

(33) 開削工法による山留め壁背面地盤の沈下と木造家屋の損傷

Settlement of ground by braced excavation and damage of wooden houses in vicinity

堀内孝英* 清水正義**

Takahide HORIUCHI *, Masayoshi SHIMIZU **

ABSTRACT ; During excavation, settlement of the ground behind earth retaining walls sometimes happens and produces undesirable effect such as harmful settlement and inclination to the neighboring wooden houses. In this paper, damage of the wooden houses caused by the settlement of ground following excavation is analyzed and damage of the houses are clarified from aspect of the relation between distance from the earth retaining walls, settlement and inclined angle of the wooden houses. Furthermore, the settlement distribution pattern of the ground behind the earth retaining walls following the excavation is studied based on the relationship between braced excavation method and construction duration. Especially, in this paper, the cost for the repair of the damage done became clear from the relationship between distance of the earth retaining walls and the maximum settlement and the maximum inclined angle of the wooden houses.

KEYWORDS ; Open-cut method, Settlement, Inclination, Damage, Cost

1. はじめに

従来、開削工法における山留め工事の安全度の検討は、山留め架構に作用する荷重に対して、山留め壁および支保工各部が危険な限界状態に至らないことを基本にしてきた。したがって、山留め工事に際しての施工管理上では、山留め架構の応力度の測定に重点がおかれてきた^{1)・2)}。近年、開削工法における山留め工事では、隣接する既設構造物に対する影響度が問題となってきた^{3)・4)}。したがって、山留め工事は、山留め壁および支保工各部材そのものの安全度の検討に加え、掘削に伴う周辺地盤の変状によって発生する既設構造物の変状や損傷を抑えるための、山留め壁および支保工各部材の変形の限度の把握が重要となった^{5)・6)}。

このような観点から、開削工法による山留め工事では、施工時における山留め壁および支保工各部の安全性と同時に、周辺構造物への影響度を最小限に抑制するため、山留め壁や支保工各部の変形挙動および周辺地盤の変状を観測して、施工に反映させるための施工管理手法が多くなっている。

ここに、本研究は、開削工法によって排水管路を建設する近接施工事例として、掘削に伴う山留め壁とその背面地盤の変形挙動が、近接する木造家屋の変形や損傷の種類と程度およびその修復工事費に影響を及ぼす要因について、山留め壁からの距離、山留め壁背面地盤の沈下と家屋の沈下量および傾斜角、家屋建設後の経過年数との関係から検討を行ったものである。

2. 掘削現場の周辺環境と山留め工

2. 1 周辺環境と地盤概要

* 名城大学理工学部建築学科 (Department of Architecture, Meijo University)

** (株) 葵エンジニアリング (Aoi Engineering Consultants Co., Ltd.)

本研究の対象とする工事現場は、図-1に示すように、一部木造家屋が近接する地域に、開削工法によって外径4.7mの現場打設鉄筋コンクリートの排水管路を構築するものである。開削工事の規模は、総延長約800mのうち施工実施対象区域は約350mで、掘削深さは6.5m、掘削幅は約7.0mである。なお、この図中には、山留め工タイプおよび沈下計測位置を併記してある。

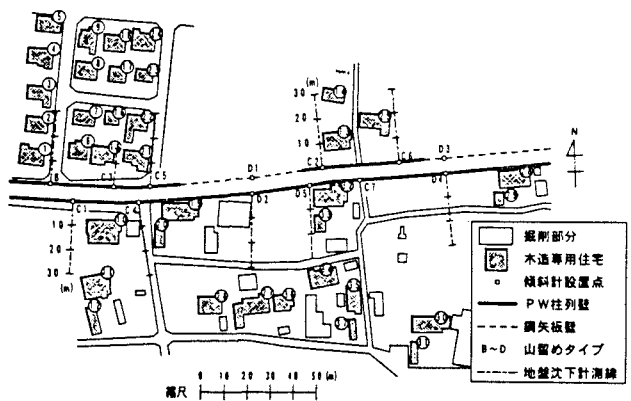


図-1 掘削現場周辺環境

図-2は、当該工事建設現場の地層縦断面図を示したものである。本施工地域は、木曾川の西、濃尾平野のほぼ中央に位置している。海拔は5.0m程度の非常に平坦な地形で、木曾川の搬出する土砂が堆積した河成沖積平野である。図-2から、地盤の成層状況は、上位より沖積層最上部層(U_m)、沖積最上部砂質土層(U_s)、沖積粘土層(U_c)が厚く堆積している。地表部を覆う最上部層(U_m)は、氾濫原堆積物でその厚さが7~8mに達するところもある。この層は、全体としてシルト~粘土の互層が優勢である。粘性土の標準貫入試験結果のN値は3以下、砂質土のN値は8以下の軟弱な地盤である。上部砂層(U_s)は、最上部層(U_m)の下に分布し、この層の下限は地表面下15~20mに達し、その層厚も10~15m(一般に10m前後)のことが多い。この層は、主として中粒の砂層を主体としているが、シルト~粘土混じり砂層を伴うこともある。N値は、大半が10~20の間にある。上部粘土層(U_c)は、主として粘土ないしシルトから構成されている。この層の下限は地表面下20~30mで、その厚さは10m前後、最大で15mにも及びN値は0~4と極めて軟弱である。

