土ー構造物境界が内部浸食に及ぼす影響に関する実験的検討

横浜国立大学　　学生会員　○滝澤伊織
正会員　　崔　　瑛

１．はじめに

現行の河川構造物の設計においては，浸透破壊に対して動水勾配という考え方が用いられている．しかしながら，既往の研究において細粒分の剥離・移動現象である内部浸食により浸透破壊は進行性であること [1]，また土ー構造物境界における透水性が地盤内部よりも大きく [2]，水みちが形成されやすいことが指摘されている．境界および内部侵食の相乗効果によっては河川構造物の安全性の変化が予想され，本研究では構造物境界の影響を考慮できる透水実験を実施し，実験前後の粒度分布を調べることで土ー構造物境界が内部侵食に及ぼす影響について検討した．

２．実験の概要

本研究では，境界の影響を考慮できる透水実験装置（**図 1**）を用いて供試体を A，B，C の 3 つの領域に分け，それぞれからの流出量を電子天秤にて計測し，各領域の流速の経時変化を調べた．透水実験後は，供試体を上述の A, B, C をさらに上層，中層，下層の 3 層に分け，計 9 つの領域に分割し，ふるい分け試験を実施した．粒径 0.106mm 以下粒子含有率および粒径 0.106mm～0.25mm の粒子含有率を求め，浸透流による細粒分の移動を確認した．地盤材料には，既往の研究 [3]を参考に瑞浪珪砂 3 号と 8 号を 8 : 2 の割合で配合したものを使用した．地盤材料の粒度分布を**図 2** に，細粒分が移動を判断するための指標である Kenny の安全指標による評価を**図 3** にそれぞれ示す．Kenny の安全指標とは，試料の粒度曲線を用いて着目する粒径 D 以下の粒子の含有率の合計 F と粒子径 D～4D の粒子の含有率 H との比較によって，粒径 D の粒子が流動し得るのかを評価するものであり，H/F≧1.3 においては安定，H/F＜1.3 においては不安定となる可能性があると評価している．**図 3** より，本研究で用いた地盤材料においては，粒径が約 0.1mm～0.3mm と粒径約 0.01mm 以下の範囲において粒子の移動する可能性がある．供試体は含水比 6%に調整した後，2cm ずつ密度管理を行いながら丁寧に締固めて作製している．供試体を飽和させた後，**図-1** に示すマリオット瓶を用いて供試体に一定の流速を与えながら 5 時間透水実験を実施した．本報では，乾燥密度をρ_d=1.65, 1.75, 1.775g/cm^3 に変化させた計 3 ケースの結果について説明する．

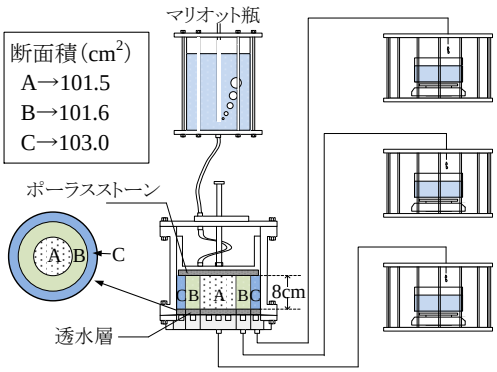


図 1　透水試験装置の概略図

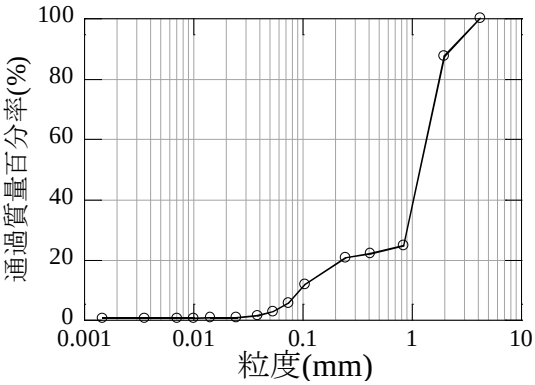


図 2　地盤材料の粒度分布

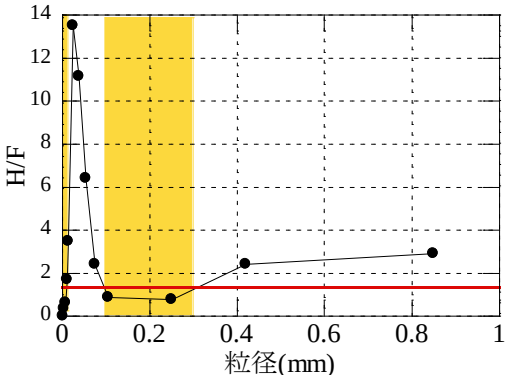


図 3　Kenny の安定指標による評価

３．透水実験の結果

図 4 に各計測領域における流速分布を示す．ここでは，実験開始直後で流速が安定した 5 分後と細粒分の移動が十分行われたと考えられる 4 時間後の流速を比較する．カッコ内の数値は 4 時間後における 5 分後からの流速の変化率 (%)であり，**式 1** より計算した．

$$5\text{分後からの流速の変化}(\%)=\frac{4\text{時間後の流速}-5\text{分後の流速}}{5\text{分後の流速}} \qquad \text{式 1}$$

キーワード　土ー構造物境界，内部侵食，細粒分，透水，浸透流
連絡先　　〒240-8501　神奈川県横浜市保土ケ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学　　ＴＥＬ045-339-4040

