

限界状態設計法によるコンクリート充填鋼管柱の設計 - 耐 震 設 計 -

中央復建コンサルタンツ(株)	正会員	中原正人*
大阪工業大学工学部	正会員	栗田章光**
(株)橋梁コンサルタント	正会員	富山 毅***
(株)ニーデック	正会員	新平信幸****
(株)日本構造橋梁研究所	正会員	澤田友治*****

1. はじめに

近年、橋梁構造物の設計法は性能照査型設計法へ移行しつつあり、具体的な照査方法としては許容応力度法や限界状態法がある。鉄道橋の設計はすでに限界状態設計法によって行われており、土木学会鋼構造委員会からは、鋼・コンクリート合成構造物を対象にした限界状態設計法に基づく鋼構造物設計指針¹⁾が刊行されている。また、耐震設計について、鉄道橋の設計では鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（以下鉄道耐震標準）²⁾において性能照査型設計法が導入されている。鉄道耐震標準では、構造物の重要度に応じた要求耐震性能（耐震性能～）が設定されており、その照査指標として部材については損傷レベル、基礎については安定レベルが規定されている。ここで、照査方法は静的非線形解析を基本としている。一方、平成8年度版道路橋示方書・同解説 耐震設計編（以下道示）³⁾では、橋の重要度を2つに区分しており、特に重要度の高い橋（B種の橋）について、L2地震動に対しては限定された損傷にとどめることを目標としている。その照査方法は、原則として地震時保有水平耐力法によることとしている。

本文では、コンクリート充填鋼管柱を対象にして、道示と鉄道耐震標準による耐震設計を行い、コンクリート充填鋼管柱の耐震設計手法について比較検討した結果を報告する。

2. 検討断面

検討断面は、図-1に示す橋脚を対象とした⁴⁾。基礎（場所打ち杭；1200mm，25本）は、「道路橋の耐震設計に関する資料」⁵⁾の設計計算例の地盤条件を準用し決定した。構造諸元、橋脚断面は、それぞれ表-1、図-2に示すとおりである。

表-1 構造諸元

上部工形式	3径間連続非合成I桁橋 ($l=33m \sim 36m$)
柱構造	コンクリート充填矩形鋼管柱
支承条件	固定
鋼材	SM490Y
充填コンクリート	$f'_{ck}=24N/mm^2$

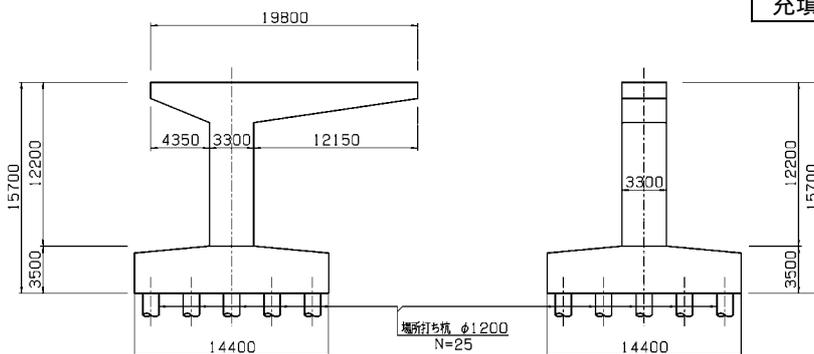


図-1 橋脚構造図 (mm)

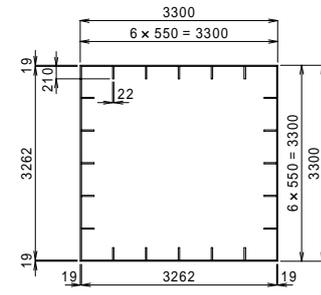


図-2 橋脚断面図 (mm)

Keywords: コンクリート充填鋼管柱，鋼構造物設計指針，性能照査型設計法

- | | | |
|-------|-------------------------------|--------------------------------------|
| * | 〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4丁目11番10号 | TEL: 06-6160-2322, FAX: 06-6160-1205 |
| ** | 〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号 | TEL: 06-6954-4109, FAX: 06-6957-2131 |
| *** | 〒541-0059 大阪市中央区博労町1丁目7番2号 | TEL: 06-6264-3681, FAX: 06-6264-3687 |
| **** | 〒532-0011 大阪市淀川区西中島3丁目23番9号 | TEL: 06-6305-2305, FAX: 06-6305-2304 |
| ***** | 〒541-0051 大阪市中央区備後町1丁目5番2号 | TEL: 06-6203-2552, FAX: 06-6203-2558 |