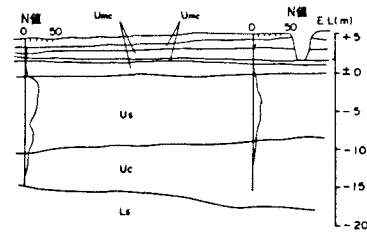


図-2 地層断面図

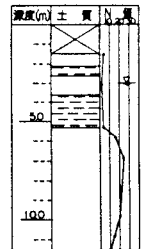


図-3 土質柱状図

表-1 土質試験結果一覧

項目	土層名	本現場			本地域一帯の平均値 ^{*)}		
		U _{mc} 20~30(m)	U _s 10~15(m)	U _c 0~10(m)	U _{mc}	U _s	U _c
液性限界 W _L %		62.8	47.7	43	46	34	
塑性限界 W _p %		28.1	25.9	24	15	22	
塑性指数 I _p %		34.7	21.8	19	31	12	
含水比 W _n %		58.0	45.3	38.8	32.7	30.1	
孔隙比 e		1.538	1.258	1.11	0.92	1.04	
飽和度 S _r %		90.0	99.3	83.4	88.8	99.3	
一軸圧縮強さ p _u kgf/cm ²		0.59	1.10	0.68	-	0.91	
単位体積重量 γ _t tf/m ³		1.85	1.70	1.77	1.84	1.83	

ここに、本工区の山留め工の設計・施工上の対象地盤は、地表面から15m程度までの沖積層最上部砂質土層(U_s)であり、特に、沖積最上部の粘性土層(U_{mc})および砂質土層(U_s)のN値は2~3程度である。また、地下水位は、G.L.-3.0mと高い位置にある。なお、図-3は土質柱状図を、表-1には沖積層最上部層の土質試験結果と参考のために本地域一帯の土質試験結果の平均値も併記した⁷⁾。

2.2 周辺環境条件および設計・施工上の制約条件

(1) 周辺環境上の制約条件

本工事現場は、図-1に示したように、一部木造家屋が近接している。したがって、掘削に伴う周辺家屋へ有害な沈下や傾斜を与えないようにする必要がある⁸⁾。開削工事に伴う山留め壁の変形量と山留め壁背面地盤沈下量の関係は、概ね山留め壁の最大たわみ量の0.5~1.0倍程度である。⁹⁾したがって、本工事に

は、山留め壁の直角方向に設けた基準杭をレベルリングによって測定した。

③切梁軸力の測定は、土圧計を用いた切梁軸力計により計測した¹¹⁾。

図-6に山留め壁変形および背面地盤の沈下測定位置と計測使用機器を示した。

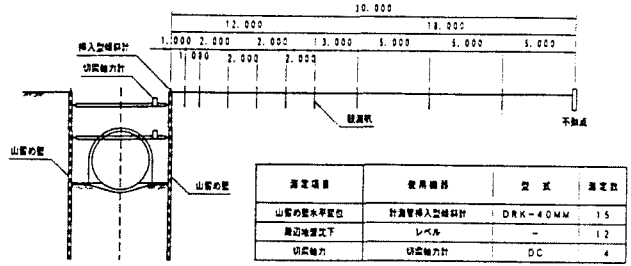


図-6 山留め壁変位位置および地表面沈下量測定位置図

3. 山留め壁の変形および背面地盤沈下状況

図-7は、山留め壁の変形状況について、また、図-8は、背面地盤の地表面沈下量を山留め壁からの距離と最大掘削深さで正規化して示したもので、掘削の北側、南側別に示してある。これら図の山留め壁の変形量および地表面沈下量は、最終掘削後の切梁設置終了時点における計測値によるものである。なお、これら図中のB～Dの記号は、山留めタイプを示す。また、表-3は、山留め壁タイプ別の掘削期間と山留め壁および背面地盤の変状をまとめたものである。

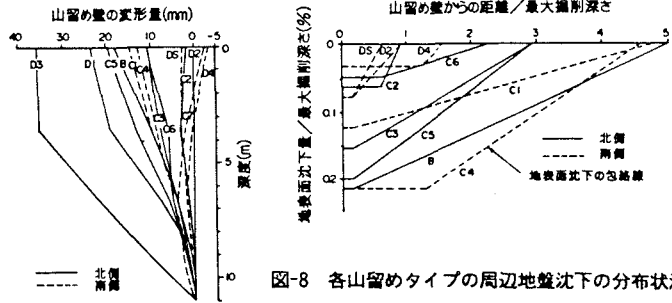


図-7 各山留めタイプの山留め壁変位位置

図-8 各山留めタイプの周辺地盤沈下の分布状況

図-7

これらの図および表から、最初に、掘削期間と山留め壁の変形モードに注目すると、PW柱列壁、鋼矢板壁の変形は両者とも掘削期間に影響されることが明確に認められる。すなわち、掘削期間の短い場合は、長い場合にく

