

電子ビーム加速管用高性能基台の開発

瀬古 繁喜^{1,A)}、鈴木 昭夫^{A)}、村井 信義^{A)}、山崎 武久^{B)}、竹田 繁^{C)}、松本 浩^{C)}

^{A)}(株)竹中工務店 技術研究所 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1

^{B)}(株)竹中工務店 原子力・エネルギー施設本部 〒104-8182 東京都中央区銀座 8-21-1

^{C)}高エネルギー加速器研究機構 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

概要

従来加速管のアライメントは、鋼製架台上にボルト調整によって固定されているのが一般的である。しかし、この方法では鋼材の熱的変形、ボルトのゆるみなどによってアライメントの長期安定性に問題がある。この問題を解決するために、鋼製架台に代わって剛性の高い超高強度低収縮コンクリート製の基台を採用し、加速管と一体的な可変型微調整機構(以下、ムーバーと略記する)を基台の研磨面に直接密着固定する方式の「加速管用高性能基台」の開発を行った。本基台は、グラウト注入・固着によって床版と一体構造となるため、ゆるみ変形などを生じる部分がなく、加速管アライメントの長期安定性確保に有効に作用する。

本報では、基台コンクリート及びグラウト材の物性評価を行うと共に、基台を高精度に据付け調整し、床版に一体的に固定するまでの一連の施工試験を行い、加速管アライメントを確保する新しい方式の可能性について検証した結果を示す。

1. はじめに

電子ビーム加速管アライメントの長期安定性のために、鋼製架台に代わる「コンクリート製高性能基台」の開発を行った。まず、基台本体に使用するコンクリート及び基台を床版に固定するためのグラウト材について要求性能を満足する材料を選定し、基台の製作を行った。次に三次元的に変位を制御できる基台据付け治具を用いて基台の据付け試験を行い、据付け精度について検証した。以下に研究開発内容について述べる

2. 加速管基台の概要

2.1 加速管基台の構成概念

加速管基台の構成概念を図1に示す。基台は超高強度低収縮コンクリート製とし、無収縮セルフレベリンググラウト材を用いてコンクリート床または岩盤に固定される。精密研磨された基台上面にはムーバーが固定される。加速管及び基台の配置図を図2に示す。基台は1,080mm間隔で設置され、加速管を支持する構造である。

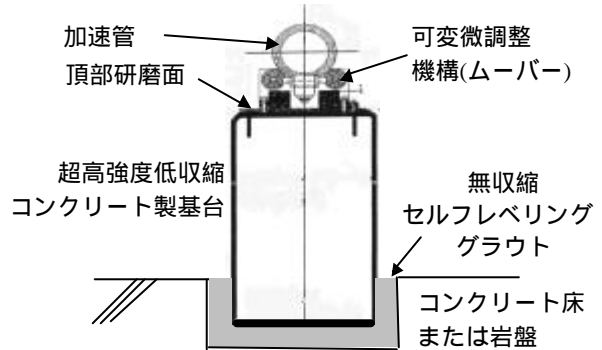


図1：加速管基台の構成概念



図2：加速管及び基台の配置図

2.2 加速管基台据付けの精度管理

基台据付け時における精度管理は、図3に示すようなビームセンターを基準として定めた X 方向、Y 方向、Z 方向について、計測・調整を行う項目を設定して行った。

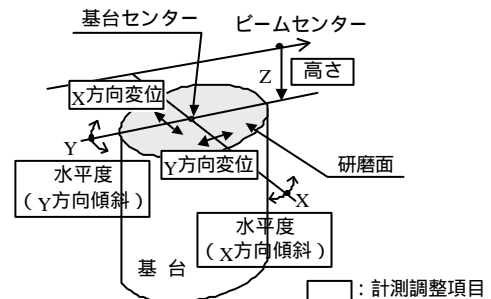


図3：基台据付け時の精度管理概要

¹ E-mail: seko.shigeki@takenaka.co.jp

3. 基台用コンクリート及びグラウト材の物性検討

3.1 基台コンクリートの物性

基台に採用した超高強度低収縮コンクリートの圧縮強度を図4に示す。材齢13週での基台コンクリートの圧縮強度は 166N/mm^2 であり、比較用の一般的なコンクリートの圧縮強度 38N/mm^2 に比べて約4.4倍であった。研磨加工した基台上面を110mmピッチの格子に区切って、格子交点の平面度を測定した結果を表1に示す。製作した4体の基台の凹凸最大値は $2.3\mu\text{m} \sim 10.6\mu\text{m}$ の範囲にあり、高精度に加工できた。

