

2007 年新潟県中越沖地震における再液状化対する建物沈下修復対策効果の検証

橋本隆雄¹・宮島昌克²

¹ 千代田コンサルタント東京支店地域整備部次長 (〒114-0024 東京都北区西ヶ原3-57-5)
E-mail: t-hashi@chiyoda-ec.co.jp

² 金沢大学理工研究域環境デザイン学系教授 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@t.kanazawa-u.ac.jp

2004年新潟県中越地震では、長岡ニュータウン中央地区において10～35mの高盛土の街区で戸建住宅が液状化により甚大な被害を被った。これらの被害に対して、筆者らは、これまでに建物調査、土質調査、地下水位観測を実施して液状化が発生した地盤要因の被害分析を行ってきた。その後、建物の沈下修復対策が行われたが、さらに、2007年新潟県中越沖地震が発生し、同じ箇所が再液状化した。そこで本論文では、これら2つの地震による宅地地盤被害の特徴および、変状がある箇所について建物内外のレベル測定機器等を用いた詳細な建物調査を行い、その建物沈下修復対策の効果を分析し、今後の復旧のあり方について教訓を得ることを目的としている。

Key Words : the 2007 Nigata-ken Chuetsu oki earthquake, residential land, liquefaction, countermeasures for subsidence of houses , earthquake damage

1. はじめに

2004年新潟県中越地震では、図-1に示すように長岡ニュータウン中央地区における10～35mの高盛土の街区で戸建住宅が液状化により甚大な被害を被り最大40cmの建物沈下が生じた¹⁾。筆者らは、地震直後に住民の了解を得てレベル測定機器を用いた建物内外の詳細な調査及び土質調査を行った。被災宅地は、造成の際に街区付近にレンズ状またはシーム状の砂質土を含んだ地盤があり、地下水位線が非常に高く、強い地震動を受け液状化したことが明らかとなった²⁾。その後、建物の沈下修復工事が行われたが、さらに、2007年7月16日に新潟県中越沖地震が発生し、同じ箇所が写真-1に示すように再液状化した。

そこで本論文では、これら2つの地震による宅地地盤被害の特徴を分析するとともに、2004年新潟県中越地震で被災した周辺地区も含めて新たに外観調査を行い、変状がある箇所について建物内外のレベル測定機器等を用いた詳細な建物調査を行い、その建物沈下修復対策の効果を分析し、今後の復旧のあり方について教訓を得ることを目的としている。

2. 建物調査

建物調査は、まず建物の変状程度を把握するために宅地地盤、建物の外観の概略調査を行い、変状が明らかな建物については、住民の了解を得て建物内外のレベル測定機器等を用いた詳細調査をした。

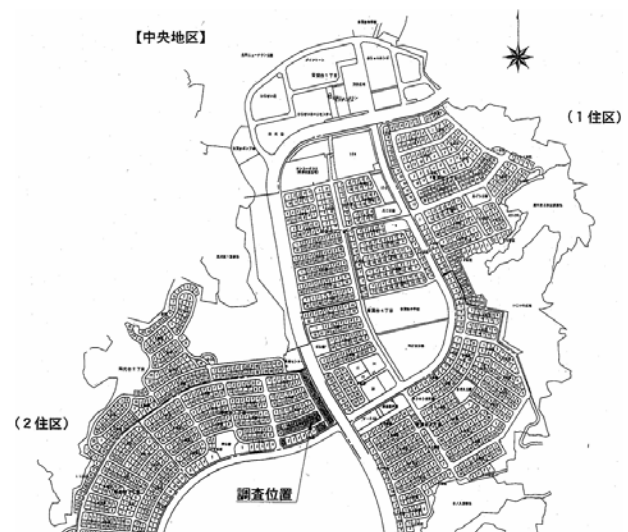


図-1 位置図



写真-1 2007 年新潟県中越沖地震による噴砂現象

(1) 概略調査

概略調査は、図-2 に示すように 2004 年新潟県中越地震によって液状化被害を受けた地区の 5 街区 14 宅地、6 街区 3 宅地およびその周辺地区 1 街区 11 宅地の計 28 宅地について宅地地盤、建物の外観の目視調査により詳細調査の必要な宅地を選定するために実施した。

調査は 2007 年 7 月 26 日に以下の項目について行った。

- ①建物外壁、基礎コンクリートのクラック
- ②外構の沈下、破損、クラック
- ③宅地地盤の亀裂、陥没

(2) 詳細調査

詳細調査は、概略調査の目視により宅地地盤変状が明らかな 5 街区 14 宅地、6 街区 3 宅地の計 17 宅地について、土地・建物所有者の立会いの基に、レベル測定機器等を用いて建物内外の傾斜角や外構等の変状程度の確認を行った。

調査は、2007 年 9 月 3 日～13 日の 11 日間の長期間で以下の項目について行った。

- ①建物外壁、基礎コンクリートのクラック
- ②建物内部（クロス、建具等）の損傷
- ③外構の沈下、破損、クラック
- ④宅地地盤の亀裂、陥没

建物傾斜の測定は、まず、建物外部（水切り）で、オートレベルによる測定を行った。この段階で変状のあった宅地や、建物、外構に変状のあった宅地については、さらに水盛管にて室内床レベルの詳細測定を行った。

(3) 調査結果

1 街区については、基礎コンクリート、外構や擁壁、土間コンクリート等に、多少クラックが見られる程度で宅地地盤全体に大きな変状は確認されなかったために、詳細調査は必要ないと判断した。5 街区、6 街区については、基礎コンクリート、外構の損傷、クラック、敷地地盤の亀裂、沈下等の見られる宅地が確認されたため、全宅地について詳細調査を実施した。

図-3 は、2004 年新潟県中越地震とその直後に各建物沈下修復対策を行った 2007 年新潟県中越沖地震を建物の間取り図上に重ねて外周と室内の不同沈下量を比較したものである。測定点は、柱があるような主な構造物を 3.0m 以上離して取り、この建物傾斜角を計算できるようにしている。鋼管圧入対策および耐圧板対策箇所は、各布基礎間を同時にジャッキアップしてほぼ同一の高さにレベル修正している。

表-1 は、この最大となる不同沈下量と建物全体または部分的な最大傾斜とその建物傾斜による危険度評価を、A: 3/1,000 以下、B: 3/1,000～6/1,000、C: 6/1,000 以上として比較をしたものである。2007 年新潟県中越沖地震後の建物調査は、前回採用された判定基準により行った。対策工が必要とされる B ランク宅地は、5-6 号地、6-1 号地、6-8 号地の 3 宅地であることが明らかとなった。5-6 号地は、2004 年新潟県中越地震の際には、建物傾斜が外周で 2.5/1,000、内部で 2.3/1,000 でわずかの余裕で 3/1,000 の許容値に入っていたものが、外周で 3.8/1,000 内部で 4/1,000 と 3/1,000 を上回る結果となっていた。その他に、基礎コンクリート、外構や擁壁土間コンクリート等の補修が必要な宅地が確認された。

