## 下水道管渠周辺地盤におけるゆるみ発生メカニズムの解明

能木大学	学生스昌	十日	和正
<b>熊华人子</b>	子土云貝	ヘ田	신다

能木大学	正스昌	+公	旧	
熊华八子	正云貝	八台	川只	

独立行政法人	土木研究所	主任研究員	正会員	桑野	玲子
独立行政法人	土木研究所	交流研究員	正会員	堀井	俊孝

1.はじめに

近年、管渠の老朽化に伴った破損が原因と見られる道路陥没事故が頻発している。下水道整備が拡充する一方で、 特に都市部において耐用年数を超過した管渠も増え始めており、今後老朽化は一層進むことが予測される。下水道 管の破損が原因と見られる道路陥没事故を未然に防ぐには、道路下に発生する地盤のゆるみ・空洞を発見し、その 規模を正確に把握して対策をとる必要がある。現在、空洞の発見にはレーダー探査技術を応用した空洞探査車や、 管路内から探査するロボットが開発されているが、地盤のゆるみ・空洞の発生メカニズムが解明されていないため、 空洞規模の正確な把握は難しいものとなっている<sup>1)</sup>。また、これまで桑野ら<sup>2)</sup>により2次元的なゆるみの解明が行わ れてきたが、空洞周辺のゆるみ評価には限界があり、そのメカニズムは未だ解明されていない。

本研究は、実験による再現から地盤内のゆるみ・空洞を、X線CTを用いて可視化し、地盤のゆるみ・空洞の発 生メカニズムを3次元的に解明することで、潜在的な危険箇所を選定するとともに最終的には、より有効な管渠の 埋設方法を提案することを目的としている。

## 2.実験概要

2.1 実験装置の概要

実験装置の概略を図 - 1 に示す。管渠破損部を開口部形状 5.0×5.0mm と 2.5×10.0mm の断面積を等しくした 2 種類でモデル化し、その上に地盤を作成した。外側に水槽を設け、水位差により給水圧を管理した。本実験においては水頭差 1m の給水圧で水を給水した。また、下水道管は地下に埋設されていることを考慮し、1m 相当の上載荷重を想定し、10kPa の空気圧を上方より載荷した。

2.2 実験ケース

2.2.1 単調給水実験

管渠破損部より水が流出していく現象を想定した実験である。地盤は 初期含水比 10%で、相対密度が 80%になるように 1 層 2.5cm を計量し 突き固め、計 4 層、総厚 10cm の地盤を作成した。実験終了は水が地盤 天端に到達するまでとした。予備実験より地盤天端まで水が到達する給 水量はおよそ 250cc という結果を得ている。よって、ゆるみ領域の進行 過程を 3 段階に分けて評価するため、1 サイクル 80cc、計 3 サイクル 240cc の単調給水を行った。

2.2.2 給排水繰り返し実験

この実験は、大雨の際、管渠内が水で満たされ管渠破損部より水が流 出していき、雨がやみ管渠内の水が減少してくると管内に水・砂が管渠 破損部より流入してくる現象を再現している。まず、給水実験と同様、 地盤作成を行い地盤内に給水を行う。次に給水を止めた後、排水バルブ



を開き排水・排砂を行い、その後 CT 撮影を行った。給水を行い排水が 表 - 1 実験ケース

終了するまでを1サイクルとし、ゆるみ領域が土槽 下端よりおよそ 7cm 位置で確認できたら実験を終 了した。1回の給水量は100ccとし、地盤天端まで 水が到達しても給水を続けた。

本実験の実験ケースにおいては、開口部形状の違いによりゆるみ領域の形成過程に着目した。

実験名	実験 ケース	地盤材料	開口部形状 (mm)	給水量 (cc/回)
給水実験	CASE1	豊浦砂	5.0×5.0	80
	CASE2	豊浦砂	2.5×10.0	80
給排水繰り	CASE3	豊浦砂	5.0×5.0	100
返し実験	CASE4	豊浦砂	2.5×10.0	100

## 3.結果および考察

実験ケースを表 - 1 に示す。CASE1 ~ CASE4 の土 槽下端より 5mm 位置での CT 画像を図 - 2 に、土槽 下端より 20mm 位置での CT 画像を図 - 3 に示す。 CASE1 の CT 画像では、給水を行うと中心部にゆる み領域が形成され、給水回数を増すごとに中心部のゆ るみがより明確となり、円形状にゆるみが拡がってい ることが確認できる。また、CASE1 と CASE2 を比 較すると、開口部形状が異なっても、ゆるみ領域の形 状に大きな変化は見られない。また CASE1 と CASE2 ともにゆるみ領域は土槽下端より 20mm 位置まで達 していない。

給排水を繰り返した CASE3 では、1 サイクルでは 空洞が見られないものの、2 サイクルにおいて中心部 に空洞が形成されている。また3サイクルでは空洞は 見られず円形状に幅の広いゆるみ領域が形成されて いることが確認できる。また、CT 画像中心部のゆる んだ領域の CT 値の最大値はおよそ 320 なので、CT 値 320 以下の領域をゆるんだ領域とし、CT 値 320 以 下の領域を抽出し、地盤内のゆるみ領域を3次元的に 表したものを図 - 4 に示す。排水・排砂は水が地盤天 端に到達すると急激に進行する。排砂量が少ない 1、 2 サイクルにおいては、排砂が起こっても空洞の上面 が保たれ空洞が形成されるが、排砂量が増えてくると 砂時計のように砂が滑り落ちていくような現象が起 こり、開口部直上において鉛直方向にゆるみが拡がっ ていくことが確認された。CASE4においては、1、2 サイクルにおいて中心部に空洞が形成され、3サイク ルでは空洞は形成されず、ほぼ円形状のゆるみ領域が 形成されていることがわかる。排砂量が少なく空洞が 形成される初期段階においては、開口部形状の影響が 見られるが、排砂量が増え全体的にゆるみ領域が拡が ると、開口部形状の影響はなくなるといえる。 4.まとめ

給水のみでは空洞は形成されず、また開口部形状の違いもはっきりとは現れてこない。給水と排水を繰り返し行うと、排砂量が少ない場合は空洞が形成され、開口部 形状の違いも見られた。しかし、排砂量が増えゆるみ領 域が全体に拡がってくると開口部形状の影響がなくなる ことがわかった。本実験より、給排水の繰り返し現象の 排水を防ぐと空洞が形成されないことが示唆された。よって、管渠への砂・水の流入を防ぐ改良を施すことが、 空洞形成を防ぐ対策の1つとして考えられる。

 initial
 1サイクル
 2サイクル
 3サイクル

 CASE1
 (ASE2
 (ASE3
 (ASE3

 CASE3
 (CASE4
 (ASE4
 (ASE4

図 - 2 土槽下端より 5mm 位置での CT 画像



図 - 3 土槽下端より 20mm 位置での CT 画像



図 - 4 ゆるみ領域の3次元画像(CASE3)

参考文献:1)山内慶太他、老朽埋設管周辺地盤のゆるみ・空洞発生模型実験(その1)、第39回地盤工学会発表講演集 872. 2)桑野玲子他、老朽埋設管周辺地盤のゆるみ・空洞発生模型実験(その2)、第39回地盤工学会発表講演集 873.