表-3 掘削機関の長短からみた山留め壁および背面地盤の変状

掘削期間の長短	山留めタイプ	一次掘削期間(B)	掘削終了までの期間(F)	壁頭部の水平変位量(mm)	地表面沈下量最大掘削深さ(%)	山留め壁からの距離最大掘削深さ(%)
PW柱列壁	短	C2, D2, D5	3	37.38	5以下	0.03~0.08
	長	C6, D6	6	30	0.12~0.22	0.6~2.3
鋼矢板壁	短	B, C1, C3, C4, C5	9	53.54	10~20	0.12~0.22
	長	D1, D3	3	37	24	3.0~5.0
			6	30	35	—

[注] D1, D3部は山留め背面に家屋が存在しないので地表面沈下計測を実施せず。

らべて変形が小さい。特に、一次掘削終了までの期間が短い場合にその傾向が強い。また、剛性の異なる鋼矢板壁とPW柱列壁が相対するDタイプのPW柱列壁の変形モードは、壁体頭部をプレロードしたような変形性状を示し、かつ、PW柱列壁が相対しているB・Cタイプのに比べて、変形量も非常に小さいことが認められる。

次に、掘削期間とPW柱列壁の背面地盤の変形モードは、各タイプとも掘削期間の短い場合は、長い場合にくらべて、沈下量と沈下の影響範囲は小さい。掘削期間の長短が山留め壁背面地盤の沈下量に及ぼす影響について、地表面沈下量(S)/最大掘削深さ(H)の関係に注目すると、短期間で掘削を終了した場合、S/Hは0.03~0.08%と小さいのに対して、長期間で掘削を終了した場合は、0.12~0.22%と大きく、地表面沈下量の平均値でみると掘削期間が長い場合は、短い場合の約3.1倍の沈下量となる。さらに、掘削期間の長短が山留め壁背面地盤の沈下範囲に及ぼす影響について、山留め壁からの距離(Z)/最大掘削深さ(H)の関係に注目すると、短期間で掘削を終了した場合はZ/Hは、0.6~2.3と小さいの

に対して、長期間で掘削を終了した場合は、3.0～5.0と大きい。長期間で掘削した場合の地表面沈下の及ぶ範囲の平均値は、短期間で掘削した場合の約3.3倍となる。

これから、掘削期間の長・短が背面地盤の沈下分布形状に影響されることは明らかである。したがって、鋼矢板壁背面地盤の沈下計測 (D_1 , D_3) は実施していないが、図-7の鋼矢板壁の変形モードから、鋼矢板壁背面地盤の沈下量および沈下の影響範囲は、PW柱列壁より大きくなることが予測される。このことは、後述する木造家屋の損傷が、今回の沈下計測範囲以外に軽微ながら及んでいることから明らかである。なお、背面地盤の沈下には、地下水低下による圧密沈下が考えられる。図-3から、掘削底面以下の地盤は砂層であり、地下水汲み上げによる砂層の即時沈下のみ考慮した今回の背面地盤の沈下量は、当初設計の予測値以内に収まっている。以上の結果から、次のことが明らかになった。

- ①山留め壁の変形量および背面地盤の地表面沈下量は、掘削期間が短いほど小さく、また、地表面沈下の影響範囲は遠方まで及ばない。
- ②掘削に伴う背面地盤の変状の程度は、掘削周辺部に隣接する既設構造物の変状・損傷の程度に反映され、さまざまな問題を引き起こす。したがって、山留め壁および背面地盤の変状を抑制するための対策として、掘削期間の短縮、特に、一次掘削期間の短縮と剛性の高い山留め壁の併用は有効である。

4. 木造家屋の変状の検討

(1) 地盤沈下量および家屋沈下量と山留め壁からの距離

図-9は、掘削背面地盤の最終切梁設置直後の各沈下計測結果による沈下量分布形状を、掘削部分の北側と南側に区分して示したものである。また、この図には、図-1に対応する各沈下計測線に沿う近接する木造家屋一軒ごとの不同沈下状況を併記してある。ここに、木造家屋の沈下量は、工事着工前と終了後の調査における各家屋隅柱の沈下計測結果から、各隅柱間の沈下量を算出し、不同沈下量の最大値を家屋の最大沈下量とした。

