地盤事故・災害における
法地盤工学問題ワークショップ

「工事振動による近接建物への影響について」
（訴訟事件事例）

タカヘイ建築技術研究所
高幣　喜文

建築学会の司法支援活動について

1．専門家の支援活動の在り方と特色

① 調停委員：裁判官・法律家と組みチームで対応（話合いで解決）
② 専門委員：裁判所のアドバイザー（専門的事項を客観的に説明）
③ 鑑定人：専門家として中立・公正な判断を提示（証拠資料となる）

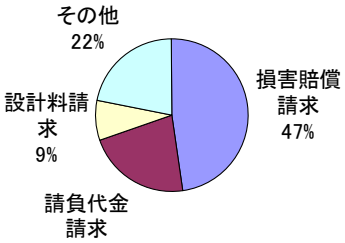
2．委員活動の悩ましい原則：当事者主義、弁論主義

3．当事者（個人住宅の場合）の例

① 素人（持主）＆専門家（設計者・工事業者）
② 専門家（支援専門家）＆専門家（設計者・工事業者）

司法支援建築会議の調停実績報告書概要

（日本建築学会司法支援建築会議ホームページ「櫻井一弥氏報告」より）

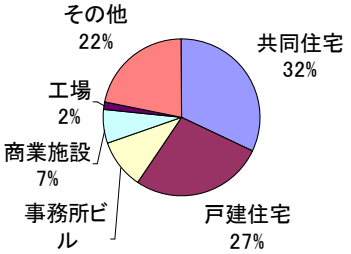


① 損害賠償事件が多い。

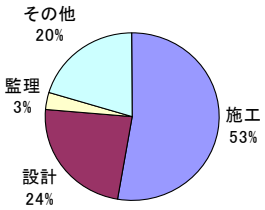
② 住宅関係が多い。

③ 施工関係が多い。

① 事件の内容



② 建築種別

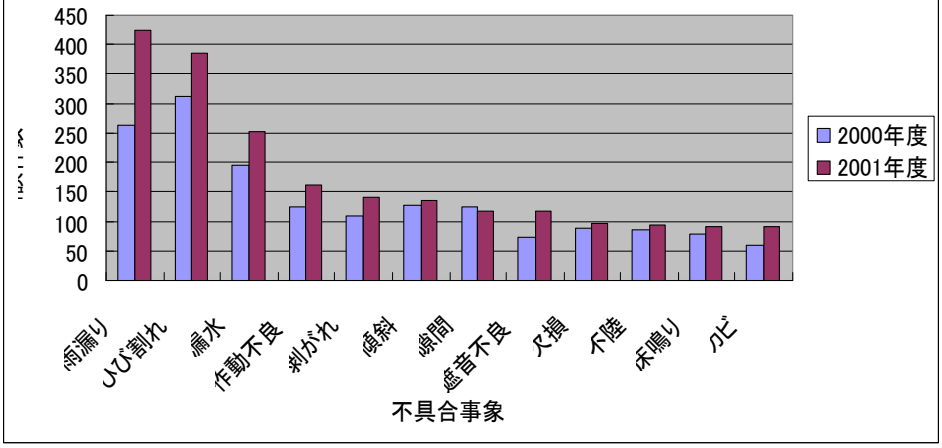


③ 瑕疵の原因

相談の多かった住宅の不具合事象

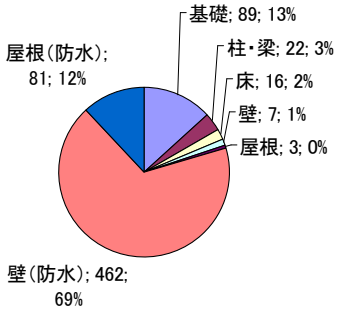
（財）住宅リフォーム・紛争処理支援センターのホームページより

図2. 2.4 相談の多かった不具合事象

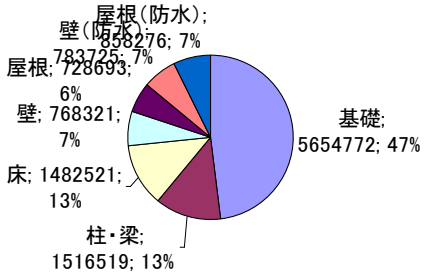


住宅性能保証制度における保証実績

（財）住宅保証機構平成19年度データブック（平成18年度実績）より



① 部位別支払い件数



② 部位別平均支払い額（円）

5

地盤・基礎に関係する紛争事例の分類

① 調査・設計不備	盛土・埋土地盤	盛土自身・下部粘土
	擁壁背面地盤	転圧不足・切盛地盤
	自然の軟弱地盤	軟弱粘土・腐食土層
② 近接施工被害	地下掘削	掘削・地下水位低下
	杭工事	鋭敏粘土・杭密度
	周辺盛土・荷重	盛土・増荷重の影響
③ 工事振動被害	解体工事	上階・地下躯体解体
	重機走行	ダンプ・ブル等々
	杭等の基礎工事	掘削・打込・障害物

