

ボーマント粘土における場所打ち杭の挙動
Proc. of A.S.C.E., SM/青鹿勝之・訳
 パイプライン輸送における諸元の放射線による測定
La Houille Blanche/西村仁嗣・訳
 高速大量輸送機関とパーク・アンド・ライド用駐車場の建設が都心部の駐車需要量に与える影響の予測
Highway Reserch Record/平田益美・訳
 地下水中のトリチウム濃度とその水文学的解釈
Jour. of Hydrology/四儀正俊・訳

ボーマント粘土における場所打ち杭の挙動

“Behavior of Bored Piles in Beaumont Clay”
 O'Neill, M.W. and Reese, L.C.
 Proc. of A.S.C.E., SM, Vol. 98, No. 2, pp. 195~213,
 February (1972)

硬質ひびわれ粘土における場所打ち杭の設計資料を得るため、杭の支持力機構を調べる現場実験を行った。

実験地はヒューストンで、その地盤は主としてボーマント粘土からなっている。この粘土はテキサスからルイジアナにかけてメキシコ湾岸沿いにみられるもので、間隔の細かいひびわれが方向性なく入っているのが特徴である。地盤は約 4 tsf の先行圧密荷重をうけ、非均一性であり砂およびシルトの層をはさむ。有効応力強度パラメータは鉱物成分、粘土構造により大きくばらつくが、平均すると非排水三軸圧縮試験において、せん断抵抗角は 20°、見かけの粘着力は 1~5 psi である。

試験杭は図-1 に示す四本の異なる種類のものを用いた。S1, S2, S3 はほぼ同じ長さでいずれも気中コンクリート打ちされているが、S2 は底部をベル状に拡大し、S3 は底部に空げきを設けている。S4 は前者の

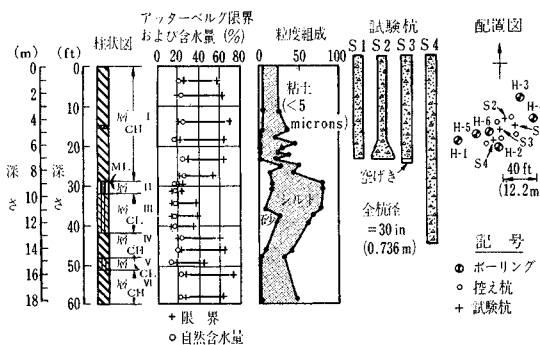


図-1 地盤条件、試験杭および配置図

二倍の長さもち、水中コンクリートによって施工されている。杭に埋め込まれたひずみ計は乾燥材と圧入窒素とによって湿気から守られた。載荷試験はいわゆる急速載荷試験法を用い、コンクリート打設後 2~5 か月にかけて実施した。

現場からシンウォールサンプラーによって採取した試料を上載荷重に合せて圧密したのち、非排水三軸圧縮試験を行ったところ、ひびわれの影響によるせん断強さのばらつきが顕著に見られた。解析には平均値を用いている。載荷試験の結果は図-2 の荷重沈下曲線にまとめられる。図中平均沈下量は杭頭と底部の沈下量の平均値である。これらから直ちに、1) 変位量が小さいとき側方抵抗値が先端抵抗値に比べて支配的であること、2) 側方抵抗値はいったんピークに達した後減少することが読みとれる。

載荷試験のあとボーリングによって杭周辺の地盤の含水量の変化を調べ、さらに杭を掘り出して観察した。これらの結果を合わせて解析し次の結論を得た。

(1) 杭側部に生じるせん断抵抗値と自然地盤のせん断強さとの比 α は、杭全長にわたって平均した場合、杭 S1~S4 に対して、ピーク時に 0.44, 0.53, 0.54, 0.38 であり、その後それぞれ 0.40, 0.52, 0.29, 0.35 に落着く。

