坑井の傾斜掘に就いて

山 本 信 夫*

On the Directional Drilling Method

By Nobuo Yamamoto

Recently, directional drilling method applied on some wells in Yamagata and Akita Pref.

Here explained the method and results obtained from several wells.

緒 言

従来「ロータリー」掘鑿井は成る可く垂直に掘る事が、掘鑿上からも採油上からも、必要な事とされてゐた。所が次の様な問題の爲め、故意に坑井を傾斜させ、然も求める方向に求める距離だけ坑底を偏距させる事が必要となつて來た。

1. 求める坑底の位置が市街地、地形不良、其他借地上困難な場所の下にある場合。
2. 海邊から海面下に掘鑿する場合、或は海上に掘鑿基地を施設する時其の基地を數多く設ける事は不經濟な場合。
3. 現在日本では掘鑿費の約半分が掘鑿基地の準備に消費される状況であるが、其の準備費用の消滅の爲めに一基地から數坑放射狀に掘鑿する場合である。
4. 其他地下の豫期しなかつた状況に應じて坑底の位置を直ちに變へたり火災井の消火の爲めに傾斜井を掘る場合等色々應用がある。

米國では10數年前から以上の要求に依り方位掘（ダイレクショナルドリリング）が行はれ、其の技術も進歩して居るが、吾國では本格的な傾斜掘が實用化されたのは昨年6月からで、現在迄に次の4坑が掘鑿された。

山形縣、楯橋8號井 深度306.3米 偏距48.9米

* 帝國石油株式會社 技師。

秋田縣、雄物川36號井 深度382.4米 偏距25.2米

〃 高野29號井 深度1014.6米 偏距225.9米

〃 高野33號井 深度993.0米 偏距177.3米

其他今年度内に12坑計畫されて居る。以下方位掘の方法の概要と高野29號井の實績を述べる。

(I) 方位掘りの方法

主要な機構を分けると三つに分れる。

(イ) 掘進深度の増加するに伴ひ絶えず坑内に傾斜儀を降入して、坑井の傾斜角度と傾斜方位を測定し、傾斜調節の指針とする。

(ロ) 坑井の傾斜を求める方向に調節して掘進するには、掘管の先端に偏芯器具を附して降下する。降管中に掘管の方向を絶えず認知しておき最後に偏芯器具が坑底で求める方向に向う様に設置する。降管中に掘管の方向を絶えず認知する方法は色々あるが、吾々の使用してゐるのは「ストックンバリー」法と稱し第Ⅰ圖の方法である。

第Ⅰ圖 偏芯器具の指向降下圖

掘管の1「スタンド」を捻子継ぎ前の掘管頭部に「クランプ」を仕掛け、「クランプ」の水平に回轉する環に「サイティングバー」を挿し込む。次に接繼する一「スタンド」25米の掘管の頭部に同様の「クランプ」を仕掛け、其の水平環に垂直面内に回轉する望遠鏡を挿し込む。望遠鏡で下の「サイティングバー」を覗き、垂直面である望遠鏡の視野内に「サイティングバー」がある如く「クランプ」の環を水平に調節し之を固定する。すると上下の「クランプ」の環の方向は同一垂直面内にある事になる同様に次の掘管に「クランプ」を裝置する斯くする事により掘管上の或る定つたC線の方向に常に「サイティングバー」が向いて居る。C線の方角と偏芯器具の方角Bの關係は豫め分つて居るから降管中偏芯器具の方角を常に認知する事が出来る。偏芯器具が坑底に達した時之を求める方向に向け

て設置する。

偏芯器具には色々型のものがあるが、吾々の使用してゐるのは「リムーバブルホイップストック」である。

第2圖の如く特殊

鑄鋼の勾配面に「ビット」並びに掘管が沿つて掘進し、従つて坑井は「ホイップストック」の面の方向に偏芯する高野29號の場合を例にとると、主坑徑は $8\frac{1}{2}$ '' で「ホイップストック」の外徑は $7\frac{1}{8}$ '' である。此れに沿つて掘進する「スパイ

第2圖

ホイップストック掘進圖

ホイップストック掘進圖

ラルビット」は $5\frac{5}{8}$ '' である。圖の如く $5\frac{5}{8}$ '' の細孔（ラットホール）を約6米掘つた後に「ホイップストック」を引上げ、此の「ラットホール」を $8\frac{1}{2}$ '' に擴掘して傾斜坑を作る。

