

2. 中国地方の土質工学的諸問題

7. 鳥取砂丘の砂と土木工事

Chapter 2. Geotechnical Engineering Problems in Chugoku Area

7. Sand and Civil Engineering Works in Tottori Sand-Dune

藤 村 尚 (ふじむら ひさし)

鳥取大学助教授 工学部

1. 鳥取砂丘

千代川は、鳥取・岡山の県境の中国山脈に源を發し、鳥取平野を南北に縦断して日本海に注いでいる。近年、この川の河口では改良工事が行われ河道が付替えられた。この川を挟んで河口の東側に海岸砂丘では珍しい70~80mの高砂丘として浜坂砂丘と福部砂丘があり、その中央部は観光客が訪れる天然記念物に指定されている地区である。一方河口の西側には比較的低平な湖山砂丘があつて、ほぼ中央部に鳥取空港が位置している。両者を合わせたものが広い意味での鳥取砂丘で、東西15km、南北1.5~2.0km、その面積1800haである(図-1)。

鳥取砂丘はその生成時代により古砂丘と新砂丘に分けられている。基盤岩の上に褐色~黄色をおびた古砂丘は、地質時代で言う第四紀更新世の末期、今

から数万年前の更新世の4回の氷河期のうちの最終氷期であるウルム氷期の初期、海水準の低下に伴って形成されたと考えられる。古砂丘中に円磨された礫などの水成の証拠がみられないので、その分布や起伏状態から風成のものと考えられているが、下部では水平ラミナのみられる水つき層もある。新砂丘は第四紀完新世に形成されたが、完新世初期のものと最近のものとの2層に細分されることがあり、前者を新砂丘I、後者を新砂丘IIと呼び、両者の間に挟まれる黒砂層により分けられる。これらの事実は鳥取砂丘のみならずほかの砂丘地にも対応されることである。新砂丘の砂は風成によるものであり、その色調は全体に白っぽい。

一連の砂の基盤岩は新第三紀鮮新世の安山岩質凝灰角礫岩である。また、古砂丘と新砂丘を分ける鍵層である大山火山活動に由来する数層の黄褐色の火山灰土層がある。これらは後期更新世から完新世の初期にかけて、数次にわたり大山の火山噴出物の堆積したもので、最上部に黒ぼくがある。なお、水際や海中ではこれらの層序は火山灰層や黒砂の欠如と礫まじり砂の混入がみられるようになる。

次に、土質工学的な観点から鳥取砂丘砂の主な特徴を列記すると以下のようである。

鳥取砂丘砂の粒径加積曲線の一例を図-2に示す。平均粒径は $D_{50}=0.2\sim0.3$ mm、均等係数は $U_c=2\sim3$ 、細粒分含有率10%以下であるが、古砂丘では10~30%と多くなる。砂丘砂は河口近くでは粗粒、遠隔地