図より，各領域における流速分布が異なり，総じて土ー構造物境界に近い C と中心部で流速が大きい結果が見られた．さらに，時間の経過に伴う変化を比較すると，4 時間後 A では流速が若干減少するのの，その変化は他の計測領域よりも小さくなった．B では，いずれのケースにおいても流速が増加する傾向が見られ，供試体の密度が大きいほどその増加量は大きい．一方，C では，すべてのケースで時間に伴う流速の低下が見られた．特に，この変化は，密度が大きい(1.75, 1.775gm/cm^3)で顕著に表れ，供試体の密度が大きいほど流速の経時変化が大きいことが分かる．

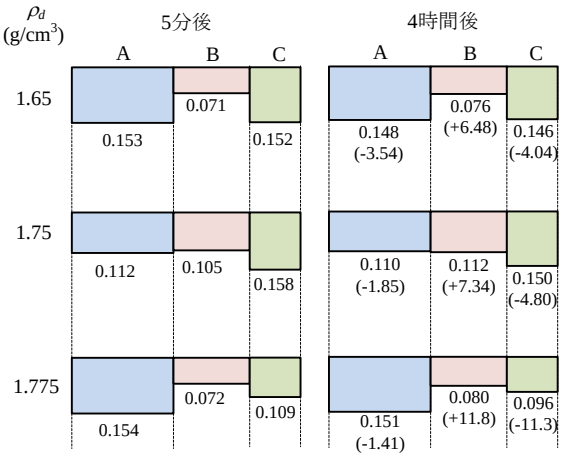
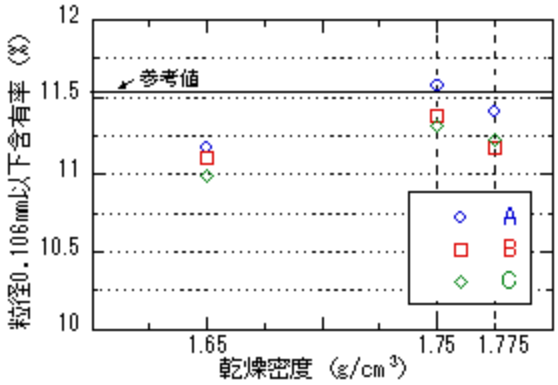


図 4　各計測箇所における流速（cm/min）

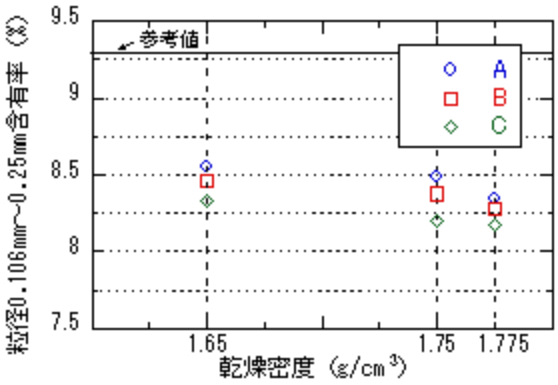
4．内部浸食の発生状況

図 5 に，各計測領域における乾燥密度と粒子含有率の関係を示す．図中に示す参考値は透水実験を実施する前の各粒径の質量百分率の値である．図より，いずれの粒径および密度についても，粒子含有率が参考値より小さくなり，粒子の移動が発生したと判断できる．さらに，境界から最も離れた領域 A の粒子含有率が最も大きく，構造物境界から最も近い C では，いずれの粒径および密度においても粒子含有率が他の領域に比べて小さい傾向にある．

さらに，粒径ごとの密度が細粒分移動に及ぼす影響を比較すると，粒径 0.106mm～0.25mm の粒子含有率においては，いずれの密度においも境界に近いCからB, Aの順番で含有率が大きくなる．一方，粒径 0.106mm 以下の粒子は，同じく A で最も大きい含有率を示すが，B と C の粒子含有率がほぼ等しくなる．また，粒径 0.106mm 以下の粒子含有率では，密度の増加とともに A と B の含有率の差がわずかに増加する傾向が見られた．これらの結果より，粒径の大きさによって構造物境界の影響範囲が異なり，粒径が大きくなると境界の影響範囲が小さくなること，また粒径 0.106mm 以下の細粒分に対しては，供試体の密度が増加すると境界部から離れた領域においても内部浸食が発生する可能性が示唆された．



（a）粒径 0.106mm 以下の粒子含有率



（b）粒径 0.106mm～0.25mm の粒子含有率

図 5　乾燥密度と粒子含有率と密度の関係

5．まとめ

本研究では，土ー構造物境界からの距離が土供試体の流速および内部侵食に及ぼす影響について検討し，供試体の密度や粒径に係らず，構造物境界部にて内部浸食が先行して進行することがわかった．また細かい粒子（粒径 0.106mm 以下）においては，供試体の密度が増加すると境界の影響範囲が拡大する可能性が示唆された．一方，浸透流の流速については，密度が小さいケースでは構造物境界部において流速が卓越する結果が見られたか，密度が比較的に大きい場合は境界から離れた領域より流速が小さい結果が見られた．この原因としては，浸透流に対する壁面による抵抗力が供試体密度の増加とともに大きくなったこと，また内部浸食により境界部での浸透流が濁流と化し供試体の間隙を流れにくくなったことなどが考えられ，これらの影響を明らかにしていくことが今後の課題である．

参考文献　1) 杉井ら：浸透破壊を対象とした進行性メカニズムの評価に関する研究，地盤工学シンポジウム論文集，Vol.25，pp61-67，2013.　2) 佐藤ら：地中構造物躯体近傍の透水状況の変化に関する基礎的検討，生産研究，東京大学生産技術研究所，Vol.64, No.4, pp.343-346, 2010.　3) 小柿ら：透水性矢板周の浸透流による砂質土の内部浸食，土木学会論文集，Vol.71, No.2, pp.419-427, 2015.