この図から、山留め背面地盤の地盤沈下分布形状と家屋個々の沈下状況を把握することができる。すなわち、①地表面の沈下量および沈下分布形状は、南側と北側と類似しているが、場所によって沈下量は異なる。②木造家屋の沈下量は、地盤沈下分布形状にほぼ追従している。③家屋の傾斜方向は一定でなく、必ずしも家屋の一边が山留め壁に近い側が遠い側より沈下量が多いとは限らない。これは、家屋の形状・規模などによって、家屋の沈下状況が異なるためである。④ C_2 、 C_3 、 C_5 タイプの山留め壁背面家屋の沈下は、40m以遠にも及び、他の山留めタイプに比べ沈下量も大きい。この理由は、前述したように、家屋が分布しない範囲に採用した鋼矢板壁の変形に追従する背面地盤の沈下分布 (D_1 、 D_3 タイプ) と、それに隣接するPW柱列壁背面地盤の沈下分布が複雑に絡み合って形成される沈下挙動によって生じたものと考えられる。

この計測結果からわかるように、掘削に伴う山留め壁背面地盤の沈下予測は、地盤条件、施工条件および山留め壁の種類などによって異なるので、沈下分布に影響を及ぼす要因の特定と定量化は難しい。したがって、計測範囲については、構造物の重要度、補償問題、地盤状況、施工状況も含めて検討すべき課題である。また、近接施工における剛性の異なる山留め壁の設置範囲についての検討も重要な課題である。

(2) 家屋の最大沈下量・最大傾斜角および地盤傾斜角と山留め壁からの距離

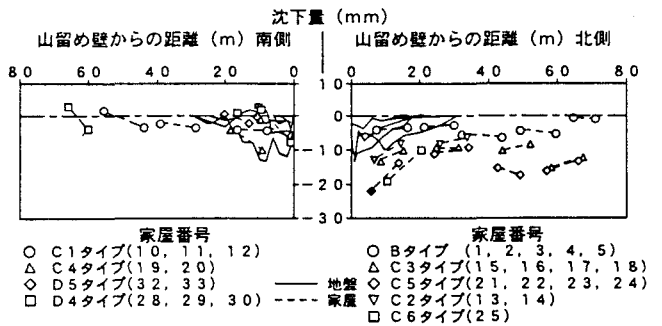


図-9 家屋及び地盤の沈下量と山留め壁からの距離

図-10および図-11は、山留め壁からの距離と家屋の最大沈下量および最大傾斜角との関係を南・北側別に示した。ここに、家屋の傾斜角は不同沈下の両端を結んだ直線と水平面の角度で、各隅柱の沈下量の差を隅柱間の距離に対する割合で示したものである。その内、最も大きい値をその家屋の最大傾斜角とした¹⁰⁾。

これらの図から、南・北両側とも、山留め壁からの距離が大きくなるにしたがって、家屋の最大沈下量および最大傾斜角は小さくなり、特に、山留め壁から20mまでの範囲において急激に減少する傾向を示している。また、最大家屋傾斜角は、20m以遠では、南・北側との間には大きな差は認められない。

図-12は、地盤傾斜角と山留め壁からの距離の関係を南・北側別および山留めタイプ別に示した。この図からもわかるように、地盤傾斜角は、家屋の最大沈下量および傾斜角と同様、山留め壁近傍で大きく、山留め壁からの距離が大きくなるにしたがって減少する。また、地盤の傾斜部は、南側より北側の方が大きく傾斜している。

図-13は、地盤傾斜角と家屋傾斜角の関係を南・北側別に示した。この図より、地盤傾斜角が大きくなるほど家屋傾斜角も大きくなる。すなわち、家屋傾斜角は地盤傾斜角に追従していることがわかる。また、地盤傾斜角より家屋傾斜角の方が大きい傾向を示している。

以上から、山留め壁の背面地盤の沈下挙動は、山留め壁の架構とその設置範囲が大きく影響することが明らかになった。また、木造家屋の最大沈下量および最大傾斜角は、山留め壁の背面地盤の沈下挙動に追従し、山留め壁からの距離が大きくなるにしたがって、急激に減少することが明らかとなった。

5. 木造家屋の損傷に影響を及ぼす要因の検討¹²⁾

5. 1 木造家屋の損傷の分類

家屋の被害調査は、図-1に示す施工区間に分布する家屋全戸数に行った。ここに、本研究では、家屋の損傷は、住居専用の木造家屋を対象とした。木造家屋の損傷は、建物等損傷調査書に基づき、損傷部分の写真、平面図に記載された損傷位置、周辺家屋の損傷状況について、家屋の規模・種類、構造、床面積、経過年と損傷とその程度について整理・検討を行った。特に、本掘削工事との因果関係が認めにくい損傷は除外した。

なお、掘削に伴う背面地盤の沈下により発生した木造家屋の損傷は、次の5項目に分類した。

①基礎のクラック、②床の不陸、③壁のクラック・チリ切れ（タイルクラック・目地切れを含む）、④建具の建て付け不良、⑤土間コンクリートのクラック（犬走りを含む）。また、木造家屋の損傷件数は、一軒について基礎、床、壁、建具などそれぞれ複数の異なる損傷が発生している場合は、各々の損傷をそれぞれ一件として扱った。