(バ) 偏芯器具を使用すれば殆ど豫期通りの傾斜方位が得られるが、作業時間の延長、傾斜角度の急激な變化に依り所謂「キーシーティング」となり後に掘管抑留其他の事故を生ずる危険のある事、「ホイップストック」自身抑留の危険がある事等の點から成る可く偏芯器具の使用回数を減らしたいのである。それで一旦坑井が目的方向に傾斜し初めると其後は掘進方法自身の調節に依つて傾斜角度の調節をする。即ち「ビット」直上の掘管の徑を小さくして掘管が撓み易くする事「ビット」の荷重と回轉數を調節する事。「ビット」直上に挺子の支點となる如く「リーマー」を附ける事。「ビット」の拾數米上に「スタビライザー」として「ビット」よりも稍小徑の「リーマー」を附ける事。等色々調節する事である。

Ⅱ. 高野29號井の實績

本井は八橋油田で最近開發中のⅦ層を採掘する目的で掘鑿した。高野23號が豫期しない斷層の爲め不成功に終つたので、掘鑿費の縮減と準備日數の短縮の爲め、本井を155米以下「セメント」埋立し、此れを其の儘使用して枝掘りし、高野29號井として傾斜掘を行つた。

昨年10月18日に開坑し、1014.6米で掘止め、 $5\frac{5}{8}$ '' 管を985米で水止めし、 $4\frac{1}{2}$ '' 管の投込みとして仕上げ152日で成功した。

第3圖は掘進深度と経過日數の關係を示した掘進圖表である。155米から方位掘を開始し、891.7米迄の間739.7米を正味46日で掘進し従つて一日當り16.0米を掘進した事になる。高野地區の他の垂直井では一日當り55米の掘

