

超高層建物の解体工法における要素技術の開発

－その2. 移動式閉鎖型仮囲い－

竹内 博幸* 高橋 祐一*

要 旨

前回は、超高層建物を対象とする解体工事において、解体重機を最上層の施工階まで揚重する簡易エレベータ(EV)について稼働実験を行った結果を報告したが、今回は、簡易 EV の駆動方式と同様に、一般に人荷用 EV に用いられているラック&ピニオン方式の駆動ユニットにより鉛直方向に昇降できる機構とした移動式の閉鎖型仮囲いについて稼働実験を行った結果について報告する。

閉鎖型仮囲いは、駆動ユニットに固定された建物全周分の外周パネルで構成される。解体工事開始前に、1階レベルで建物外周に設置されたパネルを、建て枠足場をガイドにして、駆動ユニットにより最上層の施工階まで上昇させ、全周分の外周パネルを同一レベルに並べて閉鎖型仮囲いとする。

また、簡易 EV と移動式の閉鎖型仮囲いを含む解体システムについて、稼働シミュレーションを行い、工程とコストを在来工法と比較した結果についても報告する。

1. はじめに

高度経済成長期の後期に建てられた超高層建物の更新が最盛期を迎えている。建設大手をはじめとする各社が、独自の解体工法を適用して、安全性向上と工期短縮に挑んでいる。それらの工法は、単に合理性を追求したものではもはやなく、その跡地に建つ新しい建物の予感と期待を孕むものとして一般の人々には捉えられている。^{1)、2)など}

各解体工法とも一見華やかで、立地の関係もあり衆目を惹きつけているが、いずれも過剰装備の感が拭えず、合理性を追求した結果とは到底見做せないものが散見される。

そこで、我々は、解体重機を揚重するのに、多額な費用と手間を要するクレーンを用いず、躯体内部に設けた簡易エレベータ(EV)で揚重することを主要機構とする解体工法を考案した。³⁾ 同工法では、施工階の仮囲いを簡易な駆動機で自動昇降させる閉鎖型とし、システムに組み込んだ。

本報では、開発中の解体工法において重要な要素となる閉鎖型仮囲いの組立て・稼働実験を行い、各駆動機の昇降時における挙動と停止位置の精度、駆動機間の同期化精度と停止位置の精度などを検証した結果について述べる。

2. 解体工法の概要

今回考案した解体工法のフローを図-1に示す。解体重機揚重用の簡易 EV は、解体建物の内部1スパンのスラブを2階から上方に順に抜いて、最上層まで連続させた空間に構築する。手順としては、2階から EV のガイドを最上層まで先行して立ち上げた後、まず切断した2階スラブを2階まで上げた簡易 EV で受けて1階まで降ろして処分する。以下、順次下方から1層分ずつスラブを切断、降下、処分し最上層まで

貫通した空間を構築する。そこに簡易 EV を架設し、解体重機を施工階の最上層まで揚重する。解体作業開始後は、解体ガラや解体材を1階まで降下させ、そこでそれらを撤去ないし処分する。簡易 EV の駆動ユニットは人荷用 EV に用いられているラック&ピニオン方式とし、その仕様・容量は、積載する解体重機とその架台の合計重量に基づき設定される。

解体工法における簡易 EV と並ぶ、もう1つの重要な構成要素として、今回の稼働実験の対象である移動式閉鎖型仮囲いが挙げられる。

3. 移動式閉鎖型仮囲いの概要

移動式閉鎖型仮囲いの設置例を図-2に示す。

閉鎖型仮囲いは、解体工事開始前に1階レベルで建物外周に設置され、最上層まで組まれた建て枠足場2列をガイドに、2基の駆動ユニットに固定された外周パネルが最上層の施工階まで上昇する。

4. 移動式閉鎖型仮囲い稼働実験による適用検証

4.1 実験概要

実際の解体では、建物外周部に駆動ユニットとガイドとなる建て枠足場が基本ユニットとなるが、今回は、建て枠足場2列を5層分組み上げた両内側に駆動機を1台ずつ取り付け、その2台の駆動機に外周パネルを固定し、それぞれ個別で稼働させた。

検証する項目としては、各駆動機の昇降時における発進・停止などの挙動の円滑度と、停止位置の精度、駆動機2基の同時稼働時における同期化精度と停止位置の精度が挙げられる。

