

要旨

地盤性状を考慮した RC造 学校校舎の耐震診断指標と損傷度の研究

1115121 明神 並平

1. 研究背景

1995年の兵庫県南部地震の被害を契機に「建築物の耐震改修の促進に関する法律」が制定された。これを受け各自治体などで耐震改修が進められてきている。改修する建物が5~6階の鉄筋コンクリート造の場合、日本建築防災協会が発行している「既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準同解説」(以下、診断基準)で建物の安全性が評価されている。また、日本建築学会が発行している「1995年 兵庫県南部地震 鉄筋コンクリート造建築物の被害調査報告書 第 編 学校建築」では、兵庫県南部地震で被災した鉄筋コンクリート造文教施設に対して行った被害調査で外観のみの調査、自治体からの報告書等を含む調査結果がまとめられている。その中から、図1に第2次診断での構造耐震指標 I_S 値と損傷割合 D の関係を引用した。診断基準では I_S 値を求め、その値が0.6以下であれば大地震発生時に受ける建物の損傷割合は大破から倒壊にいたる危険性があるとされている。しかし、同図において I_S 値が0.6以下で小破、それ以上においても大破とされたものも確認できる。これらから、建物の耐震診断指標 I_S 値は、現状で地震時建物の安全性の目安とするには実被害との関係に正確性が欠けると考えられる。

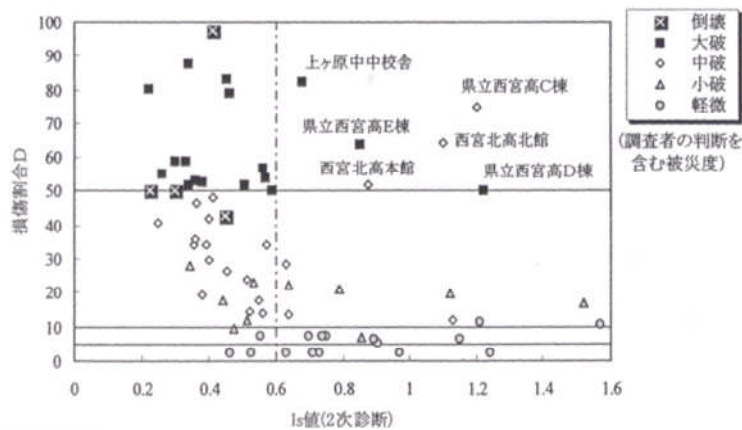


図1 構造耐震指標 I_S と損傷割合の関係

2. 研究目的

背景より、 I_S 値の算出項目の評価を再検討する若しくは不足項目の考慮をすることで、 I_S 値の見直しを図り、 I_S 値と実被害との関係をより密接な関係に示す必要があると考えた。本研究は、 I_S 値と実被害の関係に正確性が欠けた原因を地盤性状の違いによる地震力の変動にあると仮定し、原因究明とその傾向把握を目的とした。

3. 解析に用いる緒元の検討

解析にあたり、地盤性状を把握する必要がある。この地盤性状把握には、財団法人 地域地盤環境研究所 KG-NET 関西圏地盤 DB 運営機構のご協力により、兵庫県下でのボーリング検査結果を取得することができた。しかし、この情報はそのほとんどが土質と N 値のみであったことから解析に必要なせん断波速度 (V_s) や単位体積重量などを N 値を基に算定することとした。様々な推定式の中から、本研究では国土交通省建築研究所「改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景」を参照することとした。

$$V_s = 68.79N^{-0.171} \times H^{0.199} \times E \times F$$

V_s :せん断波速度 N : N 値 E :積層の種類による係数 F :土質の種類による係数

次に、単位体積重量については、太田外氣晴氏「物理探査と室内試験から評価される V_p, V_s 及びポアゾン比の関係」を参照として、 V_s から密度を算定し、重力加速度を掛けることで単位体積重量とした。

$$= 0.8 \text{Log} V_s [m/sec] - 0.1$$

ρ :密度 V_s :せん断波速度

4. 解析手法

本研究では、兵庫県南部地震の被害調査から地震発生時に震度 7 を観測した地域と調査範囲の重なった範囲を解析対象範囲として、その中から I_s 値と損傷度の関係で I_s 値から推測される大地震時の損傷度割合と実被害にずれが生じた 4CASE を解析対象とした。また、入力地震波には神戸海洋気象台波 (JMA 波) を基に工学波に引き戻すことで、各対象建物地域の地盤性状を考慮した地震動解析を行うこととした。図 2 に兵庫県周辺の被害調査範囲と深度 7 地帯、図 3 に I_s 値と損傷度割合からの対象建物の選定



