

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(話し合いで解決)
- 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)

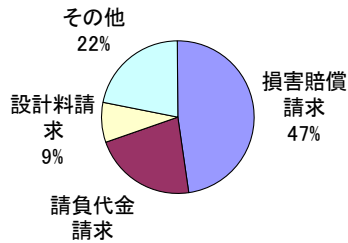
2. 委員活動の悩ましい原則: 当事者主義、弁論主義

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)

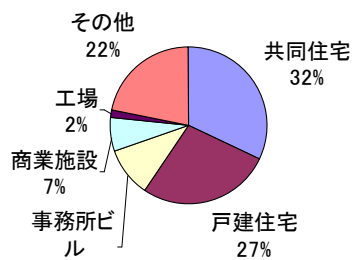
司法支援建築会議の調停実績報告書概要

(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)

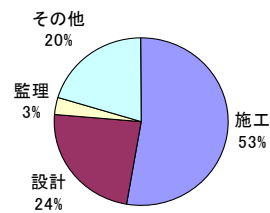


- ① 損害賠償事件が多い。
- ② 住宅関係が多い。
- ③ 施工関係が多い。

① 事件の内容



② 建築種別

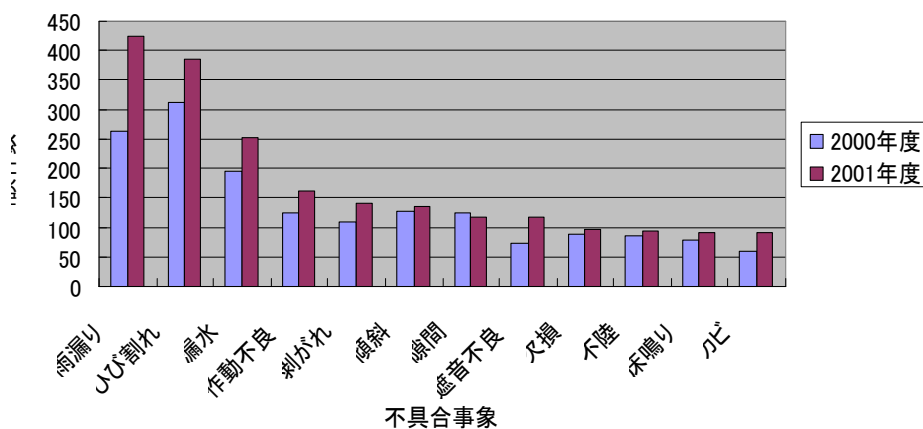


③ 瑕疵の原因

相談の多かった住宅の不具合事象