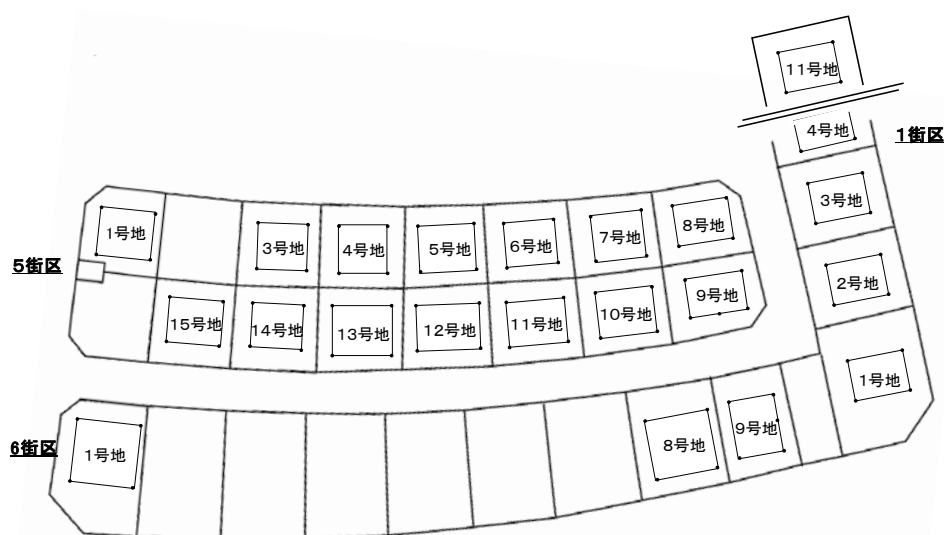
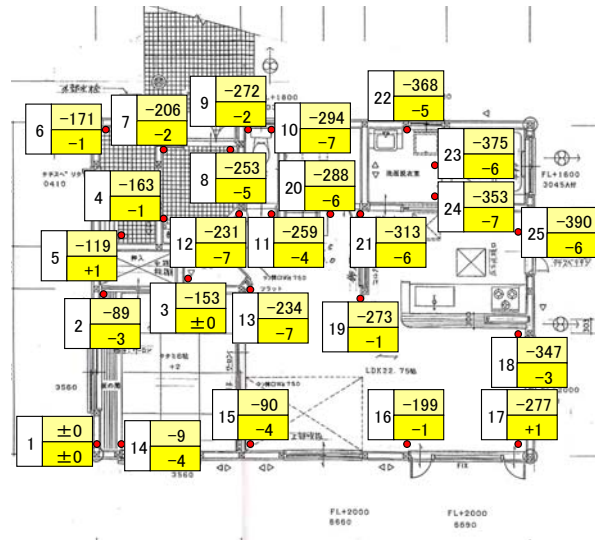
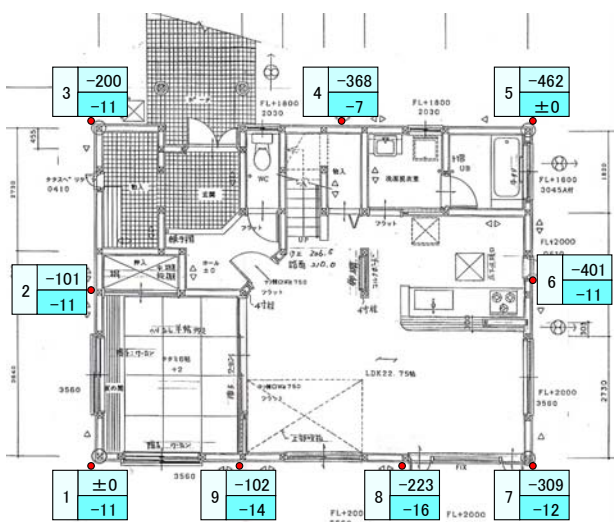
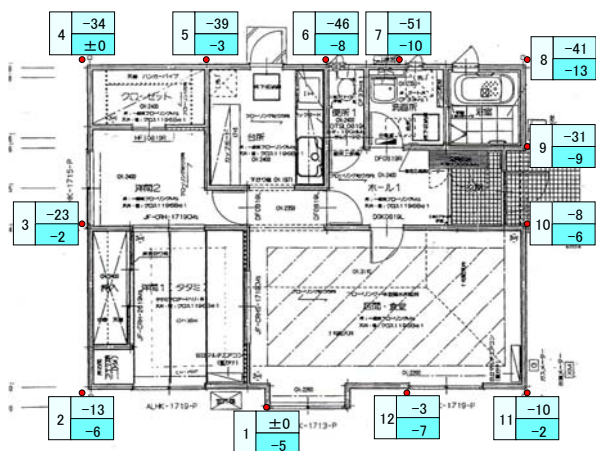


図-2 調査位置図

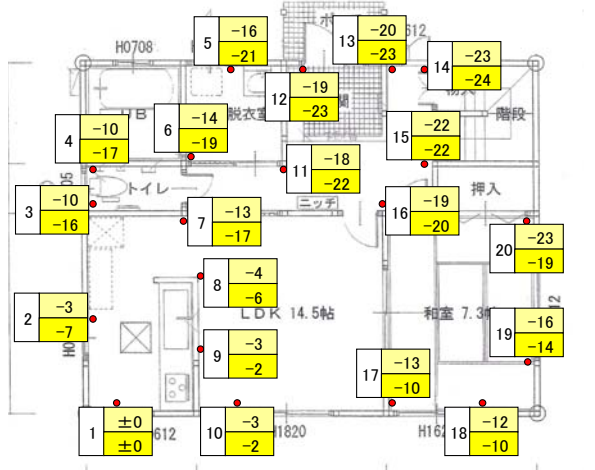
注) 宅地番号は敷地に建物があるものを示している



(a) 鋼管圧入対策箇所の不同沈下量



(b) 耐圧板対策箇所の不同沈下量



(c) 外構補修対策箇所の不同沈下量

凡例

外周	室内	不同沈下量(mm)
■	■	新潟県中越地震による沈下量(単位:mm)
■	■	新潟県中越沖地震による沈下量(単位:mm)

