

平成15年十勝沖地震における釧路高専校舎の耐震補強の効果について

草苺 敏夫*

The Performance of Seismic Retrofitting of School Building of Kushiro National College of Technology at Tokachi-oki Earthquake in 2003

Toshio KUSAKARI

Abstract-A part of school buildings of Kushiro National College of Technology was retrofitted by the exterior braced frames for seismic performance upgrading in 1999. Tokachi-oki Earthquake in 2003 was firstly received big earthquake after the seismic retrofitting. In this report said the performance of seismic retrofitting compare with non seismic retrofitting by using seismic response analysis which used Tokachi-oki earthquake wave.

Key words : seismic evaluation, seismic retrofitting, Tokachi-oki earthquake in 2003

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震においては被害を受けた建物の多くが新耐震設計法以前の旧基準により建設された建物であったことから、同年12月に旧基準によって建設された建物については耐震診断を行い、必要に応じて耐震補強・改修を行うことを努力義務とする「既存建築物の耐震改修の促進に関する法律」が施行された。

このような法整備に伴い、全国の自治体では学校や公共建築物を中心に耐震診断を行い、必要に応じて耐震補強や改修を施しているが、本校も平成11年に耐震診断を実施し耐震補強工事を行っている¹⁾。

平成15年9月に発生した平成15年十勝沖地震は、耐震補強後に受けた初めての大きな地震であるが、幸いにも被害が軽微に収まっている。今回、釧路市内で計測された平成15年十勝沖地震波を用いて補強前後の校舎に対して振動応答解析を実施した。本研究

では、その解析結果をもとに、被害が軽微であったことと、耐震補強との関連性について報告する。

2. 補強対象建物の概要

図1に対象建物の床梁伏図を、図2に軸組図を示す。長辺方向(X方向)が125m、短辺方向(Y方向)が17mの矩形の3階建ての建物であり、3期に分けて建設されたものである。

3. 耐震診断の概要

耐震診断における耐震判定は、構造耐震指標(Is)とこれに対応する構造耐震判定指標(Is0)とを用いて行い、 $Is \geq Is0$ であれば「安全」とし、そうでなければ「疑問あり」とする。

