

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420583

研究課題名(和文)津波や豪雨により長時間浸水した木造住宅の耐震安全性

研究課題名(英文)Seismic Performance of Wooden House Wetted by Rainfall or Submerging in Water

研究代表者

田中 圭 (TANAKA, Kei)

大分大学・工学部・助教

研究者番号：00325698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：2011年3月11日の東日本大震災では、多くの木造住宅が津波による浸水を受けたものの構造的な被害は免れた。また、東海・東南海・南海連動地震の新しい被害想定では、東海から九州に至る太平洋沿岸で最大36mもの津波到達が予測されている。この地域は、平野部に都市圏を抱えるため、仮設住宅で対応できる規模を大きく上回る住宅が浸水することが予測される。これを踏まえ、数時間から数日間水没を経験した木造住宅が余震の続く状況下で再使用が可能か、学術的に検証した。この結果、壁倍率は、1日養生後にわずかな低下が見られたが、3か月経過後は養生環境にかかわらず、コントロール試験体と同等の値まで回復する結果となった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to make clear the influence of the seismic performance when the bearing wall with bracing experienced wet processing. In this study, the wet processing is performed of soaking and water splash. In addition, bearing wall with bracing is dried in indoor condition or seal condition in order to discuss the difference of drying conditions. After finishing the wet processing and drying, the horizontal shear test of bearing wall with bracing are carried out. From the test results, it is clear that seismic performance was reduced by the long drying period. In addition, the bearing wall with bracing experienced wet processing shows the different seismic performance by the drying condition and period.

研究分野：建築構造学

キーワード：木造住宅 耐力壁 津波災害 豪雨災害 耐震性能

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大震災では、多くの木造住宅が津波による浸水を受けたものの構造的な被害は免れた。また、東海・東南海・南海連動地震の新しい被害想定では、東海から九州に至る太平洋沿岸で最大36mもの津波到達が予測されている。この地域は、平野部に都市圏を抱えるため、仮設住宅で対応できる規模を大きく上回る住宅が浸水することが予測される。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、数時間から数日間水没を経験した木造住宅が余震の続く状況下で再使用が可能か、学術的に検証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

- ① 初年度は、木造住宅が津波により水没を経験した場合に海水の塩分が木材にどの程度浸透するか、また、浸漬後の処置(乾燥度合)により強度性能へどのような影響を及ぼすのかを把握するため柱-土台接合部の引張実験及び塩分試験を実施した。図1に試験体の形状、写真1に海水浸漬の様子を示す。

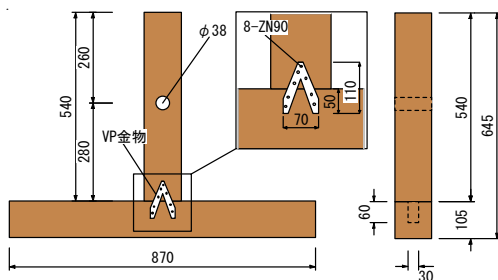


図1 柱-土台接合部の試験体の形状



写真1 柱-土台接合部の海水浸漬の様子

- ② 次年度は、枠組壁工法住宅が津波による被害を受けた場合の耐震性能の把握を目的とし、2P 枠組壁工法耐力壁(図2 耐力壁試験体の形状・寸法参照)の海水による浸漬処理及び水平せん断実験を行い、そ

の耐震性能評価を行った。

床上浸水を想定した高さ(試験体下端から約800mmの高さ)まで試験体を浸漬できるように海水を水槽に溜め、24時間浸漬を行った。浸漬後は、通風環境または密閉環境で養生を行った。通風環境での養生は、温湿度無調整の室内で行い、密閉環境での養生は、内外装の仕上げの施工により、壁体内で乾燥が進行しにくい状況を想定して試験体全体をビニールシートで包み、密閉することで外気を遮断し密閉環境とした。なお、試験体は各条件3体、計12体とした。