(2) α が小さくなる原因の一つは、杭と地盤との境界面付近の含水量の増加、もう一つは、杭先端地盤の圧

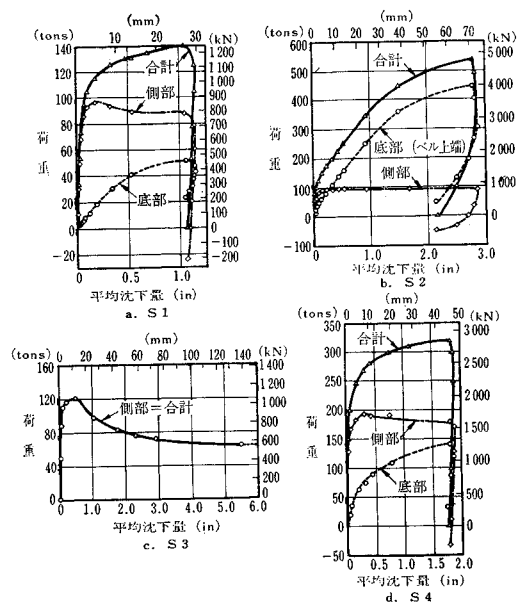


図-2 荷重沈下曲線

縮性によりその近傍に引張り領域が生じることである。

(3) 杭底部効果で α が影響を受ける範囲はつねに 5 ft である。

(4) 泥水工法の場合 α は小さくなる傾向にある。またコンクリート中へのマッドケーキの巻込みが見られ、一般に境界面のコンクリートの品質は悪くなる。

(5) コンクリートと土との間のモルタルおよび水分の移動を調べる室内実験では、塑性指数が大きくなると α の低下が認められた。

(6) 杭側部のせん断破壊は、変位が 0.2~0.4 in になったとき境界面から 1/8 in 離れた面に生じる。

(7) 杭先端の極限支持応力係数 N_c は平均 9 であった。極限支持力に達する変位は杭直径の 3~6% であった。

(8) 地表面から 1.5 m の深さまでの地盤は支持力を発揮しなかった。

パイプライン輸送における諸元の放射線による測定

“Radiometric Measurements of the Parameters of Hydrotransport in Industrial Pipe-lines”
Przewlocki, K. and Nizgorodcew, P.
La Houille Blanche, No. 1
pp. 59~64, (1973)

パイプラインによる固体輸送の増加とともに、濃度分布あるいは流体、固体の流速測定のための技術が進歩してきた。放射線測定法によれば、エネルギー損失以外の各種物理量を容易に測定することができる。ここではとくに、水と砂の混合流体をパイプラインで輸送するような場合を考える。濃度分布の測定には物質内における放射線強度の指数減衰が利用される。また、流速は放射線トレーサの注入により測定される。

(1) 平均密度の測定

図-1 は密度測定の方法を模式的に示したものである。安全容器中の放射性物質はガンマ線の平行ビームを放射し、これが直径に沿ってパイプを透過する。パイプを横切る間に放射線が通過する固体の層厚を x_s 、水の層厚を x_w 、パイプの壁厚を d_i とし、それぞれの密度

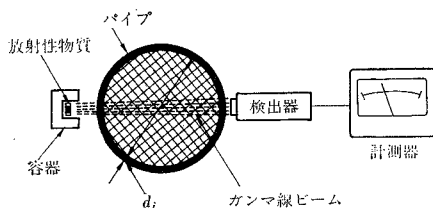


図-1

を ρ_s, ρ_w, ρ_i とすると、各物質による固有の係数 μ_s, μ_w, μ_i を用いて、検出器に達する放射線の強度 J は

$$J = J_0 \exp(-\mu_s \rho_s x_s - \mu_w \rho_w x_w - 2 \mu_i \rho_i d_i) \quad \dots\dots\dots (1)$$

