

3. ニューマチックケーソン (New DREAM) 工法

における遠隔地耐力試験装置の開発

大豊建設株式会社 上月 直昭 大久保 健治 今村 秀雄
○長崎 正幸

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は、優れた耐震性能や幅広い土質への適応性など多くの優位性を持つ工法であり、遠隔操作による無人化工法が一般化している。その中でも New DREAM 工法は、従来の無人掘削工法で高気圧下作業となっていた掘削機の日常点検や修理・回収作業及び地耐力試験等を大気圧下作業とし高気圧作業を 100%削減した完全無人化ニューマチックケーソン工法である。

本稿は、New DREAM 工法の最後の要素技術である遠隔操作による地耐力試験装置の開発と性能確認試験の結果について報告するものである。

2. 遠隔操作による地耐力試験システムの概要

今回開発した遠隔操作による地耐力試験システムは、作業室スラブの直上にもう一枚のスラブを設け、二重スラブ構造の大型メンテナンスロック内において大気圧下で遠隔操作無人掘削機に地耐力試験装置を取り付け、遠隔操作により支持地盤の任意の位置へ移動させて、試験装置を設置し遠隔操作で地耐力試験を実施する一連のシステムである。このシステムが完成したことで、New DREAM 工法は高気圧作業の 100%無人化が達成された。New DREAM 工法の概念図を図-1に、掘削

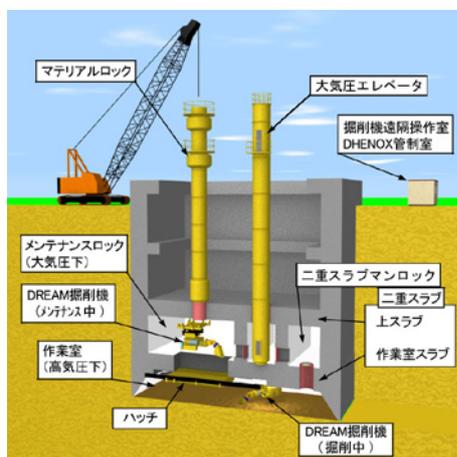


図-1 New DREAM 工法概念図

機の回収・試験装置装着から地耐力試験実施までの地耐力試験システムの一連の手順図を図-2に示す。

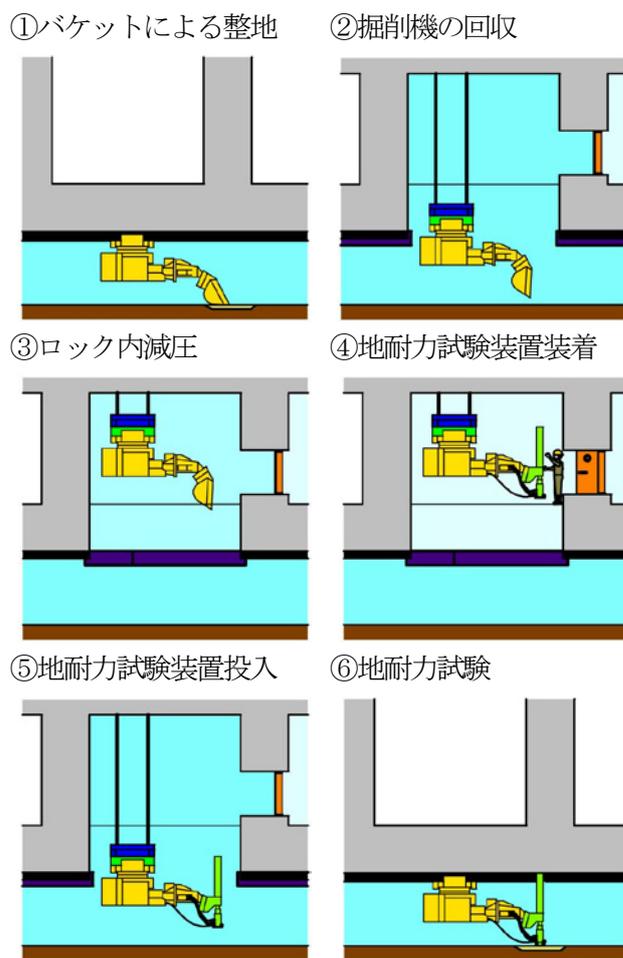


図-2 地耐力試験システム図

3. 試験の目的

- 1) 地耐力試験装置の動作確認及び遠隔操作による試験方法の問題点確認
- 2) 地耐力試験装置の変形量の計測及び補正值の確認
- 3) 従来の試験方法と本試験システムの計測結果の比較検討による本試験システムの信頼性の確認

