

建築・土木科 講師用補助教材

第2章 用途

目次

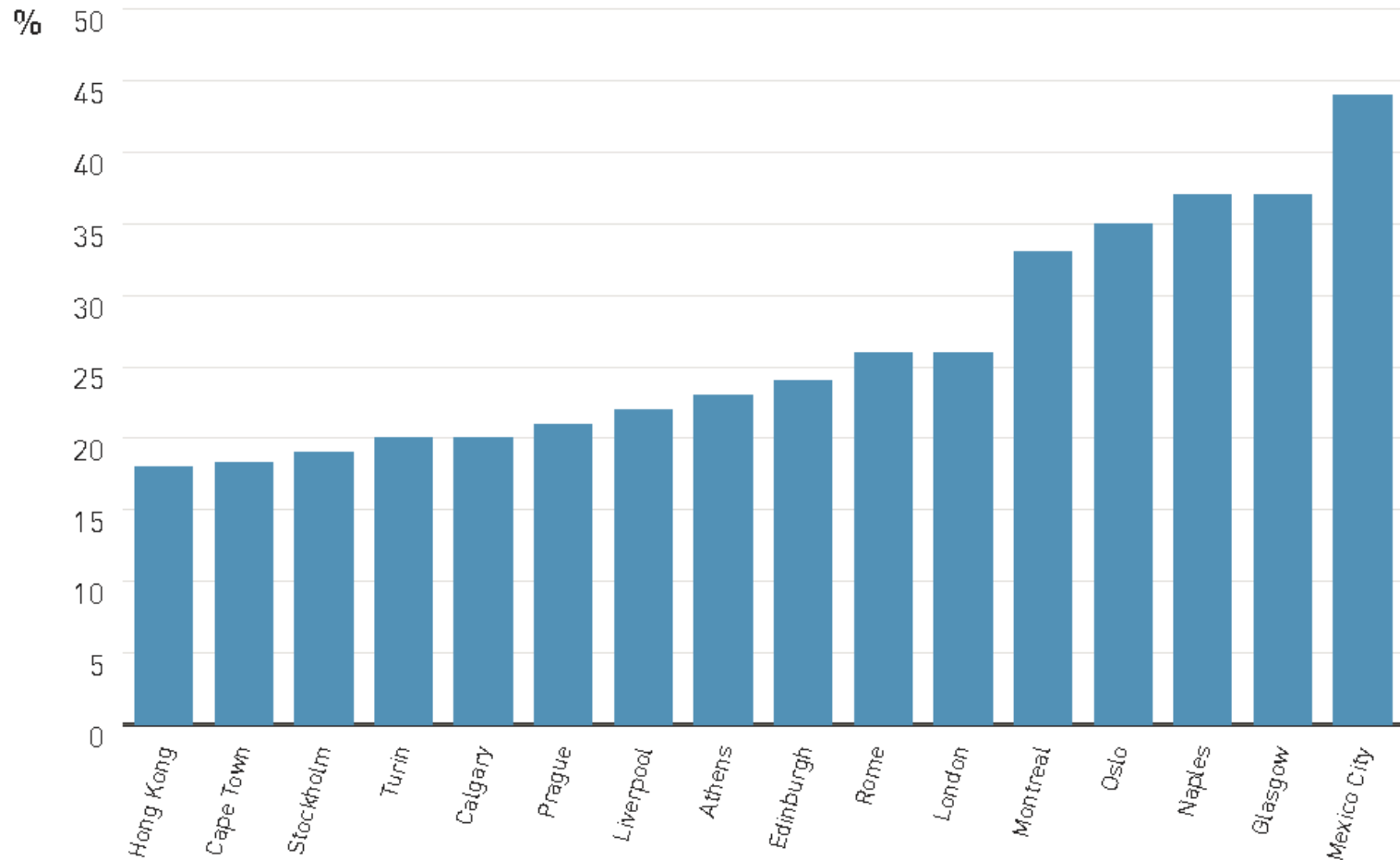
1. 給・配水管
2. 橋梁
3. 護岸

1. 給・配水管

何故、ステンレス鋼が採用されるのか

- **低漏水率**: ステンレス鋼においては、パイプラインの破損や欠損の主要因である、ダクタイル鋳鉄や炭素鋼のように全面腐食をすることが無い。また、ステンレス製のバルブは固着することが無い。適切な強度設計により、ステンレス製の配管システムは十分な耐震性能を示す。
- **衛生的**: ステンレス鋼は、基本的に水質の管理された飲料水中において不活性であり、飲料水の保管に適している。
- **長寿命化**: ステンレス鋼製品は、その優れた耐食性のため、100年間に渡る寿命が期待される。あらゆる土壌環境でも腐食せず、コーティングや電気化学的防食処理が不要である。
- **リサイクル可能**: セメントライニングや非金属パイプとことなり、ステンレス鋼は容易にリサイクル可能であり、その合金は高く評価される。
- ステンレス鋼は、新規または既存の大型リザーブタンクに使用されている。