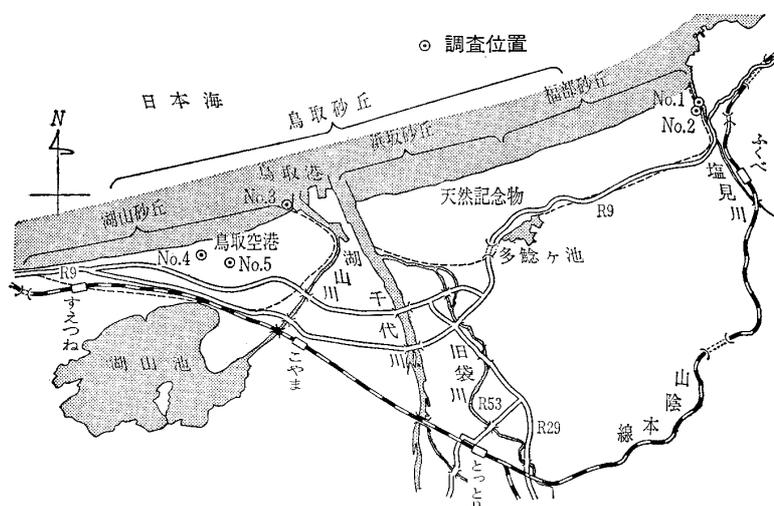
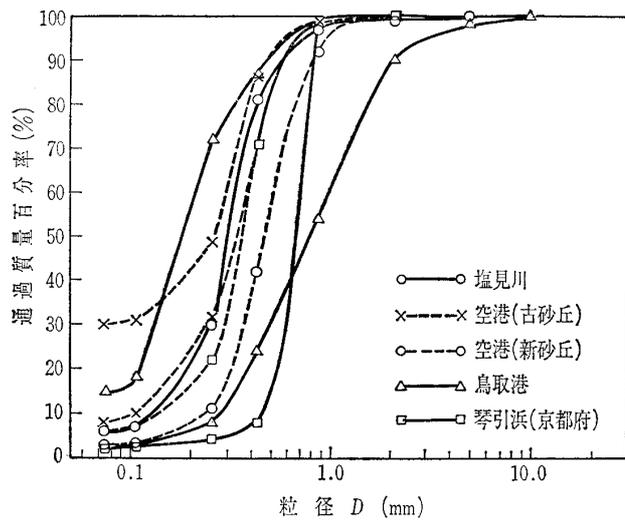
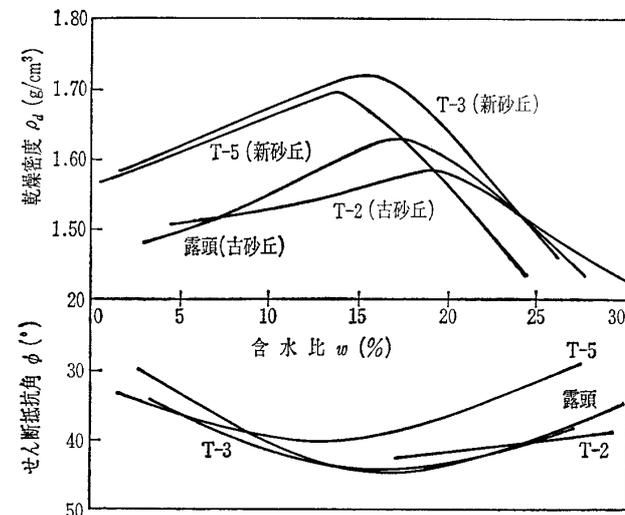


図-1 鳥取砂丘の位置



図—2 砂丘砂の粒度分布



図—3 締固め曲線とせん断抵抗角

では細粒となる傾向にある。また、海浜および海中の水流により移動堆積している砂より、内陸部の風成砂の方が粒径が小さく、粒径が一定している。

砂丘を構成する砂は石英、アルカリ長石、斜長石の円磨されたものが大部分で、磁鉄鉱や角閃石などをわずかに含有しているが、貝がらは含んでいない。砂の比重は2.66~2.71であり両砂ともよく似通った値である。砂丘地帯のN値は、深さZとともに漸増の傾向を示し、およそ $N=(1.5\sim 3.5)Z$ で表される。しかし切土等に伴う応力解放によってN値の低下を生じる。砂丘砂の締固め曲線の一例を図—3に示す。新砂丘、古砂丘の締固め曲線はおおむね等しいがわずかに新砂丘砂の方が鋭く、最大乾燥密度が大きい。