*技術研究所 建築技術開発部

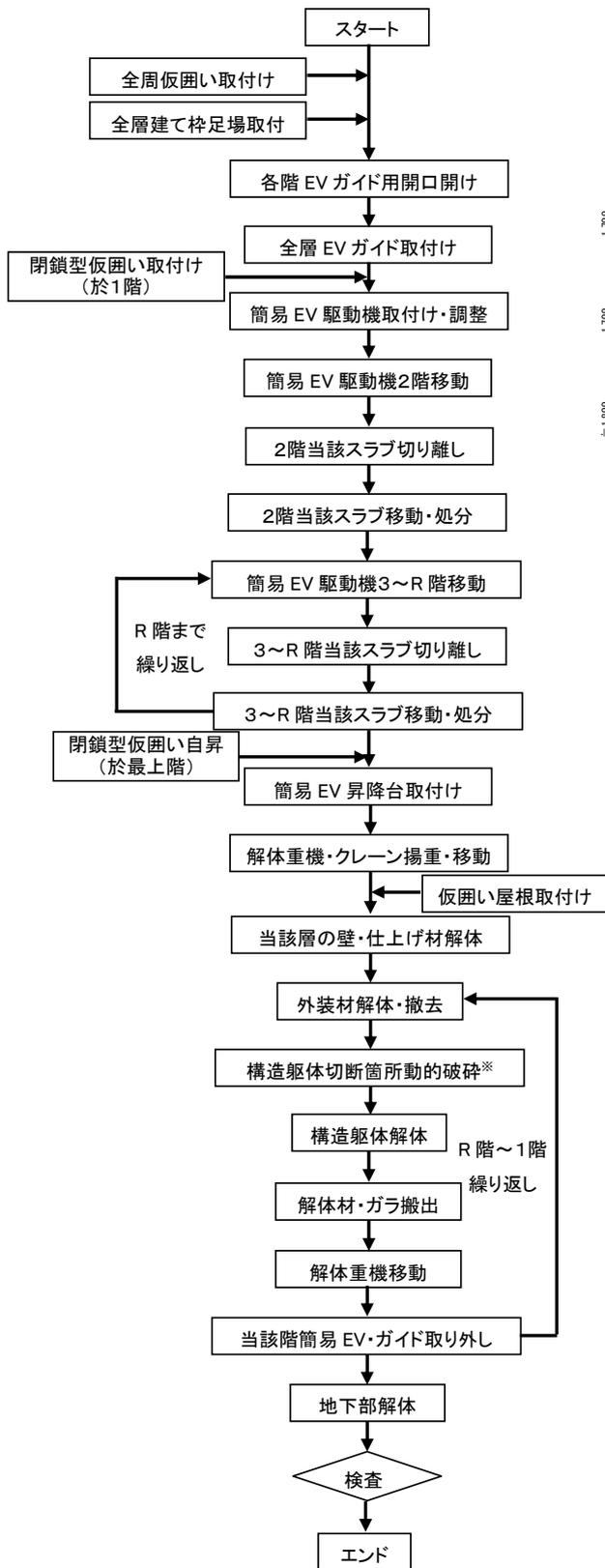


図-1 解体工法フロー

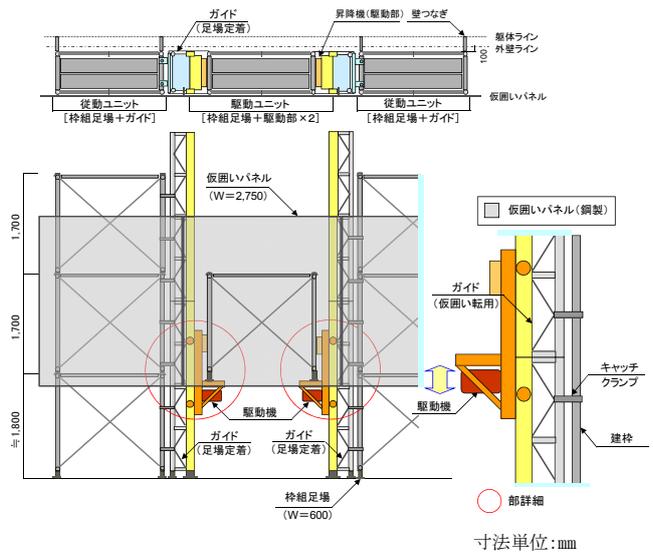


図-2 移動式閉鎖型仮囲い設置例

4.2 実験方法

(1) 測定項目

適用性検証のための測定項目と実施方法・摘要を表-1に示す。

表-1 測定項目・方法

測定項目	対象	摘要	測定	備考
駆動機の停止位置精度	駆動機 単体	昇降速度: 1m/分 2m/分	所定位置 からの距離	定位置 :5箇所
2駆動機の同期化精度	駆動機 ×2	昇降速度: 1m/分 2m/分	所定位置 からの距離 連結部材 の傾斜	定位置 :5箇所

