

技術賞を受賞して



久 樂 かつ 勝 ゆき 行*

1. はじめに

このたび、「盛土構造物の崩壊と対策に関する研究」に対して、土質工学会より栄誉ある技術賞をいただき、長年土質工学に関連した研究に携わってまいりました筆者にとりまして、誠に身に余る光栄に存じております。これも、ひとえに土質工学会の会員の皆様方の深い御理解と温かい御支援のたまものと心から厚く御礼を申し上げます。

今回受賞の対象となりました研究は、筆者が建設省土木研究所で長期間にわたって実施したことをまとめたもので、本研究を始める端緒を与えられてから終始変わらぬご激励、ご指導を賜わった元土木研究所長・東京理科大学福岡正巳教授、元土木研究所機械施工部長・国土開発技術研究センター山村和也理事を始めとして、歴代の機械施工部長様ならびに土質研究室長の皆様に対して、改めて、ここに深甚の謝意を表する次第です。また、本研究を進めるにあたり、土木研究所機械施工部土質研究室の諸先輩には温かい助言やご指導をいただき、更に同研究室の諸賢には筆者の良き研究仲間として協同して調査・研究を遂行していただいたことに対して、心から感謝を致します。また、筆者の大学学部および大学院工学科修士課程以来、今日に至るまで九州大学名誉教授山内豊聰先生にも、懇切、丁寧なご指導とご激励をいただきました。更に、中央大学教授久野悟郎先生ならびに長崎大学教授伊勢田哲也先生を始めとして、建設省、土木研究所の諸先輩の方々には、学会や委員会などの活動を通して土質工学に関する温かいご指導、ご鞭撻を賜わりました。そのようなご指導、ご鞭撻を賜わった諸先生ならびに諸先輩の方々に対して、ここに深く感謝の意を表します。

2. 研究の経緯と内容

本研究の経緯と内容について概略を示すと、次のようになります。まず、目的としては道路盛土、河川堤防などの盛土構造物の豪雨時および洪水時における崩壊の機構を、過去の破壊事例や現地観測、大型模型実験の結果を基にして究明を加えるとともに、非定常浸透流解析を組み入れた円弧すべり解析法によって、破壊を起こす要因を定量的に把握して、盛土構造物の豪雨時および洪水時の安全性を検

討する方法を見いだしたことです。更に、豪雨や河川水位の上昇に起因する堤体の崩壊に対しては、それを防止するために良質土や改良土、ジオテキスタイルなどの被覆による補強対策を提案し、その効果を大型模型や実物大の実験などによって確かめたことです。

これらの研究テーマは、土質研究室の過去から今日に至るまで引き続き実施されているテーマですが、受賞の対象となった本研究は当時の山村室長のご指導のもとに、大型模型実験や現地における実物大実験ならびに解析などを行ったことがベースになっております。また、本研究を進めるにあたって、筆者が入省したときの土木研究所長であられました福岡先生にはいろいろとご指導やご助言を賜わりましたが、そのなかで先生から何かの機会に「土構造物の破壊には Time factor がないね」と言われたことに深く感銘し、その後の筆者の研究活動に大きな励みとなりました。したがいまして、豪雨時および洪水時の盛土構造物の安定性を検討する際にも経時的な変化に着目した検討を主眼におき、千葉支所にあった人工降雨装置を備えた大型盛土実験施設を用いて、雨水の盛土内への浸透と崩壊現象を明らかにするための大型盛土による雨水浸透実験を実施しました。土質力学を大学で勉強し始めたころ、九州大学名誉教授の山内先生から「土については現象を把握するためによくみなさい」ということを機会あるごとに教えていただきました。土木研究所での大型模型実験は、そのような実際の現象を見るうえで大いに役立ったと言えます。

これらの一連の実験を通して、1) 盛土内への雨水の浸透現象は、降雨開始とともに盛土表面付近の飽和度がまず上がり、次第に内部へと進行していくが、内部の中心部においては飽和度が容易に上昇しないことが見いだされました。また、雨水の浸透による盛土内の浸潤線は中心部で低く、両側に2つの山をもつ自由水面になることが明らかになりました。

更に、盛土構造物が崩壊に至るまでの過程を説明し得るような解析手法の開発や解析に必要な土質定数のとり方、ならびに盛土構造物の安全性を向上させるための補強対策などについても、当時いろいろと検討を加えました。その主なものとしては、雨水の浸透に伴う盛土内の不飽和浸透流の数値解析および不飽和土三軸圧縮試験機の試作や、実験盛土における降雨前後、中間でのコーン貫入抵抗値の測

*建設省土木研究所機械施工部土質研究室長

定によって飽和度と土の強度定数の関係を求めたことなどがあげられます。その後、土の強度定数に関しては、礫まじり土に着目して、礫の混入率と締固め度が土の強度定数に及ぼす影響について調べました。また、河川堤防の破堤原因として越水による破堤が多いことから、多少の越水に対しても耐え得るようなジオテキスタイルによる堤防補強工法を考え、その効果を揖斐川と牧田川の合流点の導流堤を用いて、実物大の模型堤防による越流実験によって確かめました。

上記のような検討の結果、2) 非定常浸透流解析を組み入れた円弧すべり安定解析法を提案しました。そして、解析結果と大型模型実験の結果との比較から、雨水の浸透などに伴う盛土構造物の安定性の低下が、そのような解析手法によって評価できることを見いだしました。