超高強度低収縮コンクリートの乾燥収縮ひずみと乾燥材齢の関係を図5に示す。供試体による試験結果では、超高強度低収縮コンクリートの乾燥収縮ひずみは一般的なコンクリートに比べて約42%であった。基台本体の乾燥収縮ひずみは供試体より更に小さく、材齢21週で 111×10^{-6} であり、基台全長680mmに対する収縮量は $75\mu\text{m}$ となった。

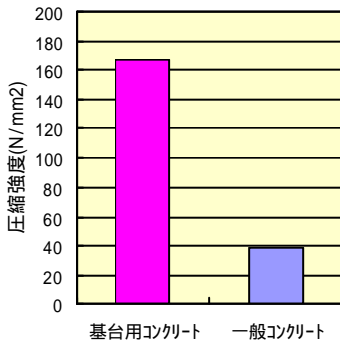


表1：平面度の測定結果

基台No.	凹凸最大値 (μm)
A	3.7
B	10.6
C	3.7
D	2.3

図4：コンクリートの圧縮強度 (材齢13週)

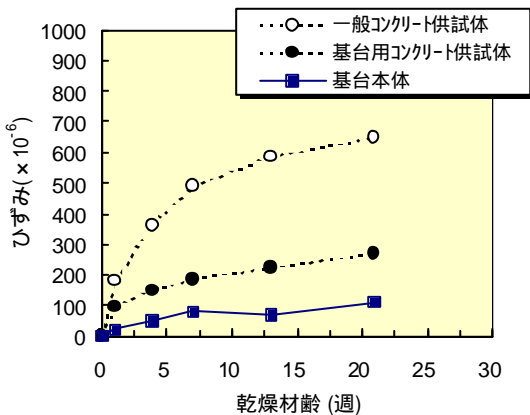


図5：乾燥収縮ひずみと乾燥材齢の関係

3.2 グラウト材の物性

グラウト材に関する膨張・収縮ひずみと材齢の関係を図6に示す。材齢3日におけるグラウト材のひずみは 2560×10^{-6} の膨張となった。グラウトは一旦

膨張し、その後収縮に転じており、今後材齢とともに膨張量はゆるやかに小さくなると考えられる。

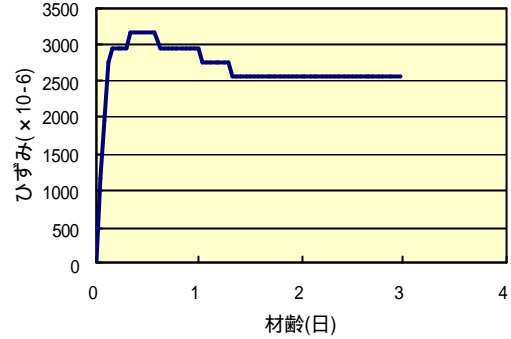


図6：グラウトの膨張・収縮ひずみと材齢の関係

4. 基台の据付け試験

4.1 基台通り芯の調整

基台据付け試験における、基台据付け実験機器配置状況を図7に、試験実施状況を写真1および写真2に示す。通り芯調整方法は、基台上面に計測用定規を設置し、トランシットで計測用定規のターゲット(A)、(B)を視準して、基準通り芯からの位置ずれをチェックした。位置ずれの修正は、基台据付け治具の位置決め調整押しボルトにより、ターゲット(A)、(B)のセンター軸が「基準通り芯」に一致するように調整した。



写真1：基台通り芯調整状況



写真2：基台高さ調整状況

4.2 基台の高さ及び水平度の調整

基台高さの計測は、計測用定規に垂直に取付けられたバーコードスケール目盛りを、デジタルレベルが0.1mmの単位まで自動的に読み取る方法とした。また、基台研磨面の水平度(X、Y方向)は電子水準器により計測した。高さ及び水平度の調整は、据付け治具に設置されている3箇所のレベリングブロックにより行った。

4.3 基台固定用グラウトの充填

基台の据付完了後、基台固定用グラウトを手押し式ポンプで基台底部に圧入した。グラウトは十分なセルフレベリング性を有しており、基台底部および周辺部まで充填されたことが目視で確認できた。

