

アイランド工法による根切り山留め工事の施工報告

Construction report of earth retaining work and excavation by island cut method

久田 勝啓*	藤原 哲彦*
Katsuhiko Hisada	Tetsuhiko Fujiwara
笠原 章**	小山 智弘*
Akira Kasahara	Tomohiro Koyama
小柳 誠史*	熊田 健太***
Takafumi Koyanagi	Kenta Kumada

要 約

本工事は、地上 22 階、最高高さ 130 m の鉄骨造事務所ビルの新築工事であり、躯体構築には比較的大規模な根切り工事が必要であった。計画敷地は、東西方向に大きく、南北で約 12.5 m の高低差がある崖地部であるため、山留め支保工には地盤アンカー工法を採用した。一方で、新築躯体が隣地境界線に近接する場所があり、山留め壁背面側に必要な地盤アンカーの定着長を確保できない課題があった。

そこで本工事では、新築躯体との間で切梁を架設することにより山留め壁を支持しながら掘削を行うアイランド工法を採用した。本報では、その施工方法と検討概要について報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 根切り山留め工事の概要
- § 3. アイランド工法の計画
- § 4. 建物への影響検討
- § 5. 施工結果
- § 6. おわりに

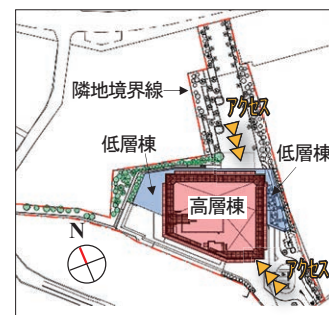
§ 1. はじめに

本建物は、地上 22 階、最高高さ 130 m の事務所ビルである。構造は、鉄骨造（柱は CFT 造）で 4 階床下を免震層とする中間免震構造、基礎形式は直接基礎である。

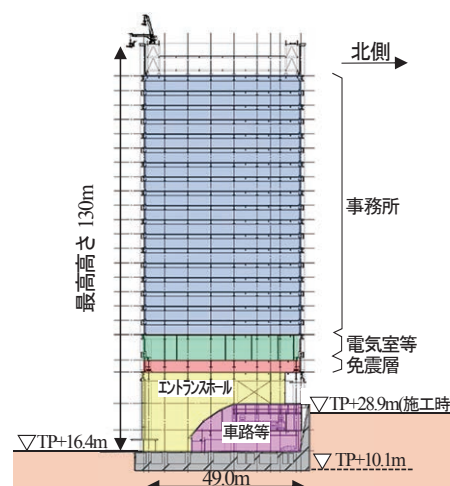
図一1に計画建物の配置図を示す。本建物は、事務所を主用途とする高層棟と東西の低層棟からなる。敷地の東側では、基礎底レベルが本建物と同程度の隣地建屋が近接している。図一2に計画建物の断面図を示す。本建物は、南北に約 12.5 m の高低差のある敷地形状を活かして、南面は 1 階、北面は 3 階からアクセスする。地盤の高低差により建物に作用する土圧は、地下躯体と一体の擁壁にて対応する。

本報は、上述の敷地条件や建物条件による施工上の課

題を解決するため実施した地下工事の施工方法と検討概要について報告する。



図一1 計画建物の配置図



図一2 計画建物の断面図

* 関東建築（支）麹町五丁目（工）

** 関東建築（支）計画 2 課

*** 関東建築（支）麹町五丁目（工）

（現：技術研究所建築技術グループ）

§2. 根切り山留め工事の概要

図-3に山留め平面図を示す。TP+10.1mの根切り底レベルに対して、現場透水試験から想定される地下水位がTP+12.8mのため、山留め壁は止水壁とした。着工時の敷地地盤レベルは、既存地下外壁を介して北面がTP+28.9m、南面がTP+16.4mであった。南面はソイルセメント壁工法（SMW工法）を採用したが、北面は山留め壁の施工スペースの制約と、施工重機荷重による既存地下外壁の安全性の問題から親杭横矢板工法を採用し、その背面に薬液注入することで止水壁とした。親杭横矢板の芯材打設には、既存地下外壁の安全性に問題がない位置に施工重機を配置できる範囲にはアボロン工法を、配置できない範囲にはBH工法を採用した。また、ドライワークを確保する目的で地下水処理にディープウェル工法を採用した。