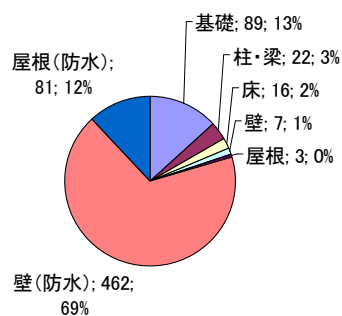
(財)住宅リフォーム・紛争処理支援センターのホームページより

図2. 2.4 相談の多かった不具合事象

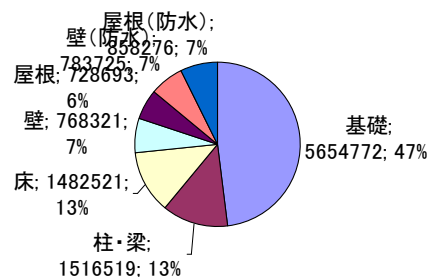


住宅性能保証制度における保証実績

(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



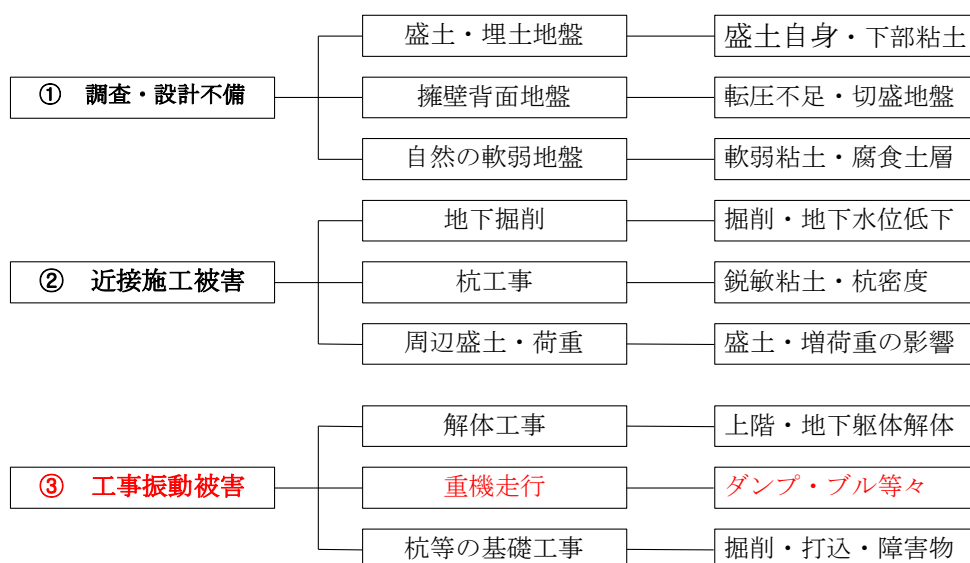
① 部位別支払い件数



② 部位別平均支払い額(円)

5

地盤・基礎に関する紛争事例の分類



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: 住宅に隣接する竹藪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

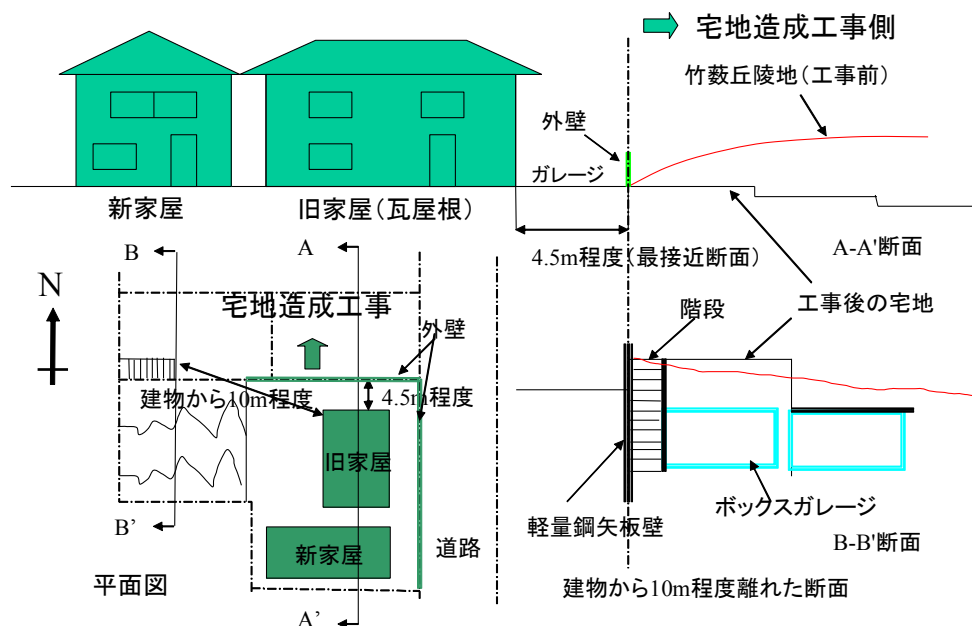
原告の主張

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(調査囑託)