5 . 基台の据付け精度

基台据付時及びグラウト充填後の据付け精度を表2に示す。基台据付時における2台の基台は、高さ、水平度、X方向変位およびY方向変位ともに殆ど差異の無い状態で設置できた。

グラウト充填後21日経過時点での基台据付け精度は、以下のような変化がみられた。基台高さは2つの基台間で0.1mmの差となった。水平度は-0.01~ -0.10mm/mの変動を生じた。ビーム直交方向(X方向)は0~0.1mmの変動を生じた。基台芯間距離(Y方向)は据付け時と差異がなかった。以上よりグラウト充填後21日経過時までの据付け精度変化は小さく、加速管アライメントを確保する新しい方式の可能性が得られた。今後乾燥収縮による精度変動は収束することから、基台据付け精度は最終的に要求精度を十分に確保する見通しである。また、今後測定を継続し、アライメントの長期安定性についてデータを蓄積する予定である。

表2：基台の据付け精度

項目	単位	基台据付時		グラウト充填後21日	
		基台No.1	基台No.2	基台No.1	基台No.2
高さ(読み値)	(mm)	140.4	140.4	140.3	140.4
水平度	X方向	0.00	0.00	-0.10	-0.02
	Y方向	0.00	0.01	-0.01	-0.01
X方向変位	ターゲットA	0	0	0.1	0
	ターゲットB	0	0	0.1	0
基台芯間距離(Y方向)	(mm)	1080.5		1080.5	

6 . まとめ

加速管用高性能基台の開発で得られた結果を以下にまとめる。

基台用コンクリートの圧縮強度は166N/mm²であり、一般的なコンクリートの約4.4倍であった。基台上面の研磨精度は凹凸の差異が2.3μm~10.6μmの範囲にあり、高精度に加工できた。

基台本体の全長680mmに対する乾燥収縮量は乾燥材齢21週時点で75μmとなった。

据付け時の精度は、高さ、水平度、XY方向変位とも殆ど誤差の無い状態で目標ポイントに設置できた。

グラウト充填後の据付け精度の変化は、2台の高さの差が0.1mmとなり、水平度が0.01~0.1mm/m、ビーム直交方向変位が0~0.1mmの変動を生じた。以上の結果より、グラウト充填後21日経過時点において本開発基台が加速管アライメントを安定的に保持できることが明らかとなった。長期安定性についても要求精度を十分に確保できる可能性があり、今後継続して測定を実施する予定である。

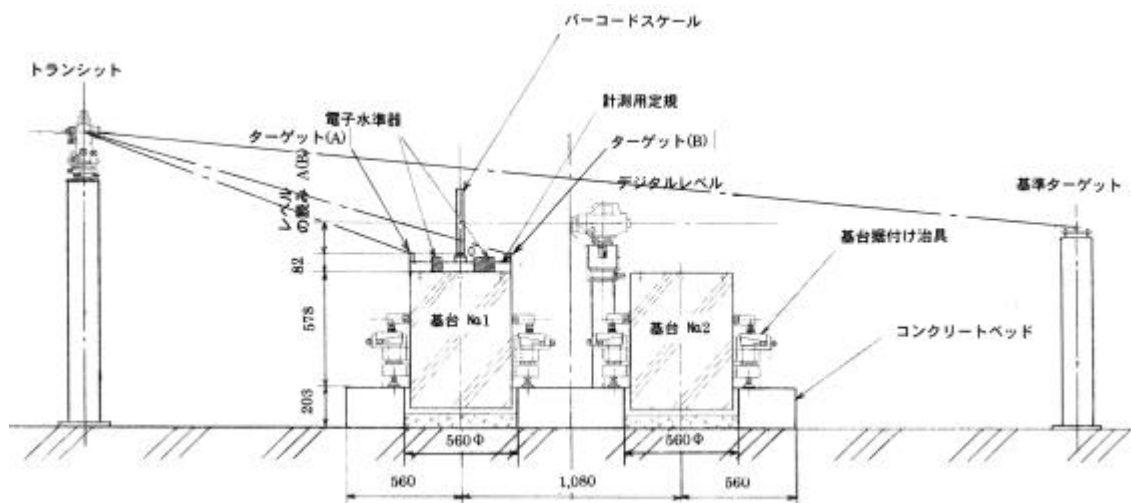


図7：施工実験機器設置状況