以下、近年砂丘地帯で実施された2, 3の土木工

事例を紹介して、砂丘と土木工事のかかわり合いについて述べる。

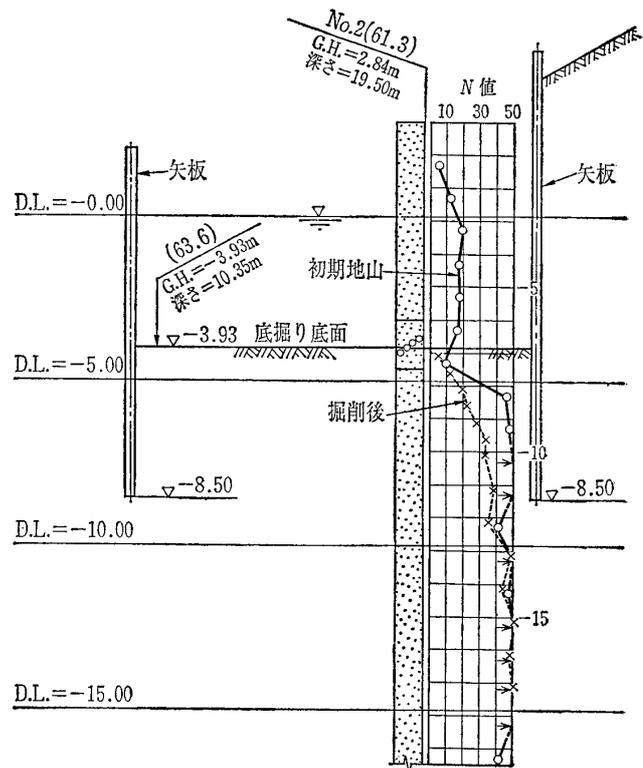
砂丘砂の CBR 特性は地山か盛土であるか、新砂丘か古砂丘かによって異なるが、総じて地山の現場 CBR 値は盛土部のもより大きく、シルト質分を含んだ古砂丘砂の CBR 値は均等な新砂丘砂のものよりかなり大きくなっている。

強度定数 c, ϕ についての報告は少ないが、締め固めた砂の CD 試験結果の一例を図—3の下図に示す。強度は締め固め含水比によって異なるが、おおむね $c=0, \phi=35\sim 45^\circ$ の範囲にある。

2. 掘削工事に伴う地盤の緩み

福部砂丘の最東端にある塩見川の改良工事において、掘削工事に伴う地盤の緩みについて述べる(図—1のNo.1)。

図—4は掘削前後のN値の変化を示したものである²⁾。初期地山は、地表から7mまでの比較的緩い地盤と8m以深のよく締まった砂地盤で構成されており、地下水位が高い。図中の破線は、掘削後のN値の分布であり、いずれの深さにおいても、掘削に伴う地盤の緩みが認められる。掘削底から矢板先端までの間で、最も著しい地盤の緩みを生じており、



図—4 掘削前後のN値の変化

当初の N 値を N_0 、掘削後の N 値を N とすれば、 N_0/N の比は0.5~0.7になる。次に、矢板先端から下方3mまでの間では、 $N_0/N=0.9$ 、矢板先端から下方3m以深では、地盤の変化は認められず、 $N_0/N=1.0$ となる。

以上のことから、底盤の緩みの原因は、図-2のような均一な細砂で緩みが生じやすい状態にあったところに、砂丘側からヘッドをもった地下水の浸透を受けたものであると推定される。

3. 切土のり面の勾配

2. の塩見川の改良工事のうち、砂丘地の切土後のり面勾配の決定とのり面保護について、工事例を述べる(図-1のNo.2)。

図-5は当該地の地質断面図であり³⁾、地表から20mまでが新砂丘砂、20m以深に古砂丘砂がある。直厚10~12mにわたる新砂丘砂の切土工事であり、これにより N 値の低下が生じる。この低下をどのように評価して、切土後のり面強度を推定するかが重要である。無限斜面の安定検討では不飽和斜面におけるのり面勾配として $F_s=1.0$ とするには、1:1.73($\beta=30^\circ$)となり、 $N\sim\phi$ 提案式によれば $\phi=30^\circ$

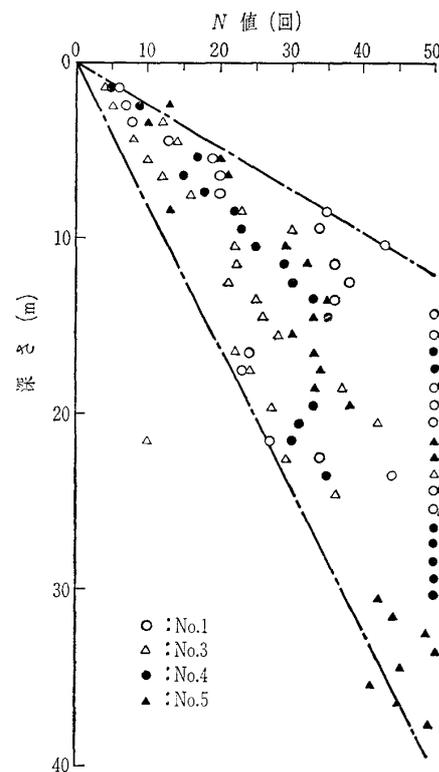


図-6 N 値の分布(塩見川)