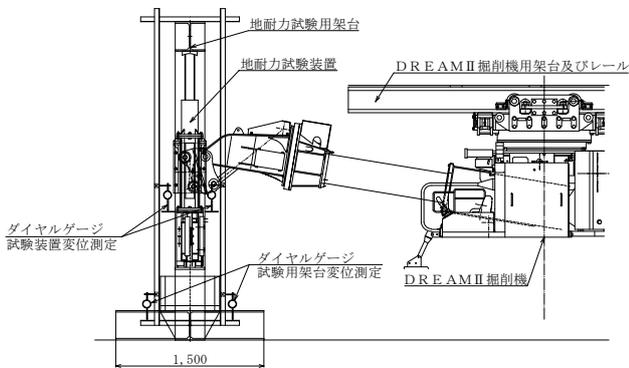
4. 遠隔操作による地耐力試験システムの試験概要

1) 使用機器

本地耐力試験システムの試験装置の主な構成は、次の通りである。

- ・地耐力試験装置本体
- ・遠隔操作制御システム
- ・試験データの表示と記録装置
- ・DREAM 掘削機（Ⅱ型）
- ・地耐力試験反力用架台

地耐力試験装置概要図を図－3、遠隔操作による地耐力試験状況を写真－1、2に示す。



図－3 地耐力試験装置概要図



写真－1 遠隔操作による地耐力試験状況



写真－2 遠隔操作状況

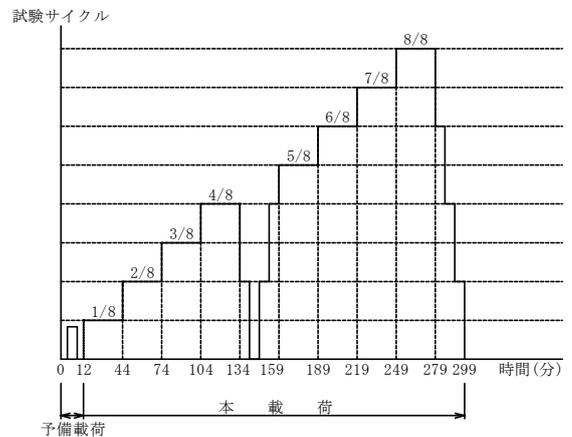
2) 試験方法

地耐力試験は、DREAM 掘削機（Ⅱ型）に地耐力試験装置を取り付けて遠隔操作により実施した。

3) 荷重方法

荷重試験方法は、ニューマチックケーソン施工マニュアル（第3版：平成12年2月：日本圧気技術協会）によると「作業室内の特殊な環境を考慮して、多サイクル方式による急速荷重試験方法による」とあるが、本システムでは地耐力試験装置設置後は地上で操作・測定が実施できるため急速荷重では無く、2サイクル・荷重保持時間30分で実施した。

試験サイクル図を図－3に示す。



図－3 試験サイクル図

4) 実施事項

- ・遠隔操作による地耐力試験装置の試験地盤への設置・撤去及び荷重・除荷の操作性を確認する。
- ・最大試験荷重 294kN (30t) まで荷重して試験装置の変形量を確認する。
- ・不動梁を用いた従来方法と本方法の計測値の差を確認する。

5. 試験結果

1) 地耐力試験装置の動作確認及び遠隔操作による試験方法の問題点確認

地耐力試験装置の試験手順・荷重手順に基づき、遠隔操作により試験装置の設置→地耐力試験の実施→試験装置の撤去の一連の動作確認を行った。その中で以下のことが確認できた。