蓋然性説による立証

因果関係の立証方法

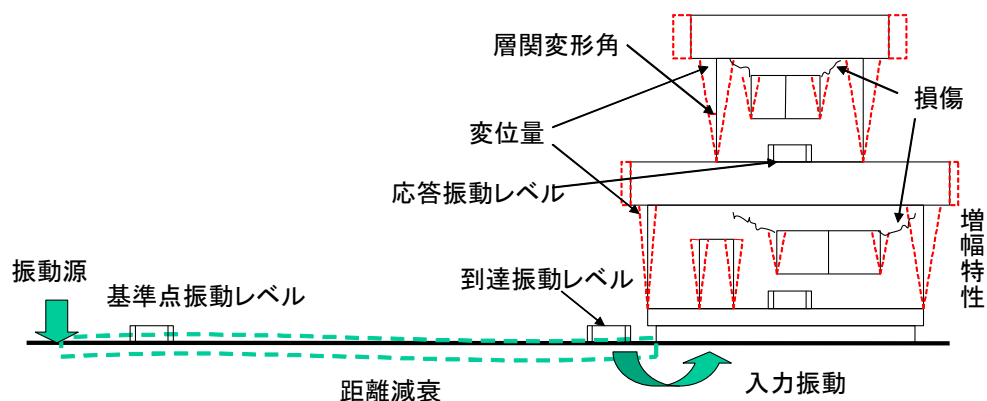
1. 一点の疑義も許さない自然科学的証明
2. 経験則を用いた高度な蓋然性の証明

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

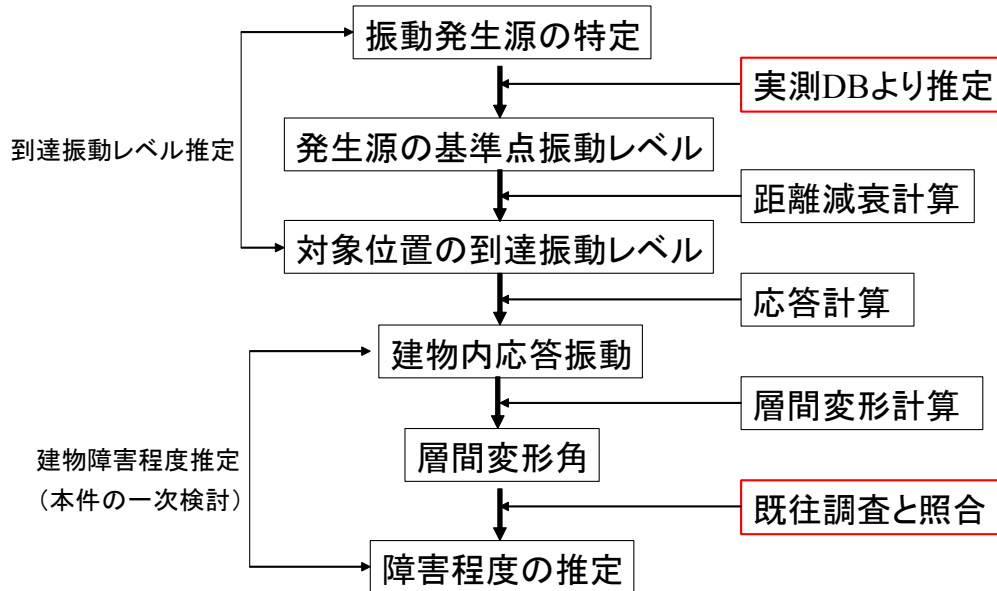
振動被害のメカニズム

振動の伝播と建物の揺れ



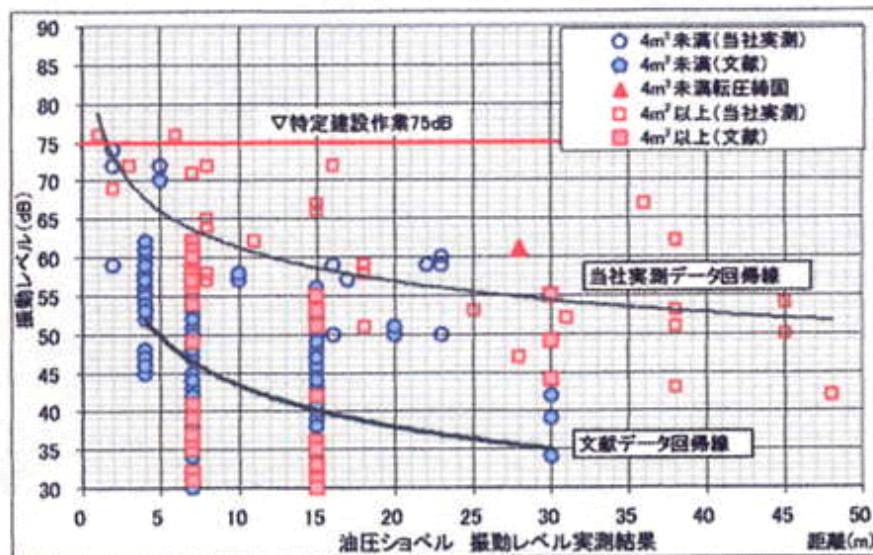
$$Lvr = Lvr_0 - 20 \log_{10} (r / r_0)^n - 8.68\alpha(r - r_0)$$