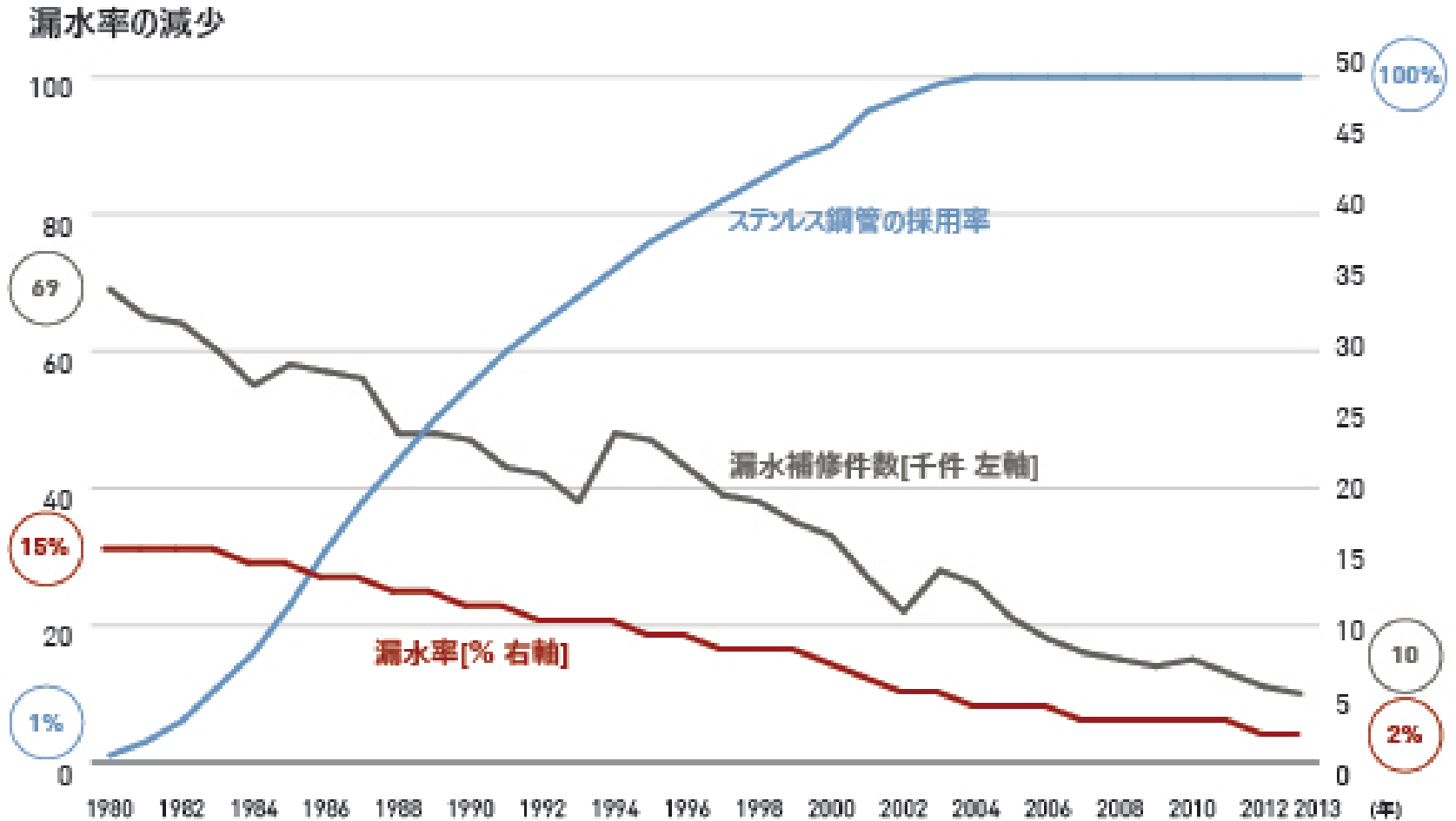
主要都市における漏水率(2014年)¹



Leakage rate in major cities

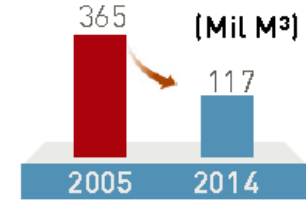
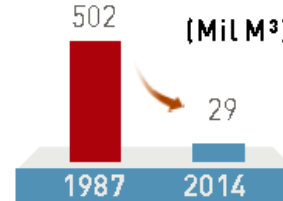
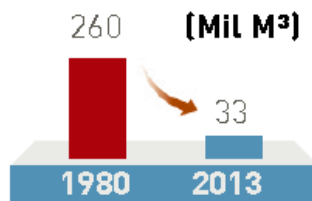
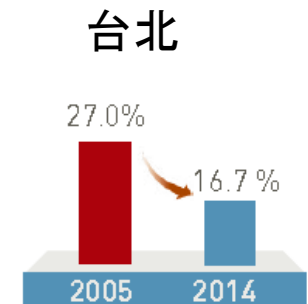
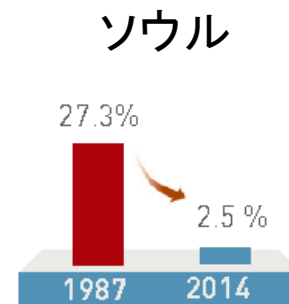
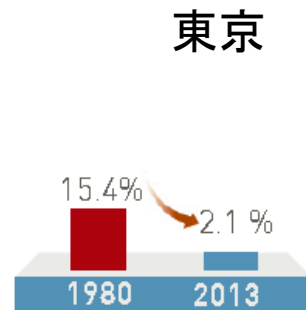
Source: OECD (Water Governance in Cities, 2014)

