

某轮船体损坏及修理情况介绍

一、 船舶基本信息

LOA×LBP×B×D: 169.03×160.40×27.20×13.60(m)
总吨位: 16712
船型: 散货船
建造年份: 1992年

二、 事故简要经过

标题船从2007年02月04日到2007年02月23日在某船厂进行特别检验，历时19天。特检完成后以压载工况空放到澳大利亚ALBANY港，并于2007年3月10日接受了澳大利亚AMSA的PSC检查。被PSCO发现结构性缺陷，并最终导致了船舶滞留。

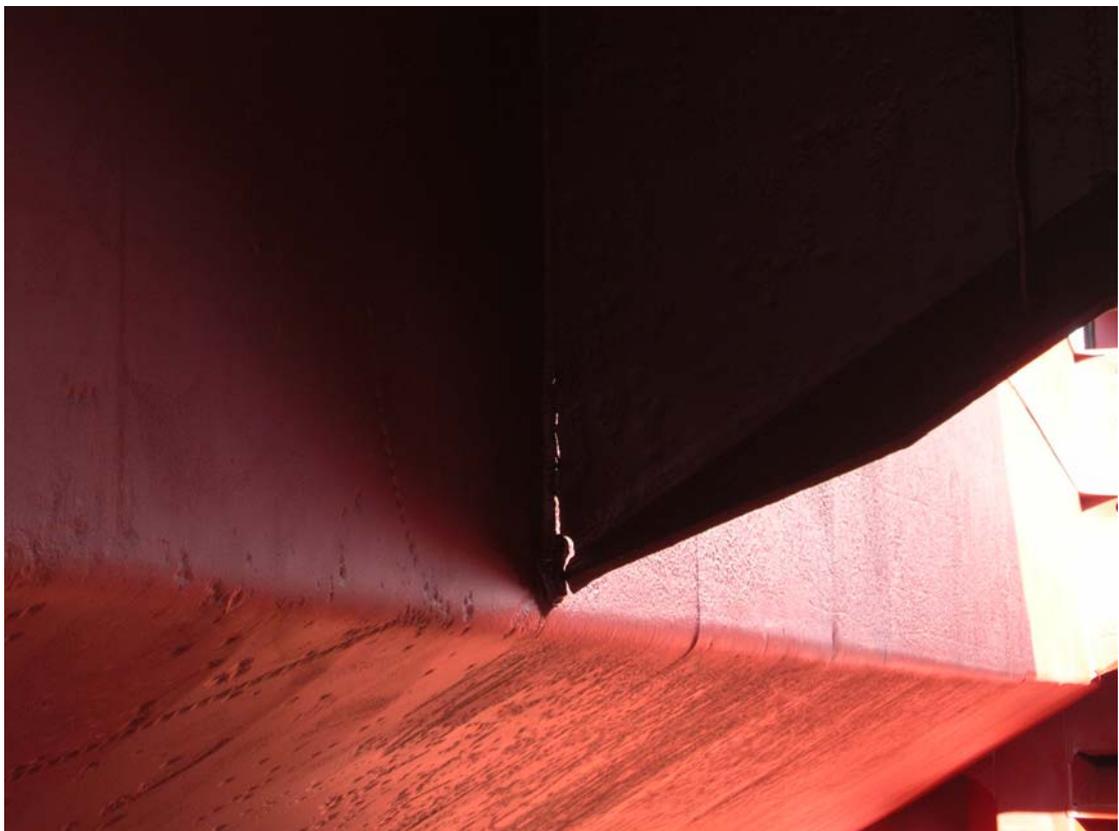
三、 损坏情况

根据AMSA的PSC检查报告，发现舱口端横梁端部多处开裂，开裂的具体情况如下：

1. No. 5 cargo hatch coaming skirting port and stb. forward cracked.
No. 5 货舱前舱口端梁左右端开裂。
2. No. 4 cargo hatch coaming skirting port and starboard forward and stb. aft. cracked.
No. 4 货舱前舱口端梁左右端及后舱口端梁右端开裂。
3. No. 3 cargo hatch coaming skirting stb., aft. and forward cracked.
No. 3 货舱前后舱口端梁右端开裂。
4. No. 2 cargo hatch coaming skirting stb., aft. and forward cracked.
No. 2 货舱前后舱口端梁右端开裂。