度 1014.6 米で

は偏距は N-56

度 20分-E の方

向に 225.9 米で

あつた。傾斜儀

の測定は49回に

及んだ。各測定

地點間の各測線

に傾斜角のsine

を乗じて其の測

線の水平偏距を

求め、此の偏距

に傾斜方位の

cosine及びsine

を乗じて東西及

び南北の偏距の

分位を求め、此

れを座標に「プ

ロット」して此

の曲線を書い

た。○印は各測

點の位置を示

す。偏距の終點

と原點を結ぶ線

を含む垂直面に

各測點を投射し

て此の立面圖を

畫いた。坑芯の

傾斜は 150 米か

ら 30 米の間 0

度から 20 度 40 分

に變化したから

約 1 米に 1 度の

増角率であつ

た。20 度 40 分を

最高値として以

番号	測定深度	測線	傾斜角	垂直深度	傾斜方位	偏 距 / 合 計			
						北	東	西	南
1	130.00	130.00	0.0	130.00					
2	155.00	25.00	0.40	154.988	0.280 S 25.00 E	0.283	0.123		
3	165.75	10.75	4.10	165.720	0.782 N 29.30 E	0.413	0.508		
4	178.50	12.75	5.60	178.622	1.111	1.731	1.266		
5	184.80	6.30	6.40	184.701	0.512	1.666	1.323		
6	190.25	5.45	7.40	190.102	0.737	2.180	2.052		
7	201.55	11.30	9.20	201.253	1.823	3.133	3.618		
8	214.58	13.00	9.40	214.066	2.183	4.536	5.290		
9	232.72	18.15	9.40	231.953	3.047	6.309	7.329		
10	241.50	8.80	9.30	240.634	1.452	7.844	8.238		
11	248.50	7.00	14.30	247.411	1.723	8.850	9.774		
12	260.70	12.20	18.50	259.190	3.323	10.944	12.360		
13	282.50	21.80	18.50	280.123	5.847	14.606	17.046		
14	304.80	22.20	18.00	301.663	5.771	17.664	21.940		
15	317.70	12.90	16.00	314.064	3.553	19.333	25.079		
16	340.00	22.30	16.30	335.443	6.330	22.304	30.669		
17	335.00	15.00	18.00	349.710	4.635	24.691	34.611		
18	340.00	25.00	25.40	373.103	8.823	28.677	42.503		
19	389.00	19.00	20.30	390.000	6.154	31.438	48.566		
20	400.00	32.00	19.10	421.126	10.508	35.726	59.130		
21	480.00	19.00	17.00	439.294	5.555	38.313	63.080		
22	473.00	23.00	17.00	441.284	6.725	40.837	69.315		
23	502.90	30.90	16.40	440.893	8.862	45.268	76.989		
24	529.50	25.40	18.20	515.193	9.057	48.923	84.162		
25	589.00	18.50	16.50	532.201	5.353	51.521	88.848		
26	566.95	18.95	17.30	550.976	5.188	54.370	93.782		
27	578.96	11.95	16.40	567.422	3.427	56.084	96.750		
28	600.00	21.00	17.30	582.443	6.245	58.461	102.633		
29	604.00	4.00	17.30	598.364	1.203	59.523	103.198		
30	612.20	8.00	17.00	594.010	2.337	61.083	104.236		
31	627.00	15.00	15.50	608.442	4.092	63.826	107.977		
32	633.00	6.00	15.50	614.215	1.637	66.878	109.231		
33	648.30	35.30	14.40	648.364	8.238	70.503	116.177		
34	694.80	26.50	14.40	674.000	6.710	74.541	121.536		
35	719.80	25.00	15.20	698.110	6.610	78.332	126.951		
36	760.00	20.00	15.00	717.621	5.228	81.830	130.836		
37	760.00	20.00	15.00	726.921	5.170	85.474	134.559		
38	790.00	30.00	14.40	786.787	5.064	89.880	138.263		
39	800.00	20.00	15.00	775.605	5.176	88.000	142.109		
40	819.80	19.80	14.30	784.773	4.953	95.724	145.735		
41	845.00	25.20	14.10	819.207	6.166	99.606	150.527		
42	870.00	25.00	14.30	843.410	6.260	103.371	155.526		
43	891.70	21.70	15.10	866.355	5.177	106.627	160.177		
44	923.70	32.00	16.00	895.117	8.819	112.057	167.126		
45	949.00	25.30	15.30	919.494	6.760	115.139	172.958		
46	974.00	25.00	15.40	943.514	6.753	119.216	178.582		
47	998.00	24.00	16.00	966.670	6.616	123.721	184.191		
48	1008.85	10.85	16.00	977.067	2.990	124.305	186.727		
49	1014.60	5.25	16.00	982.594	1.382	125.145	188.071		

高野29號ホィップストックベクトル圖

下減角氣味で15度内外で坑底に達した。「第1表」参照。

(2) 「ホィップストック」の実績
「ホィップストック」は第4圖の大きい丸で示す如く155米、184.8米、241.5米、600米の四ヶ所に設置した。初めの3回は坑芯の傾斜方向を豫定の方角に出發させる事と、傾斜角度を増加させる事を目的とし、四回目は坑芯が東側に寄り過ぎた爲め之を北寄りに修正

回数	設置深度	設置前		予定		設置		實際結果	
		傾斜	方位	傾斜	方位	傾斜	方位	傾斜	方位
No. 1.	155.00	-40°	S-25°-E	2°24'	N-68°30'-E	2°30'	N-51°-E	4°10'	N-29°30'-E
No. 2.	184.80	4°40'	N-32°-E	6°45'	N-45°-E	2°30'	N-70°-E	7°40'	N-45°-E
No. 3.	241.50	9°30'	N-44°-E	11°40'	N-50°-E	2°30'	N-73°-E	14°30'	N-55°-E
No. 4.	600.00	17°30'	N-68°-E	17°20'	N-59°-E	2°30'	N-30°-W	17°30'	N-28°-E

第2表

したものである。「ホィップストック」を設置して坑芯の方向と傾斜を修正する場合、豫め「プラクティカル」に「ベクトル」計算に依つて「ホィップストック」の設置方向を決定する。現在迄の経験に依ると此の計算に依つて豫定された坑芯と實際の結果として得た坑芯とは少數の例外は別として、概各一致して居り、大體目的通り坑芯を修正して居る。本井の計算と実績を圖示すると第5圖の如くなる。「第2表」参照。

「ベクトル」の方向は傾斜の方向を示し、その長さは傾斜の角度を示す初めの坑芯の「ベクトル」を實線で示し、2度半の勾配を持つた「ホィップストック」の「ベクトル」を點線で示す。計算上此等の「ベクトル」の合成した鎖線の「ベクトル」の如く坑芯が轉換する理である。實際の結果として轉換した坑芯は細鎖線の「ベクトル」で示す。則ち「ホィップストック」を設置した實際の効果は細點線の「ベクトル」の如く表れた理である

