

第13回JICE研究開発助成成果報告会
平成25年6月11日

東北地方太平洋沖地震で被災した文教施設の被害調査に基づいた建物の機能維持に着目した安全性評価手法の提案

東北工業大学 准教授 船木尚己（研究代表者）、東北工業大学 教授 藤松清
仙台高等専門学校 助教 藤田智己、仙台高等専門学校 教授 飯藤将之

研究の背景

1995年兵庫県南部地震の経験から、不特定多数の人々が使用する一定規模以上の建物を対象に、現行の耐震基準に適さない建築物の耐震診断および耐震改修が進められてきた。

（社）建築研究振興協会東北分室（室長：田中礼治 東北工業大学名誉教授）では、東北地方の建築物の耐震診断および耐震改修の促進をはかり、地域の安全性向上に貢献すべく、平成9年に東北耐震診断改修委員会（委員長：柴田明徳 東北大学名誉教授）を設置し、これまで主に東北地方の約1,900棟の建物を対象に耐震診断・耐震改修についての評価を行ってきた。

研究の目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震での被害調査に基づき、

① 耐震診断法の妥当性

被害調査による結果に基づき、建物の被害状況と耐震診断による結果を対比し、現行の耐震診断指標の妥当性および耐震改修の効果を調べる

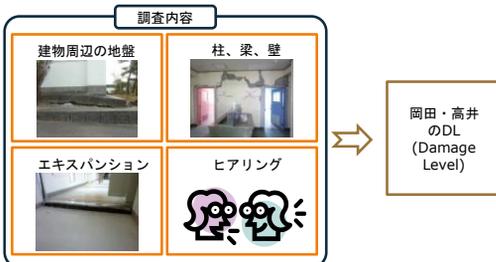
② 機能維持性（使用継続性）

学校建物は、多くの児童・生徒が地震後も継続して授業が行われなければならない場所であり、耐震安全性以外の要素も勘案した設計クライテリアが必要であると思われる。建物が使用不可能になった代表的な事例について、その主な原因についてもまとめる。