舱口端梁及缺陷图

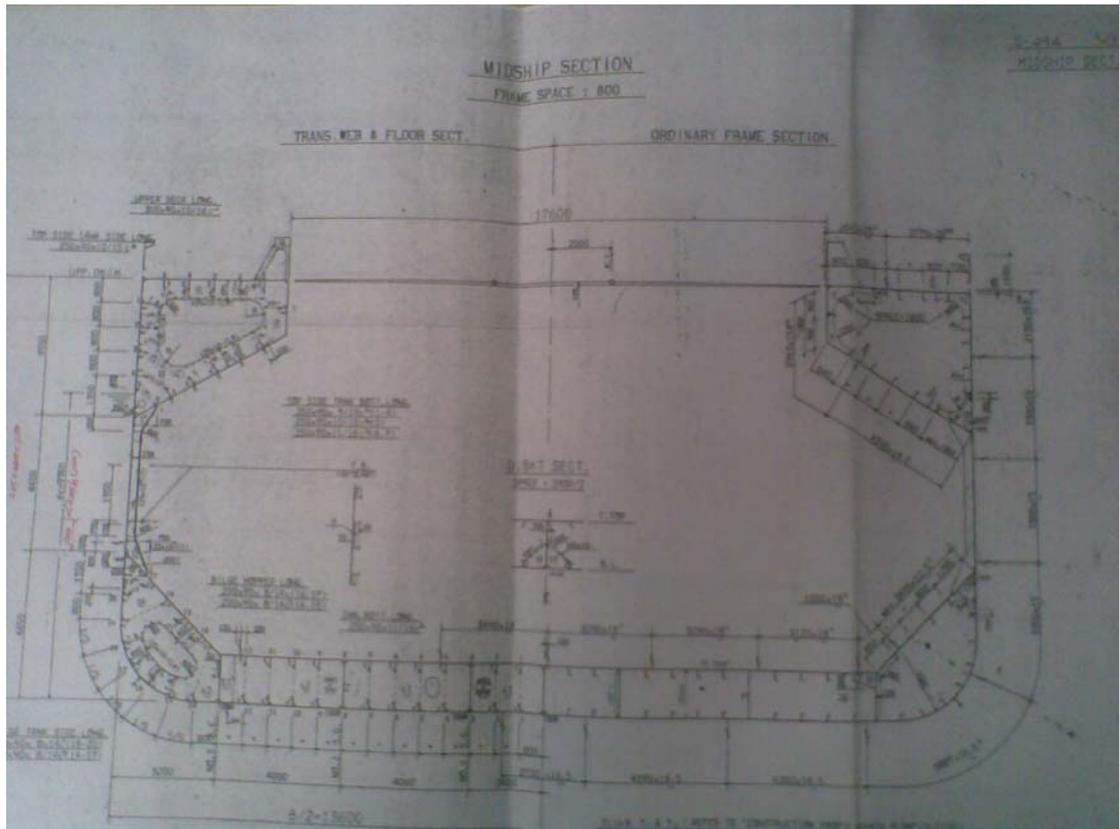


舱口端横梁缺陷照

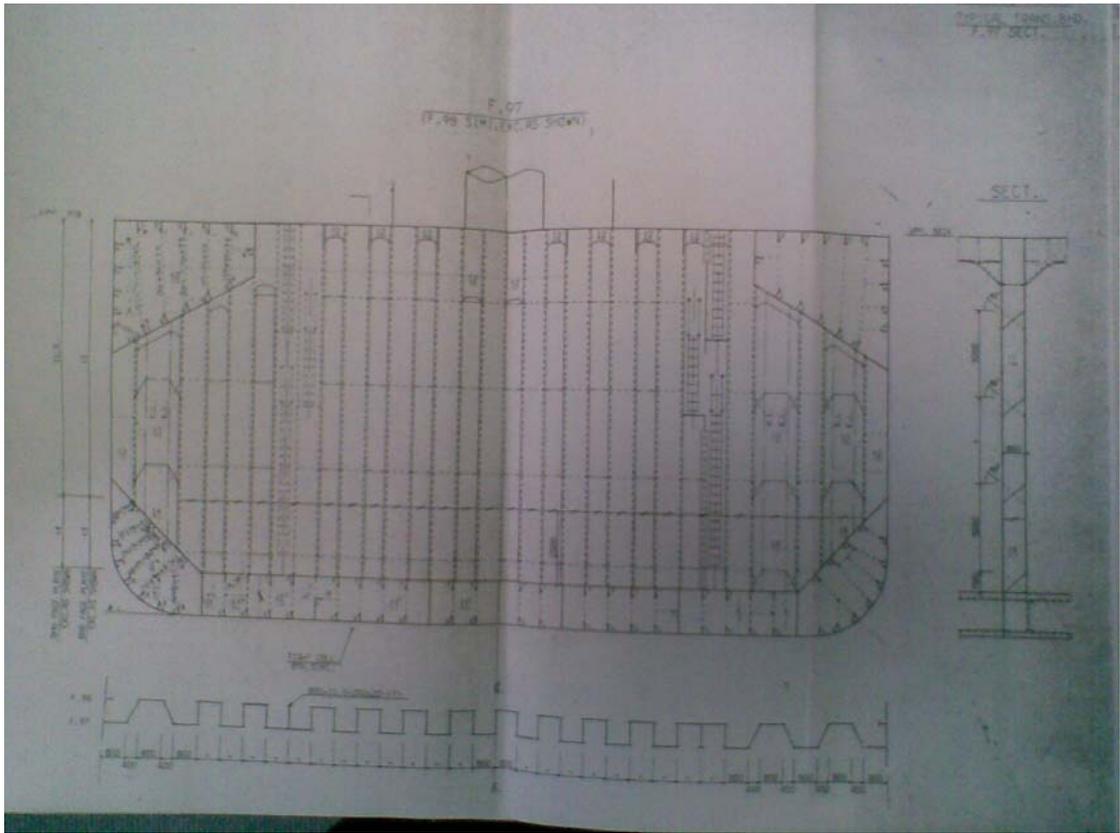
四、 事故原因分析

1. 原船结构设计合理性分析