と書かれる。ここに J_0 は初期の放射線強度である。

パイプの直径を D 、固液混合比を e とすれば

$$x_s + x_w = D, \quad x_s/x_w = e$$

そこで、式 (1) は

$$J = \alpha J_0 \exp(-\mu_e \rho_m D) \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。ただし、

$$\alpha = \exp(-2 \mu_i \rho_i d_i)$$

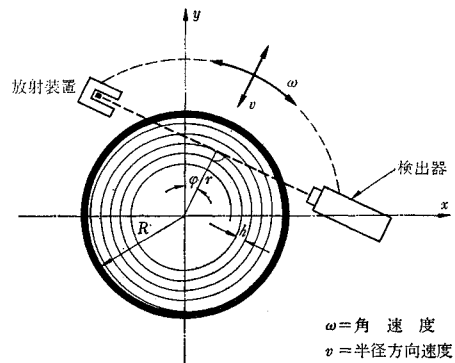
$$\mu_e = (\mu_s \rho_s e + \mu_w \rho_w) / (\rho_s e + \rho_w)$$

$$\rho_m = (\rho_s e + \rho_w) / (e + 1)$$

である。 J/J_0 を測定すれば、上式より容易に平均密度 ρ_m が求められる。実際には液体と固体の平均速度が異なるため、in-line density と delivered density が合致せず、ここに困難な問題が生ずる。しかしながら、Korbel によれば、それらの差異は水と砂の場合、最悪の条件下でも 3% を越えることはない。測定に伴うその他の誤差はこれに比して小さいので、この計測システムの相対精度は 3% と考えてよいであろう。

(2) 濃度の空間分布

パイプ中の不均一流体の流れを調べる上で、濃度の断面内分布を知ることは最大の要点の 1 つである。入口から供給される固液混合体の密度が時間的に一定であれば、パイプ断面内の濃度分布は定常状態となる。これは断面内の放射線走査によって測定される。ここで用いられる走査装置は、図-2 に示したように、一対の放射器と検出器が管軸のまわりを回転すると同時に、徐々に管径方向にも移動するようにしたものである。こうして、アルキメデス螺旋線の接線に相当する無数の弦に沿ってガンマ線走査の結果が得られる。いま、断面内に直交座標系 $x-y$ をとり、変量の面内分布が、



ω = 角速度
 v = 半径方向速度

図-2

$$\sum_{i,j=0}^n a_{ij}x^i y^j$$

なる形の多項式で近似されるものとすれば、1本の弦に沿う測定結果が式(2)に対応する1つの方程式を与えることになる。これらの多元連立方程式を解いて未知係数 a_{ij} を求めれば、これから濃度分布が得られる。

測定ならびに計算の精度に影響する要素は数多く考えられるが、試験的測定の結果、最終的な誤差範囲はパイプ中心部で1%、壁面付近で5%程度であることがわかった。

(3) 流速測定

流速を測定するには放射性物質をトレーサーとして用いる方法が最も適当である。固体の場合、その表面に放射性物質を塗付しておけばよい。液体および固体のトレーサーはそれぞれ別個の注入器により管内に注入される。管軸方向に離れた2台の検出器でそれらの通過所要時間を計測し、各構成物質の流速を求める。

砂粒に類似した放射性物質をトレーサーとして利用する場合には、特別に処理されたガラスが最適である。流体そのものに混入するトレーサーとしては Na-24 を含む Na_2CO_3 等の塩類が用いられる。

上記の流速測定の精度は他の方法に比して高く、誤差範囲は約1%である。

(4) 結 語

これらの方法は現地においても、実験室においても適用し得る。また、ここで扱わなかった物理量の測定、あるいはパイプラインによる輸送過程の動的な分析にも応用される可能性がある。さらに、測定精度が高いことから、従来の測定器の検定にも利用できると思われる。

(訳者註) 本論文には濃度分布ならびに流速の実測例も示されている。前者については同誌同号に発表された下記の論文で詳しく論述され、理論解との比較も試みられている。

“Density Patterns of the Inhomogeneous Liquids in the Industrial Pipe-lines Measured by Means of Radiometric Scanning” by A. Michalik