宅地造成工事による近隣家屋への影響に関する訴訟事例

事案の概要

原告：新旧の2階建て住宅の所有者
被告：住宅に隣接する竹薮丘陵地を宅地に造成する土木工事業者
工事概要：東西180m、南北155mの面積を開発し、宅地120戸、公園、道路等の造成
重機・ダンプの走行やブロック塀の解体による振動、擁壁工事による影響等で建物に被害が生じたとして、約2000万円の損害賠償を請求した事件

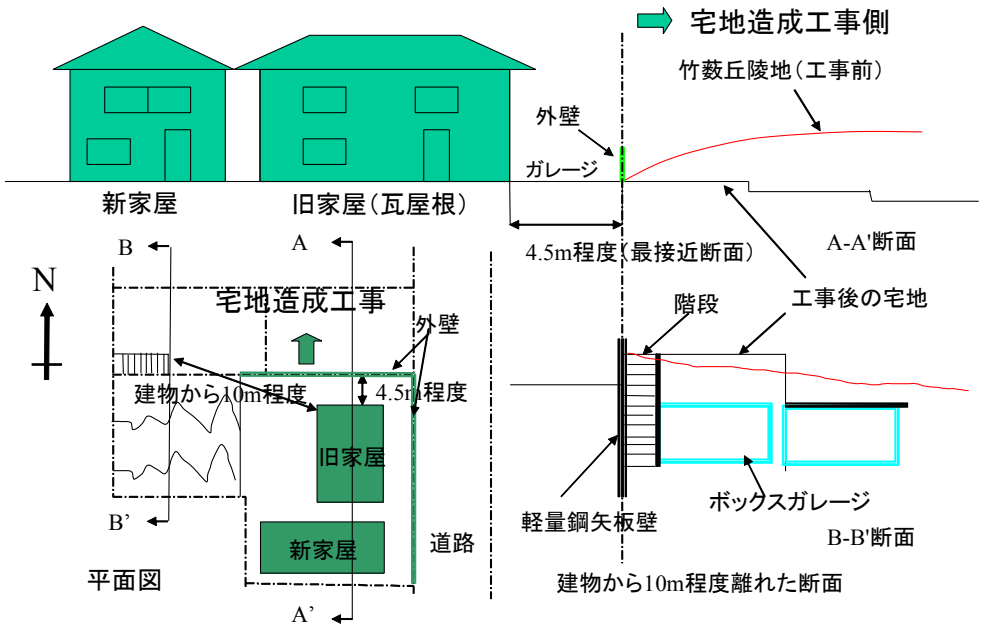
原告の主張

1. 外壁：瓦ズレ、隙間、亀裂発生
2. 旧家屋：瓦ズレ、割れ、浮き、漆喰落ち、内部造作隙間、雨漏り等々
3. 新家屋：外壁亀裂、内部造作、建具・壁・天井・床隙間、クロス剥がれ等々

被告の主張

1. 不具合は日常よく見られる程度
2. 地震のゆれ、施工不良、材料の収縮、荷重による歪み、短期的外力による歪み、経年劣化等が考えられ、本件被害の原因を特定できない

建物配置と工事の位置関係



震度階と加速度・振動レベルの目安

震度	加速度		振動レベル	
6弱	250gal以上		105dB以上	大地震相当
5強	250gal以下		105dB以下	
5弱	80gal以上		95dB以上	中地震相当
4	25～80gal		85～95dB	
3	8～25gal		75～85dB	工事振動相当

9

工事振動の影響評価の課題

因果関係の立証が難しい（立証責任を求め難い）

1. 地震に比べて振動のレベルが低い
2. 振動は継続し、騒音も加わり居住者の生理的影響大
3. 発生する振動の大きさが不明確（再現調査は不可能）
4. 建物への影響に関するデータが少ない（データベース蓄積）
5. 判断基準が未整備