(2) 検証方法

① 駆動機の停止位置精度

昇降式閉鎖型仮囲いに適用する駆動機自体の昇降時における停止位置精度を確認した。

実施概要を図-3に示す。

駆動機ごとに、上昇時に4箇所、降下時に4箇所の定位置に停止させて、各設定位置との誤差を確認した。なお、それぞれ昇降速度を2段階(1m/分、2m/分)に設定して、各速度について停止位置の精度を確認した。

また、駆動機の上昇は、遠隔操作パネル(写真-3)にて行い、停止の操作は、操作者が建て枠に設けた各目印と駆動機の位置関係を判断し、操作した。

② 2駆動機の同期化精度

昇降式閉鎖型仮囲いに適用する駆動機2台の同期化精度について確認した。

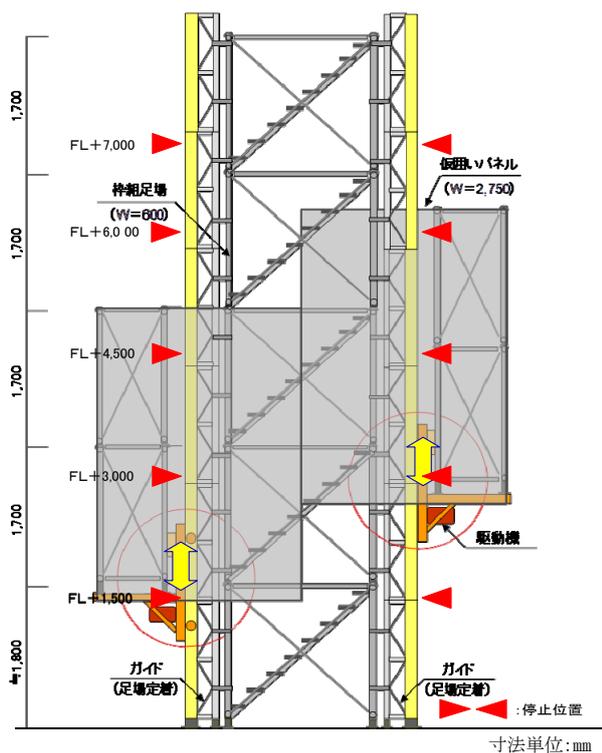


図-3 駆動機の停止位置精度の検証

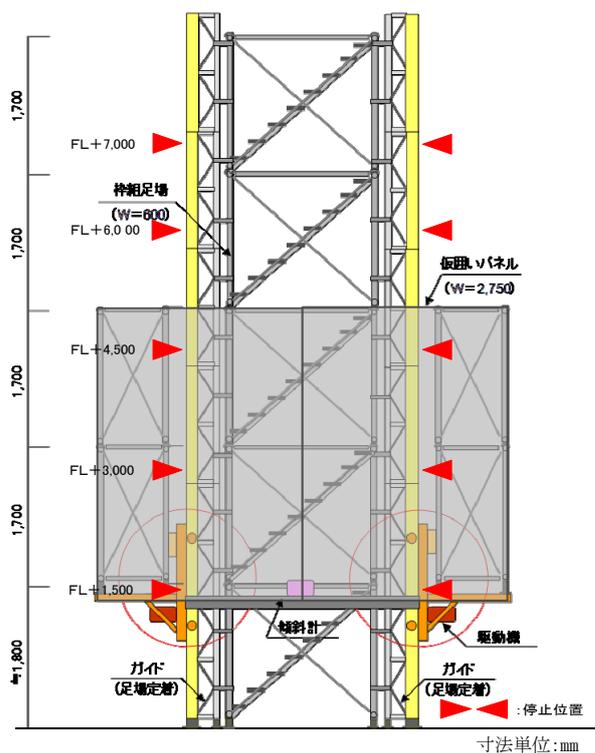


図-4 2駆動機の同期化精度の検証

実施概要を図-4に示す。

駆動機2台について、上昇時に4箇所、降下時に4箇所の各定位置に停止させて、各設定位置との誤差を確認した。なお、それぞれ昇降速度を2段階(1m/分、2m/分)に設定し各速度について停止位置の精度を確認した。また、両駆動機を連結した形鋼の中央に傾斜計を設置し、各停止位置における傾斜を測定し、同期性について検証した(写真-2)。