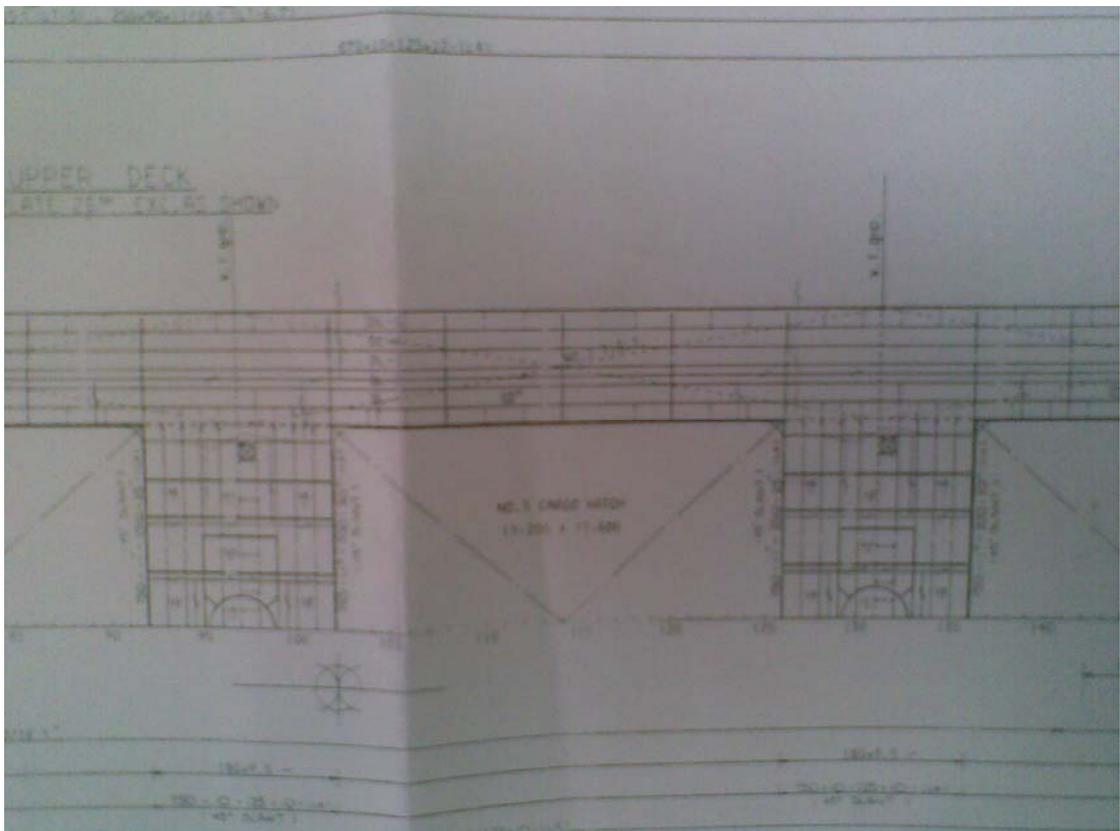
原船货舱区结构为带上、下顶边舱的典型散货船结构，货舱开口宽度为型宽的 64.7%，主甲板开口外为纵骨架式，开口之间的甲板结构为横骨架式，货舱区横舱壁为垂向槽型壁，横舱壁不带上、下壁凳，具体见下图：