⇩

専門家による因果関係の調査（調査嘱託）

蓋然性説による立証

因果関係の立証方法

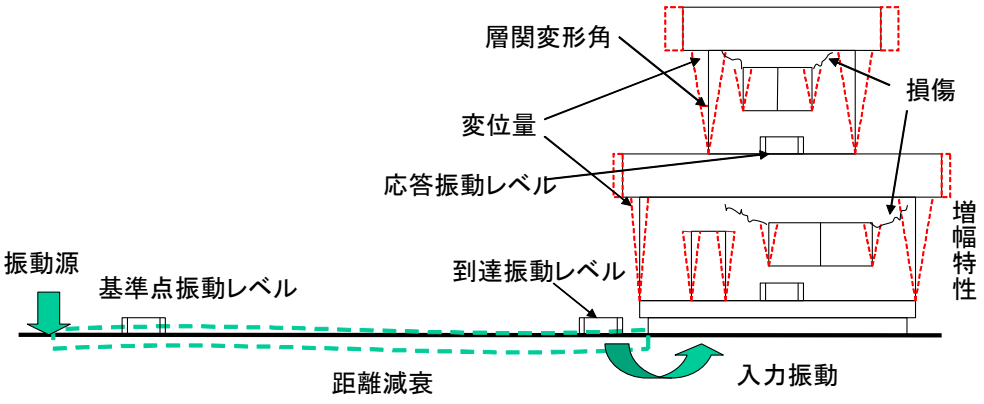
1. 一点の疑義も許さない自然科学的証明
2. 経験則を用いた高度な蓋然性の証明

経験則を用いた高度な蓋然性による立証
（疫学四原則：「新・現在損害賠償法口座1総論」）

1. 時間的相関性：要因と被害の時間的相関性の有無
2. 質的な相関性：要因と被害の内容（類似例）の相関性の有無
3. 量的な相関性：要因と被害の程度に量的（位置・規模）関係
4. 原因と結果の関連性：メカニズムが矛盾無く説明できる

