

有楽町線小竹向原～千川間改良工事における 中床版の受け替え施工に関する報告

伊藤 聡¹・中村 守男²・塚越 力也³・岩橋 公男⁴・斎藤 達也⁵

¹正会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第二工事事務所 (〒164-0013 東京都中野区弥生町五丁目 23-17)

E-mail:sato.itou@tokyometro.jp

²正会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第二工事事務所 (〒164-0013 東京都中野区弥生町五丁目 23-17)

E-mail:mo.nakamura@tokyometro.jp

³正会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第二工事事務所 (〒164-0013 東京都中野区弥生町五丁目 23-17)

E-mail:r.tsukakoshi.x3f@tokyometro.jp

⁴正会員 佐藤工業株式会社 有楽町線向原作業所 (〒173-0036 東京都板橋区向原二丁目 3-5)

E-mail:Iwahashi@satokogyo.co.jp

⁵正会員 佐藤工業株式会社 土木事業本部 設計部 (〒103-8639 東京都中央区日本橋本町四丁目 12-19)

E-mail:tatuya.saito@satokogyo.co.jp

東京メトロでは、有楽町線・副都心線の小竹向原～千川間において、安定輸送確保を目的とした平面交差を解消する連絡線設置工事を平成22年から行っており、24年3月の副都心線と東急東横線との相互直通運転開始までに先ずA線（新木場方面線）連絡線の工事を完了した。施工に際しては工事延長425mのうち、開削工法を採用した和光市方135mの区間で、2層2径間構造を2層3径間構造に改造するに当たり、中柱設置工事を供用開始後に施工することとし、同工事完了までの対策工としてPC鋼棒での中床版の受け替え施工を行った。本稿では当該受け替え施工に関する手順と計測管理結果について報告する。

Key Words : hanger construction, prestressed concrete steel bar, displacement, tensile force

1. はじめに

東京メトロでは、有楽町線・副都心線の小竹向原～千川間において、安定輸送確保を目的とした平面交差を解消する連絡線設置工事を平成22年から行っており、24年3月の副都心線と東急東横線との相互直通運転開始までに、先ずA線（新木場方面線）連絡線の工事を完了し、供用を開始した。図-1に工事概要を示す。

施工に際しては工事延長425mのうち、175mの区間に

はシールド工法を採用しているが、250mの区間には開削工法を採用している。また開削工法区間のうち、和光市方135mの区間では、2層2径間構造を2層3径間構造に改造するに当たり、相互直通運転開始のための連絡線供用を最優先として、中柱設置工事を供用開始後に施工することとし、同工事完了までの対策工としてPC鋼棒での中床版の受け替え施工（以下、中床版吊り施工）を行った。本稿では当該吊り施工法の手順、詳細と計測管理結果について報告するものである。

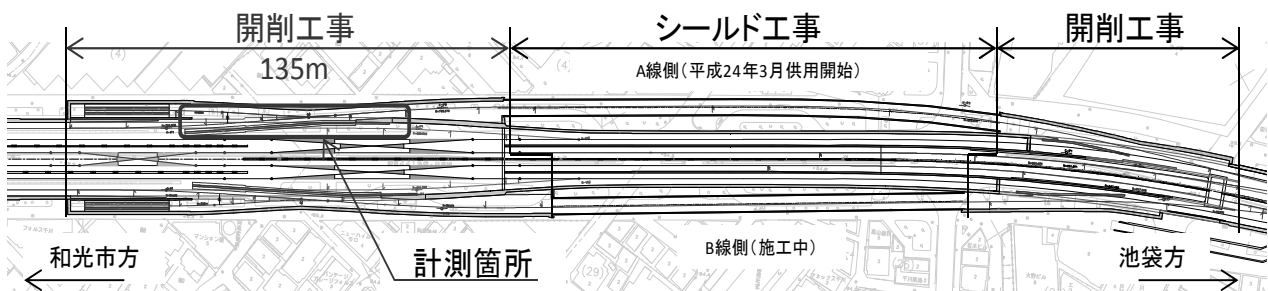


図-1 工事概要

2. 工事概要と地盤条件

工事概要と地盤条件を図-2に示す。施工箇所の当初躯体は2層2径間構造を有しており、B1Fが諸設備を配置した施設階、B2Fが軌道階である。工事ではA線側施工を優先したことから、開削範囲は図の左側のみであるが、今後はB線側施工に向けて、右側を開削する。