の場合、 $N=15\sim 20$ 以上は必要となる。図-6は、ボーリング深度と N 値を示したもので、深度10m以深では $N>20$ となっている。Hough(ハウ)は均一な細砂の最終強さの内部摩擦角を $26\sim 30^\circ$ と提案していることなどより、切土のり面勾配として1:1.8程度が採用されている。

のり面保護については、小段を直高で5mごとに2m幅として、側溝を設けるとともにソイルセメン

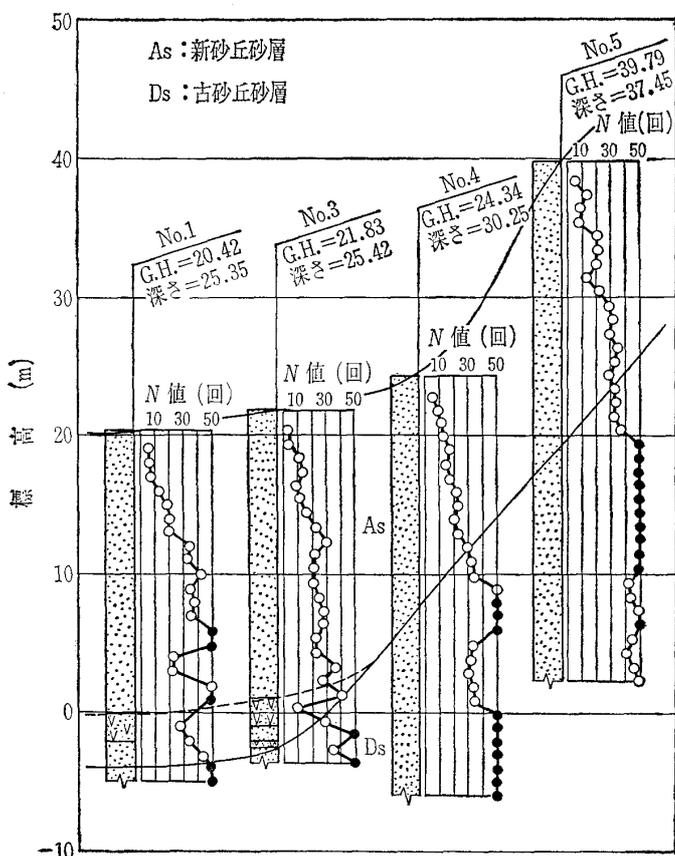


図-5 砂丘地での切土

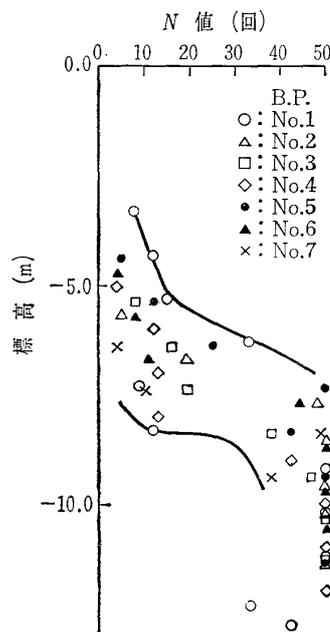
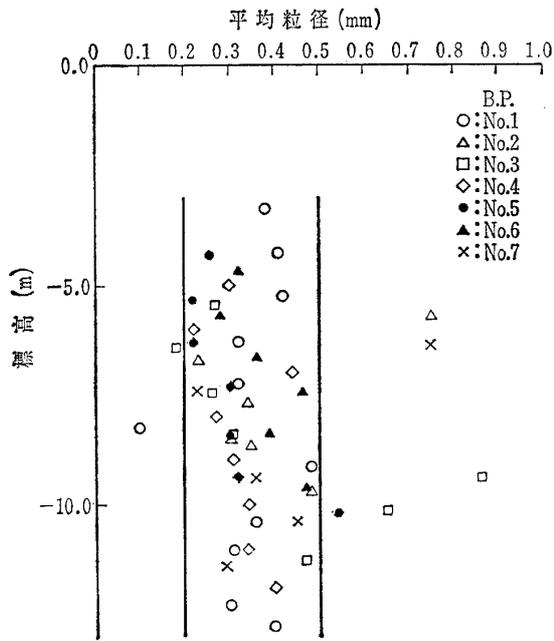