障害程度の検討手順



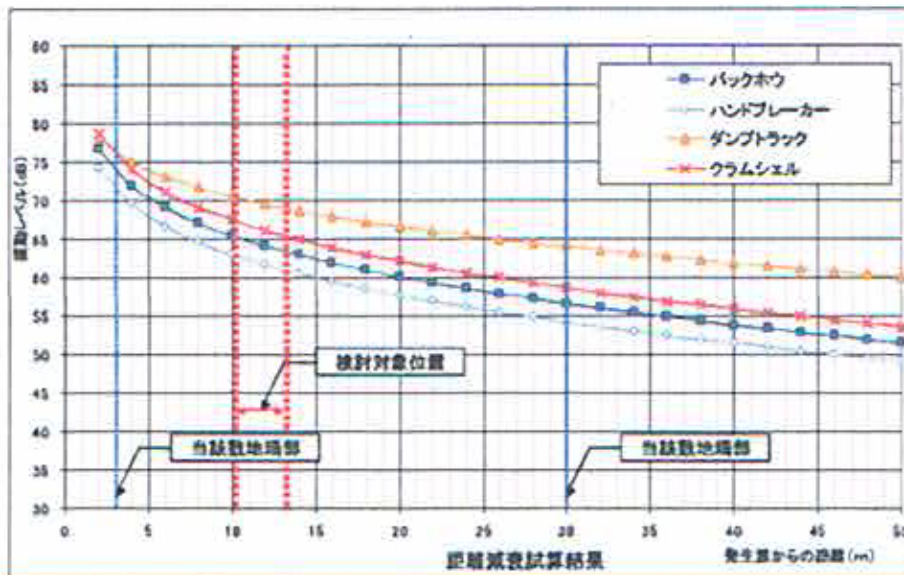
13

工事振動の実測例(中央建鉄資料より)



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)

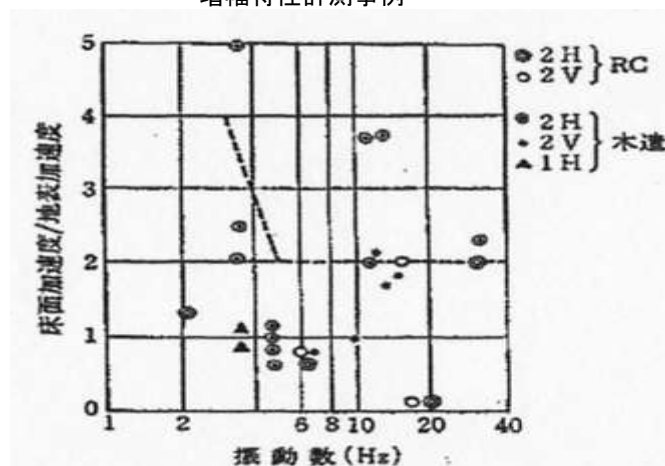


15

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	床面	屋根	外壁	天井	内壁(梁)	タイル	内壁(張)	柱	間接変形角
ランク0	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	発生しない	~0.5/1000rad
ランクS	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	発生しない	~3/1000rad
ランク1	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	発生しない	~5/1000rad
ランク2	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	発生しない	~10/1000rad
ランク3	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	発生しない	~15/1000rad
ランクL	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	発生しない	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 振動レベル単位: dB 下段 加速度単位: gal)

