

西知多道路における 施工課題改善に向けた取り組み

柿崎 暁旭

中部地方整備局 愛知国道事務所 工務課 (〒464-0066 愛知県名古屋市中千種区池下町2-63-4)

本論文は、供用中の重要な幹線道路と複雑に交差するJCT部の限られた施工ヤード内で事業中である西知多道路事業（東海ジャンクション）において、ケーソン基礎工事の施工中に発生したケーソン基礎の沈下停止課題を整理し、リスク低減を目的とした取り組み事例を紹介するものである。当該箇所は、戦後に造成された複雑な層構成を有する埋め立て地であるため、地盤条件、施工履歴およびケーソン挙動の観点から様々な発生要因を推察するとともに、同様の事象を繰り返さないよう、事前調査手法の試行について報告し、複雑な埋立地盤等におけるケーソン基礎工事の施工計画およびリスク評価に資する知見を示すものである。

キーワード ケーソン基礎、周面摩擦力度、原位置せん断摩擦試験(SBIFT試験)

1. はじめに

国道247号西知多道路は、中部国際空港と名古屋港及び高規格道路を連絡し、名古屋都市圏における自動車専用道路網の形成を図るとともに、国道247号の交通渋滞緩和、物流効率化によるものづくり産業の支援、空港アクセス道路のダブルネットワーク化、並行する知多半島道路の代替路線として災害時の道路ネットワーク確保などを目的として計画された伊勢湾岸自動車道の東海ジャンクション(以下、東海JCT)から知多横断道路常滑JCT(仮)までを結ぶ全長18.5kmの高規格道路である。(図-1)



図-1. 位置図

このうち、東海JCT部の延長2.0km区間については、愛知県からの要請を受け、平成28年度より国土交通省が権限代行により「国道247号西知多道路(東海JCT)」として整備を進めている。

本事業では、一部にケーソン基礎の採用を進めているが、当該施工区域には、既設道路に加え、周辺企業が管理する電力・ガス洞道等の埋設構造物が多数存在しており、これらに近接した状態でケーソン基礎を施工する必要がある。このような制約条件を踏まえ、ケーソン基礎施工時における周辺構造物への影響を低減する観点から、小断面ニューマチックケーソン工法(スリムケーソン工法¹⁾)を採用している。(図-2)

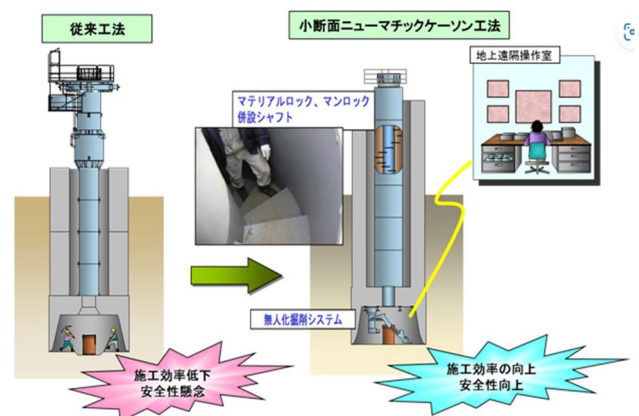


図-2. 小断面ニューマチックケーソン概要図

本稿では、ケーソン基礎工事で発生した沈下停止を受け、今後の施工で繰り返さないよう、沈下停止リスクの事前評価手法の検討とその試行について取りまとめた。

2. 沈下停止の概要および発生要因の推察

(1) 沈下停止の概要

ケーソン基礎の最終ロット目を掘削した時点で沈下停止が発生し、計画深度よりも約4m浅い深度で下げ止まりの状態となった。道路橋示方書の下部構造編に基づき「図-3. ケーソン基礎沈下条件概要図」に沈下条件を示す。図のとおり、沈下力が沈下抵抗力を上回ること、ケーソン基礎は沈下していく。しかし、今回の沈下停止は、周面摩擦力の増加によって沈下抵抗力が増加し、沈下力と等しくなったことにより発生したと考えられる。周面摩擦力が増加したと推察した根拠を次項で述べる。

ケーソンの沈下条件

沈下力 > 沈下抵抗力

$$W_c + W_w > R + U$$

W_c : ケーソンの重量

W_w : 載荷荷重

$$R = R_c + F$$

R : ケーソンの沈下抵抗力 (kN)

R_c : 刃先抵抗力 (kN)

F : 周面摩擦力 (kN)

U : 作業気圧による圧入力 (kN)