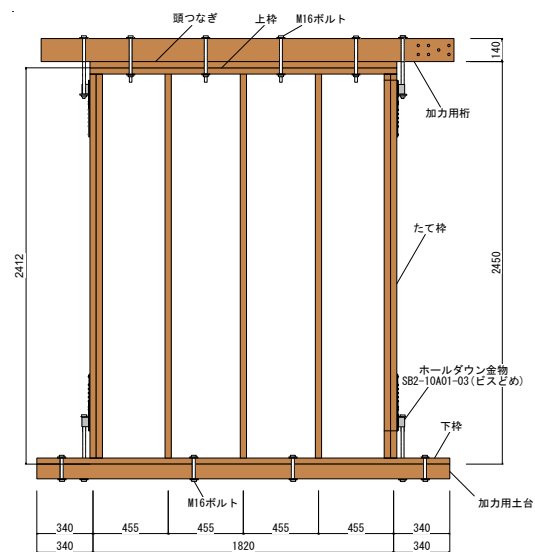


図2 耐力壁試験体の形状・寸法 (mm)



写真2 耐力壁試験体の海水浸漬の様子

- ③ 最終年度は、面材耐力壁において最も重要な耐力要素である釘接合部への影響を把握するため、釘接合部の海水浸漬処理及び一面せん断試験を行った。また、②と同じ水分作用処理に加え、壁内結露を想定した乾湿繰り返し処理について実施した。図3に釘接合部試験体の形状および加力状況を示す。

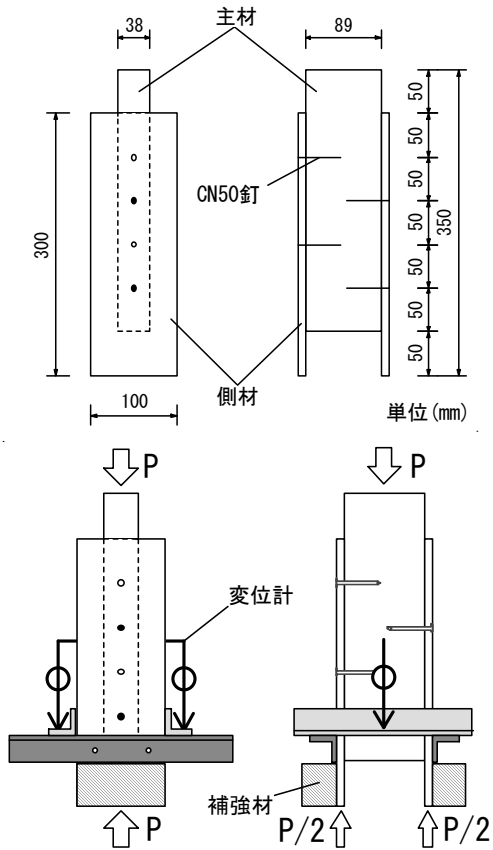


図3 釘接合部試験体の形状および加力状況

4. 研究成果

- ① 初年度の研究の結果、その結果、柱の換算塩分量は、材端から10mmの位置において浸漬期間1時間では0.03g、浸漬期間1日では0.08g、浸漬期間3日では、0.10gとなった。土台の換算塩分量は、材端から10mmの位置において浸漬期間1時間では0.01g、浸漬期間1日及び3日では0.025gとなった。浸漬期間にかかわらず、柱及び土台ともに材端から40mmの位置において塩分量が0となった。図4に柱、図5に土台の塩分浸潤状況を、示す。

1日及び3日海水浸漬を経験した柱脚接合部は、室内環境での養生期間が長くなるに従って含水率が低下し、浸漬前の耐力に戻る傾向があったが、初期剛性はほぼが乾燥収縮し、浸漬前よりも低下することが明らかとなった。3日海水浸漬した柱脚接合部は、乾燥が進行しにくい密閉された環境において養生期間が長くなると強度性能が低下する傾向があった。図6に室内環境の最大耐力の変化、図7に密閉環境の最大耐力の変化を示す。

