

特別展望

2011 年東北地方太平洋沖地震による

岩手県における補強土壁の被害

八戸工業大学工学部土木建築工学科 金子賢治

八戸工業大学工学部土木建築工学科 熊谷浩二

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日発生した東北地方太平洋沖地震においては、強い地震動と巨大な津波により東北地方・関東地方の広範囲にわたり甚大な被害が発生した。八戸市においては地震動が長く続いたものの、最大加速度が 200 Gal・震度 5 強程度であり、地震動による被害は液状化等も含めてほとんど無かった。しかしながら、八戸港外海側で 9 m という津波が地震発生 1 時間半後の午後 16:30 頃に到達し、図-1 に示すように八戸港北防波堤の一部が転倒・崩壊し、岸壁には中型イカ釣り漁船やタンカーが多数打ち上げられた。人的な被害は少ないものの、中心産業である工業および漁業には大きな打撃を与えた。もともと、著者らは停電の影響もあって八戸市のこのような惨状、他の地域の甚大な被害を詳細に知ったのは翌日になってからである。震災翌日以降、死者・行方不明者 2 万数千人という被害の全貌が明らかになるにつれて、市民の安全・安心の一旦を担う土木工学に携わる研究者・技術者として様々なことを考えるようになった。防波堤や防潮堤を始めとした土木構造物のおかげで被害が低減したとか、三陸を縦断する国道 45 号線や東北自動車道の損傷が少なく救助・復旧に大きく貢献したといったこともあるが、人的・物的な被害が余りにも大きく無力感も大いにある。しかしながら、数ヶ月経った現在では、この大震災を糧として東北地方の復旧・復興のため、あるいは災害に強い社会を造るために貢献していきたいと強く思っている。そこで本文では、今回の大災害における地震動および津波により土木構造物についても多くの被害が発生しているが、著者らが得ている情報を元に岩手県内の補強土壁の被害状況に絞って報告する。今後の補強土に関連する技術の向上の一助となれば幸いである。

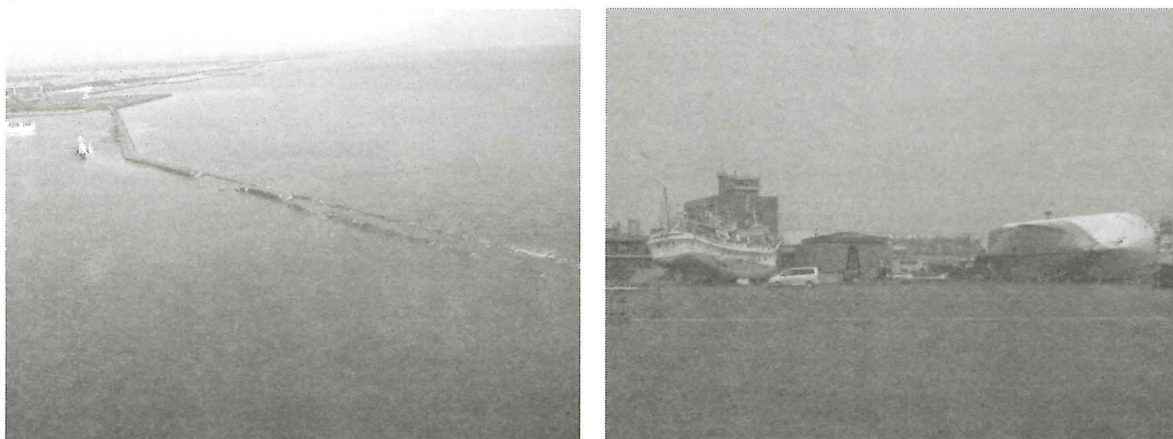


図-1 津波により大破した八戸港北防波堤と岸壁に打ち上げられた漁船

2. 地震による補強土壁の被害

現時点で、著者らが把握している範囲では、岩手県・青森県において地震により崩壊した補強土壁は岩手県内陸南部の2箇所のみである。この2箇所については震度6弱と発表されている奥州市と一関市にある。八戸周辺および岩手県においては震度5強を記録した地域も少なくは無い。この地域では自然斜面や盛土等が崩壊した箇所はいくつか報告があるが、補強土壁はほとんど無傷であり震度5強程度までであれば健全性を保っている。ここでは、崩壊した2箇所の補強土壁およびその付近の調査についてのみ示す。