図-4に支保工計画図を示す。南北面の支保工は、敷地高低差による偏土圧を処理するため、南面敷地面より高いレベルに地盤アンカー工法を、低いレベルに切梁工法を採用した。また、本建物と隣地境界までの距離が狭い範囲は、隣地側に地下構造物が無いことを確認し、近隣の了解を得た上で地盤アンカーを越境させた。

図-4中の東西面は、支保工が切梁工法だと躯体工事の障害となるため、北面の支保工と同じ方針とした。ただし、東面では本建物と隣地境界との水平距離が1.4m程度と狭く（写真-1）、隣地建物も近接するため、地盤アンカーは敷地を越境できない。そこで、図-5に示すように山留め壁を建物東面とは別に高層棟が施工できる位置に設けて、高層棟躯体を構築後に低層棟の根切りや躯体構築するアイランド工法を採用した。先行して施工する高層棟の範囲（以下、先行工区）の支保工は北面の支保工と同じとし、地盤アンカーは敷地を越境しないように配置した（写真-2, 3）。また、後から施工する低層棟の範囲（以下、後行工区）の支保工は切梁工法とし、切梁に作用する荷重は、図-6に示すように構築済の建物に伝達させて処理した。

図-7に建物東面の施工ステップを示す。アイランド工法のため、先行工区（STEP-2～STEP-4）と後行工区（STEP-5～STEP-10）の2段階施工となる。

STEP-1：山留め芯材を先行・後行工区を同時に打設。

STEP-2：支保工を設置しながら先行工区の掘削。

