

文化財地区における地中管路の簡易耐震診断チャートの構築と適用例

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○江角 勇貴
神戸大学大学院工学研究科 正会員 鋤田 泰子
テヘラン大学工学カレッジ フェロー 高田 至郎
元神戸大学大学院工学研究科 山崎 修一

1. はじめに

我が国には多くの文化遺産と呼ばれる歴史的建造物が存在し、その大部分が可燃性の木造建造物である。防火対策の側面から広大な敷地に歴史的建造物がある文化財地区では消防水利を設置することが規定されている。これらの消火・防火設備の多くは地中管路や地中構造物であるために十分な維持管理が行き届かず、地震後の火災による建造物の防火のためにも簡易でかつ分かりやすい地中管路の耐震診断ツールの構築が期待される。本稿では小口径の地中管路の地震応答解析を実施し、解析結果に基づいて簡易耐震診断チャートの構築を行った。さらに、診断チャートの適用性を検証するために実文化財地区の消火用配水管の耐震診断を行った。

2. 地中管路の耐震診断チャートのための応答解析

消火用配水管は基本的に埋設されているため日々の目視点検で施設状況を把握することは難しい。そこで、施設内の消火用配水管に用いられるような小口径管を想定して地震応答解析によって管路の応答特性を定量的に明らかにするために解析を実施した。解析には弾性床土のはり・ばね要素を用いた管路の地震応答解析 ERAUL¹⁾を使用している。解析対象の管路口径は、消火用配水管を想定してφ100, 200, 300mm の三種類を用いた。管路の材質は、継手構造を有するダクタイル鋳鉄管と一体構造化された鋼管とした。近年では消火用配水管に柔軟性・防食性のある鋼帯外装ポリエチレン管の採用が増えつつあるが、十分な耐震性能を有することから耐震診断対象に含めていない。地中管路は直線部よりも曲がり部や T 字の分岐部で応力集中を起こして被害を受けやすいため、管路の地震応答解析ではこれらをモデル化して耐震性の検討を行った。解析では水道施設の耐震設計指針²⁾を参考にして、レベル 1, レベル 2 地震動相当とその間のレベルとして地盤の応答速度を 24, 50, 100cm/sec の 3 段階とし、様々な方向からの正弦波入射に対して最大の応答（継手変位・管体断面力）をその管路モデルの応答として結果を分析した。解析結果の詳細は参考文献³⁾にまとめている。

3. 地中管路の耐震診断チャートの構築

本稿で提案する耐震診断チャートは、想定される地震動に対して管路の形状や配管状況、敷設状況を踏まえて地震動や地盤条件を設定すれば簡易的にチャートを用いて診断を行い、詳細な耐震診断への優先順位を決めるツールである。診断結果は表-1 に示す A, B, C の三段階の評語で評価される。耐震診断チャートは補正係数を求める補正係数チャートと補正係数のレベルによる評価チャートによって構成されている。補正係数チャートは 5 つの補正項目に従って該当するアイテムを選択し、各係数を乗じることで補正係数 i を決定する。次に補正係数の値によって、適切な評価チャートを選択し、地震動レベルから想定した応答速度 V (cm/s) と地盤の固有周期 T_G (s) から分類する地盤種別 (I 種: $T_G < 0.2\text{sec}$, II 種: $0.2 \leq T_G < 0.6\text{sec}$, III 種: $0.6\text{sec} \leq T_G$) から評価値を決定する。耐震診断チャートは管路構造によって有継手管路と一体構造管の二つに分かれており、地中埋設管路

表-1 チャート式診断の評価

評価値	耐震性の状態と求められる対策
A	十分な耐震性を有しており、地震時に防火施設の機能を発揮することができる。
B	耐震性を有しており、地震時に管路内に防火用の水を確保することができるが、経年劣化なども考えられるので定期的な点検とともに、詳細な耐震診断をする必要がある。
C	想定される地震が発生すると、管路に破損が生じるため、詳細な耐震診断の実施が急務である。

キーワード：耐震診断チャート，地中管路，防火設備，歴史的建造物

住所：〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1 TEL：(078)803-6047 FAX：(078)803-6047

管種と継手特性から使用する耐震診断チャートを選択する。一例として一体構造管の診断チャートを表-2に示す。前述の地震応答解析の結果から諸条件による地盤ひずみに対する管路応答の程度を分析して補正係数を設定した。チャート上における評価値については、管路の継手変位や応力度の許容値の50%以下であればA、100%以下であればB、それ以上であればCと設定した。