高速大量輸送機関とパーク・アンド・ライド用駐車場の建設が都心部の駐車需要量に与える影響の予測

“Forecasting Impacts of Transit Improvements and Fringe Parking Developments on Downtown Parking Needs”

Walker, Jr. E.L. and Cammings, J.J.
Highway Research Record, No. 395
pp. 37~46 (1972)

CBD (市街地中心部) 内の駐車についての調査や予

測手法は、実際の需要との比較や方法論の改良により進歩を遂げているが、Rapid Transit (高速大量輸送機関) や Fringe Parking Facilities (パーク・アンド・ライドのために都市周辺部に設けられる駐車場) の建設による CBD 内の駐車需要の減少を予測する手法については報告されていない。そこでこの論文は、CBD 内の駐車需要のそれらへの転換と減少を予測する技法を、Baltimore における研究を例にとって紹介している。

Baltimore における研究の主な目的としては、(a) 1985 年における Rapid Transit System の建設の有無による CBD 内推定駐車需要量の比較、(b) CBD 内の駐車需要を都市周辺部の Fringe Parking に転換することの可能性の調査があげられる。

研究は次の手順により行われた。

(1) 1985 年における CBD 内駐車需要量の予測

駐車需要予測モデルとして、この研究では駐車発生原単位法が用いられた。1964~1971 年の様々な都市における調査の結果、CBD の現在の土地利用別および建物用途別駐車発生原単位が決定されており、集計と予測は次のように行なわれた。

1) 原単位が建物の新旧により異なることからそれによって区別したうえで、現在の駐車発生原単位の地区別の計算が行なわれた。

2) 現在の建物の多くは 1975~1985 年までには建て直されると考えられ、現在のそれらによるデータは予測用としてのデータより取り除かれた。

3) 1985 年の CBD における土地利用と建物用途の予測が行われ、土地利用と新しい建物の原単位によって 1985 年における CBD 内駐車需要予測が行なわれた。

(2) rapid transit の建設による CBD 内駐車需要の減少の予測

1) rapid transit を考えない場合の駐車需要

前述の駐車需要予測により、Rapid Transit を考えない場合の長時間および短時間駐車のスぺース需要量が予測された。結果は表-1の(2)~(4)に示される。

2) rapid transit の影響を考えた場合の駐車需要

将来についての Baltimore CBD への機関別分担は最近の調査により広範囲に調べられており、都市周辺部から CBD 内へのトリップの Rapid Transit への転換量が予測される。また 1968 年における自動車の OD 調査結果を利用すれば、Rapid Transit への転換の後のゾーン別駐車需要量が導かれる。Rapid Transit に転換される自動車によるトリップの長時間および短時間駐車需要量は表-1の(6),(7)に示され、残りの CBD 内駐車需要量は表-1の(8)~(10)に示されるようにな

り、結局 1985 年の駐車需要量は約 14% 減少する。

(3) Fringe Parking 計画による効果

トリップの機関別分担に関する個人インタビュー調査の結果、CBD 内の駐車料金より低価格の Transit サービスが供給されれば、全通勤者の 25% がパーク・アンド・ライド方式へ転換する意志を持っていることが報告された。これは、Baltimore CBD の長時間駐車車の 84% が通勤交通によるものであることから、トリップ時間とコストが適当であれば、CBD 内の長時間駐車車の 20% を周辺部に転換する可能性のあることを示している。

1) Rapid Transit を考えず、Fringe Parking の影響だけを考えた場合の駐車需要

前述の 20% の値を表-1 の (2) に示される 1985 年のピーク時における長時間駐車需要に適用する。結果としてパーク・アンド・ライドへの転換による CBD 内の駐車需要の減少は表-2 の (3), (5) に示され、CBD 内駐車需要は 14% の減少となる。

