

組合せ荷重下における更生管のひび割れ強度

Cracking strength of renewed RC pipe under combined loads

○石井 将幸*・野中 資博*・鈴木 隆善**・渡辺 充彦**

ISHII Masayuki, NONAKA Tsuguhiko, SUZUKI Takayoshi, and WATANABE Mitsuhiko

1. はじめに

管更生工法は老朽化した管渠の補修だけでなく、強度や耐久性を向上させることもできる。しかし、更生管の強度を評価する方法はまだ完全には確立されておらず、既存手法のどれが適用可能であるかも明らかではない。そこで本研究では、管渠に対して従来用いられてきた内外圧合成式について、更生管への適用性とパラメータの決定を目的とし、破壊試験と破壊解析による検討を行った。

2. 組合せ荷重下における管渠の強度

ヒューム管のような不とう性管に上載荷重と内水圧が同時に作用する場合、それぞれが単独で作用する際よりも小さい荷重でひび割れが生じる。設計基準¹⁾によれば、単独作用時にひび割れを生じる上載荷重および内水圧と、同時作用下においてひび割れに至る両荷重には、次の関係が成立するとされている。なお上載荷重は線荷重、内水圧は等分布荷重とみなされている。

$$\left(\frac{P_H}{P_C/S}\right)^n + \left(\frac{H_P}{H_C/S}\right) = 1 \quad (1)$$

ここに、 P_C ：単独で作用したときにひび割れが生じる上載荷重 [N/m]、 H_C ：単独で作用したときにひび割れが生じる内水圧 [N/m²]、 P_H ：内水圧が H_P のときひび割れに至る上載荷重 [N/m]、 H_P ：上載荷重が P_H のときひび割れに至る内水圧 [N/m²]、 S ：安全率、 n ：管の種類や構造等によって決まる係数、である。係数 n の値は実験の結果より 1.5~3.0 の範囲にあるとされ、ヒューム管に対しては一般的に 1.5 の値が用いられている。 n の値が大きいほど、組合せ荷重に対して強い。

3. 検討の対象

式 (1) の更生管に対する適用性と、用いるべき n の値について調べるために、破壊試験と破壊解析を行った。対象とした原管と更生管の概要を Table 1 に示す。更生管は、原管の内側にスチール補強材を備えたプロファイルをらせん状に巻いて内管を構成し、原管と内管の空隙に裏込め材を充填して一体化させたものである。

Table1 原管と更生管の概要 Properties of original and renewed RC pipes

原 管	
構造寸法	内径：1000mm，管厚：82mm，鉄筋かぶり：20mm
コンクリート	圧縮強度：57.6MPa，引張強度：4.41MPa，ヤング係数：32.6GPa 破壊エネルギー：10.48N/m，ポアソン比：0.19
鉄筋	降伏強度：593MPa，ヤング係数：200GPa，鉄筋量：φ4mm-18本/m
更 生 管	
構造寸法	内径：900mm，原管厚：82mm，裏込め材厚：50mm
コンクリート・鉄筋	原管と同一
裏込め材	圧縮強度：14.1MPa，引張強度：1.23MPa，ヤング係数：6.3GPa 破壊エネルギー：16.2N/m，ポアソン比：0.17
スチール補強材	降伏強度：205MPa，ヤング係数：165GPa，ポアソン比：0.3

*島根大学生物資源科学部；Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

**積水化学工業（株）；Sekisui Chemical Co.Ltd. 更生管，組合せ荷重，破壊解析

4. 実験と解析の結果

まず長さ 1m の原管と更生管の 3 本づつに対し、上載荷重による破壊試験を実施した。その結果、原管では内面上端に平均 55.8kN で、外面側部に平均 56.7kN でひび割れが発生した。一方更生管では、結果のばらつきが非常に大きく、有効な値を得ることができなかった。