図-3 建物沈下修復対策の前後における不同沈下量の比較
注)外周は水切り天端，室内は床レベルを測定している。

表-1 2004年新潟県中越地震と2007年新潟県中越地震の建物傾斜の比較

宅地番号	2004年新潟県中越地震			2007年新潟県中越沖地震		
	外周(水切り天端)	内部(床レベル)	評価	外周(水切り天端)	内部(床レベル)	評価
5-1	125mm 11.4/1000	118mm 10.8/1000	C	20mm 4.2/1000	10mm 1.5/1000	A
5-3	73mm 8.9/1000	72mm 8.7/1000	C	10mm 1.8/1000	-	A
5-4	462mm 38.5/1000	346mm 32.7/1000	C	16mm 3.5/1000	7mm 2.2/1000	A
5-5	210mm 19.3/1000	172mm 17.5/1000	C	9mm 1.6/1000	-	A
5-6	28mm 2.5/1000	23mm 2.3/1000	A	26mm 3.8/1000	24mm 4.0/1000	B
5-7	74mm 7.5/1000	74mm 7.5/1000	C	9mm 3.0/1000	6mm 1.3/1000	A
5-8	3mm 0.4/1000	±3mm	A	5mm 1.0/1000	-	A
5-9	8mm 0.9/1000	7mm 0.7/1000	A	16mm 2.0/1000	7mm 1.1/1000	A
5-10	229mm 19.7/1000	217mm 19.8/1000	C	8mm 0.9/1000	-	A
5-11	51mm 6.1/1000	40mm 4.0/1000	B	13mm 1.4/1000	8mm 2.1/1000	A
5-12	34mm 2.9/1000	33mm 3.3/1000	B	12mm 2.3/1000	8mm 1.8/1000	A
5-13	153mm 11.9/1000	149mm 11.6/1000	C	15mm 2.6/1000	9mm 1.7/1000	A
5-14	51mm 4.0/1000	54mm 7.7/1000	C	7mm 1.8/1000	-	A
5-15	13mm 1.0/1000	13mm 2.1/1000	A	15mm 2.2/1000	-	A
6-1	-	-	-	51mm 4.8/1000	44mm 5.4/1000	B
6-8	-	-	-	68mm 5.4/1000	58mm 5.5/1000	B
6-9	-	-	-	10mm 1.6/1000	-	A

注1) 建物傾斜は、最大不同沈下量と、建物全体での最大傾斜または、部分的な最大傾斜を示している。

注2) 評価は、建物の傾斜により A; 3/1,000 以下 B; 6/1,000 以下 C; 6/1,000 以上と判断した。

3. 被害原因の分析

(1) 被害状況

2004年新潟県中越地震によって、長岡ニュータウン・中央西地区において戸建住宅が甚大な被害を被った。ただし、被害を受けた地区はある一部に限られ、被害箇所の噴砂現象が確認された。一方、2007年新潟県中越沖地震では、噴砂現象が局所的に見られる程度であった。

a) 2004年新潟県中越地震

2004年新潟県中越地震の沈下修復対策は、表-1に示す以下のように建物基礎地盤の傾斜から、A~Cの3つランク毎に、対策工が行われていた。

①Aランク建物傾斜 3/1,000 未満

対策工が不要である。

②Bランク建物傾斜 3/1,000 以上 6/1,000 未満

図-4(a)の耐圧板工法および建物レベル修正を行う。

③Cランク建物傾斜 6/1,000 以上

図-4(b)の鋼管杭圧入工法および建物レベル修正を行う。

沈下修復対策としては各種の工法があるが、敷地条件、施工の確実性、再沈下の危険性、経済性等を総合的に判断し、決定されている。なお、「土台家上

工法」は基礎の沈下が一様な場合に採用するので、当街区のような基礎の沈下が一様でない住宅において基礎の立ち上り変形が生じてはならない場合は採用されていない。

b) 2007新潟県中越沖地震

2007年新潟県中越沖地震による建物被害状況、および沈下修復対策は、2004年新潟県中越地震と同様に行った。

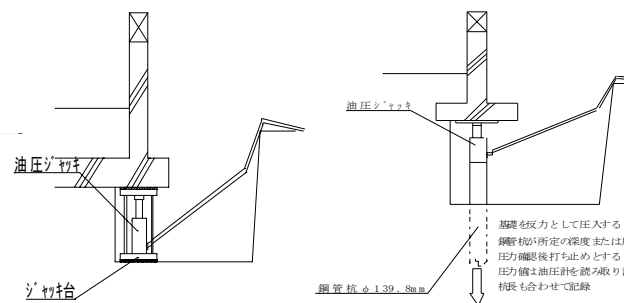
Aランク; 14宅地 5街区, 6街区の下記以外

Bランク; 3宅地 5-6号地, 6-1号地, 6-8号地

Cランク; なし

外構等については、補修は必要であるが、損傷の程度は軽微であった。

図-5は、当地区の2004年新潟県中越地震と2007年新潟県中越沖地震の不同沈下に伴う建物の傾斜と復旧工法の比較を行ったものである。この比較から、前回復旧対策を行った箇所は軽微な被害に止まっていることが明らかである。また、前回の地震で調査対象外であった6街区1号地と8号地では、表-1に示すように3/1,000~6/1,000の建物傾斜が生じている。



(a) 耐圧板工法

(b) 鋼管杭工法

図-4 建物沈下修復対策

(2) 被害原因について

図-6は、当該地区を含めた大規模谷埋盛土造成地の調査位置図である。図-7は代表想定断面図であるが、特に当該地区を含めた断面において液状化の対象となる砂層が、地表面近くに不均一に介在していることがわかる。また、図-8は前回の新潟県中越地震直後に調査した砂層推定分布図であり、図-9に示す3側線に沿ったものである。同図より同じ街区内でも不均一の砂層が粘土層の上の最上層に浅く堆積していることがわかる。図-8に示す新潟県中越地震の際のボーリング柱状図から、地表面下1.0m程度に地下水が湛水しており、かつ地表面付近に浅くN値10以下の砂が堆積していることがわかる。

次に、N値、粒度試験、液性塑性限界試験の結果を用いて、簡易液状化検討を行った。液状化判定対象の地層および水平加速度については、建築基礎構造設計指針³⁾および宅地耐震設計マニュアル(案)⁴⁾で以下のように示されている。

①飽和土層であること。

- ②地表面から 20m 以浅であること。
 ③細粒分含有率が 35%以下であること。
 ④粘土分含有率が 10%以下、または塑性指数が 15 以下の埋立あるいは盛土地盤。(埋立地盤などの人工造成地盤では、細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト、液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例があるため。)

⑤水平加速度

建築基礎構造設計指針では、損傷限界検討用：150～200gal，終局限界検討用：350gal としている。また、宅地耐震設計マニュアル（案）では、損傷限界検討用：200gal，終局限界検討用：350gal としている。