2) Rapid Transit と Fringe Parking の両方による影響を考えた場合の駐車需要

この場合のパーク・アンド・ライドへの転換は、Rapid Transit への転換の後の CBD 内長時間駐車需要に 20% の転換率を適用して決定された。Rapid Transit への転換の後の Fringe Parking だけの効果として、表

表-2 1985年における Rapid Transit と Fringe Parking の建設の有無による Baltimore CBD の駐車スペース需要と駐車スペース供給

ゾーン (1)	CBD 内のスペース供給 (2)	Rapid Transit 無 Fringe Parking 無			Rapid Transit 無 Fringe Parking 有			Rapid Transit 有 Fringe Parking 無			Rapid Transit 有 Fringe Parking 有		
		需要 (3)	余スペース (4)	剰 (4)	需要 (5)	余スペース (6)	剰 (6)	需要 (7)	余スペース (8)	剰 (8)	需要 (9)	余スペース (10)	剰 (10)
1	765	1464	-699		1291	-526		893	-128		812	-47	
2	499	1129	-630		966	-497		825	-326		735	-236	
3	2639	1518	+1121		1324	+1315		1093	+1546		967	+1672	
4	1399	1650	-257		1394	+5		1656	-257		1364	+5	
5	2137	5633	-3496		4751	-2614		4168	-2031		3549	-1412	
6 ^(a)	10560	14841	-4281		12841	-2281		11279	-737		9762	+845	
7 ^(a)	3341	9601	-6260		8155	-4814		7297	-3956		6173	-2832	
8 ^(a)	4737	9899	-5162		8529	-3792		7424	-2687		6401	-1664	
9	4272	4878	-606		4291	-19		3658	+614		3266	+1006	
10	4076	3381	+695		2853	+1223		2975	+1101		2520	+1556	
11	1200	710	-490		623	+577		582	+618		516	+684	
12	2736	4149	-1413		3600	-864		3319	-583		2902	-166	
合計	38361	68859	-22804 ^(b)		50648	-15407 ^(b)		45169	-10705 ^(b)		38997	-6357 ^(b)	

(a) CBD の中心地区

(b) 駐車スペースの不足したゾーンだけについての合計

-2 の (7), (9) に示されるように、CBD の駐車需要は 14% 減少した。また、表-2 において最も深刻な駐車スペースの不足が予想される中心地区は 6~8 であるが、Rapid Transit と Fringe Parking の両方の影響により、最もオフィスの集中しているゾーン 6 において 845 の駐車スペースの余剰、ゾーン 7, 8 では 4500 の駐車スペースの不足（両方の計画の影響を考えない場合のスペース不足量の 61% 減）、全 CBD 内では 6360 の駐車スペースの不足（72% 減）となる。なおこれらの不足スペースは、1975~1985 年の駐車計画によってカバーできるレベル内におさまっている。

(4) 結論

この解析によると、Rapid Transit と都市周辺部における Fringe Parking の両方の計画によって、Baltimore CBD 内の長時間駐車車の駐車スペースの不足を約 13000（両方の計画の影響を考えない場合の駐車スペース需要量の 31%）、短時間駐車車については約 3500（20%）のスペース不足を減らすことができる。

また、Baltimore CBD の 1つの駐車スペースに対しての平均コストは長時間駐車車について 3500 ドル、短時間駐車車については 5500 ドルであり、Rapid Transit の建設により約 5000 万ドルの節約を可能とし、Fringe Parking の建設によっても、土地価格等の利点により 1スペース当り 2000 ドル、全体で 800 万ドルの節約が可能となる。

