

V-21 再生骨材を用いたコンクリート充填鋼管柱における軸圧縮特性について

北海道大学工学部 学生員 小野 正弘
 北海道大学工学部 正 員 佐藤 靖彦
 北海道大学工学部 正 員 上田 多門
 北海道大学工学部 正 員 角田與史雄

1. はじめに

わが国ではリサイクル運動が活発になってきていて「資源の有効活用」が盛んに唱われてきている。そんな中、構造物の老朽化や都市計画などにより解体され排出されるコンクリート破砕物の量が増加してきており、その処理が次第に困難になってきている。また、河川から採取される天然骨材の量も減少してきており、その代替骨材が必要になってきている。このような背景のもと、従来埋立や道路の路盤材、あるいは廃棄処分されてきたコンクリート破砕物を、再びコンクリート用骨材として使用しようとする動きがでてきた。しかし、北海道のような寒冷地での使用を考えた場合、凍結融解に対する配慮が必要となる。すなわち、その使用にあつては、再生骨材自体の体質の改善や、凍結融解が問題とならない構造や部位へ適用すること等を考える必要がある。本研究は、後者の立場より、再生骨材を使用したコンクリート（以下、「再生骨材コンクリート」とする）の鋼管柱への適用を考え、その軸圧縮特性を実験的に明らかにすることを目的として行った。

2. 実験概要

2-1 使用材料の特性

本実験では、3種類の再生骨材と1種類の普通骨材を用い4体の実験供試体を作成した。3種類の再生骨材は、原コンクリート（再生骨材を用意するために作製したコンクリート）の圧縮強度が異なるものである。表1は使用した骨材の特性値を示す。本実験で用いた再生骨材の比重は、普通骨材の比重に比べて小さいことが明らかである。また、再生骨材の粗粒率は本実験に使用した普通骨材に比べて大きく、その値は原コンクリートの圧縮強度が大きいものほど大きい。再生骨材は普通骨材に比べて含水率が大きい、これは、再生骨材はモルタルを含んでいることによる。

表1 使用骨材の特性値

	粗粒率	比 重	含水率	原コンクリート の再骨作製時の 圧縮強度(MPa)	原コンクリート の鋼管打設時の 圧縮強度(MPa)
再生骨材 A	6.92	2.41	9.53	29	35
再生骨材 B	6.97	2.41	6.24	35	41
再生骨材 C	7.09	2.36	7.53	44	53
普通骨材 N	6.87	2.75	1.33	—	—

Compressive Behavior of Concrete Columns Encased by Steel Tube Using Recycled Aggregate
 By Masahiro ONO, Yasuhiko SATOH, Tamon UEDA, Yoshio KAKUTA

再生骨材の作製には、ジョークラッシャを有する移動式コンクリート破砕機を用いた。破砕されたコンクリート塊の大きさは最大40mmで作製されており、その内5～25mmのコンクリート塊を粗骨材として使用した。その粒度分布を、本実験で用いた普通骨材の粒度分布と併せ図1に示す。

鋼管に充填するコンクリートを構成する骨材以外の材料はすべての供試体で同一である。各供試体の配合の詳細は表2に示されている。なお、セメントには早強ポルトランドセメントを用いている。