振動被害のメカニズム

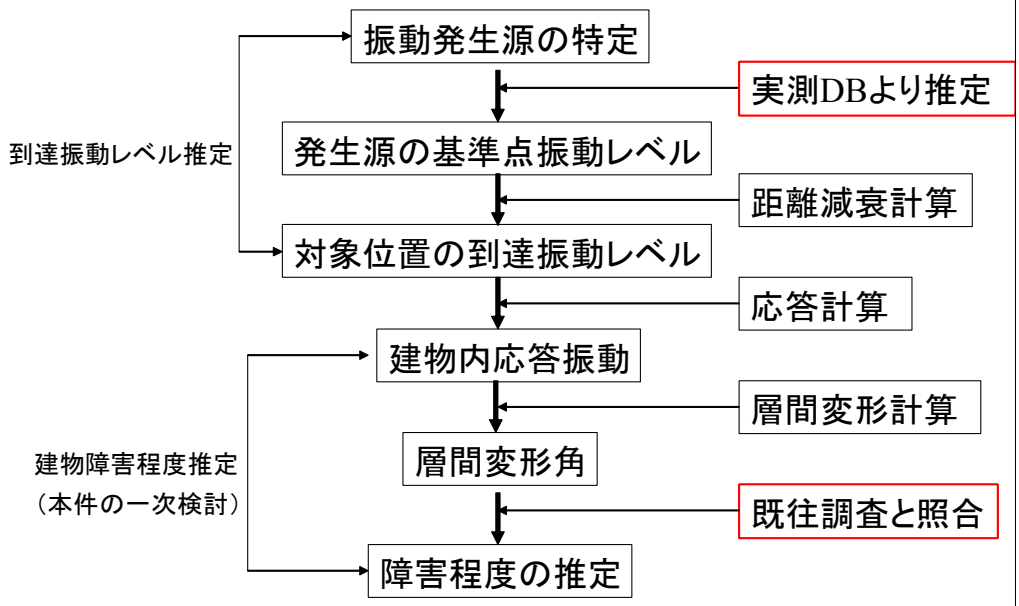
振動の伝播と建物の揺れ



$$Lvr = Lvr_0 - 20\log_{10}(r/r_0)^n - 8.68\alpha(r - r_0)$$

12

障害程度の検討手順



13

工事振動の実測例（中央建鉄資料より）

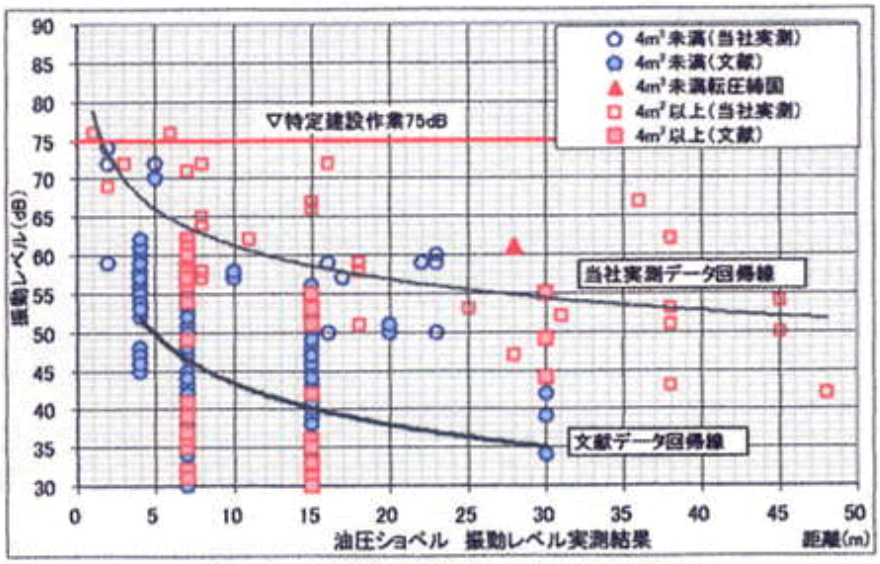
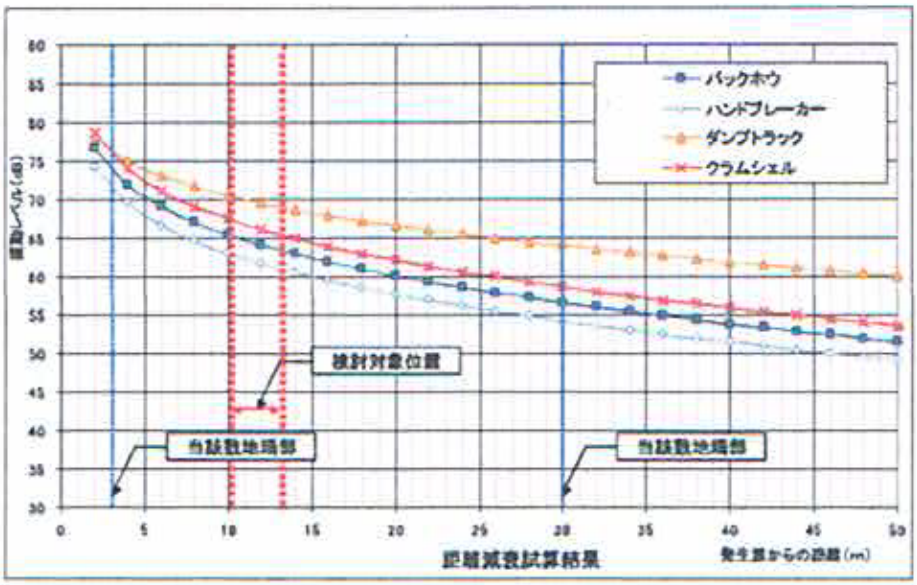