4. 消火用配水管の耐震診断例

実際の文化財地区の消火用配水管に対して本稿で提案する耐震診断チャートの適用を行う。京都市内のある寺院では、全延長2,300mの消火用配水管が約30年前に水道用亜鉛メッキ鋼管で整備され、さらに16年前に耐震性のある鋼帯外装ポリエチレン管に更新された。ここでは更新前の鋼管の場合を対象にして検討した。想定される地震動は花折断層帯地震として土岐ら⁴⁾の想定結果を利用した。当該地区の地盤応答速度は65cm/secである。該当地域の地盤条件については、表面波探査を実施して図-1の結果を用いる。工学的基盤層をVs=400m/secとして、それより上層の一次元増幅特性より地盤の周期は0.26secとなり、Ⅱ種地盤と設定した。消火用配水管には曲がり部も分岐部もあり、安全側の判断として一体構造管の診断チャートを用いて補正係数を設定したところ、補正係数*i*は1.17となった。さらに、地盤の条件と地震動レベルから更新前の鋼管の簡易耐震診断結果はAとなり、耐震性があるという判断になった。構築した耐震診断チャートが実際に適用できることを確認した。しかし、本チャートには劣化等の影響を考慮しておらず、今後はそれらについても検討の余地がある。

5. まとめ

本稿では、小口径の地中管路に着目して地震応答解析を実施し、解析結果に基づいて簡易耐震診断チャートの構築を行った。さらに、診断チャートの適用性を検証するために実文化財地区の消火用配水管の耐震診断を行った。更新前の管路は耐震性があるという判断になったが、劣化等の影響については今後検討すべきである。

【謝辞】

本研究は立命館大学・神戸大学・鹿島建設(株)・能美防災(株)との共同研究の中で行った成果の一部である。また、適用に関してはNPO「災害から文化財を守る会」の技術部会に多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

1) 高田至郎：ライフライン地震工学，共立出版，1991
2) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，2009
3) 鋤田泰子，山崎修一：複雑な地中管路網の地震応答解析，建設工学研究所論文報告集，第50号，pp.125-135，2008
4) 土岐憲三，岸本英明，古川秀明，酒井久和：花折断層による京都盆地の3次元非線形有限要素法による京震動予測，日本地震工学会論文集，第7巻第5号，2007

表-2 簡易耐震診断チャート（一体構造管の場合）

補正係数チャート				
番号	補正項目		係数	評価値
①	口径	φ100	1.0	
		φ200	0.8	
		φ300	0.6	
②	形状	直線部	1.0	
		曲部	0.9	
		分岐部	1.3	
③	地震動レベル補正	$V<24$	1.0	
		$24\leq V<100$	0.9	
		$100\leq V$	0.8	
④	敷設状況	異形部が連続しない	1.0	
		異形部が連続する	1.3	
⑤	地盤災害	地震動のみ	1.0	
		液状化の恐れあり	2.4	
		地すべりの恐れあり	4.0	
補正係数 <i>i</i> ：(①×②×③×④×⑤)			⇒	

評価マトリクス			
(1) $i \leq 1.0$			
地震動レベル(cm/s)	地盤種別		
	I種	II種	III種
V<24	A	A	A
24≤V<100	A	A	A
100≤V	A	A	A
(2) $1.0 < i \leq 4.0$			
地震動レベル(cm/s)	地盤種別		
	I種	II種	III種
V<24	A	A	A
24≤V<100	A	A	B
100≤V	A	B	B
(3) $4.0 < i$			
地震動レベル(cm/s)	地盤種別		
	I種	II種	III種
V<24	A	A	A
24≤V<100	A	A	B
100≤V	A	B	C

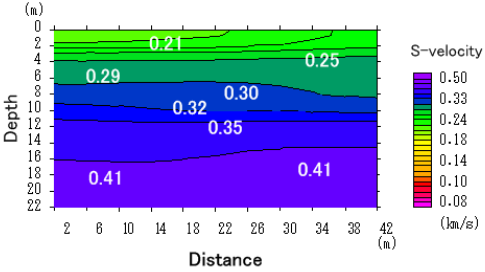


図-1 表面波探査結果