- ・試験装置の設置に約5分の時間を要したが、一連の動作をスムーズに稼働することが確認出来た。

・各動作を遠隔操作により行ったが、的確に動作を確認出来た。

・鉛直方向の据え付け精度は、3/1000 と殆ど鉛直に据え付け出来ることを確認できた。

・遠隔操作による試験で特に問題点はなかった。

2) 地耐力試験装置の変形量の計測及び補正值の確認
地耐力試験実施にあたり、表-1の段階別荷重強度を載荷し試験を実施した。

表-1 段階別荷重強度

	荷 重 (tf)	荷重強度 (kN/m ²)
1 段階	3.8	520.4
2 段階	7.5	1,040.9
3 段階	11.3	1,561.3
4 段階	15.0	2,081.7
5 段階	18.8	2,602.2
6 段階	22.5	3,122.6
7 段階	26.3	3,643.1
8 段階	30.0	4,163.5

試験結果の資料を図-4、5に示す。

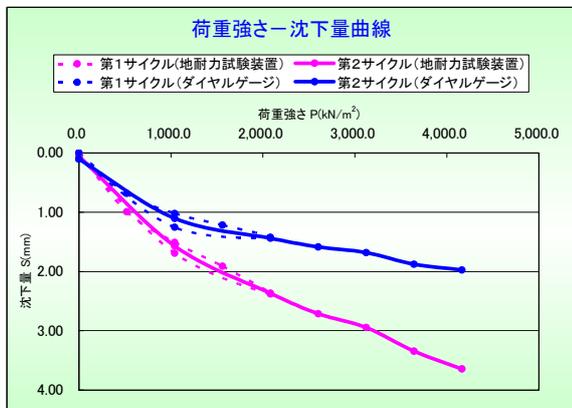


図-4 荷重強さ-沈下量曲線

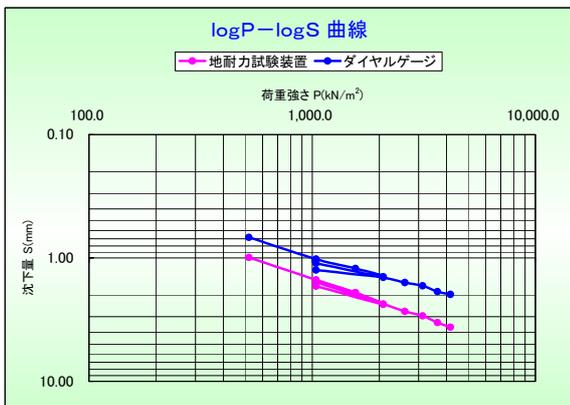


図-5 logP-logS 曲線

また、地耐力試験装置本体の縮みと試験用架台の伸びについて、図-6、7の結果が得られた。



図-6 地耐力試験装置本体の縮み

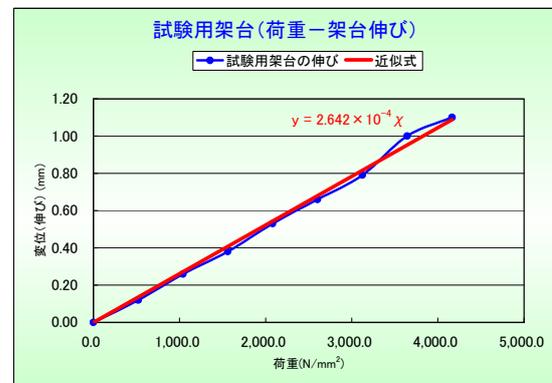


図-7 試験用架台の伸び

試験データより関係を近似式にすると図-6より「地耐力試験装置本体の縮み-荷重曲線」は $y = -1.6332 \times 10^{-4}x$ 、図-7より「試験用架台の伸び-荷重曲線」は $y = 2.642 \times 10^{-4}x$ となる。この近似式から地耐力試験装置の計測データを補正すると、「荷重強さ-沈下量曲線」及び「logP-logS 曲線」は、それぞれ図-8、9のようになり、本地耐力試験装置の計測値がダイヤルゲージによる計測データ（従来方法）に近似することが解った。