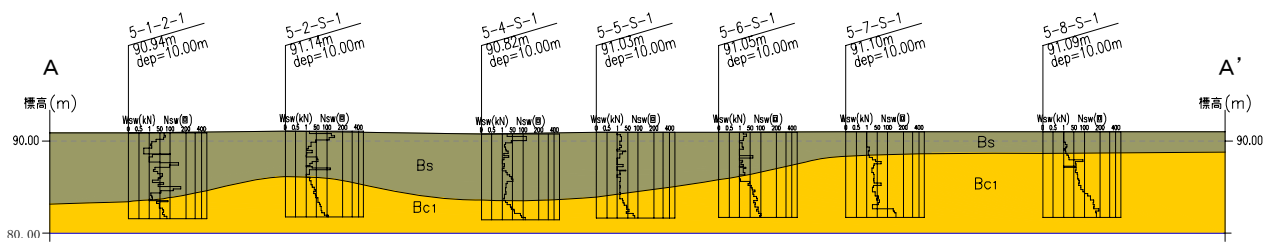
以上の条件に基づき、液状化検討を行った結果を表-2～4 に示す。

土質試験結果から、GL-5m 付近までの地層(Bs)は、液状化の懸念がある地層と判断される。簡易液状化計算結果では、水平加速度により液状化抵抗値 F_L が異なるが、水平加速度 200gal で B2-1・B2-2 地点で液状化が発生し、B2-3 地点で発生しない結果となった。この結果は B2-1 地点付近の 5 街区・6 街地で噴砂を確認しているので現地の状況に概ね一致する。なお、水平加速度を 350gal とした場合には、B2-3 地点でも液状化する結果となるが、現況では明らかな液状化（噴砂等）が確認されていないことを考慮すれば、水平加速度は 150～200gal 程度と推定される。

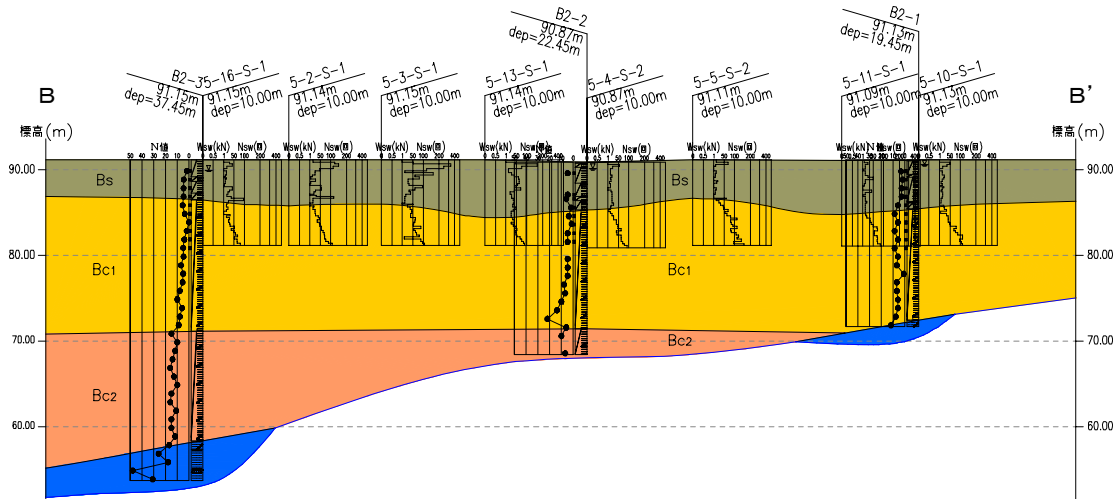
以上のことから、今回の宅地地盤変状による建物変状は明らかに液状化が原因であることが明らかとなった。



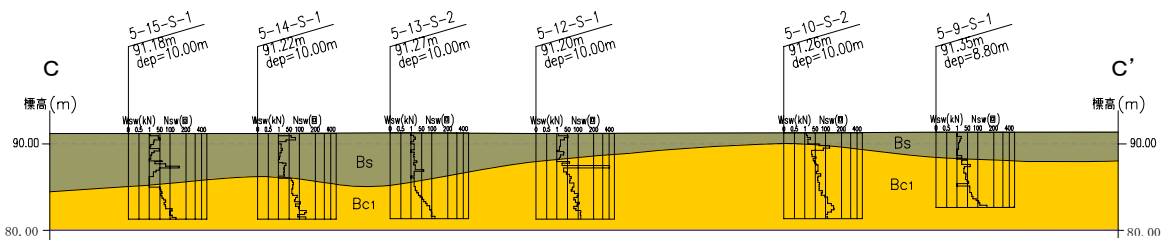
図-5 新潟県中越地震と新潟県中越沖地震建物の沈下・傾斜および対策の比較



(a) 図-9 の A-A' 断面

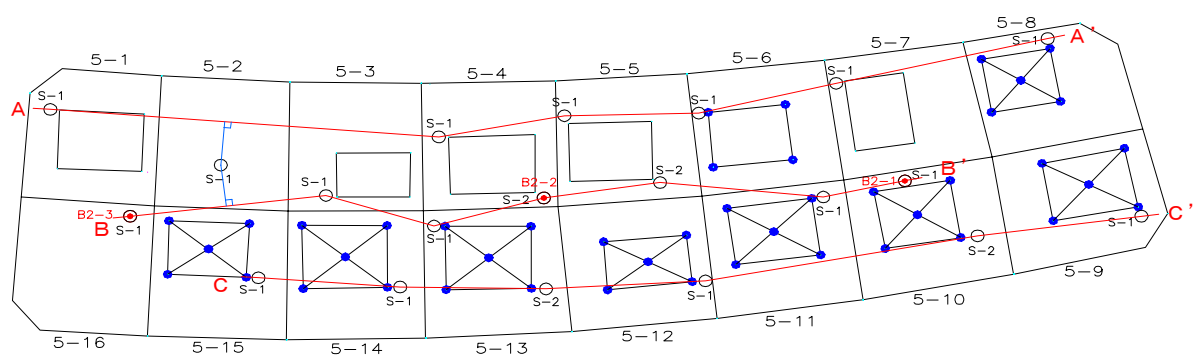
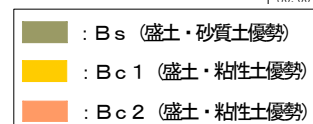