舳剖面图

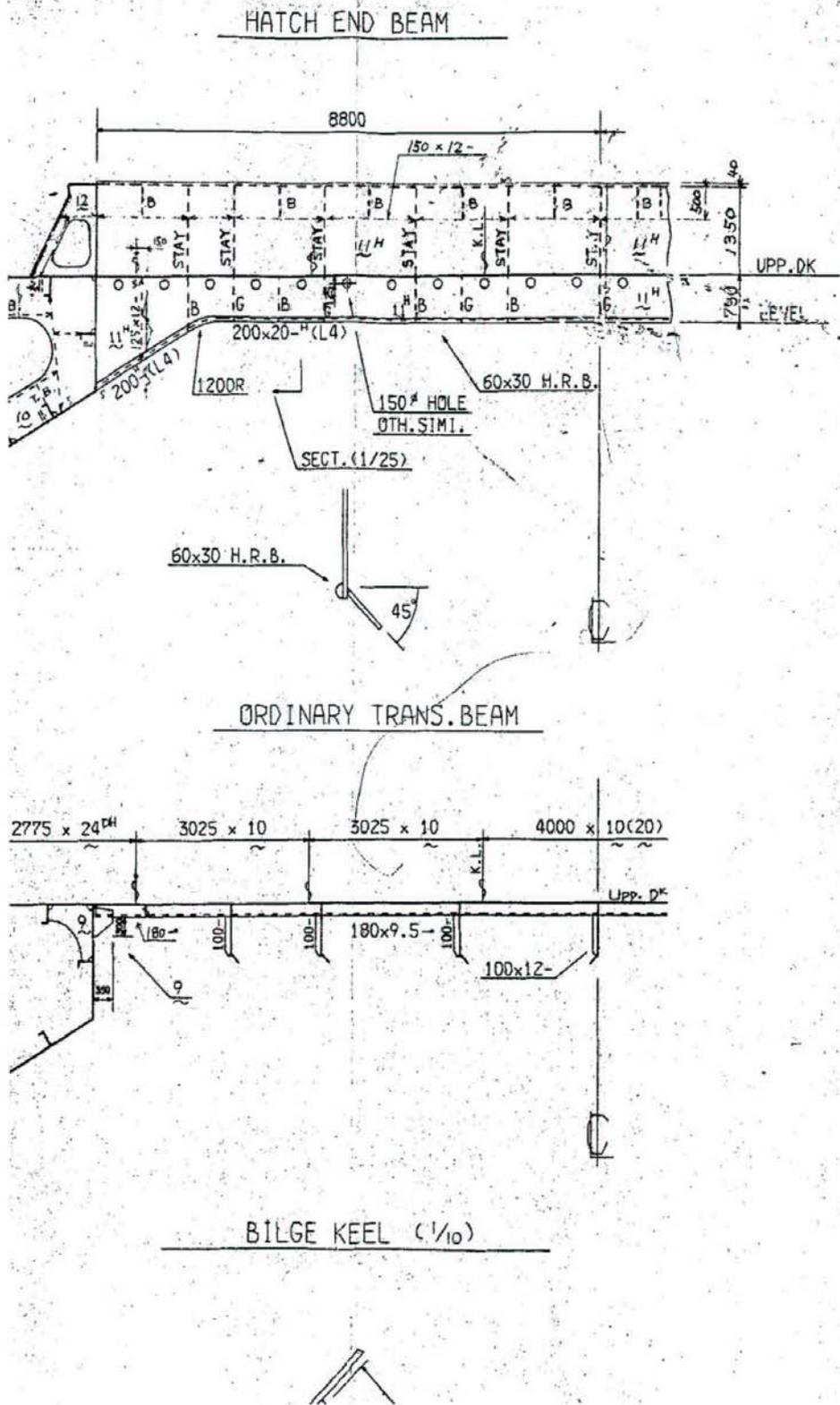


横舱壁图



主甲板图

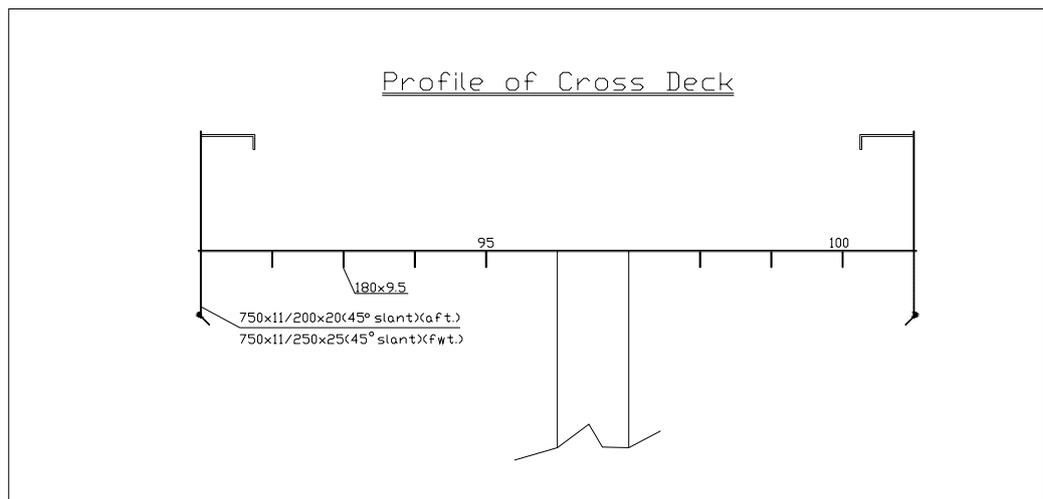
S-494 6/8
 LONG & TRANS. BEAM



舱口端梁结构图

从图纸可见，该船货舱区结构的特点是槽型横舱壁不带上下壁凳。横舱壁上、下壁凳的结构贡献反映在可减小槽型舱壁槽条的跨距和增加船舶的横向强度，不设上、下壁凳时，由于槽条跨距大，可增加槽壁的规格以满足强度要求；还可增加开口间的甲板横向构件尺寸以增加甲板的横向强度。

以下为该船开口间的甲板的纵向剖面图：



从此图可以看到，该船甲板的横向强度主要由开口之间的甲板板、 180×9.5 的甲板横梁及 $750 \times 11/250 \times 25$ ($750 \times 11/200 \times 20$) 的前后舱口端梁提供，这与常规散货船带横舱壁上壁凳或箱型舱口端梁的结构形式相比，甲板横向强度处于弱势。

另外，由于舱口端梁面板在与顶边舱垂直壁板连接处采用削斜过度，防擦半圆钢也在此处中断，使连接焊缝附近的抗拉面积及抗弯模数突然减小，通过计算，带面板与不带面板的舱口端横梁在端部对自身中和轴的剖面模数分别为 $4370\text{cm}^3/1970\text{cm}^3$ (连带板)，差别超过 50%，而且甲板上的舱口端围板也几乎是在此处中断，进一步减弱了此处的抗拉弯能力，舱口端横梁端部趾端容易出现应力集中。



原面板削斜图

从上述资料及分析，以及在该船特检期间发现这次发生缺陷的部分位置以前已经经过修复，原船级社 NK（标题船余 2006 年由 NK 转入我社）也给出需关注货舱舱口端横梁与顶边舱连接处情况的备忘，证明舱口端横梁端部是易发生开裂的部位。因此，我们有足够的原因怀疑该船原始设计的舱口端横梁端部节点的合理性。

