

重回帰分析による埋立前後の沖積粘土層の経年変化について

九州工業大学工学部 正 会 員 清水恵助 永瀬英生 廣岡明彦
九州工業大学大学院 学生会員 ○清水亨一 荒木和政

1.はじめに

東京湾臨海部の主要構成層である軟弱な沖積粘土層は、現在まで埋立による載荷重や浚渫による除荷等の人工改変に受け、その影響は地盤の諸性質に反映されることが考えられる。そこで本研究では東京都港湾局の『東京港地質データベース・システム』を用いて、各土質試験結果や上載荷重等のパラメーターの各要素を用いて重回帰分析(3変量回帰モデル)を行うことで、それらの相関性に関して何らかの知見を得るとともに、埋立地盤直下の沖積粘土層の物理特性、力学特性の経年変化を調べることを目的としている。

2.対象地区の概要

図-1 に本研究の対象とした新砂地区の位置を示す。新砂地区は 1956～64 年に造成された埋立地盤であり、埋立前の試料は 1960～64 年に、埋立後の試料については、埋立完了後約 10～15 年経過した 1975～79 年に行われたボーリング調査の内、各 7 本を比較対象試料している。この地区における沖積層の分布は AP-30～-50m を境にして、上位の有楽町層と下位の七号地層から構成される。今回は主に AP-30m 付近までの有楽町層の試料を対象としている。なお各層の詳細な堆積環境や土質特性に関しては文献¹⁾²⁾等を参照されたい。

3.重回帰分析について

本研究では、種々の土質試験で得られた実測値 y (目的変数)・ x (説明変数)を用いて、予測値 Y との残差の絶対値を最小になるように以下に示す重回帰式(式 1)を求める。各重回帰式については、(式 2)より決定係数 R^2 を求めることで重回帰式のあてはまり具合を調べる。また、各説明変数の単位の影響を取り除く為に標準化したデータから(式 3)に示す様な重回帰式を求めるが、ここで $a_1 \cdot a_2$ は標準偏回帰係数と呼ばれ、各説明変数の寄与の評価について把握することを試みている。

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_0 \quad \dots(式 1)$$

$$R^2 = \frac{\text{重回帰分析より求めた予測値の分散}}{\text{実測値の分散}} \quad \dots(式 2)$$

$$Y^* = a_1x_1^* + a_2x_2^* + a_3x_3^* \quad \dots(式 3)$$

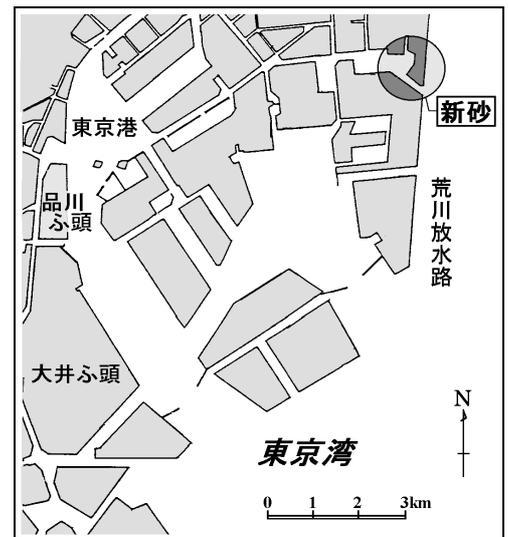


図-1 東京湾臨海部

4.物理特性の経年変化

図-2 に埋立前後の各物理試験結果の深度分布図を示す。図-2(a)より埋立前後の塑性指数 I_p に顕著な差が見られないことから、両試料はほぼ同じ性質の土であると判断される。図-2(b)より、間隙比 e は埋立前後で減少していることが確認できるが、これは上載荷重の増加に伴う圧密に起因した変化と推察される。

次に、目的変数 y を間隙比 e とし、説明変数 x_1 ・説明変数 x_2 をそれぞれ粘土分含有率 P_c ・有効土被り圧 p_0 とした重回帰分析を行った。表-1 に埋立前後の分析結果を示す。各標準偏回帰係数 $a_1 \cdot a_2$ に着目すると、埋立前後の変化は僅かである。しかしながら傾向としては、埋立前の地盤では、 e は上載荷重を表す p_0 より土の材料特性を表す P_c に依存するが、埋立後の地盤では、上載荷重の増加により土粒子間の間隙は減少し、 p_0 の影響の方がやや強くなるのが分かる。

埋立地盤、年代効果、重回帰分析、圧密、沖積層

〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel 093-884-3111 FAX 093-884-3001

表-1 重回帰分析結果 (目的変数 y : e)

	埋立前	埋立後
サンプル数 n	16	34
重回帰式	$Y=0.015x_1+0.540x_2+1.118$	$Y=0.014x_1+0.695x_2+0.113$
決定係数 R ²	0.745	0.922
標準偏回帰係数 a ₁	0.575	0.401
標準偏回帰係数 a ₂	0.467	0.588

5.力学特性の経年変化

図-3(a)に埋立前後の圧密降伏応力 p_c と有効土被り圧 p₀ の深度分布図を示す。埋立前の試料では未圧密の箇所が、埋立後の試料には過圧密の箇所が一部見受けられるが、調査地域周辺の堆積環境を考慮すると、埋立前後共にほぼ正規圧密状態にあるものと考えられる。