構造耐震指標(Is)は、(1)式により算定される。

$$Is = E0 \times SD \times T \dots (1)$$

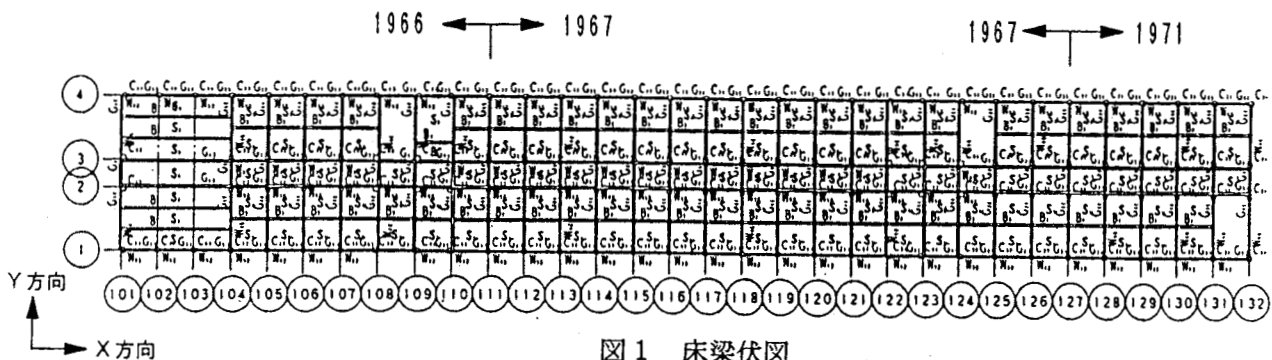


図1 床梁伏図

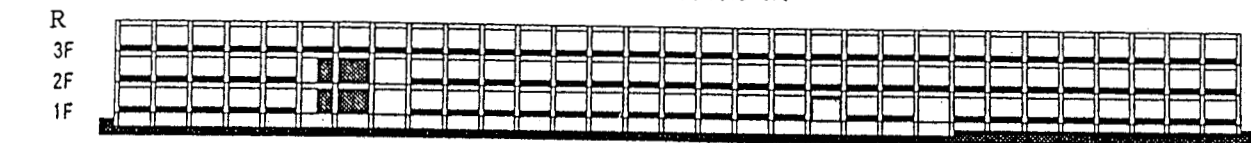


図2 架構フレーム図(1フレーム)

* 釧路高専建築学科

ここで、E0:保有性能基本指標(基本的に強度指標(C)と靱性指標(F)との積)
 SD:形状指標(建物の平面、断面の状況を考慮)
 T:経年指標(亀裂、変形、老朽化等の構造欠陥を考慮)

構造耐震指標(Is)の算定は、第1次、第2次および第3次診断法まで用意されており、いずれの診断法を用いても良いことになっている²⁾。

構造耐震判定指標(Is0)は(2)式により算定される。

$$Is0 = ES \times Z \times G \times U \dots (2)$$

ここで、ES:耐震判定基本指標(1次0.8, 2・3次0.6)
 Z:地震地域係数, G:地盤係数
 U:用途係数

4. 耐震診断結果

耐震診断は、市販の耐震診断プログラム(DOC-RC/SRC)を使用し、柱・梁等の断面形状や配筋状況は、当時の構造図を参考に入力を行い、第2次診断まで行った。

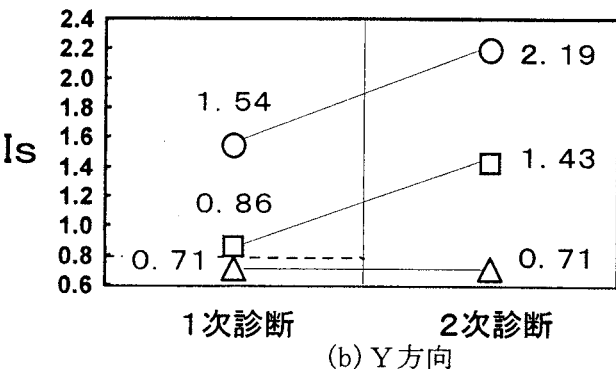
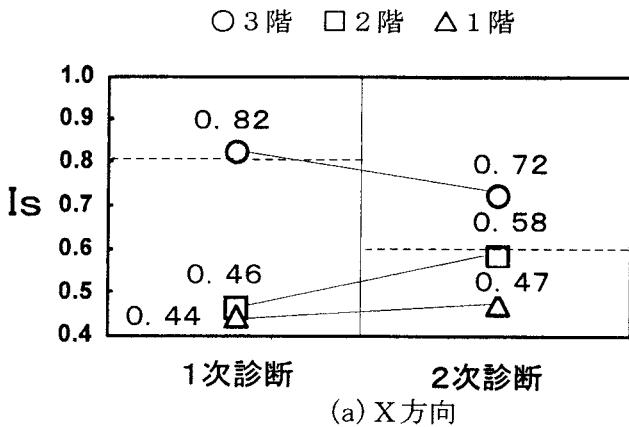
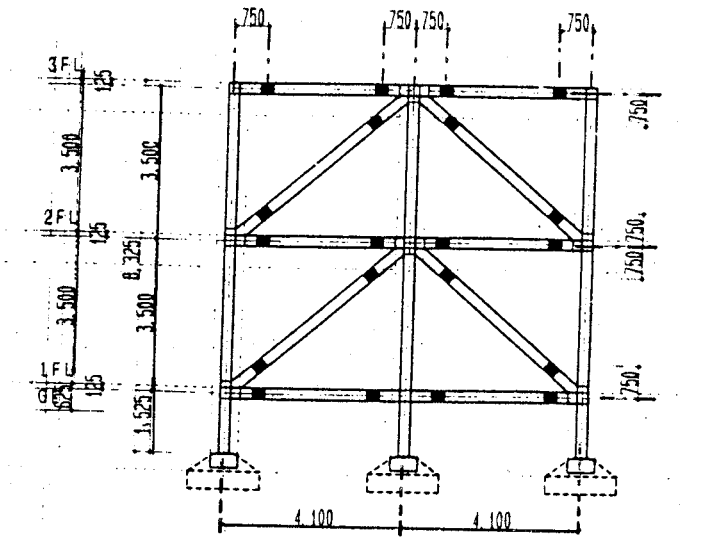