震度階級	人間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	RC 建物	地盤・斜面	振動レベル 加速度
0	人は揺れを感じない。						55以下
I	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。						0~0.8 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覚める。	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ある。	壁にある食器棚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思うようにする。眠っている人のほとんどが目覚める。	吊り下げ物は大きく揺れ、壁にある食器棚は音を立てる。座りの悪い家具が倒れる事がある。	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自転車や歩行者は、揺れに気付く人がいる。				85~95 25~80
V (弱)	多くの人が、身の安全を思うようにする。行動に支障を感じる。	吊り下げ物は激しく揺れ、壁にある食器棚、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い家具が倒れる事がある。震動によりドアが開くことがある。一部の戸が外れる。	窓ガラスが割れて落ちる事がある。電柱が揺れる事がある。建物の多くが揺れる。歩行者が不安定な自動販売機が倒れる事がある。多くの電線が揺れる。自動車の運転が困難となり、停車する事がある。	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や柱が破損するものがある。	軟弱な地盤で、震動が生じる事がある。山地で落石、小さな崩壊が生じる事がある。	95~105 80~250
V (強)	非常に恐怖を感じる。多くの人が行動に支障を感じる。	壁にある食器棚、書棚の本の多くが落ちる。テレビが床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。震動によりドアが開くことがある。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揺れる。歩行者が不安定な自動販売機が倒れる事がある。多くの電線が揺れる。自動車の運転が困難となり、停車する事がある。	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や柱が破損するものがある。	軟弱な地盤で、震動が生じる事がある。山地で落石、小さな崩壊が生じる事がある。	105~119 250~400
VI (弱)	立てっことが困難になる。	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなることがある。一部の戸が外れる。	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や柱が破損するものがある。	地盤が軟弱で、震動が生じる事がある。山地で落石、小さな崩壊が生じる事がある。	119~129 400以上
VI (強)	立てっことが出来ず、這わないで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。戸が開かなくなることがある。	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揺れる。	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や柱が破損するものがある。	地盤が軟弱で、震動が生じる事がある。山地で落石、小さな崩壊が生じる事がある。	129~139 400以上
VII	揺れに倒れる。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、転倒する。戸が開かなくなることがある。	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。補強されていないブロック塀が破損するものがある。	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や柱が破損するものがある。	大きな地盤で、震動が生じる事がある。山地で落石、小さな崩壊が生じる事がある。	139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/s ²)	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、振り時計が止まり、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	壁にき裂ができ落石、石灯ろう等が倒れ、煙突や土蔵等に破壊ができる
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	B 型建物	C 型建物
MSK V	12.5～25 cm/sec ² 目が覚める程度	少し被害が出ることもあり		
VI	25～50 cm/sec ² 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/sec ² 建物が被害が出る	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/sec ² 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/sec ² 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 のものである	多くは等級 3 の被害 等級 4 のものである
X	400～800 cm/sec ² 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	建物被害
A 型建物 自然石積建物田舎式造 アトベ 粘土の家屋	等級 1 小被害 等級 2 かなりの被害
B 型建物 煉瓦造・CB・プレハブ造 並木造・石造り	等級 3 大被害 等級 4 倒壊 等級 4 全壊
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%