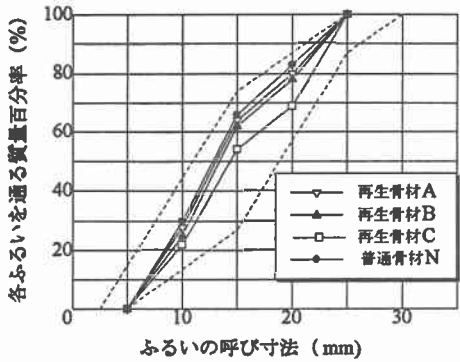


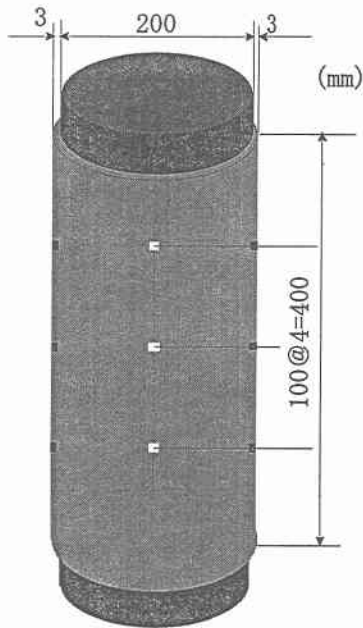
図-1 粗骨材の粒度分布

2-2 実験供試体及び実験方法

実験供試体は合計4体であり、粗骨材として再生骨材Aを使用した供試体をR-A、再生骨材Bを使用した供試体をR-B、再生骨材Cを使用した供試体をR-C、普通骨材を使用した供試体をNとする（表2参照）。使用した鋼管は、その内径が200mm、肉厚3mm、高さ400mmである（図2参照）。鋼管の表面には、軸方向と軸直角方向のひずみを測定するために2軸ゲージを6ヶ所貼付した。充填されたコンクリートの軸方向歪みを測定するために、モールドゲージを3個埋め込んだ。また、鋼管の軸方向変形量を変位計により測定した。それらの測定位置は図2に示されている。

荷重は、単調に約50kNの間隔で増加させ供試体を破壊に至らしめた。その際、荷重がコンクリートにのみかかるように直径が197mm、厚さが50mmの鋼製円盤を載荷板として供試体の上下に設置した。また、載荷板と供試体間の摩擦を減らすために2枚のテフロンシートをそれぞれに敷いた。

使用した鋼管の降伏強度は212MPa、弾性係数は186GPa、ポアソン比は0.3である。



- 鋼管用歪みゲージ
- モールドゲージ

図2 鋼管供試体

表2 各供試体の配合

	スランブ [cm]	細骨材率 S/A	単位量					充填コンクリートの 圧縮強度 (MPa)	鋼管柱の 降伏耐力 (kN)	鋼管柱の 終局耐力 (kN)
			水(W)	セメント (C)	粗骨材 (G)	細骨材 (S)	A E 剤 [cc]			
R-A	10	42	152	320	930	810	1600	30	1360	1725
R-B	2.5	42	152	320	930	810	1600	38	1750	2145
R-C	18	42	155	326	903	804	1630	30	1320	1795
N	5.5	42	152	320	1065	810	1600	35	1750	2175

3.実験結果及び考察

3-1 再生骨材コンクリートの一軸圧縮応力と歪みとの関係

図3は、供試体 R-A、R-B、R-C、および N の鋼管柱に充填したコンクリート（以下、それぞれのコンクリートを C-RA、C-RB、C-RC 及び C-N とする）の一軸圧縮下での応力-歪み曲線を示す。なお縦軸の応力はそれぞれの圧縮強度で正規化されている。C-RA と C-RC は原コンクリートの圧縮強度が鋼管打設時にはそれぞれ 35MPa と 53MPa（表-1 参照）と大きく異なるが、水セメント比を等しくして再生骨材コンクリートを作製した場合、それらの圧縮強度は約 30MPa で等しかった（表2 参照）。よって、本実験の範囲では、再生骨材コンクリートの圧縮強度は原コンクリートの圧縮強度に依存しないものと言える。C-RB の圧縮強度が 38MPa と C-RA 及び C-RC より約 20% 程度大きいのは、スランブ値が 2.5cm と C-RA 及び C-RC より極端に小さいことによるものと思われる。

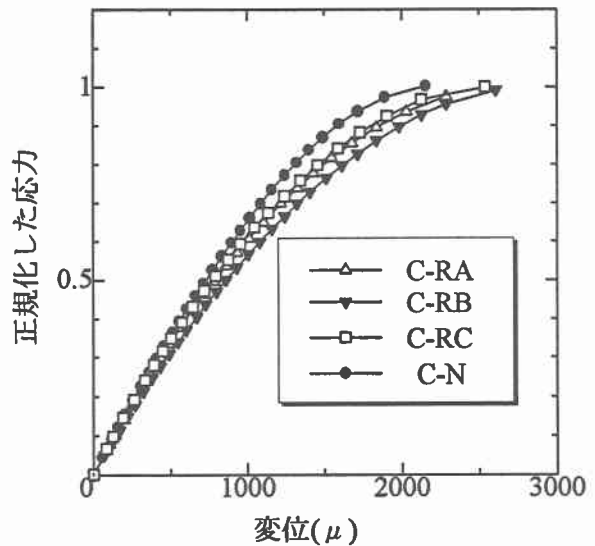


図3 再生骨材コンクリートの応力-歪み関係

図3より、再生コンクリートの剛性はどの場合も概ね等しく、その値は、普通骨材を用いたものより若干小さい傾向にあることが明らかである。この理由として、破壊に至るまでの内部での微視的破壊機構の相違が考えられるが、この点に関する検討は今後の課題である。