表-1 1985年における Rapid Transit の有無による Baltimore CBD の駐車スペース需要

ゾーン (1)	Rapid Transit のない場合のピーク時需要			ピーク時需要率 ^(a) (5)	Rapid Transit への転換量		Rapid Transit へ転換後の CBD 内駐車需要		
	長時間 (2)	短時間 (3)	総数 (4)		長時間 (6)	短時間 (7)	長時間 (8)	短時間 (9)	総数 (10)
1	863	601	1464	0.95	457	114	406	487	893
2	663	466	1129	0.47	213	91	449	374	825
3	972	546	1518	0.66	340	85	632	461	1093
4	1309	347	1656	0.83	0	0	1309	347	1656
5	4412	1221	5633	0.81	1319	146	3093	1075	4168
6 ^(b)	10002	4839	14841	0.56	2137	1425	7865	3414	11279
7 ^(b)	7231	2370	9601	0.61	1613	691	5618	1679	7297
8 ^(b)	6849	3050	9899	0.56	1732	743	5117	2307	7424
9	2934	1944	4878	0.54	976	244	1958	1700	3658
10	2639	742	3381	0.76	356	41	2274	701	2975
11	434	276	710	0.57	102	26	332	250	582
12	2747	1402	4149	0.61	664	166	2083	1236	3319
合計	41055	17804	58859	0.60	9918	3772	31136	14031	45169

(a) 1969 年のピーク時における駐車需要を 1969 年の総駐車需要で除したもので、1985 年についても適用された。

(b) CBD の中心区域

地下水中のトリチウム濃度とその水文学的解釈

“The Environmental Tritium Concentration of Underground Water and its Hydrological Interpretation”

Allison, G.B. and Holmes, J.W.
 Jour. of Hydrology, 19, pp. 131~143 (1973)

(1) はじめに

1953年ごろから Libby らによって地表水や地下水に含まれるトリチウム*の研究が地下水の計算に有効であると指適され、実際にいくつかの帯水層の解析がなされている。本論文では、帯水層がもつ諸定数と地下水中のトリチウム濃度とを相互に結びつけるモデルを2種類つくり、これを実際に南オーストラリアにおいて適用、帯水層の解析を行った。

(2) 流線に沿った流れを考慮したモデル

不圧帯水層を 図-1 に示すような二次元のモデルで表現する。帯水層は一様で透水係数 K をもち、地表面からの一様な水の供給 q を受けるものとし、底面は水平とする。また帯水層の水面方向の寸法は深さに対して非常に大きいのが普通であるから、流線は基本的に底面に平行で流速が深さによらないという仮定も用いる。地下水の流れを定常として解析を行うと、まず任意の断面を通る流量は

$$-KZ \frac{dZ}{dx} = qx \quad \dots\dots\dots(1)$$

これを積分すると地下水面形が得られる。

$$Z^2 + \frac{q}{K} x^2 = Z_m^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

dx/dt を真の流速、 α を空けき率とすると

$$dt = -\alpha dx / K \frac{dZ}{dx}$$

式(1)を用いて dZ/dx を消去し、両辺を積分すると

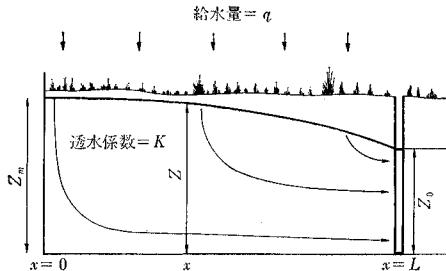


図-1

* 抄録者註: tritium 水素の放射性同位元素 (^3H), リチウムの原子核に中性子が当たったときに生成される。環境中には宇宙線や原水爆によってできたトリチウムが存在すると考えられる。半減期 12.3 年。

** 抄録者註: T_i は t_i の関数, すなわち i によって決まる。

水粒子が $x=x_i$ から $x=L$ まで移動するのに要する時間 t_i が次のように求まる。

$$t_i = \frac{\alpha}{q} \int_{x_i}^L \frac{Z dx}{x} = \frac{Z_m \alpha}{q} \left\{ \frac{Z_0 - Z_i}{Z_m} + \ln \frac{Z_m + Z_i}{Z_0 + Z_m} + \ln \frac{L}{x_i} \right\} \quad \dots\dots\dots(3)$$

