

新潟県中越地震における地震応答解析を用いた木造構造物被害の評価

金沢大学工学部

○中垣尚子 金沢大学大学院 正会員 村田 晶

金沢大学大学院 フェロー 北浦 勝 金沢大学大学院 正会員 宮島昌克

1. はじめに

近年、日本では地震が頻繁に発生している。昨年も震源の異なる地震が多数観測された。中でも2004年10月23日の新潟県中越地方を震源とする地震は各地で多くの人的、物的被害をもたらした。この新潟県中越地震は内陸直下型で、震源深さ13kmと非常に浅く、M6.8を記録した。川口町で兵庫県南部地震以来となる震度7、小千谷市、山古志村、新潟小国町で震度6強を記録した。地震の発生によって特に木造構造物被害が多く見受けられたことから、被害の詳細な原因を明らかにする必要がある。そこで、本研究では新潟県中越地震本震の強震記録を用いて木造構造物における地震応答解析を行い、木造構造物被害要因について検討を行う。

2. 新潟県中越地震の概要

2.1 強震観測記録について

新潟県中越地震の強震観測記録から得られる指標値、ならびに比較のため兵庫県南部地震のJMA神戸と鳥取県西部地震のKiK-NET日野における指標値一覧を表1に示す。新潟県中越地震ではJMA、K-NETの小千谷市とK-NET十日町、K-NET長岡支所の指標値が全体的に大きく、他の地震のJMA神戸やKiK-NET日野の各指標値と同等かそれ以上の値を示している。指標値を見る限り、兵庫県南部地震や鳥取県西部地震時と同程度の被害が出てもおかしくないと思われる。次に新潟県中越地震での各観測点を比較すると、小千谷市と長岡市の各指標値から、JMAよりK-NETでの指標値が大きいことが分かる。特に小千谷市はJMAとK-NETによる各指標値の差が大きい。そこで小千谷市のJMAとK-NET観測点地図を図1に、本震加速度波形(EW)を図2、3に示す。JMA観測点は小千谷市城内、K-NET観測点は小千谷市土川にある。図1~3から小千谷のJMA観測点とK-NET観測点は直線距離で約800mしか離れていないにもかかわらずK-NETの方がJMAより加速度が大きいことが分かる。

2.2 被害について

原稿執筆時では詳しい被害状況が公開されていないが、本研究グループによる調査により地震後の構造物の状況から分かることを述べる。K-NET小千谷の観測点付近は1棟だけ倒壊があり、全壊した木造構造物は少なからずあった。一方で、JMA小千谷の観測点付近は全壊も半壊も見られたものの倒壊に至った木造構造物は見当たらなかった。

表1 各観測点における指標値

地震名	観測点	計測震度	PGA(gal)	PGV(kine)	S値(cm)
新潟県中越地震	K-NET小千谷	6.7	1,308	134	553
	K-NET長岡支所	6.4	871	119	461
	K-NET十日町	6.2	1,716	58	185
	K-NET小出	5.6	521	33	143
	K-NET長岡	5.5	468	35	152
	K-NET塩沢	5.1	342	19	73
	JMA小千谷	6.3	898	90	393
	JMA長岡	5.5	430	23	90
	JMA六日	5.2	136	25	140
兵庫県南部地震	JMA広神	4.7	334	16	45
	JMA神戸	6.4	818	85	411
鳥取県西部地震	KiK-NET日野	6.6	918	110	402

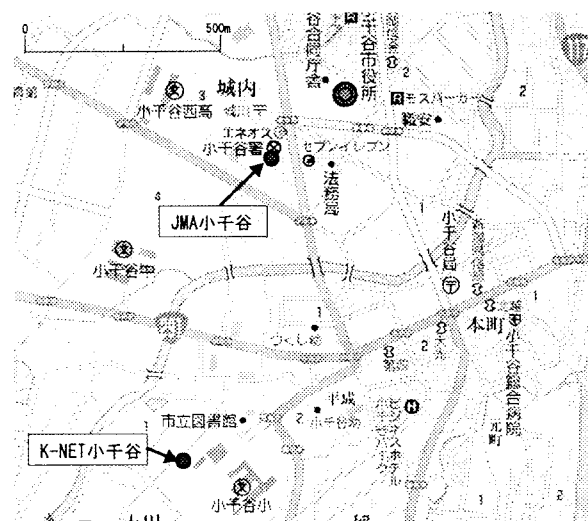


図1 小千谷の観測点

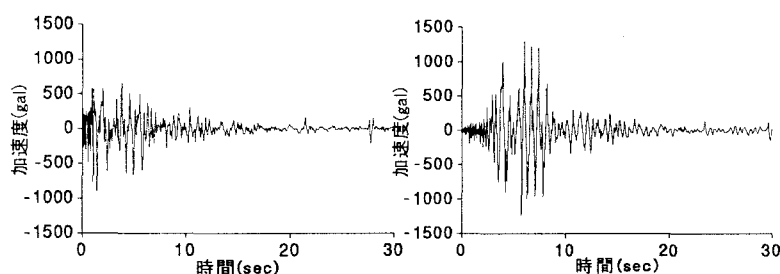


図2 JMA 小千谷観測波(EW) 図3 K-NET 小千谷観測波(EW)

