

礫混じり堤防構成土の大型三軸試験による強度評価

名城大学大学院	学生会員	岸 賢吾
名城大学	正 会 員	小高猛司・板橋一雄
名城大学	学生会員	天野留実・中島康介
建設技術研究所	正 会 員	李 圭太
ジオ・ラボ中部	正 会 員	坪田邦治・加藤雅也

1. はじめに

河川堤防の詳細点検¹⁾においては、浸透時のすべり破壊に対する検討を行う場合、浸透流解析で設定した浸潤面を用いて全応力法での円弧すべり解析が行われる。この際の強度定数の特定には、砂や砂礫材料であればCU三軸試験が用いられる。しかしながら、CU三軸試験は安価で実施できる反面、得られる情報量は少なく、特に浸水時の堤防構成土の力学特性を十分評価できない恐れがある。

一方、河川堤防は現地発生土で築造されている場合が多く、礫分から細粒分までの広範な粒度の土で構成されていることが少なくない。大きな礫を含有している場合には、それらを除外した粒調材料で室内試験を実施し強度定数を求めざるを得ないのだが、その際の強度評価は慎重に行う必要がある。しかしながら、大型三軸試験などを行う以外に大きな礫分を混入したまま強度定数を直接求める手段はないのが現状である。

本研究の目的は、現地堤防で採取した礫混じり砂に対し、大型から小型までの三軸試験を実施し、礫を除外する粒度調整が礫混じり砂の強度評価に及ぼす影響について検討を行うとともに、試験条件が力学挙動の評価に及ぼす影響についても検討することである。本報では、その皮切りとして、粒度調整を行わない現地堤防採取土を用いたCU条件での大型三軸試験の結果を示す。

2. 供試体作製方法および試験手順

実験試料は山陰地方を流れるT川の堤防から採取されたものであり、図1に粒度分布を示す。河川調査の原則から、ひとつの地点から採取できる量は限られており、大型三軸試験を実施するだけの量を1箇所の採取試料で確保することは困難である。本報での大型三軸試験では、比較的採取地点も近くまた構成も類似している図1の凡例の上から6つの土を混合したものをを用いることとした。それでも1回分の試料を確保することが精一杯であることから、一連の大型三軸試験では、この試料を繰り返し用いて実施した。

試料採取時の現場湿潤密度は $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ であり、その際の含水比が約8.3%であったことから、今回の試験供試体は、乾燥密度 $1.57\text{g}/\text{cm}^3$ になるように再構成した。具体的には、含水比1.3%程度まで自然乾燥させたのち、規定の乾燥密度となるように5層ずつ密度管理をしながら作製した。なお、今回の乾燥密度では、ほとんど突き固めることなく供試体を作製することができ、比較的ゆる詰め供試体となった。

今回の大型三軸試験はジオ・ラボ中部の試験装置(写真1)で実施し、供試体寸法は直径30cm、高さ60cmである。供試体をセルに設置した後、 CO_2 を用いて飽和化を行った(B値0.98)。その後、所定の有効拘束圧(A:50, B:100, C:200kPa)で18時間程度圧密をしてから、CU条件でせん断を行った。