また、海水浸漬後、長期間放置すると養生環境に関係なく、木材にカビが発生した。

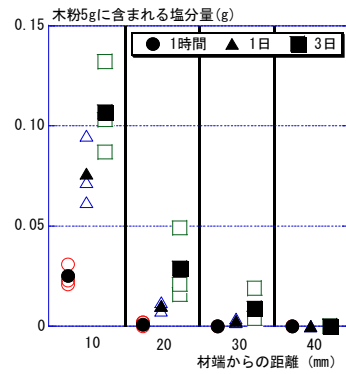


図4 柱の塩分浸潤状況

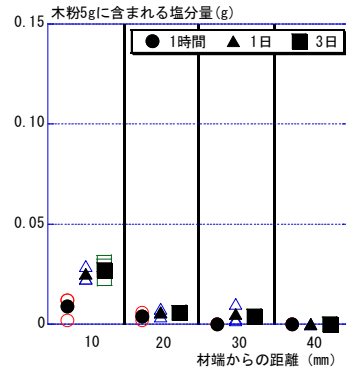


図5 土台の塩分浸潤状況



室内環境

図6 室内環境の最大耐力の変化、



密閉環境

図7 密閉環境の最大耐力の変化

- ② 次年度の研究の結果、3 か月養生した試験体では、養生条件にかかわらず、枠組材の浸漬部分にカビ、釘頭に赤さびが見られた。写真3に枠組材に発生したのカビの状況、写真4に釘頭の赤さびの様子を示す。

水平せん断実験の結果、壁倍率は、1日養生後にわずかな低下が見られたが、3か月経過後は養生環境にかかわらず、コントロール試験体と同等の値まで回復する結果となった。図8に通風環境での壁倍率の変化を、図9に密閉環境での壁倍率の変化を示す。

さらに長期的な影響を考慮すると、釘のさびの進行による接合部の耐力低下、木材の腐朽などが懸念されるため、実際に使用する際にはさらに長期間を想定した場合の検討を行う必要がある。



写真3 枠組材のカビ



写真4 釘頭の赤さび

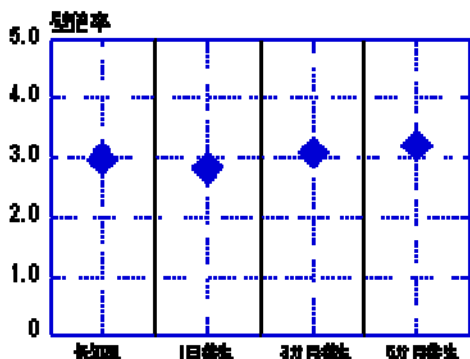


図8 通風環境での壁倍率の変化

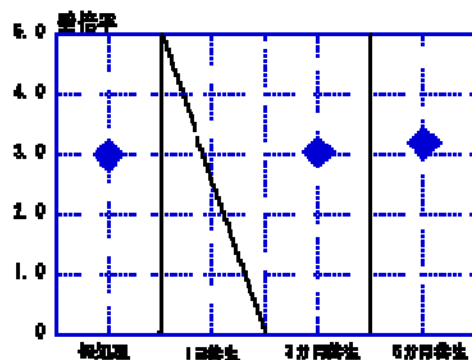


図9 密閉環境での壁倍率の変化

- ③ 最終年度の研究の結果、海水浸漬後は養生環境に関わらず、養生期間が長くなるに従い釘の発錆が進行していき、6か月経過後の釘の重量残存率は97%程度まで低下することが確認された。写真5、6に試験終了後の釘の発錆状況の違いを示す。

錆の発錆に伴う耐力要素への影響について、浸漬処理後1日程度であれば、初期剛性、降伏耐力及び最大耐力等の値の低下はみられず、目視による錆も確認されなかったことから、耐震性能への影響はほとんどないと考えられる。乾湿繰返し処理においても、初期剛性は低下するものの、降伏耐力、最大耐力の低下は見られなかった。これは、乾湿繰返し処理後の耐力低下は錆の影響に加え、合板の劣化による影響が大きいためであると考えられる。また、重量残存率が96%程度の範囲であれば釘の発錆により釘の引抜き耐力が上昇し、浸漬前よりも高い値を示すことが確認された。(図10参照)