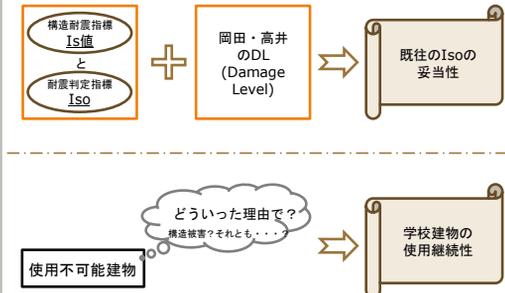
調査地域と調査日



調査概要



検討事項



耐震診断

第二次診断を採用

$$I_s \text{ (構造耐震指標)} \geq I_{so} \text{ (耐震判定指標)} = 0.7$$

&

$$C_{tu} \text{ (累積強度指標)} \cdot SD \text{ (形状指標)} > 0.3$$

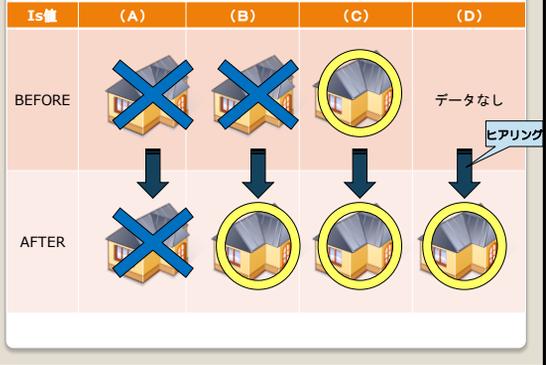
①強度型

壁・ブレースが十分にあって強度がある場合

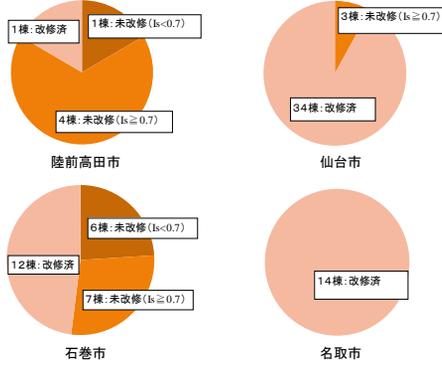
②靱性型

粘りがあって大きな力に耐え得る場合

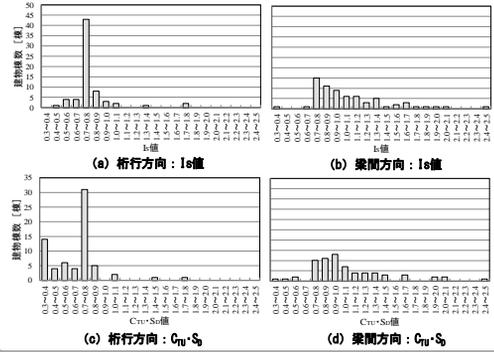
調査建物の分類



調査建物の分類



調査建物の耐震指標

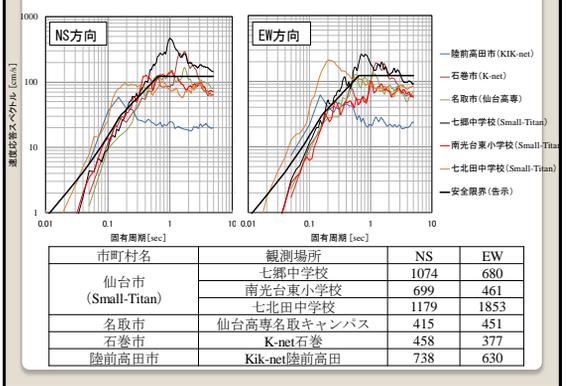


調査方法と検討方法

高井・岡田のダメージレベル



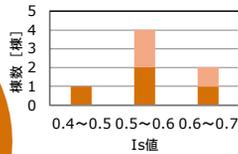
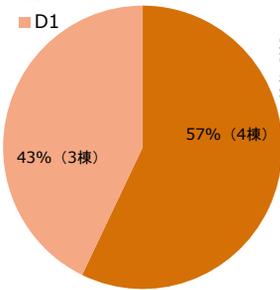
調査地域の速度応答スペクトル



Is < 0.7 建物のダメージレベル

■ D0
■ D1

陸前高田市と石巻市の建物

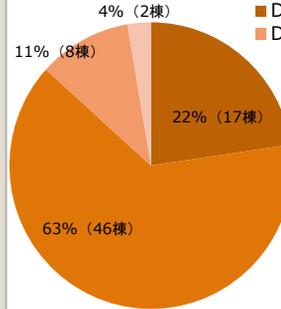


地震動レベルが小さかった？

詳細な検討が必要

Is > 0.7 建物のダメージレベル

■ D0 ■ D1
■ D2 ■ D3



全体の85%がD1レベルの被害に留まる。

D2レベル(構造被害なし)を加えると96%

D2レベルとなった建物の例



D3レベルとなった建物の例 (長町)



杭基礎の被害例 (上部構造はD1レベル)



