

【64】

大深度調査における SPT アナライザーを用いた標準貫入試験の評価方法

中央開発株式会社 ○ 田尾 啓剛

INFLUX OFFSHORE WIND POWER HD 株式会社 坂本 真也

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーの活用が世界的に推進されており、日本においても再生可能エネルギーを活用した発電事業が急速に進められている。本業務は、その再生可能エネルギー発電事業の1つである洋上風力発電施設建設に伴い、A 県 B 市の沖合にて傾動自在試錐工法<sup>1)</sup>により海上地質調査を実施したものである。調査位置は沖合で水深-50m 程度の大水深であった為、標準貫入試験におけるエネルギー伝達効率の減衰が懸念された。そのことから標準貫入試験のエネルギー伝達効率を把握することを目的として、SPT アナライザーを用いた標準貫入試験を実施した。本報告では、その試験方法及び結果等について報告する。

2. 実施方法

(1) 測定方法

標準貫入試験におけるエネルギー伝達効率を計測する為に図-1に示す SPT アナライザーを用いた。SPT アナライザーを使用した標準貫入試験におけるエネルギー伝達効率の計測方法は、図-1に示される測定用のロッドをアンビル直下につなぎ込み、通常の標準貫入試験を実施するのみとなる。測定用ロッドには加速度計及びひずみゲージが2個ずつ装着されており、ハンマーによる打撃の瞬間における両センサーの値を専用 PC でロギングする。(図-2)



図-1 SPT アナライザー装置

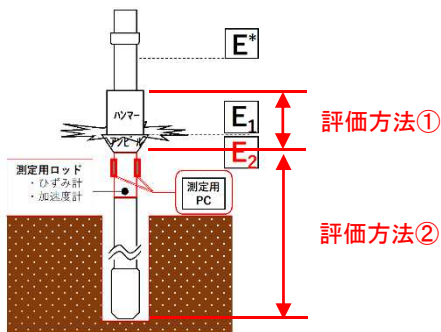


図-2 試験概念図

(2) 評価方法

エネルギー伝達率は、下記①～②の二つに区分して評価し、この2つを合計して全体の伝達効率となる。

①ハンマー～アンビル間のエネルギー伝達率

この区間のエネルギー伝達率は、SPT アナライザーにより自動計算される。例えばある深度の標準貫入試験を行い、N 値が 18 だった場合、すべての打撃に対する(例では 18 個)データが取得されることとなり、1 打撃毎の詳細な解析が可能となる。解析時には、1 打撃毎に計算されたエネルギー伝達効率の平均値をもって、その標準貫入試験のエネルギー伝達効率とするのが一般的である。

表-1 測定結果一覧表(N=18)

Date	Time	LP	EL	BN	CSX	DMX	EFV	ETR		BPM	VMX	FMX	DFN
								Compression	MaxDisp				
		m	m		MPa	mm	J	%	bpm	m/s	kN	mm	
2021/6/29	17:18:08	53.5	-53.5	1	177.9	46	408	86.3	50.5	3.52	103	46	
2021/6/29	17:18:13	53.5	-53.5	2	156	36	395	83.5	11.6	3.35	91	36	
2021/6/29	17:18:17	53.5	-53.5	3	162.5	38	409	86.5	15	3.43	94	38	
2021/6/29	17:18:21	53.5	-53.5	4	180.8	38	395	83.5	14.1	3.45	105	37	
2021/6/29	17:18:25	53.5	-53.5	5	165.5	42	416	88.0	16.1	3.45	96	41	
2021/6/29	17:18:29	53.5	-53.5	6	187.3	36	414	87.5	14.4	3.23	109	36	
2021/6/29	17:18:33	53.5	-53.5	7	181.8	25	404	85.4	15.8	3.27	106	22	
2021/6/29	17:18:36	53.5	-53.5	8	166.1	29	418	88.4	16	3.27	96	28	
2021/6/29	17:18:41	53.5	-53.5	9	153.6	29	412	87.1	14.6	3.24	89	29	
2021/6/29	17:18:54	53.5	-53.5	10	169.8	29	417	88.2	4.6	3.26	99	29	
2021/6/29	17:18:58	53.5	-53.5	11	166.1	24	408	86.3	13.4	3.37	96	22	
2021/6/29	17:19:03	53.5	-53.5	12	166.2	26	418	88.4	13.4	3.38	97	24	
2021/6/29	17:19:08	53.5	-53.5	13	164.5	26	407	86.1	12	3.35	95	23	
2021/6/29	17:19:12	53.5	-53.5	14	166.4	30	413	87.3	13.3	3.42	97	29	
2021/6/29	17:19:16	53.5	-53.5	15	160.3	32	410	86.7	13.9	3.32	93	32	
2021/6/29	17:19:21	53.5	-53.5	16	164	37	419	88.6	14.7	3.26	95	36	
2021/6/29	17:19:24	53.5	-53.5	17	163.2	32	412	87.1	15.3	3.4	95	31	
2021/6/29	17:19:29	53.5	-53.5	18	160.5	34	416	88.0	14	3.32	93	34	
								平均=	86.6				