(b) 図-9 の B-B' 断面

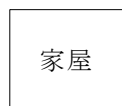


(c) 図-9 の C-C' 断面

図-8 砂層推定分布図



— 凡 例 —



- 既往スウェーデン式サウンディング調査
- 今回スウェーデン式サウンディング調査
- 今回ボーリング、スウェーデン式サウンディング調査
- 断面線

図-9 ボーリング・スウェーデン式サウンディング調査位置および断面線位置図

表-2 B2-1 地点の簡易液状化判定

B2-1		地下水位 GL=0.55m		棄却判定 ○:液状化対象外 ×:液状化対象	N値 (回)	液状化係数FL		
試料採取深度 (GL-m)	シルト分 %	粘土分 %	細粒分FC (シルト分+粘土分) %			水平加速度 150gal	水平加速度 200gal	水平加速度 350gal
1.3	20	20	40	24.8	○	4	-	-
2.3	21	13	34	24.7	×	2	0.942	0.707
3.3	23	11	34	20.5	×	3	0.952	0.714
4.3	21	15	36	23.3	○	3	-	-
5.3	12	7	19	23.7	×	6	0.983	0.737
6.3	41	41	82	36.0	○	9	-	-
7.3	25	27	52	33.5	○	6	-	-
8.3	30	35	65	32.0	○	9	-	-
9.3	39	41	80	37.4	○	6	-	-
10.3	28	28	56	33.8	○	9	-	-

表-3 B2-2 地点の簡易液状化判定

B2-2		地下水位 GL=0.74m		棄却判定 ○:液状化対象外 ×:液状化対象	N値 (回)	液状化係数FL		
試料採取深度 (GL-m)	シルト分 %	粘土分 %	細粒分FC (シルト分+粘土分) %			水平加速度 150gal	水平加速度 200gal	水平加速度 350gal
1.3	27	20	47	25.8	○	5	-	-
2.4	17	11	28	7.2	×	5	1.310	0.982
3.8	18	8	26	7.0	×	5	1.079	0.810
4.3	13	5	18	NP	×	6	1.073	0.805
5.3	28	12	40	9.8	○	2	-	-
6.3	29	27	56	37.9	○	4	-	-
7.3	22	22	44	42.9	○	2	-	-
8.3	28	30	58	43.4	○	5	-	-
9.3	37	34	71	47.4	○	5	-	-
10.4	32	28	60	31.2	○	5	-	-

表-3 B2-3 地点の簡易液状化判定

B2-3		地下水位 GL=1.19m		棄却判定 ○:液状化対象外 ×:液状化対象	N値 (回)	液状化係数FL		
試料採取深度 (GL-m)	シルト分 %	粘土分 %	細粒分FC (シルト分+粘土分) %			水平加速度 150gal	水平加速度 200gal	水平加速度 350gal
1.3	37	36	73	33.3	○	2	-	-
2.3	17	5	22	NP	×	5	1.430	1.072
3.3	23	15	38	24.1	○	5	-	-
4.3	29	17	46	22.5	○	5	-	-
5.3	29	32	61	41.9	○	5	-	-
6.3	32	28	60	34.6	○	4	-	-
7.3	29	32	61	43.5	○	0	-	-
8.3	28	29	57	38.6	○	2	-	-
9.3	28	32	60	34.2	○	4	-	-
10.3	32	36	68	41.2	○	5	-	-

(2) 対策工の比較

3(1)で述べたように主な被災原因は、前回同様の液状化による不同沈下が生じたためである。2007年新潟県中越沖地震による被災状況は、2004年新潟県中越地震に比べ、比較的軽微であった。2004年新潟県中越地震では、B、Cランクと判定されて対策工を実施した宅地には異常は確認されず、対策工の効果が明らかとなった。しかし、建物調査で建物の傾斜が3/1000未満のAランクと判断され、対策を行わなかった3箇所でもBランクとなった。このことは、地震による建物の傾斜が許容値内でも、再液状化により許容値を上回る可能性が高いことを意味している。すなわち、液状化対策を施工しない場合は、その後の地震による変形を考慮した建物傾斜の余裕が必要であることが明らかとなった。また、周辺地盤の強度が上昇した際には、地盤の弱い部分に液状化の影響が生じやすくなることも考えられる。

今回、修復が必要と判定された宅地についても、建物自体の損傷程度は、不同沈下を除けば比較的軽微であるため、ジャッキアップ等によりレベルの修正を行えば、建物本体の補修はあまり発生しないものと考えられる。

(3) 対策効果の検証

2004年新潟県中越地震後の建物沈下対策効果を明らかにするために、2007年新潟県中越沖地震の各宅地毎の不同沈下量との比較を行った。建物室内の不

同沈下量は、建物外周に大きな変形が生じていないものを抽出して住民の了承を得て行った。

a) 鋼管圧入工法対策の効果

図-10は2004年新潟県中越地震後に鋼管圧入工法対策を行った箇所が再液状化した際の(a)建物外周の水切り天端と(b)建物室内の床レベルの不同沈下量の比較を2007年新潟県中越沖地震の直後に行ったものである。この図から不同沈下量は、2004年新潟県中越地震に比べ極端に小さくなっているのがわかる。また、表-5は、同様に最大沈下量の比較を一覧表にしたものである。その内でも、特に4号地は2004年新潟県中越地震では建物外周で最大46.2cm、建物室内でも最大39.0cmの不同沈下を生じていた。しかし、建物沈下修復対策後の2007年新潟県中越沖地震では建物外周で最大1.6cm、建物室内でも最大0.7cmと極端に小さく、建物室内が建物外周の値の1/2程度に抑制しているなどその沈下対策の効果が明らかとなった。

表-5 鋼管圧入工法対策前後の最大不同沈下量(cm)

地震 場所	新潟県中越地震		新潟県中越沖地震	
	外周	室内	外周	室内
1号地	12.5	11.8	2.0	1.0
3号地	7.3	—	1.0	—
4号地	46.2	39.0	1.6	0.7
5号地	21.0	—	0.9	—
7号地	7.4	7.4	0.9	0.6
10号地	22.9	—	0.7	—
13号地	15.3	14.9	1.5	0.9
14号地	5.1	—	0.7	—

b) 耐圧板工法対策の効果

図-11は2004年新潟県中越地震に耐圧板工法の対策を行った箇所が再液状化した際の(a)建物外周の水切り天端と(b)建物室内の床レベルの不同沈下量の比較を2007年新潟県中越沖地震の際に行ったものである。この図から不同沈下量は2004年新潟県中越地震に比べて小さくなっていることがわかる。また、表-6は、同様に最大沈下量の比較を一覧表にしたものである。5街区11号地と12号地の不同沈下量は、ほぼ同様の傾向を示しているが、その内でも、特に11号地は2004年新潟県中越地震では建物外周で最大5.1cm、建物室内でも最大4.0cmの不同沈下を生じていた。しかし、建物沈下修復対策後の2007年新潟県中越沖地震では建物外周で最大1.3cm、建物室内でも最大0.8cmと小さく、建物室内が建物外周の値の1/2程度に抑制しているなどその沈下対策の効果が明らかとなった。

表-6 耐圧板工法対策前後の最大不同沈下量(cm)