図-2 に奥州市および一関市での調査地点を示す。なお、同図には K-NET 一関の場所も示しているが、K-NET 一関の強震記録によれば、最大加速度は約 1,000 Gal であった¹⁾。まず、調査地点 O の補強土壁はジオグリッドを用いたものであるが、大きく2箇所が崩壊している。南側からの写真の部分については、前方に転倒するように崩壊し盛土材が流出している。一方、北側からの写真の部分についてはすべりが発生して前方にはらんでいる。図-3 に示すように壁面材とジオグリッドの接合部で破断がみられる。また、盛土材料については、詳細な実験等はないが、南側と北側で異なるように感じられた。調査を実施した前日に降雨があったためか、損傷した補強土壁から水が流れている様子が見られる。なお、貯水タンクに接続する道路に多少損傷が見られるものの、貯水タンクには損傷は見られない。なお、周辺の切土部分も表層が多少崩れており、この補強土壁の前の道路にはクラックが複数入っている。この現場周辺では大きな地震動が発生したことは確かであるが、崩壊の原因として性質の余り良くない発生土を使用していることや水の影響等が考えられる。なお、この現場から直線で 400 m 程の所にあるジオテキスタイル補強土壁については全く損傷が見られず、いたって健全であった。

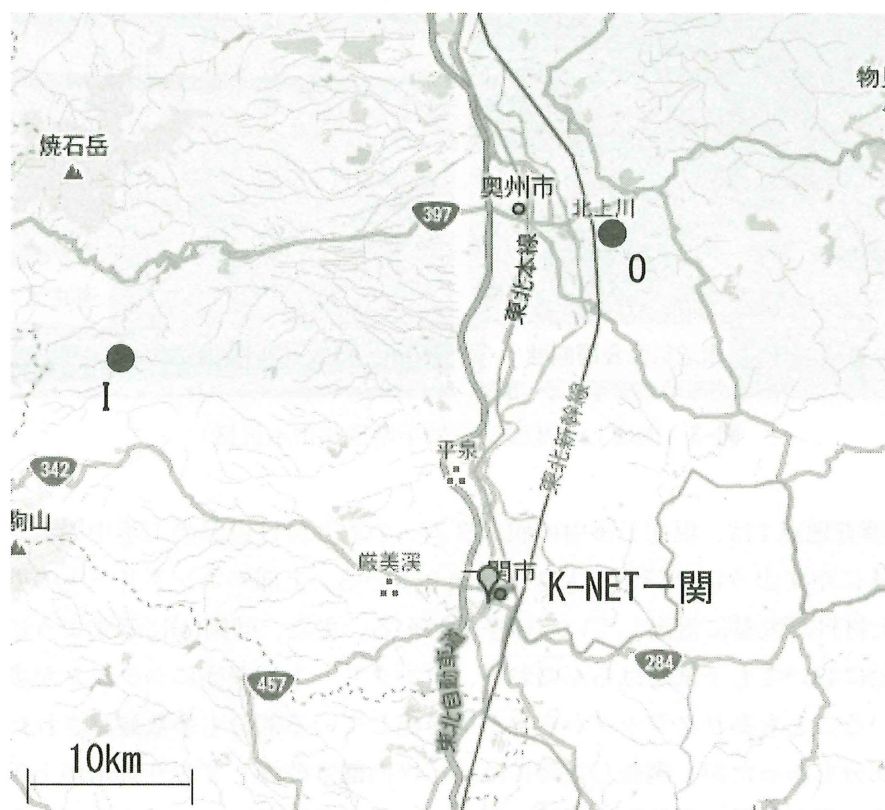


図-2 岩手県奥州市および一関市周辺地図



図-3 崩壊した補強土（岩手県奥州市水沢区）

図-2 に示す調査地点 I は、現在工事中の胆沢ダムへの取り付け道路の工事中のテールアルメ擁壁である。図-4 に示すように 2 箇所大きく崩壊している。上部のコンクリートの壁面材が脱落し、内部の盛土材料が大量に流出している様子がわかる。また、同図(e)に示すように大きく崩壊していない部分においても下部がはらんでおり、コンクリートの壁面にクラックが多数見られ、水が含まれていることもありクラックから水が染み出している部分も多数観察された。排水パイプが出ている部分もあったが、調査した時にはパイプ内部は乾燥しており排水が上手くできていないと思われる。盛土材料の様子を同図(f)に示す。レキが多数混じっているものの含水比が高く比較的性質の悪い盛土材を使用している。この地域は 2008 年岩手・宮城内陸地震でも大きな地震

を経験しており、今回の地震動もかなり大きかったと思われるが、施工途中であることや水による影響などが崩壊の一因になったものと考えられる。また、地震当日は融雪が有った可能性もあり、盛土内部に水分が多い状態であった可能性もある。なお、このテールアルメの近くの国道 342 号線沿いでは、風化岩の自然斜面が崩壊して 7 月 1 日の時点でも通行止めの箇所や石積が崩壊して路肩が落ちている箇所等もある。