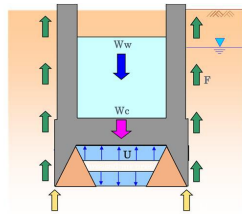


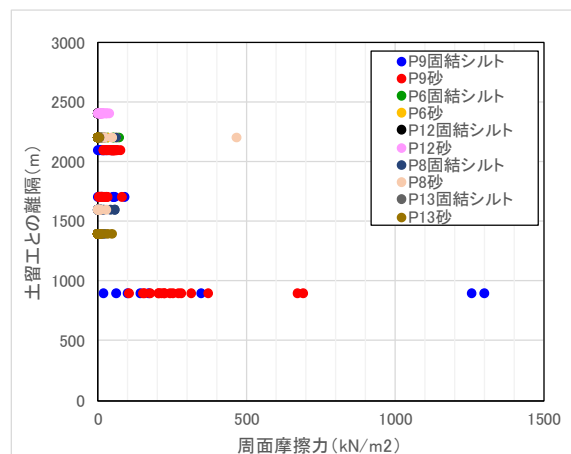
図-3. ケーソン基礎沈下条件概要図

(2) 周面摩擦力の増加原因の推察

周面摩擦力の増加原因として、土留め設置による躯体と土留め間に存在する土砂の締め固まりやケーソン基礎の出来形(直径)が大きいこと等が推察される。

まず、1つ目の土留め設置による躯体と土留め間に存在する土砂の締め固まりについて、「表-1. 土留めと周面摩擦力の関係」を示す。表-1より躯体と土留めと

表-1. 土留めと周面摩擦力の関係



の離隔が約900mmとなる場合に、周面摩擦力が急激に増加する傾向が確認された。このことから、離隔が小さくなることで土砂の拘束効果が高まり、周面摩擦力の増加につながる可能性が示唆された。

次に、2つ目のケーソン基礎の出来形(直径)が大きいことについて、「表-2. 出来形(直径)との関係性」を示す。表-2より、沈下停止が発生した2つのケーソン基礎においては、設計値に対して直径の出来形が+23mm～+25mmと大きい傾向が確認された。ケーソン基礎の出来形が大きいほど、躯体と土留めとの離隔が小さくなり、周面摩擦力が増加すると考えられることから、出来形が沈下停止の一因となった可能性がある。

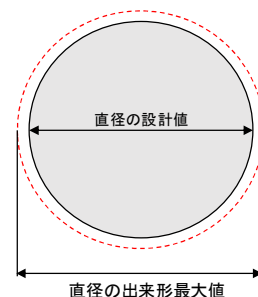
3. 沈下停止対策工の実施および課題

沈下停止したケーソン基礎において、周面摩擦力を低減することを目的に、ケーソン基礎の外周部にドリル削孔を実施した。(図-4)

対策工の実施により、ケーソン基礎は最終沈設深度まで施工が完了することができた。しかしながら、対策工の

表-2. 出来形(直径)との関係性

橋梁名	橋脚名	沈下停止	設計値(mm)	出来形(mm)			
			ケーソン直径	出来形直径		MAX値	
				橋軸直角	橋軸	マイナス側	プラス側
A	P1	×	7,000	+7,007	+7,004	-25	+7
	P2	×	7,000	+6,998	+6,993	-34	-
	P3	×	6,500	+6,500	+6,514	-34	+14
	P4	×	6,500	+6,513	+6,508	-16	+13
B	P5	×	6,000	+6,004	+6,000	-48	+4
	P6	×	6,000	+6,008	+6,001	-12	+8
	P7	○	6,000	+6,023	+6,013	-10	+23
	P8	×	7,000	+7,091	+7,099	-9	+6
	P9	○	7,000	+7,000	+7,025	-24	+25
C	P10	×	6,000	+6,015	+6,009	-12	+15
	P11	×	6,000	+6,001	+6,006	-24	+6
D	P12	×	6,000	+6,103	+6,105	-17	+9
E	P13	×	6,500	+6,498	+6,495	-22	-