図-1　重機の大きさによる違い

14

距離減衰式から到達振動レベルの推定例（中央建鐵資料より）



15

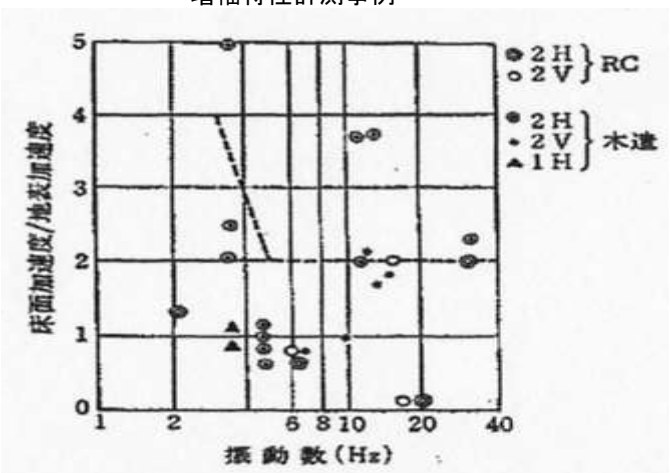
建物内の振動の増幅特性

1.木造住宅では、地表面の振動レベルに較べて建物内では共振して増幅する傾向がある（図参照）。

2.特に、水平方向の振動は、人が敏感な鉛直方向の振動（公害振動計はこの値を計測）より大きく増幅する。

3.共振は伝播する振動の周期と建物の固有周期が一致すると起こる。

増幅特性計測事例



16

相関変形角と振動障害の関係例（中央建鉄資料より）

ランク		屋根	外壁	天井	内壁(塗)	タイル	内壁(張)	建具	層間変形角
ランク0	頻度	発生しない	発生しない	発生しない	発生しない	発生しない	発生しない	発生しない	～0.5/1000rad
	内容								
	程度								
ランクS	頻度	わずか	多い	まれ	一部	少数	少数	発生しない	～3/1000rad
	内容	棟の漆喰剥落	開口部の亀裂が殆ど	ボードの隙間	亀裂・剥離が殆ど	亀裂・目地切れ	亀裂と隙間		
	程度	軽微	大部分が1～2箇所	軽微	大部分が1室	軽微、殆どが1面	殆どが1室		
ランク1	頻度	わずか	殆ど		多い	多い	一部	発生しない	～5/1000rad
	内容	瓦のズレ	大部分が2面以上	同上	亀裂・隙間が殆ど	亀裂・目地切れ	亀裂と隙間		
	程度	軒瓦数枚程度	多くが面単位の補修		多くが2室以上	殆どが1面	多くが2室以上		
ランク2	頻度	少数	殆ど	わずか	殆ど	殆ど	かなり	一部	～10/1000rad
	内容	瓦のズレ	殆どが2面以	ボードの隙間	亀裂と剥離	多くが剥離	亀裂と剥離	大部分が隙間	
	程度	枚数多い	大部分が2面以上の補修	軽微	多くが2室以上	かなりが2面以上	多くが2室以上	殆どが1箇所	
ランク3	頻度	一部	全て		殆ど	殆ど	多い	かなり	～15/1000rad
	内容	瓦のズレ	多くが全面に亀裂	同上	大部分が亀裂	殆どが亀裂	亀裂と隙間	殆どが開閉不良	
	程度	枚数多い	全てが2面以上の補修		大部分が2室以上	殆どが2面以上	多くが2室以上	多くが2箇所以上	
ランクL	倒壊の危険								15/1000rad～

頻度表記凡例

表記	まれ	わずか	少数	一部	かなり	多い	大部分	殆ど
発生率	1%以下	5%程度	10%程度	20%程度	30%程度	50%程度	70%程度	80%以上

17

気象庁震度階と建物内外の状況（東京都建設局「工事に伴う環境調査要領」より）

表 1-1　気象庁震度階級 1)　（上段　振動ﾚﾍﾞﾙ単位：dB　下段　加速度単位:gal）

震度階	人間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	RC 造建物	地盤・斜面	振動ﾚﾍﾞﾙ 加速度
0	人は揺れを感じない。						55 以下 0～0.8
I	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。						55～65 0.8～2.5
II	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が目を覚ます。	電灯などの吊り下げ物がわずかに揺れる。					65～75 2.5～8
III	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。恐怖感を覚える人がいる。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。				75～85 8～25
IV	かなりの恐怖感があり、一部の人は身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが目を覚ます。	吊り下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れる事がある。	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自転車を運転していて、揺れに気付く人がいる。				85～95 25～80
V（弱）	多くの人が、身の安全を図ろうとする。一部の人は、行動に支障を感じる。	吊り下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の多くが倒れ、家具が移動する事がある。	窓ガラスが割れて落ちる事がある。電柱が揺れるのがわかる。補強されていないブロック塀が崩れることがある。道路に被害が生じる事がある。	耐震性の低い住宅では壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では壁等に亀裂が生じるものがある。	軟弱な地盤で、亀裂が生じる事がある。 山地で落石、小さな崩壊が生ずる事がある。	95～105 80～250
V（強）	非常な恐怖を感じる。多くの人が行動に支障を感じる。	棚にある食器類、書棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちる事がある。タンスなどの重い家具が倒れる事がある。変形によりドアが開かなくなることがある。一部の戸が外れる。	補強されていないブロック塀の多くが崩れる。据付が不充分な自動販売機が倒れる事がある。多くの落石が倒れる。自動車の運転が困難となり、停車する車が多い。	耐震性の低い住宅では壁や柱がかなり破損したり傾くものがある。	耐震性の低い建物では壁、梁、柱等に大きな亀裂が生じるものがある。 耐震性の高い建物でも、壁等に亀裂が生じるものがある。		
VI（弱）	立っていることが困難になる。	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなるドアが多い。	かなりの建物で壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。	耐震性の低い住宅では倒壊するものがある。 耐震性の高い住宅でも壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では壁や柱が破損するものがある。耐震性の高い建物でも、壁、梁、柱等に大きな亀裂が生じるものがある。	地割れや山崩れなどが発生することがある。	105～109 250～400
VI（強）	立っていることが出来ず、這わないと動くことが出来ない。	固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある。	多くの建物で壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。	耐震性の低い住宅では倒壊するものが多い。 耐震性の高い住宅でも柱がかなり破損するものがある。	耐震性の低い建物では破壊するものがある。耐震性の高い建物でも壁や柱が破損するものがかなりある。		
VII	揺れに翻弄され、自分の意思で行動できない。	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。	ほとんどの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されているブロック塀も破損するものがある。	耐震性の高い住宅でも傾いたり、大きく破壊するものがある。	耐震性の高い建物でも傾いたり、大きく破壊するものがある。	大きな地割れ、地すべりや山崩れが発生し、地形が変ることもある。	109 以上 400 以上

