

# 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震における トグル制震補強建物の状況調査

Investigations of Buildings Retrofitted by Toggle Damping Systems during the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

田代和広<sup>※</sup> 谷口武<sup>※</sup> 名取祥一<sup>※</sup>  
Kazuhiro Tashiro Takeshi Taniguchi Shouichi Natori  
平田あい子<sup>※</sup> 加島秀康<sup>※</sup>  
Aiko Hirata Hideyasu Kashima

## 【要旨】

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震では、震源に近い東北地方のみならず関東地域までの広い範囲で強い揺れが観測された。そこで、震源に近い東北 6 県および震度 5 弱以上が観測された地域における増幅機構付き油圧制震ブレース(トグル制震構法)による耐震補強建物を対象に、建物および制震装置の調査・点検、建物使用者へのヒアリング調査を実施した。調査対象は 37 物件であり、全ての建物においてトグル制震装置および取り付け部には不具合がないこと、構造部材には補修が必要な被害がないことを確認した。そのため、トグル制震構法は M9 クラスの大地震に対しても有効に機能し、地震から建物を保護したと考えられる。

【キーワード】 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震 トグル制震構法 耐震補強 マグニチュード 9.0

## 1. はじめに

トグル制震構法は、二本の腕と油圧ダンパーから構成されるトグル機構により、地震時に建物に生じる層間変形を増幅させて油圧ダンパーに伝え、効率よく地震エネルギーを吸収する制震構法である。これまでに 105 棟、オイルダンパー供給数約 4,300 基の施工実績を有している(2011 年 7 月末現在)。

2011 年 3 月 11 日に発生した平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震はマグニチュード 9.0(M9.0)という未曾有の巨大地震であり、東北地方を中心に関東までの広い範囲に大きな被害をもたらした。

そこで、東北 6 県および震度 5 弱以上が観測された地域のトグル制震補強建築物(37 物件)を訪問し、補強建物の被害状況確認と制震装置の調査・点検を行った。

## 2. 対象建物の概要と調査結果

調査対象の建物は、小・中学校、大学、庁舎、宿泊施設、事務所ビルであり、昭和 40 年代に竣工した建物を中心となっている。構造形式は、RC 造、SRC 造である。

表-1 に調査した建物の概要、トグル制震装置の設置基数、建物周辺での気象庁発表震度(2011.06.30 時点)、建物および制震装置の状況、地震時のヒアリング結果を示す。また、建物の位置を図-1 に示す。

表-1 に示すように、全ての建物においてトグル制震装置および取り付け部には不具合がないことを確認した。また、柱、梁等の被害は構造部材には 0.2mm 以下の補修

不要なひび割れが見られた程度であり、補修が必要な被害がないことを確認した。また、建物使用者に対するヒアリング調査からは、周辺の建物に比べて棚やロッカーの転倒が少なかったこと、揺れの大きさが小さかったこと等の貴重な情報が得られた。

## 3. 大地震に対するトグル制震構法の有効性

今回の地震の規模は M9.0 であり、震源域は太平洋の岩手県沖から茨城県沖におよぶ広い範囲と推定されている。また、断層破壊の不均一性も顕著であり、それらによる特徴的な地震動が各地で観測されている<sup>1)</sup>。

調査地域を 6 つに分類し(図-1)、各地域の代表的な地震動<sup>3)</sup>を図-2 に示す。震源が広いため、いずれの地点の地震動も継続時間が長く 150 秒を超えている。また、仙台市(MYG013)の地震動は、大きな揺れが 50 秒間隔で二度生じている。これは、少なくとも宮城県沖の二箇所と茨城県沖の一箇所で大きな断層破壊が発生したという断層破壊の不均一性に起因するものと考えられる<sup>1)</sup>。

トグル制震補強建物は、このような大地震に起因する特徴的な地震動に対しても被害が見られなかった。地震応答解析等の詳細な検討が必要であるが、今回の状況調査の結果からは、今後発生が懸念される南海トラフ沿いの大地震においても、トグル制震構法は有効に機能すると考えられる。

