

氏名・(本籍)	塩原鉄郎
学位の種類	理学博士
学位記番号	理第229号
学位授与年月日	昭和44年1月29日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和33年3月 東北大学大学院理学研究科修士課程地学専攻修了
学位論文題目	東京湾周辺における第四系の続成作用に関する一考察
論文審査委員	(主査) 教授岩井淳一 教授浅野清 教授畑井小虎

論 文 目 次

序	
第1章	研究の目的
第2章	地質と地質構造
第3章	東京湾とその周辺の地質
第4章	地層の機械的続成作用とその水文地質学的考察
第5章	地層の収縮量と地下水位・潮位の変化
第6章	東京湾底の未固結堆積物の弾性的変形と間隙水圧に関する考察
第7章	堆積物内における水脈的網状構造の変化
第8章	地層内における地下水の迂回流動
結 論	
参考文献	
資 料	
Abstract	

論 文 内 容 要 旨

(1) 研究の方針と続成作用の背景

地層の続成作用のうちでも、その機械的固結化はもっとも基本的な問題の1つである。

本論文においては、東京湾とその周辺地域に分布する第四系について、層相の巨視的地質構造と微視的地質構造とを充分考慮し、関東構造盆地形成以来の地史を背景としたその堆積物の続成的固結化の過程を間隙水圧の変遷という立場から考察を進めた。

この問題の研究にあたり、筆者はとくに東京地方における地質学的・地下水学的研究を基礎とし、地質および地盤沈下に関する諸資料の十分な検討のもとに、地層の脱水収縮とその固結化を考えるための基本的概念を打ち出したのである。このことによって、東京地方における深層部の収縮機構の解釈、地下水流動と地下水圧の伝播に関することなど各種の現象の解明を行なうことができたのである。さらにこの基本的問題は、土の構造についての変形に関する諸問題と、広域に及ぶ地盤変動とその変動量分布の毎年の変化、そして水準原点の変動の問題にまで発展してきたのである。

(2) 観測資料の検討と間隙水流動に関する考察

本研究の対象となった東京地方は、巨大な人口と工業生産をかかえる都市として、その生活・発展に大量の水、とくに地下水を必要としてきたのである。しかし東京低地帯における未固結の東京層群、さらにその上位の沖積層の堆積物の粒子間隙から大量の水を急速に奪ったため、著しい地盤沈下現象を発生することになって久しい。この問題は昭和の初期から各方面で検討され、今なお社会的に重要な課題であり、その機構解明のための研究がまたれている現状である。

この問題の研究のために、東京都内およびその周辺に設けられた調査・観測施設も数多いが、とくに地盤沈下量と地下水位の相関についての研究の立場から、地盤沈下・地下水位観測井の建設・観測が行なわれてきた。

筆者はこれらの観測井群の半数以上におよぶ井戸の設計・施工・維持・管理および研究に携わり、各種の資料検討の結果本論に関して次の主なる現象を知った。

- ① 戸田橋第1観測井（以下観測井は除く）および戸田橋第2の地下水位は東京湾から直線距離にして約18km（太平洋から約75km）はなれていながら、感潮変動している。
- ② 戸田橋第2は観測期間中に著しい人為的水位変動の影響をうけて、感潮変動を示さなくなった。亀戸も同様である。
- ③ 戸田橋第1～第4から70mほど離れたところを感潮河川の荒川が流れているが、その実質的中員と水深、水量、干満差は戸田橋第1および第2に地下水位の感潮変動を与えるほどのものではない。
- ④ 東京湾岸から戸田橋第1までの間にはおびただしい数の揚水井をもつ工場群があり、その各々の揚水量はもちろん、動水位低下をはじめとする人為的水位変動は極めて複雑でかつ激しい。