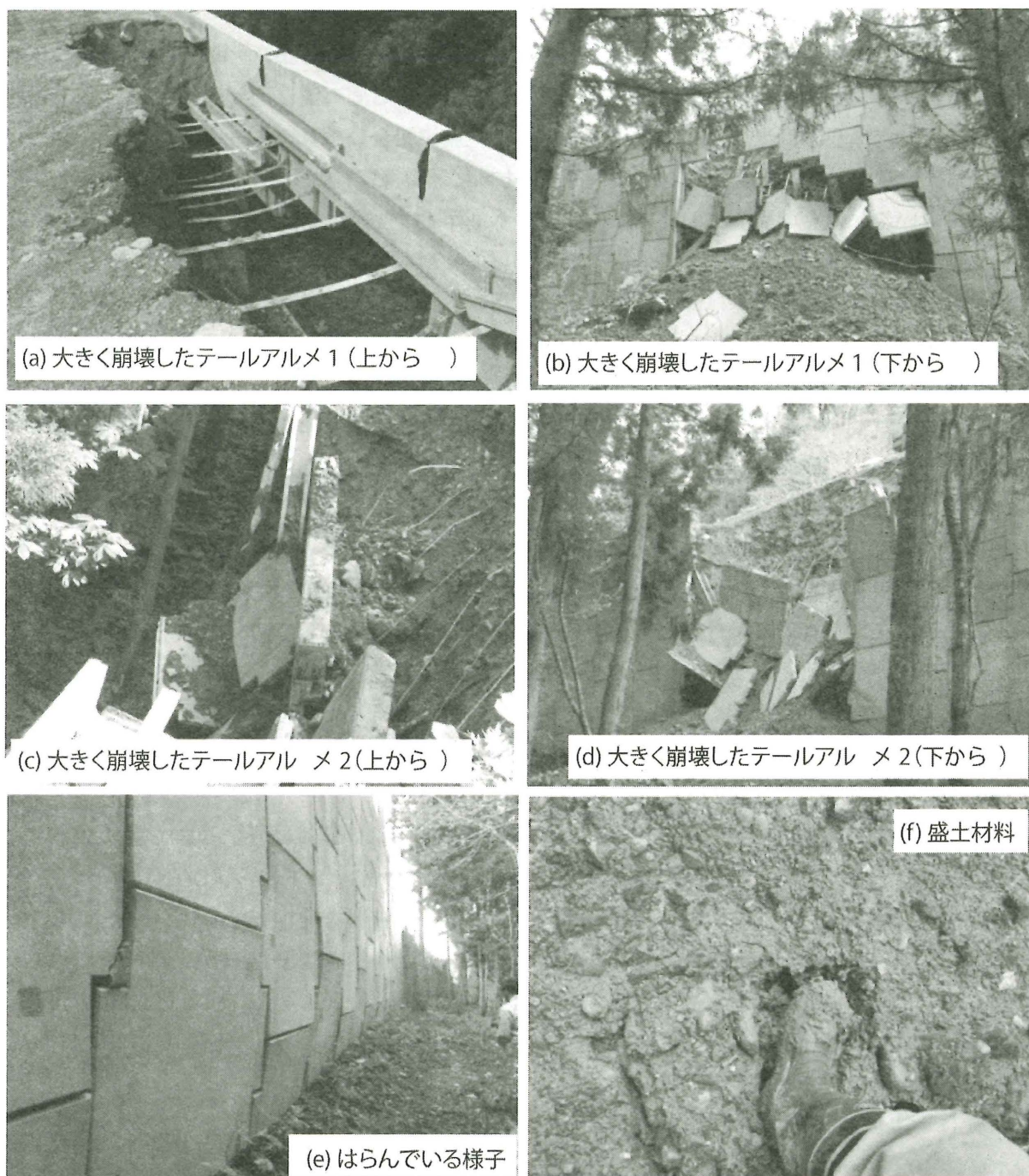


図-4 崩壊したテールアルメ擁壁（岩手県一関市）

ここでは、岩手県内陸南部において崩壊した補強土壁を紹介したが、震度 6 を越えるような地域は岩手県南部にも多く、そういった地域の多くの補強土壁は健全性を保っていたことを付記しておく。

3. 津波による補強土壁の被害

東北地方太平洋沖地震においては過去最大級の津波が発生し、岩手県太平洋沿岸部のリアス式海岸一帯の市街地・漁村などは壊滅的な被害となった。補強土技術が開発されて以来始めて多くの補強土壁が津波を経験したと言える。補強土の設計には津波の影響は考慮されておらず、ここでは想定外の津波に襲われた補強土壁の状況について報告する。なお、岩手県沿岸部においても震度5から6弱程度の地震を受けて、その後に巨大な津波が到達した。

まず、岩手県釜石市両石地区の地図および衛星写真、周辺の補強土壁の状況を図-5に示す。釜石市両石地区は、湾港防波堤で有名な釜石湾の北側に位置する両石湾に面した地域である。調査地点を拡大した衛星写真上には、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが調査した津波浸水高²⁾を標記している。衛星写真のほぼ中央南北方向に国道45号線があり、河川部分を除いて盛土となっている。盛土の東側においては、津波浸水高が17～18 mであるのに対して、西側は10～11 mと浸水高が低下していて、この盛土が防潮堤の役割も果たしていることがわかる。国道45号線の河川北側の盛土部分には緑化補強土工法が用いられており、河川南側の国道45号線取り付け道路および盛土西側には緑化テールアルメ工法あるいはテールアルメ工法が用いられている。