表-1 トグル制震構法の効果に関する調査を行った建物と調査結果

	建物概要					震災状況等	
	物件名	住所	階数	基数	トグル設置 方向建物 固有周期	震度	点検状況等
<b>青森</b>							
1	弘前大学付属中学校	弘前市	3	22	0.191	4	訪問確認。異常なし。
2	弘前大学センター棟	弘前市	4	14	0.658	4	訪問確認。異常なし。
3	弘前大学付属小学校	弘前市	3	24	0.240	4	訪問確認。異常なし。
4	弘前大学総合研究棟	弘前市	4	28	0.292	4	訪問確認。異常なし。
<b>岩手</b>							
5	岩手大学付属小学校	盛岡市	3	16	0.277	5強	訪問確認。異常なし。
6	岩手大学人文社会科学部1号館	盛岡市	6	42	0.411	5弱	訪問確認。異常なし。
7	岩手大学工学部3号館	盛岡市	4	40	0.274	5弱	訪問確認。異常なし。
8	岩手県国保会館	盛岡市	5	18	0.464	5強	訪問確認。異常なし。
<b>秋田</b>							
9	稲川町立稲川中学校	雄勝郡稲川町	3	4 18	0.243 0.296	4	訪問確認。異常なし。
10	T庁舎	秋田市	5	82	X:0.292 Y:0.217	5弱	訪問確認。異常なし。施主より、耐震改修していなければ倒壊していたかもしれない。 <b>制振装置での改修を早く行ってよかった</b> とお言葉頂く。
11	秋田県庁本庁舎	秋田市	6	126	0.538	4	訪問確認。異常なし。庁舎営繕課からの要請で、当該地震波形を活用した報告書を提出。
<b>宮城</b>							
12	仙台市小松島第二市営住宅	仙台市青葉区	10	32	0.537	6弱	訪問確認。玄関横の雑壁にひび割れあるが、居住には問題ない旨の市からの説明あり。
13	仙台市役所本庁舎	仙台市青葉区	8	182	X:0.779 Y:0.776	6弱	訪問確認。異常なし。市職員より『 <b>棚・ロッカーの転倒は大変少なかった。他のビルでは転倒多かったようだ。</b> 』とお言葉頂く。地震計を設置しており、詳細を現在解析中。
14	東北大学経済系総合研究棟	仙台市青葉区	6	24		6弱	訪問確認。異常なし。 <b>制震と耐震を比較すると差が出た。</b> 建物、備品等の被害差があり。
15	東北大学法学系総合研究棟	仙台市青葉区	6	26	0.422	6弱	訪問確認。異常なし。 <b>制震と耐震を比較すると差が出た。</b> 建物、備品等の被害差があり。
<b>山形</b>							
16	山形大学病棟改修	山形市小	10	228	X:0.67 Y:0.85	4	異常なし。施工中にて、たまたまEXP.J上に行った現場職員より、 <b>トグル設置棟と一般棟の揺れが全然違った</b> との証言あり。
<b>福島</b>							
17	南相馬市役所本庁舎	南相馬市	4	40	0.296	5強	海岸から5.5kmで津波の被害なし。揺れは大きかったが、建物は問題なし。 <b>棚から書籍の落下なし。防災拠点としての使命を果たしている</b> とお言葉頂く。
<b>茨城</b>							
18	産業技術総合研究所つくば中央5-2棟	つくば市中央	6	100 100	X:0.223 Y:0.298 X:0.229 Y:0.315	6弱	訪問確認。異常なし。キャビネット等の転倒はなかった。
<b>東京</b>							
19	中野工業高校	中野区	3 3	4 9	0.187 0.202	5弱	訪問確認。異常なし。
20	Oホテル	杉並区	6	16	0.331	5弱	訪問確認。異常なし。
21	高島平団地2-28-3、2-28-5号棟	板橋区	11	82	0.615	5強	訪問確認。異常なし。
22	東京大学東洋文化研究所	文京区	8	40	0.513	5弱	訪問確認。異常なし。
23	日本大学理工学部駿河台校舎1号館	千代田区	7	140	0.890	5強	異常なし。
24	神田SNビル	千代田区	9	12	0.718	5強	訪問確認。異常なし。
25	東京医科歯科大越中島住宅16号棟	江東区	10	56	0.676	5強	訪問確認。異常なし。
26	M社社宅	中央区	14	44	0.826	5弱	訪問確認。異常なし。 <b>エレベーターの停止もなかった。</b> 未改修の隣棟はEV停
27	都立調布北高等学校	調布市	5	40		5弱	訪問確認。異常なし。
28	町田市立鶴川中学校	町田市	4	40	0.238	5弱	訪問確認。異常なし。
<b>神奈川</b>							
29	ミュージアム川崎 高層棟	川崎市幸区	27	208	3.233	5弱	異常なし。隣接のホール棟は天井落下。
30	奈良北団地1、2、4、5号棟	横浜市青葉区	11	125	0.539	5弱	訪問確認。異常なし。
<b>千葉</b>							
31	日本大学理工学部船橋校舎8号館	船橋市習志野	4	82	0.42	5弱	異常なし。
32	Y社佐倉事業所	佐倉市	3	26	0.552	5強	訪問確認。異常なし。
33	千葉大学教育学部2号館	千葉市稲毛区	5	20		5弱	訪問確認。異常なし。
<b>埼玉</b>							
34	S大学総合研究棟	さいたま市桜区	5	28	0.391	5強	訪問確認。異常なし。
35	朝霞市立朝霞第五中学校	朝霞市	4	14	0.257	5弱	訪問確認。異常なし。
<b>新潟</b>							
36	新潟県立安塚高校	上越市安塚区	5	15	0.381	5弱	訪問確認。異常なし。
<b>静岡</b>							
37	富士市庁舎	富士市	10	193	X:1.137 Y:0.556	5弱	訪問確認。異常なし。