盛土構造物の崩壊と対策に関する研究を進めているなかで、昭和51年9月の長良川洪水のような長雨、長洪水に対する堤防の安全性、ならびにその補強対策ということが注目されるようになり、そのための有限要素法を用いた浸透流解析や大型模型による浸透実験を実施しました。

そして、非定常浸透流解析の結果と大型模型実験ならびに現地観測の結果とを比較しながら、浸透流解析の実際への適合性を検討するとともに、外力条件や堤体土質、地盤条件の違いが堤体内の非定常浸透流に及ぼす影響について検討を加えました。更に、対策工を施した場合の効果についても、非定常浸透流解析の結果を用いて定量的に評価をしました。また、長雨、長洪水に耐え得るような堤防の補強工法として、堤防の表層部を1~2mの良質土、もしくは土質改良した土あるいはジオテキスタイルなどで被覆する工法を考え、筑波の新しい大型実験施設を用いて、その効果を確認する大型模型実験を行いました。

そのような浸透流解析や大型模型実験の結果などを通じて、次に示すような知見が得られました。

3) 雨水の浸透を考慮した有限要素法による非定常浸透流解析によって、雨水の浸透に伴う盛土内の自由水面の形成とその上昇過程を求める成功しました。

4) 洪水時の河川堤防の堤体内の非定常浸透流について、湛水実験と現地観測の結果から、洪水時の堤体内の非定常浸透流の動きを説明するとともに、外水位の変動を考慮した有限要素法による非定常浸透流解析を行って、従来検討されることが少なかった洪水波形、洪水継続時間、堤防下の基礎地盤の特性などが堤体内の非定常浸透流に及ぼす影響を明らかにしました。

5) 大型模型堤防による浸透実験および飽和・不飽和両浸透流解析の結果から、河川水位の上昇が降雨と重なり合った場合には、堤防裏斜面部の浸潤線の上昇が速く、しかも高くなるので、両者の重なりを考慮した堤防の安定性の検討が重要であることを指摘しました。

6) 雨水や河川水位の上昇に起因する堤体内の浸透水に

よる斜面すべりに対して、良質土や改良土、ジオテキスタイルなどで被覆することで堤体内に浸透する水を抑制し、それによって堤体の安定性を向上させることができることを示しました。

以上述べたいくつかの知見をとりまとめたものが、今回受賞の対象となった研究成果あります。

3. おわりに

本研究は、河川堤防、道路盛土などの盛土構造物の崩壊と対策について土質工学的な見地から検討し、とりまとめたものです。過去の災害事例からすると、盛土構造物の豪雨時および洪水時の安定性は必ずしも高くなく、依然として盛土構造物の崩壊に関連した災害が、毎年生じております。したがって、安全性の高い、合理的な盛土構造物の築造がいっそう望まれるわけです。そこで、従来経験的なものに頼りがちであった盛土構造物の安定問題を土質工学的な立場から検討を加え、それらを実際の盛土構造物の設計、施工ならびに補強対策に役立てることを目的にして研究を実施し、2. で述べたようないくつかの知見が得られました。

しかし、土を盛って人工的に造る盛土構造物であっても、盛土内には土質工学的にみて不均質性、不規則性が存在します。また、盛土構造物は種々様々な地盤条件の上にある長さ連続して築造されることが多いため、局部的な地盤条件の差異が盛土構造物の安定性に大きな影響を及ぼすことになります。したがって、本研究の成果は盛土構造物の崩壊現象や補強対策の効果を説明するうえで大いに役立つものと思われますが、上記のような条件を認知して盛土構造物の崩壊を事前に予測する手段にまでには至っておりません。今後は、そのようなことも考慮した調査・研究を更におし進めていきたいと考えておりますので、貴学会の皆様方のご指導とご鞭撻のほどを申し上げて、私のお礼のことばと致します。

参考文献

- 1) 久楽勝行・斎藤義章・石塚廣史：大型盛土による浸透模型実験、土と基礎、Vol. 28, No. 5, pp. 33~38, 1980.5.
- 2) 久楽勝行・石塚廣史：雨水の浸透と盛土の安定性、土と基礎、Vol. 30, No. 9, pp. 37~43, 1982.9.
- 3) 久楽勝行・石塚廣史・竹内辰典：地盤の特性が河川堤防内の非定常浸透流に及ぼす影響、土木技術資料、Vol. 24, No. 10, pp. 39~44, 1982.10.
- 4) 久楽勝行・三木博史・閔 一雄：締め固めた礫まじり土の工学的性質に関する実験的研究、土と基礎、Vol. 31, No. 2, pp. 39~45, 1983.2.
- 5) 久楽勝行：盛土構造物の崩壊と対策に関する研究、土木研究所資料、第2017号、1983.8.
- 6) 久楽勝行・丹羽 薫・石塚廣史：降雨時の盛土内の飽和ないし不飽和浸透流の解析、土木技術資料、Vol. 25, No. 2, pp. 22~27, 1983.12.
- 7) 久楽勝行・吉岡 淳・細谷政和・佐藤正博：ジオテキスタイルを敷設した堤防の補強効果に関する実験、第19回土質工学研究発表会、2分冊の2, pp. 1323~1324, 1984.6.

(原稿受理 1985.6.5)