なお、衛星写真からわかるように、この地域の平地部分はほぼ全ての建物が破壊されており、大きな被害を受けている。緑化補強土壁工法の部分は両石湾最奥部で津波の波力・高さが最も大きくなる部分であり、津波を正面から受け大幅に越流したと考えられる。盛土上部のフェンスが津波で傾いているが道路舗装部に変状は無く、ほとんど被害は無い。国道への取り付け道路の緑化テールアルメは、盛土上部の看板等も津波により倒れていることから、最上部を大幅に越えたと考えられる。引き波あるいは上部の道路から流れてきた水によって端部が引き抜かれて破損している。しかしながら、取り付け道路も通常に使われており構造物としての機能は失っていない。また、予想よりも盛土材料が流出していない。また、盛土西側のテールアルメについては10 m程度浸水したが殆ど変状は無く健全な状態を保っていた。釜石市両石地区においては、想定以上の津波を受けて周囲の建築物の壊滅的な被害と対照的に、補強土壁は一部損傷があるものもあるが機能は保っている。

次に、岩手県大槌町におけるジオテキスタイル補強土壁工法の調査結果について図-6に示す。大槌町は、両石湾の北側にある大槌湾に面し、津波の浸水高は7～11 mと両石地区に比べると低い低地が広がっていることから町全体が津波により大きな被害を受けている。コンビニエンスストア駐車場脇と中心部へ向かう県道沿いにジオテキスタイル補強土壁があるが、小槌川の堤防に近く補強土壁は上部まで浸水している。どちらの補強土壁も壁面に津波により流された固体がぶつかって軽微な壁面材の損傷が見られるが、その機能は果たしている。壁面からの盛土材の流出も少なく全体としては健全であった。