地盤条件は、GL-7m付近までは関東ローム層、GL-7～10m付近は段丘粘土層、GL-10～17m付近は段丘礫層、GL-17～26m付近は東京砂層となっており、地下水位はGL-3.5m付近に存在する。躯体の土被りは約8mである。

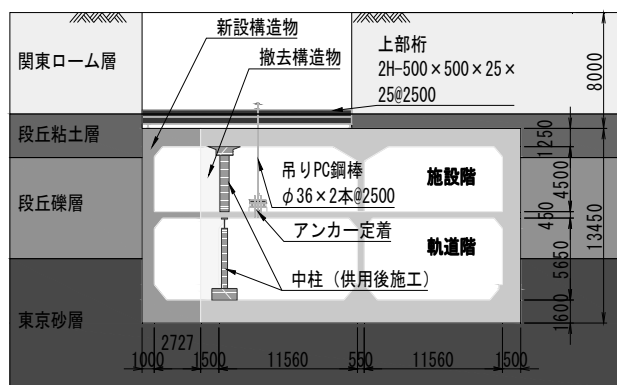


図-2 施工条件

3. 中床版吊り施工の概要

図-3に中床版の吊り施工手順、図-4に中床版吊り施工断面、図-5に中床版の吊り施工の詳細および計測位置、図-6に中床版吊り施工平面を示す。中床版は、図-

4に示すように、上床上に配置した上部桁（2×H-500×500）からφ36mmの吊りPC鋼棒を使用して吊り上げ、定着部は中床版上部に新たに打設した補強コンクリート内部にアンカープレートを設置して確保した。この施工法を採用した理由は、同種の施工ではPC鋼棒を中床版に貫通させ、中床版下面で溝形鋼などにより支持するこ