3. 耐震設計結果

表-2 に道示 による L2 地震動（タイプ ）に対する耐震設計結果を示す．また，表-3 に鉄道耐震標準による耐震性能照査結果を示す．なお，今回の設計は道路橋を対象としており荷重等の条件は道路橋に準じた．

表-2 道示 V による耐震設計結果

地震時保有水平耐力	橋軸方向		橋軸直角方向	
	照査結果	判定	照査結果	判定
慣性力 H (kN)/ 地震時保有耐力 P_a (kN)	15231.6/16308.0=0.934 < 1.0	OK	5751.2/11166.9=0.515 < 1.0	OK
残留変位	照査結果	判定	照査結果	判定
残留変位 r (m)/ 許容残留変位 r_a (m)	0.066/0.122=0.542 < 1.0	OK	0.030/0.147=0.205 < 1.0	OK

表-3 鉄道耐震標準による耐震性能照査結果

要求耐震性能	照査式	橋軸方向		橋軸直角方向	
		照査結果	判定	照査結果	判定
耐震性能	$\gamma_i \cdot \frac{\theta_d}{\theta_{id}} < 1.0$	$1.0 \times 0.0227/0.0041=5.54 > 1.0$	OUT	$1.0 \times 0.0157/0.0042=3.74 > 1.0$	OUT
耐震性能		$1.0 \times 0.0227/0.0533=0.426 < 1.0$	O.K.	$1.0 \times 0.0157/0.0566=0.277 < 1.0$	O.K.
耐震性能		$1.0 \times 0.0227/0.0774=0.293 < 1.0$	O.K.	$1.0 \times 0.0157/0.0780=0.201 < 1.0$	O.K.

道示 では，B 種の橋について，L2 地震動に対しては「限定された損傷にとどめる」ことを目標としている．これは鉄道耐震標準における耐震性能 ，すなわち「地震後に補修を必要とするが，早期に機能が回復できる」に該当する．この要求性能に対して，照査方法はそれぞれの示方書によって異なるが，いずれの場合においても照査値は橋軸方向の方が橋軸直角方向よりも大きくなり，照査値は道示 によると 0.934，鉄道耐震標準によると 0.426 となった．

4. まとめ

(1) 考察

- (a)道示 では，許容塑性率や地震時保有水平耐力を算出する場合の安全係数 が設定されている．これは，コンクリート充填鋼管柱の場合においても鉄筋コンクリート橋脚の場合と同様となっている．安全係数 は，コンクリート充填鋼管柱の構造特性評価の一つとも考えられる．L2 地震動（タイプ ）について安全係数 は，道示 では =1.5 であるのに対して，文献 6)によれば，コンクリート部分充填合成柱の場合には =1.0 とされている．そこで， =1.0 として照査すると，照査値が 0.934 から 0.738 となり鉄道耐震標準による照査値により近い値となった．
- (b)鉄道耐震標準における照査は，部材の回転角による照査であるが，道示 の場合は構造部材が有している水平耐力の照査である．今回のように 1 本柱で，1 次モードが支配的な構造物に関しては，地震時保有水平耐力法による設計は比較的安全側の値となる傾向にある．また，平成 14 年度版道路橋示方書においては，鋼製橋脚の耐震設計は充填コンクリートの有無に関係なく非線形動的解析を行うこととなり，非線形動的解析による照査を行えば，鉄道耐震標準による照査値により近い値になることが考えられる．

(2) まとめ

今後は上記項目を踏まえてさらに検討を追加する予定である．

なお本稿は，大阪工業大学の鋼・コンクリート複合橋梁研究会にて行った調査研究結果について報告したものである．

- 1)土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物 [平成 9 年版]，鋼構造シリーズ B，平成 9 年 9 月。
- 2)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，平成 11 年 10 月。
- 3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成 8 年 12 月。
- 4)合成柱研究会：合成橋脚とその計算例・解説 - コンクリート充填方式合成柱の応用，平成 4 年 7 月。
- 5)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，平成 9 年 3 月。
- 6)土木学会鋼構造委員会構造新技術小委員会：鋼構造物の安全性の調査報告，平成 7 年 5 月。