18

気象庁震度階と振動レベル及び振動の程度

気象庁震度階	加速度 (cm/s²)	振動加速度レベル (dB)	振動レベル (dB)	振動速度 (mm/s)	呼び名	地震動の程度
0	0.8以下	55以下	49以下	0.11以下	無感	地震計に感じるが，人体には感じない
I	0.8～ 2.5	55～ 65	49～58	0.11～ 0.3	微震	静止の人，または地震に特に敏感な人の感じる程度
II	2.5～ 8.0	65～ 75	58～67	0.3～ 0.8	軽震	一般の人々が感じ，戸障子がわずかに動く
III	8.0～ 25.0	75～ 85	67～77	0.3～ 2.4	弱震	家屋が動き，戸障子が鳴り，振子時計が止まり，電灯のようなつり下げ物および器中の水面の動くのが分かる
IV	25.0～ 80.0	85～ 95	77～86	2.4～ 6.2	中震	家屋が激しく動き，座りの悪い器物は倒れ，八分目ぐらいに入った器物の中の水があふれる
V	80.0～250.0	95～105	86～96	6.2～17.2	強震	壁にき裂ができ墓石，石灯ろう等が倒れ，煙突や土蔵等に破損ができる
VI	250.0～400.0	105～109	96～99	17.2～25.7	烈震	家屋が倒壊し，山くずれ等が起こり，平地にき裂ができる
VII	400以上	109以上	99以上	25.7以上	激震	建物がほとんど破壊し，物体が投げだされ，地平線に波状の変化が見られる

（注） 加速度（cm/s²）と振動レベル（dB）との換算は鉛直振動を対象とし，振動数が 4～8 Hz と仮定した。加速度値はピーク値で表している。

（気象庁資料）

19

MSK震度階級と建物被害（「地盤振動と対策」江島淳、S57年4月、産業図書）

表 1-3　MSK 震度階級と建物の被害 [3)]

震度階	地動最大加速度（暫定）	建物被害程度 A型建物	建物被害程度 B型建物	建物被害程度 C型建物
MSK V	12.5~25 cm/sec² 目が覚める程度	少し被害が出ることあり		
VI	25~50 cm/sec² 驚かされる程度	多くに等級１の被害 少数に等級２の被害	僅かに等級１の被害	
VII	50~100 cm/sec² 建物に被害が出る	大部分に等級３の被害 僅かに等級４の被害	多くに等級２の被害	多くに等級１の被害
VIII	100~200 cm/sec² 建物が破壊される	大部分に等級４の被害 幾らかは等級５の被害	大部分に等級３の被害	大部分に等級２の被害 少数に等級３の被害
IX	200~400 cm/sec² 建物に大被害	多くは等級５の被害	多くは等級４の被害 等級５のもののでる	多くは等級３の被害 等級４のもののでる
X	400~800 cm/sec² 建物は崩壊	大部分完全に崩壊	多くは等級５の被害	多くは等級４の被害 少数は等級５の被害