3-2 コンクリート充填鋼管柱の軸圧縮特性

(1) 充填コンクリートの応力-歪み関係

係

図4は鋼管柱に充填した拘束コンクリートの軸圧縮応力と歪みとの関係を示す。軸圧縮応力は、荷重を載荷面積で除した値であり、歪みは変位計により求めた値である。なお縦軸は、応力を終局強度で正規化したものである。再生コンクリートの剛性はどの場合も概ね等しく、その値は、普通骨材を用いたものより若干小さい傾向にあることが明らかである。これは、先に示した充填したコンクリート自体の一軸圧縮応力と歪みとの関係に見られた傾向と一致している。今後この理由について検討する予定である。

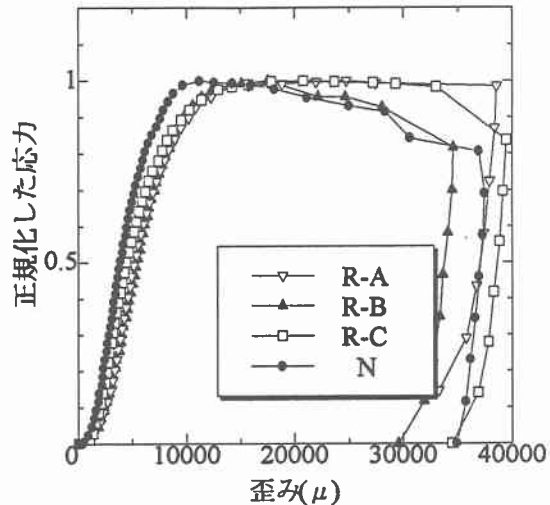


図4 拘束コンクリートの
応力-歪み曲線

(2) 鋼管の歪み性状

図5は、各供試体における荷重と鋼管中央部に貼り付けたゲージより得た歪みとの関係を示す。図中の実線は、ミーゼスの降伏条件により求めた鋼管降伏時の荷重を示す。どの供試体においても鋼管降伏後に破壊に至っていることが明らかである。また、鋼管降伏時の荷重は、終局耐力が大きなものほど大きい傾向にある。