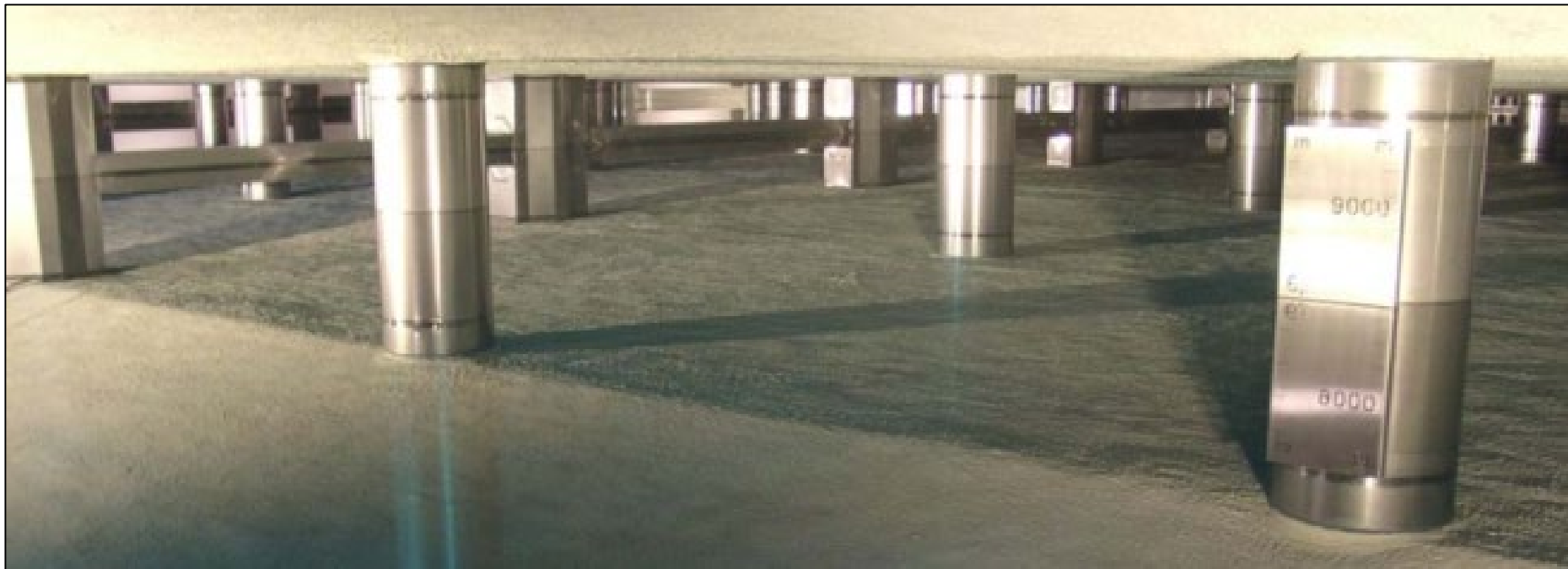
東京都におけるステンレス鋼採用率 と漏水率の減少¹



老朽化した給水管のステンレス鋼への のりぷれースによる漏水率の減少¹

ステンレス鋼採用事業結果 東京、ソウル、台北







老朽更新前の貯水槽

江陵市(カンヌン) 韓国²

写真より、コンクリート部の腐食、経年劣化は明らかであり、これが漏水を引き起こしていた。

エポキシ樹脂によるコーティングは、永続性が無いため検討より除外された。

耐食性、耐久性、メンテナンスフリー、バクテリア成長フリーなどを理由に、ステンレス鋼でのライニングによる改修が採用された。



老朽更新前

ステンレス鋼のライニング後

採用鋼種 二層
系ステンレス

329LD(韓国規
格)、SUS329J3L

ステンレスパネ
ルの溶接接合と
コンクリートへの
アンカー固定



老朽更新後

給・配水管 参考サイト

1. <http://www.nickelinstitute.org/en/NickelUseInSociety/MaterialsSelectionAndUse/Water/Distribution.aspx>
2. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Stainless_Steel_Pipe.pdf
3. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Cutler_water_EN.pdf
4. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_A_workable_solution.pdf
5. Source: POSCO, Korea (<http://www.posco.com>)
6. https://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Drinking_Water_Supply.pdf
7. <https://worldstainless.org/applications/applications-for-the-protection-of-the-environment-and-human-health/protection-of-water/>
8. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/CorrResist_SoilsConcrete_EN.pdf
9. https://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/FieldCorrosionResistanceTestOnStStPipingForBuildingService_12012_.pdf
10. <https://worldstainless.org/applications/applications-for-the-protection-of-the-environment-and-human-health/protection-of-water/>

NEW!

2. 橋梁

NEW!

多くの橋梁が危険な状態

- それらは第二次世界大戦後に建設
- 建築されてから60年以上経過
- 交通量は計画よりも過多
- メンテナンス費用削減を頻繁に実施

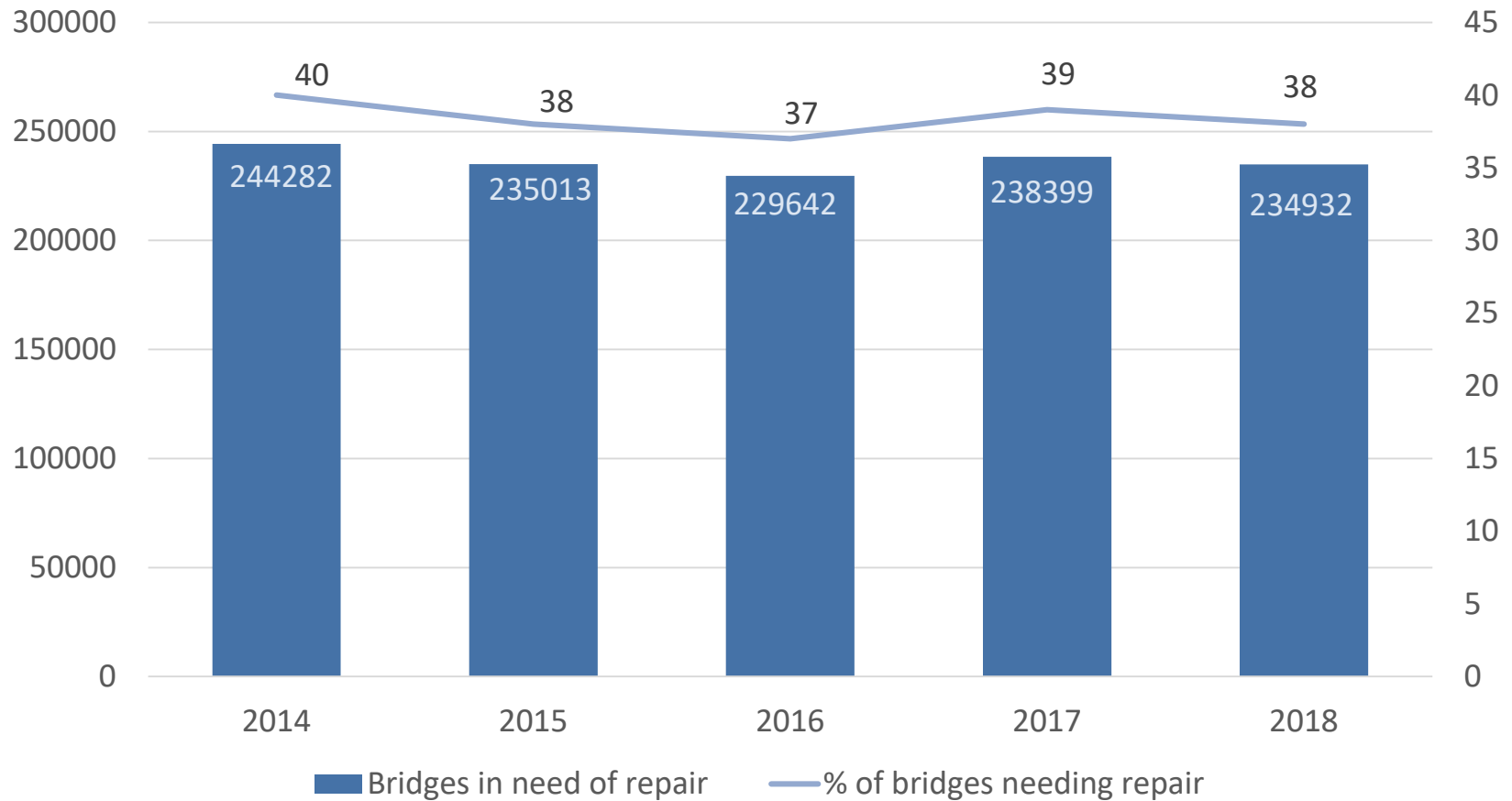
NEW!

EU諸国の状況

- 全体的な調査報告なし
- 国により事情は異なっている
- ドイツ: 12.5 %の車道橋は良好,
一方、12.4%危険な状態
- フランス: 最新の調査では1/3が危険な状態
- その他...