写真5 1日養生後（室内環境）試験体の試験終了後の釘の状態



写真6 6か月養生後（密閉環境）試験体の試験終了後の釘の状態

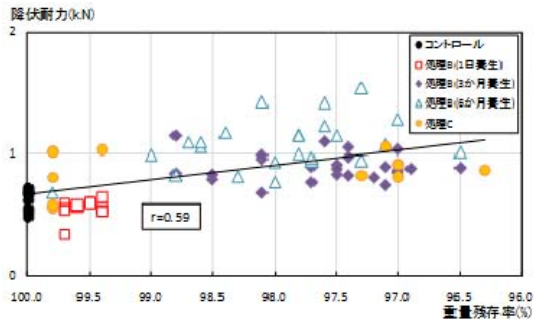


図 10 釘の重量残存率と降伏耐力の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① 田中 圭、原 麻里子、栗野利博、朴 志泳、森 拓郎、井上正文、SEISMIC PERFORMANCE OF WOODEN HOUSE WETTED BY RAINFALL OR SUBMERGING IN WATER、Proceedings of World Conference on Timber Engineering 2014、査読有、USB、2014、ABS334

〔学会発表〕(計 9 件)

- ① 原 麻里子、平岡侑樹、田中 圭、森 拓郎、井上正文、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能について (その 5) 海水浸漬を経験した釘接合部の強度性能、日本建築学会大会、2016 年 08 月 24 日～2016 年 08 月 26 日、福岡大学(福岡県福岡市)
- ② 原 麻里子、平岡侑樹、田中 圭、森 拓郎、井上正文、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能 (その 4) 海水浸漬を経験した釘接合部の強度性能、日本建築学会九州支部研究報告会、2016 年 03 月 06 日、琉球大学(沖縄県中頭郡西原町)
- ③ 井上正文、原 麻里子、田中 圭、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能について その 4 海水浸漬による枠組壁工法耐力壁への影響、日本建築学会大会 2015 年 09 月 04 日～2015 年 09 月 06 日、東海大学(神奈川県平塚市)
- ④ 井上正文、原 麻里子、朴 志泳、田中 圭、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能 (その 3) 海水浸漬による枠組壁工法耐力壁への影響、日本建築学会九州支部研究報告会、2015 年 03 月 01 日、熊本県立大学(熊本県、熊本市)
- ⑤ 栗野利博、原 麻里子、朴 志泳、田中 圭、井上正文、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能について(その 2) 海水浸漬による柱脚接合部への影響、日本建築学会大会、2014 年 09 月 12 日～2014 年 09 月 14 日、神戸大学(兵庫県、神戸市)
- ⑥ 井上正文、栗野利博、原 麻里子、朴 志泳、田中 圭、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能について(その 3)) 海水浸漬による合板釘打ち接合部

への影響、日本建築学会大会、2014 年 09 月 12 日～2014 年 09 月 14 日、神戸大学(兵庫県、神戸市)

- ⑦ 田中 圭、栗野利博、朴 志泳、井上正文、森 拓郎、事故的水掛かり及び災害による水没を経験した木造住宅の耐震性能—海水浸漬による柱脚接合部への影響—、日本木材学会大会、2014 年 03 月 13 日～2014 年 03 月 15 日、愛媛大学(愛媛県、松山市)
- ⑧ 栗野利博、原 麻里子、朴 志泳、田中 圭、井上正文、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能 (その 2) 海水浸漬による柱脚接合部への影響、日本建築学会九州支部研究報告会、2014 年 03 月 02 日、佐賀大学(佐賀県、佐賀市)
- ⑨ 栗野利博、朴 志泳、田中 圭、住岡 修、照井清貴、井上正文、事故的水掛かり及び水没を経験した木造住宅の耐震性能について (その 1) 2P 筋かい耐力壁の場合、日本建築学会大会、2013 年 08 月 30 日～2013 年 09 月 01 日、北海道大学(北海道、札幌市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 圭 (TANAKA KEI)
大分大学、工学部、助教
研究者番号：00325698

(2) 研究分担者

森 拓郎 (MORI Takuro)
京都大学、生存圏研究所、助教
研究者番号：00335225

井上 正文 (INOUE Masafumi)
大分大学、工学部、教授
研究者番号：60128337