②アンビル～SPT サンプラー先端間のエネルギー伝達率

この区間のエネルギー伝達率は、SPT アナライザーにより取得された波形データを解析することにより求めることができる。この波形データについても、すべての打撃に対して取得されるため、1打撃毎の詳細な解析が可能である。

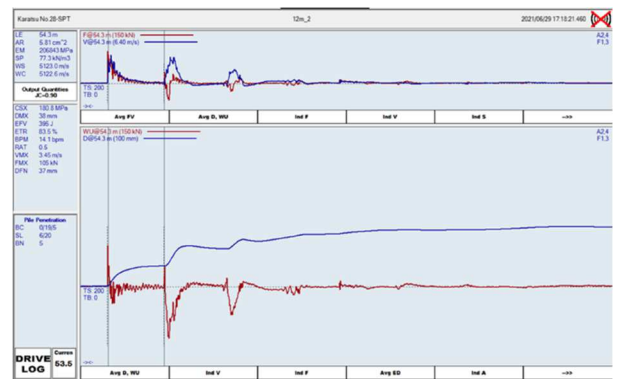


図-3 測定結果(波形データ)

### 3. 調査結果

#### (1) ハンマー～アンビル間のエネルギー伝達効率

同区間のエネルギー伝達効率は、1打撃毎のETR(エネルギー伝達効率)の平均値をもって、その深度における標準貫入試験のエネルギー伝達効率とした。今回A地点で実施した12m(N=29)の結果を表-2に示す。表に示される通り、この区間のETRは89.9～95.1%を示し、極端にエネルギー伝達効率の低い結果は確認されなかった。また、A地点のすべての深度において85%を超えるエネルギー伝達効率が確認された。これは、海外において設計に用いるN値はN<sub>60</sub>(エネルギー伝達効率60%の時のN値)が主流であることから極めて良好な値といえる。

表-2 A地点12mの結果一覧

Date	Time	LP	EL	BN	CSX	DMX	EFV	ETR
		m	m		Compression MPa	MaxDisp mm	TransEnergy J	Efficiency %
2021/5/19	13:50:15	18.59	-18.6	1	177	32	444	93.9
2021/5/19	13:50:20	18.59	-18.6	2	192.2	29	441	93.2
2021/5/19	13:50:24	18.59	-18.6	3	196.5	29	449	94.9
2021/5/19	13:50:28	18.59	-18.6	4	179.4	27	439	92.8
2021/5/19	13:50:32	18.59	-18.6	5	188.6	31	441	93.2
2021/5/19	13:50:36	18.59	-18.6	6	185.3	24	440	93.0
2021/5/19	13:50:40	18.59	-18.6	7	195.6	22	436	92.2
2021/5/19	13:50:45	18.59	-18.6	8	178.4	26	445	94.1
2021/5/19	13:50:49	18.59	-18.6	9	168	21	437	92.4
2021/5/19	13:50:53	18.59	-18.6	10	173.9	22	436	92.2
2021/5/19	13:50:58	18.59	-18.6	11	181.1	26	444	93.9
2021/5/19	13:51:02	18.59	-18.6	12	182.4	22	433	91.6
2021/5/19	13:51:06	18.59	-18.6	13	171.9	20	425	89.9
2021/5/19	13:51:10	18.59	-18.6	14	179.9	18	425	89.9
2021/5/19	13:51:14	18.59	-18.6	15	171.4	20	432	91.3
2021/5/19	13:51:18	18.59	-18.6	16	179.6	19	441	93.2
2021/5/19	13:51:22	18.59	-18.6	17	178.7	17	428	90.5
2021/5/19	13:51:26	18.59	-18.6	18	166.6	18	436	92.2
2021/5/19	13:51:30	18.59	-18.6	19	177.2	21	450	95.1
2021/5/19	13:51:35	18.59	-18.6	20	178.2	18	441	93.2
2021/5/19	13:51:39	18.59	-18.6	21	162.4	17	425	89.9
2021/5/19	13:51:43	18.59	-18.6	22	174.4	17	434	91.8
2021/5/19	13:51:47	18.59	-18.6	23	173.6	17	432	91.3
2021/5/19	13:51:51	18.59	-18.6	24	163.2	17	432	91.3
2021/5/19	13:51:55	18.59	-18.6	25	174.1	17	431	91.1
2021/5/19	13:51:59	18.59	-18.6	26	184.2	17	431	91.1
2021/5/19	13:52:04	18.59	-18.6	27	172	16	436	92.2
2021/5/19	13:52:08	18.59	-18.6	28	177.5	16	433	91.6
2021/5/19	13:52:12	18.59	-18.6	29	175.2	31	433	91.6
エネルギー伝達効率の平均値→								92.2