STEP-3：山留め壁面まで耐圧盤と1F床のコンクリートを打設。所定のコンクリートの強度発現を確認後、地盤アンカーを撤去。

STEP-4：先行工区の鉄骨建方を行い、山留め壁面まで（次章で詳述する）仮スラブのコンクリートを打設して、先行工区の地盤アンカーを全て撤去。

STEP-5：後行工区の1次掘削を行い、切梁1段目を架設。

STEP-6：2段目の切梁を架設。

STEP-7：3段目の切梁を架設し、床付け。

STEP-8：基礎躯体のコンクリートを打設し所定のコン

クリートの強度発現を確認後、切梁3段目を解体。STEP-9：擁壁躯体工事を進めながら切梁2段目、切梁1段目を順次解体。

STEP-10：後行工区の鉄骨建方を行い、完了。

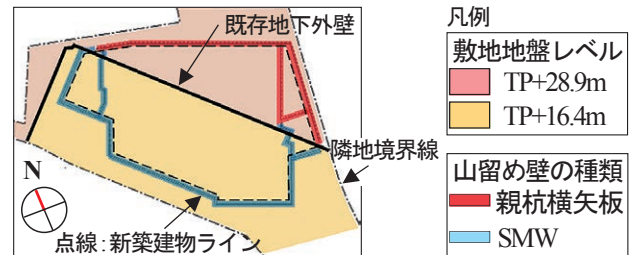


図-3 山留め平面図

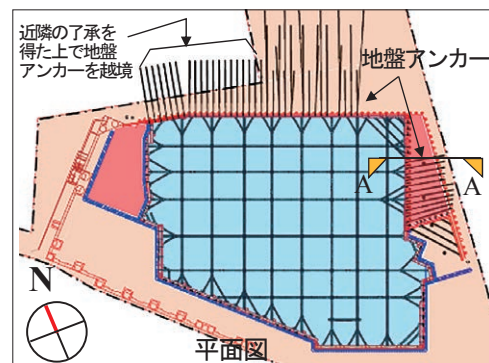


図-4 支保工計画図



写真-1 山留め背面の状況

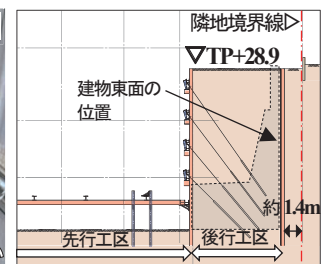


図-5 A-A 断面図

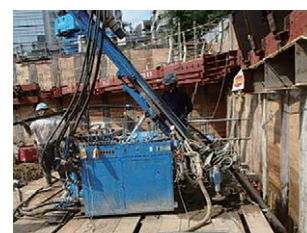


写真-2 地盤アンカー打設



写真-3 東面の先行工区の支保工

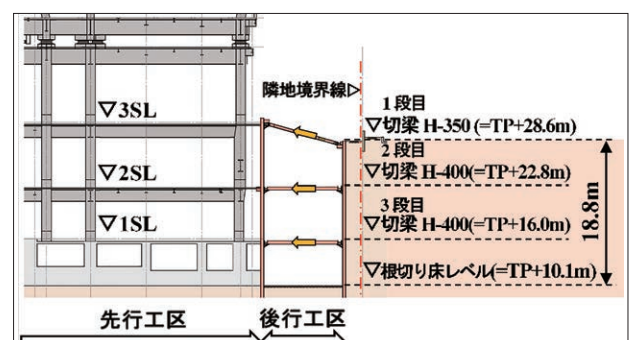


図-6 後行工区の支保工計画図（断面図）