4.3 実験結果

(1) 駆動機の停止位置精度

移動式閉鎖型仮囲いに適用した駆動機の停止位置精度を確認する稼働実験の実験状況を写真-1～写真-5に、また、実験結果を表-2に示す。

昇降速度 1m/分では、北側が上昇時で-20～-10 mm (－: 駆動機が定位置より下側、+ 同上側)、降下時で-4～+10 mmであったのに対し、南側は上昇時で-3～+12 mm、降下時で-4～+7 mmの誤差であった。上昇時、降下時ともに、特に一定の傾向は見られなかったが、目視確認の範囲では、+-ともに10～20 mm程度の精度と推察される。

昇降速度 2m/分では、北側が上昇時で-19～+20 mm、降下時で-30～-20 mmであったのに対し、南側は上昇時で-10～+20 mm、降下時で-43～-30 mmの誤差であった。いずれの側も昇降速度が上がったため、上昇時は+側に、降下時は-側に、若干超過する傾向にあった。



写真-1 仮囲い組上がり状態



写真-2 傾斜測定機器



写真-3 制御盤



写真-4 北側(左側)駆動機上昇



写真-5 南側(右側)駆動機上昇

(2) 2駆動機の同期化精度

昇降式閉鎖型仮囲いに適用する駆動機2台の同期化精度について確認する稼動実験の実施状況を写真-6～写真-10に、実施結果を表-3に示す。



写真-6 2駆動機上昇開始

表-2 駆動機の停止位置精度

駆動機	昇降	速度 (m/分)	停止位置	位置精度(mm)	
				北側	南側
北側 (左)	上	1	①+1,500	-	-
	上	1	②+3,000	-15	
	上	1	③+4,500	-20	
	上	1	④+6,000	-15	
	上	1	⑤+7,000	-10	
	下	1	④	+10	
	下	1	③	+4	
	下	1	②	+2	
南側 (右)	上	1	①+1,500	-	-3
	上	1	②+3,000		+3
	上	1	③+4,500		+10
	上	1	④+6,000		+12
	上	1	⑤+7,000		+8
	下	1	④		+5
	下	1	③		-4
	下	1	②		-1
北側 (左)	上	2	①+1,500	-19	-
	上	2	②+3,000	+20	
	上	2	③+4,500	+18	
	上	2	④+6,000	+5	
	上	2	⑤+7,000	+17	
	下	2	④	-20	
	下	2	③	-27	
	下	2	②	-30	
南側 (右)	上	2	①+1,500	-	-10
	上	2	②+3,000		+20
	上	2	③+4,500		+25
	上	2	④+6,000		+29
	上	2	⑤+7,000		+20
	下	2	④		-36
	下	2	③		-40
	下	2	②		-43
	下	2	①		-30



写真-7 駆動機2台上昇中

昇降速度 1m/分においては、上昇時で、北側が-4～+3 mm(-:駆動機が定位置より下側、+:同上側)、南側が±0～+7 mmの誤差であったのに対し、降下時では、北側は-10～+1 mm、南側は-6～+7 mmの誤差であった。また、南北・左右の較差は、上昇時、降下時ともに、2～6 mmであった。上昇時、降下時ともに、特に一定の傾向は見られなかったが、目視確認の範囲では、+-ともに 10 mm以内程度の精度と推察される。



写真-8 駆動機2台最上点

昇降速度 2m/分においては、上昇時で、北側が+3～+27 mm、南側が+5～+22 mmの誤差であったのに対し、降下時では、北側は-70～+7 mm、南側は-60～-43 mmの誤差であった。また、南北・左右の較差は、上昇時で 2～8 mm、降下時で 0～10 mmであった。いずれの側も昇降速度が上がったため、停止位置自体が、上昇時は+側に、降下時は-側に、それぞれ超過する傾向にあった。特に、降下時は

