

## PVC とセメント系材料による複合セグメント部材に関する破壊特性評価試験

日本工営（株） 正会員 中野雅章，師 自海  
 3S セグメント協会 正会員 伊藤浩一，磯 陽夫  
 3S セグメント協会 非会員 角田智成，島田敬次

### 1. はじめに

近年，老朽下水道管渠の改築・修繕が必要とされる中で，多くの更生工法が実用化されている．補強を目的とする工法の多くは，管渠の化学的腐食を抑止するために管内面にPVC（塩化ビニル）を用い，耐荷力の回復のために鋼材を配してセメント系材料による充填を施すが，3Sセグメント工法は，更生部材が透明なPVC製のセグメントとセメント系材料による充填モルタルから成る複合セグメント部材（図-1）であるところに特徴がある．同工法では鋼材は使用しないものの，実管渠サイズの破壊試験<sup>1)</sup>では老朽管を新管と同等以上の耐荷力に回復する効果が確認されている．3Sセグメント工法による更生管は既設管と複合セグメント部材による複合構造物であると共に，セグメント自身も複合部材であるため複雑な材料挙動となるが，設計に向けて耐荷力評価法の構築が課題となっている．更生管の破壊試験では，セグメント継手部のみならず母材においても大きな亀裂がみられたことから，更生管の耐荷力評価を精度良く行う上では複合セグメント部材の破壊特性を材料モデルとして適切に考慮することが重要と考えられる．そこで，本稿では，複合セグメント部材の材料破壊特性に着目して実施した破壊試験とその結果について述べる．

### 2. 複合セグメント部材の破壊特性試験概要

#### 2.1 試験概要

複合セグメント部材の材料特性を把握するため，リング方向の母材の一軸圧縮試験および母材および継手部の一軸引張試験を実施した（各々3 供試体）．また，更生管の終局耐荷力を精度良く評価するためには，破壊エネルギーに関する評価が重要となると考え，3 点曲げによる破壊エネルギー試験を実施した（4 供試体）．図-2に破壊エネルギー試験における計測器設置状況を示す．試験では同図に示す位置において荷重-変位曲線（鉛直および水平）を計測した．

#### 2.1 試験供試体

複合セグメント部材は，管渠の内面となる自由面はPVC製の板となるが，もう一方の面は主に充填モルタルに覆われる．実構造物では充填モルタル部は既設管との界面にもなるため，変形に伴うモルタルの抜け出しは無いものと考えられる．そこで，本試験では，これらの構造・部材特徴を考慮し，二枚の平板複合セグメント部材を作製し，その充填面を重ね合わせたものを供試体として，材料特性試験を実施することとした．供試体の概要を図-3に示す．破壊エネルギー試験用供試体は梁中央部に供試体厚の1/2

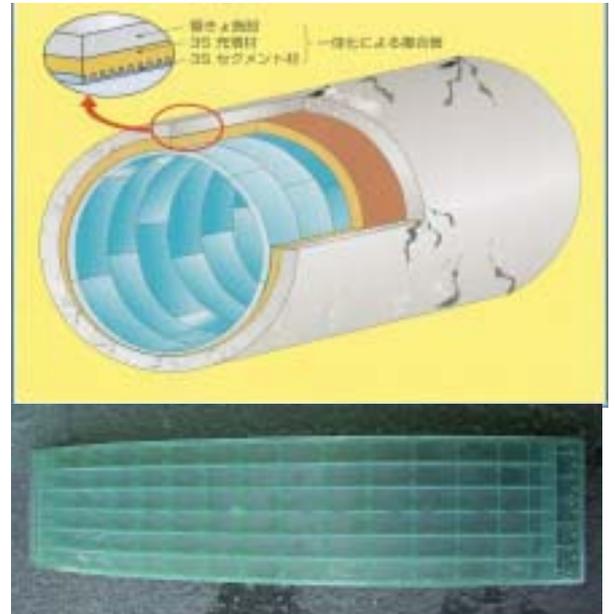


図-1 3Sセグメント工法とPVC製セグメント

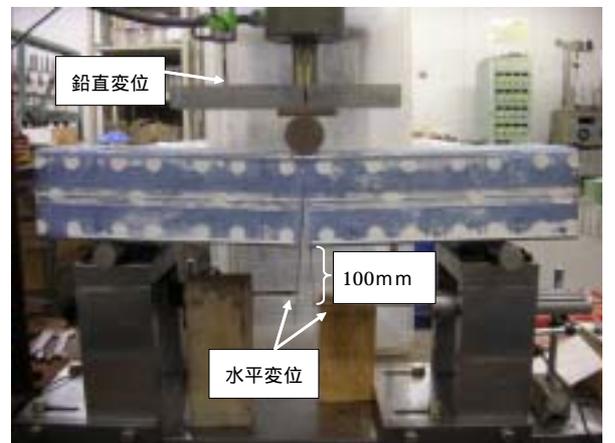


図-2 破壊エネルギー試験計測器設置状況

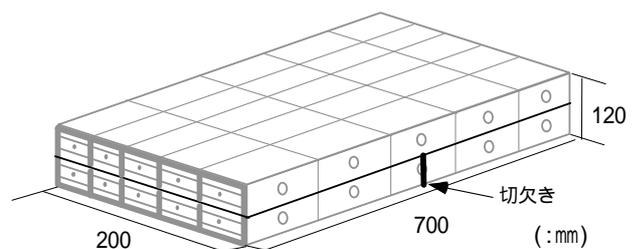


図-3 試験供試体（破壊エネルギー試験用）

キーワード：下水道管渠，PVC，複合セグメント，破壊エネルギー

連絡先：〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 Tel.0298-71-2032 Fax.0298-71-2022