図3 耐震診断結果(補強前)

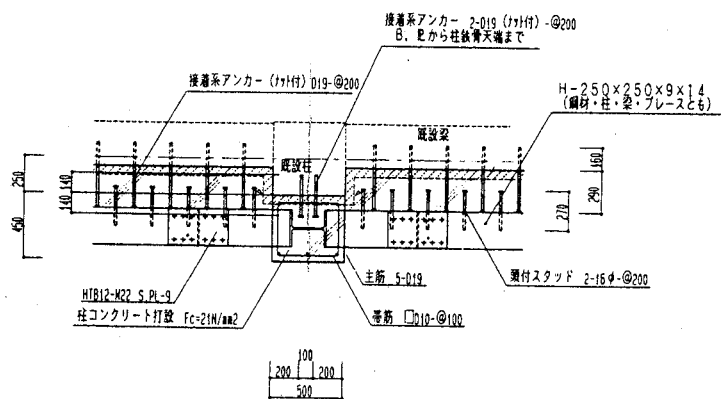
補強前の診断結果を図3に示すが、X方向では1次2次とも1階と2階でIsがIs0を下回っており、3階では上回っている。Y方向では耐震壁が多く配置されているために1次、2次とも全階を通じてIsがIs0を上回っている。この結果から、X方向の1階、2階部分について、耐震補強が必要となった。

5. 耐震補強方法

耐震補強方法として一般に行われるものとして既存RC造フレームへのRC造耐震壁の増設や枠付き鉄骨ブレースや鋼板パネルの増設、柱の靱性を向上させるものとして既存柱への鋼板や炭素繊維・FRPの巻き付けおよびコンクリートの増し打ちなどがある。ここでは、学生の授業や教職員の仕事に支障が出ない方法として建物外周に枠付き鉄骨ブレースを増設する方法を採用した。その例を図4に示す。



(a) 軸組図



(b) 既存建物との接合

図4 耐震補強用ブレース骨組

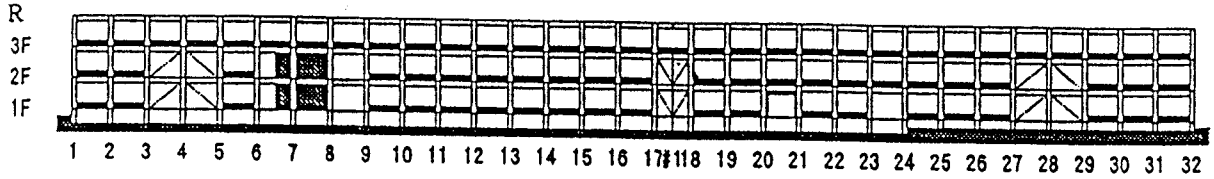


図5 架構耐震補強フレーム図 (1フレーム)

枠付き鉄骨ブレースの増設については、耐震診断において1階・2階の I_s 値が0.7以上となるようにブレース形状と配置個所を決定した。その結果、図5に示す位置で①④フレームに配置することとなった。補強後の耐震診断結果を図6に示す。