図-7 海中における砂の N 値分布

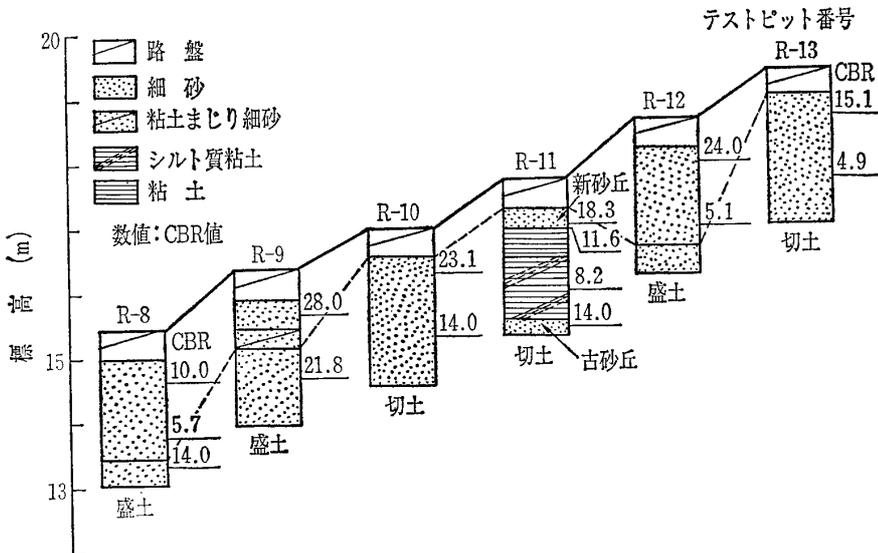


図—8 砂の平均粒径の分布

ト等で小段の被覆を行う。また、切土のり面は植生保護を行うものとして、植生定着までの補強工法として軽量のり砕工を併用している。

4. 防波堤基礎

今、千代川の河口では鳥取港の整備と改良工事が実施されているが、ここでは防波堤等の基礎工事について述べる(図—1のNo.3)。この付近の地質は、おおむね深度-20mまでは細砂、-20~-30mは礫まじり細砂、または砂礫であり、-30m以深ではシルト質粘土、シルト質砂が層をなしている。図—7は水深が-3~-6mにおいて、標高とN値の関係を示している⁴⁾。標高-7~-8m付近を境にして



図—9 路床土の断面図

N値が急激に大きくなるのが特徴である。

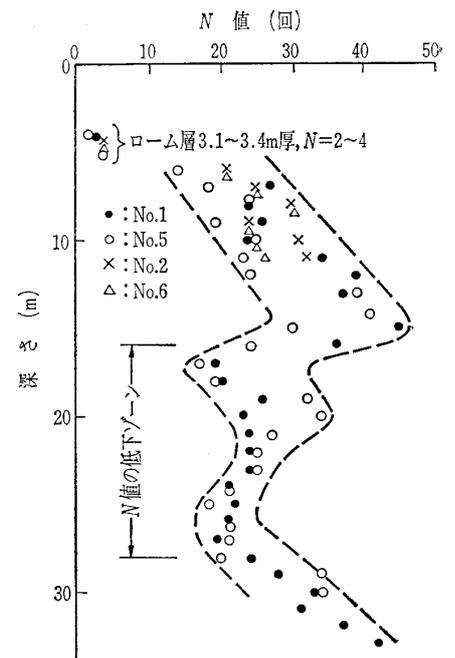
粒度分布は深さ方向にさほど変化がなく、不均一に混入するわずかな礫分に違いがみられるものの、平均粒径 $D_{50}=0.2\sim0.5$ mm, 均等係数 $U_c=2\sim5$ で代表される(図—8参照)。