次に同じ条件に基づく破壊解析によって、単独載荷時にひび割れが生じる上載荷重と内水圧を求めた。管長 1m あたりの上載荷重と、内水圧の値を Table 2 に示す。原管における上載荷重は実験よりも若干小さい値となっているが、実験では幅がある程度大きくなるとひび割れを見つけない。この点を考えると、破壊解析で求められたひび割れ荷重の値は十分な精度を有していると言える。上載荷重と内水圧の両方に対し、更生管では原管よりも大きい値が得られており、更生工法の補強効果が示されている。

Table2 解析による単独作用時のひび割れ荷重 Cracking load by numerical analyses

荷重	原管	更生管
上載荷重	45kN	65kN
内水圧	0.69MPa	0.90MPa

続いて、組合せ荷重下におけるひび割れ荷重を破壊解析によって計算した。単独載荷時におけるひび割れ上載荷重の 0.1 倍、0.2 倍から 0.9 倍までのそれぞれに対し、同時載荷でひび割れに至る内水圧を求めた。その結果を Fig.1 に示す。図の横軸は単独載荷時のひび割れ内水圧 H_C で、縦軸は単

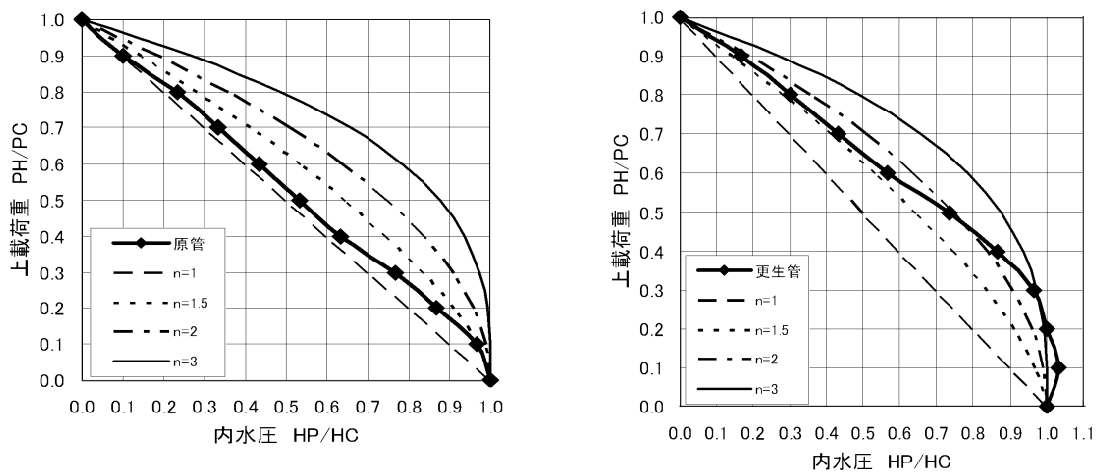


Fig.1 組合せ荷重下におけるひび割れ荷重 Cracking load under combined loadings

図中には解析で得られたひび割れ荷重に加えて、 $n = 1$ から 3 までの曲線を示している。左の図に示した原管における結果は、一般に言われている $n = 1.5$ ではなく、 $n = 1$ の曲線に近いものとなっている。一方更生管では、解析結果から得られた曲線は全体的に $n = 1.5$ の曲線よりも外側を通っており、特に内水圧が大きい領域では $n = 3$ に近づいている。上載荷重、内水圧それぞれに対する補強効果に加え、組合せ荷重下における補強効果も非常に高いことが示されている。

更生管に適用する n の値については、安全を考えれば $n = 1.5$ とすべきである。しかし、上載荷重が小さく、内水圧が大きいことが明らかである場合に対しては、 $n = 2$ とすることも可能であろう。

5. おわりに

更生管に対する内外圧合成式の適用性を調べるために、破壊実験と破壊解析を用いた検討を行った。その結果、内外圧合成式は更生管にも適用可能であることが示唆された。今後は様々な条件に対して同様の検討を行い、広範な条件に適用可能なパラメータ n の値を決定する必要がある。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」 基準書 技術書，pp.284-286，1998.