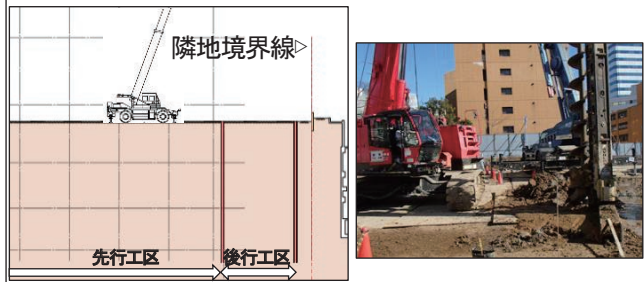
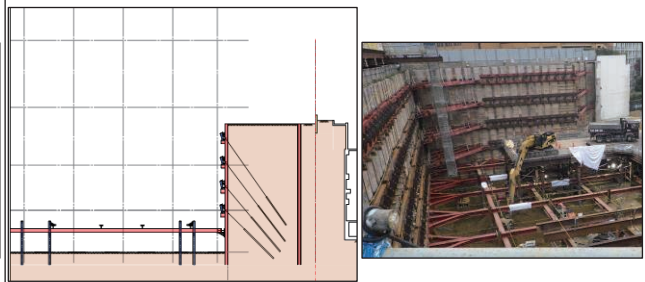
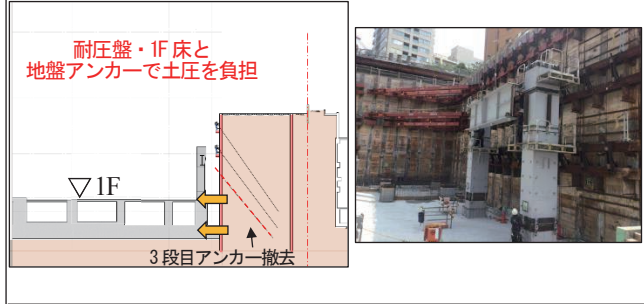
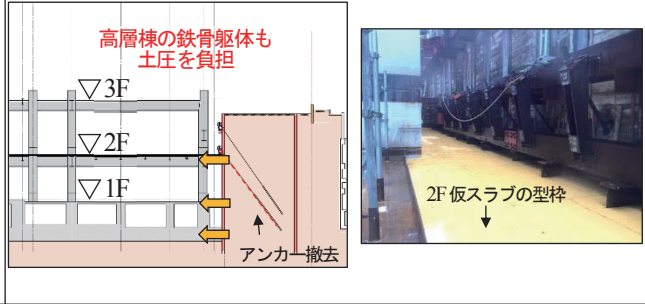
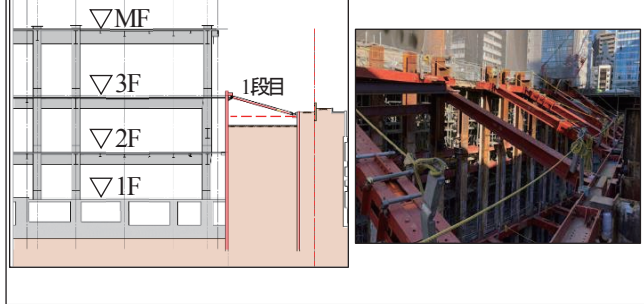
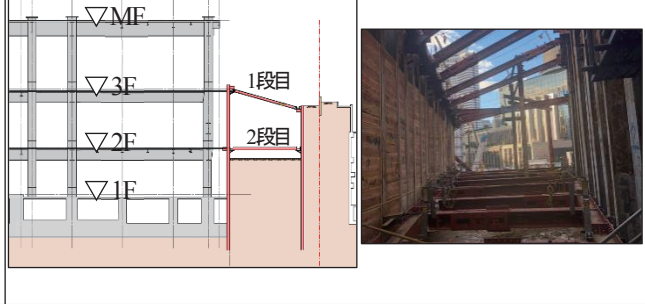
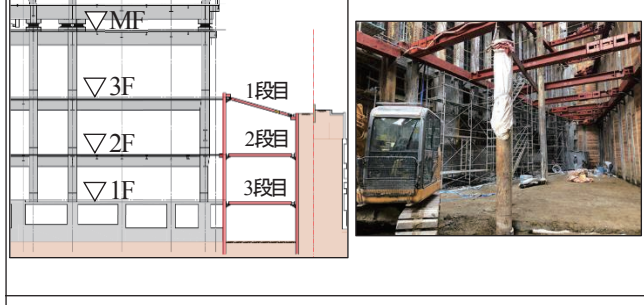
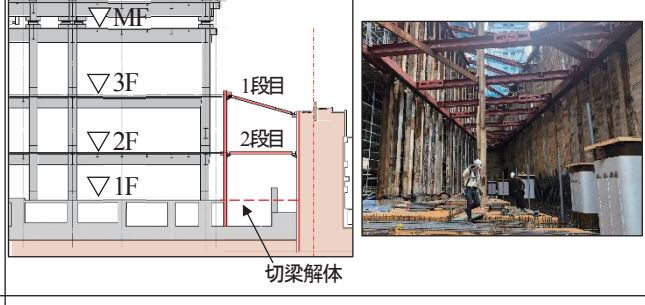
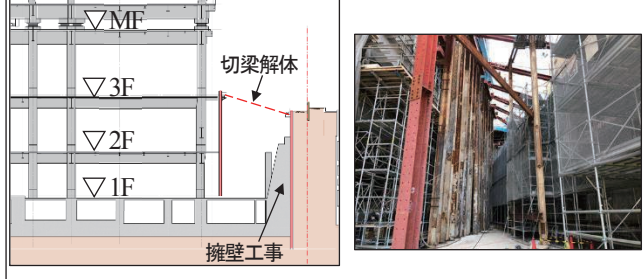
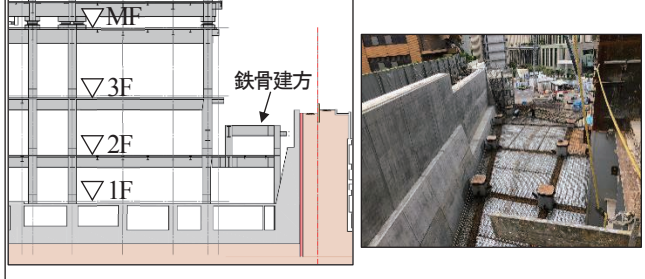
STEP-1 山留め芯材打設 	STEP-2 先行工区の掘削と支保工架設 
STEP-3 1F床打設打設後、3段目アンカー撤去 	STEP-4 仮スラブ打設後、1・2段目アンカー撤去 
STEP-5 後行工区の1次掘削後、切梁1段目架設 	STEP-6 2次掘削後、切梁2段目架設 
STEP-7 切梁3段目架設後、床付け 	STEP-8 基礎躯体打設後、切梁3段目解体 
STEP-9 所定の高さまで擁壁構築後、切梁1・2段目解体 	STEP-10 鉄骨建方 

