

## 1. はじめに

### 1.1 背景

土木学会では1995年兵庫県南部地震による阪神淡路大震災の後、同年5月と翌年1月の2回にわたって耐震基準等に関する「第一次・第二次提言」<sup>1)</sup>を行った。その中で、今後、土木構造物の耐震性能の照査では、レベル1および2の二段階の設計を行うべきことが述べられている。この後、土木構造物の耐震設計法に関する特別委員会が組織され、「第一次・第二次提言」を実務に反映させるべく、記述を具体化する努力が行われた結果が、2000年6月に「第三次提言」<sup>1)</sup>としてまとめられた。この中で、「レベル2地震動とは構造物の耐震設計に用いる入力地震動で、現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動である」と定義され、震源断層を想定して評価すること(震源依存)、震源断層が特定されない場合でも下限基準としてM6.5直下の地震に配慮すること、強震動予測法により評価すること(地点依存)、発生確率は基本的に考慮しない確定論的地震動評価法によることなどが決められている。さらに、地震工学委員会耐震基準小委員会が2001年11月にまとめた「土木構造物の耐震設計ガイドライン」<sup>2)</sup>は、各種構造物におけるレベル2設計法について詳細に記述している。これらの結果として、1995年兵庫県南部地震以降、各種土木構造物に対する耐震設計規定の見直しが行われ、その中で特にレベル2設計法が整備されてきた。

一方、レベル1について「第一次・第二次提言」では、レベル1地震動を供用期間内に1~2度発生する確率をもつ地震動強さと表現するとともに、これを弾性設計法と組み合わせて用いるとし、その設定に関しては従来の耐震設計で使用されてきた地震荷重や設計法の体系とノウハウを尊重するのが適当であると述べている。しかし「第三次提言」では、「厳密に言えば、従来の地震荷重は地震の発生確率を根拠に設定されたわけではなく、主として1891年濃尾地震以降における地震被害の教訓を生かすため直観的あるいは試行錯誤的に定められてきた側面が強い」とされ、「土木構造物の耐震設計ガイドライン」では、「レベル1地震動とは、当面は許容応力度設計などの従来型設計に用いる地震動とする。(中略)ただし、レベル1地震動の強さを与える考え方や、これに対応する性能について早急に研究を進める必要がある」と述べられている。

本報告書は、「ガイドライン」の提言を受けて、地震工学委員会耐震基準小委員会の中に設けられたレベル1ワーキングによって検討されまとめられた、従来のレベル1に代わる新しい設計法の考え方の提案である。ワーキングの委員構成および本報告書の執筆章節を以下に示す(五十音順)。

足立幸郎	(阪神高速道路公団)	4.4, 5.2, 5.3
安中正	(東電設計株式会社)	4.1
石川裕	(清水建設株式会社)	6.1
井関泰文*	(鹿島建設株式会社)	6.3
上田孝行	(東京工業大学)	5.4~5.5
佐藤尚次	(中央大学)	2.1~2.3, 3.5~3.6, 6.2
澤田純男	(京都大学)	1.1~1.3, 3.1~3.4, 3.7, 7
鈴木誠	(清水建設株式会社)	3.7

中村 晋	( 日本大学 )	4.2, 3.7
中山 学	( 株式会社奥村組 )	5.1
前川宏一	( 東京大学 )	3.6, 5.2
松本敏克	( 株式会社ニュージェック )	5.1
室野剛隆	( 鉄道総合技術研究所 )	4.3

\* 委員外執筆者

## 1.2 従来のレベル1の考え方と直面する問題

前述したように、「第一次・第二次提言」では、供用期間中に1～2回、許容応力度設計法、従来の基準の入力地震動、のセットで論理が構成されており、これらのバランスが保たれている場合はとりあえず大きな問題が発生しないが、地域によってこれらの関係が成り立たない場合がある。例えば、文部科学省の地震調査推進本部による評価では、南海地震や東南海地震がこの50年間に発生する確率は80%とされており、これらは頻度上はレベル1の範疇に入ると考えられる。しかしながら、和歌山南部県や高知県などでは、震源断層に近い場合、かなりの強度の地震動を想定しなければならない。これに対して応答を弾性範囲に留める設計を行うことは、極端に大きな断面としなければならないことになる。すなわち、発生頻度がレベル1であるにもかかわらず、大きさが従来の設計基準のレベル1を大きく越え、レベル2に相当するような事例が、この他にも例えば仙台市における宮城県沖の地震などで見られる。

このような事例から、一般的に用いられている「レベル1地震動」、「レベル2地震動」なる用語の「レベル」が、地震動の大きさの「レベル」か頻度の「レベル」かという疑問が生じる。歴史的に考えれば、元々震度法による弾性設計法があり、弾塑性挙動をチェックする照査が震度法に加える形で導入され、これらの一連の設計が「二段階設計法」と呼ばれることになった。そこで、従来の震度法による弾性設計を「レベル1」、弾塑性挙動の照査を「レベル2」と呼ばれることになったと考えられる。この流れから考えれば「レベル1」設計に用いられる入力地震動が「レベル1地震動」であり、「レベル2」照査に用いられる入力地震動が「レベル2地震動」である。すなわち「レベル」は設計法のレベルであり、地震動の大きさのレベルでも頻度のレベルでもない。

それでは、レベル1地震動をどのような基準で設定すれば良いか。「第一次・第二次提言」で「供用期間内に1～2度発生する確率をもつ」と定義した根拠は明らかでない。「1891年濃尾地震以降における地震被害の教訓を生かすため直観的あるいは試行錯誤的に定められてきた」従来の耐震設計基準の入力地震動が、「供用期間内に1～2度発生する確率をもつ」ものに相当する場合は多いのではないかと希望的観測が述べられていると解釈するのが妥当であろう。現状ではレベル1地震動を設定する学問的根拠は皆無である。

### 1.3 性能規定型設計への移行

最近では土木構造物の設計に、従来の仕様規定型設計に代わって、性能規定型設計が取り入れられつつある。これは、設計された構造物が要求性能さえ満足していれば、どのような構造形式や構造材料、設計手法、工法を用いてもよいとする設計方法である。より具体的には、構造物の目的とそれに適合する機能を明示し、機能を供用期間中に維持するために必要とされる要求性能を規定し、要求性能が構造物の供用期間中確保されることを照査する手順を踏む。従来のレベル1、レベル2設計法は入力地震動や、構造物の変形性能などの計算法を指定した仕様規定型の設計法であり、新たな構造形式や新しい考え方を導入するためには、規定そのものを変える必要があった。しかしながら、性能規定型設計では、規定を変えることなく、新しい高じん性構造などの導入が可能となる。

性能規定型設計に移行するにあたり、従来のレベル1設計で照査していた性能とは何かが、まず問題となる。本論では、2章でこの問題についての歴史的経緯を考察したのち、3章で経済性照査としての新しいレベル1設計の考え方を提案する。4章では地震入力の設定法と、その応答から被害レベルを算定する方法までの詳細を解説し、5章では初期建設コストと、地震時および地震後の補修コスト、および間接被害の算定法について述べる。6章では、本提案法の考え方に近い方法で設計された例を示す。なお、レベル1 = 断面設計、レベル2 = 照査、あるいは、レベル1 = 弾性設計、レベル2 = 弾塑性設計といった固定観念をもって本論を読むと、大変混乱するので注意されたい。

#### 参考文献 (1.1 ~ 1.3)

- 1) <http://www.jsce.or.jp/committee/earth/index.html>
- 2) <http://www.jsce.or.jp/committee/eec2/taishin/guidline.html>