

GSB 工法

日本建築センター評定 BCJ-FD0309-01 平成20年1月25日

(株) コトブキ産業
福岡市中央区平尾 3-7-21-402

才田洋介* 荒巻真二**

1. はじめに

拡底杭の施工法は1970年代にリバース方式による方法が開発された後、現在主流となっているアースドリル工法が開発された。しかし、硬質な層や地中障害物等を有する地盤では施工が困難となる場合がある。

そのため、N値50以上の硬質な岩層で拡底杭を築造するという事は諦め、構造設計においては杭の支持力を確保するために頭を悩ませ、最終的に杭本数を増やし、多くのコストが費やされる結果となっていた。

そこで、硬質地盤でも拡底杭を構築できるオールケーシング全周回転方式の施工法（GSB工法：Gradually Spread Bottom）を開発した。

2. 工法の概要

GSB工法とは、全周回転掘削機により掘削した場所打ちコンクリート杭の掘削孔の先端部を、GSBバケットを用いて拡底掘削し、傾斜角12度以内の拡底杭を築造する工法である。適用地盤は、N値50以上の岩層とし、軟岩及び中硬岩の範囲とする。

図-1にGSB杭の形状を示す。本工法が対応する軸部径(D₁)は1,500、1,600、1,800、2,000mmの4種類である。拡底径は、有効拡底径(D₂)として軸部径+900mmを上限とし、拡底施工径(D₃)は有効拡底径に100mmを加えた値とする。立上がり高さ、ポケット高さはそれぞれ500mm以上、150mmとする。

図-2に杭先端部を拡大掘削する装置であるGSBバケットおよび底ざらえバケットを示す。GSBバケットは汎用の全周回転掘削機のケーシング先端部に装着し、全周回転掘削機の回転トルクとGSBバケットの油圧伸縮アームを用いて孔底部を拡大掘削する。ケーシングへのバケットの固定は4箇所のグリップャーによって行う。バケット上部のスイベルはバケット本体と油圧ホース・ワイヤーの共回りを防止する役割を持つ。