3. 木造構造物地震応答解析

3.1 解析概要

2.2 節で述べたように、小千谷市の JMA 観測点周辺と K-NET 観測点周辺では被害程度が違う。その原因を明らかにするために小千谷市の強震観測記録から地震応答解析を行った。文献 1) を参考に 2 階建て木造構造物を対象とした解析モデルを設定する。解析モデルの 1、2 階の階高はそれぞれ 2.75(m)、2.5(m) とし、第 1、2 層の重量はそれぞれ 20(t)、15(t) とする。また、木造構造物の履歴特性は図 4 に示すポリリニア型履歴特性とスリップ型履歴特性を 0.4:0.6 の割合で足し合わせたモデルを用いる。ここで、1 階部の 1/120(rad) 変形時に受ける耐力に対するベースシア係数 C_0 を解析変数とした。更に、ポリリニア型履歴特性には第 1 折点として 1/6,000(rad) を付け加えることにより、初期剛性を用いた場合の固有振動数が木造構造物として、妥当な値となるよう設定した。木造建物の倒壊は最大層間変形角が 1/15(rad) 以上で生ずるとされること、また木造構造物の被害事例においても代表的な被害は 1 階部に生じ、倒壊に至っている例もあることから、本研究の被害判定尺度には 1 階最大層間変位を用いて考察する。

3.2 結果および考察

K-NET 小千谷と JMA 小千谷の観測波を用いた応答解析の結果を図 5、6 にそれぞれ示す。図 5 に示すように K-NET 波では $C_0=0.8$ より小さなベースシア係数を設定したときは全て木造構造物が大破、倒壊の判定となるのに対して、図 6 に示す JMA 波は $C_0=0.4$ のとき大破判定となる層間変位 9.1(cm) は超えるものの、倒壊する層間変位以内に収まることから、ベースシア係数が 0.4 かそれを超える値を設定すると、それぞれの観測波周辺の被害と調和的な結果となると思われる。この結果より、解析対象地域の木造構造物が新耐震設計になる前の $C_0=0.1$ を基準とした設計となっているか、もしくは柱や梁のせん断補強がそれほどなされていない在来工法の建物が多く建てられているような地域であれば、実被害よりも甚大な被害になっていたと思われ、この地域における建物剛性がおしなべて高いことを示唆できる。

4. まとめ

JMA 小千谷と K-NET 小千谷各観測点周辺における木造構造物の被害状況が異なることから、小千谷市の各強震観測記録を用いて地震応答解析を行った。その結果、一般的な建物と比べて本地域の建物剛性が高いことが構造物被害の抑制に寄与していることを示唆できた。今後、小千谷市における被害建物の詳細が分かり次第、解析モデルについて再検討する予定である。また、新潟県中越地震では余震活動が活発であり、これらは震源が浅いため余震といえども震源に近い市町村では震度 5 以上の強い揺れが何度も観測されている。震動の繰り返しによって引き起こされる木造構造物被害も多いことから、余震を考慮に入れた応答解析を行う。

【謝辞】防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net 及び気象庁の観測記録を使用させて頂きました。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 広部勝己：地震動の繰り返しを考慮した応答スペクトルによる木造構造物破壊力指標の評価、金沢大学修士学位論文、pp.32-33、2002.

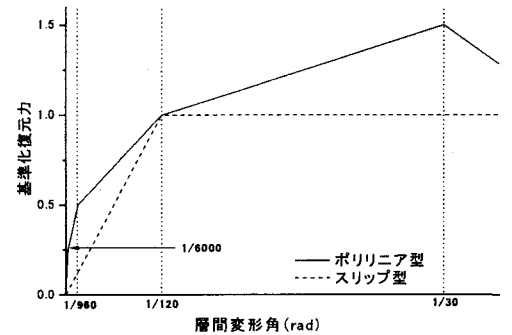


図4 解析モデルの履歴特性

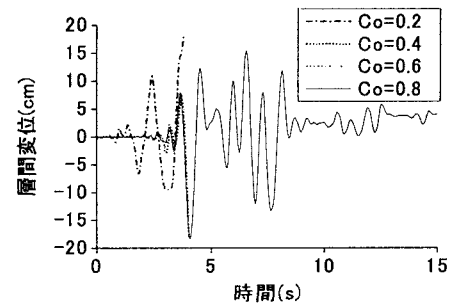


図5 応答解析結果(K-NET 小千谷(EW))

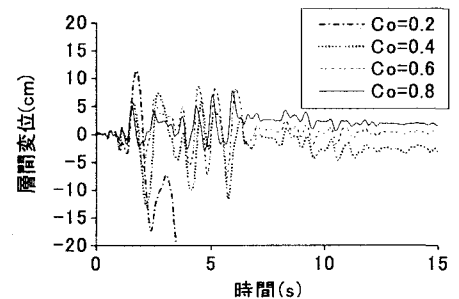


図6 応答解析結果(JMA 小千谷(EW))