#### (2) アンビル～SPT サンプラー先端間のエネルギー伝達効率

同区間のエネルギー伝達効率は、取得された波形データの解析によって行われるが、今回取得された波形データは全て非常にきれいな(エネルギーロスが殆どない)結果が示された。図-4にA地点12mの波形データを、図-5にエネルギーロスが確認された場合の波形データ(例)を示す。

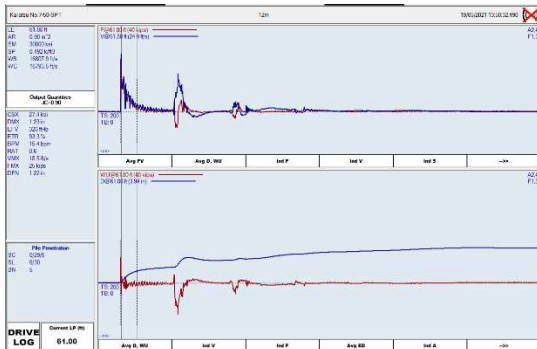


図-4 A地点12mの波形データ

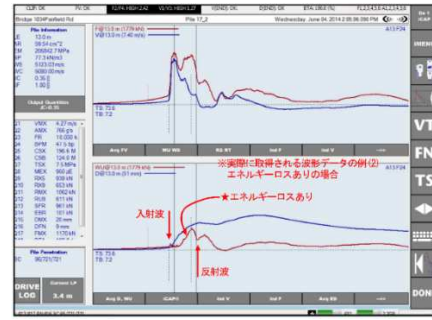


図-5 エネルギーロスのある波形データ(例)

### 4. まとめ

今回の試験結果については、水深50m程度かつロッド長が100mを超える試験条件を鑑みると極めて良好なものと想定される。このような結果が得られた要因は以下のように考えられる。

#### ① ボーリング孔の鉛直性が極めて良好

今回は傾動自在試錐工法による施工の為、海底まで鉛直にガイドパイプを仮設している。そのガイドパイプを通してロッドを下し掘削を実施する為、鋼製樽やスパッド台船と比較して鉛直性が保たれ、エネルギーロスが低減されたと想定される。

#### ② ボーリングオペレーターの技術力が高い

ボーリングオペレーターの高い技術かつ丁寧な作業により、孔曲がりの少ないボーリング孔であったことが影響していると想定される。

#### ③ 半自動落下装置を用いて適切に標準貫入試験を実施

一昔前までは、手動落下法(コーンブリー法、トンビ法)が主流であったが、モンケンが自然落下できていないという問題点があった。しかし、半自動落下装置を用いることにより、極めて自然落下に近い状況で試験が行えたことにより、良好な試験結果が得られたと想定される。

### 5. おわりに

ロッドの長さによるN値の補正に関して、以下のような式が提唱されている。<sup>2)</sup>

$$N = N' \left( 1 - \frac{x}{200} \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、N' ; 実測N値, x ; ロッドの長さ(m)

この式を用いて、修正N値を算出すると、ロッド長100mにおける修正N値は、実測N値の約50%と評価される。

これに対し、傾動自在試錐工法による標準貫入試験のエネルギー伝達効率は約80%で、既存の提案式に対し、エネルギーロスの少ないデータが得られ、本工法における標準貫入試験の実用性が示されたと考える。

今後も更にデータを蓄積し、傾動自在試錐工法やその他大深度工法における標準貫入試験結果の評価方法について検討していきたい。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 運輸省告示第366号港湾に係る民間技術評価第94302
- 2) 地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例 p343