図 2 被害調査範囲と深度 7 地帯

5. 解析結果

解析対象周辺地域の地盤性状を考慮した地震動解析の結果を表1に示す。また、実被害での損傷度割合 D と建物の固有周期と地震動の卓越周期の割合との対応関係を図4に示す。

表1 各対象建物 最大応答値

本山第2小学校 桁行き方向				本山第2小学校 梁間方向			
	せん断力	変位	層間変形角		せん断力	変位	層間変形角
4F	445.7tf	9.76mm	1/535	4F	462.6tf	0.64mm	1/4148
3F	904.2tf	9.11mm	1/339	3F	916.2tf	0.57mm	1/3193
2F	1008.6tf	8.18mm	1/55	2F	1293.7tf	0.48mm	1/3295
1F	1467.8tf	1.93mm	1/197	1F	1577.5tf	0.38mm	1/1004
御影高等学校 桁行き方向				御影高等学校 梁間方向			
	せん断力	変位	層間変形角		せん断力	変位	層間変形角
4F	487.6tf	4.98mm	1/5313	4F	650.2tf	0.45mm	1/6101
3F	892.3tf	4.92mm	1/2049	3F	1101.3tf	0.42mm	1/4953
2F	1161.2tf	4.75mm	1/97	2F	1445.7tf	0.37mm	1/2988
1F	1381.5tf	0.67mm	1/565	1F	1707.4tf	0.27mm	1/1432
西宮北高等学校 桁行き方向				西宮北高等学校 梁間方向			
	せん断力	変位	層間変形角		せん断力	変位	層間変形角
4F	271.2tf	31.58mm	1/338	4F	326.5tf	1.01mm	1/324
3F	513.5tf	30.45mm	1/102	3F	609.6tf	0.86mm	1/111
2F	715.3tf	26.76mm	1/27	2F	878.9tf	0.73mm	1/32
1F	826.7tf	12.97mm	1/31	1F	1170.0tf	0.43mm	1/38
上ヶ原中学校 桁行き方向				上ヶ原中学校 梁間方向			
	せん断力	変位	層間変形角		せん断力	変位	層間変形角
4F	442.7tf	14.93mm	1/1033	4F	785.7tf	0.42mm	1/5123
3F	828.6tf	14.63mm	1/168	3F	1490.1tf	0.34mm	1/3988
2F	1384.0tf	12.97mm	1/147	2F	2089.5f	0.26mm	1/3937
1F	1335.5f	11.00mm	1/37	1F	2606.1tf	0.17mm	1/2429

上記に示したように地震動応答解析の結果、本山第2小学校と御影高校、西宮北高等学校の最大応答を示したのは2階であり、上ヶ原中学校では1階となった。これは、被害調査結果と対応している。このことから、本研究の地震動解析がある程度の精度で地震時の建物の応答を再現できたのではないかと考えた。