表-3 駆動機2台の同期化精度

駆動機	昇降	速度 (m/分)	停止位置	停止位置精度(mm)			傾斜角 (°)
				北側	南側	較差	
2台	上	1	①+1,500	-	-	-	0.0
	上	1	②+3,000	+ 3	+ 5	2	+0.1
	上	1	③+4,500	+ 1	+ 7	6	+0.1
	上	1	④+6,000	- 3	± 0	3	+0.1
	上	1	⑤+7,000	- 4	± 0	4	+0.1
	下	1	④	-10	- 6	4	+0.1
	下	1	③	- 4	- 2	2	+0.1
	下	1	②	- 2	- 4	2	+0.1
2台	下	1	①	+ 1	+ 7	6	0.0
	上	2	①+1,500	+27	+22	5	0.0
	上	2	②+3,000	+ 3	+ 5	2	+0.1
	上	2	③+4,500	+10	+15	5	0.0
	上	2	④+6,000	+12	+20	8	+0.1
	上	2	⑤+7,000	+ 7	+15	8	+0.1
	下	2	④	-70	-60	10	0.0
	下	2	③	-55	-45	10	+0.1
2台	下	2	②	-60	-60	0	+0.1
	下	2	①	-55	-43	12	0.0

-50 mm超であり、駆動機1台の場合に比較して、位置精度が大幅に低下している。駆動機2台の場合、同1基の場合と設定条件は何ら変わっていないことから、明確な事由は見出せないが、リミッターを設けるなど何らかの対応を考慮する必要がある。

- ・建屋重機解体(R階～5階):6,083m²
- ・建屋重機解体(4階～1階):2,604m²



写真-9 傾斜計・操作盤設置

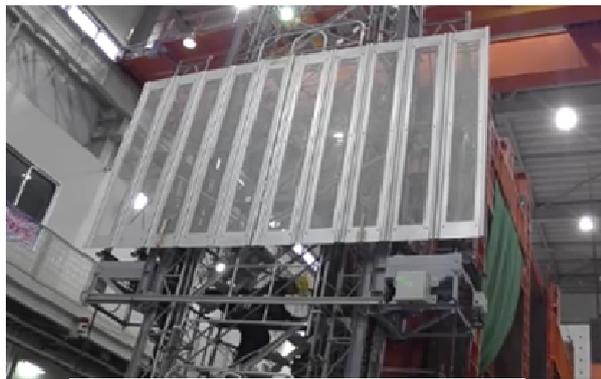


写真-10 駆動機2基降下

5. 解体工法における工程・コストの検討

5.1 検討条件

(1) 対象建物

検討対象建物は、2010年度に解体・新築された都心に位置する10階建ての事務所ビルで、概要を図-5に示す。

建物概要と解体工事に関する概要は以下の通り。

- ・構造:SRC造
- ・階数:10F(地上躯体対象)
- ・延べ床面積:3,328坪=10,982m²
- ・発生ガラ:4,343m³
- ・内装解体:8,687m²
- ・屋上機械設備:約15t

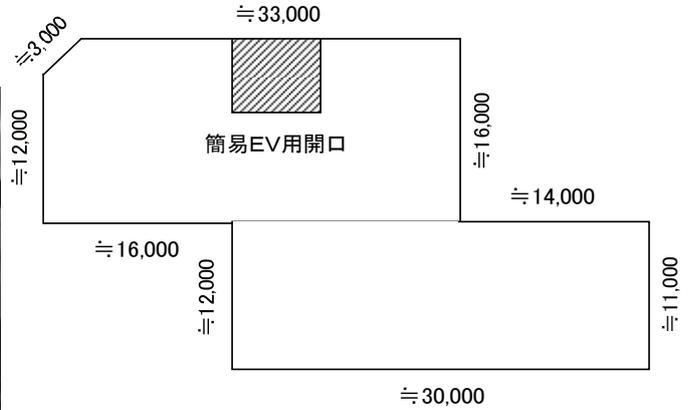


図-5 対象建物・概要図

(2) 解体工法概要

① 在来工法

解体工事開始時に、大型クレーン(100t)により、解体重機(バックホー: BH0.25m³、約7.3t)4機を揚重し、施工階(最上階)に投入する。R階から5階までは、BH4台で解体工事を行い、4階から1階までは、地上階からロングアーム解体重機(BH:1.2m³)2台により内外装を併せて解体工事を行うこととした。