米国の状況

架け替えもしくは修繕が必要な橋梁数 (構造的欠陥含む)



NEW!

ステンレス橋梁

事例

NEW!

香港:ストーンカッター橋

この交通量の多い象徴的な橋は都市部に位置し、熱帯の気象条件、都市の汚染、海霧、風、台風、船による衝撃荷重、地震荷重に耐えるように設計されている。

当時(2009年)、スパン長1 km超の最初の斜張橋であり、120年の寿命が想定されている。

二相鋼ステンレスUNS S32205 (EN1.4462)は、タワーの上部、ケーブルステーの固定部、鉄筋またはタワーの基礎と下部のコンクリート周囲の外皮として使用された。



NEW!



モンテリオール:シャンプラン橋

旧橋の腐食により2019年に架け替えられた新橋は、 -25°C から 30°C までの厳しい気候環境に耐えるよう設計されている。全長3.4km、セントローレンス川をまたがり、年間5,000万台以上の車が通行する。4車線の高速道路、通勤電車の線路、自転車道、観光用の展望台がある。約15000Tのステンレス鋼S32305(EN1.4362)が構造の重要な部分に使用された。

旧橋は1962年に開通し、大規模なメンテナンスにもかかわらず、架け替えが必要になった。新橋の建設費用は約4億2000万CADで、さらに、旧橋の解体費用が4億CADである。

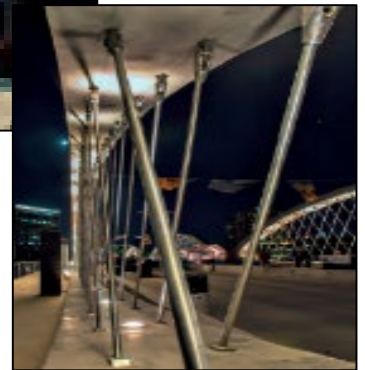
NEW!



香港－珠海－マカオ橋

この橋は、3つの斜張橋、6.7 km海底トンネルおよび3つの人工島で構成される50 kmの道路の一部。100年間の寿命を前提に、約200億ドルの建設費用で9年間にわたり建設され、2018年に完成した。1万T超の二相鋼ステンレスが重要部分に使用されている。

NEW!



テキサス: フォートワース橋

この橋は、12個のプレキャスト部材を使用した世界初のアーチ橋で、2013年に完成した。斬新な特徴は、アーチ橋の上部と下部を接続する耐荷重性アングルバーで、これにより、安定性と構造上の特性が得られている。これらは、二相鋼ステンレス S32205 (EN1.4462) を使用している。全体的なデザインは、構造的に無駄がなく、非常にエレガントで、耐久性を保証している。

NEW!



Menorca:カラ・ガルダナ橋

このステンレス製の橋は、2005年に炭素鋼のPC構造の橋と架け替えられた。炭素鋼より機械的特性と耐食性に優れている二相鋼S32205 (EN1.4462) が使用された。必要な降伏強度460MPaに対し二相鋼は535MPaの実測値で、一方、炭素鋼の規格値は355Mpaであった。

NEW!



シンガポール：ヘリックス橋

この全長280mの通路を支えているユニークな二重らせん構造は、二相鋼S32205(EN1.4462)の管と板で作られている。この鋼種は、熱帯海洋環境を踏まえた強度と耐食性により選択された。この橋のライフサイクルコストは、炭素鋼の場合よりも低くなる。夜間の白い照明は、ステンレス鋼の研磨により、より美しく輝いている。

NEW!



フランス、リヨン

大規模な再開発が行われておりMusée des Confluencesの近くに位置するこの二相鋼ステンレスの人道橋は、ドッグに入る船のための開架式である。エレガントで美的で、メンテナンスは不要である。

NEW!



ドイツ:トランプ橋

交通量の多いGerlinger Strasseのこの人道橋は、ドイツのDitzingenにあるTRUMPF本社の2つの職場をつないでいる。TRUMPF社レーザー技術で切断された、薄く、丈夫で、耐食性の高い二相鋼S32205 (EN1.4462) が使用され、誰もの記憶に残る大変独創的な形状をしている。これは、二相鋼の実用性を示す例である。

NEW!



カルフォルニア：サンディエゴハーバー橋

この全長168mの自定式吊橋は、非常に美しい橋である。湾曲したデッキは、傾斜したシングルパイロンに取り付けられたケーブルによって支えられ、非常にシンプルで魅力的なデザインになっている。構造部品、手すり、ケーブル、コネクタに、二相鋼ステンレスS31803と317Lが使用されている。この海洋環境で、想定寿命は100年を超える。

NEW!



メキシコ:プログレッソ栈橋

写真の左側には、1970年に建設された栈橋の残骸が残っている。海洋環境により、炭素鋼鉄筋が腐食し、構造物が破壊された。写真の右側には、1937年から41年にかけて建設されたメンテナンスフリーの304鉄筋が使用された栈橋で、元の状態のまま現存している。

既存の橋梁の状態についての参考

A red rectangular stamp with a double border, tilted slightly to the right, containing the word "NEW!" in a bold, sans-serif font.

1. <https://www.theguardian.com/world/2018/aug/16/bridges-across-europe-are-in-a-dangerous-state-warn-experts>
2. <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/keeping-european-bridges-safe>
3. <https://www.thelocal.de/20180815/bridge-collapse-cannot-be-ruled-out-in-germany-says-expert>
4. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Ingenieurbau/Statistik/statistik-node.html
5. https://www.lemonde.fr/securite-routiere/article/2018/08/15/un-pont-sur-trois-a-besoin-de-reparations-sur-les-routes-nationales-francaises-selon-un-rapport_5342799_1655513.html
6. <https://edition.cnn.com/2019/04/02/us/deficient-bridge-report-2019-trnd/index.html>
7. <https://artbabridgereport.org/>
8. <https://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges/>

ステンレス鋼の橋梁についての参考

NEW!

1. IMOA web publication “Stainless steel in Vehicular, rail and pedestrian bridges” (March 2018) <https://www.imoa.info/stainless-solutions/archive/37/Vehicular-rail-and-pedestrian-bridges.php>
2. C Houska “More on duplex stainless steel and bridges “, The construction specifier, (May015) <https://www.constructionspecifier.com/duplex-bridges/>
3. EU Publication report “Application of duplex stainless steel for welded bridge construction in an aggressive environment”, (march 2009), ISBN 978-92-79-09948-9 <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ec2748d4-3269-43cd-9a34-3a0e1fba4e23/language-en/format-PDF/source-79161265>
4. Euro Inox publication « Pedestrian bridges in stainless steel » ISBN 2 87997 084 9 <https://www.bssa.org.uk/cms/File/Euro%20Inox%20Publications/Pedestrian%20Bridges.pdf>
5. N. Baddoo and A. Kosmač “Sustainable Duplex Sainless Steel bridges” Euro Inox publication [www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Sustainable Duplex Stainless Steel Bridges.pdf](http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Sustainable_Duplex_Stainless_Steel_Bridges.pdf)
6. “San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline” MolyReview, (June2012) <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

NEW!