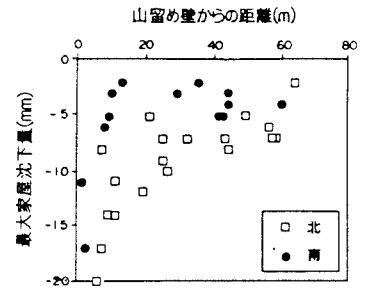


図-10 最大家屋沈下量と山留め壁からの距離

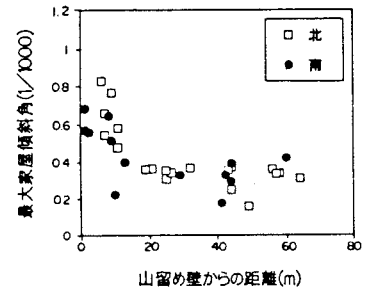


図-11 最大家屋傾斜角と山留め壁からの距離

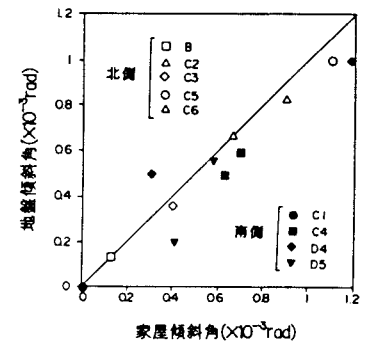


図-12 家屋傾斜角と地盤傾斜角の関係

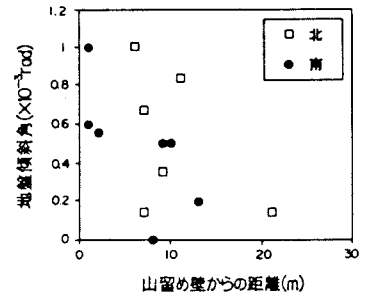


図-13 地盤傾斜角と山留め壁からの距離

5. 2 木造家屋の損傷に及ぼす背面地盤の沈下と家屋の沈下量、傾斜角および建設後の経過年数

(1) 家屋の損傷と周辺地盤沈下

図-14は、木造家屋の損傷と山留め壁背面地盤の沈下状況を示した。この図の上部には、山留め壁から10mごとの範囲内の家屋の損傷件数を項目別、掘削の南・北側別に示した。なお、図中の損傷分類の記号は、図中の右下に示した山留めタイプと対応する。また、同図の中央部には、各山留めタイプの地表面沈下計測線に沿う地表面沈下範囲を実線で、家屋の位置を▼印で示してある。さらに、同図の下部には、地表面沈下とその沈下の影響範囲を対応させるために図

8を併記した。

この図から、背面地盤の沈下とその影響範囲が、家屋の損傷の種類と損傷の件数に大きく影響することがわかる。具体的には、山留め壁から20mの範囲にある家屋の損傷は、主体構造部である基礎、床、壁などを含む多数の損傷を受けていることがわかる。山留め壁から20m以上になると建具の取り付け不良、壁のチリ切れなど、比較的軽微な損傷となり、また、一軒あたりの損傷の種類も少なくなる。家屋の損傷の種類および件数は、南側と北側で家屋の分布状況等異なるが、山留め壁から遠くなるにしたがい減少する。すなわち、家屋の損傷は、山留め壁から離れると比較的軽微になることがわかる。

(2) 家屋の損傷と家屋の最大沈下量および傾斜角

図-15は、木造家屋に生じた損傷の種類と家屋の最大沈下量および傾斜角の関係を、山留めタイプをパラメーターとして掘削部分に対して南・北側別に示した。なお、同図中には、家屋に生じた損傷の種類を家屋の最大沈下量と最大傾斜角から区分して併記してある。

この図から、家屋の損傷は、図中に示した家屋の最大沈下量と最大傾斜角の平行線の範囲にあり、家屋の損傷の程度は、沈下量と傾斜角が大きくなるにしたがい重くなることがわかる。家屋の沈下量が2～8mm、傾斜角が0.2～0.4(1/1000)程度で、土間クラック、壁のチリ切れおよび建具建て付け不良など、比較的軽微な損傷である。家屋の沈下量が8mm以上、傾斜角が0.4(1/1000)以上になると壁の亀裂、床の不陸現象および基礎のクラックなど、主体構造部に及ぶ損傷を受けていることがわかる。