GSBバケットのアームは、全周回転掘削機のケーシ

ング外面からを最大500mm伸張できるので、最大拡底径はケーシング径+1000mmとなる。最大傾斜角12度の

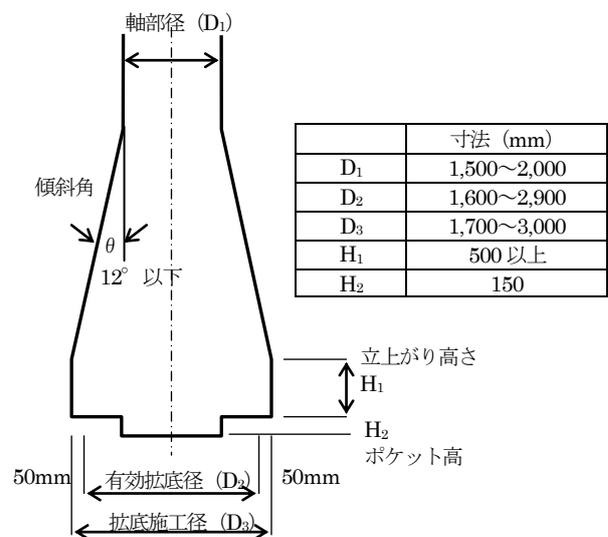


図-1 GSB杭の形状

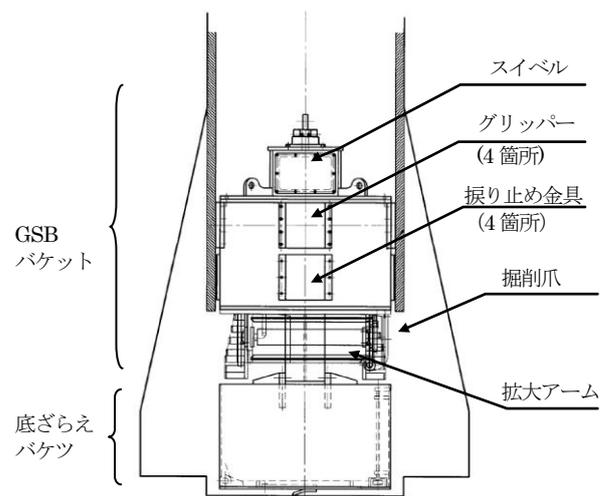


図-2 GSBバケットおよび底ざらえバケット

Saita Yousuke、(株)コトブキ産業、福岡市中央区平尾 3-7-21-402

Aramaki Shinji、西日本高速道路エンジニアリング九州(株) (前九州共立大学工学部)、博(工)、福岡市中央区舞鶴 1-2-22

表-1 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

杭体の打設方法	長期			短期		
	圧縮	せん断	付着	圧縮	せん断	付着
無水時	$\frac{F_c}{4}$	$\frac{F_c}{40}$ 又は $\frac{3}{4} \times (0.49 + \frac{F_c}{100})$ のうちいずれか小さい数値	$\frac{3}{40} \times F_c$ 又は $\frac{3}{4} \times (1.35 + \frac{F_c}{25})$ のうちいずれか小さい数値	長期の 2倍	長期の 1.5倍	長期の 1.5倍
有水時	$\frac{F_c}{4.5}$ 又は 6.0 のうち 何れか小さい数値	$\frac{F_c}{45}$ 又は $\frac{3}{4} \times (0.49 + \frac{F_c}{100})$ のうちいずれか小さい数値	$\frac{F_c}{15}$ 又は $\frac{3}{4} \times (1.35 + \frac{F_c}{25})$ のうちいずれか小さい数値			

この表において、 F_c は、設計基準強度 (単位: N/mm²) とし、27N/mm²以上 33 N/mm²以下の範囲とする。

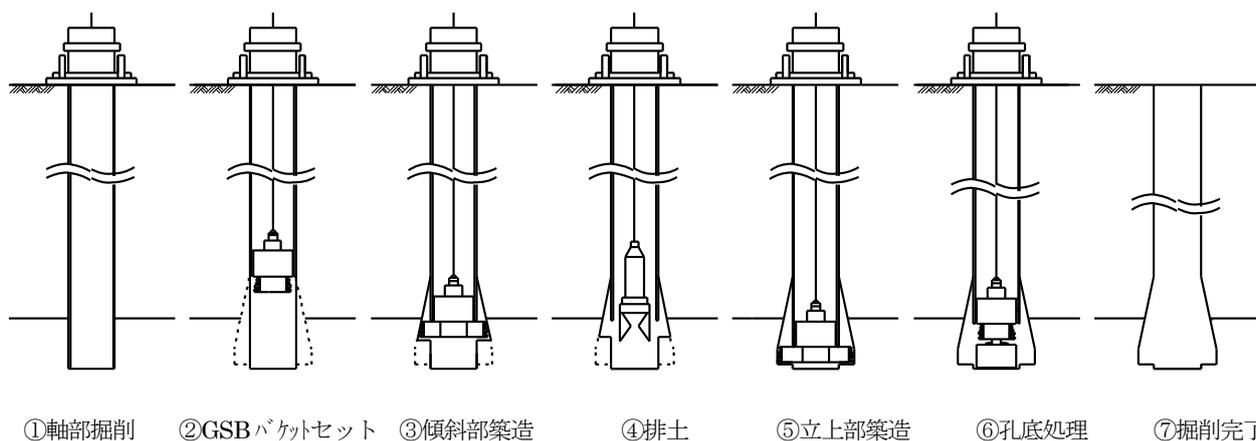


図-3 施工手順

傾斜部はケーシングの押し込み量とアームの伸縮量を 1 cm 単位で管理することにより、その築造を可能とする。

GSB バケットのアームに付帯する集土ブレードは、拡底掘削土を中心部に集める機能を持つ。中心部に集まった掘削土はハンマーグラブと GSB 底ざらいバケットにより排土され、孔底処理は GSB 底ざらいバケットを用いて底ざらえる。