地震 場所	新潟県中越地震		新潟県中越沖地震	
	外周	室内	外周	室内
11号地	5.1	4.0	1.3	0.8
12号地	3.4	3.3	1.2	0.8

c) 外構補修対策の効果

図-12は2004年新潟県中越地震に外構補修の対策

を行った箇所が再液状化した際の(a)建物外周の水切り天端と(b)建物室内の床レベルの不同沈下量の比較を2007年新潟県中越沖地震の際に行ったものである。この図から不同沈下量は、2004年新潟県中越地震と2007年新潟県中越沖地震とほぼ1:1の関係にあることが分かる。また、表-7は、同様に最大沈下量の比較を一覧表にしたものである。その内でも、特に5街区6号地は2004年新潟県中越地震では建物外周で最大2.8cm、建物室内でも最大2.3cmの不同沈下量に対して、建物沈下修復対策後の2007年新潟県中越沖地震でも建物外周で最大2.6cm、建物室内でも最大2.4cmと沈下対策の効果はなく、同様の沈下量となっていることが明らかとなった。

表-7 外構補修対策前後の最大不同沈下量(cm)

地震 場所	新潟県中越地震		新潟県中越沖地震	
	外周	室内	外周	室内
6号地	2.8	2.3	2.6	2.4
8号地	0.3	—	0.5	—
9号地	0.8	0.7	1.6	0.7
15号地	1.3	—	1.5	—

d) 表層改良効果の検証

2004 年新潟県中越地震以前の建物築造時には、ハウスメーカーによるスウェーデン式サウンディングの結果、5 街区において、3 号地で 50 cm の、8 号地で 100 cm の表層改良が、支持力不足対策として行われていた。表-8 に示すように 3 号地の 50 cm の表層改良では 2004 年新潟中越地震による建物外周の最大不同沈下量は、7.3 cm と大きく、対策工が鋼管圧入工法となっている。一方、8 号地では、表-8 に示すように 100 cm の表層改良しかしていないが、2004 年新潟県中越地震で 0.3 cm、2007 年新潟県中越沖地震で 0.5 cm と建物に対する影響が極端に小さいことが明らかとなった。ただし、表層改良をしていない周辺では噴砂現象が見られるなど、建物の敷地の表層改良部の深度では液状化していると予想される。

表-8 各地震による建物外周の最大沈下量(cm)

地震 場所	改良厚	新潟県中越地震		新潟県中越沖地震	
		沈下量	対策工法	沈下量	対策方法
3号地	50	73	鋼管圧入工法	1.0	外構補修
8号地	100	0.3	外構保補修	0.5	外構補修

e) 各対策効果の検証

図-13 は各建物沈下修復対策前後の不同沈下量の比較を行ったものである。外構補修はその効果がほとんどなく、 $y = x$ の 1:1 の比例関係にあり、無処理と同等である。耐圧板工法は建物外周、建物室内の両方とも $y = 0.22x$ とその効果が外構補修よりも 1/5 程度に低減されている。鋼管圧入工法は、さらにバラツキが多いが、建物外周で $y = 0.039x$ 、建物室内で $y = 0.022x$ と外構補修よりも約 1/26~1/45 程度に低減されていることが明らかとなった。

また、2004 年新潟県中越地震以前の建物築造時に

ハウスメーカーが表層改良を行った箇所については、改良厚さが 50 cm の場合は抑制効果しかないが、100 cm の場合は極端に不同沈下量が少なくなり十分な効果が明らかとなった。

6. まとめ

現在、建物沈下修復対策については、小規模建築物基礎設計指針⁵⁾によりいくつかの工法が紹介されている。しかし、その工法の具体的な効果については記載されていない。

2004 年新潟県中越地震の液状化で被災した長岡ニュータウン中央地区で、建物沈下修復対策を行った同じ箇所が 2007 年新潟県中越沖地震で再液状化した。本論文では、これら 2 つの地震による宅地地盤被害の特徴および、変状がある箇所について建物内外のレベル測定機器等を用いた詳細な建物調査を行い、その建物沈下修復対策の効果を分析した。その結果、建物沈下修復対策を十分に行ったものほどその後の耐震性が確保していることが明らかとなった。

不同沈下量に対する対策の効果は、無処理に対して以下ようになった。

- ①外構補修は、ほとんど効果がない。
- ②耐圧板工法は、約 1/5 程度に低減できた。
- ③鋼管圧入工法は、約 1/25~1/45 程度に低減できた。

この他に表層改良工法が 2004 年新潟県中越地震以前の建物築造時に施工されたが、改良深さが 50 cm 程度ではその効果は少ないが、100 cm 程度であれば、2004 年新潟県中越地震および 2007 年新潟県中越沖地震においても、被害が外構補修に溜まっているなど建物に対する影響が極端に少なく十分な効果があることが明らかとなった。

今後の教訓としては、宅地防災に関する技術指導として宅地防災マニュアル⁶⁾が最も広く活用されているが、さらに以下のことについても追加検討し、見直しが必要である。

①宅地造成上の配慮

宅地造成では、高盛土部であっても砂質土を含んだ粗粒分優勢箇所をレンズ状やシーム状に分布させないよう配慮する必要がある。

②地下水低下工法の導入

高盛土においては、これまで以上に地下水を低下させる暗渠工法や水平排水層を設ける必要がある。

③宅地地盤の液状化検証の強化

宅地地盤の性能は、いわゆる品確法⁷⁾ができ、液状化層の検証も行われることになっているが、現実的にはスウェーデン式サウンディングの地耐力評価が主体で、地下水の推定に基づく液状化検討が行われていない。都市再生機構宅地地盤性能評価基準(案)⁸⁾のように詳細な基準化を図る必要がある。今後、液状化マップ⁹⁾に加えて簡易的な検討が望まれる。

参考文献

- 1) 釜井俊孝ほか：2004. 10. 23. 新潟県中越震調査速報，日本地すべり学会，2004. 11.
- 2) 橋本隆雄，宮島昌克：2004 年新潟県中越地震による液状化が発生した高盛土上宅地地盤条件の分析，土木学会地震工学論文集，Vol. 28，No. 160，CD-ROM，2005. 8
- 3) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，pp. 62，2001. 10.
- 4) 都市基盤整備公団：宅地耐震設計マニュアル(案)，pp. 27～28，2008. 4
- 5) 日本建築学会：小規模建築的基礎設計指針，pp. 253～267，2008. 2，
- 6) 建設省民間宅地指導室監修：宅地防災マニュアル，2007. 12
- 7) 住宅の品質確保の促進等に関する法律：2000. 4.
- 8) 都市基盤整備公団：宅地地盤性能評価基準(案)，pp. 2-13～2-17，2002. 5.
- 9) 若松加寿江：日本の地盤液状化地点分布図，東海大学出版会，1991.