帯水層を同じ幅の多くの区間 (n 個) に区切る。点 $x=x_i$ が i 番目の流管の出発点を表わすとすれば、この流管中を水が移動する時間が式(3)によって与えられる。

サンプリング時より t_i 年前に供給された水のトリチウム濃度を T_i (トリチウム入力関数) とすると、 i 番目の流管から流出する水のトリチウム濃度 T_i は

$$T_i = T_i e^{-\lambda t_i}$$

ただし λ はトリチウムの崩壊係数 (0.056 5/year)。

湧水部で各深さからの水が完全に混合されていれば、湧水のトリチウム濃度 T は次式で与えられる。

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \exp \left\{ \frac{-Z_m \alpha \lambda}{q} \left[\frac{Z_0 - Z_i}{Z_m} + \ln \frac{Z_m + Z_i}{Z_0 + Z_m} + \ln \frac{L}{x_i} \right] \right\} \quad \dots\dots\dots(4)**$$

このモデルを南オーストラリアの Gambier Plain にある帯水層に適用して、湧水部のトリチウム濃度を求め、実測値と比較した (図-2)。帯水層は多孔質の石灰岩、その下には始新世の粘土がある。帯水層の水は海岸に沿った湧水の列と Genelg 川に流出する。地下水面、帯水層底面はすでに知られている。平均年降雨量はおおよそ 700 mm である。実測値と地質構造からの推定に基いて、帯水層への平均年給水量および帯水層の透水係数はそれぞれ、図-2 の A 点以北で 60 mm, 30 m/day, A 点以南で 120 mm, 60 m/day と見積った。この帯水層内での Peclet 数はざっと見て 1 に近く、各流管内のトリチウムは互いに独立していると思わせる。また実測から地下水流は年間を通じて、ほぼ一定であることが認められた。

ところで 図-2 において、流量は AE 断面で qL , XY 断面で $q_2(x-L) + q_1L$ であり、 $q_2=2q_1$, $Z=Z_m(x=L)$, $Z=Z_0(x=2L)$ ゆえ式(2)は次のようになる。

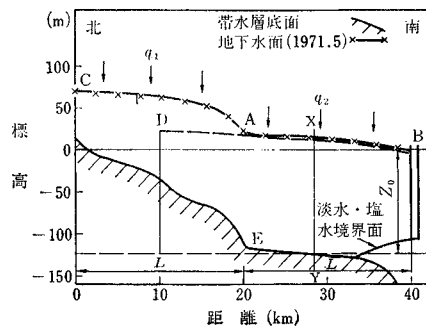


図-2

$$\frac{Z_m^2 - Z_0^2}{4L^2} = \frac{q_1}{K}$$

$Z_m=142$ m, $Z_0=120$ m, $L=2.1 \times 10^4$ m, $q_1=0.06$ m/year をこの式に代入すると, $K=2.2 \times 10^4$ m/year が得られ, さきほどの見積りと一致する。

図-2 の帯水層を破線のように見なしてモデルを適用する。AE 以北での実際の形との差は重要でない。その理由は, まず流量のつじつまが合うこと, 次に水が AE 断面から B 断面まで移動するのに約 500 年かかるため, A 以北のトリチウムは無視できることである。 T_t はすでに他の研究によって与えられており, $\alpha=0.4$, $n=1000$ とすると式 (4) が計算できて, B における湧水のトリチウム濃度は 1970, 1971 年とも 0.7 T.U. となる。これは 1969 年 12 月から 1971 年 10 月までの, 5 か所 28 のサンプルによるトリチウム濃度は表-1 に示した実測値とよく一致する。実測値には, いくぶん季節的変動が認められるが, これは流出部に非常に近い出発点をもつ流管を流れる水の変動に基づくものと解釈できる。