(3) 木造家屋の損傷の種類・程度と建設後の年数

図-16は、掘削による家屋の損傷について、家屋の建設後の経過年数と山留め壁からの距離の関係を、掘削部分の南側と北側

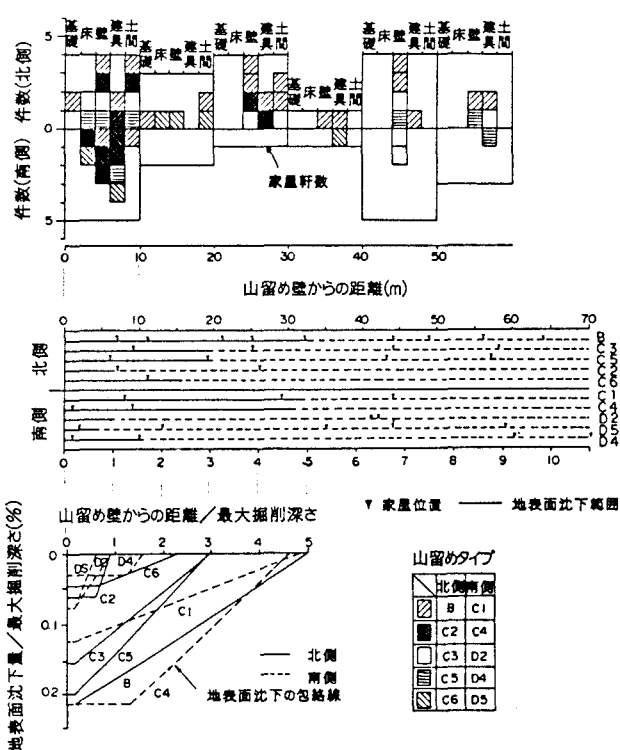


図-14 家屋の損傷と周辺地盤の沈下状況

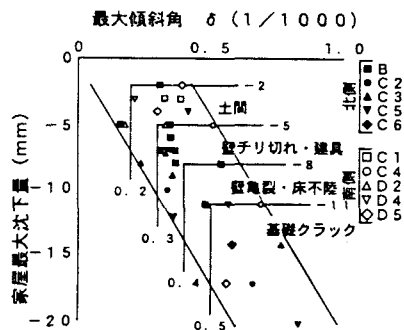


図-15 家屋の最大沈下量と最大傾斜角

に区分し、木造家屋の損傷程度をパラメーターとして描いてある。なお、家屋は平屋建と2階建てを区別してある。ここに、木造家屋の損傷の程度は次の3分類とした ①損傷なし、②比較的軽微な損傷（土間クラック、建具取り付け不良、壁のチリ切れ）③主体構造部の損傷（基礎クラック、床不陸、壁クラック）。

この図から、家屋の損傷の種類と程度は、山留め壁からの距離に関係することが認められるが、家屋建設後の経過年数との間には明確な関係は認められない。特に、北側の家屋は、建設後10～20年未満のものがほとんどであるが、全ての家屋に何らかの損傷を受けている。掘削に伴う木造家屋の損傷の種類と程度は、建設後の年数よりも家屋の基礎形式、構造形式・剛性、規模、形状さらに維持管理状況など種々の要因の組み合わせによって影響されるといえる。

5. 3 家屋の損傷と既往の研究成果等の比較

木造家屋の変状における限界値、管理基準値についての提案は非常に少ない。表-4に、本調査結果から得られた家屋の各損傷状況とそれらの損傷が発生しない家屋の最大傾斜角および最大沈下量の限界値の目安を示す。通常、不同沈下による木造建築物に障害を及ぼす変形角（傾斜）の限界値は、3/1000～5/1000と考えられている¹⁰⁾。また、間方ら¹³⁾は、木造家屋における損傷が生じない許容傾斜角および変位角として、平屋に対して1.4/1000および1.0/1000、2階建に対して1.0/1000および0.8/1000を提案している。ここに、本調査で得られた傾斜角の限度は、これらの研究成果と比べて小さい値である。この理由として次のことが考えられる。

- ①本施工現場は、軟弱地盤であり、かつ、近接施工を考慮した山留め架構の変形モードは、壁体の剛性によって影響され、それに伴う剛性の異なる境界部付近の背面地盤の沈下モードは複雑に影響する。
- ②相対する山留め壁の剛性の相違による側方移動現象
- ③古い家屋は、基礎に布石や玉石など剛性の低い基礎を用いているため、各柱ごとにジグザク型の沈下を起こす。この場合、家屋の変状指標としては隅柱間の傾斜角より各柱間の変形角で検討する必要がある。

6. 木造家屋の損傷と修復費用

(1) 修復工事費と山留め壁からの距離

木造家屋の損傷に対する修復費用の検討にあたっては、仮設工事費、内部仕上げ工事費、外部仕上げ工事費、外構工事費、建具工事費を挙げた。ただし、家屋そのものの損傷でない塀や車庫の修復は含まない。表-5は、修復工事の補修内容を示したものである。