- ⑤ かなり固結した三浦層群の中の地下水位の変動のうち、東京湾岸における深層地下水位もまた感潮変動している。
- ⑥ 東京湾はきわめて浅く、中央部でおおむね水深15～20m前後しかない。しかもその底の沖積層の中には厚さ20mほどの粘土層がかなり普遍的に発達し、ほとんど湾奥部全域を覆っている。このため干満に応じて強力かつ大量の滲透水が深層にまで入りこむことはないと考えられる。
- ⑦ 東京低地帯の地盤沈下観測井は、深層の東京層群によって沈下量の30～60%が占められている。
- ⑧ 地盤の変動量の分布は沖積層の中の粘土層の厚さと全く一致するわけではなく、毎年その分布曲線は移動している。
- ⑨ 水準測量により、不動に近いとされていた水準原点の基盤と連続している山手台地の北部において、1年間に4cmもの地表面の沈下が観測されている。

以上の諸現象や考察を通じて、本論文において明らかにした点は次に述べる通りである。

東京湾において発生した海水の干満による荷重がもたらす地層の間隙量変化は、粒子構造の弾性限界内における現象であり、その微細な構造は、Honey Comb Structure（蜂巢状構造）とOpen Honey Comb Structure（不完全蜂巢状構造）およびSingle Grain Structure（単接合構造）の組み合わせであって、その間を移動する間隙水はArterial Structure of Aquifer（水脈的網状構造）に従って行動するものである。干満による間隙水圧の変動は水脈的網状構造のとくに粗粒部を選んでDetour Traveling of Ground Water（地下水の迂回流動）の条件に従って圧力の伝播・地下水の移動を行なう。この東京湾下で生じる増大した水圧は、粗粒で若い未固結の地層から構成される東京低地帯に解放されるのである。この水圧変化の単位体積あたりの量は小さいが東京湾海域の直径30kmという大きい規模で発生するため、その影響範囲も大きい。したがって東京低地帯内帯における地下水位の局所的低下や、水圧の局部的擾乱によってもその影響を完全に消滅できないのである。またこの地帯には工場揚水による水面低下によるかつての被圧地下水面があり、また自由地下水面もあるが、これらは伝播中の水圧などもここで解放させ消滅させてしまう。しかし、なおも深層の粗粒砂～砂礫層の中を充たしているような間隙水に与える圧力は、依然として内陸にまでその変動を伝えているのである。このような通路に位置する観測井は、七号地第2、南砂町第2、亀戸第2、新江戸川第1、小岩、東京大学深井戸、戸田橋第1、第2などの観測井を挙げることができる。その変動の振巾も、海岸から遠ざかるにつれて漸次減衰する。しかし7号地第2や南砂町などの振巾に比べて戸田橋第1のそれは海岸からの距離の大きい割に半減する程度にすぎない。したがってこの影響はもっと北方にまで伝播されているものと推定される。

（3）微視的地質構造と続成作用

東京湾とその周辺の第四系の中に生じているこのような現象の正しい解釈は、他地域についても地層の固結、収縮、脱水現象などの基本的問題についても同じように適用できる。

関東構造盆地の沈降によって生じた堆積物とその構成粒子は、堆積当初の水深に応じた水圧と粒

子間の相互の形の組み合わせによりそれぞれの間隙量を確保した。この間隙は、堆積盆地の沈降とともに水圧を増大し同時に間隙水圧の増加、間隙量の減少をもたらしただけではなく、累重する堆積物によっても押し潰され、可塑性を失ってきたのである。この間隙を作る粒子の構造（骨格）には、それぞれ異方性があり、粗粒の単接合のものは外力にたいしても強い。そのために Honey Comb Structure のものと Single Grain Structure のものとの間にはもともと水圧差を生じやすい。この水圧差にもとづく間隙水の移動から多少とも不均質な地層は、すべて地層の体積減少、固結化を一方向的に進行させてゆく必然性を備えているものであることを示している。一方地質学的時間の経過によって、粒子間隙を構成する骨格は、外圧に対して一応安定を得ているが、海水準の変化によって浅くなった場合に、その海水の圧力が減少することにより、その結果蜂巢状構造を膨脹させ、十分大きくなならないうちにやぶれて、不完全蜂巢状構造への移行を生じる。そして水脈的網状構造の粗粒部をなす単接合構造の部分をとおり、より粗粒の部分を通るという迂回流動の条件にしたがって、浅くなり水深・水圧の低下した海底に流出あるいは水圧の解放を行なうのである。