帯水層のあらゆる深さからの水を均等にサンプリングできたかについては, 種々の事実から保証されていると

表-1

取水位置	取水日	トリチウム濃度 (T.U., * ± 0.2)	
Ewen Ponds	20/12/69	0.5	
	7/4/70	0.7	
	9/7/70	0.8	
	9/7/70	0.7	
	18/10/70	0.5	
	26/12/70	0.6	
	10/2/71	0.6	
	10/2/71	0.5	
	25/5/71	0.6	
	28/6/71	0.9	
	16/7/71	0.8	
	1/9/71	0.6	
	27/10/71	0.5	
	平均	0.6	
	Piccaninnie Blue Lake	8/7/70	1.1
		18/10/70	0.8
		26/12/70	0.5
16/2/71		0.7	
16/2/71		0.6	
25/5/71		0.6	
2/7/71		0.6	
29/7/71		0.9	
1/9/71		0.7	
28/10/71		0.8	
平均	0.7		
Eight Mile Creek	7/4/70	0.6	
Hitchcox Drain	7/4/70	0.7	
Deep Creek	7/4/70	0.5	

* TU : Tritium Unit, 1 T.U. = $1 \text{ H}^3\text{-atom}/10^6 \text{ H}^1\text{-atom}$

考えられ, このモデルの妥当性が充分予想される。ただ本研究ではトリチウム濃度が低くモデルの精密な吟味ができないので, もっと水の回転が早く高いトリチウム濃度の得られる帯水層に適用してみる必要があるだろう。

(3) 完全混合モデル

このモデルは簡単なものであるが, 浅い不圧帯水層への給水量の推定に役立つ。このモデルの適用が妥当であるための最大の条件は, 各サンプリング地点において帯水層のあらゆる深さからの同等の寄与が保証されるようにサンプルを取ることである。

次の式によってモデルを表現する。

$$T = \frac{v}{V} \sum_{n=0}^{\infty} T_i \left(1 - \frac{v}{V}\right)^n \exp(-n\lambda)$$

ただし, T : 帯水層のトリチウム濃度, v : 年間給水量, V : 全帯水量, T_i : トリチウム入力関数。

この式から T に対する v/V の図を作っておけば, T の測定値を用いて v/V を読みとることができる。

適用した帯水層はオーストラリア南部の Eyre 半島にあり, 約 1500 km² の広さを持つ。地表面はほぼ平坦で, 表面流出はほとんどない。平均年降雨量は 500 mm 程度である。帯水層は上下 2 層になっていて, 上層は不圧, 下層は被圧され, 多くの場所で分離されている。適用したのは上層である。解析用のサンプルは, ボーリング孔から約 2 日間のポンピングの後に取られた。 T を測定し, $T-v/V$ 曲線から v/V を読む。帯水層の厚さと空げき率 (30% と見積った) から V が分るから, 給水量 v が得られる。

表-2

穴 No.	取水日	帯水層厚 (m)	T (T.U.) (± 0.3)	v/V (± 0.002)	空げき率 30% とした場合の v (cm)
PT 8	21/4/69	24.4	1.0	0.005	4 \pm 2
PT 10*	7/5/69	30.5	0.3		
PT 11	24/5/69	7.6	3.0	0.012	3 \pm 1
PT 13	12/3/69	7.0	4.9	0.020	4 \pm 0.5
PT 14	16/3/69	6.5	2.2	0.009	2 \pm 1
PT 15	19/4/69	6.7	3.0	0.012	2 \pm 1

* 被圧

得られた値 (表-2) は各測定点間でよく合っていたが, これは植生の違いを考えるとむしろ驚くべきことである。帯水層への供給水量の平均値は 3 cm/year となった。この値は気候と土壌を考慮すれば妥当なものと考えられる。

(4) 測定法

トリチウム濃度は標準法で決定した。標準偏差は 7% または 0.3 T.U. のうちの大きい方である。