20

振動による建物の被害限界

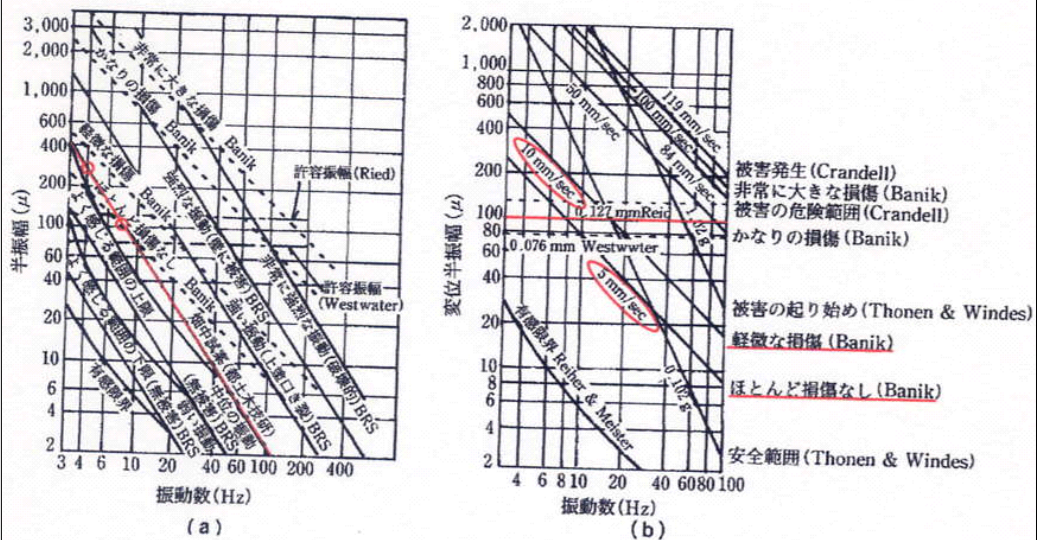


図 2-2 振動による建物の被害限界 (畑中) 6)

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	しつこ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

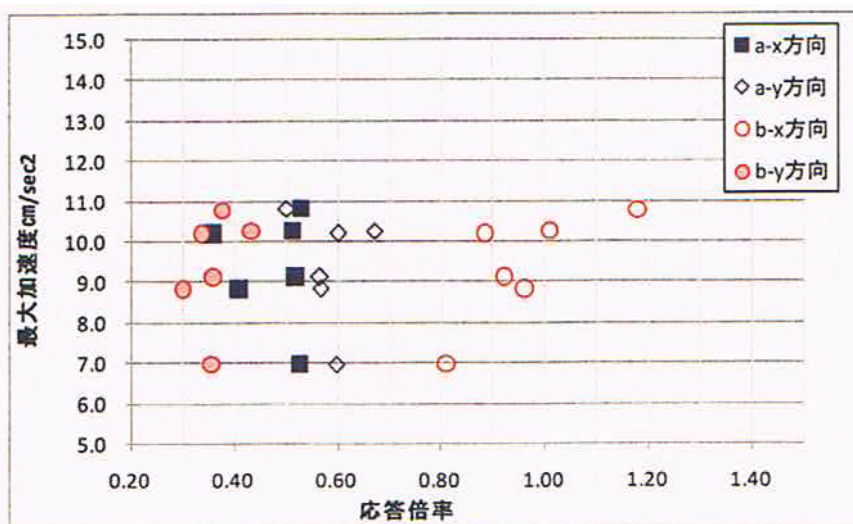
工事振動レベルの損傷判定の目安(損傷発生下限)

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	瓦の割れや棧瓦のズレなど	×	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

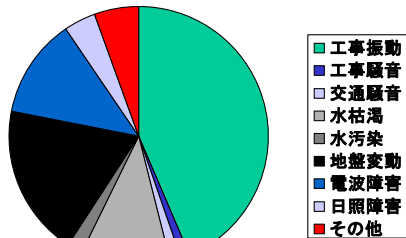


調査嘱託に基づく裁判所の判断

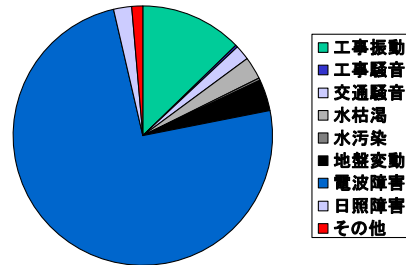
工事振動を原因として生じたものと認めるに足りない

平成16年度事業損失実態調査集計結果(国交省資料)

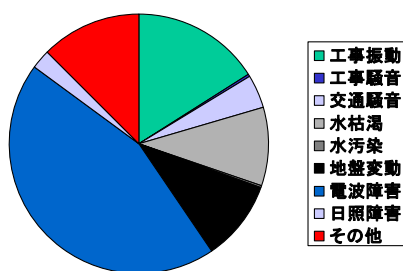
処理件数



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