ステンレス鋼の橋梁についての参考

7. K F. Hansen, L. Lauge and S. Kite: “Stonecuttes bridge –Detailed design” (January 2004)
DOI: 10.2749/222137804796291719
https://www.researchgate.net/publication/233611421_Stonecutters_Bridge_-_Detailed_Design/link/59ce24d3aca272b0ec1a4b34/download
8. Steel Construction Institute publication : “Stonecutters bridge Towers”(2010)
www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Stonecutters_Bridge_Case_Study-2.pdf
9. [G. Gedge](#): “Use of duplex stainless steel plate for durable bridge construction” (January 2007) DOI: 10.2749/222137807796119771
https://www.researchgate.net/publication/233632633_Use_of_Duplex_Stainless_Steel_Plate_for_Durable_Bridge_Construction
10. Champlain bridge, Montreal Nickel Institute magazine, Vol. 34, N°2, (2019)
<https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol34-no2-2019/?lang=English&p=6>
11. Champlain bridge, Montreal Stainless Steel World online, 05 January 2016
<http://www.stainless-steel-world.net/news/58262/nas-to-supply-stainless-steel-bar.html>
12. Hong-Kong Macau bridge ISSF Publication: “Stainless steel in Infrastructure”
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Infrastructure_English.pdf

ステンレス鋼の橋梁についての参考

NEW!

13. Hong-Kong Macau bridge
https://en.wikipedia.org/wiki/Hong_Kong%E2%80%93Zhuhai%E2%80%93Macau_Bridge
14. IMOA publication “[Innovative bridge at Ft Worth, Texas](#)” Moly-Review 1/2018
<https://www.imoa.info/molybdenum-media-centre/downloads/>
15. Steel Construction Institute publication: “Cala Galdana Bridge” (2010)
http://www.worldstainless.org/architecture_building_and_construction_applications/structural_applications
16. Railways Bridges in India <https://www.apnnews.com/pamban-to-become-indias-first-railway-bridge-to-use-stainless-steel-structurals/>
17. Steel Construction Institute publication: “Helix Pedestrian Bridge” (2011)
http://worldstainless.org/architecture_building_and_construction_applications/structural_applications
18. ISSF Publication: Bascule pedestrian bridge in “Stainless steel as an architectural material”
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_as_an_Architectural_Material.pdf
19. Trumpf bridge <https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2018/case-pedestrian-bridge-at-trumpf-headquarters>
20. IMOA Publication “San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline” MolyReview, (June2012)
<https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

NEW!

3. 護岸

世界の人口の37%は、海岸線から
100km以内で生活している

NEW!

気候変更と沿岸部

いくつかの事実

- 海洋は年間約3mm上昇し、しかも戻らない。いくつかの場所ではすでに洪水被害が発生。
- 沿岸部の被害を伴う異常気象がより頻繁に発生(クラス5のハリケーン、スーパー台風等)。
- 沿岸部の生態系に大きな変化が発生。
- 人口や人類の活動は、多大な人的および経済的負担に脅かされている。

洪水 (南西フランス)

NEW!



沿岸被害 (場所不詳)

NEW!



NEW!

沿岸部での対策例

- 防災移転 (e.g. 移動可能構造物, 内陸洪水対策、洪水警報システム)
- 住宅地 (e.g. 貯水地の整備, 堤防管理, 雨/排水管理)
- 護岸 (海岸養生等のソフト技術や防潮堤/護岸/水制等のハード技術等、海岸線保護のための広範な技術を含む)

NEW!

ステンレス鋼を使用した 護岸構造の例

NEW!



英国、クローマー:防潮堤

クローマーは、ビクトリア朝時代からの美しい北ノーフォークの海岸リゾート。護岸は、コンクリート製の防潮堤と木製の水制により行われている。

2013年の暴風の後、護岸の維持だけでなく、今後100年間に予測される海面上昇のため、大規模で高コストの修繕を実施する必要があった。

このプロジェクトでは、300T超の二相鋼ステンレスS32304(EN1.4362)の鉄筋が使用された。

フランス、バイヨンヌ：防波堤

NEW!

1960年代に建設された防波堤は、バイヨンヌ港の港口を暴風から保護している。それは、重荷重クレーンでも十分な幅と強度を持つ堤防を備えている。そのクレーンにより、海側にある40T消波コンクリートブロックを摩耗時に交換する。

堤防に亀裂が生じ始めた段階で、高強度の二相鋼ステンレスS32205 (EN1.4462) 鉄筋 (降伏強度 750Mpa min) を使用し補修され、使用量を大幅に削減できた。最終的に、必要な鉄筋は130トンのみであった。



NEW!