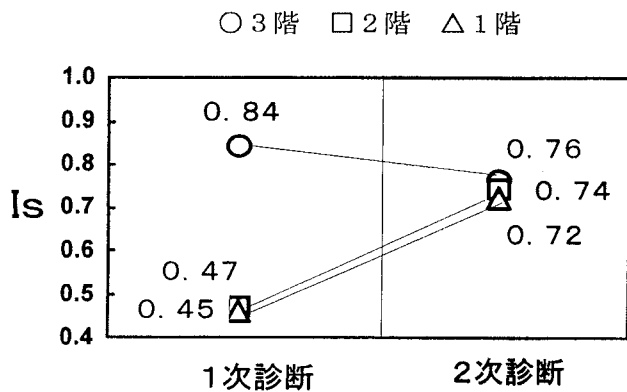


図6 耐震診断結果 (補強後) X方向

図7に補強前と補強後の各階における剛性計算結果を示しているが、補強を行った1階、2階において顕著な剛性の増大が認められる。また、補強を行っていない3階部分においても、下階の補強効果のためと思われる剛性の増大が現れている。

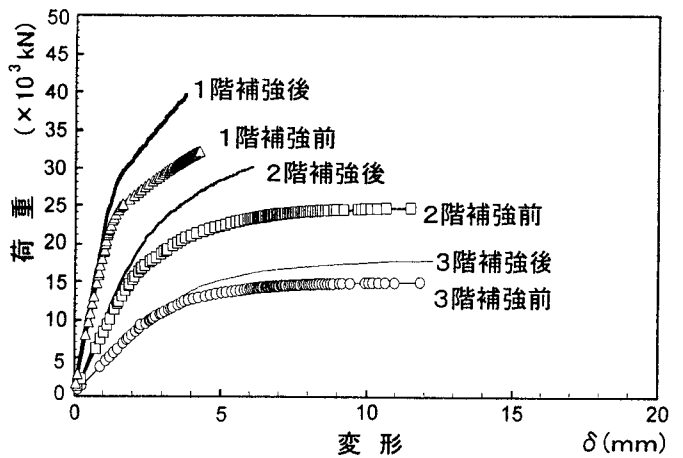


図7 補強前後における荷重変形関係の比較

6 振動応答解析

6.1 建物の剛性評価

振動応答解析を行うにあたり、建物の剛性（復元力特性）を評価する必要がある。剛性を評価するためには、荷重と変形の関係を知る必要があるが、建物の各階における荷重-変形関係を逐次算定可能な増分解析法がこれに適する。増分解析法は、荷重を増加させていく荷重増分解析法と、変形を増加させていく変形増分解析法、さらにこれらの併用があるが、ここでは、荷重増分解析法を用いて荷重-変形関係を算定した。この解析法では、最初に一次設計時の外力分布 (A_i 分布) を用いて応力解析を行い、いずれかの危険断面位置に塑性ヒンジが発生するときの外力（弾性限荷重）を求める。次に構造特性係数 D_s を仮定して求められる概算保有水平耐力と弾性限荷重との差を所定ステップ数で分割した値を荷重増分量とし、各荷重増分における変形を順次算定し、算定打ち切り条件に至るまで算定を継続する。本解析では、荷重増分量を決定するステップ数を50とした。算定打ち切り条件としては、400ステップまで計算を行うこととし、脆性部材が発生した場合にはその部材耐力を保持している。

6.2 解析用地震波

振動応答に使用した地震波は、防災科学技術研究所が釧路市役所前に設置している地震計 (K-Net) により平成15年十勝沖地震の際に計測されたものであり、その中から今回は、加速度の大きいEW波を使用した。図8に地震波の加速度記録を、図9に応答スペクトル図を示す。