図-3(b)に一軸圧縮強さ q_u の深度分布図を示す。また、図中には各データの深度方向への回帰直線を併記している。この図より、全深度に渡り埋立後の q_u は埋立前の値より大きく、埋立造成に伴う地盤の強度増加が確認できる。

次に、目的変数 y を一軸圧縮強さ q_u とし、説明変数 x₁・説明変数 x₂ をそれぞれ粘土分含有率 P_c・有効土被り圧 p₀ とした重回帰分析を行った。表-2 に埋立前後の分析結果を示す。埋立前後の決定係数 R² をみると共に小さく、重回帰分析が適していないことが分かる。しかし、傾向としては標準偏回帰係数 a₁・a₂ に着目すると、埋立前は p₀ の影響が殆どないのに対し、埋立後の場合は埋立造成に伴う地盤の強度が増加することで p₀ の影響が大きくなることが分かる。

図-4(a)に強度増加率 c/p の深度分布図を示す。この図より AP-18m付近までは強度増加率 c/p に顕著な違いは見られないが、AP-20m以深では埋立前後で大きく異なることが分かる。

また、図-4(b)に破壊ひずみ ε の深度分布図を示すが、埋立前の AP-20m以深の試料については ε が記録されていないことから、乱れの影響が大きく ε の測定が困難であったことが推察される。AP-20m以浅の埋立前後の ε を比較すると埋立前の ε が大きく、一般的に東京湾臨海部周辺における ε は 3 ~ 5% であることから、埋立前の試料については、全深度に渡りサンプリング時に生じる乱れの影響を受けていることから、q_u は多少過小評価され、特にその影響は AP-20m以深の試料に顕著であることが推察される。

【参考文献】

- 1) 清水恵助: 東京港地区における自然 地盤ならびに埋立地盤の地質学的研究. 東工大博士論文, 1984.
- 2) 堆積環境が地盤特性に及ぼす影響 に関する研究委員会: 堆積環境が 地盤特性に及ぼす影響に関するシ ンポジウム発表論文集, 1995.

表-2 重回帰分析結果 (目的変数 y : q_u)

	埋立前	埋立後
サンプル数 n	11	34
重回帰式	$y=0.006x_1 - 0.070x_2+0.261$	$y= - 0.0002 x_1 + 0.972x_2 - 0.726$
決定係数 R ²	0.214	0.555
標準偏回帰係数 a ₁	0.511	- 0.005
標準偏回帰係数 a ₂	- 0.133	0.750

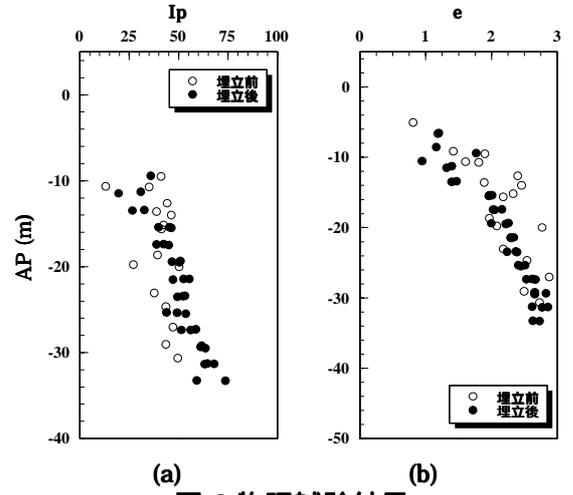


図-2 物理試験結果

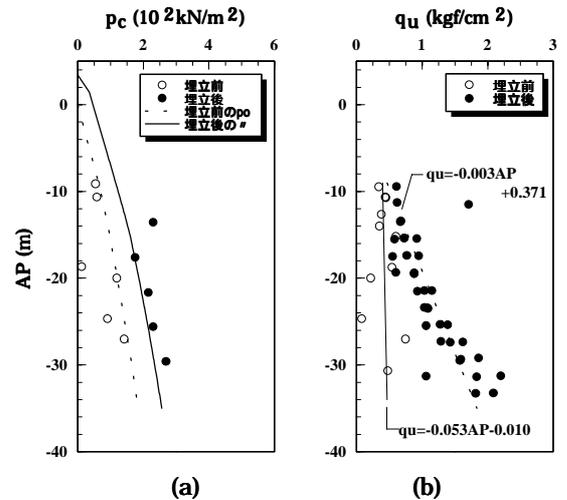


図-3 pc・qu の深度分布図

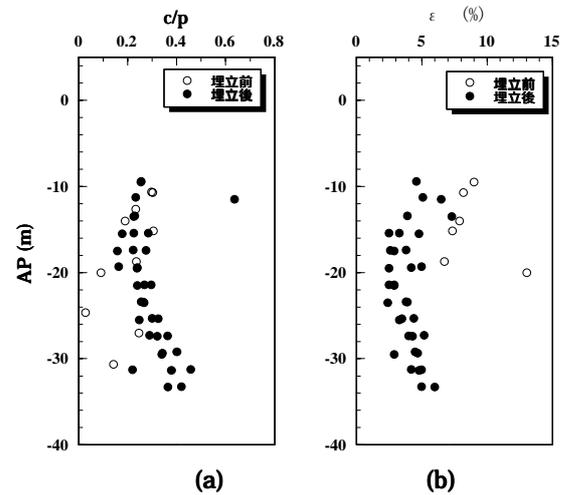


図-4 c/p・ε の深度分布図