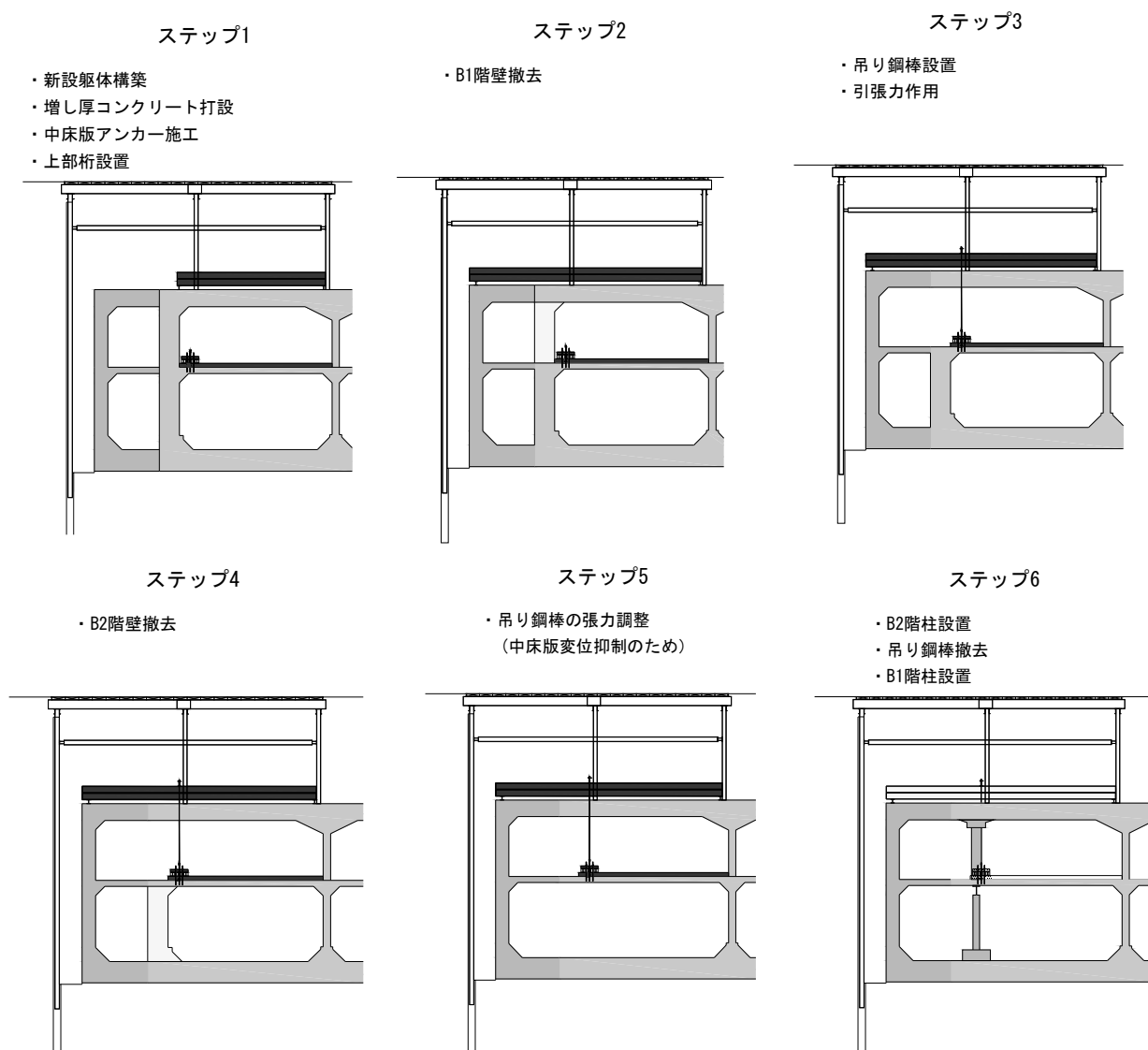


図-3 中床版吊り施工手順図

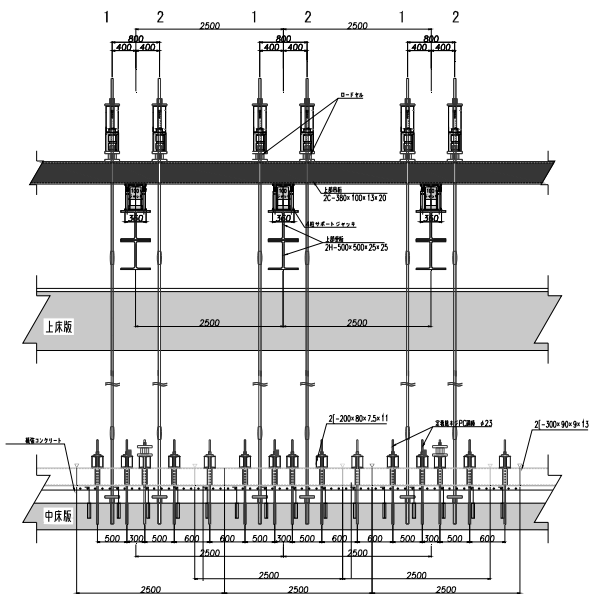


図-4 中床版の吊り施工断面図

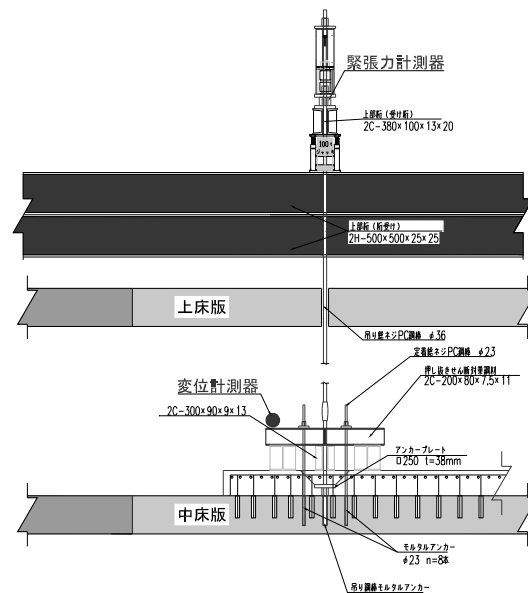


図-5 計測位置および中床版の吊り施工詳細図

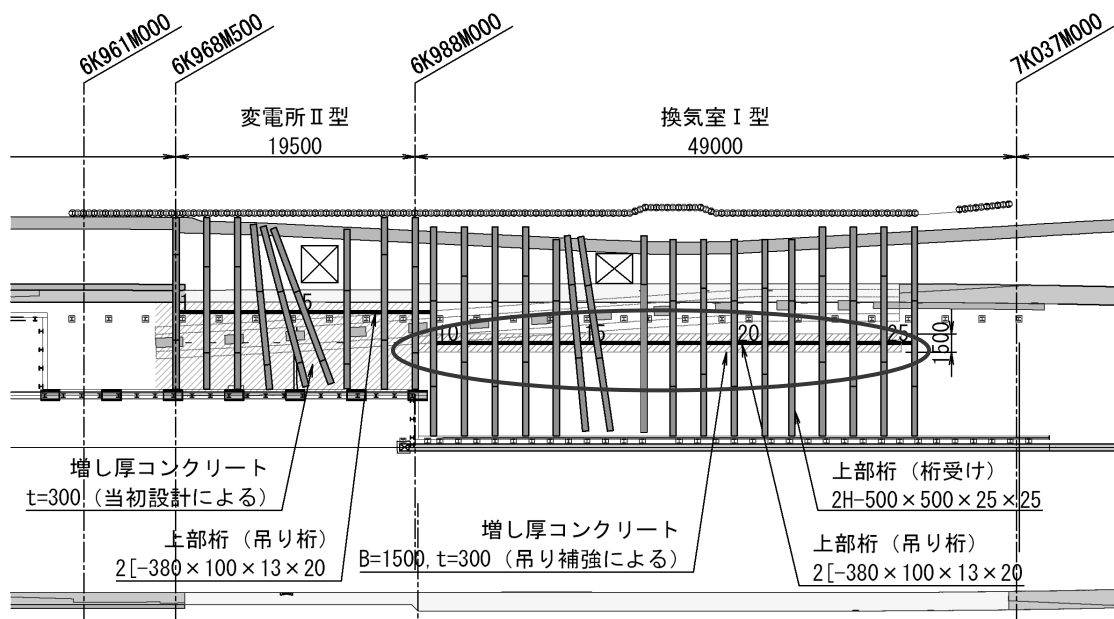


図-6 中床版吊り施工平面図

とが多いが、今回の工事では、中床版の下は軌道階（営業線）で中床版下面十数cmのところに剛体架線が配置されていたからである。

また、万一、吊り PC 鋼棒の定着部が押し抜きせん断破壊を起こしても急激な変形を抑制するために、溝形鋼で定着部を挟み込み、補強コンクリートと中床版をφ23mm の定着 PC 鋼棒により一体化させた（図-4）．同時に吊り PC 鋼棒に中床版に対するあと施工アンカーとしての機能も付与することで十分な安全対策¹⁾を講じた．



写真-1 図-6 桙部の中床版吊り施工状況

置位置の変位について事前に予測する必要があり、本工事では、図-7 で示した施工手順を模した二次元骨組解析（以下、ステップ計算）を行い、施工の妥当性判断の目安として用いることとした。

ステップ計算では、施工段階ごとの挙動の変化を、躯体の増設、撤去に準じた構造系の変化と躯体に作用する荷重の変化で表現し、これらが主として中床版の鉛直変位（中床版変位）に与える影響について着目した。

具体的には、まず、当初躯体完成時をステップ①として外力、自重等を考慮した解析を行う。ステップ②以降は、構造系の変化を荷重の変化に置き換えて骨組みモデルに作用させる。そのため、あるステップにおける変形状態は、そのステップに至るまでに累積された変形で生成される。即ち、ステップ③の変形状態は、ステップ①、②、③の計算結果を足し合わせた結果となる。図-8 に施工ステップ毎の中床版変位を示す。解析結果の整理に当たっては、ステップ①の変位を初期値(0mm)とすることで躯体全体の沈下、傾きを除外して施工ステップ毎の中床版変位を算出した。

これらの検討結果に基づいて、営業線の諸設備へ悪影響を及ぼすことがないと判断される中床版変位を±5mmと定め、この変位に収まるようなPC鋼棒の導入緊張力を定め、部材の応力度照査を行ったところ、解析の結果、発生応力度が許容応力度を超えるところは無いことを確認した。