構造物の形式

A 型建物	自然石積建物田舎式造 アドベ　粘土の家屋
B 型建物	煉瓦造・CB・プレハブ造 並木造・石造り
C 型建物	RC 造・上等の木造

数量

わずか～少数	約 5%
多く	50%
大部分	70%

建物被害

等級１	小被害	漆喰壁小ひび割れ、壁が僅かに落ちる
等級２	かなりの被害	漆喰壁小ひび割れ、壁からかなり大きな漆喰落ちる。さん瓦もずり落ちる。煙突にひび割れ一部落下。
等級３	大被害	壁に大きなひび割れ、煙突の崩壊
等級４	倒壊	壁にさけ目、建物部分崩壊、内壁崩壊
等級４	全壊	

20

振動による建物の被害限界

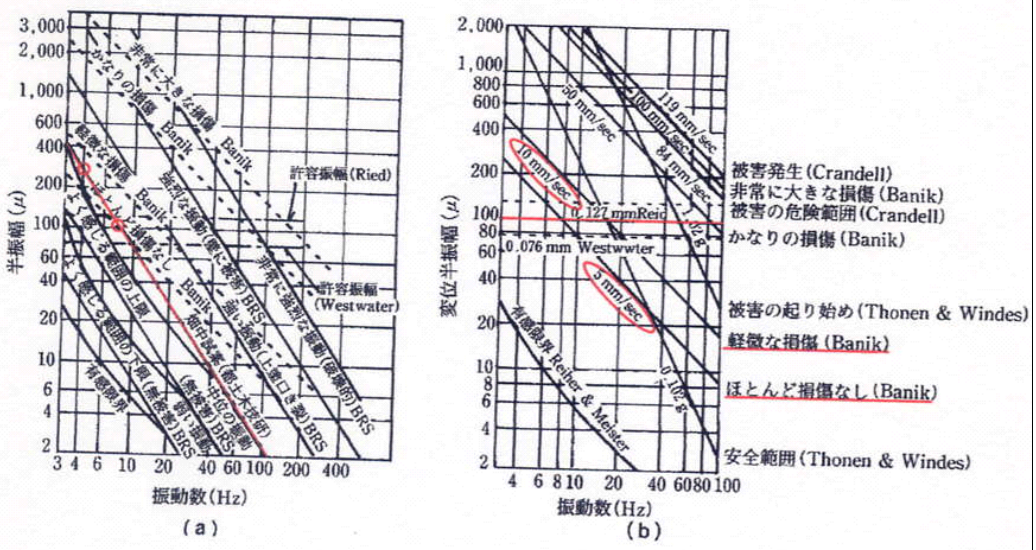


図 2-2　振動による建物の被害限界（畑中）6)

21

振動速度値と被害の関係

表 2-1　振動速度値と被害との関係（langefors）7)

v/V	家屋被害損傷の状況	cm/sec※
1.0	しっくいが落ちる事はあるがクラックは入らない	0.3
1.7	クラックの形跡はない	0.5
2.5	目立ったクラックはない	0.75
3.3	些細なクラックが発生し壁土の崩落が起こる	1.0
5	クラックが発生する	1.5
7.5	大きなゆゆしきクラックが発生する	2.25