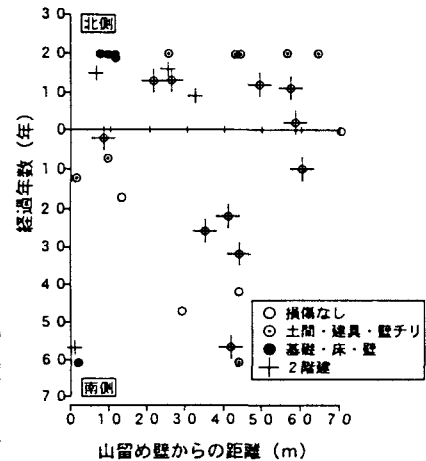


図-16 家屋の経過年数と山留め壁からの距離

表-4 木造家屋の損傷状況と最大傾斜角・最大沈下量の限度

家屋の損傷状況	最大傾斜角の限度 (1/1000)	最大沈下量の限度 (mm)
土間コンクリート・犬走到にクラックが発生する。	0.2	-2
壁のチリが切れる。 タイルにクラック・目地切れが発生する。 建具の建付けが不良となる。	0.3	-5
壁にクラックが発生する。 床の不陸が生じる。	0.4	-8
基礎にクラックが発生する。	0.5	-11

表-5 修復工事の補修内容

仮設工事	内部仕上げ工事		外部仕上げ工事	
内部足場 外部足場 養生	建具 壁	矯正 タイル補修 チリ切れ補修 間壁補修 クラック補修 塗り替え 補修 張り替え	屋根 犬走り 土間コン 壁	瓦補修 漆喰剥離 軒垂れ補修 軒垂れ補修 クラック補修 剥離補修 タイル補修 クラック補修 張り替え
水盛り遣り形	床		基礎	クラック補修 補強

図-17は、修復工事費の合計と山留め壁からの距離との関係を、平屋建と二階建別に示したものである。

この図から、木造家屋の損傷に対する修復工事費は、山留め壁からの距離が遠くなるにしたがって、指数関数的に減少する。具体的には、木造家屋の修復工事費は、一軒当たり山留め壁から10m以内では100万円以上、10～40mの範囲では10～20万円程度、40m以上になると10万円以下となる。なお、平屋建よりも二階建の方が修復工事費が高い傾向が認められる。

図-18は、工事別の修復費と山留め壁からの距離の関係で示したものである。工事別の修復費は、建物規模、損傷の位置および外部仕上り材料の程度など、個々の家屋によって異なるため、ばらつきがある。しかし、工事別の修復費と山留め壁からの距離との関係は、図-17と同様の傾向にあり、山留め壁から40m以上は、修復項目も比較的軽微なものに限られてくることがわかる。

(2) 修復工事費と地盤の傾斜角、家屋の最大沈下量・最大傾斜角

図-19(a), (b)は、修復工事費と家屋の最大沈下量および最大傾斜角の関係を、平屋建、二階建別および工事別に示した。これらの図から、修復工事費に係わる木造家屋に損傷が発生する家屋の最大沈下量および最大傾斜角は、前者で2mm以上、後者で 0.2×10^{-3} 程度以上である。また木造家屋の修復工事費が、10万円以内の家屋の最大沈下量は2～5mm、家屋の最大傾斜角は $0.2 \sim 0.4 \times 10^{-3}$ の範囲、20～30万円程度必要とする家屋の最大沈下量は5～10mm、最大傾斜角は $0.4 \sim 0.8 \times 10^{-3}$ の範囲、100万円以上の家屋の最大沈下量は20mm以上、家屋の最大傾斜角は 0.8×10^{-3} 以上である。なお、平屋建と二階建の修復工事費との間には、顕著な相関は認められない。

(3) 修復工事費と家屋建設後の経過年数

図-20は、修復工事費と家屋建設後の経過年数の関係を、平屋建と二階建別および工事費別に示した。この図から、修復工事費と家屋建設後の経過年数との間には、相関性は認められない。しかし、修復工事を伴う損傷は、建設後10年以上経過した家屋に多く生じているが、修復工事費に顕著な差は認められない。しかし、建設後15年以上経過した二階建は、多額の修復工事費を必要とすることがわかる。一般に、古い木造家屋の基礎は、独立基礎の場合が多く、布基礎でも無筋であり、そのためによる損傷が発生しやすい。図-16からも明らかなように、建設後20年以上の家屋でも修復工事

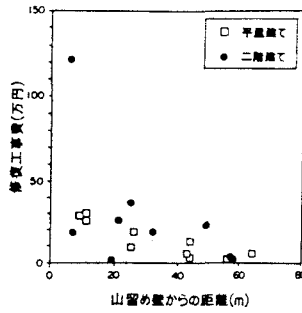


図-17 修復工事費合計と山留め壁からの距離

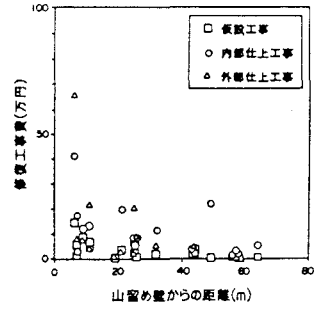
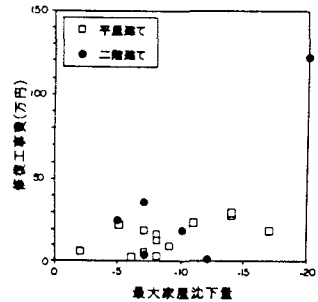
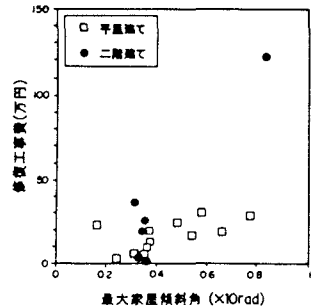