GSB 杭のコンクリートの許容応力度を表-1 に示す。設計基準強度の適用範囲は 27N/mm²~33N/mm² とし、応力度は杭体の打設方法 (無水時、有水時) によって異なる。

3. 施工方法

図-3 に示した本工法の施工手順 (拡底部掘削完了) は次のとおりである。

- ① ケーシングを回転圧入させながらハンマーグラブで排土を行い、軸部を掘削する。
- ② GSB バケットを傾斜角起点の所定の位置にグリッパを張り出し、ケーシングの中央部にセットする。
- ③ ケーシングの回転動力を使って GSB バケットを回転させながらアームを伸長し傾斜部の築造を行う。ケーシングにはマーキングして押し込み量を確認しながら施工する。また、アームの伸長量は伸長表示装置の数値によって管理する。
- ④ 傾斜部築造時の掘削土の排土はハンマーグラブを用いて行う。
- ⑤ 所定の拡底施工径までアームを伸長させた状態でケーシングを 2 周以上回転させることにより築造する。

表-2 実大施工試験一覧

試験杭	試験内容	掘削長 (m)	軸部径 (m)	拡底径 (m)
No.1	掘出し杭試験 コンクリート強度試験	14.0	1.5	2.5
No.2	浅層掘削試験	4.0	1.5	2.5
No.3	底ざらえ試験	1.5	1.5	2.2

- ⑥ 立上部築造時の掘削土の排土は、底ざらいバケットを用いて行う。アームに付帯する集土ブレードを拡底施工径まで伸長した状態で 2 周以上回転させ、中心部に集土されたスライムを除去する。この時、スライム量は 50mm 以下とする。
- ⑦ GSB バケットを引き上げ、掘削完了する。

⑤・⑥の工程は立上部最終掘削土量に応じて繰り返す。

拡底形状の確認については、原則、超音波孔壁測定で行なう。ただし、無水でかつ孔底に降りる事が可能な場合は、スケールで計測し目視により確認する。

3. 各種性能試験

GSB 工法の性能評価するために実施した実大施工の試験杭概要と試験内容を表-2 に示す。試験杭 No.1 は、掘出し杭による杭形状の確認とコンクリート品質評価を行った。試験杭 No.2、No.3 では浅層位置で試験施工を行い、目視で掘削形状と孔底スライム量を測定した。

3.1 掘出し試験

(1) 試験概要

試験を実施した地盤及び試験杭 No.1 の概要を図-4 に

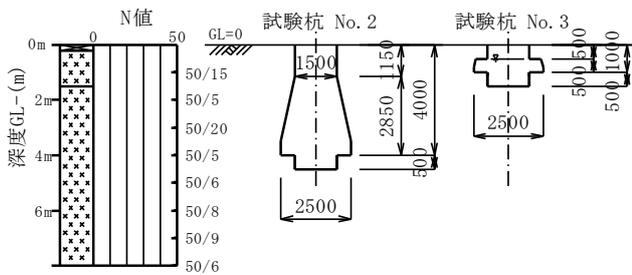


図-7 試験杭 (No.2, No.3) の概要

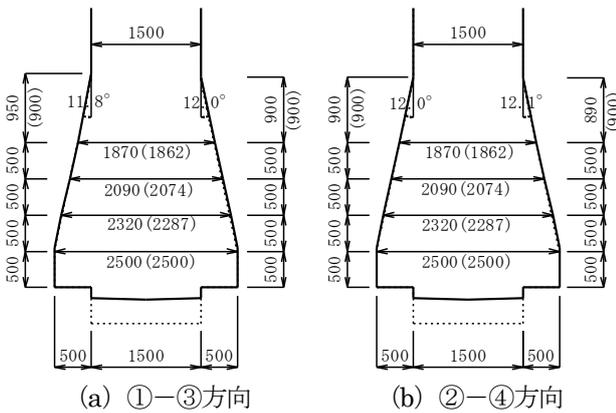


図-8 掘削形状測定結果

図-6 に圧縮強度試験、静弾性係数試験結果の深度分布を示す。図中には設計基準強度と式(1)より算出した静弾性係数も示している。ここで、式中のパラメータは試験条件より $F=27\text{N/mm}^2$ 、 $\gamma=22.8\text{kN/m}^3$ とした。