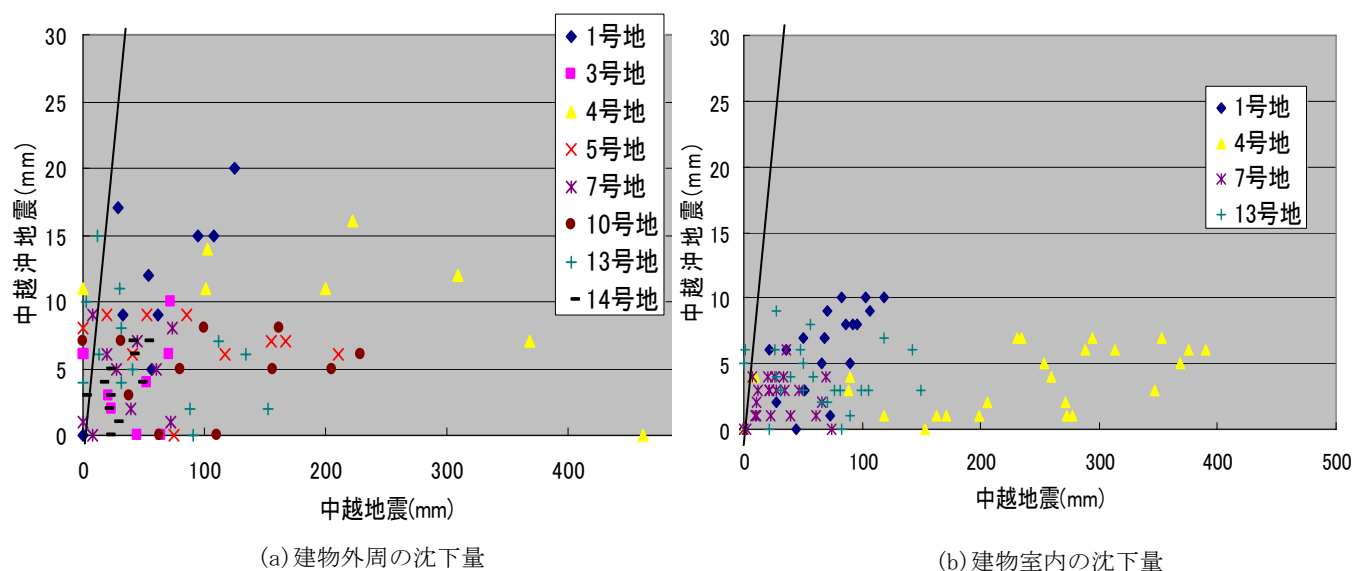


図-10 鋼管圧入工法対策前後の不同沈下の比較

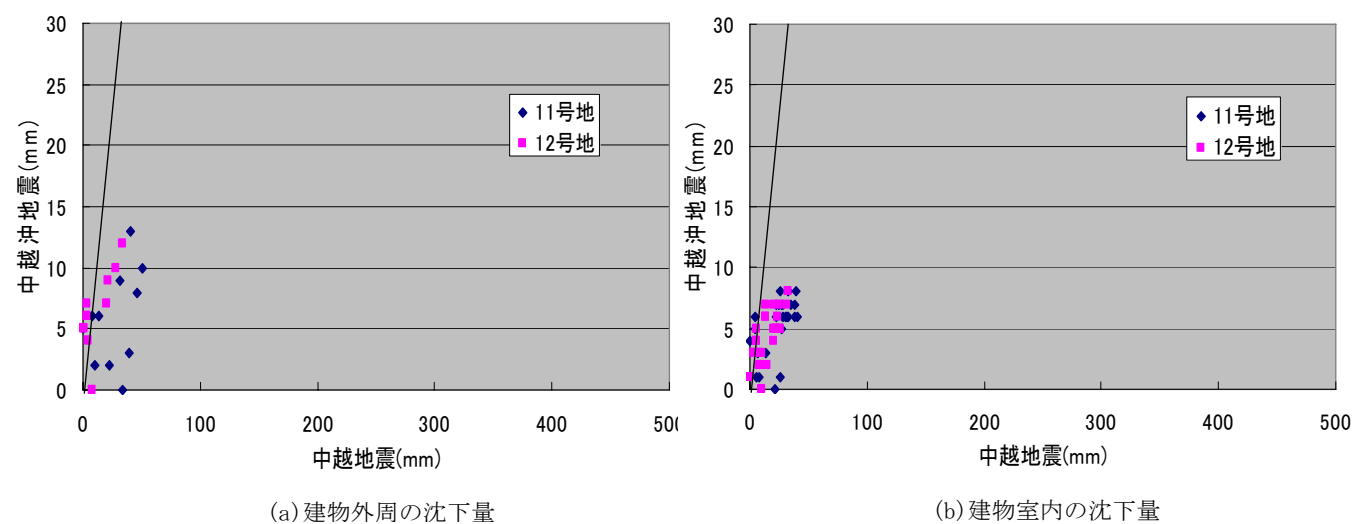


図-11 耐圧板工法対策前後の不同沈下量の比較

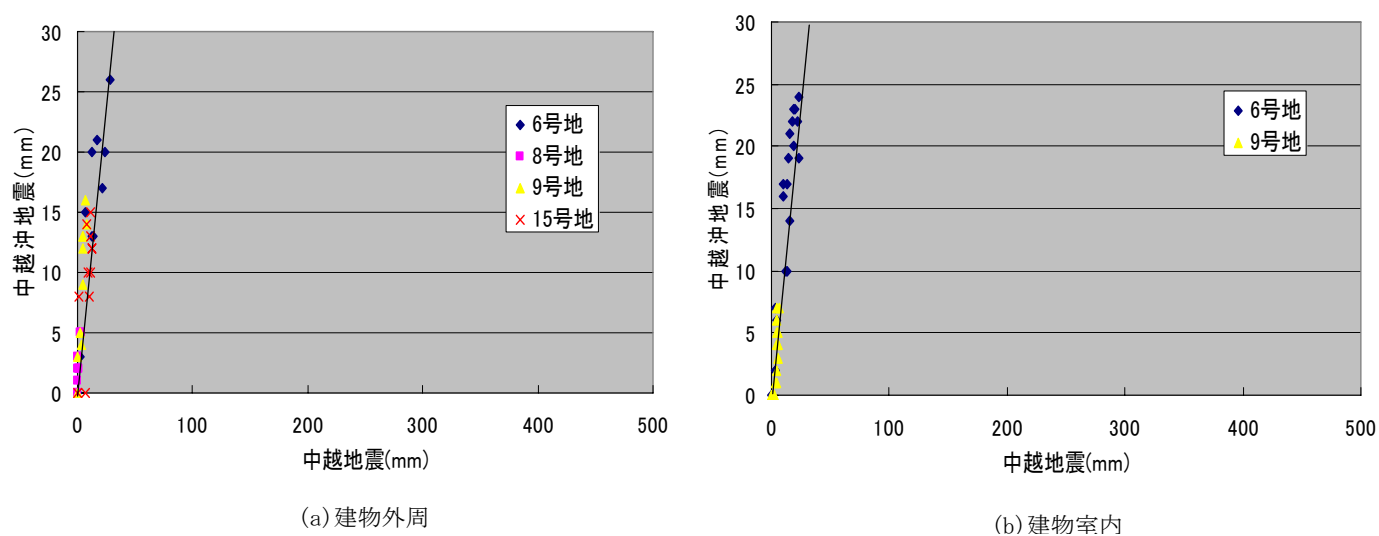
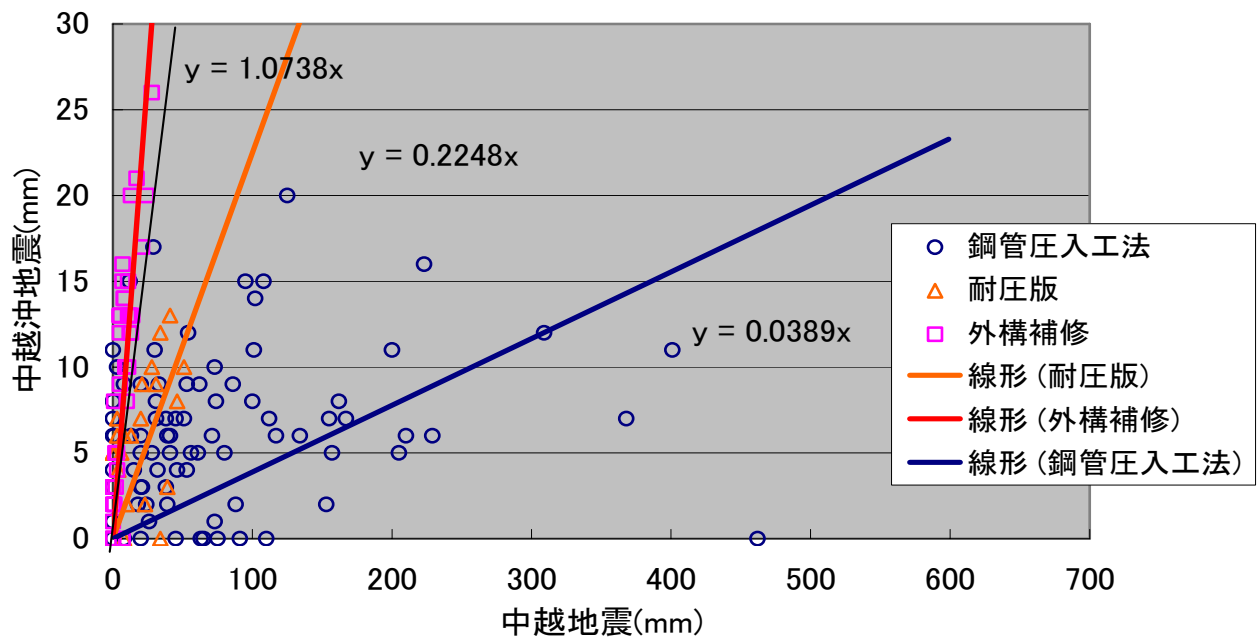
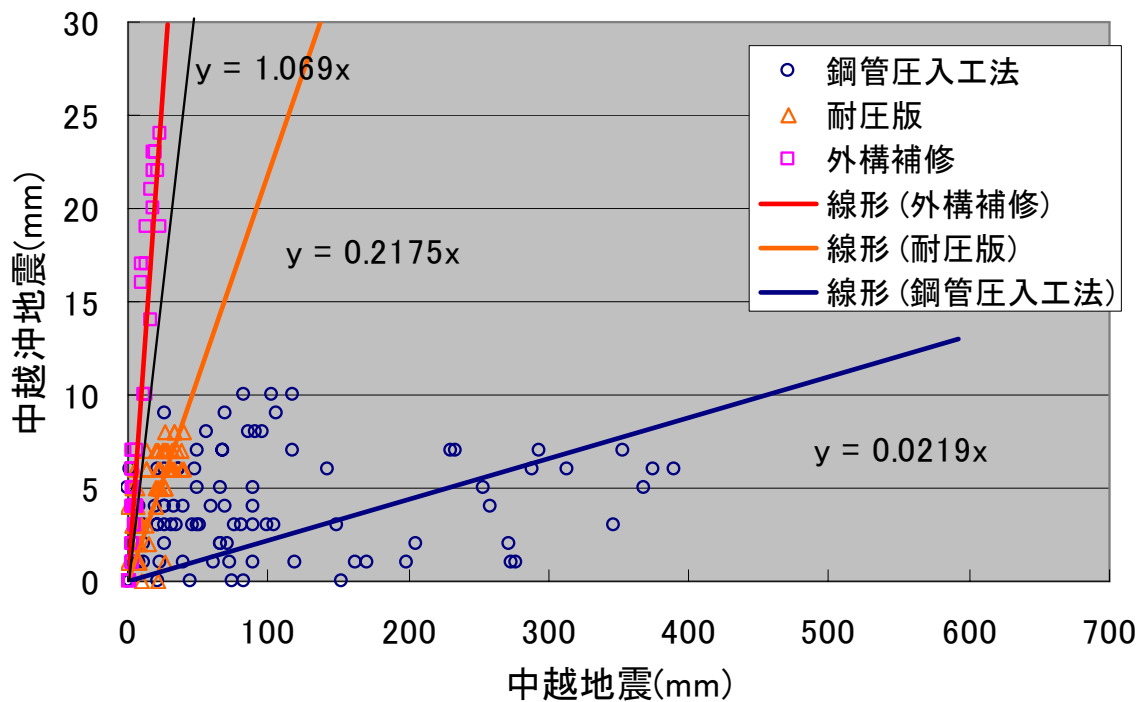


図-12 外構補修対策前後の不同沈下量の比較



(a) 建物外周



(b) 建物室内

図-13 各建物沈下修復対策効果の比較

VERIFICATION OF EFFECT OF COUNTERMEASURES FOR SUBSIDENCE OF HOUSES AFTER RE-LIQUEFACTION IN THE 2007 NIIGATA-KEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE

Takao HASHIMOTO and Masakatsu MIYAJIMA

The paper is focusing on the effect of countermeasures for subsidence of houses due to earthquake. Residential land of high embankment in Nagaoka New Town was suffered severe damage in the 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake. Many houses were damaged by subsidence of residential land induced by soil liquefaction. Countermeasures for subsidence of houses were done after the earthquake. Re-liquefaction occurred at the same areas in the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki Earthquake. The detailed survey for the residential land and damage to houses were done after the earthquake and the effects of the countermeasures were discussed