図-18 工事別修復工事費と山留め壁からの距離



(a) 最大沈下量



(b) 傾斜角

図-19 修復工事費と最大沈下量及び傾斜角

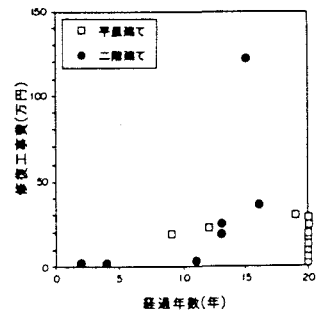


図-20 修復工事費合計と経過年数

は必ずしも多額を要しない場合もある。したがって、木造家屋の損傷と修復工事費は、家屋の基礎形式、構造形式・形状、内・外装の仕上げ材、さらに建設後の維持管理状況など種々の要因が影響すると考えられる。

7. まとめ

本研究は、開削工法による掘削に伴う山留め壁およびその背面地盤の変形が、近接する木造家屋へ及ぼす損傷要因について検討した。さらに、木造家屋の損傷とその修復工事費に関して、木造家屋に損傷を及ぼす要因との関係から検討を行った。その結果、得られた主要な点を以下に示す。

- (1) 山留め壁の変形量および背面地盤の沈下量は、掘削開始から終了期間の長短に影響され、掘削期間が短いほど小さく、また、地表面沈下の影響範囲は遠方まで到達しない。特に、一次掘削期間が短いほどその傾向は顕著である。
- (2) 近接施工の山留め壁およびその背面地盤の変形抑制の対策としては剛性の高い山留め架構の使用と併せて掘削期間の短縮が有効である。
- (3) 木造家屋の最大沈下量および最大傾斜角は、山留め壁の背面地盤の沈下挙動に追従し、山留め壁からの距離が遠くなるにしたがって、急激に減少する。
- (4) 木造家屋の損傷に対する修復工事費は、山留め壁からの距離の増大に伴い急激に減少する。
- (5) 修復工事費について、家屋の最大沈下量と最大傾斜角との関係を明確にした。
- (6) 木造家屋の損傷に対する修復工事費は、家屋建設後の経過年数より山留め壁からの距離に影響する。また家屋の基礎形式、構造形式・形状、内・外装の仕上げ材など種々の要因が影響する。

参考文献

- 1) 遠峰孝榮、白川礼治、倉重 広、長谷川昌弘、村上清基：山留め壁における現場計測管理基準について、第14回土質工学研究発表会、pp.1461～1464、1974
- 2) Matuo, M. and Kawamura, K. : Predicution of Failure of Earth Retaining Structure during Exc-avation Works, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 3, pp. 33-44, 1980
- 3) 川村国夫：施工中の観測結果と掘削規模の関係、第33回土木学会年次学術講演会講演概要集、第3部、pp.225～226、1978
- 4) 達下文一、坂口清実、杉本隆男：周辺環境を考慮した山留め工事に伴う安全性のための実測例、土と基礎、Vol. 21, N 0, 5, pp. 13～20、1973
- 5) 宮崎佑助、風間 了、石井雄輔、村田淳也：偏圧が作用する山留めの挙動、山留めとシールド工事における土圧・水圧と地盤の挙動に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、pp. 179 ～ 184、1992
- 6) 堀内孝英、清水正義、小宅基之：掘削工事に伴う山留め壁の変形と周辺地盤への影響、山留めとシールド工事における土圧・水圧と地盤の挙動に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、pp. 191～196、1992
- 7) 建設省計画局：愛知県一宮地区の地盤、都市地盤調査報告書、第11巻、pp. 44～46、1965
- 8) 日本建築学会：建築基礎構造設計基準・同解説、pp. 169～176、1974
- 9) 杉本隆男、佐々木俊平：土留め壁の変形と地表面沈下量の関係、第22回土質工学研究発表会発表講演集、pp.1261～1262、1987
- 10) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計の手引き、6章基礎の設計、pp. 57～60、1987
- 11) 原田 勇：掘削工事のための調査・施工・計測管理、基礎工、Vol.6, No.10, pp. 31、1987
- 12) Horiuchi, T. and Shimizu, M.: Settlement of soft ground and damage of wooden houses by brace-d excaveston ,Geotechnical Aspects of Underground Construction in soft Grounnd, Balkema, pp.149 ～154, 1996.
- 13) 間方博之、高橋良文、山田孝治、吉田 保：シールド掘削に伴う地盤沈下と家屋被害について、土と基礎、vol. 28, N 0, 6, pp. 59～66、1980