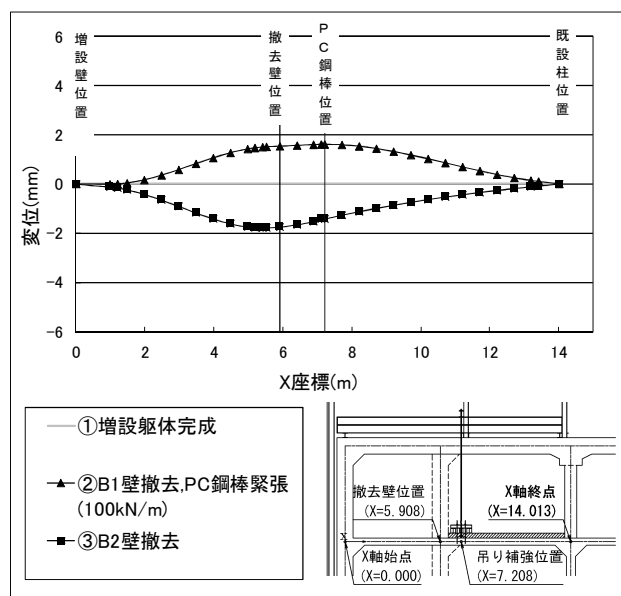


図-8 中床版変位分布図（予測値）

5. 計測管理

(1)計測方法

ステップ計算の結果、中床版変位を管理することにより躯体と営業線の安全性を確保できることが判明したことから、中床版変位と PC 鋼棒の緊張力を計測管理するものとした。表-1 に計測項目と判断基準を示す。

中床版変位の測定は、画像変位計測システム²⁾を採用した。具体的には、撮影範囲内に基準部と測点部のターゲットを設置し、変位の影響範囲外に設置したカメラユニットから各ターゲットを視準することで測点部と基準部の相対変位を検出し、鉛直・水平変位を計測した。

測定原理は、ターゲット画像がどこにあるか検出し、画像上の座標を求め、検出した座標に倍率・距離等の設置位置情報を用いて鉛直、垂直変位量を計算するもので、計測精度は 50m 地点で±0.5mm となっている。

また、計測された中床版変位が一時管理値である±4.0mm を超過した場合、関係者の携帯電話に e-mail 経由で警報が発信される仕組みとした。

吊り PC 鋼棒の緊張力計測と定着 PC 鋼棒の緊張力計測には、センターホール荷重計³⁾を採用した。具体的には、山留めや地滑り防止工事に用いるアースアンカー等の荷重測定やトンネル支保工などに作用する土圧等の測定に実績のある防水型差動トランス式の荷重計である。

(2)計測結果

変位・緊張力の計測結果を図-9に示す。横軸は時間（日付）であり、A部は既設壁撤去に伴う変位で、設計値で3.0mm、実測値で1.8mmの変化となった。B部は上載荷重の変化に伴う変位であり、設計値で1.3mm、実測値で0.4mmの変化となった。既設壁撤去完了後であるB部以降は、長期間にわたり徐々に沈下が進行しているが、これは、外気温の低下、コンクリートのクリープ、鋼材のリラクゼーションによるものと推察される。³⁾

一方、C部では特別なイベントがなかったにもかかわらず無視できない変化がみられたが、これは外気温が急激に低下した時期とも重なっていたことから、図-9を拡大、図示した図-10を用いて検証し、外気温の影響によるものと判断できる。同じく、特別なイベントがなかったD部でも上昇傾向を示しており、C部同様、外気温の急激な変化が影響を与えていると判断できる。

表-1 計測項目, 判断基準

着目点	仕様	箇所数	計測頻度	判断基準
中床変位	画像変位計測システム	25	5分毎	一次管理値 $\pm 4.0\text{mm}$, 制限値 $\pm 5.0\text{mm}$
吊り鋼棒緊張力	センターホール荷重計(100t用)	49	5分毎	最大緊張力: 228kN 緊張力に急激な増減が生じた場合は異常と判断する
定着鋼棒緊張力	センターホール荷重計(100t用)	13	5分毎	最大緊張力: 144kN 緊張力に急激な増減が生じた場合は異常と判断する
上床気温	センターホール荷重計に付属	3	5分毎	—
中床気温	センターホール荷重計に付属	1	5分毎	—
補強コンクリートひび割れ	目視による点検	49	毎日点検 週2回ひび割れ幅計測	ひび割れ幅やひび割れ数が急激に増加した場合は異常と判断する

