海洋環境に暴露した重量コンクリートのすり減り抵抗性に関する検討

太平洋セメント株式会社 正会員 ○肥後 康秀
国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹
太平洋セメント株式会社 正会員 杉山 彰徳
太平洋セメント株式会社 正会員 野崎 隆人

１．はじめに

今後起こりうる巨大地震や津波などによる被害を最小限に抑えるために，強固で高耐久な港湾構造物とする検討が進められているが，その中で，防波堤や消波ブロック，基礎の重量化を図ることは有効な一つの手段と考えられる．そこで本稿では重量コンクリートの海洋構造物への適用性を検討するにあたり，波浪や漂砂などの磨耗作用に対する抵抗性を調べることを目的として，コンクリートのすり減り抵抗性の評価検討を行った．

２．使用材料およびコンクリートの配合水準

表-1 に使用材料を示す．重量骨材として，鉄鋼二次製品である金属スラグ系骨材，酸化鉄粉，および天然鉱物である重晶石を用い，比較用の普通骨材には砕砂と砕石を使用した．

配合水準は，重量コンクリート 3 水準（設計単位容積質量 3.6，3.4，3.2t/m^3），および普通コンクリート（2.3t/m^3）の計 4 水準とした．各水準における骨材の組合せを**表-2** に示す．なお，配合条件は全て水セメント比 50%，空気量 2.0%で一定とした．

３．試験概要

評価検討は，厳しい塩分作用を受ける飛沫環境への暴露前と後それぞれの試験体による室内すり減り試験と，実際の漂砂などによる磨耗作用を受ける海洋環境に設置した試験体のすり減り量を対比することにより行った．

室内すり減り試験としては，（１）サンドブラスト法による砂れきによる垂直磨耗強さ試験（以下「サンドブラスト法」），（２）砂れきによる水平磨耗試験（以下「回転ディスク法」の 2 種類を行った．サンドブラスト法は ASTM C 418 に準拠し，試験体に 600±25g/min の珪砂を 414±1kPa の圧力で，異なる 8 箇所以上に対して 1 分間ずつ噴射した．回転ディスク法は ASTM C 779 に準拠し，15kPa の一定圧力をかけた磨耗板をシリコンカーバイドの磨耗材を 8g/min 供給しながら 300rpm で回転させ，さらにこれを試験体上にて 9rpm で円周運動させた．

試験体は，標準水中養生 28 日後のものと，海水噴霧が 1 日 2 回（1 回約 4 時間）繰り返される環境（飛沫環境）に 2 年間暴露したものの 2 種類を用いて実施した．

海洋環境におけるすり減り暴露試験は，茨城県鹿島灘における波浪観測用の桟橋鋼管杭に試験体を設置し（**写真-1**），実際に漂砂などの作用を受けたときのすり減り量を調べた．

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	品種および物性
ｾﾒﾝﾄ	C	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ 密度 3.16g/cm^3
細骨材（S）	HS1	酸化鉄粉 表乾密度 4.95g/cm^3，吸水率 1.65%
	HS2	金属ｽﾗｸﾞ系骨材 表乾密度 4.27g/cm^3, 吸水率 1.12%
	HS3	重晶石 表乾密度 4.03g/cm^3，吸水率 1.41%
	NS	埼玉県産砕砂 表乾密度 2.65g/cm^3，吸水率 1.93%
粗骨材（G）	HG1	金属ｽﾗｸﾞ系骨材 表乾密度 4.27g/cm^3, 吸水率 0.47% すり減り減量 19.1%
	HG2	重晶石 表乾密度 4.12g/cm^3，吸水率 0.54% すり減り減量 57.4%
	NG	茨城県産砕石 表乾密度 2.65g/cm^3，吸水率 0.55% すり減り減量 13.6%
混和剤	SP	ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸ｴｰﾃﾙ系高性能 AE 減水剤
	AD	ﾘｸﾞﾆﾝｽﾙﾎﾝ酸系 AE 減水剤
	DF	消泡剤

表-2 コンクリートの水準と骨材の組合せ

配合名	HWC-3.6	HWC-3.4	HWC-3.2	NC-2.3
使用骨材	HS1，HG1	HS2，HG1	HS3，HG2	NS，NG

キーワード：重量骨材，重量コンクリート，重晶石，すり減り，耐海水性
連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント（株）中央研究所 TEL043-498-3905 FAX043-498-3849

４．試験結果

４．１　室内試験

コンクリートの圧縮試験結果を図-1 に示す．HWC-3.2 は重晶石骨材の強度が低いため，他の水準よりもやや低い．HWC-3.6 は暴露後に使用細骨材の酸化鉄粉に含まれる金属鉄が腐食し，コンクリートの表層部分が劣化したため強度増進が少なくなった．