図-7 施工ステップ

§3. アイランド工法の計画

(1) 全体計画

図-8 に後行工区の支保工計画図を示す。先行工区は5段の支保工が必要であったが、後行工区では建物の床レベルに切梁軸力を伝達させるため、支保工は3段にする必要があった。そこで、東面に隣地建物が近接することを考慮して、山留め壁に作用する土圧を先行工区より低減させて計画した。

(2) 支保工

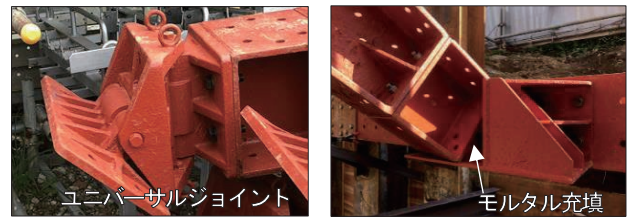
1段目の支保工は、建物の3階床レベル（TP+31.4）が山留め壁の背面レベル（TP+28.6）より高いため切梁を斜梁とした。また、建物と山留め壁が平行でないことから、斜梁は建物に対して直行方向に配置し、斜梁の長さと同傾斜角は1本毎に設定した。斜梁と腹起しの接合部は、建物側を鉛直方向の角度を処理するためにユニバーサルジョイント（写真-4 a）、山留め壁側を鉛直方向と水平方向の角度を処理するために受け金物上でモルタル充填とした（写真-4 b）。また、受金物には切梁軸力の鉛直分力が下向きに作用するため、鉛直分力が支えられない受金物には補強材を入れた（写真-5）。

南側の斜梁は、支保工の有効スパンや（先行工区を含めた）施工性等を考慮して、集中切梁とした。集中切梁を構成する2本の斜梁は、建物と山留め壁が平行でないために、3階床を起点に同じ傾斜角とすると山留め壁面で鉛直方向にレベル差が起きるが、腹起しのレベルを調整することで対応した（写真-6）。建物側の切梁と腹起しの接合部は受け金物上でモルタル充填として、切梁には上向きの鉛直分力によるズレ止めのために押えブラケットを設けた（図-9）。

2段目と3段目の支保工は、建物の2階床と1階床と同レベルの水平切梁とした。

(3) 仮スラブ

先行工区と後行工区との工区境は地中梁鉄筋の継ぎ手位置から決定した。後行工区の支保工に作用する荷重を先行工区の躯体に伝達して処理するため、先行工区の1階床までは機械式継ぎ手の鉄筋を用いて先行工区の山留め芯材までコンクリートを山打ちとした。また2階と3