ゾーン6箇所 (I~VI)

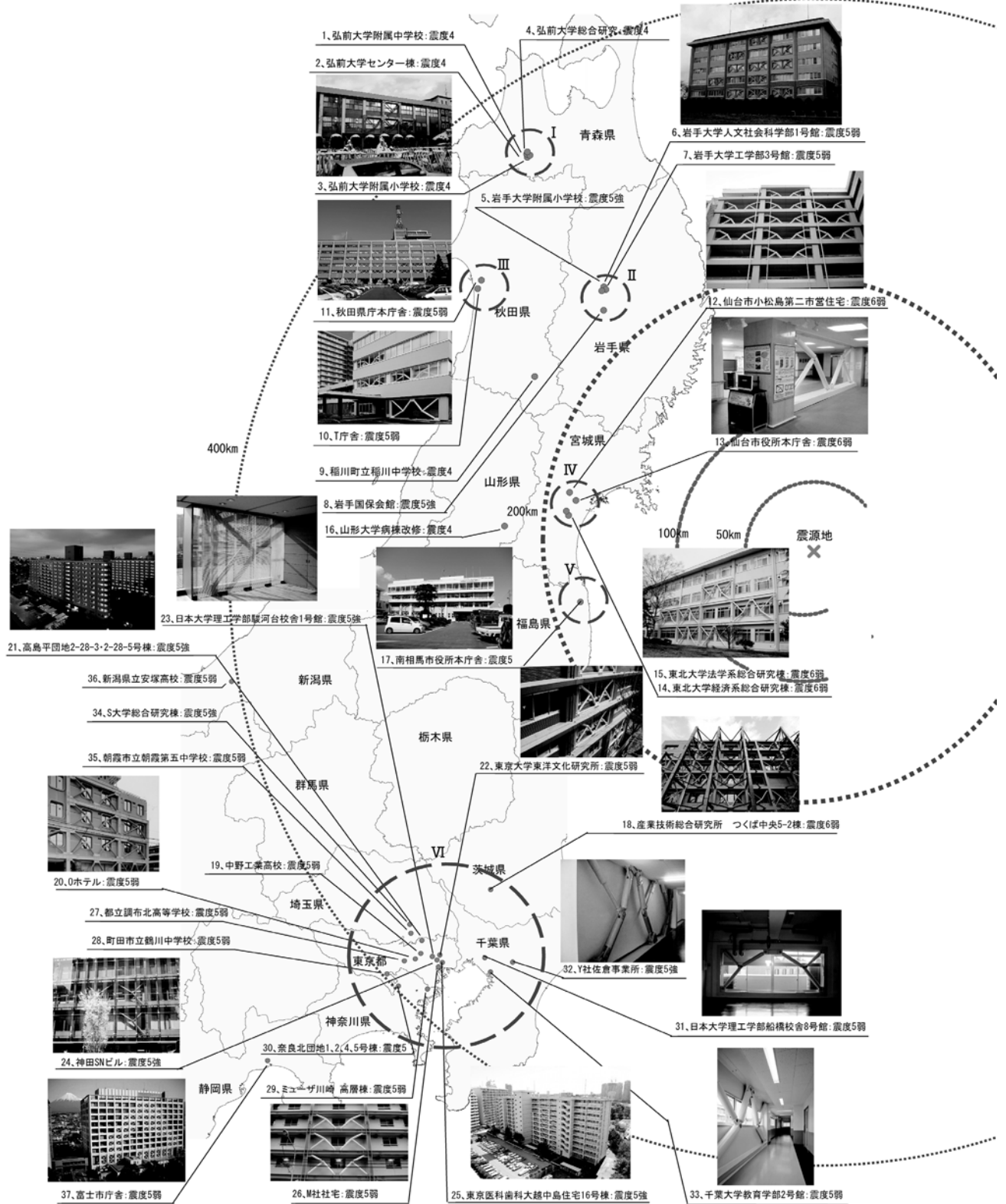


図-1 トグル制震構法の効果に関する調査を行った建物の位置

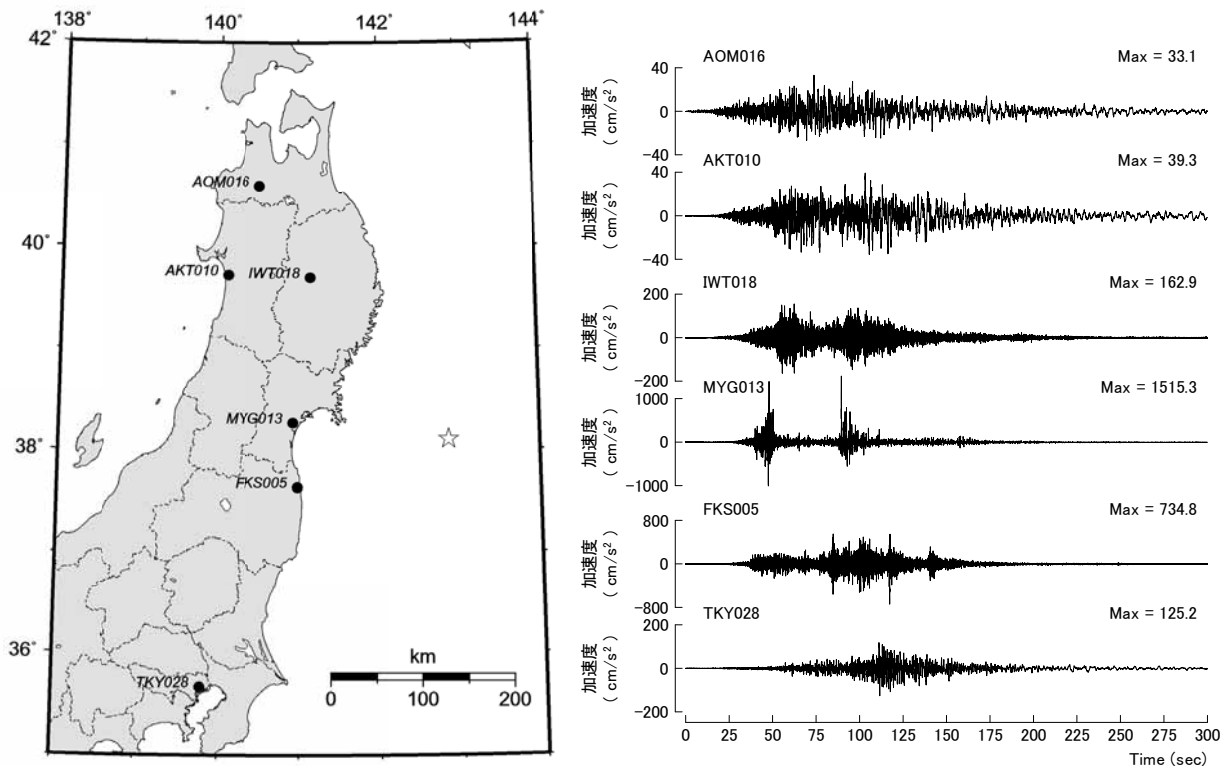


図-2 6つに分類した各地域における代表的な地震動記録(加速度時刻歴: NS成分)

#### 4. まとめ

東北6県および震度5弱以上が観測された地域のトグル制震補強建築物(37物件)の状況確認と制震装置の調査・点検を行った。その結果、不具合が見られた建物は確認されず、トグル制震構法はM9クラスの大地震に対しても有効に機能したと考えられる。

謝辞: K-NETの地震動記録を使用させていただきました。

#### 【参考文献】

1) 釜江克宏, 川辺秀憲: 2011年東北地方太平洋沖地震

(Mw9.0)の震源のモデル化(強震動生成域)(第1報),

<http://www.ri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku1/Tohoku-ver1-rev20110601.pdf> (平成23年7月22日参照)

2) 野口科子・古村孝志: 地震動分布から直接見る震源断層の破壊過程,

[http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103\\_tohoku/#gmsource](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/#gmsource) (平成23年7月30日参照)

3) 防災科学技術研究所: 強震ネットワーク,

<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/> (平成23年7月30日参照)

**Summary** Buildings and seismic response control systems were investigated and inspected at 37 buildings seismically retrofitted with hydraulic seismic response control braces equipped with a vibration amplifier (toggle seismic response control method) in six prefectures in the Tohoku region and at points where a seismic intensity of 5 lower or higher was recorded during the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. The areas where the investigated buildings were located were classified into six major zones and observed seismic ground motions were input into a typical building model in each zone. Time-history response analysis was made to estimate the value of response of the building to inter-story deformation. No malfunction was found in any of the buildings either in the toggle seismic response control system or at the point of attachment. The response displacement in the analysis using the input ground motions that were observed was similar to the design displacement. Thus, it was determined that the toggle seismic response control method worked properly and protected buildings from the earthquake.

**Key Words:** the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Toggle Damping System, Seismic Retrofitting, Story Deformation, Magnitude of 9.0