室内すり減り試験結果を図-2 および図-3 に示す．HWC-3.4 は暴露後も NC-2.3 と同等以上のすり減り抵抗性を示しているが，HWC-3.6 は暴露後のすり減り量が大きくなっており，コンクリート表面の劣化の影響が顕著に表れている．HWC-3.2 は圧縮強度が低く，さらに重晶石骨材のすり減り減量が 57.4%と大きいため，HWC-3.4 や NC-2.3 よりも暴露前後ともにすり減り量は大きくなった．

試験法の違いについては，サンドブラスト法では暴露後にすり減り量が大きくなっているのに対して，回転ディスク法では HWC-3.6 を除いて暴露後のほうが小さくなっており傾向が異なる．海洋構造物のように流水中の磨耗物によるすり減り作用を受ける場合は，表層に平行なすり減り作用のみを受ける回転ディスク法よりもサンドブラスト法のほうが実際の状況に近いと考えられる．

４．２　実環境暴露によるすり減り量

試験体を設置した場所は，汀面高さが年間約 2m 変化する[1)]ため，流水中の砂によって磨耗作用を受けることが想定される．試験体のすり減り量は，レーザー型変位計を用いて X 方向 5mm ピッチ，Y 方向 1mm ピッチで測定し，磨耗作用を受けていない部分との変位差を 9 つのエリア（各 1cm^2）の平均値によって求めた．結果は表-3 に示すとおりであり，設置後 1.5 年が経過した現時点において，試験体表面に明確なすり減りは確認されていない．

５．まとめ

重量コンクリートのすり減り抵抗性について，室内試験および実環境暴露によるすり減り試験を行った．普通コンクリート NC-2.3 と比較して，HWC-3.4 は同等以上の良好なすり減り抵抗性を示したが，酸化鉄粉を用いた HWC-3.6 は表層付近の鉄分の酸化により，すり減り量がやや大きくなった．重晶石を用いた HWC-3.2 は，重晶石自体のすり減り減量が大きいため室内試験では他の水準よりもすり減りが大きくなったが，実環境における暴露では 1.5 年経過時点においてすり減り量は小さく，他との差は明確ではなかった．

【参考文献】

1）鋼管杭の防食法に関する研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ:海洋構造物の防食技術，技報堂出版

表-3　実環境下 1.5 年におけるすり減り量(㎜)

配合名	試験体 1	試験体 2	平均
HWC-3.6	0.02	0	0.01
HWC-3.4	0.04	(-0.22)	0.02
HWC-3.2	(-0.01)	0.02	0.01
NC-2.3	0.03	0.05	0.04

写真-1　磨耗作用を受ける実環境暴露

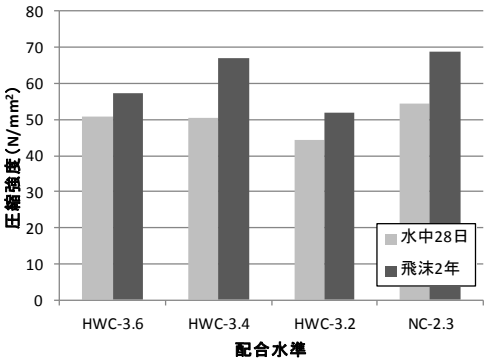

図-1　圧縮強度試験結果

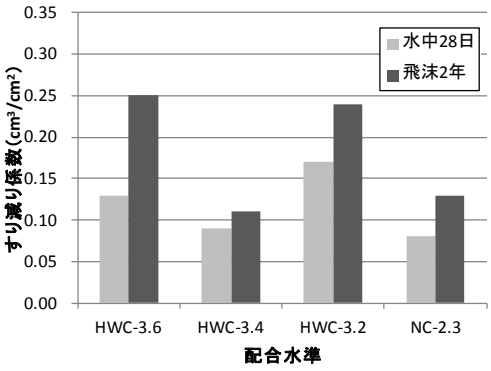

図-2　すり減り抵抗性試験結果
（サンドブラスト法）

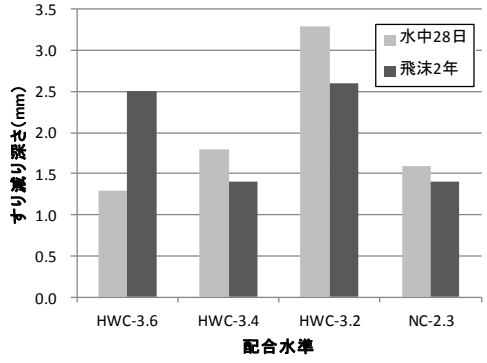

図-3　すり減り抵抗性試験結果
（回転ディスク法）