（セグメント一枚分の厚さ）まで切欠きを設けた。

### 3. 破壊エネルギー試験結果

#### 3.1 荷重 - CTOD（亀裂開口幅）曲線

4 本の供試体に対して得られた荷重 - 変位曲線の結果から、破壊エネルギー算出に用いる荷重 - CTOD(亀裂開口幅)曲線を導いた。切欠き先端のCTODは、各試験で得られた鉛直変位  $y$  ならびに水平変位  $x$  より、以下のように算出した。

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta x / (h_0 - \Delta y)) \tag{1}$$

$$\omega = 2h \tan(\theta / 2) \tag{2}$$

ここに、 $\theta$ ： 載荷点を中心とした回転角、 $h_0$ ： 載荷前の載荷点から水平変位計測点までの距離(=220 mm)、 $y$ ： 鉛直変位、 $x$ ： 計測点の水平変位、 $h$ ： リガメント高さ(=60 mm)、 $\omega$ ： 切欠き先端の開口幅である。

図-4に各試験の荷重 - CTOD 曲線を示す。すべての供試体において同図中の写真に示すように、荷重 1000N 付近でモルタルにひび割れが発生し、断面をほぼ貫通した。その後 PVC 材料に亀裂が形成され、それらが開口して終局に至った。PVC 材に見られた亀裂は、切欠き先端から発生したが、その周辺から複数本発生したケースもあった。荷重の増加と共に PVC 材で発生した亀裂が進展し、最大荷重付近では載荷点下で局所的に白色化する塑性領域がみられたが、その後急激な荷重の低下はみられず、緩やかな軟化挙動となり、PVC 材料の延性的な破壊特性が見られた。

なお、本試験と併せて実施した、複合セグメント部材、充填モルタルおよび PVC 材料に関する諸材料試験結果を表-1に示す。

#### 3.2 複合セグメント部材の破壊エネルギー

破壊エネルギーは切欠き梁を用いたコンクリートの破壊エネルギー試験<sup>2)</sup>に基づいて算出することとした。表-2に算出した破壊エネルギーを示す。供試体 No.1 から No.4 までの破壊エネルギーの平均は 11.06N/mm となり、同程度の強度を有する普通コンクリートの 100 倍以上の値である。複合セグメント部材は引張曲げ破壊に対しての材料靱性が高く、更生部材として有効であることを確認することができた。

### 4. おわりに

PVC とセメント系材料で構成される複合セグメント部材について、諸材料試験と共に破壊エネルギー試験を実施し、引張曲げ破壊に対する材料靱性を確認した。今後は本試験で得られた結果を数値解析モデルに反映して、実管渠の破壊試験結果との比較を踏まえてその適用性を検証していく予定である。また、本複合セグメント部材のような鋼材を有しない材料を、補強部材として設計上で考慮するための手法について、材料・解析両面から精査していく必要があると考える。

#### 参考文献

- 1) (財)下水道新技術推進機構：建設技術審査証明（下水道技術）報告書 - 製管工法 - 3S セグメント工法，2004.3
- 2) JCI 規準 (JCI - S - 001 - 2003)：切欠き梁を用いたコンクリートの破壊エネルギー試験

表-1 諸材料試験結果

項目	単位	材料		
		複合セグメント	充填モルタル	PVC
圧縮強度	N/mm <sup>2</sup>	31.82	44.50	
引張強度	N/mm <sup>2</sup>	7.06 (母材)	2.39	44.0以上
		0.88 (接合部)		
弾性係数	kN/mm <sup>2</sup>	3.34 (母材)	17.80	
		0.13 (接合部)		
ポアソン比		0.44	0.20	

表-2 複合セグメント部材の破壊エネルギー

供試体No.	破壊エネルギー (N/mm)
No. 1	10.06
No. 2	14.07
No. 3	9.86
No. 4	10.25
<b>平均値</b>	<b>11.06</b>

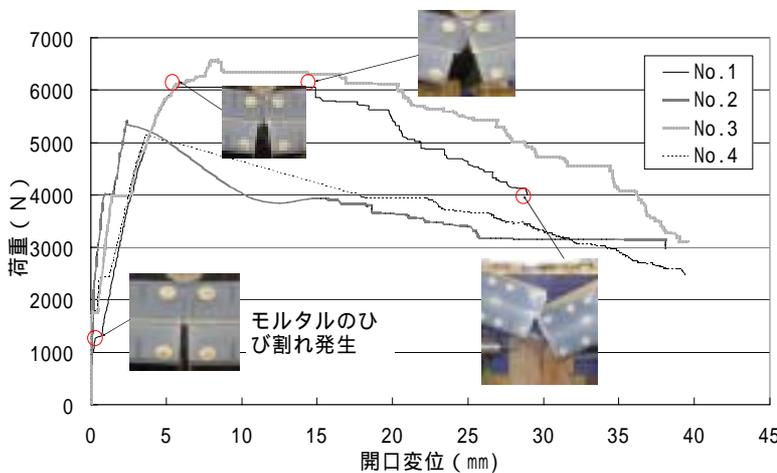


図-4 各供試体の荷重 - CTOD 曲線