図-7に示す宮古市金浜地区は、宮古湾最奥部津軽石川の河口付近に位置している。この地区の浸水高は10～17 m程度であり、津波を正面から受けたと考えられる緩勾配盛土をコンクリートで被覆した防潮堤が崩壊している。国道45号線から三陸自動車道へ入る道路沿いにジオテキスタイル補強土壁がある。隣接する民家の2階部分まで浸水していることから補強土壁は上部まで浸水したものと考えられる。また、隣接する緩勾配盛土が数カ所崩壊しており、ブルーシートが掛けられている。海側の民家の陰になっていることもあるが、このような状況においても補強土壁は健全であり、盛土材の流出もほとんど見られない。

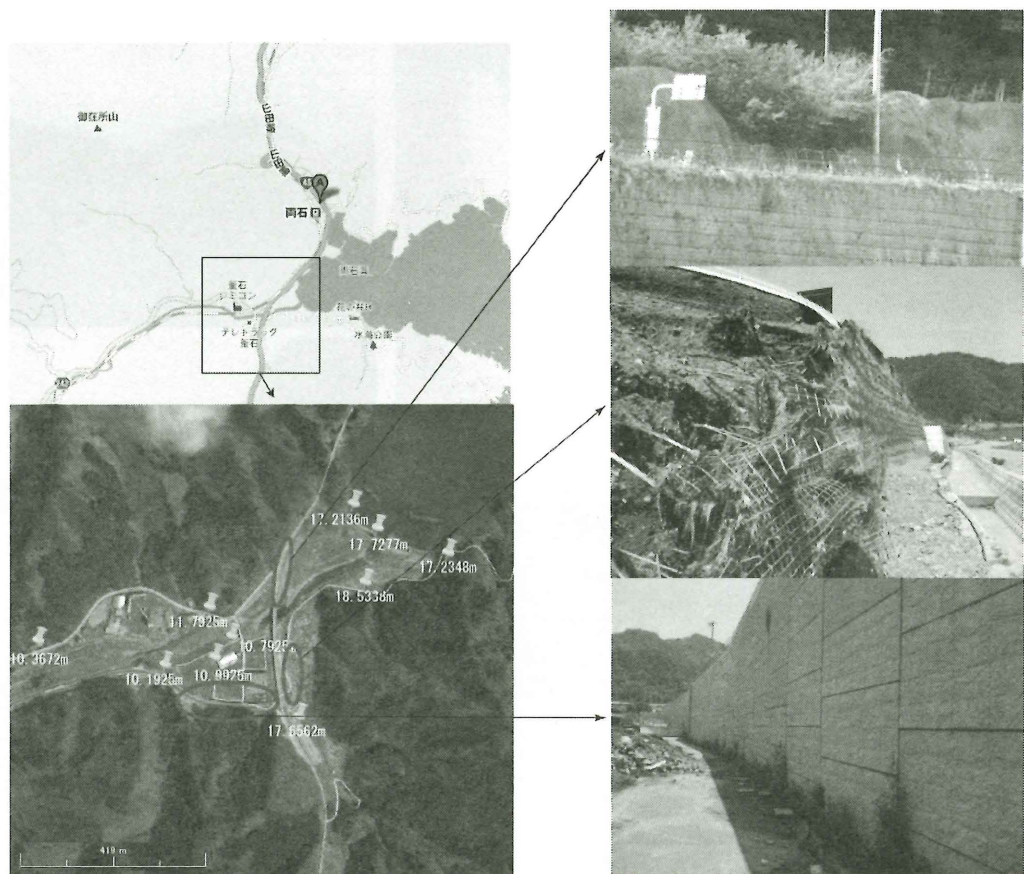


図-5 岩手県釜石市両石地区の補強土壁の状況

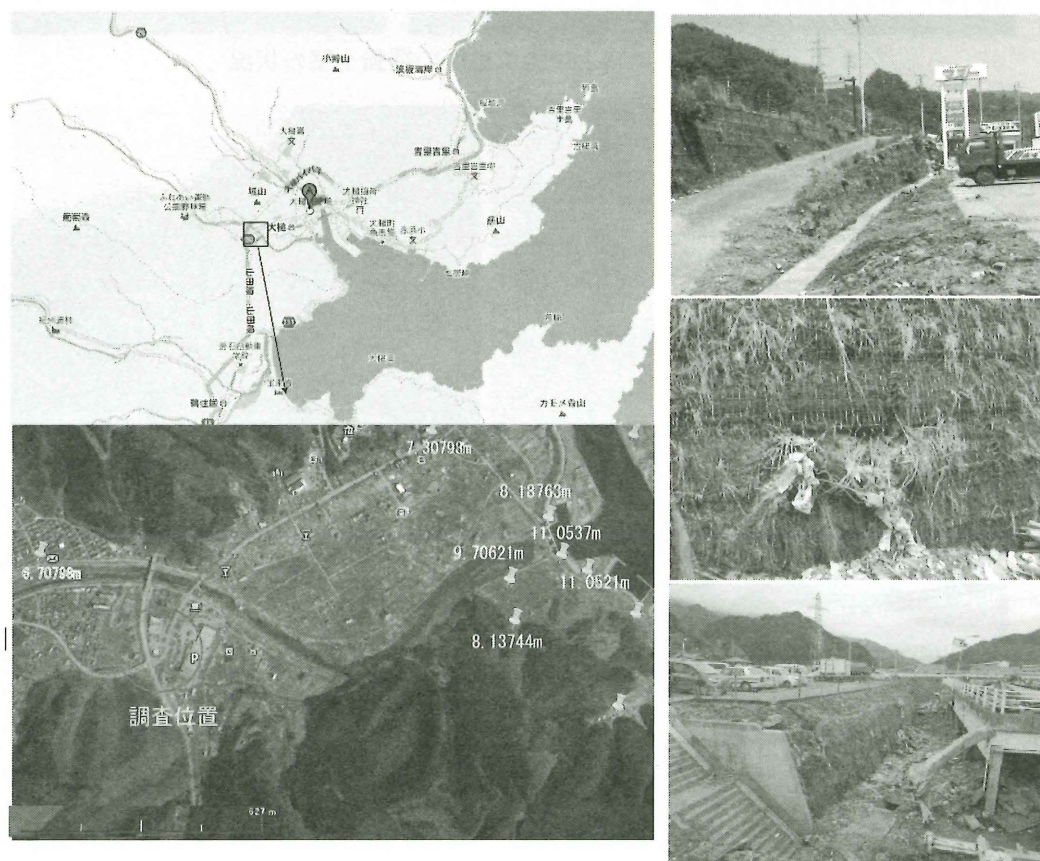


図-6 岩手県大槌町ローソンバイパス点付近の補強土壁の状況

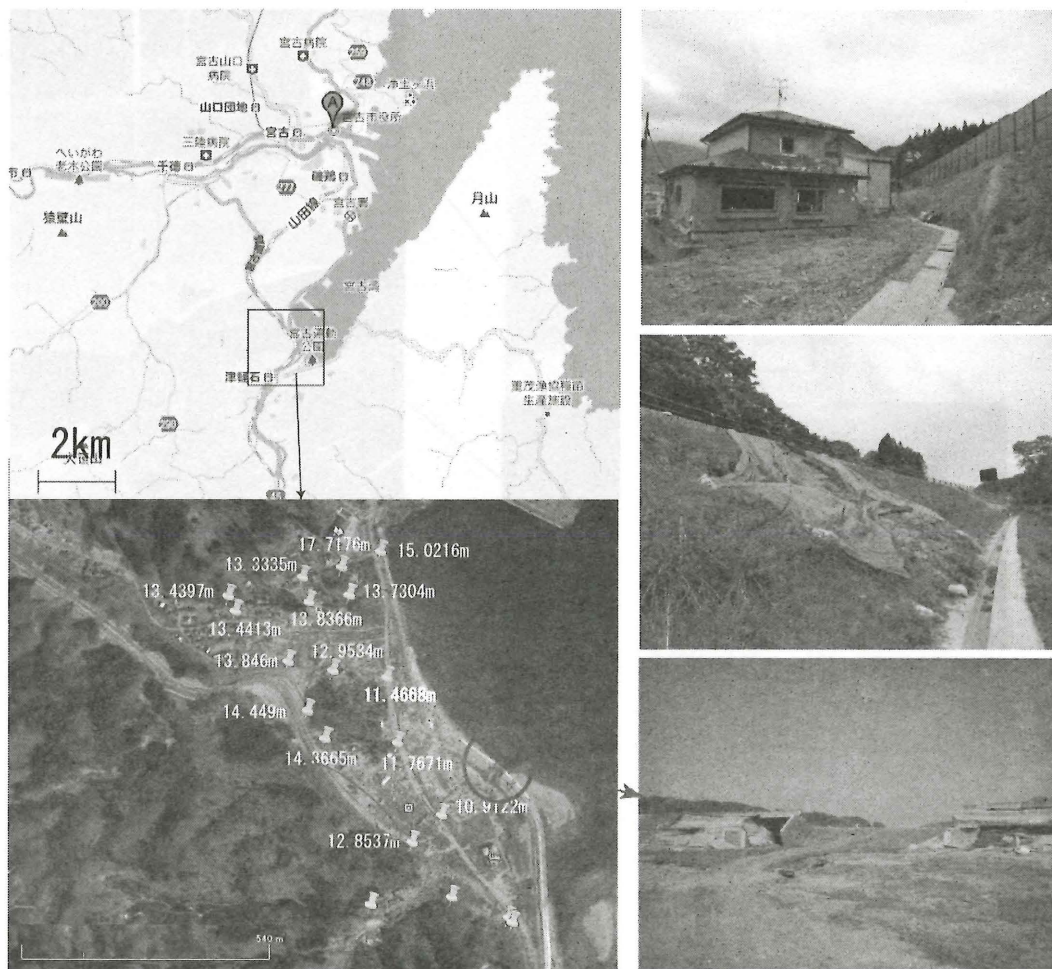


図-7 岩手県宮古市金浜地区の補強土壁の状況

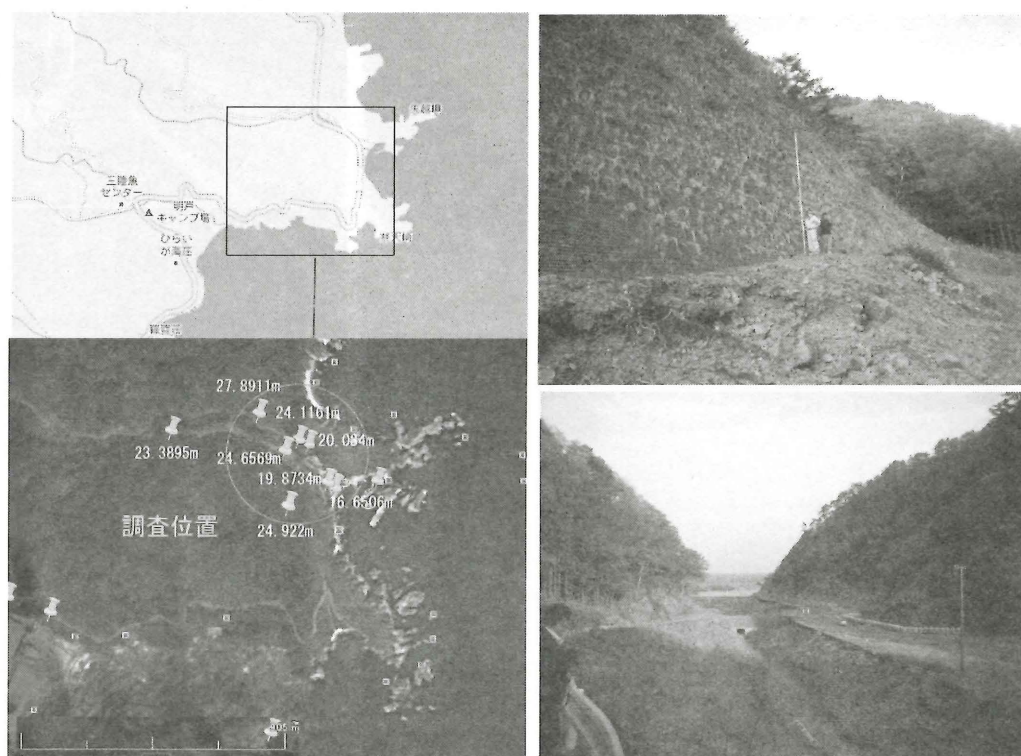