「ホイップストック」を使用しない場合でも、絶えず掘進方法自身を調節して傾斜の増加、減少或は維持を考慮した。本井では坑径は $8\frac{1}{2}'$ で掘管を $4\frac{1}{2}'$ を使用した。330米迄傾斜角を増加させるために「ドリルカラー」を附けないで寧ろ外径 $3\frac{1}{2}$ の細い掘管を「ビット」直上に20米

高野R 29号井

方位	掘鑿	一覽表
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81
82	83	84
85	86	87
88	89	90
91	92	93
94	95	96
97	98	99
100	101	102
103	104	105
106	107	108
109	110	111
112	113	114
115	116	117
118	119	120
121	122	123
124	125	126
127	128	129
130	131	132
133	134	135
136	137	138
139	140	141
142	143	144
145	146	147
148	149	150
151	152	153
154	155	156
157	158	159
160	161	162
163	164	165
166	167	168
169	170	171
172	173	174
175	176	177
178	179	180
181	182	183
184	185	186
187	188	189
190	191	192
193	194	195
196	197	198
199	200	201
202	203	204
205	206	207
208	209	210
211	212	213
214	215	216
217	218	219
220	221	222
223	224	225
226	227	228
229	230	231
232	233	234
235	236	237
238	239	240
241	242	243
244	245	246
247	248	249
250	251	252
253	254	255
256	257	258
259	260	261
262	263	264
265	266	267
268	269	270
271	272	273
274	275	276
277	278	279
280	281	282
283	284	285
286	287	288
289	290	291
292	293	294
295	296	297
298	299	300
301	302	303
304	305	306
307	308	309
310	311	312
313	314	315
316	317	318
319	320	321
322	323	324
325	326	327
328	329	330
331	332	333
334	335	336
337	338	339
340	341	342
343	344	345
346	347	348
349	350	351
352	353	354
355	356	357
358	359	360
361	362	363
364	365	366

第4圖にて坑井が偏倚する方向は常に右廻りの傾向を示して居る。此れは坑井が地層に「アップデイブ」に昇る通有性に依るものか、或は掘管を低速回転すると坑芯が右旋回する通有性に依るものか、何れにしても坑芯旋回

第 6 圖

子面圖

の傾向も今後の研究問題の一つである。

■. 高野33號井の坑芯の経路

本井は先に成功した高野27號井の槽の「サブ・ストラクチャー」の下に「レール」を設けて之を其の儘移動して傾斜掘りをしたものである。

其の坑芯の経路は第6圖の如く垂直深度967.4米で目的地點に12.8米の相違で到達した。傾斜測定は52回、「ホイップストック」は6回設置した。

4月27日に第7層の採掘井として成功し、初日産19.71軒であつた。

IV. 新潟の傾斜掘り

尙新潟市内の瓦斯井に對して準備費の省略、大徑坑の替りに小徑坑を2本以上掘つて増産を圖る事、數層の瓦斯層を別々に採収する事等の目的の爲め簡便な傾斜掘りを施行して居る。

此れは「ロータリーマシン」を4度傾斜して取付け坑口元から傾斜坑を掘進する。孫井戸を延長する理である。坑井深度は300米乃至500米である。傾斜儀は使用しなかつたので正確な偏距は不明であるが坑底の傾斜は4度乃至7度である。「ホイップストック」は使用したが指向装置には下げ振りを使用した。

現在迄に掘進した傾斜井は

新潟9號基地から 3坑

 〃 12號基地から 2坑

 〃 15號基地から 4坑

關屋2號基地から 1坑

 〃 綱1號基地から 2坑

 〃 6號基地から 2坑

計14坑の傾斜井を掘つた理である。

結

言

今後油田開發の根本問題は如何にして迅速に且つ低廉に掘鑿して之を開發するかであると思ふ。吾々の掘鑿井では準備日數の短縮が重要な問題となつて居る。此れを運搬の機械化、掘鑿機械の「ユニタイゼーション」「スタンダーライゼーション」に依り解決せねばならぬ事は勿論であるが日本の如く道路が發達せず且つ田面に掘鑿する場合が多い所では基地の省略と言う點で傾斜掘りは益々重要性を増して居る。

傾斜掘り技術は一應目的地點に坑底を偏距させ得る所まで到達したが、更に器具に於ても掘り方に於ても今後改良、研究を要する所である。

今迄の成功に對しては故上野幸作氏、並びに新島作業部長の御指導と共に傾斜儀の製作に當つた村田一郎氏、直接擔當の水澤調勢君、小林高逸君、其他掘鑿關係者の功績に依る事を附言し之に敬意を表する次第である。