a) 建物側

b) 山留め壁側

写真-4 斜梁と腹起しの接合部



写真-5 受けの補強

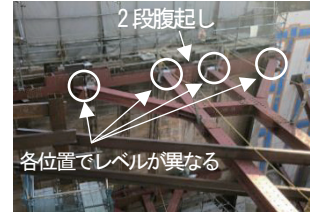


写真-6 集中切梁

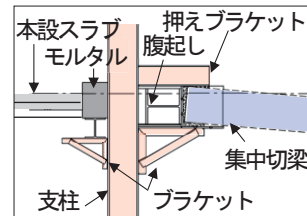


図-9 切梁と躯体の取り合い

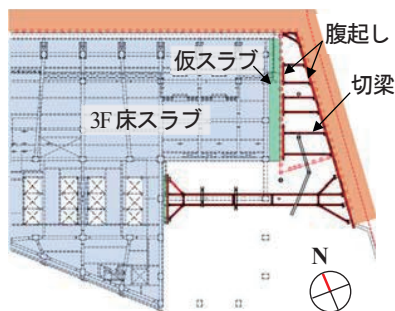


写真-7 仮スラブ

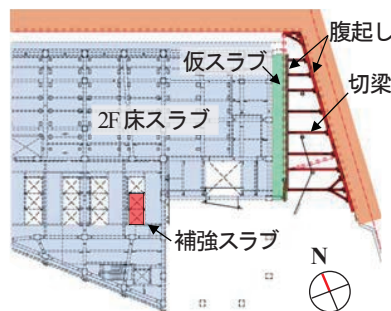
階床は鉄骨造で山打ちができないため、先行工区の芯材と床との間に生じた隙間に仮スラブを設けた（写真-7）。

(4) 先行工区の山留め芯材

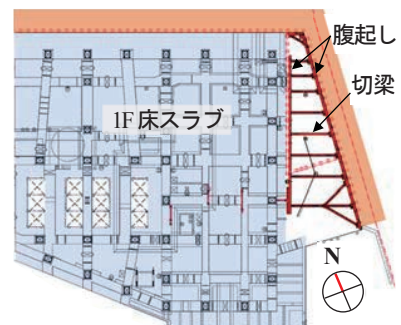
先行工区の山留め芯材は、後行工区の進捗に併せて3段階で解体した（写真-8に示すように床付け後に床付け面と3段目支保工下端付近で切断、3段目支保工撤去後に2段目支保工下端付近で切断、2段目支保工と1段目支保工を撤去後に残りの芯材を解体）。山留め芯材には、自重等による下向きの鉛直荷重と1段目支保工の斜梁による上向きの鉛直荷重が作用しているが、山留め芯材を切断するとこれらの鉛直荷重を地盤に伝達できなくなる。そこで、下向きの鉛直荷重に対しては各階の床スラブに荷重受けによる落下防止対策を（写真-9）、上向きの鉛直荷重に対しては山留め芯材上部と2階大梁をワイヤーでつなぐことによる浮き上がり防止対策を設けた（図-10）。