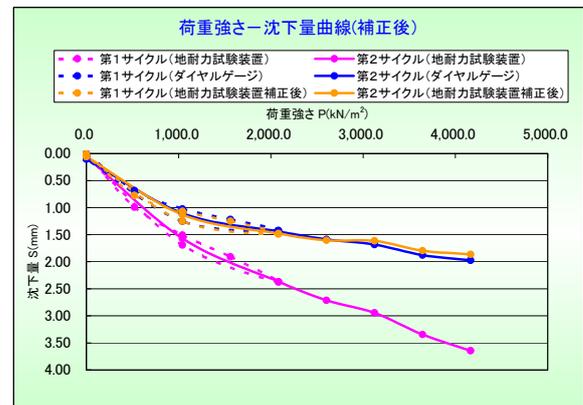


図-8 荷重強さ-沈下量曲線 (補正後)

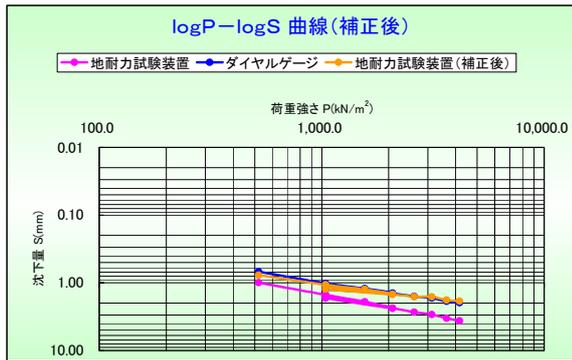


図-9 logP-logS 曲線 (補正後)

3) 試験結果から求められる地盤反力係数、極限支持力と従来工法による値との比較

・地盤反力係数

道路橋示方書IV下部構造編の「ニューマチックケーソンの平板載荷試験法」①から地盤反力係数の算出式は、次のとおりとなる。

(算出式)

$$k_s = P / \delta \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$k = 1/2k_s \quad (\text{kN/m}^3)$$

ここに、k：載荷試験より求まる地盤反力係数

k_s ：繰り返し荷重に対する地盤反力係数

P：荷重強さ (kN/m²)

δ ：沈下量 (mm)

地耐力試験装置による補正前の計測値、補正後の計測値、従来方法 (ダイヤルゲージ) による計測値の3パターンについて地盤反力係数を算出した。

計測値の差は0~1.67mmであり、試験装置・試験用架台の変形量を補正すると0~0.11mmの誤差であった。また、それぞれの地盤反力係数は、表-2の通りとなり変形量を補正することで、ほぼ正確な値が得られることが解った。

表-2 地盤反力係数の比較

試験方法	地盤反力係数		摘要
	k_s (MN/m ³)	k (MN/m ³)	
試験装置(補正前)	901.2	450.6	
試験装置(補正後)	1,466.1	733.1	0.94
ダイヤルゲージ	1,553.6	776.8	1.00

・極限支持力

道路橋示方書IV下部構造編の「ニューマチックケーソンの平板載荷試験法」①より図-8「荷重強さ-沈下量曲線」、図-9「logP-logS 曲線」より沈下曲

線がほとんど一定に推移していることから降伏支持力の接点を判断することが出来ない。このため最大試験荷重の1.5倍が極限支持力となり、地耐力試験装置による方法及びダイヤルゲージによる従来方法とも624.5 (tf/m²) の同値となった。

6. 実施工での確認

当社のニューマチックケーソン施工現場において、遠隔操作室~試験箇所まで約100mの離隔で遠隔操作による地耐力試験を実施し、以下の確認ができた。

- 1) 約100mの離隔でも問題なく遠隔操作により一連の動作確認ができた。
 - 2) 遠隔操作により計測を行い、計測データの表示と記録が適正に出来ることが確認できた。
 - 3) 高気圧下の中で一部の通信制御機器と油圧制御機器に不具合が生じることが解った。
- 実施工による地耐力試験状況を図-10に示す。



図-10 遠隔操作による地耐力試験状況

7. おわりに

今回の試験で本地耐力試験装置が、遠隔操作で十分機能し、操作性能や計測精度が従来方法とほぼ同等であることが確認できた。これにより高気圧下での地耐力試験の無人化が可能になり、高気圧作業を100%削減した完全無人化ニューマチックケーソン (New DREAM) 工法が確立した。また、実施工による試験で不具合が発生した一部機器については、改善し近日中に実験により確認する予定である。

※参考文献

- ①道路橋示方書IV下部構造編「ニューマチックケーソン工法の平板載荷試験方法」