$$E=3.35 \times (\gamma/24)^{2 \times (F/60)^{1/3}} \quad (1)$$

圧縮強度は $32.4 \sim 48.9\text{N/mm}^2$ に分布し、設計基準強度の 27N/mm^2 (呼び強度 30N/mm^2) に対して、全てのコア供試体の圧縮強度がそれ以上の値であることが確認できた。静弾性係数については式(1)より多少大きめになっている。また、軸部と拡底部の採取位置、コアの採取方向(鉛直方向、水平方向)による強度の違いは見られない。これらの結果より、拡大部も軸部と同程度の強度を得ており、GSB 杭は要求されるコンクリート強度の拡底杭を築造できる工法であることが確認できた。

3.2 浅層掘削試験

浅層において拡底掘削し実測による掘削形状の確認を行った。試験を実施した地盤及び試験杭 No.2 の概要を図-7 に示す。地盤は、地表面から 0.2m の盛土、 1.3m の強風化花崗岩があり、GL- 1.5m 以深は花崗岩である。地下水は GL- 3.2m である。試験杭は軸部径 1.5m 、拡底径 2.5m 、掘削長は 4.0m である。

拡底部の形状寸法(拡底施工径、傾斜高、立上高、傾斜角度)は、孔底に降りてスタッフを当てて実測をして確認した。測定方向は方位と一致させ、東方向を①として、反時計回りに②~④とした。また、傾斜角度を詳細に確認する目的で孔底から 500mm ピッチで、2 方向(①-③、②-④)の拡径を測定した。

図-8 に測定結果を示す。図中の () は設計値を表している。立上高、傾斜高、拡底高は、概ね設計値を満足



写真-3 底ざらえバケツ

表-4 実測結果 (mm)

	設計値	実測値			
		①	②	③	④
軸部径	1500	1500	1500	1500	1500
拡底施工径	2200	2200	2200	2200	2200
ポケット高	500	490	500	490	490
拡大部スリム量	50 以下	10	10	10	5
ポケット部スリム量	50 以下	35	20	40	30

していた。また、拡底径の掘削寸法は、軸部周縁より 4 箇所とも 500mm で設計値通りであった。これよりケーシングと共に回転しながら拡大掘削する際に、GSB バケットの中心軸がぶれていないことが確認できた。

3.3 底ざらえ試験

最終の底ざらい処理において、有水時にハンマーグラブだけでは、掘削土が水と一緒に零れ落ちて取り残す可能性があるため、写真-3 に示す底ざらいバケツを用いて底ざらい処理を行なう事とした。この底ざらい処理の施工精度を確認する為の試験を実施した。試験は試験杭 No.2 と同一場所で行った。

試験杭は軸部径 1.5m で GL- 1.5m まで掘削をした後、有水状態になるよう GL- 0.5m の高さまで清水を注入し、拡底部径 2.2m の拡大部を築造した。その後、GSB バケットによる底ざらい処理し、排水後、孔底に降りてスタッフで実測した。

スライム量は拡大部で $5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 、ポケット部では $20\text{mm} \sim 40\text{mm}$ の範囲であり、底ざらいバケツの底ざらい処理機能を検証することができた。

4. おわりに

オールケーシング全周回転式場所打ちコンクリート杭拡底工法として GSB 工法を開発した。

本工法は名称にも由来している「徐々に拡げていく」工法であり、硬質な岩層でも確実に拡底杭を施工できる工法であると考えている。今後、さらに硬質な岩層への対応や拡径の増大に向け GSB バケットの改良を考えている。