a) 1段目支保工



b) 2段目支保工



c) 3段目支保工

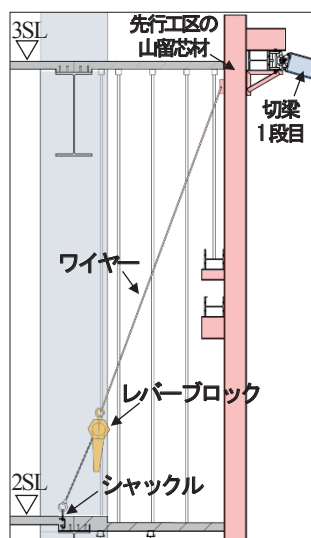
図-8 後行工区の支保工計画図（平面図）



写真一8 先行工区の山留め芯材の切断（床付け後）



写真一9 落下防止対策

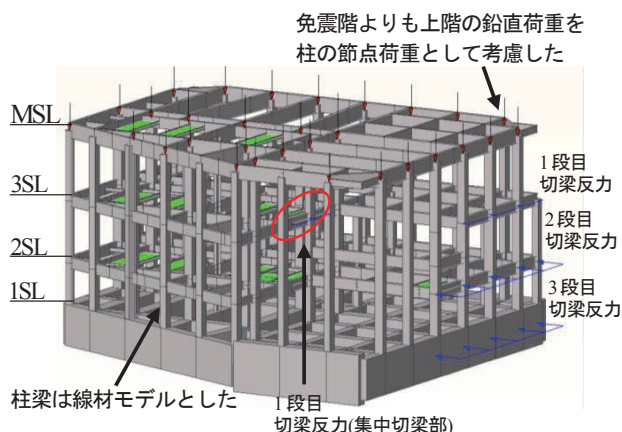


図一10 浮き上がり防止策

§ 4. 建物への影響検討

後行工区の施工に際して、切梁支保工に作用する荷重は先行工区の建物へ伝達される。そのため、先行工区の建物に荷重が伝達された際の建物の安全性の確認を行った。切梁支保工に作用する荷重に対する構造解析は、基礎から免震階（MSL）までの柱と梁を線材モデルとした立体フレーム解析を行った（図一11、表一1）。解析には、「midas iGen ver.860：（株）マイダスアイティジャパン」を用いた。鉛直荷重は、先行工区の施工の進捗状況により異なるが、安全側に構造計算書上の免震階柱軸力（建物供用時）の値を用いた。切梁支保工に作用する荷重は、別途おこなった山留め解析による各段の切梁反力の最大値を用いた。

図一12に解析モデルの各階伏図を示す。各階の床は、EV開口により分離された多剛床モデルとして扱い、そ

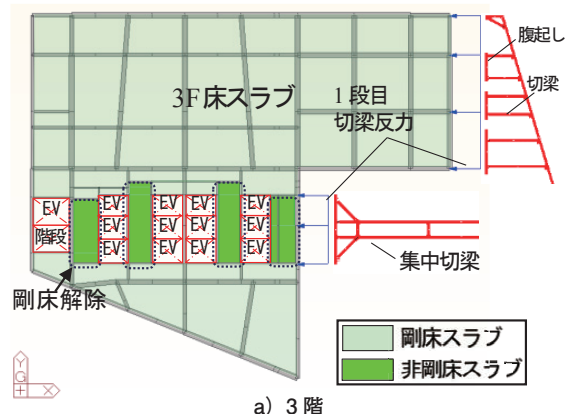


図一11 構造解析モデル

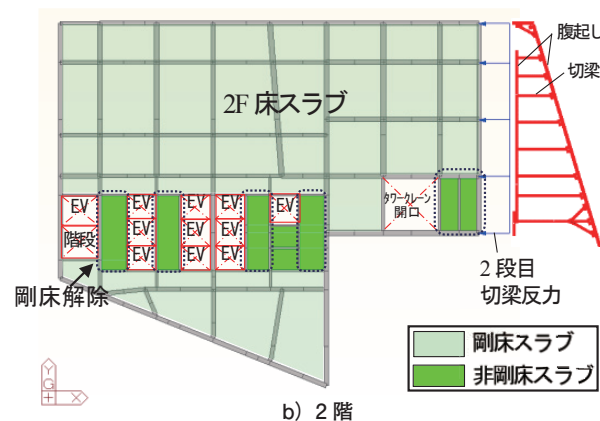
表一1 検討条件

モデル	柱・梁	線材要素
	非剛床部スラブ	平面応力要素
荷重	鉛直方向	躯体自重+施工時積載荷重
	水平方向	切梁反力の最大値（等分布荷重）
境界条件	柱脚	ピン支点

れらをつなぐ2階、3階及び免震階のEV開口部周辺の床は、平面応力要素を用いて面内せん断力の検討を行った。解析の結果、EV開口際の床に生じるせん断応力度が長期許容応力度を超過した。そこで、EV開口の一部に補強用のスラブを設けることにした。補強後の解析では、全ての部材で長期許容応力度以下であることを確認した（図一13）。また、層間変形角は構造設計書で想定されている値に対して十分に小さいことを確認した。