このような浅い水深での防波堤基礎としては、2~4mの掘削、10~300kg/個の捨石マウンドによる直接基礎が多いようである。

5. 空港

鳥取空港は、鳥取市街地から北西約7kmにあり、日本海、千代川、湖山池にかこまれた湖山砂丘地内中央部に位置している。滑走路方向はほぼ東西方向で、空港の東側および南側は砂丘畑と住宅地が広がっている。北側は飛砂防備保安林であり、西側は日本海に面し、現在延長工事を実施中である。このような空港の拡張整備に伴う土木工事に関連して実施された地盤調査結果^{5),6)}の一部を紹介する(図—1のNo.4)。

図—9は、在来滑走路の路床土の断面図であり、地表から2.4mまでの土質と現場CBR値を記している。テストピット番号R-12は盛土部、R-10、R-11、R-13は切土部、R-8とR-9は一部盛土、切土の両者が見られる。切土部の砂丘砂のCBR値は約14以上であり安定している。盛土部での地盤試料はすべて古砂丘砂であるが、地表面下約0.80m以深



図—10 古砂丘砂のN値分布

では均等な砂を、0.8m以浅ではシルトまじり砂を使用した。シルトまじり砂のCBR値は均質な砂のものより大きい値を示している。

一方、砂丘砂の室内CBR値は、新砂丘では $5 < \text{設計 CBR} < 10$ 、古砂丘では $10 < \text{設計 CBR} < 25$ が得られており、滑走路の盛土材料として古砂丘が用いられた理由の一つである。

6. 建築物基礎

砂丘地内で建設される建築物の基礎としては直接基礎が多いようである。このことは、以下のような地盤特性を反映しているものと考えられる。

空港ターミナルビル建設前の地盤は地表面から1.0~2.4m程度に新砂丘が分布し褐色を呈する均一な細砂であり、その下部には火山灰質粘性土である黒ぼく、粘土質ローム、軽石ローム、粘土質ロームの4種類が約3.0~3.5m分布し不透水層となっている(図-1のNo.5)。これらの N 値はいずれも約2~5に分布している。次に古砂丘が存在し前述同様均一な細砂であり、所々に中~粗砂の薄層およびシルト分を混入する比較的安定した地盤である。古砂丘砂の N 値分布は、図-10⁷⁾に示すようにローム層下部10~15mでは $N=20\sim40$ 、ローム層下部15m以

深では約 $N=20$ に低下するものの、よく締まった地盤といえる。

このように、建物の支持層として古砂丘砂を運用する。RC・2Fの当建築物では地表部の新砂丘とローム層が薄層であり除去することにして、古砂丘地盤上に直接基礎を実施している。

謝辞

本文をまとめるに当たって多くの方々には資料の提供など多大のご協力をいただいた。記して深甚の謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 豊島吉則・赤木三郎：鳥取砂丘の形成について，鳥取大学学芸学部研究報告，第16巻，1965.
- 2) 鳥取県鳥取土木事務所：塩見川単渠調査設計委託報告書，1989.
- 3) 鳥取県鳥取土木事務所：中小河川改修事業塩見川改修工事の内土質調査及び設計委託報告書，1984.
- 4) 鳥取県鳥取港湾事務所：防波堤及び護岸報告書，1988.
- 5) 鳥取県土木部港湾課：鳥取空港土質調査委託報告書，1983.
- 6) 鳥取県鳥取空港建設事務所：鳥取空港整備事業のうち土質調査委託報告書，1984.
- 7) 鳥取空港ビル(株)：鳥取空港旅客ターミナルビル新築工事に伴う地質調査委託報告書，1984.

(原稿受理 1989.12.27)