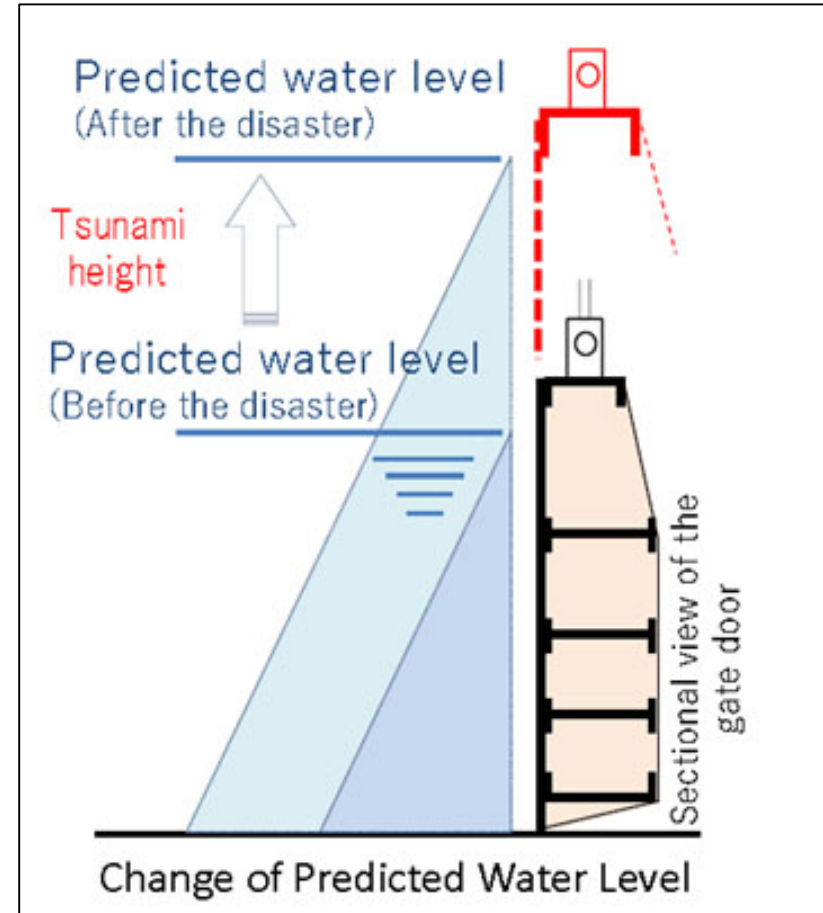
日本での安全対策

災害復興と国土強靱化への貢献

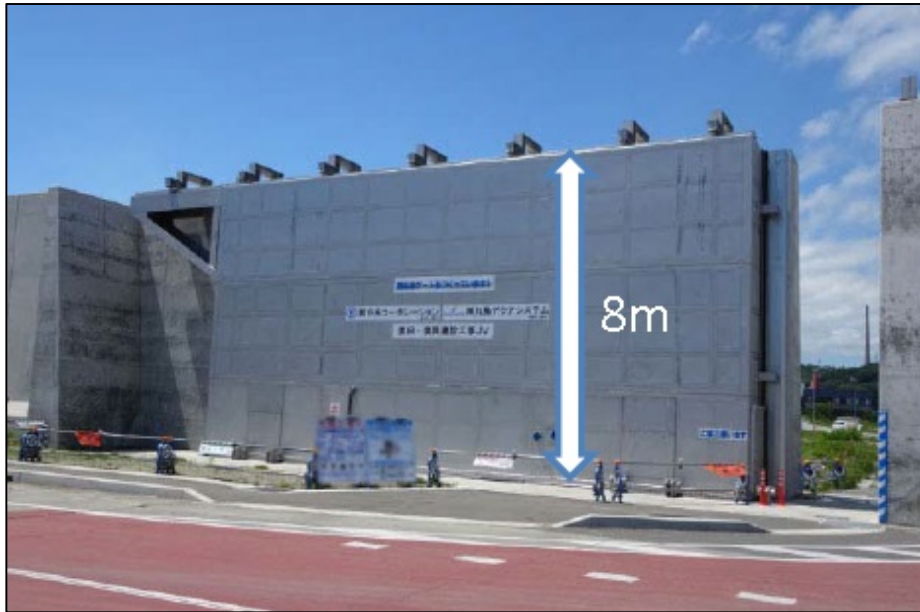
2011年3月の東日本大震災による死亡者数は約16,000人で、その90%以上は津波によるものと非常に多くなっている。その震災後、日本政府は水門高さの仕様を5mから8mに変更した。この大型化により水圧が増加し、設計追加による水門の強度増が必要となった。

解決法として、日鉄ステンレス株式会社は、軽量化と高強度による設計の簡素化を可能にする省資源型二相鋼ステンレス(ASDSS)を提案した。

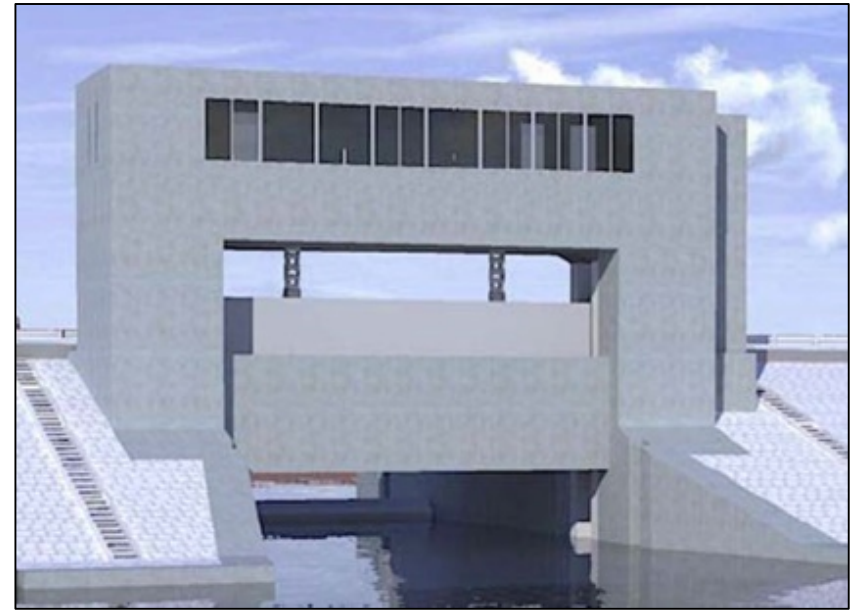
Source: 日鉄ステンレス株式会社



日本での水門の事例

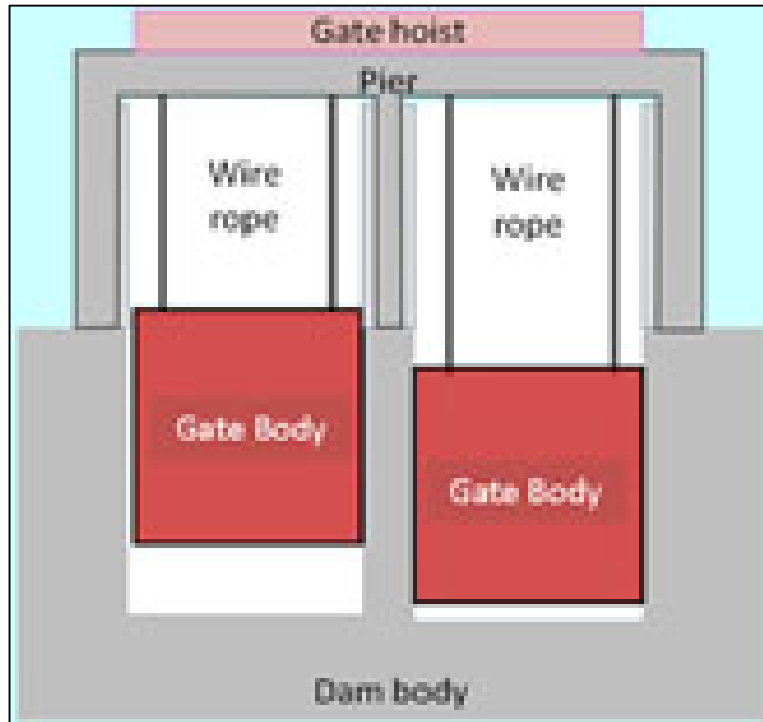


スライドゲート
8.2 m高 x 15 m幅



水門
6.2 m高 x 15 m幅

リーン二相鋼ステンレスによる 水門の軽量化



Grades	Carbon steel (SM490)	Conventional SS (SUS 304)	ASDSS (NSSC2120)
Total weight	16.1 (t/gate)	14.7 (t/gate)	12.1 (t/gate)



25% 軽量化

設計比較 (ダム排出ゲート)
7m x 7.8m = 54.6m²

Source: 電力土木技術協会 (2016.9)

NEW!