図-8 岩手県田野畑村机浜の補強土壁の状況

田野畑村机浜周辺の様子を図-8に示す。机浜付近には民家はほとんど無いが、谷地形になっており最大 27 m 程度の浸水高の非常に大きい津波を受けている。対岸のモルタルを吹きつけた風化岩の斜面が崩壊や道路の洗掘が見られ津波の威力が感じられる。これに対してジオテキスタイル補強土壁は上部の道路沿いのガードレールが曲がっており、最上部が多少めくれているが、ほぼ健全性を保っている。また、盛土材の砂分等は流出した可能性もあるが、レキが多数残っている様子が観察された。この付近にはレキが多く、これを盛土材として使用したことや壁面が一体構造となっていることが、大きい津波を受けた際にも健全性を保つ要因となっている可能性もある。

以上より、今回の調査において津波を受けた補強土壁のいくつかにおいては軽微な損傷はあるものの大きく崩壊してその機能を失うものは見られない。津波による浸水の可能性が有る場所の補強土壁については、引き波による洗掘等や盛土材の流出に対して等、検討する課題はあるが、補強土壁が津波に対しても十分対応できるものと考えられる。

4. 今後の展望

本文では、2011 年東北地方太平洋沖地震における地震動および津波を受けた補強土壁について、被災後の変状について調査した結果について示した。岩手県内の一部のみの報告であり、全てを網羅しているわけでは無いが、地震動に対しては震度 5 強までの地域においては被害がほとんど見られない。震度 6 以上の地域においては、健全な補強土壁も多いものの、2 箇所の崩壊が確認された。崩壊した補強土壁の現場を見ている限り、盛土材の選定が最も重要であることが感じられる。また、津波浸水を受けた補強土についても軽微な損傷は確認されたが、大きく崩壊し機能を失ったものは無い。なお、本文における調査結果は速報的な位置づけであり、当然、今後詳細な調査・検証が必要である。

また、仙台東部道路に代表されるように道路盛土や鉄道盛土に防潮堤の機能も付加させるような提案もなされており、今後、ジオテキスタイル補強土壁の津波に対する性能についても検討の余地があると思われる。岩手県北部から八戸市にいたる三陸海岸北部においては、図-7に示す崩壊した防潮堤のように、緩勾配盛土をコンクリートで被覆した形式の津波防潮堤が多く存在し、今回の震災で越流・破壊したものも多い。波力および越流による内側の洗掘が破壊の主な原因である。津波を防ぎエネルギーを減少させることを目的に造られる防潮堤は、同程度の高さであれば勾配が急な方が効果を発揮すると考えられる。しかしながら、コンクリート製の防潮堤には潮風にさらされ、凍結融解作用を受けやすい東北地方沿岸部においては鉄筋の腐食など耐久性に課題がある。数十年に一度の津波来襲時にしか役に立たない防潮堤にとって耐久性は重要な要素である。したがって、津波の影響や耐久性など検討課題もあるが、補強土技術を用いて防潮堤を構築することは検討する価値がある。このように、適切な研究開発・課題解決によって、東北地方の復興・復旧や今後想定される地震・津波対策に対して補強土技術が活躍できる場面は非常に多いと思われる。

参考文献

- 1) (財)防災科学技術研究所 K-NET : <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>, 2011 年 7 月 13 日確認
- 2) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ : 調査速報値 <http://www.coastal.jp/ttjt/>, 2011 年 7 月 13 日確認