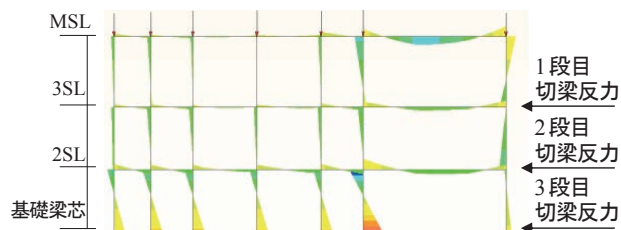


a) 3階



b) 2階

図一12 解析モデルの各階伏図



図一13 曲げモーメント分布の一例

§ 5. 施工結果

後行工区の山留めや先行工区の建物の安全、周辺への影響を管理するために、山留め架構の変形と応力の計測・観察を行った。計測項目は、山留め壁の変形について挿入式傾斜計による自動計測を、切梁に作用する軸力について軸力計と温度計を目視確認とした。観察項目は、山留め壁面からの漏水、切梁の通りや接合部のずれ、建物の床のひび割れ、周辺地盤の亀裂などを目視確認とした。

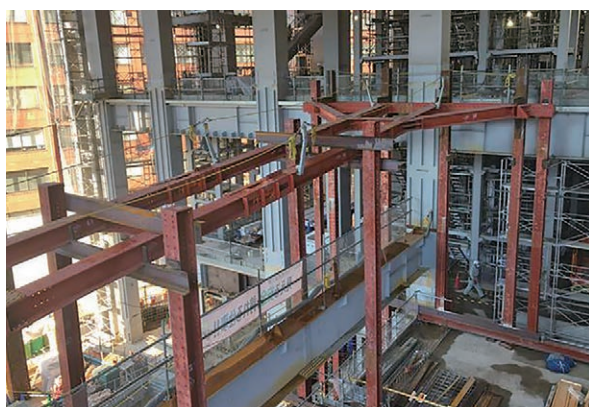
根切り山留め工事は、計測結果と計画時の予測を比較



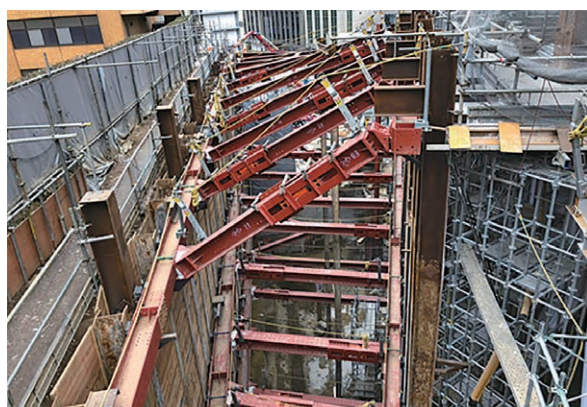
写真一10 先行工区の掘削状況



写真一13 後行工区の掘削状況-2



写真一11 集中切梁の架設状況



写真一14 切梁架設状況



写真一12 後行工区の掘削状況-1



写真一15 南側から見た全景

し、予測外の現象が起きていないか確認しながら進めた。山留め壁の変位は、計画段階の最大変位が 24 mm 程度に対して計測結果の最大変位は 30 mm 程度であった。最大変位は計画よりも 6 mm 程度大きな値となったものの、管理目標の 30 mm は達成できた。切梁軸力は、計測結果が予想よりも小さい値であったため、先行工区の建物への影響も予想より小さいと判断した。観察項目については、施工中に危険な兆候を現すような目立った変化は見られなかった。

施工時の状況を写真一10～15 に示す。

§6. おわりに

本工事は、根切り山留め工事に関して、既存地下外壁を介した南北の高低差による敷地形条件、高層部と低層部からなる建物条件、地下水位による地盤条件や隣地境界際に建つ近接建物による周辺環境条件等が与えられた。これらの条件を克服するため、あるいは利用して様々な検討を行った。本工事で採用したアイランド工法は、通常の根切り山留め工事には無い検討項目に加え、先行工区を含めた躯体工事が複雑に絡んだ煩雑な工事であったが、計画建物や周辺環境に大きな影響を与えることなく工事を完了できた。

最後に本工事に際し、ご助言やご協力を頂いた多くの関係者各位に感謝の意を表します。