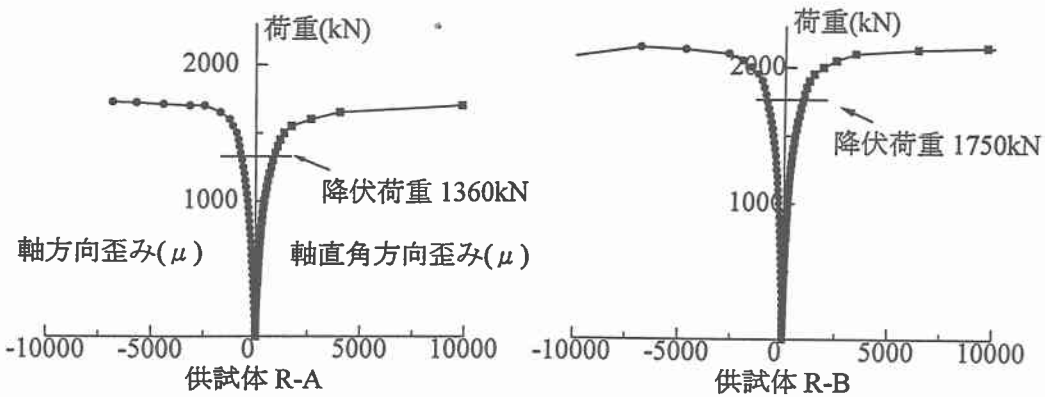


図5 各供試体の荷重-歪み曲線

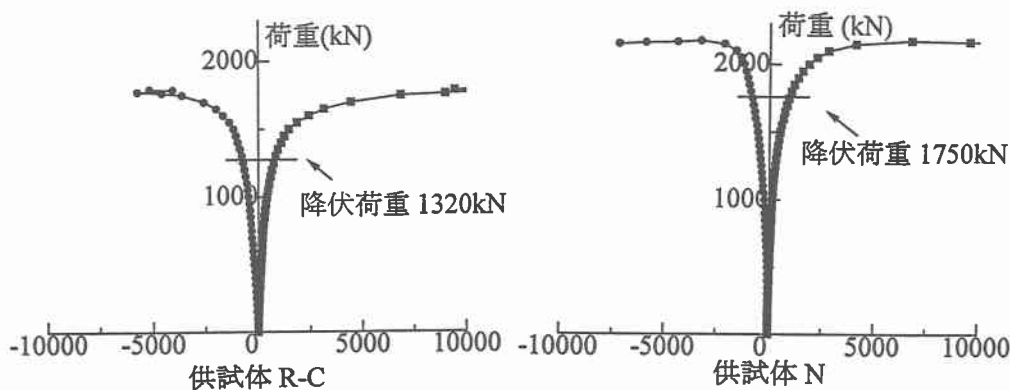


図5 各供試体の荷重－歪み曲線

(3) 軸圧縮耐力

図6は、拘束コンクリートの圧縮強度（終局耐力を載荷面積で除した値）と充填したコンクリート自体の一軸圧縮強度との関係を示す。拘束コンクリートの圧縮強度は、一軸圧縮強度が大きいほど大きくなる傾向にある。図中の実線は、再生骨材を用いた供試体の実験値を直線回帰したものを示す。普通骨材を用いた供試体Nの圧縮強度は、再生骨材を用いた鋼管よりも若干大きい傾向にある。

図中の点線は、以下に示す CEB 式により求めた値を示す。

$$f_{ck,cf} = f_{ck} (1.125 + 2.5 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 > 0.05 f_{ck}$$

ただし、 $f_{ck,cf}$: 拘束コンクリートの圧縮強度

f_{ck} : 充填したコンクリートの圧縮強度

$\sigma_2 = (t/d) f_{yd}$ (t : 鋼材の肉厚 d : 鋼材の内径)

f_{yd} : 鋼材の降伏強度

図6より CEB 式は本実験結果を安全側に評価することが明らかである。図6には、鋼管が降伏した時点の圧縮応力も示されているが、その値と CEB 式は良い一致を示している。これは、CEB 式が鋼管降伏時の耐力を表すものであり、降伏後の歪み硬化の影響を考慮していないことによるものと思われる。今後は、骨材の種類の違いを考慮した単純圧縮応力－歪み関係を明らかにした上で、有限要素解析により再生骨材コンクリート充填鋼管柱の軸圧縮耐力の評価方法に関する検討を行う予定である。

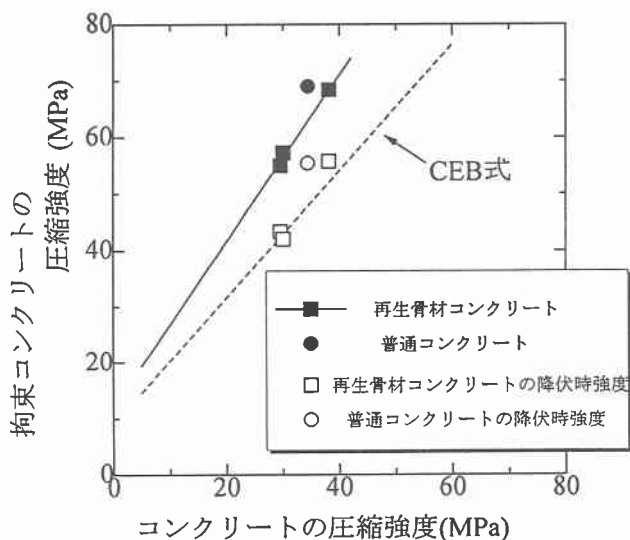


図6

4.まとめ

本実験で得られた結論を以下に示す。

- 1) 再生骨材は原コンクリートの圧縮強度が大きいものほどその粒度が大きくなる傾向にある。
- 2) 再生骨材コンクリートの剛性は、普通コンクリートの剛性よりも幾分小さい。またこのことは、鋼管柱に充填した場合にも言える。
- 4) コンクリート充填鋼管柱の終局耐力に及ぼす骨材の種類の影響は小さく、その耐力は、CEB 式より安全側に評価できる。

謝辞：原コンクリートの作製にあたり、日本高圧コンクリート株式会社 秦滋康氏に、再生骨材の作製にあったては、角山開発株式会社 寺嶋忠雄氏、北海道大学大学院 藤掛寿士氏に、また、本論文を取りまとめるにあたり、函館高等専門学校 今野克幸博士に多大な助力を得ました。ここに厚くお礼申し上げます。さらに、本研究は、平成7年度文部省科学研究費補助金（基盤研究A(1)・課題番号：07305053・研究代表者：東京大学教授 岡村甫）の助成を受けて行ったものであり、ここに深く謝意を表します。

参考文献：CEB-FIP:CEB-FIP MODEL CODE 1990 MAY 1993