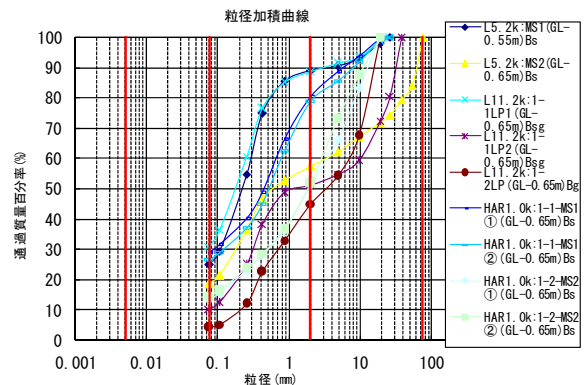


図1 現地堤防採取土の粒度分布



写真1 大型三軸試験機

3. 試験結果

図2および図3に軸差応力～軸ひずみ関係および有効応力経路をそれぞれ示す。図2の応力～ひずみ曲線からわかるように、どの拘束圧においても明確なピーク強度は示しておらず、軸ひずみの増加に応じて軸差応力は単調に増加し続けている。図3の有効応力経路に着目すると、Case A（有効拘束圧 50kPa）では比較的軸差応力が大きくなるまで平均有効応力 p' が一定となり、その後ダイレイタンスーにより塑性膨張する傾向が見られており、過圧密土的な挙動を示している。一方、Case B（100kPa）ならびに Case C（200kPa）においては、せん断初期には正規圧密土的な塑性圧縮を示すが、その後変相を示して塑性膨張へ転じる。図2の応力～ひずみ曲線と対比すると、変相までは軸差応力は急激に増加するものの、変相後から軸差応力の増加割合は鈍化していることがわかる。以上の各試験 Case のせん断挙動を均質砂で例えるならば、Case A はやや密詰めから中密な砂のせん断挙動であり、Case B, C は中密からややゆるぎの砂のせん断挙動であると言える。Case B は他の2つと比べて破壊応力比が小さくなっているため除外すると、Case A および C における破壊応力比は 0.90 であり、変相応力比は 0.72 となり、砂としてはかなり小さな値となった。

図4および図5にそれぞれ全応力および有効応力で整理したモールの応力円を示す。それぞれ求められる内部摩擦角は $\phi_{cu} = 12.4^\circ$ ならびに $\phi' = 21.8^\circ$ となり、いずれもかなり小さく、当該堤防の構成材料は比較的ゆるぎの砂であったことがわかる。特に全応力で整理した場合、粘着力が得られる反面、内部摩擦角は非常に小さく求められ、この値をそのまま安定解析に用いれば、安全側とはいえ堤防の安定性をかなり低く評価することとなる。

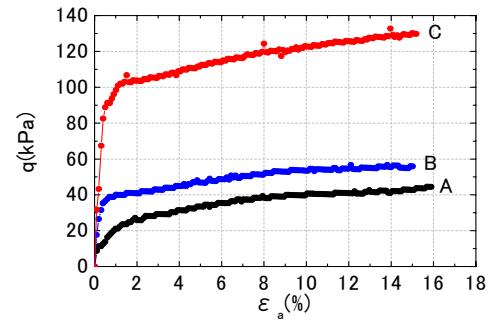


図2 軸差応力～軸ひずみ関係

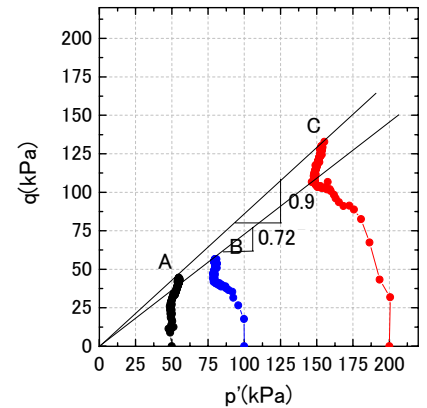


図3 有効応力経路図

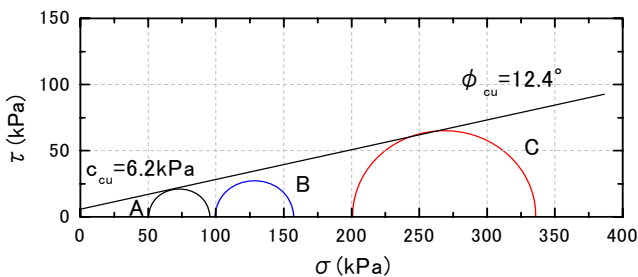


図4 全応力で整理したモールの応力円

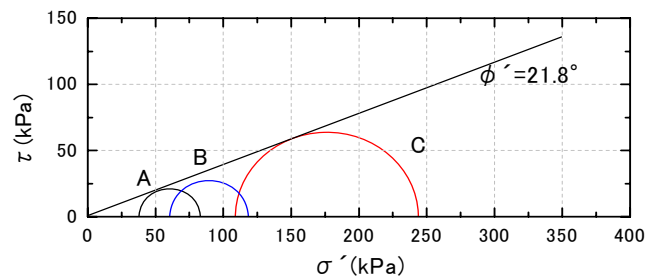


図5 有効応力で整理したモールの応力円

4. まとめ

現地河川堤防で採取された原粒度のままの礫混じり砂の変形強度特性を求める目的で大型三軸試験を実施した。その結果、得られた強度定数はかなり小さいものであった。本報に続く次の段階として、小型ならびに中型供試体による室内三軸試験を実施することにより、大きな礫分を除外するような粒度調整をすることによって、得られる変形強度特性にどのような影響が及ぼされるのか検討を行う。さらに、安全側の全応力法の安定解析の実施を基本としているとはいえ、浸水時の堤防を非排水条件での強度定数で評価することの是非も今後検討してゆくべきであり、せん断時の排水条件による影響についても調査する予定である。講演時には、大型三軸試験の結果以外についても一部報告できると考えている。

参考文献：1) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002。