耐震補強により、杭への水平力が増えた影響か？

Is > 0.7, CtuSD > 0.3を満足していれば、

建物の倒壊は免れる。

倒壊を免れたとしても、
その後の避難所としての使用
復旧するための時間・費用

学校・病院等の公共建築物では、
機能維持を考慮した耐震性確保が必要

その時に構造耐震指標 (Is値) が指標となるか？

上部構造の被害を免れた場合でも

- ① 杭基礎の被害
- ② 地盤変状による、建物の傾斜（直接基礎）

また、

- ③ 地盤増幅の影響で被害が生じるケース

基礎構造・地盤状態・地盤増幅の影響について、
現行の耐震指標にどう取り入れるか。

靱性型の耐震性能を有する場合：D3レベル



C	F	E0	SD	T	I _s	CtuSD
0.5	1.75	0.88	0.93	0.99	0.80	0.46

耐震性能を有すると判断される
建物



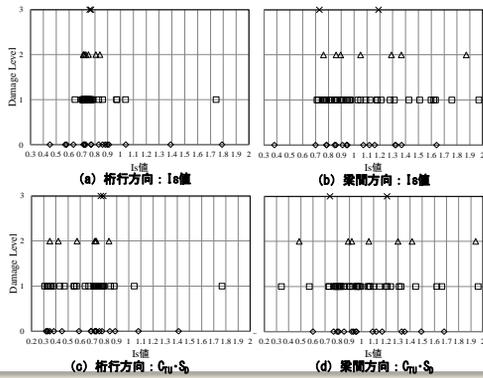
建物の倒壊は免れる

ダメージレベルはD3

機能維持を考えた場合 強度型

<参考文献>
文教施設の耐震性能等に関する調査研究報告書、日本建築学会文教施設委員会耐震性能等小委員会、2012.3

耐震指標とDLの関係



耐震指標とダメージレベルの関係

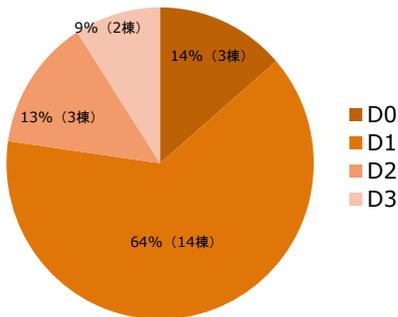
I_s値が小さくても、被害がないケース

I_s値が大きければ、被害が小さいわけでもない
相関性は無く、ばらつく

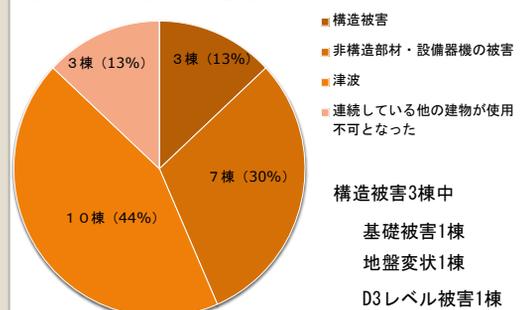
I_{so}=0.7は万能ではない？

使用不可となった原因はいつたい？

使用不可となった建物のダメージレベル



使用不可となった建物の理由





<被害調査の際に行ったヒアリング>

構造躯体に大きな被害が生じなかったものの、その後の余震で仕上げ材や照明等の落下、ガラスの損傷などによる生徒・児童の怪我を心配し、建物を継続して使用することに抵抗があったとの声が多く聞かれた。

一部の建物では、耐震性に関して大きな問題がなくても建物への立ち入りを制限し、結果的に仮設校舎が建設された例も見られた。これは、児童・生徒の安全を最優先に考えなければならない学校ならではの事情が背景にあると考えられ、**応急危険度判定**に基づく判断も重要であることを意味している。

まとめ

- ① 建物の倒壊を防ぐ目的であれば、耐震判定指標 Isoを0.7と設定した耐震診断法は妥当
- ② 被害状況（ダメージレベル）と現行の耐震指標との相関性は低い
- ③ 地震後の使用継続性（機能維持）を考慮する場合には、現行の耐震診断の評価だけでは不十分

機能維持を有する耐震性能

- ・強度型の耐震性能
- ・基礎構造への配慮
- ・地盤状態への配慮
- ・耐震スリット、非構造材にもスリットを設ける
長柱化による剛性低下
- ・高さ方向の耐震性能の均一化

<謝辞>

本報告で使用した強震記録は、防災科学技術研究所K-net およびKik-netで公開されたものを使用させて頂きました。また、本論文は（財）建築研究振興協会東北分室の調査活動に基づいてまとめたものであり、調査に御協力頂いた岩手県陸前高田市・宮城県仙台市、名取市、石巻市の教育委員会の方々をはじめ学校関係者各位に感謝の意を表します。

御清聴ありがとうございました