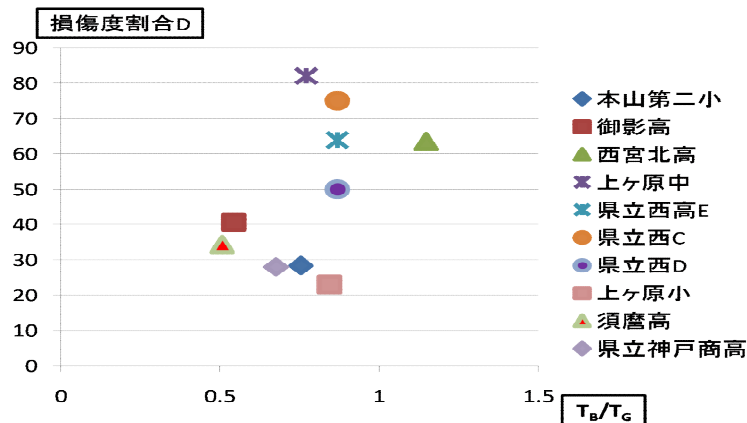


図4 実被害での損傷度割合 D と建物の固有周期と地震動の卓越周期の割合との関係

6. まとめ

被害調査結果を基に解析対象建物、周辺地域の地盤性状を決定・調査し、それらの情報と重複反射理論 *SHAKE* を利用することで、被災時の各対象建物の応答の再現を試みた。これにより、地盤性状の違いによって建物が受ける地震波形に変動をもたらし、 I_s 値と損傷度割合の関係での目安と実被害にギャップを発生させた要因の一つであるという結論に至った。

7. 引用・参考文献一覧

1.1) 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 2001 年度改訂版」

1.2) (社) 日本建築学会：「1995年兵庫県南部地震 鉄筋コンクリート造建築物の被害調査報告書 第 編 学校建築」

1.3) 鹿島出版会 大崎順彦 (1994) 「新・地震動のスペクトル解析入門」

3.1) (財) 阪神・淡路大震災記念協会 沖村 孝 委員研究会

3.2) 「阪神間西部地域を中心とした地盤震動特性の究明 - 芦屋・西宮・宝塚地区における地盤データの分析・研究と兵庫県南部地震における地震動分布の解明 - 」

(財) 地域地盤環境研究所 *KG-NET*、関西圏地盤 *DB* 運営機構

4.1) 関西圏地盤情報データベース *CD-ROM*

4.2) 建築基礎 耐震・振動・制御 共立出版株式会社

4.3) (株) 構造計画研究所 *k-SHAKE+for Windows* 利用者マニュアル

4.4) (株) 構造計画研究所 *RESP-Bird* 利用者マニュアル

4.5) (株) 構造計画研究所 *RESP-F3* 利用者マニュアル

4.6) (株) 構造計画研究所 *RESP-M/* 利用者マニュアル

4.7) 建設省 (現 国土交通省) 告示第1457号

5.1) 強震動地震学基礎講座

<http://www.mmjp.or.jp/kyosindo/kisokoza/kisokoza03.html>

Abstract

Study of Seismic Index and Damage Level for Reinforced Concrete School Building Considering Soil Conditions

1115121 Namihei Myoujin

The report on the Hanshin-Awaji Earthquake Disaster in 1995 summarized the survey report on the damage of Reinforced concrete School buildings. In this report, Is index (seismic index of existing reinforced concrete buildings) is focused in this paper. Especially the relationship between Seismic index Is and damage grade D. From the analysis of real buildings in Kobe city which suffered from the Hanshin-Awaji Earthquake, seismic index Is values do not always explain the damage grade. It was considered that such discrepancy of Is to damage grade was based on the fluctuations of soil conditions of the buildings.

Target buildings are selected from the seismic intensity area. Then the data of soil conditions in each area was acquired. Four analytical buildings were selected because these four buildings showed some discrepancies between the Is index and damage grade. The input earthquake is adopted as JMA wave (recorded at Kobe oceans meteorological observatory). Such wave is once converted to the wave of "engineering soil base", then such wave was transferred to the soil layers in each building on the engineering soil base. Then each target building was analyzed. Several target school building were selected for the earthquake response analysis including each soil layer conditions on the engineering soil base which was received common input earthquake. Such buildings are real school buildings and their soil conditions are the real surveyed data. For such analysis program "SHAKE" was used which covers the dynamic amplification effects for soil layers to input earthquake to engineering soil base. The results of these analysis showed that the story drift response of school buildings was much affected to the soil conditions. This means only the values of the seismic index Is of each school building can not explain the real damage grade. Besides the seismic index of super structure, the soil layers conditions should be carefully considered for the precise evaluation of earthquake damage