② 超高層建物解体工法

解体重機を揚重する簡易EV用の開口を、建物北側の1スパンに設け、6,000×4,000mmのEV通過用とガイド用開口(1,000×750mm)を6箇所設けることとし、2階スラブから順次切断し、取り付けた駆動機により1階まで降ろす。以降各階のスラブまで駆動機を上昇させ、スラブ切断、1階まで降下を繰り返し、最上階までEV用貫通開口を構築する(図-5参照)。

なお、揚重する解体重機はBH:0.45m³(約12.1t)を3機、外装材揚重用クローラークレーン(CC:約4.9t)を1機とする。いずれの重機も最上層の施工階にて移動する。

移動式閉鎖型仮囲いは、建て枠2組をガイドとする駆動ユニット2基を1セットとして、計22セットを着工と同時に建物外周部に配置する。なお、移動式閉鎖型仮囲いの割付は、図-6ようになる。外周パネルの割付は、建て枠部にも当然掛かるが、パネル自体は駆動機に取り付けられ、建て枠部はパネルで目隠しされる納まりとなる。また、建て枠同士の接合は、単管とクランプで連結し、駆動機ユニットが鉛直精度を確保して昇降できるようにする。

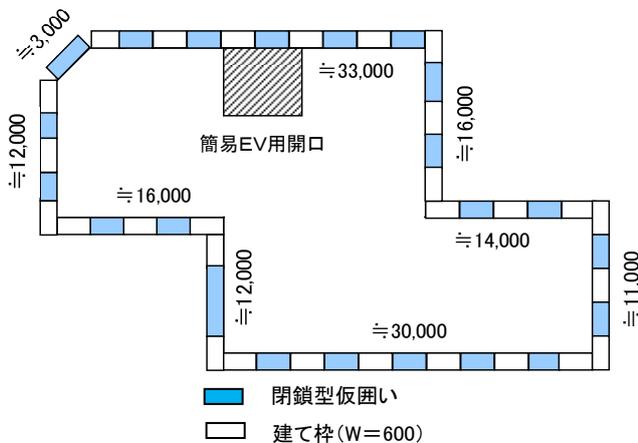


図-6 昇降式閉鎖型仮囲いの配置

5.2 検討結果

(1) 工程

工程に関する検討結果を表-4に示す。

① 在来工法

解体重機の揚重に1日を要し、解体重機(BH:4機)投入後は、R階から5階までを65日、4階から1階までのロングアーム重機(2機)による解体は20日を要する工程となった。

なお、在来工法では、建物解体終了後も解体材やガラの処理に約19日を要するが、今回は比較対象外とする。

② 超高層建物解体工法

解体重機揚重用の簡易EVの構築に10日を要する。解体重機を上げてからは、R階から1階までを68日で解体完了する工程となった。

在来工法の86日(1日+65日+20日)よりも短くなるが、この要因としては、各階とも簡易EVで解体材を一定量降下させて処分することと、また、そのことにより解体重機の施工階の移動がスムーズであることなどが挙げられる。

表-4 工程検討結果

	重機揚重	RF~5F	4F~1F	計
在来工法	1日	65日	20日	86日
解体工法	10日	68日		78日

(2) コスト

コストに関する検討結果を表-5に示す。

① 在来工法

全体費用の中、防音パネルや解体重機揚重などの仮設費は、約19%となった。また、解体工事費の中、ガラ処分

費は全体の約13%で、残りが、主に解体重機による解体工事費となった。

② 超高層建物解体工法

簡易EVに適用する駆動機は、本来は新規製作となるので、この費用をどのようにするかで、金額が大きく異なるが、今回は、メーカ保有の最大性能の駆動機をリースする仕様で、費用を算定した。

また、移動式閉鎖型仮囲いもメーカ現保有の駆動機をリースする仕様で費用を算定した。

その結果、在来工法の費用を100とした場合、超高層建物解体工法の費用は122となった。後者の中、「簡易EV」は全体の約12%、「移動式閉鎖型仮囲い」は同約25%の比率となった(仮設全体は約35%)。

コストは、在来工法に比較して約2割に回る結果となったが、本工法によると解体ガラや解体雑材の処理がスムーズであるばかりでなく、環境的側面でもコストに寄与する可能性が考えられるが、今回の検討では、実績に基づく要因のみ考慮することとした。