このような過程もまた海水準の上昇のときと同じように、地層の続成的固結化を進展させることになるのである。

土の塑性体としての特徴は、きわめて小範囲の弾性限界をもちながら、緩急の差こそあれ、一方的に近い固結化（塑性変形）を進めるのである。

三浦層群につづく層相の对象的に粗粒の東京、成田両層群は、一般に細粒の堆積物の規模が小さいため、その間隙水が移動する距離も短く、したがって固結化の進展も早く、かつ早期に終了する。このことは沖積層についてもいえることである。また沖積層中の粘土層は一見均質として取り扱われているが、詳細に観察すると砂の薄層理の発達や、貝がらまじりの砂質シルトの部分なども少なくない。このことから、Arterial Structure の中から Detour Traveling の条件に従って堆積面に沿った間隙水の移動が行なわれやすいことは地層を均質なものとして扱う人々にはほとんど注目されていない。

東京湾周辺の第四系の続成作用の進展について、現在の諸現象、諸資料をもとに、関東構造盆地の形成にもなる堆積物を取りあげ、

Arterial Structure of Aquifer

Detour Traveling of Ground Water Flow and Pressure

の2つの概念を提起し、これをもとに間隙水圧の変遷史・地層の弾性的変形と塑性的変形との問題の解明を行なった。

このような考えによって、地層の続成的固結化の一つの基本問題についてその解決と進展をはかったものである。

論文審査結果の要旨

塩原鉄郎提出の論文は「東京湾周辺における第四系の続成作用に関する一考察」と題し、標記地域の地盤沈下の原因・機構を広汎な観測資料により地質学・地下水学の立場から考察したもので、序文および8章からなる。

序文および第1章では、東京湾周辺の地盤沈下の実状、研究史、研究目的、筆者の約10年間の研究経過を述べている。第2・3・4章では、東京湾周辺の鮮新統～完新統の地質・地質構造を地表および試錐・電気検層などの資料により検討し、地層の層相変化が予想以上に激しいことを指摘している。第5章では、東京都とその周辺に掘られた多数の深井戸のうち主要な20数本について、地層別に地下水位の日・週・年変化、地層の収縮量とその年変化を詳細に検討し、水位の感潮現象・収縮量の差異・両者の関係、とくに前者が東京湾岸から18Km離れた地点でも認められ、地層収縮率が一般には固結が進んでいると考えられる下部層に大きいことなど重要な事実を見出している。さらに地層はその層相の変化に応じ、構成粒子の接合によってHoney Comb（蜂巢状）・Open Honey Comb（不完全蜂巢状）・Single Grain Structures（単接合）構造を形成し、これらが地下水流動の水脈的網状構造をなすことを指摘している。第6・7章では、面載荷重の応力分布の理論から、地下水位の感潮現象が東京湾の潮汐による海水の荷重の周期的変化に帰せられ、その応力による地下水の流動にともない、微細構造が弾性的変化を繰返しつつ次第にCompressed Structure（圧縮構造）に変化し、続成的固結作用が進行する機構を明らかにした。第8章では、地下水の流動を8つのモデルについて考察し、層相の差異による水脈的網状構造の特徴に応じ、地下水が選択的に迂回流動することを明らかにし、その実例を挙げている。

最後に、地盤沈下につながる機械的続成作用は従来の土質力学的圧密論だけでは十分に説明されないことを指摘し、上述の地質学的・地下水学的考察の重要性を力説し、それを要約して結論としている。

本研究は、従来の研究で説明しつくされなかった地盤沈下に関する問題点を地質学的・地下水学的に追究して重要な新知見を提供し、機械的続成作用の原因・機構の解明に1つの重要な基礎を与えるものとして高く評価される。

よって、審査員一同は、塩原鉄郎提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認めた。