加速度記録からEW波の最大加速度は407galである。また、応答スペクトルでは、ピークが0.5秒から0.7秒の間にあり、長周期の地震動であることがわかる。

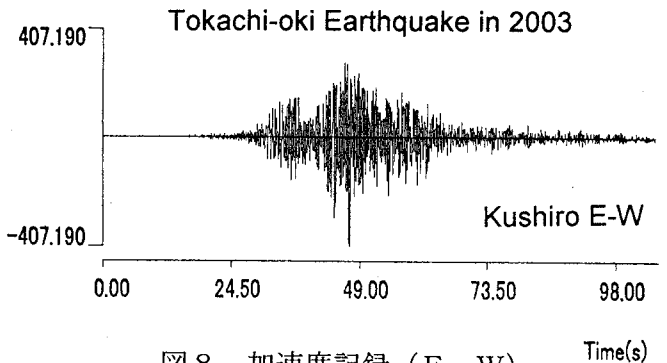


図8 加速度記録 (E-W)

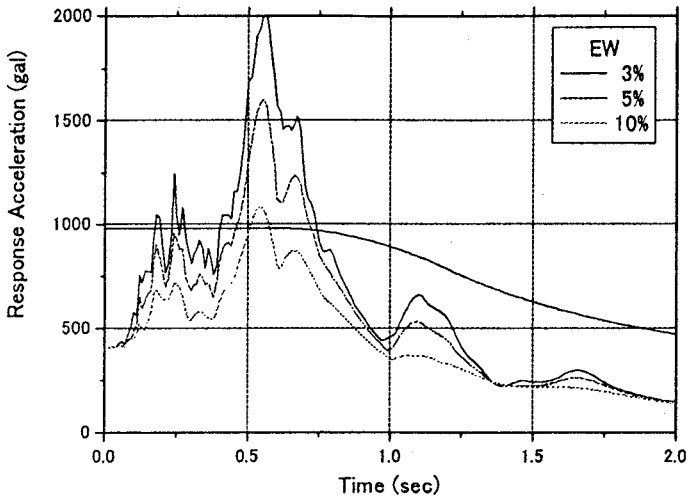


図9 応答スペクトル図 (E-W)

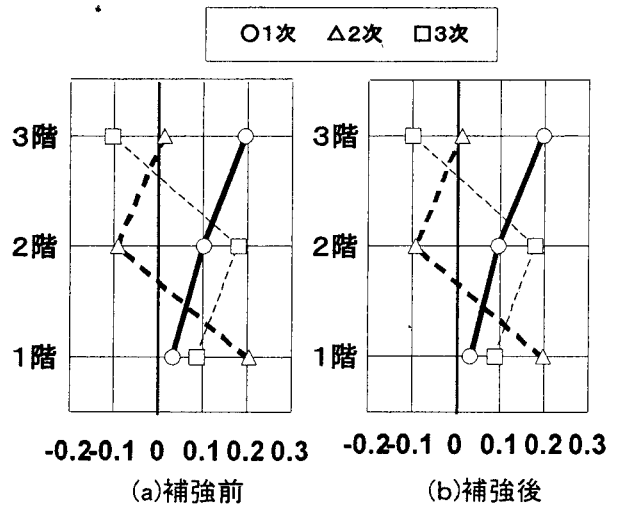


図10 固有ベクトル

6.3 解析結果

振動応答解析は、解析時間間隔は0.01secとし、解析継続時間は100秒間とした。

解析結果のうち、図10に補強前と補強後の固有ベクトルの比較を、表1に固有周期の比較を行っている。固有ベクトルでは全体的に補強前後で大きな差はみられないが、1次モードにおいて1・2階は補強後の値が補強前の値をわずかに下回っているにもかかわらず、3階では、補強後の値が0.1974と補強前の値である0.1954をわずかに上回る結果が得られた。建物の固有周期は、補強による剛性の増大により、補強後が若干短くなっている。

図11には同様に、各階の変位について示しているが、こちらも全階を通じて変位の減少が認められる。変位の減少は階数が高くなるにつれて大きくなる傾向にある。補強を施していない3階においては補強前が13.8mmであるのに対し、補強後は11.8mmと、約2mmの変形が抑制されている。