日本での主要プロジェクト

● ASDSS is used for more than 50 Dams and Water Gates in Japan, especially for the Earthquake Reconstruction Project.



Kanogawa Dam (SUS821L1)



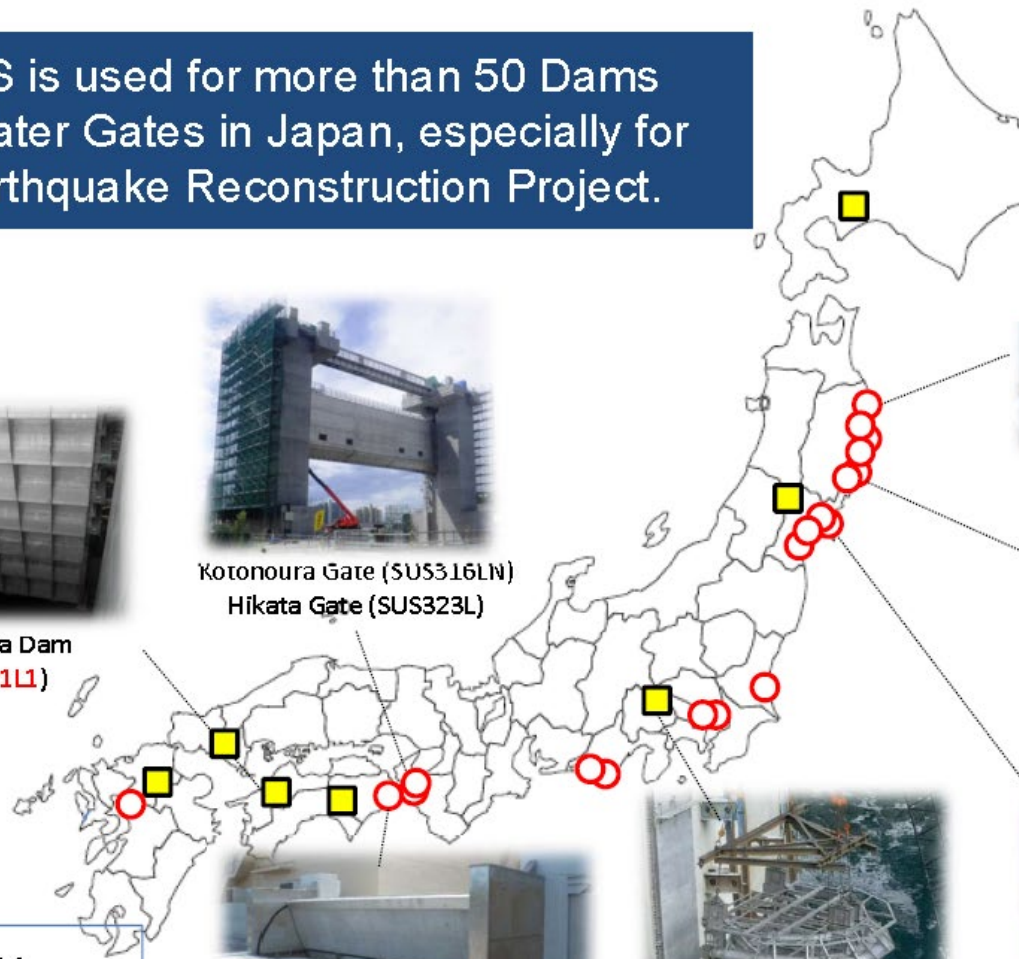
Kotonoura Gate (SUS316LN)
Hikata Gate (SUS323L)



Kosode Gate (SUS821L1)



Koishihama Gate (SUS821L1)



■ : DAM
○ : Water Gate



neo Rise (SUS821L1)



Futase Dam (SUS821L1)



Tsukihama Gate (SUS323L)

NEW!

日本：上平井水門



建造中の水門

フランス： モンサンミッシェル



NEW!

フランス：モンサンミッシェル

- モンサンミッシェルは、フランスの最も人気のある観光スポットの1つである。その修道院と天使がいる小さな島は湾内にある。時間の経過により、湾の干潟化がゆっくりと進み、風景が変化した。
- 満潮時に入水した水を貯水し、干潮時に放流するため水門が建設された。それにより、堆積物は一日に二回海に戻される。8組の水門は、高耐食性と耐摩耗性により選択された36 Tの二相鋼ステンレス S32205 (EN 1.4462) を使用して建造された。
- モンサンミッシェルは海に戻った。

海上へのモナコ拡張

地中海沿岸のモナコ公国は、約20億ユーロをかけた60万平米の巨大な新都市建設により、海上にその小さな領土(2km²)を拡大している。

技術的な課題は大きい。囲いを作るための仮設ダムの建設。最低100年の耐久性のあるコンクリート壁の建設。多層住宅ビル用のスペースの海上での確保と準備。海洋生物への影響を最小限に抑えること等。

4000T超の二相鋼ステンレスS32304(EN1.4362)鉄筋をコンクリート壁補強用に使用し、海水による腐食から保護する。



NEW!

