ打ちの途中で地鳴りがしたことは、斜面内部にセン断破壊が進行していたことを示している。

- 5) クイ打ち終了直前（午前10時28分）、図-2の㊸部分（粘土コアの斜面こう配が10度前後で最もすべり易い地点）からすべり出し、裏小段部分の1次すべり破壊を生じた。
- 6) 1次すべり破壊発生後、約30秒後に部分㊸（天端部分）の2次すべり破壊を生じた。この2次すべり破壊は、1次すべり破壊により誘発されたものと考えられる。（1次すべり破壊と2次すべり破壊の間に約30秒間あったことが、クイ打ち中であった水防団員の避難を可能にし、人的被害を最小限にすることができた。）なお、すべり破壊の初期の幅は約80mであった。

Ⅲ 決壊原因 決壊原因を主要な素因と誘因に分けて示すとつぎのようである：

- (i) 素因
 - a) 粘土コアの横断形状が浸透破壊やすべり破壊を生じ易い形状であった。
 - b) 堤体材料が細砂（砂質粘土）であった。
 - c) 堤体基礎が軟弱地盤上にあった（池があった部分の堤体基礎処理の不完全）。
- (ii) 誘因
 - a) 長時間の高水位と4日間の降雨があり、さらにそれに続く洪水ピークと豪雨のピークが一致した。
 - b) キ裂部分からの雨水の流入がかなりあった。
 - c) 水防工法としてのクイ打ち工が、すべり破壊を誘発、促進する位置で行われた。

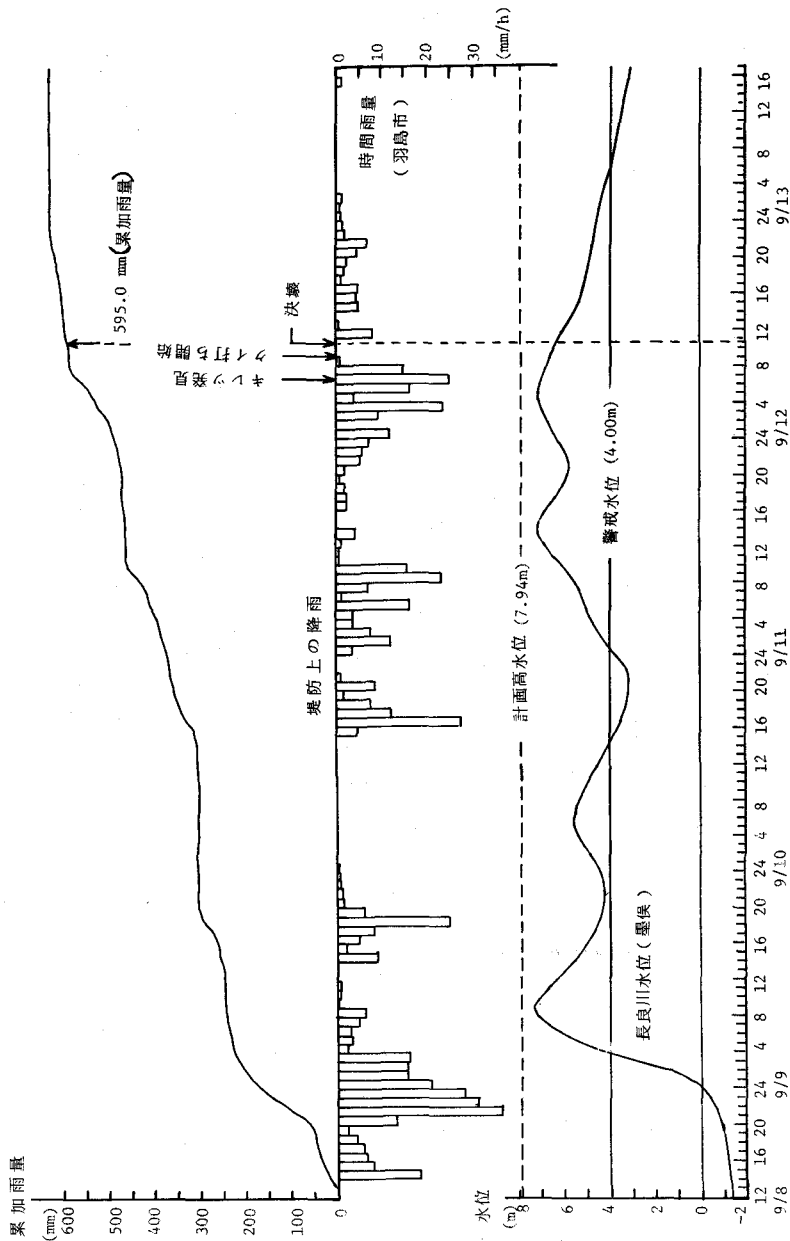
この決壊形態を簡単に表現すると「粘土(コア)斜面上の細砂堤体のすべり破壊」といえよう。なお、クイ打ちによってすべり破壊が促進され、大規模な破壊になった可能性が非常に強い。

Ⅳ 水防工法 粘土コアの存在およびその形状が判明していない緊急時であったのでいたしかたないが使用されたクイ打ち工法（クイ打ち後、土のう積みを行う予定であった）はすべり破壊に対して位置的に不適切であり、すべり破壊を誘発、促進する工法であった。このようなすべり破壊を防止するには、裏ノリ先部㊸点付近で、すべり出しを押えるための押え盛土ないしは押え土のう積みを行うのが最も有効である。㊸点付近は浸潤線の浸出点付近にあるので、この押え土のう積みを行う際には水抜パイプをさし込みながら行う必要がある。すべり破壊を防止するためにクイ打ち工法を使用するときは、斜面下部のすべり面が水平に近い位置で行うのが最も効果的である。この場合のクイ打ちの根入れ深さは、少なくともクイ全長の $\frac{1}{8}$ が基礎地盤に留まるようにし、クイの下の方基礎地盤が軟弱な場合、この地盤が破壊されないようなクイ打ち範囲と本数でなければならない。

Ⅴ 堤体材料の土質実験の結果 決壊口北側から採取した細砂（堤体部分）と粘土（粘土コア部分）の土質実験の結果は次のようである。（一面セン断試験及び液性限界などの結果は図-1の下に示した）

	比 重	組 成			30%粒径 (mm)	50%粒径 (mm)	透水係数 (cm/sec)	備 考
		粘土分(%)	シルト分(%)	砂分(%)				
細砂	2.64	32	20	48	0.003	0.05	2.15×10^{-4}	砂質粘土に近い
粘土	2.65	43	50	7	0.001	0.0075	—	シルト質粘土に近い

(Ⅷ) あとがき 決壊機構の解析には、決壊直後の写真（建設省職員が撮影したもの）および決壊口の上空から撮影された写真（ＣＢＣテレビ放映の録画スライドおよび陸上自衛隊ヘリからの航空写真）さらに著者らの撮影した写真など多数の映像情報，新聞記事および水防団関係者らの決壊時の状況説明等を使用した。とくに図－３の粘土コアの形状（スベリ面）はＣＢＣテレビ放映の録画スライドで確認した。ここに記して感謝を意を表する。また，土質実験には岐阜大学工学部，大学院生 森本，学部学生 梅原の両君の協力を得た。



図－１

(正規圧密領域における一面せん断試験の結果)

		粘着力 C (kg/cm ²)	せん断抵抗角 φ (度)	備考
細砂	初期含水比 (%)	0.54	20	含水比 14.7% のとき
	液性限界 (%)			
粘土	初期含水比 (%)	0.50	41	含水比 13.1% のとき
	液性限界 (%)			