図12には、最大絶対加速度について比較を行っているが、補強前に比べて補強後において各階にわたり大きな値となっている。これは、補強することにより、建物の固有周期が短くなっていることや剛性が高まったためと考えられる。

図13には、最大減衰力を示しているが、各階ともに補強後において大きな減衰力を示しており、特に補強前後の最大絶対加速度の差が大きな2階部分では、値が最大となっている。

表1 固有周期 (秒)

	補強前	補強後
1次	0.2108	0.1974
2次	0.0886	0.0852
3次	0.0520	0.0485

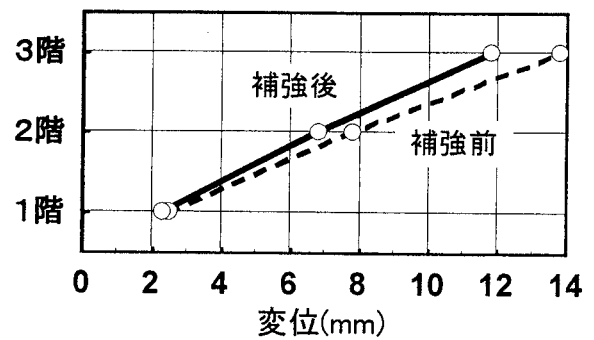


図11 補強前後における変位の比較

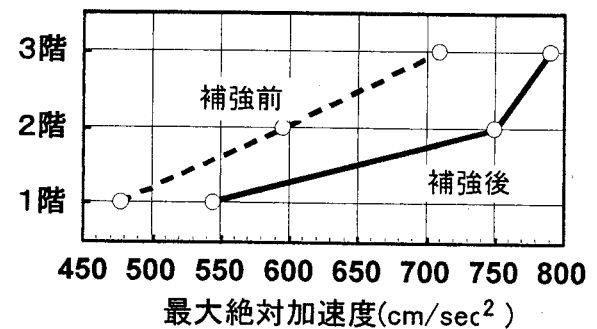


図12 補強前後における最大絶対加速度の比較

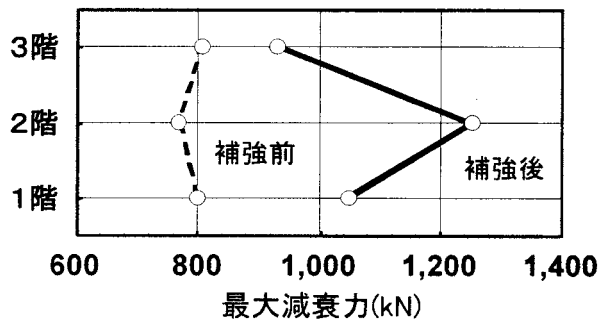


図 1.3 補強前後における最大減衰力の比較

7. まとめ

平成15年十勝沖地震の際に釧路市内で計測された地震波を用い、釧路高専校舎の耐震補強効果について振動応答解析により検討した。結果をまとめると以下ようになる。

1. 耐震補強により、剛性の増大が認められ、結果的に建物の固有周期が若干短くなった。
2. 補強後において各階の変位が減少しており、補強の効果が認められる。
3. 最大加速度の増大が見られたが、補強により大きな減衰力が作用することが確認された。

これらの結果はあくまでも理論解析であり、実際との比較が行われていない所が本研究の説得性の欠ける原因であり、今後の課題とされる。具体的には、校舎内に地震計を設置し記録をとること、さらには建物の変位を計測するシステムを確立することである。

【参考文献】

- 1) 草薙敏夫, 釧路高専校舎の耐震補強, 釧路高専研究紀要第34号, pp. 53~56, 2000. 12
- 2) 日本建築防災協会, 既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準・同解説, 1990. 12