実施に伴い追加費用が発生したことで工事費が大幅に増加するとともに、施工期間の延伸による工期への多大な影響も生じた。

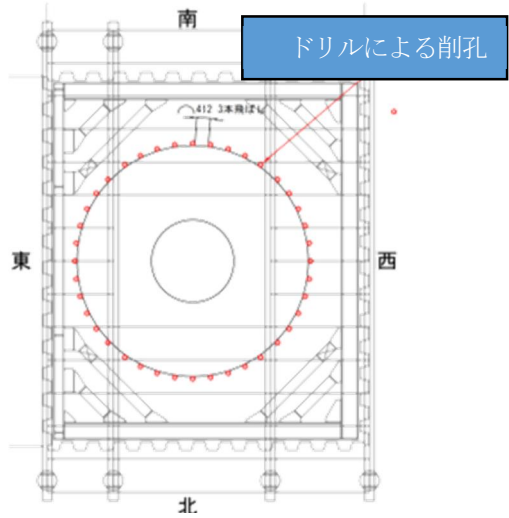


図-4. 沈下停止対策工概要図

4. 沈下停止リスク低減を目的とした事前調査の試行

前項までに記した状況を踏まえ、ケーソン基礎沈設時における沈下停止リスクを事前に評価し、その結果を今後のケーソン基礎工事に反映することは、施工の確実性向上のみならず、追加工事費の発生抑制や事業工程の遅延防止の観点からも非常に大きなメリットを有する。そこで、ケーソン基礎の沈下停止リスクを事前に把握するため、地盤の強さや摩擦の特性をより正確に評価できる、原位置せん断摩擦試験（以下、SBIFT試験）を実施し、得られた結果と施工中に発生する周面摩擦力を比較することで、沈下停止リスクを評価し、必要な対策を施工前に検討できるよう事前調査を試行中である。

現在施工中であるケーソン基礎工事において実施した、SBIFT試験結果を「表-3. SBIFT試験の結果」に示す。また、表-3に記載している周面摩擦力度は、次の計算式により算出している。

$$f = c + P_0 \cdot \tan \phi$$

- f : 周面摩擦力度 (kN/m²)
- c : 粘着力 (kN/m²)
- P₀ : 静止土圧 (kN/m²)
- φ : 内部摩擦角 (°)

また、比較資料として、道路橋示方書の下部構造編に基づき、「表-4. ケーソン周面摩擦力度 (kN/m²)」を示す。なお、SBIFT試験の調査対象としているケーソン基礎の深さは24.0mである。

表-4. ケーソン周面摩擦力度 (kN/m²)

ケーソンの深さ \ 土質	粘性土	砂質土	砂れき
	粘性土	砂質土	砂れき
8m	5.0	14	22
16m	6.0	17	24
25m	7.0	20	27
30m	9.0	22	29
40m	10	24	31

表-3および表-4を比較した結果、いずれも深度の増加に伴い、周面摩擦力度が増加する傾向がみられた。またSBIFT試験により算出された周面摩擦力度は、40～194 (kN/m²) の範囲を示した。これを表-4の値と比較すると、同深度においての周面摩擦力度の差が最小で約20 (kN/m²)、最大で約170 (kN/m²) であり、SBIFT試験結果の方が全体的に大きな値を示す傾向が確認された。

このことから、道路橋示方書に基づく周面摩擦力度は当該地盤における実際の周面摩擦力度を十分に評価できていない可能性があると考えられる。特に、埋立地特有の不均質な地盤構成や局所的な締固まりの影響により、設計値を上回る周面摩擦力が発現している可能性が示唆された。

表-3. SBIFT 試験の結果

深度	地層	土質区分	SBIFT試験結果			周面摩擦力度
			粘着力	摩擦角	横方向 変形係数	$f=c+P_0 \cdot \tan \phi$
			c(kN/m ²)	φ(°)	Eb(MN/m ²)	(kN/m ²)
GL-9.0~9.9m	Pcj2	砂混りシルト	38.0	3.3	50.6	40
GL-13.0~13.75m	Psj3	シルト混り砂	44.0	0.0	53.1	44
GL-17.0~17.9m	Pcj3	固結シルト	8.9	26.6	21.9	48
GL-19.4~20.3m	Psj3	シルト混り砂	0.0	36.5	54.7	66
GL-20.3~21.3m	Pcj3	固結シルト	30.0	23.7	41.7	71
GL-23.0~23.75m	Psj4	砂	54.1	34.4	47.6	126
GL-28.0~28.8m	Psj4	砂	56.5	47.3	45.3	194

5. まとめと今後の展望

今回、本事業における沈下停止についての概要および発生要因の推察、そして沈下停止リスク低減を目的とした事前評価の試行について紹介した。

しかしながら、現時点ではSBIFT試験による結果が実際の周面摩擦力度を適切に表していると判断するには、データ数が十分とは言えない。そのため、同ケーソン基礎に摩擦計を設置し、施工中の周面摩擦力を計測している。今後、摩擦計による計測結果が得られた段階で、SBIFT試験結果、道路橋示方書による算定値および摩擦計による実測値の3者を比較し、SBIFT試験の有用性について検証する予定である。

また、SBIFT試験の有用性が確認された場合には、今後施工予定のケーソン基礎に対して事前にSBIFT試験を実施し、周面摩擦力度を適切に評価することで、沈下停止リスクの事前把握に活用していきたい。

これにより、追加対策工に伴う工事費の増加や事業工程の遅延を抑制し、より確実かつ効率的な施工につながるものと考えられる。

謝辞

本論文の作成にあたり、協力いただきました中央コンサルタンツ㈱をはじめ、各種助言を頂きました関係者の皆様に心から感謝の意を表し本報告を終わります。

参考文献

- 1) 日本圧気技術協会小断面ニューマチックケーソン工法。