参考

1. <https://www.ipcc.ch/>
2. www.unfccc.int/resource/docs/tp/tp0199.pdf
3. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/le-changement-climatique-grignote-nos-cotes-et-menace-plus-d-un-million-de-francais-147571.html>
4. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/adapter-documents-conception-entretien-exploitation>
5. <https://www.cerema.fr/fr/evenements/territoires-littoraux-transition-face-au-changement>
6. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/coastal-zone-management>
7. Sea Wall at Cromer <http://www.stainlesssteelrebar.org/applications/coastal-protection-at-cromer-uk/>
8. Bayonne breakwater <http://stainlesssteelrebar.org/applications/bayonne-breakwater/>
9. <https://www.constructioncayola.com/batiment/article/2008/11/20/23050/l-inox-pour-resister-atlantique>
10. Tsunami-proof floodgates Japan (NSSC presentation)

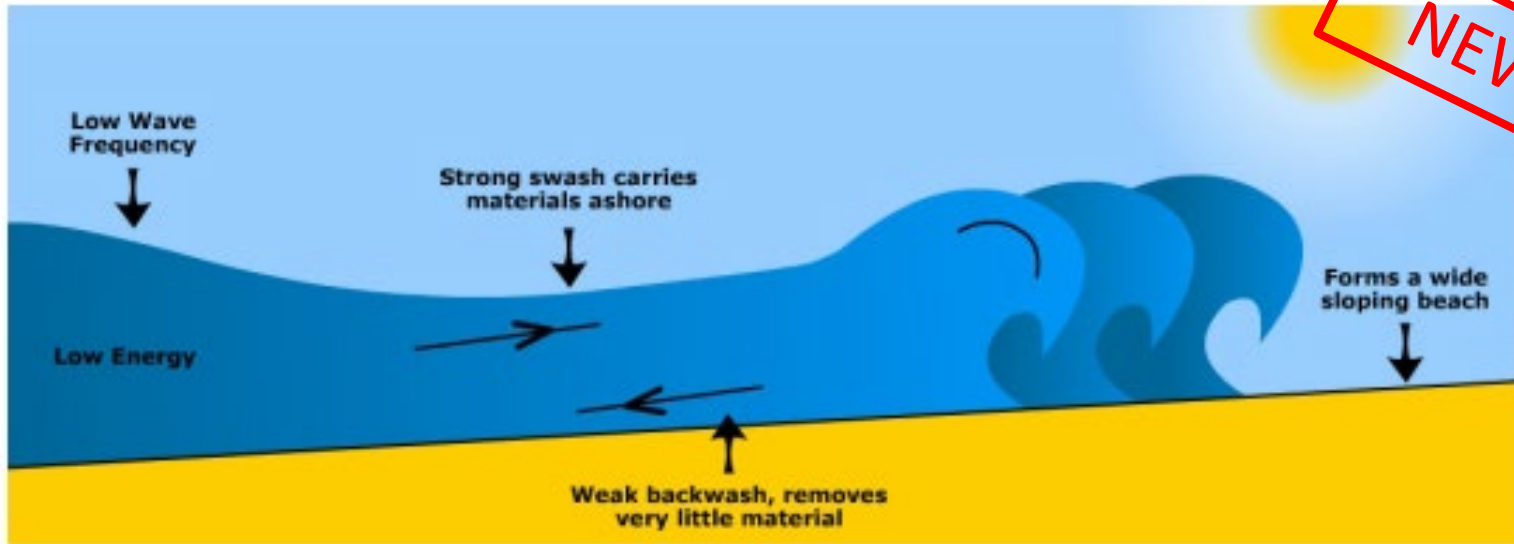
NEW!

参考

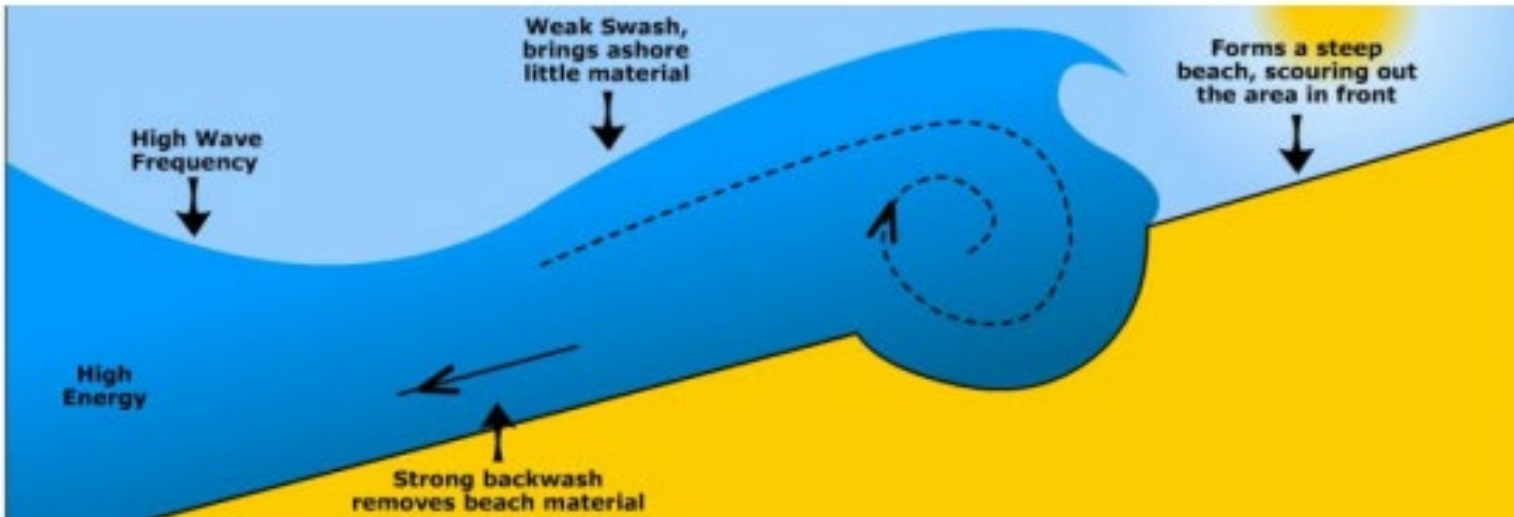
11. Sluices Mt St Michel
<https://www.nickelinstitute.org/en/NickelMagazine/MagazineHome/AllArchives/2015/Volume30-3/InUseMontStMichel.aspx?selected=year>
<https://europe.arcelormittal.com/europeprojectgallery/fo/montsaintmichel>
12. Tammeroski floodgate
<http://www.pratiwisteel.com/news/view/20110708090600/Outokumpu-Duplex-Stainless-Steel-For-Sluice-And-Flood-Gates-Structures-In-Finland.html> <https://www.pontek.fi/in-english>
13. Monaco
<https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/Extension-en-mer-de-Monaco.pdf>
14. Gårda Dämme floodgate, Göteborg
<https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2016/floodgates-to-fight-rising-sea-levels>
15. <https://coastal-environments.weebly.com/landforms-and-processes.html>

波が海岸線を作り破壊する¹

NEW!



Constructive Waves



Destructive Waves

Thank you