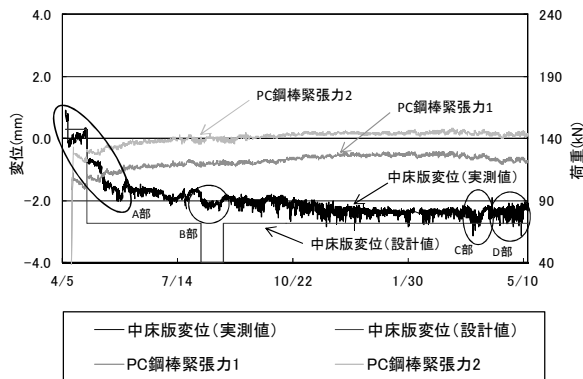


図-9 中床版変位, PC 鋼棒緊張力の経時変化

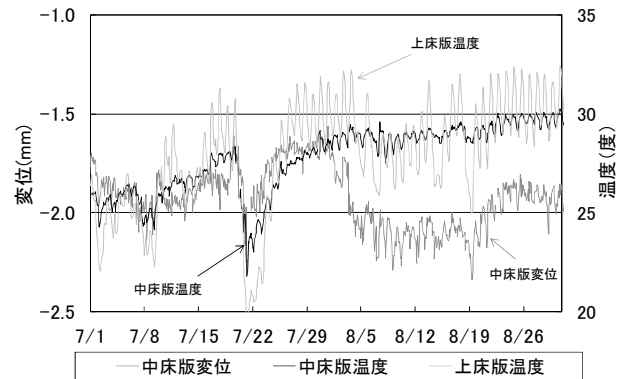


図-10 中床版変位と温度の関係 (C 部拡大)

6. まとめ

中床版変位の計測結果は, ステップ計算によって求められた変位より小さな値となり, 中床版の受け替え施工は順調に進んでいるものと考えられる. 今後施工される B 線側施工においても本稿で説明した方法で施工計画と計測管理計画を策定するとともに, この計測で得た知見を生かすことで, より安全に施工を進めることができるものと考えている.

一方, この施工法は, 過去に例を見ない施工方法であるが, 供用中の開削トンネルの拡幅等を伴う大規模改良

工事では, 有効な施工法の一つと考えられることから, 本工事で得られた各種の計測結果を用いて, 設計・施工に関する検証解析等も実施していく予定である.

参考文献

- 1) 豊福俊泰, 尼崎省二, 中村一平: 入門維持管理工学, 森北出版株式会社, pp.12-17, 2009.
- 2) 京都大学土木会: 土木計測便覧, 丸善株式会社, pp.41-51, 1970.
- 3) 村田二郎, 國府勝郎, 辻和幸, 伊藤和幸: コンクリート工学 (I) 施工, 彰国社刊, pp.95-105, 2008.

(2013. 9. 2 受付)

A report of the middle floor hangs construction in Yurakucho Line belong Kotakemukaihara to Senkawa improvement work

Satoshi ITO, Morio MAKAMURA, Rikiya TSUKAKOSHI, Kimio IWAHASHI and Tatsuya SAITO

Tokyo Metro has been performed connecting lines construction since 2010 in order to abolish the level intersection for the purpose of stable transportation reservation between Kotake-mukaihara and Senkawa of Yurakucho Line and Fukutoshin Line. First, construction of A Line connecting line was completed by March, 2013 when the mutual line operation by Fukutoshin Line and Tokyu-Toyoko Line will start. On the occasion of construction, it is carrying out the substitute construction of supporting slab using the PC steel stick in the section nearby Kotake-mukaihara adopted a cut and cover method as the measures in assuming constructing inside columns installation after A Line service starts. This paper describes the procedure and measurement data concerned this construction.