v：kine=cm/sec　V：地盤伝播速度（km/sec）

※地盤伝播速度 300m/sec(表土相当)の振動速度を追記

（「発破振動の周辺への影響と対策」S59年9月、雑喉謙、鹿島出版会より）

22

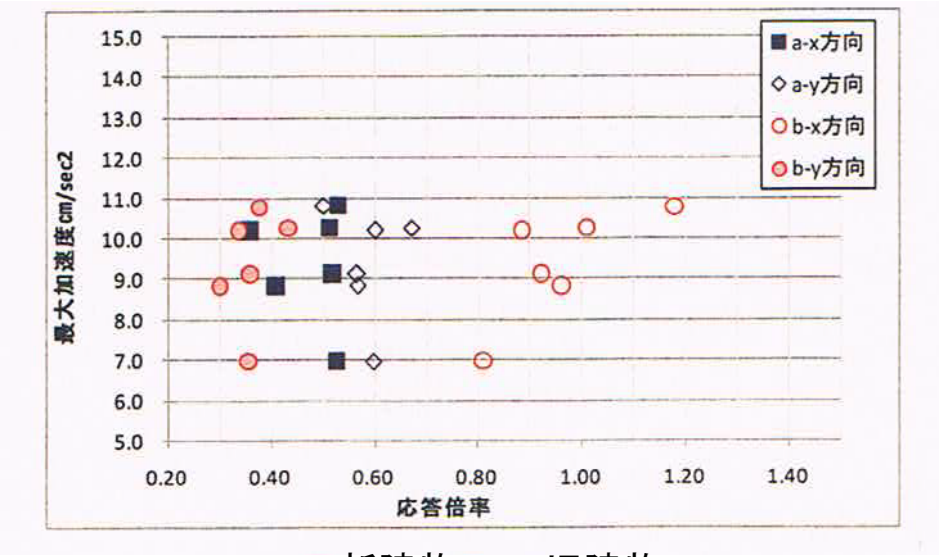
工事振動レベルの損傷判定の目安（損傷発生下限）

レベル	損傷度	健全度	加速度	振動レベル
Ⅰ	仕上材等の状況で何らかの損傷が生じる	低い	7.5gal	78dB
Ⅱ	脆弱な建物に損傷が生じる下限値	↓	12.5gal	82dB
Ⅲ	普通の建物の被害発生限界	↓	25gal	88dB
Ⅳ	一般建物の被害発生限界	高い	38gal	92dB

中央建鉄（株）中央技術研究所　技術情報資料集より

23

新旧建物の加速度と応答倍率実測結果



a:新建物　　b:旧建物

24

損傷の種類と被害の分類結果（一次検討結果）

本件における損傷の種類

1.慣性力による損傷：加速度×質量が部材の付着力を上回る場合
2.微小変形に伴う損傷：層間変形に伴う亀裂や隙間等の損傷
3.地盤沈下被害：基礎の不同沈下による損傷

損傷箇所の被害分類結果

分類	損傷の例	被害の可能性	箇所数
①	瓦のズレなど	○	34
②	造作材の剥がれなど	×	7
③	造作材等の仕口及び壁の隙間など	△	65
④	異種部材の接合部など	○	14
⑤	外壁の亀裂など	○	5
⑥	ブロック塀の損傷など	△	7
⑦	地盤の沈下など	×	19
⑧	土留めの隙間など	○	3
⑨	部材の劣化など	×	2
⑩	瓦の割れや桟瓦のズレなど	×	8
⑪	取り付け具合など	×	5
⑫	雨漏りなど	△	4

25

本件の結論

調査嘱託

1．調査は1次検討と2次検討に分けて計画
2．１次：中間調査と現状の対比、建物の振動特性調査
3．２次調査：工事振動レベルの予測も加えて最終判断

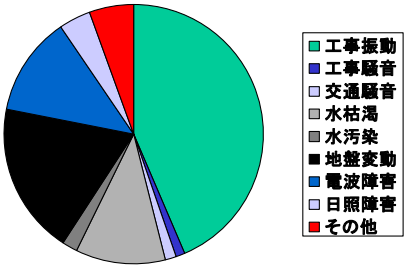
１次検討の結果

1．中間調査結果と大きな変化は認められない
2．ダンプトラック段差走行による建物の応答倍率は増幅無し

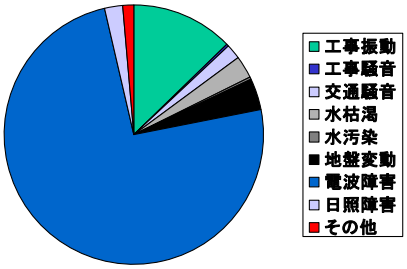
調査嘱託に基づく裁判所の判断
工事振動を原因として生じたものと認めるに足りない

平成16年度事業損失実態調査集計結果（国交省資料）

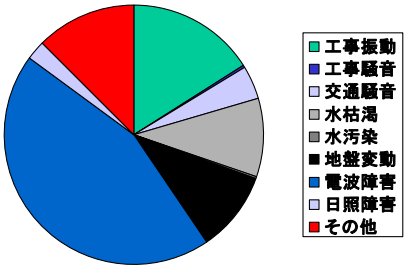
処理件数



被補償者数



補償金額



1．件数：工事振動（43.7%）、地盤変動（18.9%）、電波障害（12.6%）

2．被補償者数：電波障害（74.4%）、工事振動（12.9%）、地盤変動（4.0%）

3．保証金額：電波障害（44.6%）、工事振動（16.0%）、地盤変動（10.0%）

（用地ジャーナル60：2005年3月号より）

おわりに

工事振動の影響評価について

① 公共工事では事業損失補償基準等で基準化

② 民間工事では判断基準がなく、問題になることが多い

③ 被害予測や事前調査が重要である

④ データ蓄積による判断基準の確立が課題