また、今回は、実際に解体を行った10階建ての事務所ビルを対象としてコスト検討を行ったが、本工法のターゲットである超高層建物に適用した場合、コスト比率はさらに縮まる可能性が考えられる。階数によっては、揚重機による解体重機の施工階への移動は不可となることから、工法の優位性は明らかと考えられる。

表-5 コスト検討結果

	重機揚重	仮設	解体	ガラ	計 ¹⁾
在来	19%		68%	13%	100
超高層	12%	35%	45%	8%	122

注] 1)在来工法の費用を100とした場合の費用の比率

6. まとめ

6.1 移動式閉鎖型仮囲い稼動実験による性能検証

開発中の超高層建物解体工法において重要な要素となる閉鎖型仮囲いの組立て・稼動実験を行い、各駆動機の昇降時における挙動と停止位置の精度、駆動機間の同期化精度と停止位置の精度を検証した。

(1) 駆動機の停止位置精度

移動式閉鎖型仮囲いに適用する駆動機自体の昇降時における停止位置精度について確認した。

昇降速度1m/分では、上昇時、降下時ともに、特に一定の傾向は見られなかったが、目視確認の範囲では、+/-ともに10~20mm程度の精度と推察される。

昇降速度2m/分では、いずれの側も昇降速度が上がった

ため、上昇時は+側に、降下時は-側に、若干超過する傾向にあった。

(2) 2駆動機の同期化精度

移動式閉鎖型仮囲いに適用する駆動機2対の同期化精度について確認した。

昇降速度 1m/分では、南北・左右の較差は、上昇時、降下時ともに、2～6mmであった。上昇時、降下時ともに、特に一定の傾向は見られなかったが、目視確認の範囲では、+・-ともに 10mm以内程度の精度と推察される。

昇降速度 2m/分では、南北・左右の較差は、上昇時で 2～8mm、降下時で 0～10mmであった。いずれの側も昇降速度が上がったため、上昇時は+側に、降下時は-側に、それぞれ超過する傾向にあった。特に、降下時は-50mm超であり、駆動機1台の場合に比較して、位置精度が大幅に低下している。

これは、駆動機に関する設定条件は変わっていないことから、明確な事由は見出せないものの、リミッターを設けるなど何らかの対応を考慮する必要がある。

6.2 解体工法における工程・コスト検討結果

(1) 工程

① 在来工法

解体重機(BH:4機)揚重・投入後、R階から5階までを65日、4階から1階までのロングアーム重機(2機)による解体は20日と計86日を要している。

② 超高層建物解体工法

解体重機揚重までに10日を要し、同機揚重後は、R階から1階までを68日で解体工事を完了し、全体では計78日を要している。

在来工法の86日よりも短くなっているが、この要因としては、各階とも簡易EVで解体材を一定量降下させて処分したため、解体重機の施工階の移動がスムーズであることなどが挙げられる。

(2) コスト

① 在来工法

全体費用の中、防音パネルや解体重機揚重などの仮設費は、約19%となっている。また、解体工事費の中、ガラ処分費は全体の約13%で、残りが、主に解体重機による解体工事費となっている。

② 超高層建物解体工法

簡易EVは、メーカー保有の駆動機をリースする仕様で、移動式閉鎖型仮囲いについてもメーカー現有の駆動機をリースする仕様で、それぞれ費用を算定した。

その結果、在来工法の費用を100とした場合、超高層建物解体工法の費用は122となった。後者の中、「簡易EV」は約12%、「移動式閉鎖型仮囲い」は約25%となった。

本工法のターゲットである超高層建物に適用した場合、コスト比率はさらに縮まる可能性が考えられる。また、階数によっては、揚重機による解体重機の施工階への移動は不可となることから、工法の優位性は明らかと考えられる。

【謝辞】

今回の移動式閉鎖型仮囲いに関しては、三成研機(株)の浅野毅氏と小久保富治氏に多大なる御協力と御尽力をいただきました。ここに深く謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 湯浅昇・他：特集-2「解体」の最新技術，積算資料 SUPPORT'14.10，特集22～特集37
- 2) (一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会：高層ビル解体工法について，建築コスト研究 No.77 2012.4，pp.46～pp.54
- 3) 竹内博幸，高橋祐一：超高層建物解体工法のける要素技術の開発－簡易EVとスラブ解体・撤去工法，五洋建設技術年報 Vol.45 2015，pp.13-1～pp.13-10