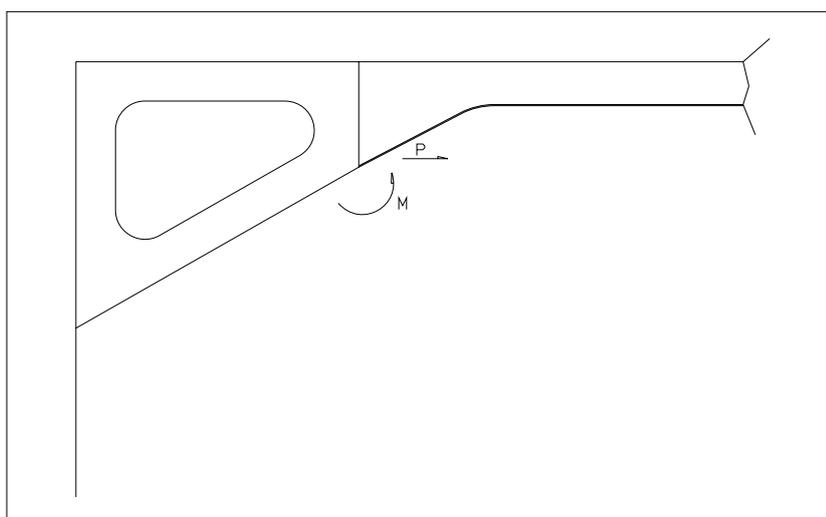
2. 舱口端横梁的腐蚀状况对缺陷产生的影响

根据本社现场验船师的检验情况报告，该船在澳洲 PSC 检查时发现的舱口端梁根部出现裂纹的部位已在当地进行了临时性焊接处理，该部分在回国内检修时又发现新裂纹。而且 NO. 1 舱左后端梁根部在本次返航时也出现新裂纹，该处上次修船时已进行了换板。从现场检查的情况看，该部位及邻近结构状况良好，未发现结构件存在腐蚀的现象。由于舱口端梁开裂的缺陷，是在不同的时间和部位多次发生，且不管有没有换板。因此可以认为腐蚀并不是引起开裂缺陷的主要原因，当然也不排除如果舱口端横梁根部焊缝附近出现较严重的沟槽腐蚀，破坏了结构表面的完整性，引至应力集中，加剧结构产生开裂的可能，如下图所示：



3. 船舶装载状况及航行海况的影响

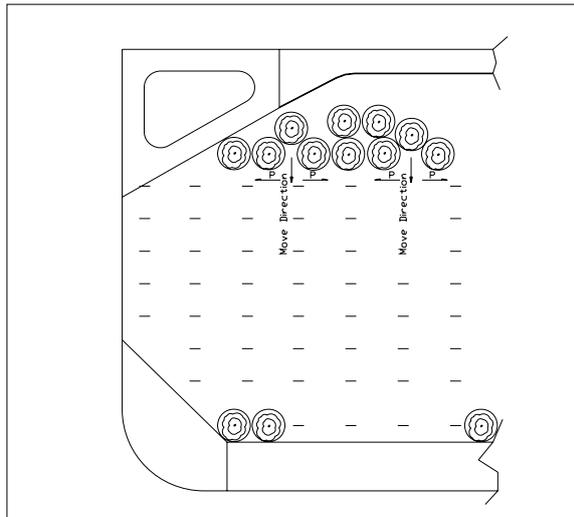
- a) 据船方介绍,该船在澳大利亚被滞留前,是空放航行到澳大利亚装货,此时货舱空舱、顶边舱装压载水。船舶在横摇的情况下,由于惯性力的作用,甲板结构承受可能比货舱装货时更大的横向拉弯载荷的作用,如图:



此时,舱口端横梁根部是结构剖面突变的位置,容易在横向拉弯载荷的

作用下产生破坏。

b) 另外，据船方介绍，该船从澳大利亚回国时，No. 1、5 舱货物为原木，从下图示意原木的装运特点，在航行途中，由于船舶不断的摇晃，令上方原木不断向下挤压，从而主要对开口间甲板结构产生额外的横向载荷，这很可能是从 BURNIE 港至韩国 INCHON 港过程中 No. 1 舱左后和 No. 5 舱左后方舱口端梁与顶边舱连接处开裂的原因。



c) 据船东反映，该轮此次特检修理完毕，空载至澳大利亚途中经印度洋航区时，海上风浪较大，船舶顶风浪航行，当时船长来电反映船舶震动较大。

船舶在风浪中航行，船体受到横摇/纵摇的联合作用，横向结构受到额外的动态拉弯及扭转载荷，特别是横向强度较弱的开口间甲板结构备受考验，由于开口间甲板缺乏箱型抗扭结构，在承受扭矩时较弱的部位很容易受到破坏。

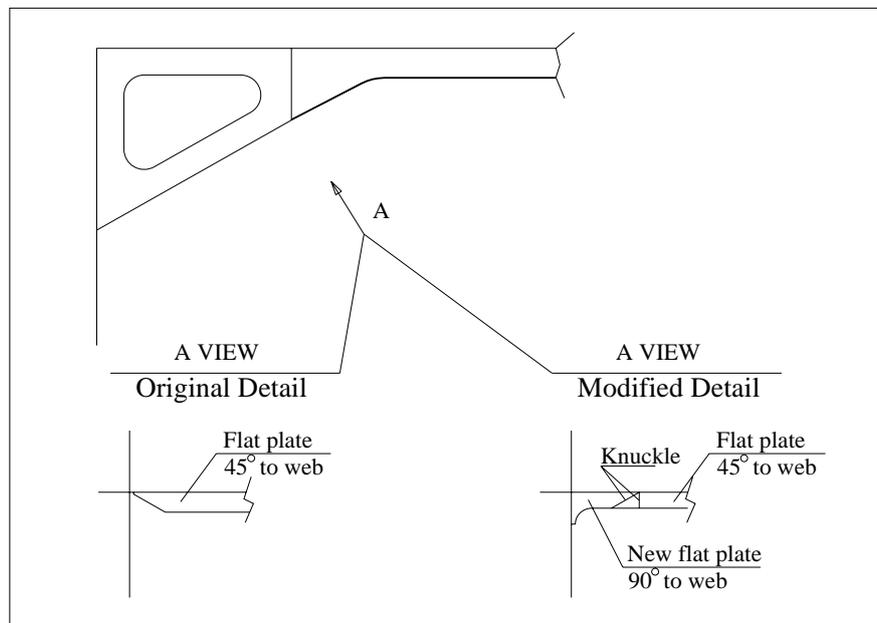
综上所述，我们认为，标题船部分舱口端梁端部出现开裂的原因可以归纳为：

1. 怀疑舱口端梁端部与顶边舱连接处的节点处理欠合理；
2. 出现结构缺陷的航次的装载和航行海况使开口间甲板结构承受了额外的横向载荷；
3. 部分舱口端梁端部焊缝的沟槽腐蚀加速了缺陷的产生。

五、 修理情况介绍

从上述结构分析结果，认为此次产生结构缺陷的主要原因是该船甲板横向强度裕度不足，而且舱口端横梁端部高应力区出现结构突变，最直接有效的缺陷消除方式是消除结构突变，令横向载荷能均匀传递，避免应力集中。基于此观点，广州分社提出了缺陷消除的方案：

延伸舱口端横梁面板与顶边舱边板连接，利用过度面板使面板从与腹板相交 45° 过渡至与腹板相交 90° ，面板与顶边舱垂向舱壁连接处采用软趾过渡，防擦半圆钢提前削斜切断，目的是加强连接端点的强度，有效消除应力集中。见下述施工图纸及现场图片：





经过结构改进，标题船目前已重新投入营运，期间经过恶劣的海况、有空载或满载，但目前为止货舱舱口端横梁修复节点处未出现开裂。取得了较好的效果。

六、 经验总结

建议今后遇到不设上凳的槽形舱壁的散货船时，验船师应该对横向甲板条的主要横向结构加强检查，包括甲板板和舱口端梁，尤其是靠近舱口角隅的部位。一旦发现异常情况，或有不正常的修理史，应该立即报告，寻求结构改进的方案。以避免缺陷的发生。

此外，由于装运木材时，货物可能会对舷侧结构产生很大的挤压作用。因此，验船师在对运木船或其他装运木材的船舶进行检验时，应该特别注意舷侧结构和船舶的横向强度。